

DERLEME

Akıcı Kompozit Reziner: Bir Literatür Derlemesi

Muhammet Fidan(0000-0001-7869-4872)^a, Zeynep Dereli(0000-0003-2317-9069)^a

Selcuk Dent J, 2021; 8: 902-915 (Doi: 10.15311/selcukdentj.787600)

Başvuru Tarihi: 29 Ağustos 2020
Yayına Kabul Tarihi: 04 Ocak 2021

ÖZ

Akıcı Kompozit Reziner: Bir Literatür Derlemesi

Diş hekimliği pratiğinde akıcı kompozit rezinerler son yıllarda giderek popüler olmaya başlamıştır. Akıcı kompozit rezinerler viskoziteleri, biyouyumlulukları ve manipulasyonlarının kolay olması klinikte kullanımını cazip hale getirmektedir ve kullanım alanlarını genişletmektedir. Akıcı kompozit reziner özellikleri, in vitro ve klinik çalışmalarda araştırılmaktadır. Literatür incelendiğinde geleneksel kompozit reziner hakkında birçok bilgi olmasına rağmen akıcı kompozit reziner hakkında daha az bilgi vardır. Bu derlemede akıcı kompozit rezinerler klinik uygulamaları ve genel özellikleri hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER

Akıcı kompozit rezinerler, Fiziksel ve mekanik özellikler, Klinik uygulamalar, Kompozit rezinerler

ABSTRACT

Flowable Composite Resins: A Literature Review

Recently, flowable composite resins have become increasingly popular in dental practice. The viscosity, biocompatibility, consistency and ease of manipulation of flowable composite resins make it attractive for use in the clinic and broaden their application areas. The properties of flowable composite resins are being investigated in in vitro and clinical studies. Although there is a lot of information about traditional composite resins when the literature is investigated, there is less information about flowable composite resins. In this review, it is aimed to give information about the clinical application and general properties of flowable composite resins.

KEYWORDS

Flowable composite resins, Physical and mechanical properties, Clinical applications, Composite resins

Akıcı Kompozit Rezinerler

Kompozit rezinerler ilk olarak 1960 yıllarında Bowen tarafından kullanılmış ve günümüze kadar önemli gelişmeler göstermiştir.¹ Kompozit rezinerlerin formülasyonları ve estetik özellikleri zamanla geliştirilerek diş hekimliğinde giderek daha popüler hale gelmiştir. Akıcı kompozit rezinerler 1996'da diş hekimliğinde tanıtıldıktan sonra büyük ilgi görmüştür.² Akıcı kompozit rezinerler doldurucu partikül içeriği geleneksel hibrit kompozit rezinerlerden % 20-30 oranında daha az olmakla birlikte Trietilen Glikol Dimetakrilat (TEDGMA) gibi monomerlerin miktarı artırılmıştır. Akıcı kompozit rezinerlerin viskoziteleri ve elastik modülleri düşüktür. Viskozitelerinden dolayı kavite duvarlarına adaptasyonları çok iyidir.¹ Ek olarak ön ve arka dişlerde estetik restoratif materyal olarak yaygın olarak kullanılmaktadır.³ Özellikle akıcı kompozit rezinerlerin iyileştirilmesi dolgu partiküllerinin yoğunluğu, boyutu ve karakterinde olmuştur.⁴ Akıcı kompozit rezinerlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesi sonucu doldurucu içeriği artırılmış olan bulk fill akıcı kompozit rezinerler geliştirilmiştir. Doldurucu oranı artırılan yeni nesil bulk fill akıcı kompozit rezinerler artan fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlı olarak daimi restorasyon materyali olarak da kullanılabilir. Üretici firmalar yeni geliştirilmiş olan bu kompozit rezinerlerin geleneksel kompozit rezinlere benzer şekilde kalın tabakalar halinde kullanılabilmesi ve aynı zamanda nano partiküllü akıcı kompozit rezinerlerin yanında self adeziv özellikli akıcı

kompozit rezinerler de geliştirmiştir.¹ Genel olarak akıcı kompozit rezinerler koruyucu rezin restorasyonlar, minimal oklüzal sınıf I kavite, minimal invaziv sınıf II proksimal kavite, minimal invaziv sınıf III restorasyonlar, sınıf V abfraksiyon lezyonları, pit ve fissür örtücüler, kavite liner, ortodontik brakelerin / lingual retainerların yapıştırılması, kırılmış ya da mobiliteye sahip dişlerin splintlenmesi, acil ön diş kırıkları, geçici restorasyonların tamiri, amalgam marjinlerinde oluşan kırıkların tamiri, kron / kompozit restorasyonların marjinlerinin tamiri, indirekt kavite preparasyonlarında block-out amaçlı, stres gelmeyen bölgelerde küçük porselen kırıkların tamiri, kompozit rezin ve porselenleri yapıştırılması, devital diş beyazlatmalarında koruyucu tabaka olarak, endodontik tedavi görmüş dişlerin restorasyonunda fiber postların yapıştırılması gibi klinik uygulamalarda kullanılmaktadır.⁵ Bu derlemenin amacı; akıcı kompozit rezinerlerin klinik uygulamaları ve özellikleri hakkında bir literatür incelemesi sunmaktır.

AKICI KOMPOZİT REZİNLERİN KLİNİK UYGULAMA ALANLARI

A. Koruyucu rezin restorasyonlar / Minimal invaziv oklüzal Sınıf I kavite / Pit ve Fissür Örtücüler

Akıcı kompozit reziner koruyucu rezin restorasyonlar

^a Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi AD, Konya, Türkiye

olarak adlandırılan minimal invaziv hazırlanan sınıf I kavitelere adaptasyonun iyi bir şekilde sağlanmasında ideal materyallerdir. Bununla birlikte, gelen kuvvetlere karşı stresi en aza indirmek için açılı şekilde tabakalayararak yerleştirmek önemlidir.⁵ Savage ve ark. çocuk diş hekimliğinde akıcı kompozit rezinlerin koruyucu rezin restorasyonlarda en yaygın kullanılan restoratif materyal olduğunu bildirmiştir.⁶ Pit ve fissürleri çürükten korumak için alınması gereken önlemlerin başında pit ve fissür örtücü materyallerin kullanımı bulunmaktadır. Bu koruyucu uygulamada; çürüğe yatkın dişlerin pit ve fissürlerine mikromekanik olarak bağlanana materyaller, bakterileri besin kaynaklarından uzak tutan fiziksel bir bariyer görevi görür ve bakterilerin penetrasyonunu önler. Beauchamp ve ark. akıcı materyallerin pit ve fissür örtücüler için ilk seçim olacağını belirtmiştir.⁷ Bagherian ve ark. yaptığı meta-analiz çalışmasında, akıcı kompozit rezinlerin, rezin içerikli fissür örtücülere göre retansiyon açısından daha iyi olduğunu bildirmiştir.⁸ Bununla birlikte, bu materyallerin tam olarak etkinlik gösterebilmesi için pit ve fissürlerin uygun şekilde temizlenmesi, diş dokusunun yeterli süre asitle pürüzlendirilmesi ve materyalin polimerizasyonuna kadar tükürük ile kontamine olmamış kuru bir alanın olması gerekir.⁹ Jafarzadeh ve ark. akıcı kompozit rezinlerin retansiyonunu geleneksel rezin bazlı fissür örtücüler ile karşılaştırmış ve akıcı kompozit rezinlerin pit ve fissür örtücü olarak kullanıldıklarında daha iyi retansiyona sahip olduğu sonucuna varmışlardır.¹⁰ Dukic ve ark. akıcı kompozit rezinlerin dentin bağlanma ajanları ile kombinasyonu halinde kullanılması gerektiğine karar vermişlerdir.¹¹ Ayrıca in vitro çalışmalar; akıcı kompozit rezinlerin geleneksel rezin esaslı fissür örtücü materyallere göre daha iyi fiziksel özellikler gösterdiğini ve yüksek viskozitesinin bağlanma üzerinde önemli bir olumsuz etkisinin olmadığını göstermiştir.^{12,13} Yapılan bir çalışmada; oklüzal fissürler üzerinde bir akıcı kompozit rezinin geleneksel fissür örtücülere göre daha fazla miktarda doldurucu partikülü içermesi nedeniyle daha az pörozite ve daha iyi aşınma direnci göstermiştir.¹⁴ Küçükyılmaz ve Savaş, 24 aylık değerlendirmenin sonuçları olarak adeziv sistemle kullanılan akıcı kompozit rezinin geleneksel rezin bazlı fissür örtücü materyallerden daha üstün olduğunu bildirmişlerdir.¹⁵ Benzer bir çalışmada da rezin bazlı fissür örtücü altındaki bir adeziv sistemin bu materyaller ile bağlantıyı artırabileceği gösterilmiştir.¹⁶ Mathur ve ark. adeziv sistem kullanmadan fissür örtücü olarak uygulanan geleneksel ve yüksek doldurucu içeren akıcı kompozit rezininin bir yıllık takiplerinde doldurucu içermeyen fissür örtücü materyallerden daha iyi bağlantı sağladığını göstermiştir.¹⁷

B. Kavite Liner

Akıcı kompozit rezinlerin kavite linerları olarak kullanımı giderek artmaktadır.¹⁸ Akıcı kompozit rezinler, restoratif materyal yerleştirmeden önce kavite preparasyonunun mikroyapısal düzensizliklerine iyi uyum sağlamış ve bu materyallerin liner olarak kullanılması marjinal

bütünlüğü geliştirmiştir.⁵ Boruziniat ve ark. yaptığı meta analiz çalışmasında, akıcı kompozit rezinin liner olarak kompozit restorasyonlarda uygulanmasının mikrosızıntıyı azaltmadığını ve klinik performansı iyileştirmediğini bildirmiştir.¹⁹ Başka bir çalışmada, sınıf II kavitelere akıcı kompozit rezinin liner gibi tabana yerleştirildikten sonra üst kısmına tepilebilir bir kompozit rezin ile restorasyonun tamamlanmasının tek başına tepilebilir bir kompozit rezin ile restorasyonun bitirilmesine göre daha yüksek sızıntı değerleri gösterdiği belirtilmiştir.²⁰ Kasraei ve ark. premolar dişler üzerinde hazırladıkları sınıf II kavitelere rezin modifiye cam-iyonomer liner ve akıcı kompozit rezin liner içeren restorasyonlarda rezin modifiye cam-iyonomer grubunun akıcı kompozit rezinlerden önemli ölçüde daha az sızıntı gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca, akıcı kompozit rezinler liner içeren restorasyonlar ile liner içermeyen restorasyonlar arasında fark bulunmamıştır.²¹ Kavite liner olarak akıcı kompozit rezinler; bir stres kırıcı olarak işlev görür, C faktörünü azaltır, düşük viskoziteye bağlı olarak iyi akışa sahiptir ve üstteki tepilebilir kompozitin kütlelerini azaltır. Akıcı kompozit rezinler daha az doldurucu yüküne sahip oldukları için daha fazla büzülürler,²² aşınmaya karşı daha az dirençlidir.²³ Bu nedenle polimerizasyon büzülmesinin azaltılması için liner olarak uygulanması gingival bölgede mikrosızıntının az olmasını sağlayacaktır.^{22,23}

