ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/352750515

Kalsiyum Hidroksitin Kök Kanallarında Dezenfektan Olarak Kullanılması

Article · June 2021

CITATIONS
0

READS
2,644

5 authors, including:



Yelda Nayir
Gazi University
13 PUBLICATIONS **93** CITATIONS

SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Yelda Nayir on 25 June 2021.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Kalsiyum Hidroksitin Kök Kanallarında Dezenfektan Olarak Kullanılması

The Use of Calcium Hydroxide in Root Canals as Disinfectant

Yelda PALTUN[a],
Ali Cemal TINAZ[a]

[a]Endodonti ABD,
Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Ankara, TÜRKİYE

Yazışma Adresi/*Correspondence:*
Ali Cemal TINAZ
Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti ABD,
Ankara, TÜRKİYE
tinaz@gazi.edu.tr

ÖZET Endodontik tedavinin öncelikli amacı periapikal dokuların sağlığını korumaktır. Kalsiyum hidroksit uzun yıllardır endodontide kullanılmaktadır. Rutin kullanımda kanal içi ilaç olarak kalsiyum hidroksitin temel işlevi kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunu sağlamaktır. Kalsiyum hidroksitin antimikrobiyal aktivitesi iyi bilinmemektedir ve dahası kök kanal enfeksiyonlarında bulunan tüm bakteriyel türler için etkili değildir. Endodontide kullanılan kalsiyum hidroksitin karıştırıldığı taşıyıcılar, bileşiğin fiziksel ve kimyasal özelliklerini dolayısıyla klinik uygulamalarını etkiler. Bu derlemenin amacı, klinisyenlerin kök kanal dezenfektanı olarak kullanımı hakkında bilinçli kararlar vermelerine yardımcı olabilmektir.

Anahtar Kelimeler: Kalsiyum hidroksit; dezenfeksiyon; kök kanal tedavisi; pansuman

ABSTRACT The main objective of endodontic treatment is to preserve the health of periapical tissues. Calcium hydroxide is being used in endodontics since many years. The main function of calcium hydroxide as an intra-canal drug is to provide disinfection to the root canal system. The antimicrobial activity of calcium hydroxide has not yet been properly defined, furthermore it is not effective on all bacteria that are involved in root canal infections. The medium which the calcium hydroxide is mixed to be carried effects the physical and chemical properties, consequently the clinical application of the binary mixture. The aim of this review help clinicians to make conscious decisions regarding the use of calcium hydroxide as a root canal disinfectant.

Keywords: Calcium hydroxide; disinfection; root canal therapy; dressing

Kök kanal tedavisi, öncelikli olarak pulpa ve periradiküler enfeksiyonları önleme ve kontrol altına almayı amaçlamaktadır. Periradiküler lezyonların patogenezinin mikroorganizmalar ile ilişkisi göz önünde bulundurulduğunda, endodontik tedavinin sonucunun bu mikroorganizmaların sayısının azaltılmasına veya yok edilmesine bağlı olduğu bilinmektedir. Kemomekanik preparasyonun, kök kanal dezenfeksiyonlarında öncelikli basamak olduğu düşünülmektedir. Fakat kemomekanik preparasyon sonrası bakterilerin tamamen yok edilmesi mümkün değildir.[1,2] Tedavi seansları arasında, kanal içi ilaçların, kimyasalların uygulanması, kanal bakterilerinin yok edilmesine yardımcı olabilmektedir.[2]

Kalsiyum Hidroksit, 1920 yılında ilk defa Herman tarafından dental pulpa tedavisinde önerilmiştir, bu tarihten itibaren endodontide geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Periradiküler iyileşme sağladığı ve daha az tahrişe neden olduğu için kök kanal tedavisinde kanal içi medikament olarak kullanılmaktadır.[3,4] Diş kök kanallarındaki antimikrobiyal etkinliği yapılan birçok çalışma ile kanıtlanmış ve daha ileri çalışmalarla bu görüş desteklenerek kalsiyum hidroksitin seans aralarında kanal içi ilaç olarak kullanımı rutin bir uygulama haline gelmiştir.[2,5-7]

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN:
Paltun Y, Tınaz AC. Kalsiyum hidroksitin kök kanallarında dezenfektan olarak kullanılması. Yıldırım S, editör. Endodontide Kök Kanalının Dezenfeksiyonu. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2019. p.30-41.

Apikal periodontitis genellikle kanal boşluğundaki mikroorganizmalardan kaynaklanmaktadır.[8,9] Bu nedenle apikal periodontitis tedavisinde hedef bakterilerin yok edilmesidir. Temizleme ve şekillendirme işlemleri mikroorganizmaları yok etmede tek başına yeterli değildir.[1,10] Bu nedenle, kanal preparasyonundan sonra antimikrobiyal bir ajan ile kanalların tedavi edilmesi daha mantıklı görünmektedir. Bununla birlikte, kalsiyum hidroksit tedavisinin, kök kanalından bakteriyel türleri tamamen yok etmesi tartışmalı bir konudur.

Kalsiyum hidroksitin rutin kök kanal dezenfektanı olarak kullanılması sebebiyle, bu derlemenin amacı, kalsiyum hidroksitin antimikrobiyal mekanizması ve sınırlamalarına genel bir bakış açısı sağlamaktır.

ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTE MEKANİZMASI

Kalsiyum hidroksit yaklaşık 12,5 pH'a sahip olan güçlü bir alkalindir. Endopatojenlerin çoğunluğu bu yüksek alkalin ortamda hayatta kalamamaktadır.[11] Genellikle enfekte kök kanallarında bulunan bakteri türleri, kalsiyum hidroksite direkt temasından kısa bir süre sonra yok olmaktadır.[5] Kalsiyum hidroksitin antimikrobiyal aktivitesi nemli ortamlarda hidroksil iyonlarının salımı ile ilişkilendirilmektedir. Hidroksil iyonları, serbest oksitleyici radikallerdir ve biyo-moleküller ile tepkimeye girerler.[12] Bakteri hücreleri üzerindeki öldürücü etkileri ise aşağıdaki üç mekanizmaya bağlıdır:

BAKTERİ SİTOPLAZMİK ZARI YIKIMI

Bakterilerin sitoplazmik zarı;

(i) Seçici geçirgenlik ve çözünen maddelerin taşınması,

(ii) Aerobik türlerde elektron taşıma ve oksidatif fosforilasyon,

(iii) Hidrolitik ekzo-enzimlerin atılması,

(iv) DNA, hücre duvarı polimerleri ve membran lipitlerinin biyo-sentezinde işlev gören taşıyıcı enzim ve molekülleri sağlama,

(v) Kemotaktik ve diğer duyusal iletim sistemlerinin reseptörlerini ve diğer proteinleri taşıma gibi hücrenin hayatta kalması için önemli işlevlere sahiptir.[13]

Bu nedenle, bakteri zarının yıkımı yaşamsal faaliyetlerinin sonu anlamına gelmektedir. Hidroksil iyonları, lipit peroksidasyonunu başlatır ve hücre membranın yapısal içeriğindeki fosfolipitlerin yıkımını sağlar. Hidroksil iyonları, doymamış yağ asitlerinden hidrojen atomlarını koparak, serbest lipidik radikallerin açığa çıkmasına olanak tanır. Bu serbest lipidik radikal, oksijenle tepkimeye girer, bu tepkime sonucu lipidik peroksit radikalinin oluşmasına ve ikinci bir yağ asitinden diğer bir hidrojen atomu koparak, diğer bir lipidik peroksidin üretilmesine neden olur. Böylece peroksitler serbest radikaller olarak hareket eder ve otokatalitik zincir reaksiyonunu başlatır, bu da doymamış yağ asitlerinin ileri derecede kaybı ve geniş bir alanda hücre zarının yıkımı ile sonuçlanır.[14,15]

PROTEİN DENATÜRASYONU

Hücresel metabolizma enzimatik faaliyetlere bağımlıdır. Enzimler, dar bir pH aralığında en etkili aktivite ve stabiliteye sahiptir. Kalsiyum hidroksit nedeniyle oluşan alkalinizasyon, proteinlerin tersiyer yapısını koruyan iyonik bağların bozulmasına neden olur. Sonuç olarak, enzim kovalent yapısını korur fakat polipeptit zinciri, değişken ve düzensiz uzaysal konformasyonda rastgele çözülür. Bu değişiklikler sıklıkla enzimin biyolojik aktivitesinin kaybına ve hücresel metabolizmanın bozulmasına neden olur.[16] Ayrıca yapısal proteinler de hidroksil iyonları ile zarar görebilir.

