

İmmatür daimi dişlerde endodontik tedaviler: Bir derleme

Endodontic treatments in immature permanent teeth: A review

Hatice Kübra BAŞKAN¹, Beyhan BAŞKAN²

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği AD, Türkiye

² Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD, Türkiye

ÖZET: Kök gelişim süreci tamamlanmamış dişler immatür diş olarak adlandırılır. Dental travma, çürük veya enfeksiyonlar, dişlerin kök gelişimini durdurabilir. İmmatür daimi dişler ince kanal dentin duvarlarına ve kısa köklere sahiptir. Ayrıca, apikal tıkacın da bulunmaması bu dişlerle ilgili endodontik tedavilerde önemli bir zorluk oluşturmaktadır. Tedavi sürecine girmeden önce klinik ve radyografik değerlendirmelerin dikkatlice yapılması, başarılı sonuçların elde edilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. İmmatür daimi dişlerde tedavi amacıyla apeksogenezis, apeksifikasyon ve rejeneratif endodonti gibi çeşitli uygulamalar kullanılmaktadır. Her bir tedavi yönteminin avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Uygulanan yöntemlerle ilgili karşılaştırmalı araştırma yapmak, tedavi seçeneklerini değerlendirirken hastanın özel durumuna uygun kararların alınmasında önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Rejeneratif endodonti, immatür diş, daimi diş, endodontik tedaviler

ABSTRACT: Teeth with incomplete root development are called immature teeth. Dental trauma, caries, or infection can stop the root development of the teeth. Immature permanent teeth have thin canal dentine walls and short roots. In addition, the absence of an apical plug poses a significant challenge in endodontic treatment of these teeth. Careful clinical and radiographic evaluation prior to treatment is critical for successful outcomes. Various treatments such as apexogenesis, apexification and regenerative endodontics are used to treat immature permanent teeth. Each treatment method has advantages and disadvantages. Comparative research on the applied methods is important for making decisions appropriate to the patient's specific situation when evaluating treatment options.

Keywords: Regenerative endodontics, immature tooth, permanent tooth, endodontic treatments

GİRİŞ

İmmatür daimi dişler, genellikle genç yaşlarda karşılaşılan ve kök gelişimi henüz tamamlanmamış dişlerdir (1). Diş köklerinin gelişimi çeşitli nedenlerle durabilir. Özellikle mekanik travmalar ve derin çürükler nedeniyle pulpanın canlılığını kaybetmesi ve kök gelişiminin sekteye uğraması sık karşılaşılan sorunlardandır (2). İmmatür daimi dişlerde apikal foramen genişliği, enfeksiyonların kanal içerisine daha kolay nüfuz etmesine olanak tanır. Ayrıca, kök ucundaki açık alanda sızdırmazlık sağlayacak şekilde tıkaç oluşturmak son derece zordur. Bu nedenle, immatür daimi dişlerin tedavisi, geleneksel endodontik tedavi yöntemlerinden farklı bir yaklaşım gerektirir (3). Tedavi sürecinin doğru şekilde yönetilmesi, komplikasyonların önlenmesi ve tedavi sonrası uzun vadeli başarı sağlanması açısından kritik bir rol oynamaktadır. Kök ucu gelişimi tamamlanmamış dişlerin tedavisinde, dişlerin canlı olup olmamasına bağlı olarak farklı teknikler uygulanmaktadır. Canlı dişlerde kök ucu gelişimini sürdürebilmek (apeksogenezis), canlılığını kaybetmiş dişlerde ise kök ucunda sert doku bariyeri oluşturmak (apeksifikasyon) hedeflenmektedir (4). Son yıllarda, canlılığını kaybetmiş dişlerin kök kanalını yeniden vaskülarize eden rejenerasyon odaklı tedavi yöntemleri de ön plana çıkmaktadır (5). Rejeneratif endodonti, ince kanal duvarlarına sahip, kısa köklü ve geniş açık apeksli dişler için önerilirken; apeksifikasyon, kök oluşumu neredeyse tamamlanmış ve açık bir apekse sahip dişlerde uygulanmaktadır (6).

İmmatür daimi dişlerde tedavi için erken müdahale kritik öneme sahiptir ve teknik

olarak karmaşık bir süreçtir. Bu derleme, immatür daimi dişlerde endodontik tedaviye dair güncel bilgileri sunmayı amaçlamaktadır.

Diş hekimleri arasında etkili bir iletişim kurabilmek için, endodontik tedavi terminolojilerinin net bir şekilde tanımlanması son derece önemlidir. İmmatür dişler için endodontik tedavi ile ilgili ana kavramlar aşağıda özetlenmiştir:

Nekrotik Diş Pulpası: Pulpa dokusunun ölümünü ifade eder (7).

Geri Dönüşümsüz Pulpitis: Pulpada meydana gelen iltihabi bir durumdur ve genellikle pulpanın kalıcı hasar gördüğünü gösterir (8).

Geri Dönüşümlü Pulpitis: Pulpadaki iltihabın geçici olduğu, uygun tedavi ile geri dönüş sağlanabileceği durumlardır (9).

Apeksifikasyon: Tamamen nekrotik pulpa ve geri dönüşümsüz pulpitis durumunda uygulanan bu prosedür, immatür daimi dişlerin kök kanalını temizlemeyi, dezenfekte etmeyi ve apikal tıkaç oluşturmayı amaçlar (10).

Apeksogenezis: Canlı pulpa dokusuna sahip immatür daimi dişlerde köklerin olgunlaşmasını ve fizyolojik gelişimini sürdürmesine olanak tanıyan yöntemlerdir (10).

Rejeneratif Endodonti: Enfekte olmuş pulpa dokusunun yerine sağlıklı dokuların gelişmesini sağlamak amacıyla uygulanan bir tekniktir. Bu süreç, kök kanalını revaskülarize ederken mineral birikimini de sürdürerek dentini güçlendirmeyi hedefler ve böylece immatür dişlerin kök gelişimi sağlar (11).

1. İmmatür Dişlerde Endodontik Tedavi Seçiminde Ayırıcı Tanı

İmmatür dişler için en uygun endodontik tedavi yöntemleri, diş pulpasının canlılık durumuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Dişin travma geçirmiş olması, mevcut çürüklerin derinliği ve periapikal durumun değerlendirilmesi, ayırıcı tanı sürecindeki diğer önemli faktörlerdir. Ayrıca, immatür daimi dişlerin kök dentin kalınlığı da seçilecek tedavi yöntemini etkilemektedir. Radyografik inceleme, dişin anatomik yapısını, kök kanal sisteminin durumunu ve pulpanın tanısına ulaşmak için klinik değerlendirmeye entegre edilmelidir (11). Tanı konduktan sonra, canlı dişler için kuafaj ve pulpotomi gibi ve canlılığını kaybetmiş dişlerde apeksifikasyon, rejeneratif endodontik prosedürler ve çekim gibi çeşitli seçenekler vardır (12).

2. Apeksogenezis

Apeksogenezis, immatür daimi dişlerde kök ucunun fizyolojik oluşumunu ve gelişimini ifade eden histolojik bir terimdir (12). Bu süreç, çürük veya travma nedeniyle pulpanın açığa çıkması veya çıkmama durumlarında, geri dönüşümlü pulpa iltihabı veya normal pulpa belirtileri gösteren dişler için uygun bir tedavi seçeneği sunar. Apeksogenezis tedavisinin temel amacı, pulpanın canlılığını korumayı ve apikal büyümenin tamamlanmasını teşvik etmektir. Bu hedef doğrultusunda, pulpa kuafajı ve pulpotomi gibi tedavi yöntemleri uygulanmaktadır (13).

2.1. Pulpa Kuafajı

Pulpa kuafajı, pulpaya yakın çürük bulunan dişlerin restorasyonu için önerilen bir tekniktir. İndirekt ve direkt ve olmak

üzere iki yöntemle gerçekleştirilmektedir (14).

İndirekt kuafaj, derin çürüklü, normal pulpalı veya geri dönüşümlü pulpitisli dişlerde uygulanır (15). Pulpa perforasyonu riski olduğunda, derin çürüklerin kademeli olarak çıkarılması tercih edilir. Bu iki adımlı yaklaşımın amacı, bakteri sayısını azaltmak, kalan çürüğü ağız biyofilminden korumak ve çürüğün gelişimini durdurmak veya yavaşlatmak için karyojenik ortamı değiştirmektir (16). Birinci adım sadece en dıştaki enfekte dentinin çıkarılması amacıyla mine-dentin sınırı boyunca çürük dentinin ekskavator ile temizlenmesi, pulpaya yakın çürüğün bırakılması ve sızdırmaz geçici bir restorasyon uygulanmasıdır. İkinci adım, kalan çürüklerin giderilmesi ve final restorasyonun yerleştirilmesi amacıyla 3-6 ay sonra gerçekleştirilir. Bu süre, tersiyer dentin oluşumu ve pulpanın kesin tanısına ulaşmak için önemli olarak değerlendirilmektedir (13).

Kuafaj işlemleri için kullanılan meteryalin özellikleri, tedavi başarısını doğrudan etkiler. İdeal bir kuafaj materyali; radyopak, biyouyumlu, çözünmeyen, boyutsal olarak kararlı olmalı ve toksik olmamalıdır (17). Ayrıca, dentin iyileşmesini teşvik etmeli ve bakteri yayılımını önlemelidir (18). Geçmişten günümüze, kalsiyum hidroksit kuafaj materyali olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak, kalsiyum hidroksitin belirli bir süre sonra kademeli olarak parçalanması, zamanla diş zayıflatabileceği ve kırılma riskini artırabileceği gibi bazı olumsuz etkileri bildirilmektedir (19). Daha yakın zamanda, MTA'nın (Mineral Toksik Agregat) kuafaj tedavilerinde kalsiyum hidroksitten daha

üstün özelliklere sahip olduğu gözlenmiştir (17). Ayrıca, Biodentine'in (Septodont, Fransa) de üstün marjinal sızdırmazlık, yüksek boyutsal kararlılık gibi MTA ile benzer özelliklere sahip olduğu gözlemlenmiştir (20).

Cam iyonomer simanlar da indirekt kuafaj materyali olarak kullanılabilir. Rastgele kontrollü bir denemede, MTA, kalsiyum hidroksit ve cam iyonomerin indirekt kuafaj tedavilerinde etkinliği incelenmiştir. Her üç malzemenin de indirekt kuafajda uygun olduğu sonucuna varılmış ve 12 ayda klinik ve radyografik olarak incelemelerle MTA'nın diğerlerinden farklı olarak %100 başarı oranına sahip olduğu görülmüştür (21).

Son yıllarda, çürük temizlemenin iki randevuda gerçekleştirilmesinden, çürük dentini pulpaya yakın bölgeye kadar çıkarmak, koruyucu bir tabaka olarak siman yerleştirmek ve dişin restorasyonunu tamamlamak tercih edilmektedir. Ancak bu yaklaşımın riski, pulpa perforasyonu veya geri dönüşümsüz pulpitis gelişimidir (22).

Direkt kuafaj tedavisi, normal pulpalı daimi bir dişte kavite açma aşamasında veya travma ile pulpada oluşan perforasyon alanının kanama kontrolü sağlandıktan sonra gerçekleştirilir. Açığa çıkan pulpanın MTA veya kalsiyum hidroksit gibi bir materyal ile kapatılmasından sonra sızdırmaz daimi bir restorasyon yapılmaktadır (4).

Bir pulpa, sodyum hipoklorit (NaOCl) ile ıslatılmış ve sürekli basınç uygulanarak kanama kontrolü sağlanmaya çalışıldıktan beş dakika içinde hemostaz sağlanamazsa, geri dönüşü olmayan şekilde iltihaplanmış olarak kabul edilir (23). Hemostazın

sağlanması için %1,25-10 arasında değişen NaOCl konsantrasyonları incelenmiş ve %6'ya kadar NaOCl konsantrasyonunun en etkili iyi yol olabileceği öne sürülmüştür (24).

Kuafaj tedavilerinden sonra diş canlılığını korumalıdır. Ağrı, hassasiyet ve şişlik gibi klinik belirtiler görülmemelidir. Pulpanın iyileşmesi ve tamir dentini oluşumu gerçekleşmeli; kök rezorpsiyonu, periapikal radyolusensi veya diğer patolojik değişiklikler radyografik olarak gözlenmemelidir. İmmatür daimi dişler, devam eden kök gelişimi göstermelidir (13).

2.2. Pulpotomi

2.2.1. Çürük Maruziyeti ile Pulpası Açığa Çıkan Dişlerde Kısmi Pulpotomi

Normal pulpalı veya geri dönüşümsüz pulpitis tanısı konan immatür daimi dişlerde, çürük nedeniyle pulpanın açığa çıkması durumunda sağlıklı pulpa dokusuna ulaşmak amacıyla çürük dokusunun altındaki enfekte olduğu düşünülen pulpa dokusu 1-3 mm veya daha derinden uzaklaştırılmalıdır (13). Bölgeye kalsiyum hidroksit veya MTA yerleştirmeden önce, pulpa kanaması sodyum hipoklorit veya klorheksidin gibi bakteriyosidal ajanla kontrol altına alınmalıdır (25). Kalsiyum hidroksitin uzun vadeli başarıya sahip olduğu gösterilmiş olsa da MTA, pulpa sağlığı ve dentin köprüsü oluşturma konusunda daha öngörülebilir sonuçlar sunmaktadır. MTA ile açığa çıkan pulpa ve çevresindeki dentin kapatılmalı, üzerine cam iyonomer tabakası ve dişi mikro sızıntıdan koruyan bir restorasyon yerleştirilmelidir (26).

2.2.2. Travma Maruziyeti ile Pulpası Açığa Çıkan Dişlerde Kısmi Pulpotomi (Cvek Pulpotomi)

Cvek pulpotomi, canlı, travmaya maruz kalan immatür daimi bir dişler için endike bir tedavi yöntemidir. Bu işlem, açılan pulpa alanının altındaki enfekte pulpa dokusunun 1-3 mm veya daha derinden uzaklaştırılması ile sağlıklı pulpa dokusuna ulaşmayı hedefler (13). Sodyum hipoklorit veya klorheksidin gibi maddeler kullanılarak pulpa kanaması kontrol altına alınır. Açığa çıkan pulpa ve çevresindeki dentin, kalsiyum hidroksit veya MTA ile kapatılır. Ardından, cam iyonomer tabakası ve diş mikro sızıntıdan koruyan bir restorasyon yerleştirilmelidir (10). Gri MTA'nın dişlerde renk bozulmasına neden olabileceğinden dolayı özellikle ön dişlerde beyaz MTA kullanımı önerilmektedir. Her iki versiyonun (beyaz ve gri) da benzer özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (27).

Dental travmanın meydana gelmesi ile kısmi pulpotomi tamamlanması arasındaki kabul edilen süre konusunda bazı anlaşmazlıklar olsa da tedavinin mümkün olan en kısa sürede yapılması gerektiği konusunda genel bir fikir birliği vardır (28,29). Komplike bir kron kırığı olan diş ile kısmi pulpotomi arasındaki en güvenli aralık dokuz gün olarak belirtilmektedir. Sınırlı kanıtlara göre, bu zaman diliminde başarı olasılığı en yüksektir (30,31). Cvek'in çalışmaları, travmadan sonra bir saat ile 90 gün arasında tedavi edilen hastalarda %96,7 gibi yüksek bir başarı oranı elde etmiştir. Ancak, süre uzadıkça başarı şansının azaldığı belirtilmiştir (31).

Kalsiyum hidroksit, kısmi pulpotomi tedavilerinde uzun vadeli olumlu sonuçlar vermektedir. Ancak, MTA'nın bir pulpa-dentin köprüsü oluşturma ve pulpa

iltihabını azaltmada daha öngörülebilir sonuçlar sağladığı gösterilmiştir (32). Ayrıca, kalsiyumla zenginleştirilmiş karışım, trombositten zengin fibrin (PRF) ve üçlü antibiyotik patı, olgunlaşmamış daimi dişlerde pulpotomi tedavisinde kullanılmak üzere önerilmiştir (33).