C. Sınıf II ve Minimal İnvaziv Sınıf II Restorasyonlar

Minimal invaziv sınıf II restorasyonlarda oklüzal yüzeyde çürük olmayan sadece proksimal yüzeyde çürük olan dişlerin konservatif kavite preparasyonunda fasiyal yüzeyden yaklaşım sonucu marjinal sırt bozulmadan kalacaktır. Akıcı kompozitler minimal invaziv sınıf II için idealdir.⁵ Leevailoj ve ark.²⁴ tepilebilir kompozit rezini, akıcı kompozit rezinle ve akıcı kompozit rezin olmadan kaviteye yerleştirmiş ve akıcı kompozit rezinin olduğu restore edilmiş dişlerde anlamlı şekilde daha az mikrosızıntı olduğu, tepilebilir kompozit rezinin altına akıcı kompozit rezinin ilk tabaka olarak yerleştirilmesinin dişeti kenarlarındaki mikrosızıntıyı azaltabileceği bildirilmiştir. Bununla beraber, sadece hibrit rezin kompozit rezin ve akıcı+hibrit kompozit rezin kullanılarak yapılan restorasyonların 7 yıllık değerlendirmesinde, akıcı kompozit rezin kullanılması sınıf II restorasyonların klinik başarısını artırmadığı rapor edilmiştir.²⁵ Yeni nesil akıcı kompozit rezinler, geleneksel kompozit rezinlere benzer ve minimum polimerizasyon büzülmesi, kaviteye adaptasyonunun sağlanması ve uygun kullanım özelliklerinin getirdiği kolaylıkları sağlayan nanoteknoloji yardımıyla geliştirilmiştir. Bu anlamda akıcı kompozit rezinlerin mekanik ve fiziksel özellikleri geliştirilerek minimal invaziv posterior restorasyonlarda kullanılmalari sağlanmıştır.²⁶

D. Çürüksüz/Çürük içeren servikal lezyonlar

Dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerinde, gingival

üçlüde yer alan diş çürüğünden farklı nedenlerle oluşan lezyonlar “çürüksüz servikal lezyonlar” olarak adlandırılır. Dişlerin birbirleriyle olan temasları sonucu oluşan aşınma atrizyon, dişlerin asit ataklarından etkilenecek kimyasal olarak çözünmesi erozyon, dişlerde fiziksel etkenlerle meydana gelen sert doku kayıpları abrazyon, aşırı okluzal streslerin etkisiyle servikal bölgede oluşan aşınmalar ise abfraksiyon olarak tanımlanmaktadır. Çürüksüz servikal lezyonların sıklıkla aşırı duyarlılık veya estetik gereksinim gibi nedenlerle restore edilmesi gerekir. Çürüksüz servikal lezyonların restorasyonunda daha çok cam iyonmer simanlar, nanohibrit kompozit rezinler ve akıcı kompozit rezin restorasyonlar tercih edilmektedir. Yapılan restorasyon ile dişin dayanıklılığının artırılması, servikal bölgede oluşan stresin azaltılması, hassasiyetin engellenmesi, pulpanın korunması ve estetiğin sağlanması amaçlanmaktadır. Dişlerin servikal bölgeleri gibi aşırı stres altında bulunan alanlarda yüksek esneme yeteneklerinden dolayı akıcı kompozit rezinler sıklıkla kullanılmaktadırlar.²⁷ Diş gelen kuvvetler sonucu küçük abfraksiyon şeklinde sınıf V servikal lezyonlar oluşabilir. Bu lezyonların hibrid kompozit rezin (yüksek dolduruculu) kullanılarak restore edildiğinde klinik başarı oranının % 70 olduğu bildirilmiştir. Başarısızlık ise kullanılan kompozit rezinin sertliğine (yüksek oranda doldurucu içeriği) atfedilmiştir.²⁸ Akıcı kompozit rezinler hibrit veya mikro doldurucu kompozit rezinlere göre tek avantajı, herhangi yüzey işlemine ihtiyaç duyulmayan küçük lezyonların tedavisinde kullanılması sayılabilir.²⁹ Akıcı kompozit rezin kullanılarak sınıf V restorasyonları değerlendiren bir yıllık klinik çalışmada, tüm restorasyonların sağlam olduğu ve bir yıl sonra postoperatif duyarlılık belirtisi olmadığı bildirilmiştir.³⁰ Akıcı kompozit rezinler, adeziv arayüzlerindeki stresleri, polimerizasyon büzülmesini azaltmanın yanı sıra termal ve okluzal gerilmelerin giderilmesinde stres kırıcı bir etkiye sahiptir. Bu durum geleneksel kompozit rezinlere göre akıcı kompozit rezinlerin düşük elastikiyet modülünden kaynaklanmaktadır; bu nedenle, çürüksüz servikal lezyonlarda akıcı kompozit rezinlerin kullanımı önerilmektedir^{31,32} Bulk-fill akıcı kompozit rezin ve nanofill içerikli kompozit rezinin, 1 yıl sonra çürüksüz servikal restorasyonlar için kabul edilebilir klinik performanslar gösterdiği bildirilmiştir.³³ Bir başka çalışmada ise, çürüksüz servikal lezyonlarda kullanılan iki akıcı kompozit rezinin 5 yılın sonunda değerlendirilmesiyle materyaller arasında benzer klinik başarı oranları gösterdiği rapor edilmiştir.³⁴

E. İmmediat Dentin Sealing (IDS) ve Resin Kaplama Tekniği

İmmediat Dentin Sealing (IDS) indirekt restorasyonların (inleyler / onleyler / kronlar) preparasyonu için hazırlığı sırasında dentinin açığa çıktığı bölgelerde dentine bonding sisteminin uygulanmasıdır.³⁵ Preparasyon sonrasında açıkta kalan dentin yüzeylerini korumak için akıcı kompozit ile İmmediat Dentin Sealing (IDS) uygulanması tavsiye

edilmektedir.^{36,37} Adeziv materyallerin iyileştirilmesi ve daha fazla güvenilirliği özellikle operatif diş hekimliğinde önemli bir devrim yaratmıştır. Resin kaplama tekniği ise indirekt restorasyonlar için kullanılan başarılı bir adeziv tekniktir. Resin kaplama tekniğinin klinik uygulaması 1990'lı yılların başında adeziv diş hekimliğinde Japon klinisyenler tarafından önerildi. Preparasyon hazırlandıktan sonra dentin ve mine yüzeyleri, materyalle veya dentin bonding ajan ile kombine şekilde akıcı bir kompozit rezinle kaplanır. Bir bonding sisteminin akıcı kompozit rezinle birleştirilmesi, dentin ile adezyonu geliştirir bu durum sadece hastalarda ağrıyı azaltmakla kalmaz, aynı zamanda rezin-dentin bağlantısını da artırır. Özet olarak IDS sadece dentin yüzeyine odaklanır, mine yüzeyine odaklanmaz. Resin kaplama tekniğinde, preparasyon hazırlandıktan sonra mine ve dentin yüzeyleri tamamen örtülür.³⁸

F. Akıcı Kompozit Reziner ile Direkt Enjeksiyon Tekniği

Son zamanlarda akıcı kompozit rezinlerin estetik uygulamalarda kullanılması umut verici sonuçlar vermektedir. Geleneksel kompozit rezinler ile embasür ve konturların geri kazanılması zor olabilir ve dişe uyarlanabilirliği ve işlenebilirliği karmaşık olabilir. Bu anlamda, direkt restoratif materyal kullanılarak daha kısa sürede optimal estetik ve fonksiyonel sonuçlar oluşturabilmek için klinik teknikler geliştirilmiştir.³⁹ Akıcı kompozit rezin kullanılarak uygulanan enjeksiyon tekniği^{40,41} aşınmış ya da defekli dişlerin şeklini ve konturunu oluşturmada hızlı ve basit bir tekniktir. Özetle, bu tekniği uygularken, hastalara daha düşük maliyet, çaba, zaman sunulurken gelecekteki tedaviler için kabul edilebilir dayanıklılığa sahip öngörülebilir sonuçlar alınabilir.³⁹

G. Lingual Retainerlerin ve Ortodontik Braketlerin Yapıştırılması

Adeziv materyallerin ortodontik braketlerde kullanımı ile ortodonti alanında önemli gelişmeler sağlanmıştır. Bu teknikler ortodontik materyallerin dişlere bağlanmasını kolaylaştırmış ve materyallerin daha estetik ve popüler hale gelmesini sağlamıştır.⁴² Akıcı kompozit rezinlerin klinik kullanımı ile birlikte, bunların ortodontik braket bağlanması için kullanımları hakkında çalışmalar yapılmış ve önerilmiştir.^{43,44} Geleneksel mikro doldurucu içeren kompozit rezinlerin resin içeriğinin artırılması ile diş hekimliğinde akıcı kompozit rezinlerin kullanımı, lingual tutucuları sabitlemede önerilmiştir.^{42,45} Bu kompozit rezinlerin avantajlı olduğu iddia edilmektedir çünkü karıştırma gerekmez, uygulama aşamasında şırıngalarındaki iğne uçları doğrudan ve hassas şekilde kompozit rezinin yerleşimine izin verir. Ayrıca herhangi bir cilalama gerektirmez ve böylelikle hastanın tedavi süresi kısaldır.⁴²

AKICI KOMPOZİT REZİNLERİN ÖZELLİKLERİ

1. Akıcı Kompozit Rezinlerin Fiziksel-Mekanik Özellikleri

Kompozit rezin materyallerin genel olarak fiziksel-mekanik özelliklerinin iyi olduğu konusunda genel bir fikir birliği bulunmamakta ve bu materyallerin limitasyonları hala bilinmemektedir. Attar ve ark. 8 akıcı kompozit rezinin eğilme dayanımını değerlendirmiş ve kontrol olarak seçilen hibrit kompozit rezinin akıcı kompozit rezinlere göre eğilme dayanımının en yüksek ortalama değere sahip olduğu sonucuna varmıştır.⁴⁶ Mevcut literatürde, akıcı kompozit rezinlerin, düşük miktarda doldurucu içermesi sonucu geleneksel kompozit rezinlere göre daha düşük mekanik özelliklerinin olduğu bildirilmiştir.^{47,48} Bayne ve ark. doldurucu yüzdesinin, aşınmayı, basınç dayanımını, basma direncini iki eksenli eğilme dayanımını 8 akıcı ve 2 hibrit kompozit rezin kullanarak değerlendirmiştir. Akıcı kompozit rezinlerin mekanik özelliklerinin geleneksel kompozit rezinlere göre yaklaşık % 60-90'ı kadar olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, akıcı kompozit rezinlerin yüksek kuvvet alan bölgelerde dikkatle kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.⁴⁹ Hirayama ve ark. akıcı kompozit rezinlerde elastik modülü ve dinamik mikrosertliği araştırmıştır. Akıcı kompozit rezinlerin mekanik özelliklerinin sadece doldurucu içeriğine bağlı olmadığı, aynı zamanda rezin matrisinin özelliklerine de bağlı olduğu belirtilirken, kompozisyon ve viskozite gibi matris özelliklerinin, hem elastik modülü hem de dinamik mikrosertliği etkileyebileceğini bildirmiştir.⁵⁰ Alrobeigy, polimerizasyon sırasında oluşan ve belirli dereceye kadar dönüşüm derecesine bağlı olan rezin matrisinin kalitesinin, rezin kompozitlerin sertliğini ve elastik modülünü etkileyebilen önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. Ayrıca yaşlandırma işleminde yetersiz polimerize edilmiş olan rezinde su moleküllerinin reaksiyona girmemiş monomerlerle bağlanabileceği ve sertlikte bir azalmaya neden olabileceği sonucuna da varılmıştır.⁴⁸ Bonilla ve ark. 9 akıcı kompozit rezinde oluşturulan çatlak oluşumuna karşı direncini, kırılma dayanımı ölçülerek karşılaştırmış ve test edilen 9 kompozit rezinin 7'si arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ayrıca, çalışmadaki akıcı kompozit rezinlerin doldurucu hacmi ile kırılma dayanımı arasında bir korelasyon olmadığı belirtilmiştir.⁵¹ Baroudi ve ark. bulk materyalin ara yüz kenarına farklı mesafelerden akıcı kompozit rezinler uygulayarak gelen kuvvetler karşısında başarısızlığı in vitro olarak değerlendirmiştir. Akıcı kompozit rezinlerin marjinal kırılma direncinin, bir restorasyonun merkezinde oluşan kırılma dirence göre daha düşük olduğu bulunmuştur.⁵² Burke ve ark. kompozit rezin restorasyonların değiştirilmesinde en yaygın neden olarak % 18'i marjinal kırık ve % 7'lik kırığın kütleli olduğunu bildirmiştir.⁵³ Balos ve ark. akıcı kompozit rezinlere az miktarda nanopartikül ilavesinin eğilme modülü, eğilme dayanımı ve mikro sertlik gibi mekanik

özellikler üzerindeki etkisini değerlendirilmiştir. Nanopartikül eklenmesi, kompozit rezinin manüplasyon özelliklerini etkilemeden mekanik özelliklerinin geliştirilmesinde katkı sağlayacağı belirtilmiştir.⁴⁷ Hojati ve ark. ZnO nano-partiküllerinin ilave edilmesiyle akıcı kompozit rezinlerde eğilme dayanımı ve basma direncinin değişmediğini rapor etmiştir.⁵⁴ Yapılan bir çalışmada pirinç kabuğundan sentezlenen nano hibrid içerikli silikanın eklenmesiyle oluşturulan akıcı kompozitin pürüzlülük, sertlik ve basma dayanımı gibi fiziksel ve mekanik özelliklerinin kabul edilebilir düzeyde olduğu belirtilmiştir.⁵⁵ Braga ve ark. çalışmada kullanılan akıcı kompozit rezinlerin çoğunun akıcı olmayan bir kompozit rezin altında kullanıldığında önemli gerilim azalmalarının olmadığını belirtmiştir. Akıcı kompozit rezinin restoratif materyal olarak kullanılması stresin azaltılmasında etkili olmamış ve geleneksel kompozit rezin altında ince bir tabaka akıcı kompozit rezin kullanıldığında, stresin azalmasının uygulanan materyalin elastik modülüne bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.⁵⁶

Cadenero ve ark. akıcı kompozit rezinler ve geleneksel kompozit rezinler arasında karşılaştırılabilir bir büzülme stresi rapor etmiştir. Akıcı kompozit rezinlerin ara tabakada kullanımının belirgin bir stres azalmasına yol açmadığı sonucuna varmışlardır.⁵⁷ Beun ve ark. akıcı kompozit rezinlerin, pit ve fissür örtücü materyallerden çok daha iyi mekanik özelliklere sahip olduğu sonucuna varmıştır.⁵⁸ Ayrıca azaltılmış doldurucu içeriği, zayıf aşınma direnci ve zayıf fiziksel özelliklerinden dolayı akıcı kompozit rezinin sadece düşük gerilimli alanlarda, kavite tabanlarında veya küçük kaviteelerde kullanılması önerilmektedir.³⁹ Akıcı kompozit rezinler, değişen kompozisyonlardaki içeriklerine göre mekanik ve fiziksel özellikler sergileyen materyaller olup homojen olmayan bir grup içerir. Klinisyenler, her bir materyalin spesifik özelliklerine ve endikasyonlarına dayanarak uygun malzeme seçiminin farkında olmalıdır.⁵⁹

2. Akıcı Kompozit Rezinlerde Polisaj ve Aşınma

Bitirme ve polisaj işlemlerinin amacı doğal estetiği yakalamak ve restorasyonların klinik ömrünü uzatmaktır.⁶⁰ Akıcı materyallerin yüzey morfolojisindeki değişiklikleri değerlendiren çalışmalarda, doldurucunun azalması nedeniyle aşınması arttığı bildirilmiştir.⁶¹ Garcia ve ark. simüle edilmiş fırçalama testinden sonra farklı markalarda akıcı kompozit rezinlerin kütleli kaybı ve yüzey pürüzlülüğü değişikliklerinin geleneksel mikro dolduruculu kompozit rezinler ile karşılaştırmışlardır. Simüle edilmiş fırçalama testinden sonra incelenen tüm materyallerin önemli kütle kaybı göstermediği sonucuna varılmıştır. Araştırmada test edilen tüm materyallerde fırçalama testi sonrasında yüzey pürüzlülüğünde bir artış göstermiştir.⁶² Clelland ve ark. aynı markalara ait akıcı kompozit rezinler (mikrodoldurucu ve mikrohibrit) ve akıcı olmayan kompozit rezinlerin (mikrodoldurucu ve mikrohibrit)

aşınmalarını incelemişlerdir. Kompozit rezin materyallerin aşınması, malzemelerin doldurucu miktarından önemli ölçüde etkilenmiştir. Yüksek oranda dolduru içeren mikrohibrit kompozit rezinler en az aşınma göstermiştir.⁶³ Chakalov ve ark. akıcı kompozit rezinlerin aşınma oranının, tepilebilir kompozit rezinlerin aşınma oranından daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle, akıcı kompozit rezinlerin stresin az olduğu temassız alanlarda kullanılması gerektiği önerilmiştir.⁶⁴ İki ve üç gövdeli aşınma direncinin değerlendirildiği bir çalışmada, akıcı bulk-fill ve geleneksel kompozit rezin materyaller arasında benzer sonuçlar bulunmuştur. Ayrıca çalışmada kullanılan kompozit rezin materyaller arasında doldurucu hacmi, sertlik, iki ve üç gövdeli aşınma dirençleri arasındaki korelasyonlar önemsiz bulunmuştur.⁶⁵ Engelhardt ve ark.⁸, akıcı kompozit rezinin değerlendirildiği (5 geleneksel akıcı ve 3 bulk-fill akıcı kompozit rezin) bir çalışmada aşınma ve kırılma dayanıklılıkların benzer olduğunu bildirmişler ve tüm doldurucu boyutları için önceden polimerize edilmiş partiküllerde bozulmalar olduğu belirtilmiştir.⁶⁶ Yapılan çalışmalarda akıcı kompozit rezinlerde daha az aşınma direnci, asidik koşullar altında aşınma potansiyeline eğilimi ve daha az doldurucu içeriği gibi nedenlerle zaman içinde daha fazla yüzey pürüzlülüğüne sahip olabileceği sonucuna varılmıştır.^{32,67} Bu nedenle, yüzey aşınmasını değerlendiren az sayıda çalışmaya dayanarak, azaltılmış doldurucu içeriğinin cilalanmayı arttırdığı, ancak akıcı kompozit rezinlerin genel aşınma direncini azalttığı sonucuna varılabilir.⁵

3. Akıcı Kompozit Rezinerde Polimerizasyon Büzülmesi

Kompozit rezinlerin boyutsal stabilitesi restorasyon ömrünün uzun süreli olması ve fonksiyonu için gereklidir. İnorganik doldurucu partikülleri ile doldurulmuş dimetakrilat rezinlerden oluşan dental kompozit rezinler, polimerizasyonu sonrası hacimsel büzülme maruz kalmaktadır. Bu büzülme, mine kırılmalarına ek olarak kompozit / diş ara yüzeyinde mekanik bozulmaya, adezyon, mikrosızıntı ve sekonder çürüklere neden olabilecek gerilmelere yol açar.⁵ Herrero ve ark. yaptığı bir çalışmada büzülmede sadece doldurucu içeriğinin boyutu ve miktarının önemli olmadığını, aynı zamanda parçacıkların şeklinin de etkili olduğunu belirtmiştir.⁶⁸ Çoğu akıcı kompozit rezinin ortalama hacim polimerizasyon büzülme oranı % 5'tir.⁶⁹ Baroudi ve ark. akıcı kompozit rezinlerin polimerizasyon büzülme-geriliminin dolgu fraksiyonlarıyla birlikte dikkate alınması gerektiği sonucuna varmışlardır.⁷⁰ Daha düşük doldurucu içeren materyallerin akışkanlığı daha yüksektir. Bu materyaller önemli ölçüde polimerizasyon büzülmesi göstermesine rağmen, mikro-oklüzal boşluklarda başarılı bir şekilde kullanılabilirler. Ancak, bu materyallerin kullanıldığı derin kaviteelerde, mine kenarı boyunca kırıklar ya da mine duvarı boyunca çatlaklar olduğu bildirilmiştir.⁵⁶ Ikeda ve ark. düşük doldurucu içeriğine sahip akıcı bir

içeriğine sahip akıcı bir kompozit rezin ve geleneksel bir hibrit kompozit rezine kıyasla yüksek doldurucu içeren akıcı kompozit rezin ile restore edilmiş 1 ve 2 mm derinliğindeki kaviteelerde marjinal bütünlüğü ve duvar adaptasyonunu değerlendirmişlerdir. 1 mm derinliğindeki kaviteeler için marjinal bütünlük ve duvar adaptasyonu açısından materyaller arasında fark gözlenmemiştir. Elde edilen sonuçlara dayanarak, kullanılan yüksek doldurucu içeren akıcı kompozit rezin ile mükemmel duvar adaptasyonu sağlanmış ve büyük kaviteelerde kullanılması önerilmiştir. Tabakalama tekniğinin kullanılması, gelen streslerin etkisini azaltmada büyük kaviteeler için yararlı bulunmuştur.⁷¹ Literatürde genellikle monomer içeriği artmasıyla büzülmenin arttığı^{72,73} ve jel fazına dönüşüm oranının daha hızlı olduğu çalışmalarda bildirilmiştir.^{74,75} Takamizawa ve ark. polimerizasyon sırasında güç yoğunluğunun kompozit materyallerde büzülme stresi üzerindeki etkisini, 6 adet akıcı ve hibrit kompozit rezin kullanarak değerlendirmiştir. Bu laboratuvar çalışmasının sonuçları, akışkan rezinlerin büzülme gerilmelerinin güç yoğunluğu ve kompozit rezin tipinden etkilendiğini göstermektedir. Çalışmanın sonucu olarak güç yoğunluğu ne kadar yüksek olursa gerilme stresinin de o kadar yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.⁷⁶ Bir materyalin hacimsel büzülmesi üzerinde birçok faktörün etkisi olabileceği rapor edilmiştir. Bu faktörler ise; doldurucu içeriği, doldurucu boyutu, monomer tipi, monomer içeriği, organik matris tipi, organik matris dönüşüm faktörleri, sertleştirme ünitesinin güç yoğunluğu, kavite derinliği ve yerleştirme tekniği olarak bildirilmiştir.⁵

4. Akıcı Kompozit Rezinerde Akış/Akışkanlık

Akıcı kompozit rezinlerin akışkanlığı, bu materyallerin karakteristik bir özelliğidir. Akışkanlık miktarı materyaller arasında önemli ölçüde değişir.⁵ Bu nedenle, akıcı kompozit rezinin viskozite ve akış karakteristikleri, kullanım sırasında klinik davranışları ve klinik endikasyonları üzerinde potansiyel bir etki oluşturabilir.⁷⁷ Bayne ve ark. 5 akıcı kompozit rezinin akışkanlık derecesini ölçmüş ve akışkanlık derecesi en yüksek kompozit rezinin en az akışkanlık derecesine sahip kompozit rezinin 5 katına sahip olduğunu bulmuşlardır.⁴⁹ Attar ve ark. çalışmasında test edilen akıcı kompozit rezin ve kompomerlerin geleneksel kompozit rezin ve kompomerlere göre daha fazla akışkanlığa ve düşük rijiditeye sahip olduklarını bildirmişlerdir.⁴⁶ Moon ve ark. akışkan kompozit rezinlerin viskozitesindeki değişimi ADA akış testi kullanarak ölçmüştür ve simantasyon sırasında akışı simüle etmek için bir testle karşılaştırmışlardır. Akış özellikleri yüksek akış, orta akış ve düşük akış gruplarına ayrılmıştır. ADA akış testi sonucunda film kalınlığı ölçümlerinde, iki materyal dışında uyumluluğun olduğu sonucu bulunmuştur.⁷⁸ Baroudi ve ark., akıcı kompozit rezinlerin doldurucu fraksiyonları ve post-cure dönemi ile creep davranışını değerlendirmiştir. En yüksek doldurucu yüzdesine

sahip akıcı kompozit rezinlerin en düşük creep gerilmesine sahip olduğu bildirilmiştir. Klinik anlamda çalışmanın bulguları, akıcı kompozitlerin stres taşıyan alanlar için uygun olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla, akışkanlık artarsa, materyallerin genel dayanımı etkilenir.⁷⁹ Mikro doldurucu kompozit rezinlerin yüzey sertliğindeki azalma, creep deformasyonu da dahil olmak üzere bazı boyutsal değişikliklere yol açabilir. Viskoelastik özelliklerin ölçümü, malzemenin yük altında creep eğiliminin değerlendirilmesine yardımcı olabilir. Creep deformasyona, materyal içeriğine ve depolanan yüke bağlıdır⁸⁰ ve bu durum mekanik stres direncini de etkileyeceği için restorasyonun ömrünü olumsuz etkileyebilir.^{80,81} Üreticiler tarafından farklı akışkanlıklara (yüksek veya düşük) sahip olduğu iddia edilen farklı akıcı kompozit rezinlerin araştırıldığı çalışmada; akış hızı, polimerizasyon büzülmesi ve mikrosertliğin (üst yüzeyde) akışkanlıkla ilişkili olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, bir akışkanlık derecesi olarak akış hızının uygulanan ışık kaynağı ve polimerizasyondan bağımsız olarak mikrosertlik, polimerizasyon büzülmesi, su emme ve çözünürlüğü ile düşük korelasyona sahip olduğu bildirilmiştir.⁸²

5. Akıcı Kompozitlerde Mikrosızıntı

Restoratif materyallerin çoğu, boyut değişiklikleri ve kavite duvarına uyum eksikliği nedeniyle değişen seviyelerde marjinal mikrosızıntı göstermektedir.⁸³ Bu bağlantı eksikliği kısmen polimerizasyon büzülmesi ve ağız boşluğundaki aşırı sıcaklıklardan kaynaklanabilir bu da adeziv sistem ile kavite duvarları arasındaki adezyonu azaltabilir.⁸⁴ Marjinal mikrosızıntıların klinik sonuçları pulpal patoloji, sekonder çürük lezyonlar, işlem sonrası ağrı ve restorasyonun başarısızlığı olarak bildirilmiştir.⁵ Polimerizasyon büzülme derecesi de rezin matrisin miktarından etkilenir; polimerizasyon sırasında daha fazla büzülme olur ve bu durumda akıcı kompozit rezinlerin geleneksel kompozitlerden daha büyük mikrosızıntıya neden olabileceği düşünülebilir.⁸⁵ Akıcı kompozit rezinin hibrid ve tepilebilir kompozit rezin altında bir liner olarak kullanılması, sadece hibrit ve akıcı kompozit rezin uygulanarak karşılaştırıldığında daha az sızıntıya eğilim göstermiştir.⁸⁶ Kwon ve ark. akıcı kompozit rezinlerin ve doldurucu içeren fissür örtücü materyalin benzer bir rezin tag oluşturma paterni gösterdiğini bulmuşlardır. Her grupta fissür örtücüye göre 3 adet akıcı kompozit rezin, önemli ölçüde daha fazla mikrosızıntı göstermiştir ve mikrosızıntı seviyesi, 3 akıcı kompozit rezinde de benzer bulunmuştur. Doldurucu içeren fissür örtücülerin kullanımının okluzal kavitelere akıcı kompozit rezinlere göre daha sızdırmaz olduğu bulunmuştur.⁸⁷ Ascension ve ark., termal döngü sonrasında 4 adet akıcı kompozit rezin ve 1 adet giomer materyalin mineye adeziv sistem ile bağlanan braketlerin altındaki mikrosızıntı değerlerini incelemişlerdir. İncelenen gruplar karşılaştırıldığında giomer materyali mikrosızıntı açısından daha iyi

bulunmuştur.⁸⁸ Farklı ışık kaynaklarının ve modlarının, akıcı kompozitlerde mikrosızıntı üzerindeki etkisini değerlendirildiği çalışmada rezin sızıntısının materyallerin içeriklerine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.⁸⁹ Servikal sınıf V kavitelere akıcı kompozit rezinlerin mikrosızıntısını karşılaştıran çeşitli çalışmalarda, mikrosızıntı skorlarının akıcı kompozit rezinlerin hibrit kompozitlere benzer veya daha zayıf olduğu^{90,91}, kompomerlere benzer veya biraz daha üstün olduğu fakat cam iyonomer restorasyonlardan çok daha iyi olduğu bildirilmiştir.^{92,93} Yeni nesil bulk-fill akıcı kompozit rezinin; kompozit rezin ve dentin arasındaki ara tabaka(liner) olarak uygulanmasının mikrosızıntıya etkisini değerlendiren bir çalışmada incelenen örnekler uygulanan adezive göre rastgele üç gruba ayrılmış (Grup 1: Clearfil SE Bond; Grup 2: Adper Easy One; Grup 3: Adhesive 200T) ve her grup kullanılan liner materyaline göre üç alt gruba ayrılmış (Grup A: Liner yok-kontrol grubu; Grup B: Aelite Flo LV, düşük viskoziteli mikro hibrit kompozit; Grup C: Smart dentin replacement). Tüm kavite bir kompozit rezin (Aelite LS) kullanılarak restore edilmiştir. Örnekler, % 0.5 bazik fuksin ile sızıntı penetrasyonu değerlendirilmiş kontrol (liner yok) ve çalışma grupları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu çalışmanın sonucu olarak mikrosızıntının, kompozit rezin ile dentin arasında bir ara materyal olarak geleneksel veya yeni nesil akıcı kompozit rezinin uygulanmasından etkilenmediği ifade edilmiştir.⁹⁴

Bir in vitro çalışmada, hazırlanan tüm örnekler kullanılan restorasyon materyaline göre her grupta 16 molar dişten oluşan üç gruba ayrılmıştır: Grup 1, Venüs Elmas; Grup 2, Venüs Elmas akıcı kompozit rezin; ve Grup 3: Surefil SDR akıcı kompozit. Yapay yaşlanmadan önce ve sonra hem mine hem de dentin üzerindeki farklı kompozit rezinlerin marjinal sızdırmazlık kalitesini değerlendirilmiştir. Yapay yaşlandırmadan önce ve sonra dentinde önemli ölçüde daha iyi marjinal sızdırmazlığı sağlamıştır. Nanohibrit kompozit rezin ve bulk akıcı kompozit rezin, mine kenarlarında benzer mikrosızıntı değerleri göstermiştir.⁹⁵

Gönülol ve ark. 75 insan molar dişinde bukkal ve lingual taraflarında (n=150) standart hale getirilmiş kutu şeklindeki sınıf V kavite hazırlanmıştır. Dişler rastgele olarak her biri 30 kaviteden oluşan beş gruba ayrılmış ve restorasyonlar; GroupVF: Vertise Flow; OVF Grubu: OptiBond (Kerr) + Vertise Flow; SM Grubu: Clearfil SE Bond + Majesty Flow; Grup TM: Clearfil Tri-S Bond + Majesty Flow; ve Grup UOA: Uni-etch asit (+ Tek Aşamalı adeziv (Bisco Inc.) + Aeliteflo. Restorasyonlar üç alt gruba ayrıldı (n =10) ve 1000, 5000 ve 15.000 termal döngüye tabi tutulmuştur. Dişler % 0.5 bazik fuksin solüsyonundan sonra mikrosızıntı skorları değerlendirilmiştir. Kendinden adezivli akıcı kompozit rezinler ve geleneksel akıcı kompozit rezinlerin kullanıldığı

gruplarda 5000 ve 15.000 termal döngü sonrası hem mine hem de sementte mikrosızıntı skorları için anlamlı bir fark bildirmemişlerdir. Kendinden adezivli akıcı kompozit rezinler ile restore edilen sınıf V kaviteilerin mikrosızıntı skorları, uzun süreli termal döngüye maruz kaldığında geleneksel akıcı kompozit rezinler ile benzer bulunmuştur.⁹⁶

Peşkersoy ve ark. kendinden adezivli akıcı kompozit rezin ile kendinden asitli bir adeziv sistemle kombine olarak uygulanan 3 adet akıcı kompozit rezinin sınıf V restorasyonların çevresindeki mikrosızıntı değerlerinin değerlendirmişlerdir. Tüm gruplarda servikal kavite kenarlarında oklüzal kenarlara kıyasla daha fazla mikrosızıntı gerçekleşmiş ve restoratif materyallerin hiçbirinde örtüleme anlamında başarısızlık olmadığını bildirmiştir.⁹⁷ Akıcı kompozit rezinlerin marjinal bütünlüğü hala tartışmalıdır ve klinik performanslarını doğrulamak için daha fazla klinik çalışmanın yapılması gerekmektedir.

6. Akıcı Kompozitlerde Radyoopasite

Radyoopasite, diş yapısının restorasyonunda bütünlük ve uyumun değerlendirilmesine izin veren dental restoratif materyaller için bir gerekliliktir.⁹⁸ Radyoopasite, diş hekiminin radyografik olarak, mevcut restorasyonları ve birincil çürükleri ayırt etmesini, restorasyonlardaki konturları, çıkıntılarını ve büyük boşlukları değerlendirmesini ve tekrarlayan çürüklerin tanımlanmasına yardımcı olmasını sağlayan önemli bir özelliktir.⁹⁹ Akıcı kompozit rezinlerin doldurucu oranının düşük olması geleneksel hibrid kompozit rezinlere kıyasla düşük radyoopasitenin bir nedenidir.⁴⁹ Kompozit rezinlerin radyoopasitesi hala tartışmalı bir konudur. Bazı yazarlar, posterior kompozit rezinlerde restorasyon ve diş ayırımının tespiti için kompozit rezinlerin diş yapısından daha yüksek radyoopasiteye sahip olması gerektiğini savunurken^{100,101}, bazıları ise radyoopasitenin detayların tespitini ve görme keskinliğini bozduğunu ileri sürerler.^{102,103} Dental materyallerin radyoopasiteleri üzerindeki çalışmalar özellikle kaide materyali gibi kullanılan akıcı kompozit rezinlere yoğunlaşmıştır.¹⁰⁴ Üretici firmalar akıcı kompozit rezinler içerisine doldurucular veya radyoopak bileşenler ekleyerek radyoopasitelerinin artırılmasını amaçlamışlardır. Radyografik açıdan ideal radyoopasite derecesi restorasyon materyalinin kullanım amacı ve türüne göre değişiklikler gösterebilmektedir.¹⁰⁵ Bununla birlikte, yapılan çalışmalar piyasada bulunan bazı akıcı kompozit rezinlerin yeterli radyoopasiteye sahip olmadığını göstermiştir.^{98,106} Radyoopasitesi dentine yakın veya dentinden az olan materyallerin kullanılması diagnostik anlamda zorluklara neden olabilir. İntrakoronel restorasyonlar için klinisyenlere yüksek radyoopasiteli materyaller önerilmektedir.⁴⁶ Willems ve ark. 1 mm kalınlığında hazırladıkları anterior veya posterior kullanımı olan 55 adet kompozit rezin materyalin radyoopasitesini değerlendirmiş ve posterior kullanım

posterior kullanım amaçlı bazı ürünlerin radyoopasite ihtiyacını karşılamadığını belirtmişler. Test ettikleri kompozit rezin restoratif materyallerde radyoopasiteyi sağlayıcı element olarak, en çok baryum kullanıldığını ve baryumun diğer elementlerle karşılaştığında daha yüksek radyoopasite özelliği sergilediğini ifade etmişlerdir.¹⁰⁷ Hitij ve Fidler, 56 restoratif materyalin (33 geleneksel kompozit rezin, 16 akıcı kompozit rezin, 7 cam iyonomer siman) radyoopasite değerlerini araştırmış ve hepsinin radyoopasite değerlerinin, dentin referans radyoopasite değerinin üzerinde olduğunu; bununla birlikte, 33 geleneksel kompozit rezinlerin 4'ünde ve 16 akıcı kompozit rezinden 3'ünde mine radyoopasitesinin anlamlı derecede düşük olduğunu belirtmiştir. Radyoopasitesi mineden daha düşük olan materyallerin, özellikle proksimal dişeti marjında ilk olarak uygulandığında, radyografik görüntülerde ikincil mine çürükleri olarak yanlış yorumlanabileceği ve üretici firmaların verilerinin her zaman güvenilir olamayacağı da belirtmişlerdir.¹⁰⁸ Espelid ve ark. ikincil çürüklerin radyografik tanısı için en yüksek doğruluğun, restoratif materyalin mine radyoopasitesine (yaklaşık 2 mm eşd. Al) göre biraz daha yüksek olduğunda elde edildiğini bulmuştur.¹⁰² ISO, dental materyallerin sahip olması gereken radyoopasite standartlarını tanımlamıştır. ISO 4049'a göre, koronal diş dokusuna uygulanan restoratif materyaller, aynı kalınlıkta saf alüminyum kalınlığına benzer veya daha yüksek radyoopasiteye sahip olmalıdır. Ayrıca, restoratif malzemelerin en düşük radyoopasite değerinin, dentine benzer ve aynı kalınlıktaki alüminyumdan yüksek değere sahip olması gerektiği bildirilmiştir.¹⁰⁹ Bu nedenle alüminyum radyoopasitesi, üreticiler tarafından yaygın olarak kullanılan bir eşik değeri olmuştur.¹⁰⁸ Ergücü ve ark. akıcı radyoopasitesi mineye göre yüksek akıcı kompozitlerin posterior restorasyonlar için daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.⁹⁸ Cantürk ve ark. akıcı kompozitlerdeki dolduruculardan dolayı radyoopasitelerde farklılıklar olabileceğini bildirmiştir. Ayrıca radyografik analiz yapılırken farklı radyoopasite değerlerinin bilinmesinin diagnostik değerlendirmede ve teşhiste yardımcı olacağı ifade edilmiştir.¹¹⁰ Salzedas ve ark. materyallerin radyoopasite bilgisinin diş hekimlerinin tedavi sırasında doğru restoratif materyali seçmelerine yardımcı olabileceğini belirtmişlerdir.¹¹¹ Restorasyon sırasında, kaviteye ilk uygulanan tabakanın radyoopasitesinin kabul edilir değerde olması, son tabakanın ise çok ince kalınlıklarda radyografik incelemeye olanak sağlayacak radyoopasitede olması gerekir.¹⁰⁵

7. Akıcı Kompozit Rezinerde Renk Stabilitesi

Kompozit rezinlerin temel sorunlarından birisi, içsel ve dışsal faktörlere bağlı renk değiştirme eğilimleridir.^{112,113} Akıcı kompozit rezinlerin renk stabilitesi, restorasyonların uzun ömürlülüğü için önemli bir faktördür.⁵ Bununla birlikte akıcı kompozit rezinlerin renk stabilitesini değerlendiren çalışmalar

sınırlı sayıdadır. Yapılan bir çalışmada 4 adet akıcı kompozit rezinin renk, translüsens ve flüoresans gibi optik özellikleri aynı markanın universal kompozit rezinleri ile karşılaştırılmıştır. Mevcut çalışmanın sınırlamaları dahilinde, dört markanın üçünde akıcı ve üniversal kompozit rezinleri arasındaki renk farkı algılanabilir aralıkta bulunmuştur. Akıcı kompozit rezinlerin TP değerleri, dört markanın ikisinde üniversal kompozit rezinlerden istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Dört geleneksel kompozit rezinin tümü flüoresans gösterirken, sadece iki akıcı kompozit rezinin flüoresans özelliği göstermiştir. Bu anlamda, akıcı ve universal resin kompozit rezinleri arasındaki renk, translüsensi ve flüoresanstaki farklılıkların klinik olarak kabul edilebilir olduğunu ve bu durumun renk eşleşmesinde dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.¹¹⁴ Korkmaz ve ark. hızlandırılmış yaşlandırma işleminin renk üzerindeki etkisini değerlendirdiği çalışmada akıcı kompozit rezinlerde renk değişiminin ton farklılıklarına bağlı olduğunu ve translüsensi özelliğinin hızlandırılmış yaşlandırma işleminden etkilendiğini bildirmişlerdir.¹¹⁵ Başka bir çalışmada, florür içeren çözelti/solüsyonların akıcı kompozit rezinlerin saydamlığı üzerindeki etkisi değerlendirilmiş ve florür içeriğinin test edilen materyallerdeki doğal saydamlığı değiştirdiği bulunmuştur.¹¹⁶ Kamalak ve ark. kullandıkları bulk-fill akıcı kompozit rezinlerin tamamında yüzey pürüzlülüğü ve poroziteler tespit etmiştir. Materyal yüzeyindeki poroz yapının uzun dönemde renklenmeye neden olabileceği bildirilmiş ve bu poroz yapıların engellemesi için yüzey örtücü resin esaslı ajanların kullanımı tavsiye edilmiştir.¹ Farklı renklendirici içeceklerde bekletilen aynı markanın nano doldurucu akıcı kompoziti resin ile yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, her iki grup arasında renk değişikliği açısından fark bulunmamıştır.¹¹⁷ Resin kompozitlerin içerik ve kompozisyon farklılıkları optik özelliklerinin anahtarıdır ve akıcı kompozitler geleneksel kompozitlerden farklı optik ve renk özellikleri sergiler.¹¹⁴ Arregui ve ark. 9 adet akıcı kompoziti çeşitli renklendirici solüsyonlarda bekleterek materyallerin renk değişimi ve su absorpsiyonu üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Renk değişiminin kompozit tipine bağlı olduğu belirtilmiştir. İncelenen materyallerde bulk-fill akıcı kompozit rezinler en yüksek ve nanohibrit akıcılar düşük renk değişimi göstermiştir. Kendinden adeziv içeren kompozit resin tipi daha fazla su absorpsiyonu göstermiştir.¹¹³ Sousa ve ark. 2 farklı akıcı kompozit rezinin ön ısıtmasının, renkli içeceklerle maruz kaldığında renk stabilitesi üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Ön ısıtmanın, her iki akıcı kompozitin renklenme direncini arttırdığı bulunmuştur.¹¹⁸ Yüksek sıcaklık, reaktif olmayan grupları ve serbest radikallerin arasındaki bağlanma sıklığını artırır ve ilave polimerizasyon ile daha yüksek dönüşümle sonuçlanır.¹¹⁹ Bu nedenle, önceden ısıtılmış materyallerde renk stabilitesi daha yüksek bir dönüşüm derecesine atfedilmiştir.¹¹⁸

8. Akıcı Kompozitlerin Biyolojik Özellikleri

Bir restoratif materyal geliştirilirken, kimyasal ve mekanik özelliklerin yanında biyoyumluluğu da göz önünde bulundurulmalıdır.¹²⁰ Bir materyalin biyoyumluluğu, bu maddeden çözünme ya da aşınma sonucu açığa çıkan bileşenler ile belirlenmektedir. Materyalin biyoyumluluğu materyalin tipine, dişte restore edilen bölgeye ve dişin fonksiyon durumuna bağlıdır. Sitotoksikite, uygulanan materyalin hücrenin yaşamına olan etkisi biyoyumluluğu belirleyici etkindir. Sitotoksikite moleküler olaylar sonucu çeşitli makromoleküllerin sentezlenmesinin engellenmesi ve buna bağlı olarak hücrenin fonksiyonlarında ve yapısında belirgin hasarlar meydana gelmesi olarak tanımlanır.¹²¹ Akıcı kompozit rezinlerin, geleneksel kompozitlere göre daha yüksek seviyede hücre toksisitesine neden olduğu belirtilmiş ve toksisitedeki bu artış, daha yüksek akışkanlık elde etmek için eklenen artmış resin seyretilicilerinin varlığına atfedilmiştir.¹²² Hegde ve ark., iki nanohibrit akıcı kompozit rezinin BisGMA ve TEGDMA salınmasının miktarını test ettiği çalışmasında kompozit malzemelerin anlamlı düzeyde salınım yaptığını bildirmiştir.¹²³ Yalçın ve ark., 6 farklı akıcı kompozit rezinin sitotoksitesini değerlendirmiş ve akıcı kompozit rezinlerin toksik özelliğinin olmadığı gösterilmiştir.¹²⁴ Baroudi ve ark. ışık yayan diyet ve halojen ışığın kullanılarak akıcı ve akıcı olmayan kompozit rezinlerin polimerizasyonu sırasında pulpal sıcaklık artışını araştırmış ve akıcı kompozit rezinlerin akıcı olmayan kompozit rezinlere göre daha yüksek sıcaklık artışları sergilediği sonucuna varmıştır.¹²⁵ Yapılan bir çalışmada, ekzotermik bir değişikliğin materyal bileşimindeki farklılıklardan kaynaklandığı bildirilmiş ve akıcı kompozitin ekzotermik sertleşme reaksiyonu sonrası oluşan sıcaklık artışı derin restorasyonlarda pulpa hasarına neden olabilir.¹²⁶ Bu nedenle, derin restorasyonlarda akıcı kompozitler kullanırken dikkatli olmak gerekir.⁵ Resin monomerlerde genel olarak sitotoksikite sıralaması BisGMA>UDMA>TEGDMA>HEMA şeklindedir.^{123,127} Srivastava ve ark., nano kompozit resin, akıcı kompozit resin ve kompomer materyalinin insan lenfosit hücresi üzerine sitotoksitesini değerlendirdikleri çalışmalarında her üç materyalin de sitotoksik etki gösterdiğini ve en yüksek sitotoksik etkinin akıcı kompozitte görüldüğünü bildirmişlerdir. Bu etkinin materyallerden salınan HEMA ve TEGDMA'ya bağlı olduğunu savunmuşlardır.¹²⁸ Demirci ve ark., 2 farklı restoratif resin materyalin (Clearfil Majesty ve Grandio Flow) insan fibroblast hücreleri üzerine sitotoksik etkisini MTT [3-(4,5 DimetilTiazol-2)-2,5 DifenilTetrazolyum Bromit] testi ile 24 sa, 72 sa ve 7 gün sonra değerlendirmiştir. MTT testine göre 24 saat, 72 saat ve 7 gün sonunda her iki materyal de toksik bulunmuştur. Resin esaslı materyallerin doldurucu içeriği ve oranı, sitotoksik etkileri açısından önemli olduğundan materyal seçiminde dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.¹²⁰

Sitotoksikite ve biyouyumluluğu etkileyen bir diğer faktör ise resin matrisin temel kimyasal yapısı ve doldurucu içeriğidir. Akıcı kompozit resinlerin, doldurucu içeriği yüksek materyallere göre daha fazla sitotoksik etki gösterdiği saptanmıştır.¹²⁹ Trichaiyapon ve ark., akıcı kompozit resin ve mineral trioksit agregat (MTA) materyallerin insan periodontal ligament hücreleri üzerine sitotoksik etkilerini karşılaştırdıkları çalışmada, yeni hazırlanmış olan MTA ve florid salımı yapabilen akıcı kompozit resin materyallerin daha toksik bulmuşlardır.¹³⁰ Restoratif diş hekimliğinde kullanılan, polimerize olabilen bütün materyaller için yetersiz polimerizasyon nedeniyle biyolojik reaksiyon oluşturabilme riski ifade edilmiştir.¹³¹

SONUÇ

Akıcı kompozit resinlerin içeriği geniş çeşitliliğe sahip olmakla birlikte fiziksel / mekanik ve biyolojik özellikleri farklılıklar içermektedir. Klinisyenler bu farklılıkların farkında olmalı, bunun sonucunda klinikte en uygun materyal seçilmelidir. Akıcı kompozit resinler yeni geliştirilen materyaller olmakla birlikte klinik çalışmalarda performanslarının hala kesin sonuçları yoktur, bu da uzun süreli klinik çalışmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu derlemenin sınırlılıkları içerisinde, akıcı kompozit resinlerin gelecek yıllarda umut verici materyaller olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Kamalak H, Altin S, Canbay C. Evaluation of surface porosity of bulk fill flowable composite materials used in dentistry. *FU Med J Health Sci.* 2017; 31(3): 121–6.
2. Zhou X, Huang X, Li M, Peng X, Wang S, Zhou X, et al. Development and status of resin composite as dental restorative materials. *J Appl Polym Sci.* 2019; 136(44): 48180.
3. Ashok NG, Jayalakshmi S. Factors that influence the color stability of composite restorations. *Int J Orofac Biol.* 2017; 1(1): 1-3.
4. Cohen RG. The expanded use of improved flowable composite. *Dentaltown.com.* 2008; 62–75.
5. Baroudi K, Rodrigues JC. Flowable Resin Composites: A systematic review and clinical considerations. *J Clin Diagn Res.* 2015; 9(6): 18-24.
6. Savage B, McWhorter AG, Kerins CA, Seale NS. Preventive resin restorations: practice and billing patterns of pediatric dentists. *Pediatr Dent.* 2009; 31(3): 210-5.
7. Beauchamp J, Caufield PW, Crall JJ, et al. Evidence-based clinical recommendations for the use of pit-and-fissure sealants: a report of the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc.* 2008; 139(3): 257-68.
8. Bagherian A, Shirazi AS. Flowable composite as fissure sealing material? A systematic review and meta-analysis. *Br Dent J.* 2018; 224(2): 92–7.
9. Tangutoori T, Devendra C, Ravi N, Atul B, Yesh S, Eliezer R. Flowable resin composites-A systematic review and clinical considerations. *World J Adv Sci Res.* 2018; 1(2): 186–91.
10. Jafarzadeh M, Malekafzali B, Tadayon N, Fallahi S. Retention of a flowable composite resin in comparison to a conventional resin-based sealant: One-year follow-up. *J Dent (Tehran).* 2010; 7(1): 1-5.
11. Dukic W, Glavina D. Clinical evaluation of three fissure sealants: 24 month follow-up. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2007; 8(3): 163-6.
12. Aguilar FG, Drubi-Filho B, Casemiro LA, Watanabe MG, Pires-de-Souza FC. Retention and penetration of a conventional resin-based sealant and a photochromatic flowable composite resin placed on occlusal pits and fissures. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2007; 25(4): 169-73.
13. Babaji P, Vaid S, Deep S, Mishra S, Srivastava M, Manjooran T. In vitro evaluation of shear bond strength and microleakage of different pit and fissure sealants. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2016; 6(Suppl 2): 111-5
14. Corona SA, Borsatto MC, Garcia L, Ramos RP, Palma-Dibb RG. Randomized, controlled trial comparing the retention of a flowable restorative system with a conventional resin sealant: one-year follow up. *Int J Paediatr Dent.* 2005; 15(1): 44-50.
15. Kucukyilmaz E, Savas S. Evaluation of different fissure sealant materials and flowable composites used as pit-and-fissure sealants: A 24-month clinical trial. *Pediatr Dent.* 2015; 37(5): 468-73.
16. Bagherian A, Shirazi AS, Sadeghi R. Adhesive systems under fissure sealants: Yes or no? A systematic review and meta-analysis. *J Am Dent Assoc.* 2016; 147(6): 446–56.
17. Mathur S, Pandit IK, Srivatava N, Gugrani N, Gupta M. Clinical evaluation of various recently used pit and fissure sealants: A 12-month study. *Int J Clin Dent.* 2012; 5(3): 253–62.
18. Christensen GJ. Preventing postoperative tooth sensitivity in class I, II and V restorations. *J Am Dent Assoc.* 2002; 133(2): 229-31.
19. Boruziniat A, Gharaee S, Shirazi AS, Majidinia S, Vatanpour M. Evaluation of the efficacy of flowable composite as lining material on microleakage of composite resin restorations: A systematic review and meta-analysis. *Quintessence Int.* 2016; 47(2): 93–101.
20. Saraswathi M, Ballal N, Jacob G. Evaluation of the influence of flowable liner and two different adhesive systems on the microleakage of packable composite resin. *J Interdiscip Dentistry.* 2012; 2(2): 98.
21. Kasraei S, Azarsina M, Majidi S. In vitro comparison of microleakage of posterior resin composites with and without liner using two-step etch-and-rinse and self-etch dentin adhesive systems. *Oper Dent.* 2011; 36(2): 213-21.
22. Bore Gowda V, Sreenivasa Murthy BV, Hegde S, Venkataramanaswamy SD, Pai VS, Krishna R. Evaluation of gingival microleakage in class II composite restorations with different lining techniques: An in vitro study. *Scientifica (Cairo).* 2015; 2015: 896507.
23. Unterbrink GL, Liebenberg WH. Flowable resin composites as "filled adhesives": literature review and clinical recommendations. *Quintessence Int.* 1999; 30(4): 249-57.
24. Leevailoj C, Cochran MA, Matis BA, Moore BK, Platt JA. Microleakage of posterior packable resin composites with and without flowable liners. *Oper Dent.* 2001; 26(3): 302-7.
25. Van Dijken JW, Pallesen U. Clinical performance of a hybrid resin composite with and without an intermediate layer of flowable resin composite: a 7-year evaluation. *Dent Mater.* 2011; 27(2): 150-6.
26. Abiodun-Solanke IMF, Ajayi D, Arigbede, AO. Nanotechnology and its application in dentistry. *Ann Med Health Sci Res.* 2014; 4(3): 171-7.

- 27.Karaman E, Özgünaltay G, Dayangaç B, Yazici R. Çürüksüz servikal lezyonlara self-etch adeziv sistem ile uygulanan farklı yapıdaki kompozit rezin restorasyonların 12 aylık klinik değerlendirmesi. *GÜ Diş Hek Fak Derg.* 2011; 28(3): 183–90.
- 28.McCoy RB, Anderson MH, Lepe X, Johnson GH. Clinical success of class V composite resin restorations without mechanical retention. *J Am Dent Assoc.* 1998; 129(5): 593-9.
- 29.Alwadai MHD. Restorative materials for non-carious cervical lesions: A review. *Int J Clin Den Sci* 2018; 7: 1-5.
- 30.Estafan D, Schulman A, Calamia J. Clinical effectiveness of a Class V flowable composite resin system. *Compend Contin Educ Dent.* 1999; 20: 11–5.
- 31.Kubo S, Yokota H, Yokota H, Hayashi Y. Three-year clinical evaluation of a flowable and a hybrid resin composite in non-carious cervical lesions. *J Dent.* 2010; 38(3): 191-200.
- 32.Karaman E, Yazici AR, Ozgunaltay G, Dayangac B. Clinical evaluation of a nanohybrid and a flowable resin composite in non-carious cervical lesions: 24-month results. *J Adhes Dent.* 2012; 14(5): 485-92
- 33.Canali GD, Ignácio SA, Rached RN, Souza EM. One-year clinical evaluation of bulk-fill flowable vs. regular nanofilled composite in non-carious cervical lesions. *Clin Oral Investig.* 2019; 23(2): 889-97.
- 34.Cieplik F, Scholz KJ, Tabenski I, et al. Flowable composites for restoration of non-carious cervical lesions: Results after five years. *Dent Mater.* 2017; 33(12): 428-37.
- 35.Morgan MM, Brown DJ, Suh BI. Immediate Dentin Sealing (IDS). *Inside Dentistry.* 2010; 6(3).
- 36.Nikaido T, Tagami J, Yatani H, et al. Concept and clinical application of the resin-coating technique for indirect restorations. *Dent Mater J.* 2018; 37(2): 192-6.
- 37.Nikaido T, Takahashi R, Ariyoshi M, Sadr A, Tagami, J. Protection and Reinforcement of Tooth Structures by Dental Coating Materials. *Coatings.* 2012; 2(4): 210–20
- 38.Murata T, Maseki T, Nara Y. Effect of immediate dentin sealing applications on bonding of CAD/CAM ceramic onlay restoration. *Dent Mater J.* 2018; 37(6): 928-39.
- 39.Coachman C, De Arbeloa L, Mahn G, Sulaiman TA, Mahn E. An Improved Direct Injection Technique With Flowable Composites. *A Digital Workflow Case Report. Oper Dent.* 2020; 45(3): 235-42.
- 40.Terry DA, Powers JM. A predictable resin composite injection technique, part I. *Dent Today.* 2014; 33(4): 96-101.
- 41.Terry DA, Powers JM, Mehta D, Babu V. A predictable resin composite injection technique, part 2. *Dent Today.* 2014; 33(8): 12.
- 42.Tabrizi S, Salemis E, Usumez S. Flowable composites for bonding orthodontic retainers. *Angle Orthod.* 2010; 80(1): 195-200.
- 43.D'Attilio M, Traini T, Di Iorio D, Varvara G, Festa F, Tecco S. Shear bond strength, bond failure, and scanning electron microscopy analysis of a new flowable composite for orthodontic use. *Angle Orthod.* 2005; 75(3): 410-5.
- 44.Ryou DB, Park HS, Kim KH, Kwon TY. Use of flowable composites for orthodontic bracket bonding. *Angle Orthod.* 2008; 78(6): 1105-9.
- 45.Geserick M, Wichelhaus A. A color-reactivated flowable composite for bonding lingual retainers. *J Clin Orthod.* 2004; 38(3): 165-6.
- 46.Attar N, Tam LE, McComb D. Flow, strength, stiffness and radiopacity of flowable resin composites. *J Can Dent Assoc.* 2003; 69(8): 516-521.
- 47.Balos S, Pilić B, Petronijević B, Marković D, Mirković S, Sarcev I. Improving mechanical properties of flowable dental composite resin by adding silica nanoparticles. *Vojnosanitetski Pregled.* 2013; 70(5): 477–83.
- 48.Alrobeigy N. Mechanical properties of contemporary resin composites determined by nanoindentation. *Tanta Dent J.* 2017; 14(3): 129.
- 49.Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ, Stamatiades P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc.* 1998; 129(5): 567–77.
- 50.Hirayama S, Iwai H, Tanimoto Y. Mechanical evaluation of five flowable resin composites by the dynamic micro-indentation method. *J Dent Biomech.* 2014; 5: 1758736014533983.
- 51.Bonilla ED, Yashar M, Caputo AA. Fracture toughness of nine flowable resin composites. *J Prosthet Dent.* 2003; 89(3): 261-7.
- 52.Baroudi K, Silikas N, Watts DC. Edge-strength of flowable resin-composites. *J Dent.* 2008; 36(1): 63–8.
- 53.Burke FJ, Wilson NH, Cheung SW, Mjör IA. Influence of patient factors on age of restorations at failure and reasons for their placement and replacement. *J Dent.* 2001; 29(5): 317–24.
- 54.Tavassoli Hojati S, Alaghemand H, Hamze F, et al. Antibacterial, physical and mechanical properties of flowable resin composites containing zinc oxide nanoparticles. *Dent Mater.* 2013; 29(5): 495-505.
- 55.Yusoff NM, Johari Y, Ab Rahman I, Mohamad D, Khamis MF, Ariffin Z, et al. Physical and mechanical properties of flowable composite incorporated with nanohybrid silica synthesised from rice husk. *J Mater Res Technol.* 2019; 8(3): 2777–85.

56. Braga RR, Hilton TJ, Ferracane JL. Contraction stress of flowable composite materials and their efficacy as stress-relieving layers. *J Am Dent Assoc.* 2003; 134(6): 721–8.
57. Cadenaro M, Marchesi G, Antonioli F, Davidson C, De Stefano Dorigo E, Breschi L. Flowability of composites is no guarantee for contraction stress reduction. *Dent Mater.* 2009; 25(5): 649–54.
58. Beun S, Bailly C, Devaux J, Leloup G. Physical, mechanical and rheological characterization of resin-based pit and fissure sealants compared to flowable resin composites. *Dent Mater.* 2012; 28(4): 349–59.
59. Xavier JC, De Melo Monteiro GQ, Montes MAJR. (2010). Polymerization shrinkage and flexural modulus of flowable dental composites. *Mat Res.* 2010; 13(3): 381–4.
60. Ölmez A, Kisbet S. Advancements in finishing and polishing procedures for composite resin restorations. *Acta Odontol Turc.* 2013; 30(2): 115–22.
61. Salerno M, Derchi G, Thorat S, Ceseracciu L, Ruffilli R, Barone AC. Surface morphology and mechanical properties of new-generation flowable resin composites for dental restoration. *Dent Mater.* 2011; 27(12): 1221-8.
62. Garcia FC, Wang L, D'Alpino PH, Souza JB, Araújo PA, Mondelli RF. Evaluation of the roughness and mass loss of the flowable composites after simulated toothbrushing abrasion. *Braz Oral Res.* 2004; 18(2): 156-61.
63. Clelland NL, Pagnotto MP, Kerby RE, Seghi RR. Relative wear of flowable and highly filled composite. *J Prosthet Dent.* 2005; 93(2): 153-7.
64. Chakalov I, Koleva P, Gerzhikov I, Apostolov N. Comparison between relative wear resistance of flowable and highly filled composite. *Medinform.* 2019; 6(1): 948–54.
65. Yilmaz EC, Sadeler R. Investigation of two- and three-body wear resistance on flowable bulk-fill and resin-based composites. *Mech Compos Mater.* 2018; 54(3): 395–402.
66. Engelhardt F, Hahnel S, Preis V, Rosentritt M. Comparison of flowable bulk-fill and flowable resin-based composites: an in vitro analysis. *Clin Oral Investig.* 2016; 20(8): 2123-30.
67. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of flowable resin composite surfaces eroded by acidic and alcoholic drinks. *Dent Mater J.* 2008; 27(3): 455-65.
68. Ku RM, Ko CC, Jeong CM, Park MG, Kim HI, Kwon YH. Effect of flowability on the flow rate, polymerization shrinkage, and mass change of flowable composites. *Dent Mater J.* 2015; 34(2): 168-74.
69. Radz G. An Improved bonding system and flowable composite for fast, effective class V restorations. *Inside Dentistry;* 2006; 2(5).
70. Baroudi K, Silikas N, Watts DC. Time-dependent visco-elastic creep and recovery of flowable composites. *Eur J Oral Sci.* 2007; 115(6): 517–21.
71. Ikeda I, Otsuki M, Sadr A, Nomura T, Kishikawa R, Tagami J. Effect of filler content of flowable composites on resin-cavity interface. *Dent Mater J.* 2009; 28(6): 679-85
72. Gonçalves F, Kawano Y, Braga RR. Contraction stress related to composite inorganic content. *Dent Mater.* 2010; 26(7): 704-9.
73. Bukovinszky K, Molnár L, Bakó J, Szalóki M, Hegedus C. Comparative study of polymerization shrinkage and related properties of flowable composites and an unfilled resin. *Fogorv Sz.* 2014; 107(1): 3-8.
74. Stavridakis MM, Dietschi D, Krejci I. Polymerization shrinkage of flowable resin-based restorative materials. *Oper Dent.* 2005; 30(1): 118-28.
75. Helvatjoglu-Antoniades M, Papadogiannis Y, Lakes RS, Dionysopoulos P, Papadogiannis D. Dynamic and static elastic moduli of packable and flowable composite resins and their development after initial photo curing. *Dent Mater.* 2006; 22(5): 450-9.
76. Takamizawa T, Yamamoto A, Inoue N, et al. Influence of light intensity on contraction stress of flowable resins. *J Oral Sci.* 2008; 50(1): 37-43.
77. Lee IB, Son HH, Um CM. Rheologic properties of flowable, conventional hybrid, and condensable composite resins. *Dent Mater.* 2003; 19(4): 298-307.
78. Moon PC, Tabassian MS, Culbreath TE. Flow characteristics and film thickness of flowable resin composites. *Oper Dent.* 2002; 27(3): 248-53.
79. Baroudi K, Silikas N, Watts DC. Time-dependent visco-elastic creep and recovery of flowable composites. *Eur J Oral Sci.* 2007; 115(6): 517–21.
80. Marghalani HY, Watts DC. Viscoelastic stability of resin-composites aged in food-simulating solvents. *Dent Mater.* 2013; 29(9): 963-70.
81. El-Safty S, Silikas N, Watts DC. Temperature-dependence of creep behaviour of dental resin-composites. *J Dent.* 2013; 41(4): 287-96.
82. Ku RM, Ko CC, Jeong CM, Park MG, Kim HI, Kwon YH. Effect of flowability on the flow rate, polymerization shrinkage, and mass change of flowable composites. *Dent Mater J.* 2015; 34(2): 168-74.

83. Mali P, Deshpande S, Singh A. Microleakage of restorative materials: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2006; 24(1): 15-8.
84. Youssef MN, Youssef FA, Souza-Zaroni WC, Turbino ML, Vieira MM. Effect of enamel preparation method on in vitro marginal microleakage of a flowable composite used as pit and fissure sealant. *Int J Paediatr Dent.* 2006; 16(5): 342-7.
85. Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: A systematic review. *Dent Mater.* 2005; 21(10): 962-70.
86. Lokhande NA, Padmai AS, Rathore VP, Shingane S, Jayashankar DN, Sharma U. Effectiveness of flowable resin composite in reducing microleakage - an in vitro study. *J Int Oral Health.* 2014; 6(3): 111-4.
87. Kwon HB, Park KT. SEM and microleakage evaluation of 3 flowable composites as sealants without using bonding agents. *Pediatr Dent.* 2006; 28(1): 48-53.
88. Ascensión V, Ortiz AJ, Bravo LA. Microleakage beneath brackets bonded with flowable materials: effect of thermocycling. *Eur J Orthod.* 2009; 31(4): 390-6.
89. Yazici AR, Celik C, Dayangac B, Ozgunaltay G. Effects of different light curing units/modes on the microleakage of flowable composite resins. *Eur J Dent.* 2008; 2(4): 240-6.
90. Kubo S, Yokota H, Yokota H, Hayashi Y. Microleakage of cervical cavities restored with flowable composites. *Am J Dent.* 2004; 17(1): 33-7.
91. Chimello DT, Chinelatti MA, Ramos RP, Palma Dibb RG. In vitro evaluation of microleakage of a flowable composite in Class V restorations. *Braz Dent J.* 2002; 13(3): 184-7.
92. Qin M, Liu H. Clinical evaluation of a flowable resin composite and flowable compomer for preventive resin restorations. *Oper Dent.* 2005; 30(5): 580-7.
93. Xie H, Zhang F, Wu Y, Chen C, Liu W. Dentine bond strength and microleakage of flowable composite, compomer and glass ionomer cement. *Aust Dent J.* 2008; 53(4): 325-31.
94. Arslan S, Demirbuga S, Ustun Y, Dincer A, Canakci B, Zorba Y. The effect of a new-generation flowable composite resin on microleakage in Class V composite restorations as an intermediate layer. *J Conserv Dent.* 2013; 16(3): 189-93.
95. Scotti N, Comba A, Gambino A, et al. Microleakage at enamel and dentin margins with a bulk fills flowable resin. *Eur J Dent.* 2014; 8(1): 1-8.
96. Gönülol N, Ertan Ertaş E, Yılmaz A, Çankaya S. Effect of thermal aging on microleakage of current flowable composite resins. *J Dent Sci.* 2015; 10: 376-82.
97. Peşkersoy C, Yıldırım G, Özata F, Önal B. Üç farklı akışkan kompozitin ve bir kendinden adezivli akışkan kompozitin sınıf V restorasyonlardaki mikrosızıntı değerlerinin in-vitro olarak incelenmesi. *EÜ Diş Hek Fak Derg* 2013; 34: 99-104.
98. Ergücü Z, Türkün LS, Onem E, Güneri P. Comparative radiopacity of six flowable resin composites. *Oper Dent.* 2010; 35(4): 436-40.
99. Hara AT, Serra MC, Haiter-Neto F, Rodrigues AL Jr. Radiopacity of esthetic restorative materials compared with human tooth structure. *Am J Dent.* 2001; 14(6): 383-6.
100. Bouschlicher MR, Cobb DS, Boyer DB. Radiopacity of compomers, flowable and conventional resin composites for posterior restorations. *Oper Dent.* 1999; 24(1): 20-5.
101. Imperiano MT, Khoury HJ, Pontual MLA, Montes M, da Silveira MMF. Comparative radiopacity of four low-viscosity composites. *Braz J Oral Sci.* 2007; 6(20): 82.
102. Espelid I, Tveit AB, Erickson RL, Keck SC, Glasspoole EA. Radiopacity of restorations and detection of secondary caries. *Dent Mater.* 1991; 7(2): 114-7.
103. Watts DC, McCabe JF. Aluminium radiopacity standards for dentistry: an international survey. *J Dent.* 1999; 27(1): 73-8.
104. Koliniotou-Koumpia E, Pavlos D, Serafim P, Effimia K, Dimitrios D. Sealing effectiveness of two liners and one flowable composite resin in vivo in class V restorations. *Hellenic Dent J.* 2006; 16: 11-6.
105. Üçtaşlı M, Öztaş B. Farklı yapıda diş renginde restoratif materyallerin radyoopasitelerinin değerlendirilmesi. *AÜ Diş Hek Fak Derg.* 2001; 28(2): 123-30.
106. Yıldırım D, Gormez O, Yıldız G, Ermis R. Comparison of radiopacities of different flowable resin composites. *J Oral Maxillofac Radiol.* 2014; 2(1): 21-5.
107. Willems G, Noack MJ, Inokoshi S, et al. Radiopacity of composites compared with human enamel and dentine. *J Dent.* 1991; 19(6): 362-5
108. Hitij T, Fidler A. Radiopacity of dental restorative materials. *Clin Oral Investig.* 2013; 17(4): 1167-77.
109. ISO 4049 Dentistry. ISO 4049 Dentistry-polymer-based filling, restorative and luting materials. 2000; 1-22.
110. Cantürk D, Yılmaz M, Cantürk F, Özakar İlday N, Seven N. Comparative radiopacities of five flowable resin composites. *J Dent Fac Atatürk Uni.* 2020; 30(3): 418-23.
111. Salzedas LM, Louzada MJ, de Oliveira Filho AB. Radiopacity of restorative materials using digital images. *J Appl Oral Sci.* 2006; 14(2): 147-52.

112. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao CV. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins--an in vitro study. *J Dent.* 2010; 38 (Suppl 2): 137-42.
113. Arregui M, Giner L, Ferrari M, Vallés M, Mercadé M. Six-month color change and water sorption of 9 new-generation flowable composites in 6 staining solutions. *Braz Oral Res.* 2016; 30(1): e123.
114. Yu B, Lee YK. Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. *J Dent.* 2008; 36(10): 840-6.
115. Korkmaz Ceyhan Y, Ontiveros JC, Powers JM, Paravina RD. Accelerated aging effects on color and translucency of flowable composites. *J Esthet Restor Dent.* 2014; 26(4): 272-8.
116. Dos Santos PA, Palma Dibb RG, Corona SAM, Catirse ABE, Garcia PPNS. Influence of fluoride-containing solutions on the translucency of flowable composite resins. *J Mater Sci.* 2003; 38: 3765-8.
117. Malek Afzali B, Ghasemi A, Mirani A, Abdolazimi Z, Akbarzade Baghban A, Kharazifard MJ. Effect of ingested liquids on color change of composite resins. *J Dent (Tehran).* 2015; 12(8): 577-84.
118. Sousa SEP, Da Costa ES, Borges BCD, De Assunção IV, Dos Santos AJS. Staining resistance of preheated flowable composites to drinking pigmented beverages. *Revista Portuguesa De Estomatologia, Medicina Dentária E Cirurgia Maxilofacial.* 2015; 56: 221-5.
119. Daronch M, Rueggeberg FA, De Goes MF, Giudici R. Polymerization kinetics of pre-heated composite. *J Dent Res.* 2006; 85(1): 38-43.
120. Demirci T, Gürbüz T, Şengül F. Cytotoxicity of dental resin composites: An in vitro study. *J Dent Fac Atatürk Uni.* 2015; 24(1): 10-5.
121. Tuncer S, Demirci M. The evaluation of dental materials biocompatibility. *J Dent Fac Atatürk Uni.* 2011;21(2): 141-9.
122. Al-Hiyasat AS, Darmani, H, Milhem MM. Cytotoxicity evaluation of dental resin composites and their flowable derivatives. *Clin Oral Investig.* 2005;9(1):21-5.
123. Hegde MN, Wali A. BisGMA and TEGDMA elution from two flowable nanohybrid resin composites: An in vitro study. *JAMMR.* 2014; 5(9): 1096-104.
124. Yalcin M, Ulker M, Ulker E, Sengun A. Evaluation of cytotoxicity of six different flowable composites with the methyl tetrazolium test method. *Eur J Gen Dent.* 2013; 2(3): 292-5.
125. Baroudi K, Silikas N, Watts DC. In vitro pulp chamber temperature rise from irradiation and exotherm of flowable composites. *Int J Paediatr Dent.* 2009; 19(1): 48-54.
126. Al-Qudah AA, Mitchell CA, Biagioni PA, Hussey DL. Thermographic investigation of contemporary resin-containing dental materials. *J Dent.* 2005; 33(7): 593-602.
127. Atalayın Ç, Tezel H, Ergücü Z. Rezin esaslı dental materyallerin sitotoksitesine genel bir bakış. *EÜ Dişhek Fak Derg.* 2016; 37(2): 47-53.
128. Srivastava VK, Singh RK, Malhotra SN, Singh A. To evaluate cytotoxicity of resin-based restorative materials on human lymphocytes by trypan blue exclusion test: An in vitro study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2010; 3(3): 147-52.
129. Wataha JC, Lockwood PE, Bouillaguet S, Noda M. In vitro biological response to core and flowable dental restorative materials. *Dent Mater.* 2003; 19(1): 25-31.
130. Trichaiyapon V, Torrungruang K, Panitvisai P. Cytotoxicity of flowable resin composite on cultured human periodontal ligament cells compared with mineral trioxide aggregate. *J Investig Clin Dent.* 2012; 3(3): 215-20.
131. Zorba YO, Yildiz M, Yildirim A, Gursan N, Ercan E. Reactions of connective tissue to self-etching/ priming dentin bonding systems: Oxidative stress, tumor necrosis factor α expression, and tissue reactions. *J Dent Sci.* 2009; 4(3): 136-48

Yazışma Adresi:

Muhammet FİDAN
Necmettin Erbakan Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Restoratif Diş Tedavisi AD.
Konya, Türkiye
Tel : +90 332 220 00 25
Tel : +90 534 293 69 45
E-mail : muhammetfidan93@gmail.com