

Bölüm 9

GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE KÖK KANAL OBTURASYON TEKNİKLERİ

Merve IŞIK¹

GİRİŞ

Kök kanal tedavisi, kök kanallarının yetersiz şekillendirilmesi, uygun olmayan bir şekilde obture edilmesi ve korono-apikal sızıntıya bağlı olarak başarısız olabilmektedir (1). Bu nedenle uygun kemomekanik preparasyondan sonra kök kanal boşluğunun biyouyumlu ve boyutsal olarak stabil bir materyal ile üç boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde obture edilmesi kök kanal tedavisinin en önemli aşamaları arasındadır. Kök kanal obturasyonunun temel amacı kemomekanik preparasyon sonrası elimine edilemeyen mikroorganizmaları ve iritanları kök kanal dolgusu ile kök kanalı içerisine hapsedmektir. Figdor (2), kök kanal obturasyonunun 3 temel işleve sahip olması gerektiğini bildirmiştir. Bunlar; oral kaviteden mikroorganizmaların kök kanalı içine penetre olmasını önleyen koronal sızdırmazlık, kök kanalından uzaklaştırılamayan mikroorganizmalar ve yan ürünlerinin kök kanalı içerisine hapsedilmesi ve mikroorganizmalar için besin kaynağı olabilecek mikrosızıntıya bağlı kontaminasyonu önlemek amacıyla mikroskobik olarak apikal tam tıkanmanın sağlanmasıdır. Yapılan çalışmalar kök kanal tedavisi başarısızlığında yetersiz koronal ve apikal obturasyonun ana iyatrojenik faktör olduğunu göstermektedir (3-5). Kök kanalının apikal bölümünün tam olarak obture edilmediği ve kök kanal dolgusunun yeterince iyi yapılamadığı durumlarda endodontik tedavinin başarı oranının ortalama %58,66'ya kadar düşeceği rapor edilmiştir (6, 7).

Kök kanal obturasyonun uzun vadeli başarısı boşluk oluşumunun önlenmesi, kök kanal patının minimum kalınlığı ve kök kanal obturasyonun kritik bölge içerisinde tamamlanmasına bağlıdır. Bildirilen bazı çalışmalara göre kritik bölge apikal 2-4 mm olarak tanımlanırken bu konuda genel görüş kök kanal obturasyonunun apikal 1-5 mm'lik kısımda bitirilmesi gerektiği yönündedir (8). Gün-

¹ Uzm. Dr., Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti AD, isikmerv@gmail.com

müzde kök kanalları soğuk ve sıcak güta-perka obturasyon teknikleri kullanılarak az miktarda uygulanan kök kanal patı ile birlikte obture edilmektedir (7, 9).

Kök kanal sistemini üç boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde obture etmek ve korono-apikal sızıntıyı azaltmak için çok sayıda kök kanal dolgu materyali ve obturasyon tekniği tanımlanmış olmasına rağmen güta-perka ve kök kanal patı kombinasyonu klinik uygulamalarda hekim tarafından tercih edilen en temel yaklaşımdır (5). Kök kanal obturasyonu amacıyla kullanılan 4 temel teknik mevcuttur:

1. Güta-perkanın soğuk kompaksiyonu
2. Güta-perkanın kanal içinde ısı ile yumuşatılması ve daha sonra soğuk olarak kompaksiyonu
3. Termoplastik güta-perka kompaksiyonu
4. Kanal içine yerleştirilip mekanik yollarla yumuşatılan güta-perkanın kompaksiyonu (10).

Bu obturasyon teknikleri içerisinde güta-perkanın soğuk kompaksiyonu olarak bilinen lateral kompaksiyon klinik olarak uygulama kolaylığı ve maliyetinin düşük olması nedeniyle en sık kullanılan tekniktir (5).

KÖK KANAL OBTURASYON TEKNİKLERİ

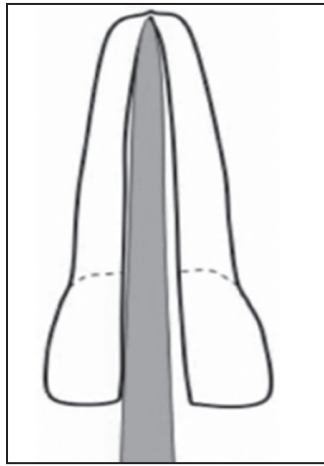
Pat ile Kompaksiyon Tekniği

Sadece kök kanal patı ile tamamlanan obturasyonların klinik endodontide kötü bir itibarı bulunmaktadır. Literatürde minimal kemomekanik preparasyon uygulanacağı ve SPAD gibi toksisitesi fazla olan kök kanal patları kullanılacağı zaman, obturasyon süresini kısaltmak amacıyla bu tekniğin kullanılmasını savunan araştırmacılar bulunmaktadır. Ancak bu tekniğin literatür tarafından kabul görmemesinin önemli nedenlerinden biri obturasyon sırasında apikalden ekstrüze olan kanal patı ve sertleşme reaksiyonları sırasında artan toksisitedir. Bu teknik uygulanırken ilgili diş inferior alveoler sinir komşuluğunda ise ve bu anatomik bölgeye toksisitesi çok fazla olan Endometazon gibi bir kök kanal patı ekstrüze olursa geçici veya kalıcı sinir hasarı gözlenebilmektedir (11). Öngörülebilir çalışma uzunluğu kontrolünün sağlanamaması, sertleşme büzülmesinin fazla olması ve zamanla patın çözünmesine bağlı olarak obturasyon içinde boşlukların oluşması tekniğin önemli dezavantajlarıdır. Literatürde sertleştikten sonra herhangi bir obturasyon materyalinin %1'lik büzülmesi bile sızdırmazlık ve başarı açısından önemli bir sorun yaratacağı konusunda bir fikir birliği mevcuttur (12).

Basit Tek Kon Tekniği

Kök kanalının enine kesiti yuvarlak olduğunda ve ana kon kanalın apikal bölgesine tam olarak yerleştirildiğinde basit tek kon tekniği endikedir. Bu teknik genellikle özel olarak tasarlanmış NiTi eğe sistemleriyle beraber kullanılmak üzere geliştirilmiştir (13). Döner NiTi eğelerin ve sistemlere uyumlu konikliğe sahip güta-perka konların üretilmesiyle basit tek kon obturasyon tekniği popüler hale gelmiştir. Bu tekniğin hekim tarafından uygulanması basit ve pratiktir (14-16).

Güta-perka, çalışma boyuna uygun şekilde kanal içerisine yerleştirilerek peri-apikal radyografi ile kontrol edilmektedir. Sonrasında kök kanalına pat uygulanmasını takiben kök kanalı içine uygun çalışma boyunda yerleştirilen güta-perka ile kök kanal obturasyonu tamamlanmaktadır (Şekil 1). Activ GP obturasyon sisteminde güta-perka konlar 2µm kalınlığında cam iyonomer partikülleri ile kaplanmıştır ve bu sistem büzülme miktarı azaltılarak kök kanal duvarlarına kimyasal bağlanan monoblok yapı oluşturabildiği için basit tek kon tekniği ile kök kanalına uygulanabilmektedir (17). Basit tek kon tekniğinin pratik olması ve hızlı uygulanmasına rağmen en önemli dezavantajı kök kanalının özellikle apikal üçlü dışındaki bölgelerinde yetersiz obturasyona neden olmasıdır (18). Bununla birlikte kanal patı kullanım oranının diğer tekniklerden fazla olması polimerizasyon büzülmesi, kanal patının zaman içinde çözünmesine bağlı olarak porözite gözlenmesi ve korono-marjinal sızıntı gibi istenmeyen durumlara neden olarak kök kanal tedavisinin başarısını olumsuz yönde etkileyebilmektedir (19).

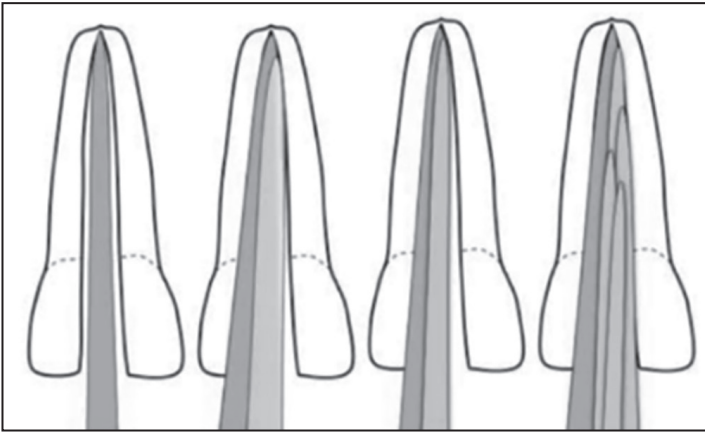


Şekil 1. Basit tek kon tekniği, ana konun etrafındaki boşluklar kök kanal patı ile obtüre edilmektedir.

Soğuk Lateral Kompaksiyon Tekniği

Soğuk lateral kompaksiyon, kök kanal obturasyonu için hekimler tarafından kullanılan en yaygın tekniktir ve kök kanal tedavisi için altın standartlardan biridir (20). Teknik çoğu klinik durumda kullanılabilir ve kompaksiyon sırasında öngörülebilir kök kanal obturasyonu uzunluğu sağlamaktadır (21).

Bu teknikte kök kanalının final preparasyonundan sonra çalışma uzunluğundaki ana apikal çap ile uyumlu uç ve konikliğe sahip standart bir ana kon seçilmektedir. Standart konlar, standart olmayan konlar ile karşılaştırıldığında genellikle daha az koniktir ve daha derin spreader penetrasyonu sağlamaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak kök kanal obturasyonun yoğunluğu ve homojenitesi artmaktadır (22). Ana kon yerleştirildikten sonra periapikal radyografi ile konumu ve çalışma boyu doğrulanmaktadır. Final irrigasyonundan sonra kök kanalı paper pointler ile kurulanmaktadır. Kök kanal patı ve ana konun kök kanalına uygulanmasından sonra uygun boyutta seçilen spreader kök kanalı içinde maksimum derinliğe yerleştirilmektedir ve geri çekilirken ileri geri döndürülerek lateral kompaksiyon uygulandıktan sonra çıkarılmaktadır. Spreader tarafından açılan boşluğa uygun bir aksesuar kon kök kanalına yerleştirilmektedir. Parmak spreader kanal orifisinden 1-2 mm aşağıya ilerleyene kadar aksesuar kon yerleştirilmeye devam edilmektedir (Şekil 2). Fazla güta-perkalar sıcak bir el aleti ile uzaklaştırılmakta ve ardından soğuk plugger ile vertikal olarak kompaksiyon yapılarak kök kanal obturasyonu tamamlanmaktadır (23).



Şekil 2. Soğuk lateral kompaksiyon tekniği, ana konun yanına spreader ile boşluklar açıldıktan sonra uygun aksesuar konlar yerleştirilerek kök kanalı içinde boşluk kalmayacak şekilde obturasyon tamamlanmaktadır.

Bu tekniğin avantajları öngörülebilir obtürasyon uzunluğunun sağlanabilmesi ve her türlü kök kanal morfolojisine rahatça uygulanabilmesidir. Dezavantajları ise spreader ile iyi kompaksiyon sağlanamazsa kök kanal obtürasyonu içerisinde boşluklar kalabilir, spreadera uygulanan basınç vertikal diş kırıklarına neden olabilir (24).

Soğuk Akışkan Güta-Perka Tekniği

Bu teknikte, GuttaFlow (Roeko-Coltène/Whaledent, Langenau, Almanya) ticari adıyla piyasaya sürülmüş ve güta-perka partikülleriyle doldurulmuş silikon esaslı kanal patı kullanılmaktadır. İlk jenerasyonda güta-perka partikülleri ve di-polivinil siloksandan oluşan silikon bazlı bir kanal patı, soğuk akışkan matris oluşturmak üzere amalgamatörde karıştırılmaktaydı (Şekil 3) (25). GuttaFlow, kanal içine doğrudan enjekte edilebilmekte veya ana güta-perka kon ile kombine olarak kullanılabilir (26). Literatürde GuttaFlow'un biyouyumluluğunun AH-Plus (Dentsply) ile kıyaslandığında daha yüksek olduğu bildirilmiştir (27-29). GuttaFlow, 15 dakikalık bir çalışma süresine ve 30 dakikalık bir sertleşme süresine sahiptir (25). Bununla birlikte materyalin uygulanması sırasında ısıtma işlemi yapılmadığı için genleşme ve büzülme olmadığı inanılmaktadır. Hatta üretici firma materyalin sertleşme sırasında % 0.2 genişlediğini rapor etmiştir (26). Firma daha sonra partikül boyutu 30 µm'den küçük olan ve ilk jenerasyonla benzer içeriğe ve farklı oranlara sahip GuttaFlow 2'yi (Coltène Whaledent, Altstätten, İsviçre) geliştirmiştir. GuttaFlow 2 karışımının en iyi şekilde hazırlanmasını sağlamak, kullanımını kolaylaştırmak ve hava kabarcığı oluşumunu önlemek için karıştırma ucu ile birlikte piyasaya sürülmüştür (30, 31).



Şekil 3. Gutta Flow (Coltène/Whaledent AG) sistemi ve kapsüller.

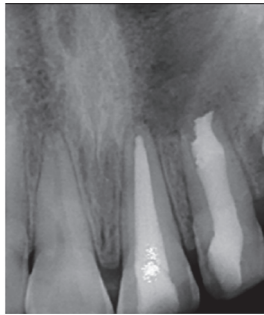
Bir sonraki jenerasyonda ise GuttaFlow Bioseal (Coltène/Whaledent AG, Altstatten, İsviçre) geliştirilmiştir. GuttaFlow Bioseal, kalsiyum ve silikat gibi bazı biyoaktif maddeler içermektedir. Bu nedenle sertleştikten sonra yüzeyde hisroksiapatit kristalleri oluşturarak sert doku oluşumunu teşvik etmektedir. Böylece diş köküne komşu dokularda iyileşme hızlanmaktadır (32). GuttaFlow Bioseal'ın çalışma ve sertleşme süresi diğer jenerasyonlardan daha kısadır (29). Yapılan bir çalışma ile GuttaFlow Bioseal'ın (Coltène/Whaledent AG) AH Plus Jet'e (Dentsply) göre diş köküne komşu dokularda hücre canlılığının ve rejenerasyonun sağlanması açısından daha uyumlu olduğu rapor edilmiştir (28).

GuttaFlow (Coltène/Whaledent AG) silikon pat olarak kategorize edildiğinden teknik olarak, tüm jenerasyonlar kök kanalına uygulandıktan sonra çalışma boyunda tek bir ana konun kanal içine yerleştirilmesi önerilmektedir. Bu teknikte koronaldeki fazla güta-perka sıcak bir el aleti ile uzaklaştırılarak kök kanal obturasyonu tamamlanmaktadır (25).

Solvent ile Yumuşatılmış Soğuk Güta-perka Tekniği

Kloroform ve ökaliptol gibi solventler, kanallara yerleştirilen güta-perkayı yumuşatmak için kullanılmaktadır. Solvent ile yumuşatılan güta-perka spreader ile kompakte edildiğinde açılan boşluğa daha fazla aksesuar kon yerleştirilerek obturasyon yapılmasına izin vermektedir (24).

Güta-perkanın solventler ile yumuşatılması, kanal içi düzensizliklere adapte olmanın sağlanmasına ve soğuk lateral kompaksiyonun dezavantajlarının elimine edilmesine yardımcı olmaktadır. Blunderbuss kanallı dişlerde, internal rezorpsiyonlarda ve kök apeksinde rezorptif defekte bağlı apikal delta oluşan dişlerde solvent ile yumuşatılmış güta-perkanın kanal duvarlarına adaptasyonu sağlanabilmektedir (Şekil 4) (33).



Şekil 4. Solvent ile yumuşatılmış güta-perka tekniği ile Blunderbuss kök kanalının obturasyonu sonrası elde edilen radyografi.

Bu tekniğin dezavantajları arasında; solventlerin vital dokulara toksisitesi, buharlaşmanın neden olduğu büzülme ve obturasyon içinde boşluklar gözlenmesi, obturasyon materyalinin öngörülebilir uzunluk kontrolünün elde edilememesi yer almaktadır (34).

Kullanılan tüm solventler oldukça uçucu olduğundan kök kanal obturasyon materyalleri sertleştikçe ölçülebilir miktarda büzülme yavaş yavaş meydana gelmektedir. Büzülme miktarı kullanılan solvent miktarı ile doğru orantılıdır. Bununla birlikte fazla miktarda büzülme meydana geldiğinde endodontik tedavi başarısızlığı kök kanal obturasyonu içinde oluşan boşluklarla ilişkilendirilmiştir (35).

Sıcak Lateral Kompaksiyon Tekniği

Bu teknik 1987'de Martin (36) tarafından tanıtılmıştır ve lateral kompaksiyon esnasında ucu ısıtılmış bir plugger yardımı ile güta-perka yumuşatılarak obturasyon yapılmaktadır. Bu teknikte kullanılan Endotec sistemi, kök kanalı içindeki termoplastikleşen güta-perkalar sayesinde dentin duvarlarında daha az stres oluşturarak, daha yoğun ve homojen şekilde kök kanal obturasyonunun tamamlanmasına izin vermektedir (36, 37). Literatürde bu teknikle ilgili yeterli deneysel çalışma bulunmamaktadır ancak Kersten (38), yaptığı çalışmada Endotec ile beraber uygulanan lateral kompaksiyon tekniğinin üç boyutlu olarak sızdırmaz bir kök kanal obturasyonuna imkan sağladığı sonucuna ulaşmıştır. Luccy (39) ve Castelli (40) de yaptıkları çalışmalarla benzer sonuçlar elde etmiştir. Diğer tüm sıcak obturasyon tekniklerinde de bildirildiği gibi bu tekniğin de periradiküler dokulara hasar verecek şekilde kök yüzeyinde ısı artışına neden olması en önemli dezavantajdır. Jurcak ve Norman (41), yaptıkları bir in vitro çalışma ile sıcak lateral kompaksiyon uygulanan dişlerde kanal içi sıcaklığın 8.18-65.06°C arasında değiştiğini bildirmiştir.

Ultrasonik Enerji Kullanılarak Uygulanan Sıcak Lateral Kompaksiyon Tekniği

Ultrasonik enerji kullanılarak uygulanan bu teknik, soğuk lateral kompaksiyonun bir modifikasyonudur ve sıcak lateral kompaksiyon ile benzer teknik adımlardan oluşmaktadır (42). Uygulama yapılırken sıcak lateral kompaksiyon ile aynı adımlar takip edilmektedir (42). Obturasyon sırasında bir piezoelektrik ultrasonik ünite ile eğe adaptörü ve bir K tipi el egesi gerekmektedir. Ultrasonik ünite yüksek bir güç ayarına ayarlanarak yalnızca eğe güta-perka ile temas ettiğinde etkinleştirilmektedir. Eğe daha sonra yavaş yavaş güta-perka içinde ilerle-

tilmektedir. Bu sırada üretilen ultrasonik enerji ile güta-perkanın yumuşatılması için ısı açığa çıkmaktadır. Güta-perka kütlesi içinde kompaksiyon yapılırken eğer ideal olarak çalışma boyundan 1 mm kısa olarak kullanılmaktadır. Daha sonra bu boşluğa aynı uzunlukta bir spreader yerleştirilip spreadera uygun aksesuar kon kök kanalına uygulanmaktadır. Bu teknik kök kanal obturasyonu tamamlanuncaya kadar iki ile üç kez tekrarlanabilmektedir. Bu tekniğin soğuk lateral kompaksiyona göre bir avantajı vardır; ısı ile yumuşatılmış güta-perka ile karmaşık aksesuar kök kanal anatomisi ve internal rezorpsiyonun neden olduğu kök kanalı düzensizlikleri doldurulabilmektedir (43). Literatürde bildirilen çalışmalar, ultrasonik enerji kullanıldığında soğuk lateral kompaksiyona göre daha homojen ve yoğun kök kanal obturasyonu elde edildiğini göstermektedir. Ultrasonik enerji ile yumuşatılan güta-perka daha az boşluk formasyonu ile kanal düzensizliklerine daha iyi adaptasyon sağlamaktadır (44, 45).

Dış kök yüzeyinde sıcaklık artışı genellikle tüm kök seviyelerinde benzer ve periodontal dokular için güvenli aralıktadır ve 10 °C dahilindedir. Ultrasonik ünite kullanılırken sıcaklıkta belirgin bir artışa neden olabilecek maksimum güç ayarında kullanımdan kaçınılması önerilmektedir (44).

Sıcak Vertikal Kompaksiyon Tekniği

Literatüre Herbert Schilder (46) tarafından kazandırılan güta-perkanın sıcak vertikal kompaksiyonu, sadece kök kanalları yerine pulpa boşluğunun tüm dallanmaları dahil edilerek üç boyutlu olarak obturasyon yapılmasına izin vermektedir. Bu teknikte kök kanalının kemomekanik preparasyonu 4 temel kriter esas alınarak tamamlanmaktadır. Bunlar;

- Apiko-koronal yönde konikleşen preparasyon,
- Orijinal kök kanal anatomisinin korunması,
- Apikal foramenin korunması,
- Final preparasyonunda apikal çapın olabildiğince küçük hazırlanmasıdır (47).

Bu kriterlere sadık kalınarak yapılan konik kök kanal preparasyonu, çap hızla azaldığı için artan ısı ve basınç nedeni ile termoplastikleşen güta-perka ve kök kanal patının kompleks anatomik alanlara doğru akışına izin vermektedir. Obturasyon sırasında meydana gelen bu olay, hidrolik akış olarak adlandırılmaktadır. Kök kanal obturasyon materyali ekstrüzyonu ise kök kanalının final preparasyonu sonucu apikal çapın olabildiğince küçük hazırlanması ile önlenmektedir. Bu obturasyon tekniği uygulanırken döner NiTi eğeler için üretilen aynı koniklikteki güta-perkaların kullanılması ile kök kanallarına daha iyi adaptasyon sağlanmaktadır (47, 48).

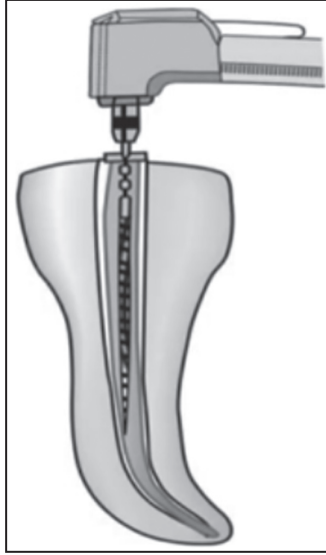
Bu teknikte, çalışma boyunun 0.5 ile 2 mm gerisinde sıkışan bir ana kon seçilmektedir. Kanal patı ve ana konun kanal duvarlarına adaptasyonundan sonra koronal kısım sıcak bir plugger ile uzaklaştırılmaktadır. Koronal güta-perkayı uzaklaştırmak ve kanal içinde kalan güta-perkayı yumuşatmak için alevle ısıtılmış bir spreader ya da plugger kullanılmaktadır (46). Bununla birlikte Touch'n Heat (SybronEndo/KerrEndodontics, Orange, CA), System B (SybronEndo/KerrEndodontics, Orange, CA) (Şekil 5) ve Thermopack Easy (Produtos Odontológicos, Belo Horizonte, Brazilya) ısı kontrolüne izin verdikleri için bu teknik uygulanırken daha güvenli bir şekilde kullanılmaktadır. Böylece dış kök yüzeyinin aşırı ısınmasının ve periradiküler dokularda hasar meydana gelmesinin önüne geçilmiş olur (49). Apikaldeki güta-perka ısı uygulaması ile yumuşatılarak kondanse edilmektedir. Koronal bölüm ise önceden ısıtılmış küçük güta-perka parçaları kullanılarak kök kanal obturasyonu tamamlanmaktadır. Sıcak vertikal kompaksiyonun avantajları, kanal düzensizlikleri ve aksesuar kanalların doldurulmasıdır. Dezavantajları ise apiko-koronal yönde konikleşen preparasyona bağlı meydana gelen vertikal kök kırığı riski, lateral kompaksiyona göre daha az obturasyon uzunluğu kontrolü, periradiküler dokularda hasara neden olabilecek ısı artışı ve obturasyon materyallerinin periradiküler dokulara aşırı ekstrüzyon potansiyelinin olmasıdır. Teknik hızlı uygulandığında apikal ekstrüzyon gözlenirken yavaş uygulandığında ise kısa kök kanal obturasyonu gözlenmektedir. Literatür de sızdırmazlığın soğuk lateral kompaksiyondan farklı olmadığını da bildiren çalışmalar da rapor edilmiştir (50).



Şekil 5. Sistem B (SybronEndo/KerrEndodontics).

Termomekanik Kompaksiyon Tekniği

Bu teknik, ilk olarak McSpadden (51, 52) tarafından tanıtılmıştır. Bu teknikte kök kanal obturasyonu için McSpadden kompaktörü kullanılmaktadır. McSpadden kompaktörü, kesici kenarların şaft yerine apikal uca doğru freze edildiği ters bir H tipi el eğesine benzer bir şekilde tasarlanmıştır. Kompaktör anguldruvaya takıldıktan sonra kanal içindeki güta-perkanın yanına yerleştirilip 20.000 rpm hızda kullanılmaktadır (Şekil 6). Sürtünme nedeniyle oluşan ısı ile termoplastikleşen güta-perka, kompaktör tarafından apikale doğru ilerletilmektedir. Bu teknik ile kök kanalı içerisinde üç boyutlu olarak kök kanal obturasyonu sağlanmaktadır (36, 53, 54).



Şekil 6. Mc Spadden kompaktörü ve termomekanik kompaksiyon tekniğinin uygulanması.

Bu tekniğin avantajları; basit ve hızlı uygulanabilmesi, internal rezorpsiyon gibi kök kanalı içerisindeki düzensizliklerin obture edilmesidir (34, 55). Dezavantajları ise materyal ekstrüzyonu, kullanılan McSpadden kompaktörünün kanal içinde kırılma ihtimalinin bulunması, tekniğin kavimli kök kanallarından kullanılamaması ve olası aşırı ısı artışının periradiküler dokularda hasar meydana getirmesi olarak sıralanabilir (34). Tagger ve ark. McSpadden kompaktörü tarafından üretilen ısının aktif ucun sadece 1-2 mm ötesinde etkili olduğunu

bildirmiştir. Bu nedenle apikal üçlüde soğuk lateral kompaksiyon, orta ve koranal üçlüde termomekanik kompaksiyonun uygulanabileceği hibrit tekniğin kullanılması önerilmiştir (56).

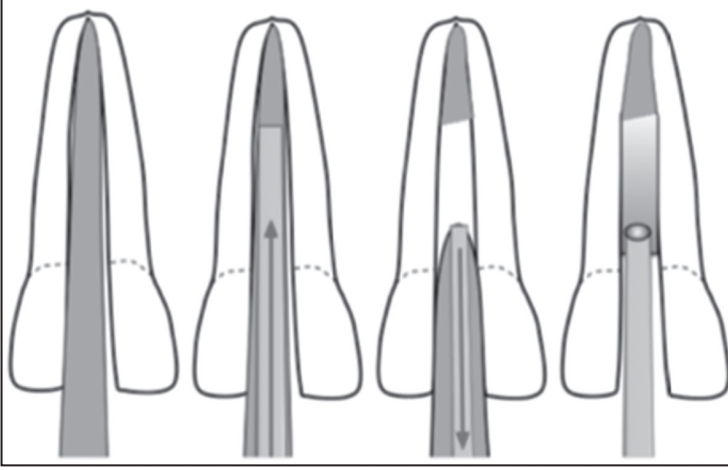
MikroSeal Tekniği

1966 yılında önerilen bir başka termomekanik kompaksiyon tekniği olan MikroSeal, NiTi döner eğe sistemleri ile yumuşatılan güta-perkanın apikal ve lateral olarak obture edilmesi esasına dayanmaktadır. MikroSeal tekniği seri şeklinde kullanılan NiTi eğelerin kullanılması ile uygulanmaktadır. Bunlar; NiTi spreader, NiTi kompaktör, güta-perka ısıtıcısı ve enjektör, düşük ısı ile fırınlanan kartuşlar içindeki özel bir güta-perka formülasyonudur (57). Açık apeksli immatür dişlerde ve retreatment uygulanan apikal stop oluşturulamayan vakalarda, kök kanal obturasyon materyalinin uzunluk kontrolünün sağlanamaması ve olası ekstrüzyonların önüne geçilememesi ihtimali yüksektir ve bu durumlar tekniğin olası dezavantajlarıdır (57). Libonati ve ark. (58), yaptıkları bir in vitro çalışmada MikroSeal tekniğini kök kanal patı ve kök kanal patı olmadan uyguladıklarında, kök kanal patı kullanılmasının apikal bölgedeki kök kanal obturasyonu sonuçlarını etkilemediğini rapor etmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre MikroSeal ve Sistem B'de güta-perka tek başına kullanıldığında apikal 1-3 mm'de benzer sonuçlara ulaşıldığı tespit edilmiştir.

Devamlı Isı ile Kompaksiyon Tekniği

Devamlı ısı ile kompaksiyon tekniği, sıcak vertikal kompaksiyonun bir varyasyonudur (59). Kök kanalı içindeki güta-perka kütesini termoplastikleştirmek amacı için Buchanan tarafından geliştirilmiştir. Zamanla artan NiTi döner eğelerin ve bu eğelere uygun koniklikteki güta-perkaların kullanımı ile birlikte hekimler sıcak obturasyon tekniklerini daha fazla tercih etmeye başlamıştır. Devamlı ısı ile kompaksiyon tekniğinde 0.04, 0.06, 0.08, 0.10 veya 0.12 koniklikte pluggerları içeren Sistem B (SybronEndo/KerrEndodontics) kullanılmaktadır (49). Bu teknikte kök kanal preparasyonundan sonra uygun bir ana kon seçilmektedir ve büyükten küçüğe Buchanan pluggerları kullanılarak kök kanalının apikal 5 ile 7 mm'si ısı ile obture edilmektedir. Bu aşamada apikalden materyal ekstrüzyonunu engellemek için plugger üzerindeki stopper 4 mm kısa olacak şekilde ayarlanmaktadır. Bu aşama 'down packing' olarak tanımlanmıştır. Plugger tarafından açılan kök kanalındaki koronal boşluğun doldurulması için termoplastik enjeksiyon teknikleri ((Obtura II (Coltene/Whaledent, Calamus, ABD), Ultrafil

3D (Dentsply, Sirona, ABD), ElementsFree (SybronEndo/KerrEndodontics)) ya da aksesur konlar yerleştirilerek sıcak bir plugger ile vertikal kompaksiyon uygulanabilmektedir. Kök kanalının koronal üçlüsünün termoplastik enjeksiyon teknikleri ile doldurulması da 'back filling' olarak tanımlanmıştır (Şekil 7) (60).



Şekil 7. Devamlı ısı ile kompaksiyon tekniğinin uygulanması.

Devamlı ısı ile kompaksiyon tekniği, periradiküler dokular üzerinde diğer sıcak obturasyon tekniklerine göre önemli ölçüde daha yüksek ısı değişikliklerine neden olmaktadır. Bunun sebebi, Sistem B (SybronEndo/KerrEndodontics) cihazının down pack ünitesindeki pluggerin apikaldeki gütaperkayı kondanse etmek için ısıtılarak kanal içinde ilerletilmesi ve daha sonra koronaldeki fazla gütaperkayı uzaklaştırmak için tekrar ısıtılarak geri çekilmesidir. Yapılan çalışmalarla devamlı ısı ile kompaksiyon tekniğinin, diğer sıcak obturasyon tekniklerine göre kök kanalının apikal 3 ile 6 mm'sinde daha fazla ısı artışına neden olduğu bildirilmiştir (61).

Isı ve Titreşim ile DownPak-3D Tekniği

DownPak, ısı ve titreşim ile obturasyona imkan tanıyan bir sistemdir. Hem sıcak vertikal kompaksiyon hem de lateral kompaksiyona izin veren titreşimli bir üniteye sahip olan bu cihaz EndoTwin'in kablosuz bir modifikasyonudur. Gütaperka, Resilon ve güncel hibrit rezin gibi kök kanal patları ile kombine kullanılabilir. Teknik uygulanırken sadece vibrasyon ünitesi ya da verti-

kal kompaksiyon teknikleri kullanılabilir bu durum da klinik olarak çok yönlü kullanım avantajı sağlamaktadır. Isı uygulanırken hekimin isteğine bağlı olarak titreşim uygulanabilmesine imkan tanımaktadır. Bu cihaz 350 °C 'ye kadar ısınarak tüm ısıtılmış güta-perka obturasyon tekniklerinin uygulanabilmesini sağlamaktadır (62). Kök kanal sisteminin daha yoğun ve homojen olarak obture edilmesine imkan tanımaktadır (24).

ENJEKTE EDİLEBİLEN TERMOPLASTİK GÜTA-PERKA TEKNİKLERİ

Güta-perka kök kanalının dışında ısıtılarak termoplastikleştirildikten sonra kanal içine enjekte edilmektedir. Tekniğin en önemli dezavantajı, boyutsal kontrolün sağlanamamasıdır. Bu nedenle apikal preparasyon çapı mümkün olduğunca küçük hazırlanmaktadır. Bu teknikte Obtura (Obtura Spartan, Earth City, MO, ABD), ElementsFree (SybronEndo/KerrEndodontics), HotShot (Discus Dental, Canada, ABD) ve Ultrafil 3D (Coltene/Whaledent, Calamus, ABD) kullanılan mevcut cihazlardır. Obtura sistemi güta-perkanın 160°C'ye kadar ısıtıldığı yüksek ısı, Ultrafil 3D sistemi ise güta-perkanın 70-90°C'ye kadar ısıtıldığı düşük ısı enjeksiyon tekniğidir (63).

Yüksek Isılı Enjeksiyon Tekniği

Obtura III sistemi (Obtura Spartan, Earth City, MO, ABD), içi güta-perka kon ile doldurulmuş ısıtılan bir kartuş ile kullanılan bir tabancadan oluşmaktadır. Tabancanın ucundaki gümüş kanüller (20,23 ve 25 mm'lik uzunlukta), ısıtılmış güta-perkanın kök kanalı içine uygulanmasını sağlamaktadır. Sistemin kontrol ünitesi, hekimin sıcaklığı ve güta-perkanın viskozitesini ayarlamasına izin vermektedir. Literatürde, Obtura sistemi ile doldurulmuş kök kanalındaki en yüksek sıcaklığın kök apeksinden 6 mm koronalde ve 27°C olduğu bildirilmiştir (64).

Kanal hazırlığı diğer dolum teknikleri ile benzer şekilde yapılmaktadır. Kök kanalları paper pointler ile kurutulduktan sonra kullanılan son eğe saat yönünün tersine uygulanarak ya da bir paper point ile kanal duvarlarına pat uygulanmaktadır. Termoplastik güta-perka enjeksiyonu genellikle iki aşamada uygulanmaktadır. Güta-perka kartuşu takılan tabanca önceden ısıtılır ve ucundaki kanül bir stoper ile işaretlenerek apikal kök kanal preparasyonunun 3 ile 5 mm'sine ulaşacak şekilde kanal içine yerleştirilmektedir. Daha sonra ısıtılmış olan güta-perka yavaş yavaş tabancanın tetiğine basılarak pasif bir şekilde kök kanalına

enjekte edilmektedir. (65). Bu teknikte, kök kanalının apikal kısmı doldururken kanülün ucu yavaş koronale doğru hareket ederek kanaldan dışarı çıkmaktadır. Kök kanal obturasyonunu vertikal olarak kondanse etmek için pluggerlar kullanılmaktadır. Vertikal kompaksiyon uygulanırken güta-perkanın pluggera yapışmasının engellenmesi için kök kanalı alkol ile yıkanmaktadır (66). Bu teknik yerine güta-perkanın 3-4 mm enjekte edildikten sonra kompakte edilen ve kök kanalı dolduruluncaya kadar bu şekilde uygulanan segmental teknik de kullanılabilir. Her iki teknikte de güta-perka soğurken meydana gelen büzülmeyle telafi etmek için kök kanal obturasyon materyalleri sertleşene kadar işleme devam edilmektedir (65-67).

Literatürde Obtura sistemi (Obtura, Spartan) ile doldurulan ve takip edilen 236 dişin iyileşme oranı incelenmiştir, vakaların %96'sının başarılı bir şekilde iyileştiği bildirilmiştir (68). Ayrıca bu tekniğin karşılaştırıldığı soğuk lateral kompaksiyon ve soğuk akışkan güta-perka tekniklerine göre daha homojen kök kanal obturasyon ve daha az boşluk oluşumu ile tedavinin tamamlandığı rapor edilmiştir (66).

Düşük Isılı Enjeksiyon Tekniği

Ultrafil 3D (Coltene/Whaledent, Calamus, USA) güta-perka kanülleri, ısıtma ünitesi ve bir enjeksiyon şırıngasından oluşmaktadır (Şekil 8). Bu teknikte, viskozitesi ve sertleşme süresi farklı güta-perka kanülleri içeren üç farklı set bulunmaktadır. Üretici firmanın talimatlarına göre uygulama sırasında tüm setlerden sonra mutlaka vertikal kompaksiyon yapılması önerilmektedir. Isıtma ünitesi 70-90°C'ye ayarlanmıştır ve herhangi bir ek ayarlama gerekmemektedir. Her kanülün 21 mm uzunluğunda 22 gauge paslanmaz çelik iğnesi bulunmaktadır ve iğneler önceden bükülebilir. Kanüller, ısıyla steril edilmek için tasarlanmamıştır bu nedenle sadece dezenfekte edilebilirler. Sistemin sadece enjeksiyon şırıngaları yüksek ısı ve basınçlı sterilizasyonla steril hale getirilebilir. Güta-perkanın ısıtma süresi soğuk bir ısıtma ünitesinde 10 ile 15 dakika sürerken sıcak bir ısıtma ünitesinde 3 dakikadır. Güta-perka, viskozitesine bağlı olarak 45-60 saniye boyunca akıcılığını koruyabilmektedir (69). Bununla birlikte kanül içindeki güta-perka nem veya sıcaklığa maruz kaldığında akıcılığı ya da çözünürlüğü etkilenmemektedir. Materyal % 0.2 genleşerek kök kanalında sızdırmaz bir obturasyon sağlamaktadır (17).



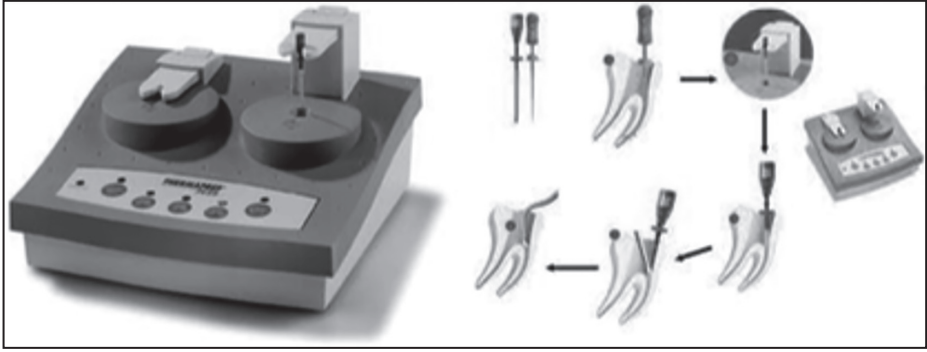
Şekil 8. Ultrafil 3D sistemi (Coltene/Whaledent).

Başarılı bir obturasyon yavaş, kontrollü bir şekilde yapılması ve kanüle aşırı baskı uygulanmaması ile elde edilmektedir. Enjeksiyon sırasında kanülün kendiliğinden kanaldan çıkmasına verilmelidir aksi takdirde kanül hızlıca çekilirse kök kanal obturasyonu içerisinde boşluklar kalmaktadır. Bu durum da kök kanal obturasyonun teknik kalitesini ve tedavinin başarısını olumsuz etkilemektedir (70).

KATI KOR TAŞIYICILI TERMOPLASTİZE GÜTA-PERKA TEKNİKLERİ

Katı kor taşıyıcılı güta-perka sisteminin kullanımı ilk olarak 1978 yılında Johnson (71) tarafından önerilmiştir. Daha sonra Guttacore ve Thermafil (Dentsply, Sirona, ABD) (Şekil 9), tasarlanarak piyasaya sürülmüştür. Bu sistemlerde plastik, metal ya da modifiye güta-perka taşıyıcının dış yüzeyi alfa fazındaki güta-perka ile kaplanır. Üretim sırasında Thermafil obturatörlerde (Dentsply) plastik, Guttacore obturatörlerde (Dentsply) ise plastik taşıyıcı yerine çapraz bağlı güta-perka taşıyıcı kullanılmıştır. Teknik, uygulaması basit ve uygulama süresi kısa olduğu için hekimler tarafından sıkça tercih edilmektedir. Avantajları, kök kanallarına uygulanmasının kolay olması ve termoplastik güta-perkanın karmaşık kök kanal anatomisinin obturasyonunu sağlamasıdır. Dezavantajları, kök kanalına uygulama sırasında hidrolik basınca bağlı olarak yumuşatılmış güta-perkanın taşıyıcıdan sıyrılması sonucu apikal üçlünün sadece taşıyıcı ile

tıkanması, metal kor materyalinin post yerleştirilmesini ve retreatment uygulamasını zorlaştırmasıdır. Yine diğer sıcak obturasyon tekniklerinde olduğu gibi apikalden materyallerin ekstrüze olması söz konusudur (24). Yapılan bir çalışma katı kor taşıyıcılı sistemlerin kök kanal obturasyonunda minimal de olsa boşluklar olduğunu bildirmiştir (72). Başka bir çalışma ise bu teknik ile soğuk lateral kompaksiyon arasındaki iyileşme oranlarında hiçbir fark olmadığını bildirmiştir (73).



Şekil 9. Thermafil sistemi (Dentsply) ve tekniğin uygulanması.

Bu teknik zaman içerisinde sıcaklığın kontrol edilebildiği bir ısıtma fırınının üretilmesi ile geliştirilmiştir. Obturatörler, Uluslararası Standartlar Komitesi'ne (ISO) göre standart eğe boylarında, değişken koniklikteki NiTi döner eğelerle uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır. Örneğin; Profile GT Obturatör, GT series X Obturatör, Protaper Universal ve Next Obturatörler (Dentsply) kullanılacak eğe sistemine uygun olarak mevcuttur. Taşıyıcının shaft kısmında stoperlar mevcuttur ve uygulama sırasında çalışma uzunluğuna pasif olarak yerleştirilebilmektedir. Tüm kök kanal obturasyon tekniklerinde olduğu gibi öncelikle kanal patı uygulanması gerekmektedir. Literatürde kök kanalına uygulama hızının obturasyon kalitesini etkilemediği bildirilmiştir. Bununla birlikte obturatörün çalışma uzunluğuna kadar yerleştirebilmesi ve kök kanalındaki düzensizliklerin sızdırmaz bir şekilde obture edilebilmesi için hızlı bir uygulamanın kök kanal obturasyonunun kalitesini iyileştirdiği bildirilmiştir (74).

Simplifill (Discus Dental, Culver City, CA), kor taşıyıcılı obturasyon sistemlerinin aksine obturasyon materyali dışında kanalda hiçbir şey bırakmayan, çıkarılabilir bir taşıyıcıya sahip tek soğuk kor taşıyıcılı obturasyon sistemidir. Taşıyıcı-

cının kanalda bırakıldığı sistemlerin aksine post uygulanması ya da retreatment yapılması gereken vakalarda kolaylık sağlamaktadır. Saat yönünün tersine uygulanan birkaç basit bükme hareketi ile Simplifill (Discus Dental) taşıyıcısı kandan kolayca çıkarılmaktadır. Taşıyıcının sadece apikal kısmında güta-perka veya resilon kaplama bulunmaktadır. Bu teknik geleneksel kök kanal patları ya da rezin esaslı kanal patları ile kullanılabilir. Taşıyıcı 0.02 koniklikte 5 mm güta-perka ile kombine apikal tıkaç oluşturmaktadır (Şekil 10). Kanalin koronal kısmı taşıyıcı kök kanalında çıkarıldıktan sonra soğuk veya sıcak akışkan güta-perka teknikleri ile obture edilmektedir (75).



Şekil 10. Simplifill obturatörler (Discus Dental).

Lazer ile Kompaksiyon Tekniği

Lazer cihazlarının endodontideki kullanımı, lazer cihazlarındaki gelişmeler sayesinde popülerlik kazanmıştır. Lazer fototermal etkilerinden dolayı kök kanal obturasyonu sırasında güta-perka konları termoplastikleştirilerek obturasyon kalitesini arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Lazer cihazı 40 milijoule enerji üretecek seviyeye ayarlanmakta ve 45-50 °C 'lik bir ısı üretimi ile güta-perkanın alfa fazına geçirilerek termoplastikleştirilmesi sağlanmaktadır. Apikal üçlünün tıkanmasının ardından kök kanalının geri kalan kısmında sıcak vertikal kompaksiyonda olduğu gibi 2 mm'lik güta-perka parçalarının 10 saniyelik lazer uygulamaları ile termoplastikleştirilerek obturasyon yapılmaktadır (76).

Anic ve Mastumato (77), kök kanal obturasyonunda soğuk lateral kompaksiyon, düşük ısılı güta-perka enjeksiyon tekniği (Ultrafil), değişik lazer tipleri ile yumuşatılmış güta-perka tekniği ve fotopolimerize edilen kompozit rezinleri tek köklü dişlerde kanal obturasyonunda kullandıkları çalışmalarında apikal sızıntıyı boya penetrasyon yöntemi kullanarak değerlendirmiştir. Sonuç olarak en fazla boya penetrasyonunun sırası ile kompozit rezin ile yapılan kanal obturasyonunda , C0 2 lazer ile yumuşatılmış güta-perka yönteminde ve Nd:YAG ile yumuşatılmış güta-perka yönteminde görüldüğünü, güta-perkanın argon lazer ile yumuşatılması tekniğinin, lateral kompaksiyon ve Ultrafil tekniklerinde benzer şekilde başarılı sonuçlar gösterdiğini bildirmiştir. Bununla birlikte sıcak obturasyon teknikleri ve lazer ile termoplastikleştirilmiş güta-perka teniklerinde kök yüzeyindeki ısı artışının benzer seviyelerde olduğu rapor edilmiştir ve dış kök yüzeyinde ölçülen bu ısı artışlarının diş çevre dokularında herhangi bir hasara neden olmayacağı bildirilmiştir (78).

Ancak yine de bu konuda yapılan çalışmalar klinik olarak yetersizdir ve literatürde bu konuda kesin bir fikir birliği bulunmamaktadır. Bununla birlikte termoplastik güta-perka teknikleri ve bu tür amaçla kullanılmak üzere geliştirilen cihazlar, lazer uygulamalarının nispeten zaman alıcı ve pahalı olmasına neden olmaktadır (79, 80).

SONUÇ

Kök kanal tedavisinin başarısı, kök kanal obturasyonu kalitesinden doğrudan etkilenmektedir. Hiçbir teknik %100 homojen ve boşluksuz bir kök kanal obturasyonu meydana getirmemektedir. Literatür incelendiğinde sıcak vertikal kompaksiyon tekniği soğuk lateral kompaksiyona göre daha düşük hacimde boşluk oluşumu ile ilişkilendirilmiştir. Kök kanal obturasyon yöntemine bakılmaksızın, obturasyon sonrası kök kanalı içindeki pat ve boşlukların dağılımı öngörülememektedir (81).

Geçmişten günümüze kök kanal obturasyonunun teknik kalitesini değerlendirmek için birçok teknik kullanılmıştır. Günümüzde mikro bilgisayarlı tomografi çalışmalarının popülerlik kazanması ile birlikte kök kanal obturasyon tekniklerinin hiçbirinin kök kanal sistemini tamamen dolduramadığı rapor edilmiştir (81-83). Uzun süreli stabil kök kanal obturasyonu ve tedavi başarısı elde edilebilmesi için kök kanal patı miktarının mümkün olduğunca az kullanılmasına, güta-perka kitlesinin yoğun, homojen dağılmasına ve kanal duvarlarına iyi adapte edilerek obturasyonun tamamlanmasına özen gösterilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Sjögren, U., et al., *Factors affecting the long-term results of endodontic treatment*. Journal of endodontics, 1990. **16** (10): p. 498-504.
2. Sundqvist, G. and D. Figdor, *Endodontic treatment of apical periodontitis*. Essential endodontology, 1998: p. 242-269.
3. McComb, D. and D.C. Smith, *A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures*. Journal of endodontics, 1975. **1** (7): p. 238-242.
4. Chueh, L.H., et al., *Technical quality of root canal treatment in Taiwan*. International Endodontic Journal, 2003. **36** (6): p. 416-422.
5. Yücel, A.Ç. and A. Çiftçi, *Effects of different root canal obturation techniques on bacterial penetration*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2006. **102** (4): p. e88-e92.
6. Hoene, M.M. and F.E. Pink, *Contemporary endodontic retreatments: an analysis based on clinical treatment findings*. Journal of endodontics, 2002. **28** (12): p. 834-836.
7. Whitworth, J., A. Walls, and R. Wassell, *Crowns and extra-coronal restorations: endodontic considerations: the pulp, the root-treated tooth and the crown*. British dental journal, 2002. **192** (6): p. 315-327.
8. Eroğlu, M.G. and G.Ş. Bayırlı, *The comparison of dentin adaptation and sealing ability of gutta-percha/AH Plus, Resilon/Epiphany SE, EndoREZ: an in-vitro study*. Eastern Journal of Medicine, 2017. **22** (4): p. 155.
9. Reszka, P., et al., *SEM and EDS study of TotalFill BC Sealer and GuttaFlow Bioseal root canal sealers*. Dental and Medical Problems, 2019. **56** (2): p. 167-172.
10. Gutmann, J.L., *Obturation of the cleaned and shaped root canal system*. Pathways of the pulp, 1998: p. 293-364.
11. Boggia, R., *A single-visit treatment of septic root canals using periapically extruded endomethasone*. British Dental Journal, 1983. **155** (9): p. 300-305.
12. Fanibunda, K., J. Whitworth, and J. Steele, *The management of thermomechanically compacted gutta percha extrusion in the inferior dental canal*. British dental journal, 1998. **184** (7): p. 330-332.
13. Darcey, J., et al., *Modern Endodontic Principles. Part 5: Obturation*. Dent Update, 2016. **43** (2): p. 114-6, 119-20, 123-6 passim.
14. Sundqvist, G., et al., *Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 1998. **85** (1): p. 86-93.
15. El Sayed, M.A.A.M., A.A.A. Taleb, and M.S.M. Balbahaith, *Sealing ability of three single-cone obturation systems: An in-vitro glucose leakage study*. Journal of conservative dentistry: JCD, 2013. **16** (6): p. 489.
16. Gordon, M., R. Love, and N. Chandler, *An evaluation of 06 tapered gutta-percha cones for filling of 06 taper prepared curved root canals*. International endodontic journal, 2005. **38** (2): p. 87-96.
17. Kulkarni, G., *New root canal obturation techniques: a review*. EC Dent Sci, 2017. **11** (2): p. 68-76.

18. Monticelli, F., et al., *Sealing properties of two contemporary single-cone obturation systems*. International endodontic journal, 2007. **40** (5): p. 374-385.
19. Eguchi, D.S., et al., *A comparison of the area of the canal space occupied by gutta-percha following four gutta-percha obturation techniques using Procosol sealer*. Journal of Endodontics, 1985. **11** (4): p. 166-175.
20. Cailleteau, J.G. and T.P. Mullaney, *Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States dental schools*. Journal of Endodontics, 1997. **23** (6): p. 394-396.
21. Gilhooly, R.M., et al., *Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm α -phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2001. **91** (1): p. 89-94.
22. Pérez Heredia, M., et al., *Apical seal comparison of low-temperature thermoplasticized gutta-percha technique and lateral condensation with two different master cones*. Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal (Internet), 2007. **12** (2): p. 175-179.
23. Wilcox, L.R., C. Roskelley, and T. Sutton, *The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture*. Journal of Endodontics, 1997. **23** (8): p. 533-534.
24. Soumya, S., et al., *Obturation an Overview*. IP Indian Journal of Conservative and Endodontics, 2021. **6** (1): p. 11-20.
25. Darcey, J., et al., *Modern endodontic principles part 5: obturation*. Dental update, 2016. **43** (2): p. 114-129.
26. *GuttaFlow instructions for use*. Coltène/Whaledent Inc. CF, OH. . February 2006.
27. Mandal, P., et al., *In vitro cytotoxicity of guttaflow 2 on human gingival fibroblasts*. Journal of endodontics, 2014. **40** (8): p. 1156-1159.
28. Accardo, C., V.T. Himel, and T.E. Lallier, *A novel GuttaFlow sealer supports cell survival and attachment*. Journal of endodontics, 2014. **40** (2): p. 231-234.
29. Saygili, G., et al., *In vitro cytotoxicity of guttaflow bioseal, guttaflow 2, AH-plus and MTA fillapex*. Iranian endodontic journal, 2017. **12** (3): p. 354.
30. Bouillaguet, S., et al., *Initial in vitro biological response to contemporary endodontic sealers*. Journal of endodontics, 2006. **32** (10): p. 989-992.
31. Miletić, I., et al., *The cytotoxicity of RoekoSeal and AH plus compared during different setting periods*. Journal of Endodontics, 2005. **31** (4): p. 307-309.
32. [Coltene.medianewsroom.net/download/file/70/](http://coltene.medianewsroom.net/download/file/70/).
33. Garg, N.G., A, *Textbook of endodontics. (Second edit.)* Boydell & Brewer Ltd. 2010.
34. Hargreaves, K.M.B., LH, *Cohen's pathways of the pulp (Eleventh edit.)*, Elsevier Health Sciences. 2015.
35. Goodis, H.E., *Commentary on: Filling root canals in three dimensions*. Journal of endodontics, 2006. **32** (4): p. 279-280.
36. Harris, G.Z., et al., *Apical seal: McSpadden vs lateral condensation*. Journal of endodontics, 1982. **8** (6): p. 273-276.
37. Liewehr, F.R., J.C. Kulild, and P.D. Primack, *Improved density of gutta-percha after warm lateral condensation*. Journal of Endodontics, 1993. **19** (10): p. 489-491.

38. Kersten, H., *Evaluation of three thermoplasticized gutta-percha filling techniques using a leakage model in vitro*. International endodontic journal, 1988. **21** (6): p. 353-360.
39. Luccy, C.T., R.N. Weller, and J.C. Kulild, *An evaluation of the apical seal produced by lateral and warm lateral condensation techniques*. Journal of endodontics, 1990. **16** (4): p. 170-172.
40. Castelli, W.A., et al., *Periodontium response to a root canal condensing device (Endotec)*. Oral surgery, oral medicine, oral pathology, 1991. **71** (3): p. 333-337.
41. Jurcak, J.J., et al., *In vitro intracanal temperatures produced during warm lateral condensation of gutta-percha*. Journal of endodontics, 1992. **18** (1): p. 1-3.
42. Bailey, G., et al., *Root canal obturation by ultrasonic condensation of gutta-percha. Part II: an in vitro investigation of the quality of obturation*. International endodontic journal, 2004. **37** (10): p. 694-698.
43. Tomson, R.M., N. Polycarpou, and P. Tomson, *Contemporary obturation of the root canal system*. British dental journal, 2014. **216** (6): p. 315-322.
44. Bailey, G., et al., *Ultrasonic condensation of gutta-percha: the effect of power setting and activation time on temperature rise at the root surface—an in vitro study*. International endodontic journal, 2004. **37** (7): p. 447-454.
45. Zmener, O. and G. Banegas, *Clinical experience of root canal filling by ultrasonic condensation of gutta-percha*. Dental Traumatology, 1999. **15** (2): p. 57-59.
46. Schilder, H., *Filling root canals in three dimensions*. Journal of endodontics, 2006. **32** (4): p. 281-290.
47. Ruddle, C.J., *Cleaning and shaping the root canal system*. Pathways of the Pulp, 2002.
48. Hülsmann, M., O.A. Peters, and P.M. Dummer, *Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means*. Endodontic topics, 2005. **10** (1): p. 30-76.
49. Buchanan, L., *The continuous wave of obturation technique-centered condensation of warm gutta percha in 12 seconds*. Dentistry today, 1996: p. 60-64.
50. Wu, M., L. Van Der Sluis, and P. Wesselink, *A preliminary study of the percentage of gutta-percha-filled area in the apical canal filled with vertically compacted warm gutta-percha*. International Endodontic Journal, 2002. **35** (6): p. 527-535.
51. McCullagh, J., et al., *Thermographic assessment of root canal obturation using thermomechanical compaction*. International endodontic journal, 1997. **30** (3): p. 191-195.
52. Saunders, E., *In vivo findings associated with heat generation during thermomechanical compaction of gutta-percha. Part I. Temperature levels at the external surface of the root*. International endodontic journal, 1990. **23** (5): p. 263-267.
53. Benner, M.D., et al., *Evaluation of a new thermoplastic gutta-percha obturation technique using 45Ca*. Journal of endodontics, 1981. **7** (11): p. 500-508.
54. Chairisookumporn, S. and J.L. Rabinowitz, *Evaluation of ionic leakage of lateral condensation and McSpadden methods by autoradiography*. Journal of endodontics, 1982. **8** (11): p. 493-496.
55. de Araújo, F.R.A., et al., *Endodontic treatment of maxillary lateral incisor with internal root resorption using a hybrid instrumentation technique-case report*. Brazilian Dental Science, 2016. **19** (2): p. 111-115.

56. Tagger, M., et al., *Evaluation of the apical seal produced by a hybrid root canal filling method, combining lateral condensation and thermatic compaction*. Journal of endodontics, 1984. **10** (7): p. 299-303.
57. Maggiore, F., *MicroSeal systems and modified technique*. Dental Clinics, 2004. **48** (1): p. 217-264.
58. Libonati, A., et al., *Percentage of Gutta-percha-filled Areas in Canals Obturated by 3 Different Techniques with and without the Use of Endodontic Sealer*. Journal of endodontics, 2018. **44** (3): p. 506-509.
59. Buchanan, L., *Continuous wave of condensation technique*. Endodontic practice, 1998. **1** (4): p. 7.
60. Johnson, B.T. and M.S. Bond, *Leakage associated with single or multiple increment backfill with the Obtura II gutta-percha system*. Journal of endodontics, 1999. **25** (9): p. 613-614.
61. Donnermeyer, D., E. Schäfer, and S. Bürklein, *Real-time intracanal temperature measurement during different obturation techniques*. Journal of endodontics, 2018. **44** (12): p. 1832-1836.
62. Cohen, S., L.H. Berman, and G. Martin, *The DownPak device: Obturation with heat and vibration*. Endo Tribune US, 2008. **3** (7).
63. Budd, C.S., R.N. Weller, and J.C. Kulild, *A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques*. Journal of Endodontics, 1991. **17** (6): p. 260-264.
64. Sweatman, T.L., J.C. Baumgartner, and R.L. Sakaguchi, *Radicular temperatures associated with thermoplasticized gutta-percha*. Journal of Endodontics, 2001. **27** (8): p. 512-515.
65. Yilmaz, Z., et al., *Sealing efficiency of BeeFill 2in1 and System B/Obtura II versus single-cone and cold lateral compaction techniques*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2009. **108** (6): p. e51-e55.
66. Kumar, N.S.M., et al., *Sealing ability of lateral condensation, thermoplasticized gutta-percha and flowable gutta-percha obturation techniques: A comparative in vitro study*. Journal of pharmacy & bioallied sciences, 2012. **4** (Suppl 2): p. S131.
67. Cathro, P. and R. Love, *Comparison of MicroSeal and System B/Obtura II obturation techniques*. International Endodontic Journal, 2003. **36** (12): p. 876-882.
68. Qu, W., et al., *Influence of warm vertical compaction technique on physical properties of root canal sealers*. Journal of Endodontics, 2016. **42** (12): p. 1829-1833.
69. Du, R. and Y. Zhu, *The influence of smear layer and different sealers on apical microleakage of root canals obturated with Ultrafil-3D system*. Shanghai kou qiang yi xue= Shanghai journal of stomatology, 2005. **14** (6): p. 648-651.
70. Lee, D.B., et al., *Radiographic outcome of root canal treatment in dogs: 281 teeth in 204 dogs (2001–2018)*. Journal of the American Veterinary Medical Association, 2022. **260** (5): p. 535-542.
71. Johnson, W.B., *A new gutta-percha technique*. Journal of endodontics, 1978. **4** (6): p. 184-188.
72. Zogheib, C., et al., *Comparative micro-computed tomographic evaluation of two carrier-based obturation systems*. Clinical oral investigations, 2013. **17** (8): p. 1879-1883.
73. Hale, R., et al., *Comparative analysis of carrier-based obturation and lateral compaction: a retrospective clinical outcomes study*. International Journal of Dentistry, 2012. **2012**.

74. Levitan, M.E., V.T. Himel, and J.B. Luckey, *The effect of insertion rates on fill length and adaptation of a thermoplasticized gutta-percha technique*. Journal of Endodontics, 2003. **29** (8): p. 505-508.
75. Jain, P., M. Yeli, and K. Dhingra, *Root canal filling*. Current Therapy in Endodontics, 2016: p. 111-140.
76. Maden, M., G. Gorgul, and A.C. Tinaz, *Evaluation of apical leakage of root canals obturated with Nd: YAG laser-softened gutta-percha, System-B, and lateral condensation techniques*. J Contemp Dent Pract, 2002. **3** (1): p. 16-26.
77. Anić, I. and K. Matsumoto, *Comparison of the sealing ability of laser-softened, laterally condensed and low-temperature thermoplasticized gutta-percha*. Journal of endodontics, 1995. **21** (9): p. 464-469.
78. Anić, I. and K. Matsumoto, *Dentinal heat transmission induced by a laser-softened gutta-percha obturation technique*. Journal of endodontics, 1995. **21** (9): p. 470-474.
79. Olivi, G., R. De Moor, and E. DiVito, *Lasers in Endodontics*. Scientific Background and Clinical Applications. Cham: Springer International Publishing, 2016.
80. Parker, S., *Surgical laser use in implantology and endodontics*. British dental journal, 2007. **202** (7): p. 377-386.
81. Keleş, A. and C. Keskin, *Presence of voids after warm vertical compaction and single-cone obturation in band-shaped isthmuses using micro-computed tomography: A phantom study*. Microscopy research and technique, 2020. **83** (4): p. 370-374.
82. Moeller, L., et al., *Quality of root fillings performed with two root filling techniques. An in vitro study using micro-CT*. Acta Odontologica Scandinavica, 2013. **71** (3-4): p. 689-696.
83. Naseri, M., et al., *Evaluation of the quality of four root canal obturation techniques using micro-computed tomography*. Iran Endod J, 2013. **8** (3): p. 89-93.