2.2.3. Tam Pulpotomi

Tam veya geleneksel pulpotomi, koronal vital pulpa dokusunun tamamen çıkarılmasını ve ardından pulpa odasına biyolojik olarak kabul edilebilir bir malzemenin yerleştirilmesini içeren bir tedavi yöntemidir (14). Eğer beş dakikadan sonra parsiyel pulpotomi tekniği ile hemostaz sağlanamazsa, geri dönüşü olmayan şekilde iltihaplanmış dokunun çıkarılması ve tam pulpotomiye geçiş yapılması uygun olabilir (23). Koronal pulpa dokusu çıkarıldıktan sonra, yerleştirilecek olan MTA ve trikalsiyum silikatın, geleneksel olarak kullanılan kalsiyum hidroksit ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir başarı oranına sahip olduğu, uzun süreli sızdırmazlık ve tamir dentini oluşumu sağladığı kanıtlanmıştır (34).

Pulpotomi tedavilerini başarılı olarak değerlendirebilmek kalan pulpa canlılığını korumalı, klinik semptomlar gözlenmemelidir. Kök rezorpsiyonu, periapikal radyolusensi, anormal kalsifikasyon veya diğer patolojik değişikliklerin radyografik olarak kanıtı olmamalıdır. İmmatür daimi dişler devam eden kök gelişimi göstermelidir (14).

3. Apeksifikasyon (Kök Ucu Kapatma)

Apeksifikasyon, nekrotik pulpalı immatür daimi dişlerde kök ucu gelişimini desteklemek veya immatür köklerde

kalsifiye bariyer doku oluşturmak amacıyla gerçekleştirilen bir tedavi yöntemidir. Son yıllarda en yaygın olarak tercih edilen yaklaşımları arasında Frank yöntemi ve MTA ile apeksifikasyon öne çıkmaktadır (35).

3.1. Frank Yöntemi

Bu yöntemde, mekanik temizliğin ardından kök kanalı, kök ucunda kalsifiye doku oluşumunu destekleyecek geçici ve rezorbe olabilen bir malzeme ile doldurulmaktadır. Bu amaçla, antiseptik ve antibiyotikli patlar, kloromisetin patı, ZOE, baryum hidroksit ve kalsiyum klorid gibi çeşitli materyaller denenmiş olsa da en sık kullanılan ve başarılı sonuçlar elde edilen malzeme kalsiyum hidroksittir (3). Frank, kök ucunda bariyer doku oluşana kadar 3 ayda bir kalsiyum hidroksitin yenilenmesini önermiştir. Kalsifiye bariyer doku ege veya kağıt kon ile hissedildiğinde, tekrar 3 ay kalsiyum hidroksit bekletilmesi ve son seansta geleneksel kanal tedavi prosedürlerinin uygulanması önerilmektedir (36).

Kalsiyum hidroksitin periapikal dokulardaki etkileri üzerine yapılan araştırmalar, sterilizasyon sağlayarak apikal gelişimi teşvik ettiğini ve diferansiye olmamış mezenşimal hücrelerin sementoblastlara dönüşümünü hızlandırarak, kök ucunda sementogenezisi desteklediğini göstermektedir (37). Ayrıca, yüksek pH seviyesi sayesinde oluşan nekroz tabakasının altında kalsifikasyon gelişimini sağladığı da belirtilmiştir (25).

İmmatür daimi keser dişlerde kalsiyum hidroksit apeksifikasyonunun etkinliği değerlendirilmiş ve tedaviden sonra dişlerin %100'ünün asemptomatik olduğu ve apikal kapanışın sağlandığı gösterilmiştir (38).

Kalsiyum hidroksit değişimi ortalama 3,23 seans (aralığı: 1–5 seans) ve apikal kapanışın gerçekleşmesi 12,19 ay (aralığı: 3–20 ay) sürmüştür. Başka bir çalışma, kalsiyum hidroksit ile apikal bariyer oluşumunun aralığının 11,1–13,4 hafta arasında olduğunu göstermiştir (39).

Kalsiyum hidroksit ile apeksifikasyon tedavisi %74-100 gibi yüksek başarı oranları sunmasına rağmen, bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantajlar; tedavi sürecinin uzun sürmesi, birden fazla seans gerektirmesi, diş yapısının kırılabilirliğini artırması ve bariyer oluşumunun tespitinin zor olmasıdır (26).

Son yıllarda, klasik kalsiyum hidroksit patına alternatif olarak geçici kanal dolgu maddesi olarak kullanılmak üzere kalsiyum hidroksit içeren endodontik gütaperkalar üretilmiştir. Bu gütaperkaların, pansuman seanslarında hekimler için sağladığı kolaylık sayesinde, hastaların diş hekimi koltuğunda geçirdiği zamanı kısaltacağı iddia edilmektedir (40).

3.2. MTA ile Apeksifikasyon

MTA ile apeksifikasyonun amacı, kök ucunun MTA ile kapatılarak, kalan kanal boşluğunun geleneksel yöntemlerle doldurulabilmesi için bir bariyer oluşturmaktır (13). Bu teknik için önerilen bir yöntem, kök kanalının NaOCl ile irrigasyonunun yapılır ve kağıt konlarla kurulanın ardından 3-4 mm MTA uygun bir taşıyıcı ile apikale yerleştirilir. MTA'nın sertleşmesine izin vermek ve MTA'ya nem kazandırmak için steril ıslak bir pamuk pelet kaviteye yerleştirilir. Kullanılan malzemenin sertleşme süresine göre ya aynı seansta ya da geçici dolgu ile kapatıldıktan sonra daimi restorasyon yapılır. Apikal bariyer oluşumunun ardından, geleneksel

endodonti tamamlanmalıdır. Obturasyon için termoplastik dolgu tekniği tercih edilmesi önerilmektedir (41).

MTA tıkaçının kullanımında değişken başarı oranları mevcut olup, sistematik bir incelemede klinik başarı oranı %93-100 olarak bildirilmiştir (33). Kalsiyum hidroksit apeksifikasyonuna göre MTA ile apikal bariyer oluşumu, daha az sayıda randevu gerektirir ve daha öngörülebilir bariyer oluşumunu sağlar (42).

MTA ile apeksifikasyon tedavisi, kısa tedavi süresi sunması nedeniyle son yıllarda klinisyenler tarafından sıkça tercih edilen bir yöntemdir. Ancak yöntem, apekte kalsifiye doku oluşumu ve kök gelişimini sağlayamamaktadır (10). Bu nedenle, kısa köklü dişlerde ve ince dentin duvarlarına sahip köklerde kullanımı uygun bulunmamaktadır. Ayrıca, kısa raf ömrüne sahip bu materyalin maliyetinin yüksek olması ve klinik uygulamasının zorluğu da diğer dezavantajları arasındadır (1).

Son yıllarda, MTA'nın dezavantajlarına alternatif olarak kullanılan kalsiyum silikat esaslı simanlar, apikal bariyer oluşturmada ve canlı pulpa tedavilerinde başarılı sonuçlar vermektedir (43). Biodentine, MTA'ya uygun ve etkili bir alternatif olarak kullanılabilir. Biodentine'in en büyük avantajlarından biri, işleme, kullanım ve sertleşme için daha az zaman gerektirmesidir. Bir vaka raporunda, Biodentine ve MTA'nın etkileri karşılaştırılmış ve başlangıçtaki periapikal iyileşmenin Biodentine ile daha üstün olduğu; ancak uzun vadeli periapikal iyileşmenin MTA ile daha iyi olduğu gösterilmiştir (44). Bir in vitro çalışmada, Biodentine ve MTA arasındaki mikro sızıntı değerleri arasında istatistiksel olarak

anlamlı bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır (45).

MTA ile apeksifikasyon tedavisi, klinik ve radyografik değerlendirme ile doğrulandığı gibi apikal bir bariyerle sonuçlanmalıdır. Olumsuz klinik belirti olmamalıdır. Tedavi sırasında veya sonrasında dış kök rezorpsiyonu, kök kırığı veya periradiküler dokuların parçalanmasına dair radyografik kanıt olmamalıdır (13).

4. Rejeneratif Endodonti

Rejeneratif endodontik tedavinin amacı, kök kanalından nekrotik ve enfekte dokuları temizlemek, kök kanalını dezenfekte etmek ve açık kök ucundan periapikal dokularda kanamaya yol açarak yeniden damarlanma (revaskülarizasyon) sağlamaktır. Ek olarak, kök kanalına bir iskele veya biyouyumlu materyaller eklenmesiyle mineral birikimi teşvik edilir, dentin güçlendirilir ve immatür dişlerin kök gelişimini sağlayacak canlı doku oluşumu desteklenir (46).

Özellikle ince kök kanal dentin duvarlarına sahip genç daimi dişlerde, kırılma direncini korumak için kök mineralizasyonunun tamamlanması kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, rejeneratif endodonti, kırılğan kök dentin duvarlarına sahip, kron-kök kırıkları olmayan, apikal açıklık çapı 1,1 mm'den büyük ve sistemik sağlık sorunları olmayan 6-17 yaş arasındaki hastalar için uygundur (47).

Rejeneratif prosedürler, tıp ve doku mühendisliği prensiplerini içermektedir. Bu teknik, kök hücrelerinin varlığı, kök kanallarının tam dezenfeksiyonu, hücre farklılaşmasını destekleyen bir iskele ve kök hücrelerini farklılaşmaya teşvik eden büyüme faktörleri ve sinyallerinin varlığı koşullarını gerektirir (48). Rejenerasyonda

rol alma potansiyeli olduğu düşünülen dört tip insan diş kök hücresi vardır: diş pulpası kök hücreleri, kaybedilmiş dişlerden elde edilen kök hücreler, apikal papilladan (SCAP) elde edilen kök hücreler ve periodontal ligament kök hücreleri (49).

Revaskularizasyon sürecinin ilk aşamasında, kök kanallarının dezenfeksiyonu için NaOCl ve EDTA ile irrigasyonun ardından kalsiyum hidroksit veya siprofloksasin, metranidazol ve minosiklin kombinasyonundan oluşan üçlü antibiyotik patı kullanılmaktadır. Dentinin uygun konsantrasyondaki NaOCl ile iyice yıkanması ve ardından EDTA uygulanması, apikal papilladan elde edilen kök hücrelerinin (SCAP) canlılığını koruma ve farklılaşma kabiliyetini artırdığı bildirilmektedir (50). Revaskularizasyonun ikinci aşaması, 1-4 hafta sonra gerçekleştirilir. EDTA ile dezenfeksiyonun ardından tercihen kanal eğesi ile taşkın bir çalışma yapılarak kök ucunda kanama oluşturulur ve bu sayede bir kan pıhtısı meydana getirilir. Kanalın diş eti kenarının 2 mm altına kadar kanla dolmasına izin verilir. Kan pıhtısının üzerine MTA yerleştirilir ve ardından kalıcı restorasyon uygulaması gerçekleştirilir (51).

Retrospektif bir çalışma, immatür dişlerin rejenerasyon tedavilerinde üçlü antibiyotik patı, kalsiyum hidroksit ve formokrezolün radyografik sonuçları üzerindeki etkilerini karşılaştırmıştır. Üçlü antibiyotik patının dentin duvarı kalınlığında daha fazla artış oluşturduğu, ancak kök uzunluğu artışında kalsiyum hidroksit ve formokrezol ile karşılaştırıldığında önemli bir fark oluşturmadığı ortaya konmuştur (52).

Antibiyotik patının kullanımıyla ilgili olarak, renk bozulması, sitotoksiste,

hassasiyet, direnç gelişimi ve kök kanalından çıkarma zorluğu gibi dezavantajların dikkate alınması gerekmektedir. Rejeneratif endodonti ile ilgili sistematik bir incelemede, minosiklinin dişlerde renk bozulmasına neden olabildiği ve siprofloksasin ve metranidazolden oluşan ikili antibiyotik patının üçlü antibiyotik patı kullanımına benzer antimikrobiyal etkilere sahip olduğu gösterilmiştir (48). Avrupa Endodonti Derneği (ESE), birincil ilaç olarak kalsiyum hidroksit kullanılmasını önermekte ve iltihaplanma belirtileri devam ederse bir antibiyotik patı kullanılabileceğini belirtmektedir (53).

Kan pıhtısı, pulpa dokusunun yeniden büyümesine izin veren bir matris görevi görmektedir. Kontakiotis ve ark. çalışmalarında, yayınlanan makalelerin %75'inin iskele olarak bir kan pıhtısı oluşturulmasını kullandığını bildirdi (54). Trombositten zengin plazma (PRP) ve PRF de iskele olarak kullanılmaktadır. Bunlar, hücre farklılaşmasını teşvik etmek için daha yüksek bir trombosit konsantrasyonu ve dolayısıyla daha fazla miktarda büyüme faktörü içerir. Yakın zamanda yapılan çift kör randomize kontrollü bir deney, PRP'nin PRF iskelelerinin klinik ve radyografik rejeneratif potansiyelini, canlılığını kaybetmiş immatür daimi kesici dişlerde karşılaştırmıştır. PRP ile tedavi edilen dişler ile PRF ile tedavi edilen dişler arasında klinik sonuçlar açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (55).

Rejeneratif endodontinin başlıca avantajları arasında kökün sürekli gelişimi ve kalsiyum hidroksit apeksifikasyonuna kıyasla daha az tedavi ziyareti yer almaktadır. Gerçekleştirilen bir meta-analiz çalışmasında, rejenerasyon prosedürlerine

tabi tutulan tüm incelenen dişlerde kök uzunluğunda istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir. Kök dentin duvarı kalınlığındaki artışın da vakaların çoğunda istatistiksel olarak anlamlı olduğu düşünülmektedir (56).

Literatürde bildirilen başarısız rejeneratif endodontik tedavileri analiz eden sistematik bir derlemeye, 67 başarısız vaka bildiren 28 çalışma dahil edilmiştir. 37 başarısız vakanın etiyojisinde, % 59'unun dental travma olduğu belirtilmiştir. Kalıcı enfeksiyon belirtileri ve / veya semptomları gösteren vaka sayısı 53'tür. 2 yıldan uzun süren takip sonrasında tespit edilen başarısız vakaların sayısı 26 olarak bildirilmiştir. Rejeneratif endodontik tedavi sonrası başarısız vakaların daha iyi anlaşılmasını sağlamak için gelecekteki çalışmaların, etiyoji, intraoperatif protokoller ve postoperatif takibin ayrıntılı bir tanımını içermesi gerektiği savunulmaktadır (57).

Bu prosedür ile kök duvarlarının genişliğinde ve kök uzunluğunda artış olmalı; her ikisi de radyografik değerlendirme ile doğrulanmalıdır. Tedavi sonrası klinik belirtiler veya hassasiyet, ağrı veya şişlik semptomları belirgin olmamalıdır. Tedavi sırasında veya sonrasında diş kök rezorpsiyonu, kök kırığı veya periradiküler destekleyici dokuların parçalanması ile ilgili radyografik kanıt olmamalıdır (13).

Rejeneratif tedaviler diş hekimliğinde nispeten yeni bir kavramdır ve teknik olarak uygulaması zordur. Fare modelleri kullanılarak yapılan araştırmalar dünya çapında yürütülmektedir. Bu tekniklerin daha iyi anlaşılması ve uygulanması için insan denemelerine dönüştürülmesi önemli olduğu belirtilmektedir (18).

SONUÇ

İmmatür daimi dişler, gelişim süreçleri sırasında çürük veya travmalar gibi etkenlerden zarar görebilir ve bu durum endodontik tedavi gerektirebilir. İnce kök duvarlarına ve kısa kök boyuna sahip bu dişlerin tedavisi, matür dişlere göre daha zorlu hale gelebilmektedir. İmmatür dişlerin endodontik tedavisine başlamadan klinik ve radyografik incelemenin iyi bir şekilde yapılması ve tedavi planının duruma özgü oluşturulması büyük önem taşır. Bu alanda daha fazla araştırma yapılması gerekmekte olup, tedavi seçeneklerinin geliştirilmesi oldukça önemlidir.

Çıkar Çatışması: Bu yayının yazarları çıkar çatışması bulunmadığını beyan eder.

Yazar Katkıları: Makale taslak hazırlığı, veri analizi, literatür tarama, sonuçları yorumlama: B.H.K.; Literatür tarama, yazım süreci, düzenlemeler: B.B.

KAYNAKÇA

1. Ayub K, Darcey. Endodontic management strategies for permanent teeth with immature apices. Prim Dent J. 2023;12(1):35-42.
2. Levin L, Day PF, Hicks L, O'Connell A, Fouad AF, Bourguignon C, et al. International association of dental traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: General introduction. Dent Traumatol. 2020;36(4):309-313.
3. Harlamb SC. Management of incompletely developed teeth requiring root canal treatment. Aust Dent J. 2016; 61:95-106.
4. Ritwik P. A review of pulp therapy for primary and immature permanent teeth. J Calif Dent Assoc. 2013;41(8):585-595.

5. Mayya A, Naik R, Paul MP, Amin S, Mayya SS. Knowledge, attitude, and perception among endodontists toward regenerative endodontics: A cross-sectional survey of four Indian universities. *J Int Soc Prevent Community Dent.* 2021;11(1):68-76.6.
6. Panda P, Mishra L, Govind S, Panda S, Lapinska B. Clinical outcome and comparison of regenerative and apexification intervention in young immature necrotic teeth-a systematic review and meta-analysis. *J Clin Med.* 2022;11(13):3909.
7. Windley III W, Teixeira F, Levin L, Sigurdsson A, Trope M. Disinfection of immature teeth with a triple antibiotic paste. *J Endod.* 2005;31(6):439-443.
8. Ricucci D, Loghin S, Siqueira Jr JF. Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses. *J Endod.* 2014;40(12):1932-1939.
9. Yu C, Abbott PV. An overview of the dental pulp: its functions and responses to injury. *Aust Dent J.* 2007;52: S4-S6.
10. Shah A, Peacock R, Eliyas S. Pulp therapy and root canal treatment techniques in immature permanent teeth: An update. *Br Dent J.* 2022;232(8):524-530.
11. Murray PE. Review of guidance for the selection of regenerative endodontics, apexogenesis, apexification, pulpotomy, and other endodontic treatments for immature permanent teeth. *Int Endod J.* 2023; 56:188-199.
12. Journal of Endodontics. AAE consensus conference recommended diagnostic terminology. *J Endod.* 2009.
13. American Academy of Paediatric Dentistry. Pulp therapy for primary and immature permanent teeth. The Reference Manual of Paediatric Dentistry. *Am Acad Paediatr Dent.* 2024; 466-474.
14. Camp JH. Pediatric endodontics, endodontic treatment for the primary and young permanent dentition. *Pathways of the Pulp.* 2002:833-839.
15. Pandey P, Nawal RR, Talwar S, Yadav S. Vital pulp therapy: A bibliometric analysis of the 100 most-cited articles from 1966 to 2022. *J Conserv Dent Endod.* 2024;27(11):1098-1103.
16. Bjørndal L, Majör IA. Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 4: Dental caries--characteristics of lesions and pulpal reactions. *Quintessence Int.* 2001;32(9).
17. Piva E, Da Rosa W L O, Coco A R, Da Silva T M, Mesquita, L C, Galharça A D, Da Silva A F. Systematic review of dental pulp capping materials. *Dent Mater.* 2016.
18. Bogen G, Chandler N P. Pulp preservation in immature permanent teeth. *Endod Topics* 2010; 23: 131–152.
19. Olsson H, Petersson K, Rohlin M. Formation of a hard tissue barrier after pulp cappings in humans. A systematic review. *Int Endod J* 2006; 39: 429–442.
20. Edwards D, Stone S, Bailey O, Tomson P. Preserving pulp vitality: part two – vital pulp therapies. *Br Dent J.* 2021;230: 148–155.
21. Mathur V P, Dhillon J K, Logani A, Kalra G. Evaluation of indirect pulp capping using three different materials: A randomized control trial using cone-beam computed tomography. *Indian J Dent Res.* 2016; 27: 623–629.
22. Maltz M, de Oliveira EF, Fontanella V, Bianchi R. A clinical, microbiologic, and radiographic study of deep caries lesions after incomplete caries removal. *Quintessence Int.* 2002;33(2).
23. Duncan HF, Galler KM, Tomson PL et al. European Society of Endodontology position statement: Management of deep caries and the exposed pulp. *Int Endod J.* 2019; 52: 923–934.
24. Özgür B, Uysal S, Cem Güngör H. Partial pulpotomy in immature permanent

- molars after carious exposures using different haemorrhage control and capping materials. *Paediatr Dent* 2017; 39: 364–370.
25. Rafter M. Apexification: a review. *Dent Traumatol.* 2005;21(1):1-8.
26. Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol.* 2002;18(3):134-137.
27. Sari S. Cvek pulpotomy: report of a case with five-year follow-up. *J Dent Child.* 2002;69(1):27-30.
28. Kher MS, Rao A. Contemporary treatment techniques in paediatric dentistry. Switzerland: Springer Int Publ. 2019.
29. Barratt O, Dixon C, Barry S. Technique tips: A complicated crown fracture: The cvek pulpotomy. *Dent Update* 2017; 44: 1096–1097.
30. Bimstein E, Rotstein I. Cvek pulpotomy – revisited. *Dent Traumatol* 2016; 32: 438–442.
31. Cvek M. A clinical report on partial pulpotomy and capping with calcium hydroxide in permanent incisors with complicated crown fracture. *J Endod* 1978; 4:232–237.
32. Ghoddusi J, Forghani M, Parisay I. New approaches in vital pulp therapy in permanent teeth. *Iran Endod J* 2014; 9: 15–22.
33. Chen Y, Chen X, Zhang Y et al. Materials for pulpotomy in immature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health.* 2019.
34. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 1999;25(3):197-205.
35. Witherspoon DE, Small JC, Regan JD, Nunn M. Retrospective analysis of open apex teeth obturated with mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2008;34(10):1171-1176.
36. Frank AL. Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *J Am Dent Assoc.* 1966;72(1):87-93.
37. Steiner JC, Van Hassel HJ. Experimental root apexification in primates. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971;31(3):409-415.
38. Dominguez Reyes A, Muñoz Muñoz L, Aznar Martin T. Study of calcium hydroxide apexification in 26 young permanent incisors. *Dent Traumatol.* 2005; 21: 141–145.
39. Lee LW, Hsiao SH, Chang CC, Chen LK. Duration for apical barrier formation in necrotic immature permanent incisors treated with calcium hydroxide apexification using ultrasonic or hand filing. *J Formos Med Assoc.* 2010; 109: 596–602.
40. Jhamb A, Chaurasia VR, Agarwal JH, Tiwari S, Nair D. In vitro evaluation of antimicrobial activity of different Gutta-percha points and calcium hydroxide pastes. *J Int Soc Prevent Community Dent.* 2014;4(2):92-95.
41. Steinig TH, Regan JD, Gutmann JL. The use and predictable placement of Mineral Trioxide Aggregate in one-visit apexification cases. *Aust Endod J.* 2003; 29:34–42.
42. Şahin E, Hazar Bodrumlu E. Regenerative endodontic treatment of permanent immature teeth: three case report. *J Int Dent Sci.* 2023;9(3):164-7.
43. Staffoli S, Plotino G, Nunez Torrijos BG, Grande NM, Bossù M, Gambarini G et al. Regenerative endodontic procedures using contemporary endodontic materials. *Materials.* 2019;12(6):908.
44. Comparison of mineral trioxide aggregate and biodentine for management of open apices. *J Interdiscip Dent* 2015; 5: 131–135.

45. Bani M, Sungurtekin-Ekçi E, Odabaş M E. Efficacy of biodentine as an apical plug in nonvital permanent teeth with open apices: An in vitro study. *BioMed Res Int*. 2015. 359275.
46. Wikström A, Brundin M, Romani Vestman N, Rakhimova O, Tsilingaridis G. Endodontic pulp revitalization in traumatized necrotic immature permanent incisors: Early failures and long term outcomes a longitudinal cohort study. *Int Endod J*. 2022;55(6):630-645.
47. Odabaşı Tezer E, Buyuksungur A, Celikten B, Dursun PH, Sevimay FS. Effects of access cavity design and placement techniques on mineral trioxide aggregate obturation quality in simulated immature teeth: A micro-computed tomography study. *Medicina (Kaunas)*. 2024 May 27;60(6):878.
48. Duggal M, Tong HJ, Al-Ansary M, Twati W, Day PF, Nazzal H. Interventions for the endodontic management of non-vital traumatised immature permanent anterior teeth in children and adolescents: a systematic review of the evidence and guidelines of the European Academy of Paediatric Dentistry. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2017; 18: 139–151.
49. Huang GTJ. A paradigm shift in endodontic management of immature teeth: conservation of stem cells for regeneration. *J Dent*. 2008; 36: 379–386.
50. Meeprasert N, Jantarat J, Wichai W, Surarit R, Hargreaves KM. Effects of EDTA and saline as the final irrigation in regenerative endodontic procedures on the migration, proliferation, and differentiation of human stem cells from the apical papilla. *Clin Oral Investig*. 2023;27(5):1973-1980.
51. Khatri S, Mathew S, Nagaraja S, Hegde S, Ghosh S, Ravichandran K. Comparative evaluation of pH and Ca⁺ ion release from MTA on interaction with platelet-rich fibrin and blood clot: an in vitro study. *F1000Research*. 2023;12.
52. Bose R, Nummikoski P, Hargreaves K. A retrospective evaluation of radiographic outcomes in immature teeth with necrotic root canal systems treated with regenerative endodontic procedures. *J Endod*. 2009; 35:1343–1349.
53. Galler KM, Krastl G, Simon S et al. European Society of Endodontology position statement: Revitalization procedures. *Int Endod J*. 2016; 49: 717–723.
54. Kontakiotis EG, Filippatos CG, Tzanetakakis GN, Agrafioti A. Regenerative endodontic therapy: a data analysis of clinical protocols. *J Endod*. 2015; 41: 146–154.
55. Rizk HM, Al-Deen MSMS, Emam AA. Comparative evaluation of platelet rich plasma (PRP) versus platelet rich fibrin (PRF) scaffolds in regenerative endodontic treatment of immature necrotic permanent maxillary central incisors: A double blinded randomized controlled trial. *Saudi Dent J*. 2019; 32: 224–231.
56. Stefanidou M, Kostenkova A, Siudikienė J, Lodienė G. Evaluation of outcomes in immature teeth after revitalization or apexification procedures: A systematic review and meta-analysis. *Cureus*. 2024;16(5): e60357.
57. Almutairi W, Yassen GH, Aminoshariae A, Williams KA, Mickel A. Regenerative endodontics: A systematic analysis of the failed cases, *J Endod*., 2019;45(5), 567-577.
- Baskan HK, Baskan B. İmmatür daimi dişlerde endodontik tedaviler: Bir derleme, *Van Diş Hekimliği Dergisi* 2025;6(1);24-35.