DNA HASARI

Hidroksil iyonları, bakteri DNA'sı ile reaksiyona girer ve DNA ipliklerin bölünmesini indükler. Bakteri genleri kaybolur.[17] Sonuç olarak, DNA replikasyonu inhibe olur ve hücresel aktivite düzensizleşir. Ayrıca bu serbest radikaller ölümcül mutasyonları indükleyebilir. Bu olayları oluş sırasına koymak kolay değildir. Ana mekanizma güçlü bir bazik ortama maruz kalan bakteri hücrelerinin ölmesidir.

KÖK KANAL DEZENFEKSİYONU

Birçok çalışma, kalsiyum hidroksitin bakteriyel hücreler üzerinde ölümcül etkisini göstermektedir.[5,18,19] Bu etki sadece solüsyondaki bakterilerin kalsiyum hidroksit ile direkt temasında gözlenmiştir. Bu gibi durumlarda, hidroksil iyonlarının yoğunluğu çok yüksektir, bakterilerin hayatta kalması için uygun olmayan seviyelere ulaşır. Fakat klinik koşullarda doğrudan temas her zaman mümkün olmayabilir. Agar difüzyon testi kullanılarak yapılan çalışmalar, doku uyumlu bir madde olan distile su, salin veya gliserin gibi maddelerle birlikte kullanılan kalsiyum hidroksitin bazı zorunlu ve fakültatif anaerobik bakterilerin büyümesini durdurmada etkisiz olduğunu göstermektedir.[20-23] Muhtemelen bu durum, kültür ortamının formülasyonlarında tampon maddelerin de yer almasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, kalsiyum

hidroksit ortam boyunca yayılmış olsa da, etrafındaki ulaşılan pH seviyeleri, inhibitör aktivite göstermesi için yeterli değildir.[21]

Hidroksil iyonları antimikrobiyal etkilere sahip olsa da, mikroorganizmaları yok etmek için daha yüksek pH değerleri gereklidir. Kalsiyum hidroksitin bakterileri öldürebilmesi, çözeltinin uygulandığı yerde daha yüksek olan çözeltideki hidroksil iyonlarına bağlıdır. Kalsiyum hidroksit, yüksek pH değerini koruduğu sürece antimikrobiyal etkiler gösterir. Kalsiyum hidroksitin, dokulara yayılması veya dentine teması sonucu tamponlama sistemlerinin (bikarbonat ve fosfat), asitlerin, proteinlerin ve karbon dioksitin etkisi ile hidroksil yoğunluğu azalırsa, antimikrobiyal etkinlik azalabilir veya engellenebilir.[24,25]

Dentinal tübüllerin içindeki bakteriler, endodontik tedavi sırasında ve sonrasında kök kanal enfeksiyonu veya tekrarlayan enfeksiyonun meydana gelebileceği önemli bir rezervuar alanı oluşturabilirler.[26] Bazen, kalan bu bakteriler endodontik tedavinin sonucunu tehlikeye atan inatçı bir enfeksiyona neden olabilir. Dentin tübüllerinde kalan bakteriler, konak savunma hücreleri ve moleküllerinden, sistemik olarak uygulanan antibiyotik ve kemomekanik preparasyonun etkilerinden korunurlar. Bu nedenle, tedavi stratejilerinde, direkt tübül enfeksiyonlarının elimine edilmesi ve kullanılan medikamentlerin dentin tübüllerine penetre olabilmesi önceliklidir.

Kalsiyum hidroksitin kanal içi pansumanında etkili olabilmesi için, hidroksil iyonlarının dentin tübülleri ve pulpa doku artıklarına nüfuz etmesi gerekmektedir. Çalışmalar kalsiyum hidroksitten salınan hidroksil iyonları kök dentinine yayıldığını göstermektedir. Tronstad ve ark. yaptıkları çalışmada 4 haftalık kalsiyum hidroksit kanal içi uygulaması sonrasında pH ölçümü yapılan maymun dentin örneklerini değerlendirmişler ve pH değerlerinin kök kanalından uzaklaştıkça azaldığını gözlemlemişlerdir.[27] pH değeri kök kanalında 12.2'den yüksekken, dentin çevresinde, kalsiyum hidroksit ile doğrudan temas halinde pH değeri 8-11 arasında değerler göstermiş, çevresel dentinde 7.4-9.6 aralığında gözlemlenmiştir. Nerwich ve ark. pH'ın kalsiyum hidroksit pansumanı sonrasında 4 hafta içinde değişiklik gösterdiğini keşfetmişlerdir.[28] Apikal olarak iç dentinde 2 hafta içinde pH 9.5 değerine ulaşmaktadır. Kanal boşluğuna, daha dış dentin kısmına doğru pH değeri yükselmeye başlar, 2 haftada ancak 9 değerinin altına düşebilir. Servikal iç dentinde 24 saat içinde en yüksek değer olan 10.8 değerine ulaşır ve 10 üzerinde sabit kalır. Servikal dış dentinin pH değeri ise 2 haftada 9'un üzerine çıkar. Bu sonuçlar, 1 haftalık kalsiyum hidroksit pansumanın sement tarafına doğru iç dentinde pH değerini yaklaşık 9.0'a ulaştırdığını göstermektedir.

Bu koşular dâhilinde, dentinin bu pH seviyeleri bazı bakteri suşlarının büyümesine ve yaşamasına olanak tanımaktadır. Bakteriler pH tolerans aralıklarına göre değişiklik gösterirler, çoğunlukla 6-9 pH aralığında varlıklarını sürdürebilenler vardır.[29] *Escherichia coli, Proteus vulgaris, Enterobacter aerogenes* ve *Pseudomonas aeruginosa* gibi suşlar pH 8 ve 9 arasında yaşayabilirler.[30] Bu bakteri türleri genellikle, enfekte kök kanalarından izole edilir ve çoğunlukla ikincil enfeksiyonlara neden olan türlerdir.[31-33] Bazı bakteriler ise, örneğin enterokoklar, 9-11 gibi çok yüksek pH değerlerine adapte olabilirler. Mantarlar genellikle geniş 5-9 gibi bir pH aralığında gelişim göstermektedirler.[30] *Prevotella intermedia, Fusobacterium nucleatum* ve *Porphyromonas gingivalis* suşları ise alkalin pH değerlerinde gelişim gösterebilirler (yaklaşık 8.0-8.3).[34]

Ortamın pH'sı şiddetli seçici bir baskı uygular ve sadece adaptasyon mekanizmasına sahip olan mikroorganizmalar çoğalırlar. Çoğu protein ve diğer biyolojik olarak önemli moleküller dar bir pH aralığında optimum aktivite ve stabiliteye sahiptir. pH değişikliklerine karşı bakteriler toleranslarını, hücre içinde pH'yı pratik olarak sabit tutmak için özel proton pompaları, spesifik enzimatik sistemler veya tamponlama mekanizma aktivasyonu sayesinde sağlıyor olabilirler.[29] Bu mekanizmalara ek olarak, bazı bakteriyel ürünler ortam pH'sını nötralize etmelerine yardım edebilir.

Bazı çalışmalar, dentin tübüllerindeki bakteri hücrelerinin yok edilmesinde kalsiyum hidroksitin etkisiz kaldığını göstermiştir. Haapasalo ve Orstavik kalsiyum hidroksit patının, tübüllerdeki *Enterococcus faecalis* yok etmede başarısız olduğunu gözlemlemiştir.[35] Safavi ve ark. yaptıkları çalışmada *Enterococcus faecium*'un uzun süreli kalsiyum hidroksit/salin solüsyon pansumanı sonrasında bile dentin tübüllerinde canlı kalabileceğini gözlemlemiştir.[36] Orstavik ve Haapasalo fakültatif bakteriler ile enfekte edilen dentin tübüllerinin kalsiyum hidroksit ile tamamen dezenfeksiyonun 10 gün sürdüğünü göstermişlerdir.[37] Karşıt görüş olarak, Heling ve ark. kalsiyum hidroksitin dentin tübüllerindeki *E. faecalis*'e karşı herhangi bir antimikrobiyal etki gösteremediğini, dentinin sterilizasyonu ve ikincil enfeksiyonların önlenmesinde başarısız olduğunu gözlemlemiştir.[38] Siqueira ve Uzeda yaptığı çalışmada kalsiyum hidroksitin salin solüsyon ile

birlikte kullanıldığı durumlarda dentin tübüllerindeki *E. faecalis* ve *F. nucleatum* bakterilerini yok etmede 1 haftayı geçen pansumanlarda bile etkisiz kaldığını gözlemlemiştir.[39]

Dentin tübüllerinin içindeki bakterileri etkileyebilmek için, kalsiyum hidroksitten yayılan hidroksil iyonlarının dentinde yeterli yoğunluğa ulaşması gerekmektedir. Bu nedenle, dentin tübüllerindeki antimikrobiyal etki kalsiyum hidroksitin iyonik difüzyonunun dentin tampon yeteneğini aşması, yeterli pH seviyesine ulaşması ile mümkündür. Kısa süreli kalsiyum hidroksit kullanımı sonrasında mikroorganizmalar muhtemelen sadece dentin tübül ağızlarında hidroksil iyonlarına maruz kalmaktadır. Dentin tübüllerinin dezenfeksiyonunda kalsiyum hidroksitin etkisiz kalması bir başka faktörle de açıklanmaktadır. Kök kanal duvarlarındaki bakteri hücre kolonileri, kalsiyum hidroksitin antimikrobiyal etkisini azaltarak, kolonilerin çevresindeki hücreler tübüllerin içindeki daha derinlerde olan mikroorganizmaları korurlar.[39]

Ramifikasyon, istmuslar ve düzensizliklerin olduğu bölgedeki nekrotik dokular, kalsiyum hidroksitin pH'sını nötralize ederek oluşturacağı etkilerden bakteri kolonilerini korurlar. Bu nedenle, kısa süreli kalsiyum hidroksit pansumanları sadece direkt temas ettiği merkez kök kanalındaki veya pulpa dentini üzerindeki bakteri hücrelerini yok edebilirler, bu alanlar aynı zamanda kemomekanik işlemlerle de ulaşılabilen bölgelerdir.

Kullanılan medikamentlerin çözülme ve yayılma kabiliyetinin kök kanal sisteminde başarılı bir tedavi için gerekli olduğu düşünülmektedir. Kalsiyum hidroksitin doymuş sulu çözeltisi sahip olduğu yüksek pH nedeniyle mikroorganizmalar için sitotoksik potansiyele sahiptir. Diğer yandan bu çözelti biyo-uyumluluğunu suda düşük çözünürlüğü ve yayılımına borçludur. Bu özelliklerinden dolayı, sitotoksisite kalsiyum hidroksit ile doğrudan temas halinde olan doku ile sınırlı kalır. Bununla birlikte, kalsiyum hidroksitin düşük çözünürlük ve yayılım özelliği, dentin tübüllerine ve daha dar anatomik alanlara yerleşmiş bakterileri elimine etmek için gerekli olan pH değerini sağlamada yetersiz kalmasına neden olabilir. Ayrıca, doku tamponlanabilirliği pH değişikliklerini kontrol eder. Bu faktörlerden dolayı kalsiyum hidroksit yavaş çalışan bir antiseptiktir. Uzun süreli maruz kalınması durumunda dentin ve dokularda doygunluğa ulaşabilir. Teorik olarak, kök kanal sistemini bakteriden yoksun hale getirebilmek için uzun süreli kullanımı uygun görülmektedir. Bununla beraber, birçok durumda kanal içi ilaçların uzun süreli rutin kullanımı modern endodontide kabul edilebilir bir uygulama olarak görünmemektedir.

Kalsiyum hidroksitin kök kanal sistemini dezenfekte ettiği en uygun süre halen bilinmemektedir. Klinik çalışmalardaki sonuçlar çelişkilidir, Cvek ve ark. Ringer solüsyonu ile karıştırılan kalsiyum hidroksitin 3 ay uygulandığı örneklerin %90'ında herhangi bir bakteri gelişimi olmadığını gözlemlemiştir.[40] Byström ve ark. yaptığı çalışmada 4 hafta uygulanan kalsiyum hidroksitin etkili olarak mikroorganizmaları yok ettiini göstermiştir.[5] Reit ve Dahlén ise, kalsiyum hidroksit pansumanının 2 haftalık uygulaması sonucunda kanalların %26'sında enfeksiyonun devam ettiğini bulmuştur.[41] Sjögren ve ark. kalsiyum hidroksit uygulamasının vakaların %100'ünde 1 hafta içinde etkili bir şekilde bakterileri yok ettiğini bildirmiştir.[7] Orstavik ve ark. ise, 1 haftalık pansuman sonrasında kök kanallarının %34,8'inde bakterilerin bulunduğunu gözlemlemiştir.[6] Barbosa ve ark. kalsiyum hidroksit pansumanı yapılan 45 vakanın 12'sinden pozitif kültür elde etmiştir.[42]

Negatif kültür elde edilen vakalar da başarısızlıkla sonuçlanabilir.[43] Bunun nedeni, kök kanal sisteminde mikroorganizmaların bulunması fakat alınan örneklerde tespit edilememiş olmasıdır. Bu durumun bir kaç tane nedeni vardır. Bunlar biri bakterilerin yerleştiği istmus, dentin tübülleri ve ramifikasyonların ana kanaldan örnekleme yapıldığında erişilemeyecek bölgeler olmasıdır. Diğeri, kök kanal duvarlarındaki smear tabakası ve kalsiyum hidroksit patının kalıntıları, örnekleme işlemleri sırasında bakterilere erişimi fiziksel olarak sınırlandırmasıdır. Bir diğer neden ise, kültürün hücre tespit etme hassasiyeti olabilir.[5] Örnekleme sırasında kök kanalında az sayıda hücrenin bulunması yanlış sonuç elde edilmesine sebep olabilir.

Bakteriler birkaç nedenden ötürü kanal içi ilaç tedavisinden sonra hayatta kalabilirler. İlk olarak, kök kanal enfeksiyonunda bulunan bakteriyel suşlar, ilaca karşı dirençli olabilir. İkincisi, bakteriyel hücreler, ilaca erişilemeyen anatomik varyasyonlar içinde kalabilir. Üçüncü olarak, ilaç, doku bileşenleri ve bakteriyel hücreler veya ürünler tarafından, anti-bakteriyel etkilerini kaybederek nötralize edilebilir. Dördüncü olarak, ilaçlar, bakteriyel hücrelere ulaşmak ve öldürmek için yeterli zaman kök kanal sisteminde kalamamalarıdır. Son olarak da, bakteriler çevresel koşullardaki değişikliklerden sonra gen ekspresyon modelini değiştirebilirler. Bu değişiklik, elverişsiz ortamlarda hayatta kalmalarına izin verebilir. Bu özellikleri gösteren en dirençli mikro organizmalardan biri ***Enterococcus faecalis'tir.***

ENTEROCOCCUS FAECALİS'İN KALSİYUM HİDROKSİDE DİRENÇ MEKANİZMASI

İnatçı kök kanal enfeksiyonlarına neden olan mikroorganizmalar hakkında sınırlı bilgi mevcuttur. Birçok çalışmada kök kanalında inatçı periapikal lezyonların bir veya birkaç bakteri türünü içerdiği gözlenmiştir. Genellikle bakteriyel floraya, gram-pozitif bakterilerin hâkim olduğu görülmüştür.[44–48]

Enterokoklar normal koşullarda kök kanalında bulunmamasına rağmen tedavi edilmemiş vakalarda az sayıda bulunurlar, çalışmalar endodontik tedavi başarısızlığında, önemli olduklarını göstermektedir.[5,44] Molander ve ark. periradiküler lezyonlu 100 adet kök kanalı doldurulmuş dişi mikrobiyolojik olarak incelemişlerdir.[45] Bu çalışmada fakültatif anaeroblar, belirlenen suşların %69'unda baskındır. Değerlendirilen dişlerin % 32'sinde enterokoklar bulunmuştur. Kalsiyum hidroksit pansumanın enterokoklara karşı etkisiz olduğu yapılan çalışmalarla gözlenmiştir.[5,35,39,46] Bu nedenle, enterokokların sıklıkla izolasyonu, kanal içi ilaç olarak kalsiyum hidroksitin rutin kullanımını sorgulatmaktadır.[45]

Enterococcus faecalis türü, inatçı periapikal lezyonlu kanal tedavili dişlerin kanallarının yaklaşık üçte biri olmak üzere, endodontik başarısızlıklarda yüksek oranda saptanmıştır.[44,45,48] *E. faecalis*'in tedavinin başarısız olduğu kanallardan elde edilmesi, bu bakterinin kök kanalındaki kalıcılığının önemli bir terapötik problem yaratması, fırsatçı bir patojen olduğunu düşündürmektedir. *E. faecalis*, başarısız endodontik tedavi olgularında saptandığında, tekrarlanan tedavi ile ortadan kaldırılmasının zor olduğu kanıtlanmıştır.[44] Kök kanal dolgusu sırasında kök kanalına geçen *E.faecalis* retreatment başarısızlığını arttırmaktadır.[44] Kök kanalına bir kez yerleşen *E. faecalis*, tedavi sırasında kullanılan antimikrobiyal ajanlara direnci, temizlenmiş ve doldurulmuş kanallardaki potansiyel besin yokluğuna karşı dayanma yeteneği sayesinde, karşılaştığı çeşitli zorluklarla mücadele ederek hayatta kalabilir. *E. faecalis* tedavi sırasında kullanılan medikamentlere karşı dayanıklılık gösterir. Kalsiyum hidroksit ile yapılan pansumanının antimikrobiyal etkilerine karşı dirençli olduğu bilinmektedir.[5,35-37,39,49-52]

E. Faecalis'in kalsiyum hidroksitin yüksek pH direnci biliniyor olmasına rağmen, kalsiyum hidroksite maruz kalmayı tolere edebilmesini sağlayan hayatta kalma mekanizmaları hakkında daha çok bilgiye ihtiyaç vardır.

Kalsiyum hidroksitin, *E.faecalis*'e karşı etkinliğinin artırılabilmesi için farklı antimikrobiyal ajanlarla karıştırılması gereksinim olmuştur. Bunlara örnek olarak kâfurlu paramonoklorofenol (CMCP) ve klorheksidin (CHX) verilebilir. Kalsiyum hidroksitin CMCP ile karıştırılmasında daha geniş spektrum ve daha hızlı antibakteriyel etki elde edilmektedir. Klorheksidin tek başına geniş bir antimikrobiyal spektruma sahip antiseptiktir.[53] Bu nedenle, kalsiyum hidroksit ile bu maddeler arasındaki olası sinerjinin sonucunda oluşabilecek bakterisidal etkinin araştırılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Lima ve ark. yaptıkları çalışmada, farklı zaman aralıklarında kullanılan kalsiyum hidroksit içeren farklı medikament uygulamalarını değerlendirmiş ve tüm kalsiyum hidroksit temel tabanlı medikamentlerin, kök kanal sistemindeki *E. faecalis*'in varlığını önemli ölçüde azaltabildiğini ancak CMCP ve CHX içeren kanal içi medikamentlerin 14 gün sonunda *E.faecalis*'i elimine edilmesinde daha etkili olduğunu görmüştür.[54]

Kalsiyum hidroksitin öldürücü etkisine karşı dirençli, endodontik başarısızlıkla ilişkilendirilen birkaç mikroorganizma daha bulunmaktadır. Bunlar, Candida türleri ve *Actinomyces radicidentis*'dir.[50,55,56]

KALSİYUM HİDROKSİT TAŞIYICILARININ ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTEYE ETKİSİ

Klinik kullanımda, kalsiyum hidroksit tozunun bir taşıyıcı madde ile birlikte kök kanalına gönderilmesi gerekmektedir. Kalsiyum hidroksitin tüm biyolojik etkilerinin Ca^{2+} ve OH^- iyonlarına ayrışması ile olabileceği bilinmektedir.[57] Taşıyıcılar, kullanılan patın çözünmesinde ve kök kanalından, periapikal dokulardan emilimde iyonik ayrışmanın hızını belirler.[57]

Kalsiyum hidroksit için oldukça fazla miktarda taşıyıcı madde kullanılmaktadır. Taşıyıcılar suda farklı çözünürlüklere sahiptirler, ideal olarak kalsiyum hidroksitin pH değerini önemli ölçüde değiştirmemeleri gereklidir. Kalsiyum hidroksit için taşıyıcı olarak kullanılan maddelerin çoğunun önemli anti-bakteriyel aktiviteleri yoktur.

Genel olarak, sulu, viskoz ve yağlı olmak üzere üç tip taşıyıcı kullanılır.[57] Sulu ve viskoz taşıyıcılara örnek; distile su, salin solüsyon ve gliserindir. Kâfurlu paramonoklorofenol (CMCP) ve metakrisilasetat gibi maddelerin de yağlı taşıyıcı olarak bu özelliğe sahip olduğu bilinmektedir. Frank, apeksifikasyon uygulamalarında kalsiyum hidroksitin CMCP ile karıştırılmasını önermiştir.[58] Bazı yazarlar, özellikle doku tahriş edici özellikler nedeniyle kalsiyum hidroksite antimikrobiyal ajanların eklemenin gereksiz olduğunu düşünerek bunu eleştirmişlerdir.[40,59]

Son zamanlarda, *E.faecalis* gibi bazı mikroorganizmalara karşı kalsiyum hidroksitin kısmi etkisiz kalması nedeniyle bu durum tekrar tartışmaya açılmıştır. CMCP'nin, anaerobik bakteriler üzerinde *in vitro* antibakteriyel etkileri olmasına rağmen çalışmalar, kalsiyum hidroksitin bu mikroorganizmalar dizisine karşı daha üstün olduunu ortaya çıkarmıştır.[5,18,19,60] Bununla birlikte, CMCP'nin, enterokokların ortadan kaldırılmasında kalsiyum hidroksitten daha etkili olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır.[35,46]

CMCP, klorheksidin ve kalsiyum hidroksitin antibakteriyel aktivitelerini, klinik ve laboratuvar değerlendirmesinin kullanılarak karşılaştırıldığı bir çalışmada, kullanılan bütün medikamentlerin endodontik mikrobiyatayı azaltmakta veya ortadan kaldırılmasında etkili olduğu gözlenirken, laboratuvar değerlendirilmesinde, Kâfurlu paramonoklorofenol'ün test edilen tüm bakteriyel suşlara karşı en büyük bakteriyel inhibisyon bölgesi gösterdiği görüldü.[42]

Daha önce tartışıldığı gibi, kalsiyum hidroksitin etkisi, büyük ölçüde çözeltideki hidroksil iyonlarının varlığına bağlıdır. Kültür ortamı, doku sıvıları ve dentin, pH düşmesine sağlayan kalsiyum hidroksit aktivitesini önleyebilen tampon maddelere sahip değildir. Siqueira ve Uzeda kalsiyum hidroksit/salin solüsyon pansumanına 1 hafta maruz kalmasına ramen *E. faecalis* ve *F. nucleatum*'un dentin tübüllerinden elimine edilmesinde etkisiz olduğunu doğrulamıştır.[39] Buna karşılık, kalsiyum hidroksit/CMCP/gliserin pansumanın 1 saat temasından sonra tübüllerdeki bakterileri etkili bir şekilde öldürdüğü gözlenmiştir. Agar difüzyon testi kullanılarak yapılan çalışmalar, kalsiyum hidroksit/CMCP pansumanın, fakültatif ve anaerobik bakterilere karşı belirgin bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır.[20,23]

Siqueira ve Uzeda endodontik enfeksiyonlarda yaygın olarak bulunan dört bakteri türüne karşı kalsiyum hidroksitin antimikrobiyal aktivitesi üzerindeki üç farklı taşıyıcının etkisini, broth dilüsyon yönteminin bir modifikasyonu kullanarak değerlendirmiştir.[25] Kalsiyum hidroksit/CMCP/gliserin pansumanın hızla bakterileri öldürdüğü diğer kalsiyum hidroksit pansumanlarının da bakterileri öldürdüğü, ancak daha fazla zamana ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Bu bulgular CMCP'nin kalsiyum hidroksit pansumanın antimikrobiyal etkinliğini arttırdığını göstermektedir.

Yıllarca diş hekimliğinde yaygın olarak CMCP, Kâfurlu fenol, timol ve öjenol gibi fenolik türevler kullanılmıştır. Fenolik bileşikler güçlü anti-bakteriyel özelliklere sahiptir. Fenolün, lipit içeren bakteriyel membranları parçalayarak etki gösterdiğine ve bunun da hücresel içeriğin sızmasına neden olduğuna inanılmaktadır. Daha yüksek yoğunluklarda, bu bileşikler sitoplazmik hücre proteinlerinin yıkımını hızlandırırlar. Daha düşük yoğunluklarda, fenolik bileşikler temel enzim sistemlerinin aktivasyonunu bozar, dahası bakteriyel hücre duvarı erimesine neden olabilir. Düşük yüzey gerilimi gibi fenolik bileşiklerin bazı özellikleri ve lipit çözünürlüğü ilaca yüksek bir penetrasyon ve yayılma özelliği kazandırır.[61] Bu nedenle, kalsiyum hidroksit/CMCP karışımı, uygulandığı civardan daha uzak bölgelerde bulunan bakterileri ortadan kaldıran yüksek bir etki alanına sahiptir.

Endodontik enfeksiyonlar polimikrobiyaldir ve enfekte olmuş kök kanallarında bulunan tüm bakterilere karşı hiçbir ilaç tek başına etkili değildir. İki ilacın kombinasyonu, ilave veya sinerjik etkiler yaratabilir. Kanıtlar, kalsiyum hidroksitin CMCP ile birlikteliğinin daha geniş bir antimikrobiyal spektruma, daha yüksek bir anti-bakteriyel etki alanına sahip olduğunu ve doku uyumlu araçlarla kalsiyum hidroksit karışımlarından daha hızlı bakterileri öldürdüğünü göstermektedir.

CMCP güçlü sitotoksik aktiviteye sahip olmasına rağmen, kalsiyum hidroksit ile beraber kullanımında kabul edilebilir doku cevabı oluşturduğu ve bunun salınan paramonoklorofenol'ün düşük yoğunluğuna, kalsiyum hidroksitin bağ doku üzerindeki denatüre edici etkisine bağlı olduğu bildirilmiştir.[62-64]

KALSİYUM HİDROKSİTİN DİĞER MEDİKAMENTLERLE BİRLİKTE KULLANIMI

Kalsiyum hidroksitin antimikrobiyal etkinliğini arttırabilmek için uygun antimikrobiyal ajanlar ile karıştırılması ihtiyaç olmuştur. Klorheksidin(CHX) antimikrobiyal etkinliği nedeniyle endodontik irrigasyon ajanı olarak da araştırılan bir maddedir. CHX, geniş spektrumlu antibakteriyel aktiviteye, periodontal dokularla biyouyumluluğa ve dayanıklılığa sahiptir. Bu nedenle kalsiyum hidroksit ile birlikte antimikrobiyal etkinliği arttırmak için bir karışım olarak kullanılması gündeme gelmiştir. Yapılan bir çalışmada %2'lik CHX ile kalsiyum hidroksit tozunun karıştırıldığı karışım ile sulu bir kalsiyum hidroksit karışımının endodontik retreatment tedavilerinde kanal boşluğunun dezenfeksiyonu üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Bütün vakalarda dezenfeksiyon sağlanamasa da, başlangıçta Enterococcus türlerini barındıran tüm olgular kalsiyum

hidroksit CHX kombinasyonu ile başarı ile dezenfekte edilmiştir.[65]

Kalsiyum hidroksitin enterokoklara karşı etkisiz kalması, kanal içi antibiyotik kullanımını gündeme getirmiştir. Engstrom kanal içi uygulamalarda enterokoklara karşı eritromisin veya kloramfenikol önermiştir; ancak tetrasiklin'in de etkili olduğunu bildirmiştir.[66] Dahle ve ark. ise tüm enterokok suşlarının vankomisin ve eritromisine duyarlı olduğunu bulmuştur.[67] *İn vivo* enterokoklara karşı Tetrasiklin ve eritromisinin ile karıştırılan kalsiyum hidroksitin kanal içi antibakteriyel potansiyelinin değerlendirildiği bir çalışmada, saf enterokok kültürleri üzerinde eritromisin kullanımının tetrasikline göre daha üstün performans gösterdiği görülmüş ve bu nedenle enterokokların monoenfeksitonlarına karşı mücadelede, kalsiyum hidroksit ile karıştırılarak eritromisin kullanımın iyi bir seçenek olabileceği belirtilmiştir.[68]

FİZİKSEL BARİYER

Kök kanalının kemomekanik preparasyonundan etkilenmeden kalan canlı bakterileri ortadan kaldırmasının yanı sıra, başka nedenlerden dolayı da kanal içi ilaçların kullanımı savunulmaktadır. Kanal içi ilaçlar fiziko-kimyasal bir bariyer görevi görmeli ve kalan mikroorganizmaların çoğalmasına engel olmalı, kök kanalının bakteriler tarafından tekrar enfekte olmasını önlemelidir. Bu bölümde kalsiyum hidroksitin fiziksel bariyer özellikleri tartışılacaktır.

Kanal içi ilaçlar, kök kanalını tükürük içeriğindeki bakterilerin penetrasyonundan iki şekilde koruyabilir. İlk olarak, anti-bakteriyel özelliklere sahip olan ilaçlar, bakterileri öldürerek sızıntıya karşı kimyasal bir bariyer görevi görebilir ve böylece kök kanalına girmelerini önleyebilir. Fakat bakteri hücrelerinin sayısı, ilacın antibakteriyel aktivitesini aştığında kök kanal sistemi yeniden kontamine olabilir. Ek olarak, tükürük ilacı sulandırır ve etkilerini nötralize ederek mikroorganizmaların yayılmasını da sağlar. İkincisi, kök kanalın tüm uzunluğunu dolduran ilaçlar bakteriyel penetrasyona karşı fiziksel bir bariyer görevi görebilir ve kök kanalının yeniden kontamine olması sadece şu yollar ile gerçekleşir; tükürük nedeniyle ilacın çözünmesi, medikamentin tükürük geçirgenliği ve medikament ile kök kanal duvarı arasındaki ara yüzde tükürük sızıntısı olması. Ancak, tüm mekanizmalarda, ilacın anti-bakteriyel etkileri olsa bile, bakteriyel yayılımdan önce nötralizasyon gerçekleşmelidir.

Siqueira ve ark. bazı medikamentlerin koronal olarak tıkama salanamamış kök kanallarının tükürükteki bakterilerle yeniden kontaminasyonunu önleyebilme etkisini değerlendirmiştir.[24] Pamuk peletleri ile CMCP uygulanan kanallar, ortalama 6.9 günde tamamen yeniden bakteri üretimi göstermiştir. Kalsiyum hidroksit/salin çözeltisi ve kalsiyum hidroksit/CMCP/gliserin ile doldurulmuş kanallar, sırasıyla, ortalama 14.7 ve 16.5 gün içinde yeniden kontaminasyon göstermiştir. Kalsiyum hidroksit patları, tükürükteki bakteriler tarafından kök kanalının yeniden kontaminasyonunu önlemede tek başına kullanılan CMCP'den önemli ölçüde daha etkili olmuştur. Kalsiyum hidroksit patının kök kanalını geçici kök kanal dolgu maddesi, yani fiziksel bir bariyer olarak, tıkama yeteneği kök kanalının tekrar kontaminasyonunu önlemede kimyasal etkisinden daha önemlidir. Kalsiyum hidroksit düşük suda çözünürlüğe sahip olduğu için, tükürükte yavaş yavaş çözünür, uzun bir süre kanalda kalır, apikal foramene doğru bakteriyel ilerlemeyi geciktirir.

Kullanılan taşıyıcının tipi göz ardı edilse bile, kalsiyum hidroksit etkili bir fiziksel bariyer görevi görmektedir. Fiziksel bariyer görevi gören medikamentler, büyüme için gerekli olan substratı yok ederek ve çoğalma için alanı sınırlayarak kalan mikroorganizmaların eliminasyonunu sağlayabilirler.[24] Bu durum kalsiyum hidroksitin olası diğer antimikrobiyal etkilerinden biridir.

KALSİYUM HİDROKSİTİN KANALA YERLEŞTİRİLME YÖNTEMLERİ

Kalsiyum hidroksit, seans aralarında yapılan bir uygulama olduğu için genellikle dişler tedavi bitirilene kadar geçici dolgu materyalleri ile kapatılır. Bu geçici dolgular kök kanalının kontaminasyonunu önlemede yeterli olmayabilir. Kalsiyum hidroksit pansumanı, mikroorganizmaları ortadan kaldırarak periapikal iyileşmeyi sağlamasının yanında periapikal bakteriler tarafından kök kanalının tekrar kontamine olmasını önlemek için bir önceki bölümde tartışıldığı gibi fiziksel bir bariyer görevi de görmektedir. Bu nedenle kalsiyum hidroksit patı, mümkün olduğu kadar apikale ulaşmış ve tüm kanal boyunca homojen bir kütle halinde kompakt bir şekilde yerleştirilmelidir. Kanalları tamamen kalsiyum hidroksit macunu ile doldurmak için etkili bir yöntem kullanmak iyileşme sürecini artırabilir. Bunun için tasarlanmış endodontik araçlar vardır. Bunlardan bazıları ve kullanım şekilleri takip eden şekildedir;

***a. Termomekanik gutta-perka Gutta-Condensor (Maillefer) kullanımı*:** Kök kanalının preparasyonu sonrası kullanılan son eğe ya da bir önceki eğenin çapına uygun çapta alet seçilir. Giriş kavitesi kalsiyum hidroksit patı ile doldurulur. Condensor, pat ile beraber çalışma uzunluğundan 2 mm kısa olacak şekilde 5000 rpm hız ile bir mikro motor yardımı ile kanal içinde yüzeylere temas edecek şekilde çalıştırılır. Sonrasında kullanılan bir el plugger ile çalışma uzunluğunun üçte ikisine penetre olacak şekilde kalsiyum hidroksit patı uygulanır. Kanal tamamen doluncaya kadar bu işlemlere devam edilir.

b. MecaShaper eğe (MicroMega) bir Mecasonic MM 1400 (MicroMega) sonic jeneratör ile kullanımı: En son kullanılan eğe boyutunda bir çap seçilir. Daha önce anlatıldığı gibi giriş kavitesi pat ile doldurulduktan sonra MecaShaper kanal içine yerleştirilir kanal uzunluğundan 2 mm kısa olacak şekilde konumlandırılır ve aktive edilir. Sonrasında koronal kısım el plugger yardımı ile kondense edilir. Kanal tamamen doluncaya kadar bu işleme devam edilir.

c. K - Tipi Ultrasonic Eğe kullanımı: göre kanalı genişletmekte kullanılan son eğeden bir önceki çaptaki eğe seçilir. Hazırlanan pat, kök kanalı girişine spatül yardımıyla yerleştirilir. K-tipi eğe üzerine de pat sürülür. Eğe daha önceden saptanmış olan kök kanalı uzunluğundan 2 mm. kısa olmak üzere kanal içine itilir, eğenin takılmış olduğu Pezo cihazı tam güçte ve su akımı kapatılmış olarak çalıştırılır. Eğe çalışır durumda kök kanalı içinde ileri-geri hareket ettirilirken aynı zamanda eğenin kanal duvarına teması da sağlanır ve pat, kanal içinde apeks yönünde itilir. Bu işlemi takiben, steril bir kâğıt koni ters tarafı apeks yönünde olmak üzere kanal içine itilerek pat, apeks yönünde sıkıştırılır.

***d. İnce çaplı Lentülo kullanımı*:** Kanal girişine pat yerleştirilir, lentüloya pat sürülür, kök kanalının tespit edilen (temizlenen ve şekillendirilen) uzunluğundan 2 mm kısa olacak şekilde lentülo kanal içine itilerek 500 rpm devirde kanal içinde döndürülür. Lentülo kanal duvarlarına temas edecek şekilde devamlı hareket ettirilerek kanal doldurulur. Yukarda bahsedildiği şekilde steril kâğıt koni yardımı ile apeks yönünde sıkıştırılır. Bu işlem kanal tamamen doluncaya kadar tekrar edilir.

e. Lentülonun kullanımı: En ince çaplı ve spiralinin adım aralığı daha geniş olan bir lentülo seçilir. Kök kanal girişine patın yerleştirilmesi ve lentülonun pat ile kaplanmasından sonra, lentülo çalışma uzunluğu hizasında kanal içine yerleştirilir ve 65,000 rpm hızda saat yönünde kanal içinde çalıştırılır. Pat, kanal duvarlarına yüksek bir momentum ile lentülonun ucundan püskürtülecektir. Bu durum, kanal içinde büyük bir hidrostatik basınca neden olur. Bu yolla, apikal delta ve yan kanalların bile tamamen doldurulması mümkündür. Radyografik kontrol yapılabilir.

***f. Pastinject Kullanımı*:** Lentülo kullanımı ile aynı işlem uygulanır.

g. Amalgam Tabancası kullanımı: Özellikle apeksi kapanmamış daimi dişlerde kullanılan bir yöntemdir. Yoğun koyu kıvamda hazırlanmış kalsiyum hidroksit patının doğru seviyede yerleştirilebilmesi önemlidir. Koyu kıvamda hazırlanmış patın, lentülo veya diğer araçlarla kanalın apikal kısmına taşınması mümkün değildir. Bu amaçla amalgam tabancası ile kök kanalının 1/3 koronal kısmına taşınan pat, steril kâğıt koni yardımıyla apikal bölgeye yerleştirilir.[69]

Kalsiyum hidroksitin kanal içerisine farklı aletlerle yerleştirilmesinin değerlendirildiği bir çalışmada Pastinjectin özel tasarımı nedeni ile özellikle tek köklü dişlerde daha iyi kondensasyonu sağladığı gösterilmiştir.[69]

KALSİYUM HİDROKSİT VE FLARE-UP İLİŞKİSİ

Endodontik tedavi öncelikli olarak bakterilerin kök kanalından tamamen uzaklaştırılmasını amaçlamaktadır. Ancak yapılan çalışmalar göstermiştir ki temizleme ve şekillendirme işlemleri sonrasında kanal içerisindeki bakteri popülasyonunun ancak yarısı elimine edilebilmektedir.[1,7,70] Kalan bakterilerin sayısı azalsa da, randevular arasında kanal eğer boş bırakılırsa, bu kalan bakteriler orijinal seviyelerine kısa sürede gelirler.[1] Anatomik karmaşık alanlar ve dentin tübülleri, temizlenemeyen ve şekillendirilemeyen bakterilerin tekrar gelişebilmesi için uygun alanları oluştururlar. Bu durum tedavinin prognozunu negatif yönde etkiler. Bu nedenle enstrumentasyon ve irrigasyon sonrası kalan bakterilerin yok edilmesini için antibakteriyel kanal içi medikament kullanımı önerilir. Birçok *in vivo* ve *in vitro* çalışma bakteri üremesinin durdurulması veya mikrobiyal popülasyonun azaltılması kısa ve uzun dönemde olabileceğini göstermiştir.[71] Kanal içi medikament uygulaması aynı zamanda çoklu seans bir yaklaşım gerektirir. Bazı araştırmalar flare-up'ın enfekte pulpa ve apikal periodontitiste daha sık görüldüğünü desteklemektedir.[72,73] Bazı çalışmalar ise çok seanslı tedavilerden sonra, tedavi sonrası ağrının sıklığı ve şiddetinin arttığını bildirmiştir.[72,74] Bu bulgular sonucunda, kanal içi medikament uygulamasının flare-up insidansını arttırabileceği bunun nedenin çok seanslı tedavi yaklaşımı veya kullanılan medikamentlerin irritasyonu olabileceği işaret edilmektedir.[71]

Diğer araştırmalarda ise periapikal inflamasyonda temel rolün mikroorganizmalara ait olduğu ve kök kanal pansumanın anti mikrobiyal ajanlar ile yapılmasının tedavi sonrası oluşabilecek rahatsızlıkları önleyebileceği gösterilmiştir. Hatta kalsiyum hidroksitin sahip olduğu antimikrobiyal ve doku yenileyici etkileri ile ağrı önleyici özellikleri olduğu belirtilmiştir.[71] Law ve ark. yaptıkları çalışmada kanal içi medikamentlerin apikal periodontitis tedavisindeki antibakteriyel etkilerini araştırmış ve kalsiyum hidroksitin rezidüal mikrobiyal floranın azaltılmasında en iyi medikament olduğunu bulmuşlardır.[75] Ghoddusi ve ark.nın yaptıkları bir diğer çalışmada ise kalsiyum hidroksitin ağrıya neden olan immünolojik cevabı ve eksudasyonu azalttığını, nekrotik pulpalı dişlerin prognozunu olumlu yönde etkilediğini, flare-up insidansını arttırmadığını bulmuşlardır.[76]

KALSİYUM HİDROKSİTİN POSTOPERATİF AĞRIYA ETKİSİ

Endodontik kaynaklı ağrı, hastalar ve klinisyenler için önemli bir konu olmuştur. Ağrı, mikrobiyal faktörler, periapikal doku basıncında değişiklik, kimyasal mediyatörler, mediyatörlerdeki değişiklik ve çeşitli psikolojik faktörler gibi çeşitli nedenlerle ortaya çıkabilir. Kanalın uygun şekilde dezenfekte edilmemesi sonucu mikroorganizmaların varlığı ağrının en önemli nedenidir. Bu nedenle, mikroorganizmaların kök kanal boşluğundan uzaklaştırılması, enfekte olmuş kök kanallarının tedavisinde çok önemlidir. Böylece biyomekanik preparasyon sonrası antimikrobiyal pansumanın uygulanması genellikle tavsiye edilir. Antimikrobiyal pansuman, periapikal dokuda tahrişe yol açmadan çeşitli bakteriyel türlere karşı mümkün olan en uzun süreli etkiye sahip olmalıdır. Kalsiyum hidroksitin antimikrobiyal etkileri nedeniyle ağrı önleyici özelliklere sahip olduğu ayrıca inflamatuar süreci kontrol ederek onarımı indüklediği öne sürülmektedir.[77]

Kanal içi ilaçların kullanımı, bakteri üremesini engeller, bu da ağrı ve inflamasyondan sorumlu mikrobiyal faktörlerin azalmasına neden olur. Yapılan bir çalışmada nekrotik pulpalı dişlerin pansumanında, klorheksidin ile beraber kalsiyum hidroksit kullanılan hastaların, ilk seans sonrası sadece kalsiyum hidroksit kullanılan veya boş bırakılan hastalara oranla daha az ağrı yaşadıkları görülmüştür.[78]

Klorheksidin jel veya kalsiyum hidroksit/Kâfurlu paramonoklorofenol(CMCP) patının kanal içi medikament olarak kullanıldığı durumlarda uygulama sonrası ağrının değerlendirildiği çalışmada ise uygulama sonrası ağrı görülme sıklığında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.[79]

Başka bir çalışmada ise Kortikosteroid/antibiyotik karışımı (Leder-mix) ile pansumanı yapılan nekrotik pulpalı dişlere sahip ağrılı hastalarda, kalsiyum hidroksitile pansuman yapılan ya da hiç pansuman yapılmayan hastalara oranla ilk seans sonrası daha az ağrı görülmüştür.[80]

KALSİYUM HİDROKSİTİN POSTOPERATİF İYİLEŞMEYE OLAN ETKİSİ

Apikal periodontitis zorunlu anaerobların baskın olduğu kök kanal enfeksiyonları nedeniyle oluşur. Kök kanal enfeksiyonunun kontrolü ve eliminasyonu, çeşitli tedavi prosedürlerinin kombine etkisi ile sağlanır. Kemomekanik preparasyon nekrotik pulpa dokusunu ve enfekte dentini uzaklaştırmayı amaçlamaktadır. Mekanik enstrümantasyon ve antimikrobiyal irrigasyon kök kanlındaki bakterilerin çoğunu yok eder. Buna rağmen bazı mikroorganizmalar hayatta kalabilmektedir, bu nedenle kök kanal sisteminin doldurulmasından önce dezenfeksiyonunu sağlamak için seanslar arasında pansuman uygulanmaktadır. Kalsiyum hidroksitin antibakteriyel özellikleri birincil öneme sahiptir. Birçok laboratuvar ve klinik çalışma, enfekte olmuş kök kanallarının tedavisinde kalsiyum hidroksitin etkinliğine işaret etmiştir.[5,81-83] Kök kanalındaki antimikrobiyal aktivitesi, yüksek alkalinitesine ve periapikal alandan besinlerin mekanik olarak bloke edilmesine dayanır. Kalsiyum hidroksit, enfekte kök kanallarından izole edilen bakterilerin çoğunda etkilidir.[5,35]

Ek olarak, bazı çalışmalar kanal içi ilaç olarak çok seanslı tedavilerde kalsiyum hidroksit kullanıldığında iyileşmenin daha iyi olduğunu göstermiş, diğer çalışmalar ise daha az ya da hiç iyileşme görülmediğini belirtmiştir.[84-88]

Sathorn ve ark. tarafından yapılan yeni bir sistematik derleme ve meta-analiz, en yüksek kanıt düzeyi için standartları karşılayan sadece 3 klinik çalışmayı tanımlamıştır ve bir seans ile iki seans kök kanal tedavisi arasındaki iyileşmede istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı sonucuna varmışlardır.[84,86,88,89]

Kalsiyum hidroksitin kök kanal sistemindeki tüm mikroorganizmaların ortadan kaldırılmasında sınırlı bir etkisi vardır, bunlar da genellikle tedavi başarısızlığı ile ilişkili olanlar vakalardır.[90,91] bu nedenle diğer antimikrobiyal ajanların eklenmesi önerilmektedir.[90,92]

Yapılan bir çalışma, kalsiyum hidroksitin pansumanı sonrası *E faecalis* ve *C. Albicans* gibi bakterilerin kök kanalında saptanabildiğini bu nedenle kalsiyum hidroksitin klorheksidin gibi antimikrobiyal ajanlarla kombine kullanımın post operatif iyileşmeyi pozitif yönde etkileyebileceği belirtimiştir.[93]

Başka bir klinik çalışmada ise kanal tedavisi tamamlanmadan önce tek seans ve çok seans kalsiyum hidroksit/klorheksidin pansumanın periapikal iyileşmeye etkisini radyografik verilerle değerlendirmiş ve ikisi arasında anlamlı bir fark bulamamıştır.[94]

KALSİYUM HİDROKSİTİN KANALDAN UZAKLAŞTIRILMASI

Kök kanal dolgusu yapılmadan önce, öncelikli olarak seans aralarında kullanılan pansuman materyalinin, apikal sızıntıya neden olmaması, kanal patının adaptasyonunu ve fiziksel özelliklerini azaltmaması için çıkarılması gerekmektedir. Bu nedenle master apikal eğe ile enstrumentasyon ve irrigasyon birlikte uygulanır. Kök kanal pansumanının uzaklaştırılmasında farklı tekniklerin kullanıldığı çalışmalarda Ni Ti kullanımı ya da irrigantın farklı bir cihaz ile aktivasyonu gibi yöntemler önerilmektedir.[95-100] Yapılan bir çalışmada kalsiyum hidroksit ve Ledermix patının mekanik olarak erişilemeyen bölgelerden RinsEndo ve Pasif ultrasonik irrigasyon etkinliği ile uzaklaştırılması karşılaştırılmış ve ne ultrasonik yıkama ne de RinsEndo, uygulanan medikamentleri apikal bölgeden tamamen uzaklaştıramadığı sonucuna varılmıştır.[101]

SONUÇ

Kalsiyum hidroksit, çeşitli klinik durumlar için endodontide büyük bir değere sahiptir. Kalsiyum hidroksit, endodontik mikrobiyotaların tüm üyelerini etkilemeyen sınırlı bir antimikrobiyal spektruma sahiptir. Ek olarak, bu maddenin fiziko-kimyasal özellikleri, kısa süreli kullanımdan sonra tüm kanal sisteminin dezenfekte edilmesindeki etkinliğini sınırlayabilir. Kök kanal sistemi içindeki antimikrobiyal etkinliğini, mekanizmalarını ve diğer ilaçlara olan ihtiyacını aydınlatmak için daha fazla bilimsel araştırma gereklidir.

KAYNAKLAR

1. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. Scand J Dent Res. 1981;89(4):321-8.
2. Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. Int Endod J. 1985;18(1):35-40.
3. De Moor RJG, De Witte AMJC. Periapical lesions accidentally filled with calcium hydroxide. Int Endod J. 2002;35(11):946-58.
4. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. J Endod. 1990;16(10): 498-504.
5. Bystrom A, Claesson R, Sundqvist G. The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. Endod Dent Traumatol. 1985;1(5):170-5.
6. Orstavik D, Kerekes K, Molven O. Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. Int Endod J. 1991;24(1):1-7.
7. Sjögren U, Figdor D, Spångberg L, Sundqvist G. The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. Int Endod J. 1991;24(3):119-25.
8. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1965;20(3):340-9.
9. Möller AJ, Fabricius L, Dahlén G, Ohman AE, Heyden G. Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. Scand J Dent Res. 1981;89(6):475-84.
10. Dalton BC, Orstavik D, Phillips C, Pettiette M, Trope M. Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation. J Endod. 1998;24(11):763-7.
11. Heithersay GS. Calcium hydroxide in the treatment of pulpless teeth with associated pathology. J Br Endod Soc. 1975;8(2):74-93.
12. Freeman BA, Crapo JD. Biology of disease: free radicals and tissue injury. Lab Investig J Tech Methods Pathol. 1982;47(5):412-26.
13. Brooks GF, Butel JS, Morse SA. Jawetz, Melnick, and Adelberg's Medical Microbiology.(21st) ed. Appelton and Lange. Middle East Ed Beirut Leban. 1998.
14. Halliwell B. Oxidants and human disease: some new concepts. FASEB J Off Publ Fed Am Soc Exp Biol. 1987;1(5):358-64.
15. Crawford JM, Cotran RS, Kumar V, Collins T. Robbins pathologic basis of disease. Robbins Pathol Basis Dis. 1999.
16. Voet D, Voet JG, Campbell PN. Biochemistry. 2nd ed. Trends Biochem Sci. 1995;20(8): 330.
17. Imlay JA, Linn S. DNA damage and oxygen radical toxicity. Science. 1988;240(4857): 1302-9.
18. Georgopoulou M, Kontakiotis E, Nakou M. In vitro evaluation of the effectiveness of calcium hydroxide and paramonochlorophenol on anaerobic bacteria from the root canal. Endod Dent Traumatol. 1993;9(6):249-53.
19. Stuart KG, Miller CH, Brown CE, Newton CW. The comparative antimicrobial effect of calcium hydroxide. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1991;72(1):101-4.
20. DiFiore PM, Peters DD, Setterstrom JA, Lorton L. The antibacterial effects of calcium hydroxide apexification pastes on Streptococcus sanguis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1983;55(1):91-4.
21. Siqueira JF, Gonçalves RB. Antibacterial activities of root canal sealers against selected anaerobic bacteria. J Endod. 1996;22(2):79-80.

22. Abdulkader A, Duguid R, Saunders EM. The antimicrobial activity of endodontic sealers to anaerobic bacteria. Int Endod J. 1996;29(4): 280-3.
23. Siqueira JF, de Uzeda M. Intracanal medicaments: evaluation of the antibacterial effects of chlorhexidine, metronidazole, and calcium hydroxide associated with three vehicles. J Endod. 1997;23(3):167-9.
24. Siqueira JF, Lopes HP, de Uzeda M. Recontamination of coronally unsealed root canals medicated with camphorated paramonochlorophenol or calcium hydroxide pastes after saliva challenge. J Endod. 1998;24(1): 11-14.
25. Siqueira JF, de Uzeda M. Influence of different vehicles on the antibacterial effects of calcium hydroxide. J Endod. 1998;24(10):663-5.
26. Oguntebi BR. Dentine tubule infection and endodontic therapy implications. Int Endod J. 1994;27(4):218-22.
27. Tronstad L, Andreasen JO, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. J Endod. 1981;7(1):17-21.
28. Nerwich A, Figdor D, Messer HH. pH changes in root dentin over a 4-week period following root canal dressing with calcium hydroxide. J Endod. 1993;19(6):302-6.
29. Padan E, Zilberstein D, Schuldiner S. pH homesstasis in bacteria. Biochim Biophys Acta BBA-Rev Biomembr. 1981;650(2-3):151-66.
30. Atlas RM. Principles of Microbiology. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Publishers; 1997.
31. Siren EK, Haapasalo MP, Ranta K, Salmi P, Kerosuo EN. Microbiological findings and clinical treatment procedures in endodontic cases selected for microbiological investigation. Int Endod J. 1997;30(2):91-95.
32. Tronstad L. Recent development in endodontic research. Eur J Oral Sci. 1992;100(1):52-9.
33. Haapasalo M, Ranta H, Ranta KT. Facultative gram-negative enteric rods in persistent periapical infections. Acta Odontol Scand. 1983;41(1):19-22.
34. Marsh PD, McKee AS, McDermid AS. Continuous culture studies. Biol Species Porphyromonas Gingivalis CRC Press Boca Raton Fla. 1993:105-26.
35. