

Bölüm 10

ALTERNATİF BİR TEDAVİ SEÇENEĞİ OLARAK ENDOKRON RESTORASYONLAR

Gülçin CAGAY SEVENCAN¹
Hilal GÜLGEZEN AYDIN²

GİRİŞ

Endodontik tedavi görmüş dişler vital dişlere kıyasla daha yüksek kırılma riskine sahiptirler. Bunun nedeni olarak endodontik tedavi sırasında yapısal değişikliğe uğramaları ve diş dokusunun büyük bir kısmını kaybetmeleri sayılabilir (1). Kavite preparasyonu nedeniyle kaybolan kırılma direncinin tekrar diş kazandırılması karşımıza çıkan en büyük zorluklardan birisidir (2). Biyomekanik açıdan bozulan kron bütünlüğü dişin ileriki dönemde prognozunu da etkilemektedir (3,4).

Endodontik tedavi görmüş dişlerin fonksiyon ve uzun dönem prognoz açısından başarılı sonuçları için hangi materyal ve teknikle yapılan restorasyonun en iyi olduğuna dair kesin kanıtlar hala ortaya konmuş değildir (5-8). Günümüzde hala bu tip dişlere en sık uygulanan tedavi seçeneği post ve kor yapımı sonrası kron yapılmasıdır (4,9-12). Post yerleştirmenin tek avantajı ise kor materyalinin retansiyonunu arttırmaktır. Buna karşın kök kanalı içerisinden alınan retansiyon için diş yapısı zayıflatılmakta ve bu durum kırık riskini arttırmaktadır (12-17).

ENDODONTİK TEDAVİ GÖRMÜŞ DİŞLERDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİKLİKLER

Kök kanal tedavili dişlerde kırılma direncini etkileyebilecek iki ana neden söz konusudur. Bunlardan birincisi giriş kavitesi ve çürük gibi nedenlerle oluşan koronal diş dokusu kaybı ; ikincisi ise endodontik tedavi sırasında meydana ge-

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD, sevincan@nku.edu.tr,

² Dr. Öğr. Üyesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, hgaydin@nku.edu.tr

len dentin dokusunda oluşan fiziksel özelliklerdeki değişimlerdir. Endodontik tedavi gören dişlerin kırığa yatkın olduğu bilinmektedir. Bu kırıklar bir tüberkülün kaybına sebep olabileceği gibi , köke kadar ulaşan diş çekimi ile sonuçlanan kök kırıkları da oluşabilmektedir (18).

Endodontik tedavi görmüş dişlerde kök kanallarının mekanik preparasyonu işlemi kök dentininin fiziksel özelliklerini değiştirir. Kök kanallarının genişletilmesi ile dentinin inorganik yapıtaşları ve kollojen matriksi ortaya çıkarılmış olur (19). Kök kanallarının genişletilmesi sırasında kullanılan endodontik alet sistemleri boyutları alışmaları geometrileri dentinde mikro çatlaklara neden olmaktadır (20). Nikel titanyum eğeler ile yapılan mekanik şekillendirme sırasında dentin kalınlığı azalmakta, kök kanalı içerisinde oluşan stres noktaları vertikal kök kırıkları ya da çatlaklarının oluşum riskini artırmaktadır (20,21). Endodontik tedavinin önemli basamaklarından olan irrigasyon ve dezenfeksiyon aşamasında kullanılan irrigasyon solüsyonları ve medikamentler dentin mikrosertliğini, eğilme mukavemetini ve dentin elastik modülünü azaltır (22,23).

Canlılık kaybindan kaynaklanan dentinin biyomekanik özelliklerindeki değişikliklerin derecesi, endodontik ve restoratif prosedürlerinin dentine etkileri tam olarak doğrulanamamıştır. Ancak, dentin matrisinde ve dentin tübüllerindeki boşluklu yapıda bulunan serbest veya bağlanmamış su içeriğindeki azalma, kanal tedavili dişlerin viskoelastik özelliklerinin azalmasında önemli bir neden olarak bildirilmiştir (24-26). Canlılığın kaybı ve dentin matriksindeki hidrasyonun azalması ile kollajen fibrillerinin boyutu ve organizasyonu değişir, bu da plastisite kaybına ve dentin yapısının sertliğinin artmasına neden olur (27). Sağlıklı dentinin, istenmeyen oklüzal ve oklüzal olmayan kuvvetleri kök dentininden hidrolik olarak dağıtmak için bir mekanizma sağladığı öne sürülmüştür (28); bu plastisitenin yokluğunda, diş yapısı sertliğini kaybederek kırılğan davranış gösterir (24). Bu değişiklikler rezidüel gerinimin artması, mikrosertlik ve döngüsel yorgunluğa karşı direncin azalması sonucunda kök kırığı riskinin artmasına neden olabilir (29-31). Kanal tedavili dişlerin mikro çatlaklara ve kök kırıklarına maruz kalma eğilimindeki artış göz önüne alındığında, dentinin biyomekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla yapılan mikro doku mühendisliği çalışmaları büyük bir potansiyel sunmaktadır (32,33). Sentetik ve/veya doğal kimyasallar kullanılarak ilave moleküler kolajen çapraz bağlarının uyarılması, canlılık kaybının bazı istenmeyen sonuçlarının üstesinden gelinmesine yardımcı olabilir (34,35). Ayrıca, dentin matriksinin viskoelastik özelliklerini iyileştirmek için biyopolimerik nanodolgu maddeleri infiltre edilebilmektedir (36).

Endodontik tedavi görmüş dişlerde veya devital dişler incelendiğinde nem içeriği açısından vital dişlere kıyasla bir azalma meydana geldiği görülmüştür (37). Geçmiş tarihte, endodontik olarak tedavi edilen dişlerin kırılma duyarlılığının artması, nem kaybına bağlı olarak, dentinin artan kırılma duyarlılığına bağlanmıştır (37). Bu hipotez ilk olarak G.V. Black ve daha sonra endodontik tedavili dişlerdeki dentinin nem içeriğinin vital pulpalı dişlerden yaklaşık %9 daha az olduğunu bildiren Helfer ve ark. (37) tarafından öne sürülmüştür. Ancak diğer çalışmalar bu görüşle çelişmektedir (38). Papa ve ark. (39) endodontik olarak tedavi edilmiş dişler ile vital pulpalı dişler arasındaki nem içeriğinde önemsiz bir fark olduğunu bildirmiştir. Bu azalmanın kollojen lif yaşı açısından bir farklılık oluşturmadığı sonucuna varılmıştır (40). Post-endodontik olarak restore edilmiş dişlerin yapısal bütünlüğünü korumak için dentinin büyük kısmını korumanın önemini vurgulamışlardır (41). Diğer çalışmalar da endodontik tedavi görmüş dişlerin kırık eğilimindeki artışın temel nedeninin diş yapısının kaybı olduğunu vurgulamıştır (42).

Endodontik tedavi gören dişlerde sertlik ve kırılma direncinin azalmasının en büyük nedeni çürük, travma veya geniş kavite preparasyonları nedeniyle yapısal bütünlüğün kaybıdır. Dentindeki fiziksel değişimler ya da dehidratasyon kırılma direncinin azalmasının esas sebebi değişildir (43). Biyomekanik kurallar dişin yapısal kuvvetinin sert dokunun miktarına ve içsel dayanımına ayrıca anatomik formunun bütünlüğüne bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Sert doku kalitesindeki fiziksel değişimler dişin kök kanal tedavisinden sonraki biyomekanik davranışını değiştirmektedir (44). Isırma eylemi sırasında proprioseptif duyunun kaybı nedeniyle verilen aşırı yüklerde kök kanal tedavisi görmüş dişlerde kırıkların diğer bir nedenidir (45).

Yapılan çalışmalarda okluzal tablada marjinal sırtların kaviteye dahil edilmesinin dayanıklılığı azalttığı ortaya konmuştur (46). Kırılma dayanımının azalmasında dentindeki fiziksel değişimlerden daha çok endodontik giriş kavitesinin ve mekanik preparasyonun sebep olduğu dişdeki sert doku kaybının etkili olduğunu rapor eden yayınlar mevcuttur (46,47). Sağlıklı insan dişlerinde endodontik ve restoratif tedavinin tüberkül dayanıklılığına etkisinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, endodontik tedavi aşamalarının, okluzal kavite preparasyonlarının ve MOD kavite preparasyonunun tüberkül dayanımı gücünü sırasıyla %5, %20, %63 oranında azalttığını göstermiştir (18).

Son yıllarda koronal diş dokusunun kaybını azaltmak amacıyla literatürde farklı minimal invaziv giriş kavitesi tasarımları yayınlanmıştır (48). Endodontik

tedavi sırasında giriş kavitesi konservatif ya da ultra konservatif hazırlanarak daha fazla diş dokusunun kalması böylece kırılma dayanımının artırılması hedeflenmektedir. Endodontik tedavi sırasında giriş kavitesi dizaynının kırılma dayanımı üzerine etkisinin araştırıldığı bir yayında konservatif giriş kavite tasarımları ile geleneksel tasarımlar karşılaştırılmıştır (49). Geleneksel giriş kavitesi tasarımı ile konservatif giriş kavitesi arasında kırılma dayanımı açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır (49). Ultra konservatif giriş kavitelelerinin görüş ve kök kanallarına ulaşım rahatlığını azalttığı bilinmektedir. Ancak bu tip kaviteelerde periservikal dentin ve pulpa odası tavanının mümkün olduğunca koruma amaçlanmaktadır (50). Konservatif giriş kavitesi ve ultra konservatif bir giriş kavitesi olan Ninja kavitelelerinin kırılma dayanımlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada benzer olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (51). Başka bir çalışmada sağlam kalan koronal duvar sayısı ile giriş kaviteleleri değerlendirilmiştir. Üç duvarı kalan dişlerde kırılma dayanımı açısından geleneksel ve konservatif giriş kavitesi arasında anlamlı bir fark yokken, iki duvarı kalan dişlerde kırılma dayanımı konservatif giriş kaviteli dişlerde anlamlı bir farkla daha fazla görülmüştür (52). Üç duvardan daha az duvar sayısı kalmış dişlerde koronal yapı iyice zayıflamaktadır (53).

Endodontik Tedavi Gören Bir Dişin Restorasyonu

Endodontik tedavi gören dişlerin tedavileri ile ilgili birçok sayıda çalışma olmasına karşın, tedavi planı ve restorasyon için materyal seçimi hala tartışmalı bir konudur. Tedavi planlamasını yaparken dişin ağızdaki fonksiyonel rolü ve koronal olarak kalan diş dokusu miktarı önem arz etmektedir (54).

Koronal Yapının Minimal Kaybı

Kök kanal tedavisi görmüş çok küçük bir restorasyona sahip dişler ya da sadece giriş kavitesi formu bulunan dişler bu gruba dahil edilebilir. Koronal olarak kalan diş dokusuna bakıldığı zaman endodontik tedaviye rağmen vital bir dişle kıyaslandığında minimal bir kuvvet kaybı söz konusudur. Endodontik giriş kavitesi, pulpa odasının minimal düzeyde genişletilmesinin vertikal ve horizontal kırıklara neden olmayacağından, biyomekanik olarak dişin kırılma dayanımını azaltmada etkili olmadığı düşünülmektedir (18,39,55). Yazarlar bu tür dişlerin sadece pulpa odası ve giriş kavitesini içine alan adeziv bir restorasyonla tedavi etmenin yeterli olduğunu belirtmişlerdir (56). Hastada parafonksiyonel bir alışkanlık (bruksizm), grup rehberliği ve tüberkül çatışması bulunan bir kapanışı

yoksa tüberküleri okluzal olarak tamamen örten bir tedavi yaklaşımı yerine, total bond bir adeziv sistemle ve kompozit rezinlerin beraber kullanılması ilk tercihtir (46).

Koronal Yapının Yarisına Kadar Olan Kayıp

Restorasyona stabilite, retansiyon ve dayanıklılık sağlayabilecek koronal yapıli dişlerde kök kanal tedavisi gerektiren orta büyüklükteki restorasyon varlığında, post ve kron yapımına gerek yoktur. Kompozit rezin liner ile kavite tabanının ve andırkatların kapatılarak tüm tüberküleri okluzal olarak örten onley ya da endokron restorasyonlar tavsiye edilmiştir (18,57).

Koronal Yapının Yarisından Fazlası Kayıp

Koronal olarak fazla miktarda bir kayıp söz konusu olduğunda adezyon için uygun yüzey alanı ve koronal yapı bulunmuyorsa post ve kron yapısının birlikte kullanımı, restorasyonun sürekliliği için gereklidir. Rotasyonel kuvvetlere karşı stabilitenin korunması amacıyla kalan koronal duvarların 1-1,5 mm yüksekliğinde bulunması istenir. Kök kanal tedavili dişlerde uygulanan kron restorasyonuna desteklik sağlamak ve kırılma dayanımını arttırmak için ferrule etkisi önemlidir. Ferrule etkisi için var olan restorasyonun kenar sınırları dişin 1,5-2 mm altına doğru uzatılmalı ve diş duvarlarını 360 derece kadar sarmalıdır (15,58). Dişin oklüzal anatomisi ve fonksiyonu için kron restorasyonu yapılı ancak bu tür bir restorasyon diş yapısındaki sert doku miktarının azalması ile birlikte biyomekanik olarak başarısızlık riski de taşımaktadır (45). Literatüre baktığımızda post ve kron restorasyonları için adeziv tekniklerin kullanılması önerilmektedir (4).

Koronal Yapının Aşırı Miktarda Madde Kaybı

Koronal madde kaybının çok fazla olduğu dişler biyomekanik olarak restore edilmesi en az uygun olan durumdur ve uzun vadede prognozu şüpheli olduğu için güvenli bir şekilde restorasyon kararı verilemez. Ortodontik olarak dişin ekstrüzyonu, çok köklü dişlerde nadiren yapıldığından, bir ferrule etkisi ve restorasyon stabilitesi elde etmek için bu tür dişlerde uygun bir tedavi seçeneği olarak düşünülmemelidir. Çekim ve implant tedavisi, aşırı madde kaybı olan posterior dişlerin geleneksel tedavisine bir alternatif olarak kabul edilebilir (59,60).

Restore edilmiş endodontik tedavili dişlerde kırılma nedenlerine bakacak olursak;

Kırılmanın Birincil Nedenleri

- Diş yapısal kaybı
- Kök kanal boşluğundan ve dentin tübüllerinden serbest bağlanmamış su kaybı
- Dentinde yaşa bağlı değişiklikler
- Restorasyonlar ve restoratif prosedürler

Kırılmanın İkincil Nedenleri

- Endodontik irrigasyon maddelerinin ve medikamentlerin dentin üzerindeki etkileri
- Dentin substratı ile bakteriyel birleşimin etkileri
- Metal post-korun biyolojik korozyonu olarak sayılmaktadır (61).

POST VE KRON RESTORASYONLARI

Endodontik tedavi görmüş dişlerin restorasyonunda ilk akla gelen tedavi yöntemi kanal içi post ve kronun yapılmasını kapsar. Başlangıçta bu tedavi yönteminin kalan diş miktarına iyi bir destek verdiği düşünülüyorsa da, son yıllarda yapılan çalışmalar postun protetik amaçlı retansiyonu arttırmaktan başka bir faydasının olmadığını ortaya koymuştur (4,62). Post-kor restorasyonun amacı, kalan koronal diş yapısını stabilize etmek ve eksik koronal dokunun yerine geçmektir.(4,63-66). Sonlu elemanlar analizi (FEM) çalışmalarından bazıları, rijit bir postun, tamamen kohezif ara yüzler yardımıyla servikal kısmındaki bir diş güçlendirebileceğini rapor etse de (67,68), çoğu çalışma postların diş yapısını güçlendirme etkisinin olmadığını öne sürmüştür (4). Diğer in vitro çalışmalar, vital dişler ile fiber post destekli onley restorasyonlu kök kanal tedavisi görmüş dişler arasında retansiyon, marjinal adaptasyon ve kırılma direnci açısından bir fark olmadığını göstermiştir (69). Arka dişlerde ana yapıyı oluşturan post ve kor birleşiminin çığneme ile oluşan sıkıştırma kuvvetine karşı koruma rolleri önemlidir (66), ancak kesici dişlerde olduğu gibi yatay yönde gelen kuvvetlerde, postların eğilme davranışı dikkatle değerlendirilmelidir (70). Post ve kron yapımı sırasında kullanılan malzemelerin sertliği, ara yüzlerin özelliklerinin postlarla restore edilen endodontik tedavi görmüş dişlerin mekanik davranışı üzerine etkisi büyüktür ve birçok yazar, kök duvarı perforasyonu ve kök yapısının zayıflaması gibi çeşitli riskleri göz önünde bulundurarak postların kullanılmasını önermez (4,67).

Post uygulanan dişlerde stres konsantrasyonunun yoğunlaştığı bölgeler (71) kron, post ve kor malzemesinin malzeme özelliklerine, (72) postun şekline, (73) kron-diş, kor-diş, kor-post, post-diş ara yüzündeki adeziv kuvvetine (74) oklüzal yüklerin büyüklüğü ve yönüne, (75) mevcut diş yapısının miktarına ve (76) dişin anatomisine bağlı olacaktır. Stres konsantrasyonları ve yüksek çekme gerilmeleri bu tür dişleri kırılmaya yatkın hale getirecektir. Geçmişte, post-kor restore edilmiş dişin biyomekanik davranışı hakkında statik deneylere dayalı birçok sonuç çıkarılmıştır. Bu bulgular ilk adım olarak yardımcı olabilse de, klinik olarak gerçekçi ve dinamik yükleme koşulları altında ek deneyler post uygulamalarının dezavantajlarını da göstermiştir. Yapılan son çalışmalarda kalan diş yapısındaki stres konsantrasyonlarını ve çekme gerilmelerini en aza indiren adeziv bazlı entegre restorasyonların geliştirilmesi önerilir (61).

ENDOKRONLAR

Endodontik olarak tedavi edilmiş dişlerin restorasyonunda farklı bir görüş açısının oluşmasında en büyük gelişme, etkili dentin adezivlerinin üretilmesi ile harekete geçirilen adezyonun tanıtılmasıydı (77). Adeziv restorasyonların başlıca avantajı, yeterli yüzey mevcut olduğu sürece, makro retatif elemanların zorunlu olmamasıdır. Bu yaklaşımla, geleneksel restoratif teknikleri uygularken radiküler postların yerleştirilmesi kuraldan ziyade istisna haline gelmiştir. Aslında, maksimum doku korumasına sahip minimal invaziv preparasyonlar artık endodontik tedavi görmüş dişleri restore etmek için 'altın standart' olarak kabul edilmektedir (4). Bu mantık izlenerek, aşırı madde kaybı olan endodontik tedavili kesici dişlerin (67), küçük azı dişlerinin (78) ve azı dişlerinin (62,79) restorasyonunda endokronlar protez seçeneği olarak uygulanmaktadır. Pissis (80) endokron tekniğinin öncüsü olmuş ve bunu "monoblok porselen tekniği" olarak tanımlamıştır. 1999 yılında endokron, ilk kez Bindl ve Mörmann tarafından adeziv endodontik kronlar olarak tanımlandı ve endodontik tedavili posterior dişlere adezyonla bağlanan kronlar olarak ifade edilmiştir (81). Endokronlarda pulpa odasından ve kavite kenarlarındaki yüzeylere adezyon sağlanarak, pulpa duvarları tarafından makromekanik retansiyon oluşturulur ve adeziv simantasyon kullanılarak mikromekanik retansiyon elde edilir. Bu yöntem özellikle kronun aşırı doku kaybının olduğu, interproksimal aralığın sınırlı olduğu ve yetersiz seramik kalınlığı nedeniyle post ve kron ile geleneksel rehabilitasyonun mümkün olmadığı durumlarda endikedir (43). Geleneksel kronlarla karşılaştırıldığında, endokronların uygulanması kolaydır ve kısa bir klinik süre gerek-

tirir. Düşük maliyet, kısa hazırlık süresi, uygulama kolaylığı, minimum klinik süre ve estetik özellikler endokronların avantajlarıdır (4). Ayrıca endokronlar, kısa veya atrizyona uğramış klinik kronları, kalsifiye, eğimli veya kısa kök kanalları olan ve post uygulamayı imkansız hale getiren dişlerde de bir alternatiftir (62). Çiğneme simülasyonu uygulanarak yapılan bir çalışmada endokronlar ve postlarla restore edilen azı dişlerinin 3D Sonlu Eleman Analizi sonucunda, endokronlarla restore edilen dişler, fiber destekli postlara göre potansiyel olarak başarısızlığa daha dirençli bulunmuştur (82).

Endokron Preparasyonu

Endokron preparasyonu, çepeçevre 1.0-1.2 mm derinlikte servikal bitim sınırı ve pulpa odasında merkezi bir retansiyon boşluğundan oluşur, boşluğu dolduran kor yapısı ve kron restorasyon bütün bir yapıdır ve kök kanallarından destek almaz (80,81). Premolar dişler için 3 mm çap ve 5 mm derinlik ve molar dişler için 5 mm çap ve 5 mm derinlikte retansiyon boşluğu hazırlanması önerilmiştir (80). Bunun yanında optimal retansiyon ve rezistans sağlanabilmesi açısından 2 mm derinlikte retansiyon boşluğu hazırlığının yeterli olabileceğini bildiren çalışmalar mevcuttur (83,84). Restore edilecek dişlerin boyutlarının değişiklik göstermesi nedeniyle retansiyon boşluğunun boyutlarına ilişkin kesin bilgi belirlenememiştir (16). Kullanılacak restorasyon materyalinde kırık oluşumunu engellemek için yeterli malzeme kalınlığı sağlanmalıdır (80,85). İç streslerin azaltılması ve restoratif materyalin adaptasyonu için preparasyonda kavite iç açıları yuvarlatılmalı ve andırcat bırakılmamalıdır (85). Tüberküllerde 2-3 mm redüksiyon önerilmektedir (45). Adeziv simantasyon yapılması durumunda oklüzal konverjans açısı arttırılması gerekli olabilir (85). Endokron restorasyonlarında nanokompozit rezin ve lityum disilikat tercih edilmesinin diğer materyallere kıyasla avantajlı olduğu bildirilmiştir (61).

SONUÇ

Endodontik tedavi görmüş dişlerin tedavi planlamasında endodontik tedavinin başarısının ve uzun dönem prognozunun apikal sızdırmazlık kadar, koronal restorasyonun kalitesine bağlı olduğu unutulmamalıdır. Endodontik tedavi sürecinde daimi restorasyonun ideal olması için restorasyon tipi ve kalitesinin ne olacağına dair kanıta dayalı kesin bir bilgi mevcut değildir.

Klinisyen tedavi seçeneğine karar verirken bazı kriterleri düşünmeli ve dişin var olan durumunu iyi değerlendirmelidir. Endodontik tedavi görmüş dişlerde

prognozu birinci derecede etkileyen bir faktör olan dişin restoratif tedavi sürecine, tedavinin ilk aşamasında karar verilmelidir. Bu kararı verirken öncelikle dişin rezidüel kron hacmi ve duvar sayısına dikkat edilmeli; ayrıca uzun dönem prognoz açısından dişin ağız içindeki pozisyonu, çiğneme sırasında dişe gelen kuvvetlerin büyüklük ve açıları, bu kuvvetlerin dişe dengeli bir şekilde iletimi göz önünde bulundurulmalıdır.

Endodontik tedavi görmüş dişlerin restoratif tedavi sürecinde literatürde farklı yaklaşımlar olmakla beraber son yıllarda adeziv diş hekimliğinin gelişmesi ve önem kazanmasıyla, birçok çalışma adeziv yöntemlerle yapılan tedavilerin tercih edilmesini önermektedir. Endokronlar bu tedavi yaklaşımları arasında kısa kron boyuna sahip dişlerde uygulanabilir olmaları ayrıca post yerleştirilemeyecek kadar eğimli, kısa köklü, kalsifiye kök kanalı bulunan dişlerde de uygulanabilir olmaları, bu uygulama sırasında geleneksel kronlara göre hastanın klinikte geçirdiği sürenin daha az olması, ayrıca estetik ve fonksiyon açısından iyi sonuçlar göstermesi gibi nedenlerle uygun durumda tercih edilebilecek alternatif bir tedavi seçeneği olarak düşünülmelidir.

KAYNAKLAR

1. Basaran ET, Gokce Y. Evaluation of the influence of various restoration techniques on fracture resistance of endodontically treated teeth with different cavity wall thicknesses. *Nigerian Journal of Clinical Practice*; 2019; 22: 328-334. DOI: 10.4103/njcp.njcp_346_18
2. Harsha MS, Prafulla M, Babu MR, et al. The effect of cavity design on fracture resistance and failure pattern in monolithic zirconia partial coverage restorations—an in vitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*; 2017; 11: 45-48. DOI: 10.7860/JCDR/2017/25305.9856
3. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *Journal of Endodontics*; 2004; 30: 289-301. DOI: 10.1097/00004770-200405000-00001
4. Dietschi D, Duc O, Krejci I, et al. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence International*; 2008; 39: 117-129.
5. Bolla M, Muller-Bolla M, Borg C, et al. Root canal posts for the restoration of root-filled teeth. *Cochrane Database of Systematic Reviews*; 2007: CD004623. DOI: 10.1002/14651858.CD004623.pub2

6. Fedorowicz Z, Carter B, de Souza RF, et al. Single crowns versus conventional fillings for the restoration of root filled teeth. *Cochrane Database of Systematic Reviews*; 2012: CD009109. DOI: 10.1002/14651858.CD009109.pub2
7. Girotto LPS, Dotto L, Pereira GKR, et al. Restorative preferences and choices of dentists and students for restoring endodontically treated teeth: a systematic review of survey studies. *Journal of Prosthetic Dentistry*; 2021; 126: 489-489. DOI: 10.1016/j.prosdent.2020.07.005
8. Dotto L, Girotto LPS, Silva Sousa YTC, et al. Factors influencing the clinical performance of the restoration of endodontically treated teeth: An assessment of systematic reviews of clinical studies. *Journal of Prosthetic Dentistry*; 2022. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.03.030>
9. Asmussen E, Peutzfeldt A, Sahafi A. Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restored teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*; 2008; 94: 321-329. DOI: 10.1016/j.prosdent.2005.07.003
10. Ma OS, Nicholls JI, Junge T, et al. Load fatigue of teeth with different ferrule lengths, restored with fiber posts, composite resin cores, and all ceramic crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*; 2009; 102: 229-234. DOI: 10.1016/S0022-3913(09)60159-1
11. Zarow M, Devoto W, Saracinelli M. Reconstruction of endodontically treated posterior teeth - with or without post? Guidelines for the dental practitioner. *European Journal of Esthetic Dentistry*; 2009; 4: 312-327.
12. Govare N, Contrepolis M. Endocrowns: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*; 2020 Mar; 123(3): 411-418.e9. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.04.009.
13. Ross IF. Fracture susceptibility of endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*; 1980; 6: 560-565. DOI: 10.1016/S0099-2399(80)80151-8
14. Goodacre CJ, Spolnik KJ. The prosthodontic management of endodontically treated teeth: a literature review. Part I. Success and failure data, treatment concepts. *Journal of Prosthodontics*; 1994; 3: 243-250. DOI: 10.1111/j.1532-849x.1994.tb00162.x
15. Sorensen JA, Engelman MJ. Effect of post adaptation on fracture resistance of endodontically treated teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*; 1990; 64: 419-424. DOI: 10.1016/0022-3913(90)90037-d
16. Soares CJ, Santana FR, Silva NR, et al. Influence of the endodontic treatment on mechanical properties of root dentin. *Journal of Endodontics*; 2007; 33: 603-606. DOI: 10.1016/j.joen.2007.01.016
17. Assif D, Gorfil C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*; 1994; 71: 565-567. DOI: 10.1016/0022-3913(94)90438-3
18. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *Journal of Endodontics*; 1989; 15(11): 512-516. DOI: 10.1016/S0099-2399(89)80191-8
19. Tartari T, Bachmann L, Zancan RF, et al. Analysis of the effects of several decalcifying agents alone and in combination with sodium hypochlorite on the chemical composition of dentin. *International Endodontic Journal*; 2018; 51: 42-54. DOI: 10.1111/iej.12764

20. Kim HC, Chung GS, Lee CJ, et al. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. *Journal of Endodontics*; 2008; 34(6): 743-747. DOI: 10.1016/j.joen.2010.02.010
21. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. The effect of root preparation technique and instrumentation length on the development of apical root cracks. *Journal of Endodontics*; 2009; 35(3): 389-392. doi: 10.1016/j.joen.2008.12.008.
22. Saleh AA, Ettman WM. Effect of endodontic irrigation solutions on microhardness of root canal dentine. *Journal of Dentistry*; 1999; 27: 43-46. DOI: 10.1016/s0300-5712(98)00018-9
23. Grigoratos D, Knowles J, Ng YL, et al. Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *International Endodontic Journal*; 2001; 34(2): 113-119. doi: 10.1046/j.1365-2591.2001.00356.x.
24. Kishen A; Asundi A. Experimental investigation on the role of water in the mechanical behavior of structural dentine. *Journal of Biomedical Materials Research*; 2005; 73, 192-200. DOI: 10.1002/jbm.a.30288
25. Kishen A, Vedantam S. Hydromechanics in dentine: role of dentinal tubules and hydrostatic pressure on mechanical stress-strain distribution. *Dental Materials*; 2007; 23, 1296-1306. DOI: 10.1016/j.dental.2006.11.018
26. Yan W, Montoya C, Oilo M; et al. Reduction in fracture resistance of the root with aging. *Journal of Endodontics*; 2017; 43: 1494-1498. DOI: 10.1016/j.joen.2017.04.020
27. Kishen A. Biomechanics of fractures in endodontically treated teeth. *Endodontic Topics*; 2015; 33: 3-13. <https://doi.org/10.1111/etp.12089>
28. Pashley DH. Dentin permeability. In: LSW, S. (Ed.) *Experimental endodontics*. CRC Press; 1990. p. 20-46.
29. Arola D, Repregel RK. Effects of aging on the mechanical behavior of human dentin. *Biomaterials*; 2005; 26: 4051-4061. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2004.10.029
30. Nadeau B, Chen Z, Kishen A. Free water loss-induced heterogeneous residual strain and reduced fatigue resistance in root dentine: a 3-dimensional digital image correlation analysis. *Journal of Endodontics*; 2019; 45: 742-749. DOI: 10.1016/j.joen.2019.03.012
31. Patel S, Bhuva B, Bose R. Present status and future directions: Vertical root fractures in root filled teeth. *International Endodontic Journal*; 2022; 55: 804-826. <https://doi.org/10.1111/iej.13737>
32. Li FC, Nicholson E, Singh CV, et al. Microtissue engineering root dentin with photodynamically cross-linked nanoparticles improves fatigue resistance of endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*; 2020; 46: 668-674. DOI: 10.1016/j.joen.2020.01.021
33. Rashidi H, Yang J, Shakesheff KM. Surface engineering of synthetic polymer materials for tissue engineering and regenerative medicine applications. *Biomaterials Science*; 2014; 2: 1318-1331. doi: 10.1039/c3bm60330j
34. Fawzy AS, Nitisusanta LI, Iqbal K, et al. Riboflavin as a dentin crosslinking agent: ultraviolet a versus blue light. *Dental Materials*; 2012; 28, 1284-1291. DOI: 10.1016/j.dental.2012.09.009

35. Sung HW, Chang Y, Chiu CT, et al. Crosslinking characteristics and mechanical properties of a bovine pericardium fixed with a naturally occurring crosslinking agent. *Journal of Biomedical Materials Research*; 1999; 47: 116–126. DOI: 10.1002/(sici)1097-4636(199911)47:2<116::aid-jbm2>3.0.co;2-j
36. Kishen A, Shrestha S, Shrestha A, et al. Characterizing the collagen stabilizing effect of crosslinked chitosan nanoparticles against collagenase degradation. *Dental Materials*; 2016; 32: 968–977. DOI: 10.1016/j.dental.2016.05.005
37. Helfer AR, Melnick S, Schilder H. Determination of the moisture content of vital and pulp less teeth. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology*; 1972; 34: 661–670.
38. Sedgley CM, Messer HH. Are endodontically treated teeth more brittle? *Journal of Endodontics*; 1992; 18: 332–335.
39. Papa J, Cain C, Messer HH. Moisture content of vital vs endodontically treated teeth. *Endodontics & Dental Traumatology*; 1994; 10: 91–93.
40. Rivera EM, Yamauchi M. Site comparisons of dentine collagen cross-links from extracted human teeth. *Archives of Oral Biology*; 1993; 38(7): 541-546. doi: 10.1016/0003-9969(93)90118-6.
41. Huang TJ, Schilder H, Nathanson D. Effects of moisture content and endodontic treatment on some mechanical properties of human dentin. *Journal of Endodontics*; 1992; 18: 209–215. DOI: 10.1016/S0099-2399(06)81262-8
42. Asundi A, Kishen A. Digital photoelastic investigations on the tooth-bone interface. *Journal of Biomedical Optics*; 2001; 6: 224–230. DOI:10.1117/1.1344587.
43. Chang CY, Lin YS, et al. Fracture resistance and failure modes of CEREC endocrowns and conventional post and core-supported CEREC crowns. *Journal of Dental Sciences*; 2009; 4(3): 110-117. DOI:10.1016/S1991-7902(09)60016-7.
44. Sevimli G, Cengiz S, Oruç MS. Endocrowns: Review. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*; 2015; 49(2): 57-63. <http://dx.doi.org/10.17096/jiufd.71363>
45. Lander E, Dietschi D. Endocrowns: A clinical report. *Quintessence International*; 2008; 39(2): 99-106.
46. Reeh ES, Douglas WH, Messer HH. Stiffness of endodontically-treated teeth related to restoration technique. *Journal of Dental Research*; 1989; 68(11): 1540-1544. DOI: 10.1177/00220345890680111401.
47. Oliveira Fde C, Denehy GE, Boyer DB. Fracture resistance of endodontically prepared teeth using various restorative materials. *The Journal of the American Dental Association*; 1987; 115(1): 57-60. DOI: 10.14219/jada.archive.1987.0212.
48. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *Journal of Endodontics*; 1989; 15(11): 512- 516. DOI: 10.1016/S0099-2399(89)80191-8.
49. Silva AA, Belladonna FG, Rover G, et al. Does ultraconservative access affect the efficacy of root canal treatment and the fracture resistance of two-rooted maxillary premolars? *International Endodontic Journal*; 2020; 53(2): 265-275. doi: 10.1111/iej.13219.

50. Sabeti M, Kazem M, Dianat O, et al. Impact of access cavity design and root canal taper on fracture resistance of endodontically treated teeth: An ex vivo investigation. *Journal of Endodontics*; 2018; 44(9): 1402-1406. doi: 10.1016/j.joen.2018.05.006.
51. Zhang Y, Liu Y, She Y, et al. The effect of endodontic access cavities on fracture resistance of first maxillary molar using the extended finite element method. *Journal of Endodontics*; 2019; 45(3): 316-321. doi: 10.1016/j.joen.2018.12.006.
52. Plotino G, Grande NM, Isufi A, et al. Fracture strength of endodontically treated teeth with different access cavity designs. *Journal of Endodontics*; 2017; 43(6): 995-1000. doi: 10.1016/j.joen.2017.01.022.
53. Mustafa M, AlJeaidi ZA, AlQahtani AR, et al. Comparative analysis of fracture strength of remaining tooth structure after endodontic treatment with various access cavity preparation techniques. *Open Dentistry Journal*; 2020;14(1):681-686 doi: 10.2174/1874210602014010681
54. Peroz I, Blankenstein F, Lange K, et al. Restoring endodontically treated teeth with posts and cores-a review. *Quintessence International*; 2005; 36(9): 737-746.
55. Faria AC, Rodrigues RC, de Almeida Antunes RP, et al. Endodontically treated teeth: Characteristics and considerations to restore them. *Journal of Prosthodontic Research*; 2011; 55(2): 69- 74. DOI: 10.1016/j.jprior.2010.07.003.
56. Trope M, Ray HL. Resistance to fracture of endodontically treated roots. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology*; 1992; 73(1): 99-102. DOI: 10.1016/0030-4220(92)90163-k.
57. Krejci I, Stavridakis M. New perspectives on dentin adhesion--differing methods of bonding. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*; 2000; 12(8): 727- 732.
58. Dietschi D, Spreafico R. Current clinical concepts for adhesive cementation of tooth-colored posterior restorations. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*; 1998; 10(1): 47-54.
59. Cathro PR, Chandler NP, Hood JA. Impact resistance of crowned endodontically treated central incisors with internal composite cores. *Endodontics & Dental Traumatology*; 1996; 12(3): 124-128. DOI: 10.1111/j.1600-9657.1996.tb00110.x.
60. Cho GC. Evidence-based approach for treatment planning options for the extensively damaged dentition. *Journal of the California Dental Association*; 2004; 32(12): 983- 990.
61. Mordohai N, Reshad M, Jivraj SA. To extract or not to extract? Factors that affect individual tooth prognosis. *Journal of the California Dental Association*; 2005; 33(4): 319- 328.
62. Kishen A. Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth *Endodontic Topics*; 2006; 13: 57-83. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2006.00201.x>.
63. Biacchi GR, Basting RT. Comparison of fracture strength of endocrowns and glass fiber postretained conventional crowns. *Operative Dentistry*; 2012; 37(2): 130-136. DOI: 10.2341/11-105-L.

64. Robbins JW. Restoration of the endodontically treated tooth. *Dental Clinics of North America*; 2002; 46(2): 367-384.
65. Christensen GJ. Posts: Necessary or unnecessary? *The Journal of the American Dental Association*; 1996; 127(10): 1522-1524, 1526. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1996.0063>.
66. Gohring TN, Peters OA. Restoration of endodontically treated teeth without posts. *American Journal of Dentistry*; 2003; 16(5): 313-317.
67. Guzy GE, Nicholls JL. In vitro comparison of intact endodontically treated teeth with and without endo-post reinforcement. *Journal of Prosthetic Dentistry*; 1979; 42(1): 39-44. DOI: 10.1016/0022-3913(79)90328-7.
68. Zarone F, Sorrentino R, Apicella D, et al. Evaluation of the biomechanical behavior of maxillary central incisors restored by means of endocrowns compared to a natural tooth: A 3d static linear finite elements analysis. *Dental Materials*; 2006; 22(11): 1035-1044. DOI: 10.1016/j.dental.2005.11.034.
69. Pierrisnard L, Bohin F, Renault P, et al. Corono-radicular reconstruction of pulpless teeth: A mechanical study using finite element analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*; 2002; 88(4): 442-448. DOI: 10.1067/mpd.2002.128376.
70. Krejci I, Duc O, Dietschi D, et al. Marginal adaptation, retention and fracture resistance of adhesive composite restorations on devital teeth with and without posts. *Operative Dentistry*; 2003; 28(2): 127-135.
71. Heydecke G, Butz F, Strub JR. Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different post and core systems: An in-vitro study. *Journal of Dentistry*; 2001; 29(6): 427-433. DOI: 10.1016/s0300-5712(01)00038-0.
72. Ellis SG, McCord JF, Burke FJ. Predisposing and contributing factors for complete and incomplete tooth fractures. *Dental Update*; 1999; 26: 150-152, 156-158. DOI: 10.12968/denu.1999.26.4.150.
73. Braly BV, Maxwell EH. Potential for tooth fracture in restorative dentistry. *Journal of Prosthetic Dentistry*; 1981; 45: 411-414. DOI: 10.1016/0022-3913(81)90102-5.
74. Gher ME Jr, Dunlap RM, Anderson MH, et al. Clinical survey of fractured teeth. *The Journal of the American Dental Association*; 1987; 114: 174-177. DOI: 10.14219/jada.archive.1987.0006.
75. Lagouvardos P, Sourai P, Douvitsas G. Coronal fractures in posterior teeth. *Operative Dentistry*; 1989; 14: 28-32.
76. Patel DK, Burke FJ. Fractures of posterior teeth: a review and analysis of associated factors. *Primary Dental Care*; 1995; 2: 6-10.
77. Pietrovovski J, Lantzman E. Complicated crown fractures in adults. *Journal of Prosthetic Dentistry*; 1973; 30: 801-807. DOI: 10.1016/0022-3913(73)90234-5.
78. Van Meerbeek B, Perdigao J, Lambrechts P, et al. The clinical performance of adhesives. *Journal of Dentistry*; 1998; 26(1): 1-20. DOI: 10.1016/s0300-5712(96)00070-x.
79. Lin CL, Chang YH, Pai CA. Evaluation of failure risks in ceramic restorations for endodontically treated premolar with mod preparation. *Dental Materials*; 2011; 27(5): 431-438. DOI: 10.1016/j.dental.2010.10.026.

80. Bindl A, Richter B, Mormann WH. Survival of ceramic computer-aided design/manufacturing crowns bonded to preparations with reduced macro retention geometry. *International Journal of Prosthodontics*; 2005; 18(3): 219-224.
81. Pissis P. Fabrication of a metal-free ceramic restoration utilizing the monobloc technique. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*; 1995; 7(5): 83-94.
82. Bindl A, Mormann WH. Clinical evaluation of adhesively placed cerec endo-crowns after 2 years--preliminary results. *Journal of Adhesive Dentistry*; 1999; 1(3): 255-265.
83. Dejak B, Mlotkowski A. 3d-finite element analysis of molars restored with endo-crowns and posts during masticatory simulation. *Dental Materials*; 2013; 29(12): 309-317. DOI: 10.1016/j.dental.2013.09.014.
84. Magne P, Carvalho A, Bruzi G, et al. Influence of no-ferrule and no-post buildup design on the fatigue resistance of endodontically treated molars restored with resin nanoceramic CAD/CAM crowns. *Operative Dentistry*; 2014; 39: 595-602. DOI: 10.2341/13-004-L.
85. Forberger N, Göhring TN. Influence of the type of post and core on in vitro marginal continuity, fracture resistance, and fracture mode of lithium disilicate-based all-ceramic crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*; 2008; 100: 264-273. DOI: 10.1016/S0022-3913(08)60205-X.
86. Tuncer D, Çelik Ç, Yamanel K, et al. 1 year clinical evaluation of microhybrid composites used in the restoration of non-cariou cervical lesions. *Oral Health and Dental Management*; 2014; 13: 366-371. DOI: 10.4103/1119-3077.178913.

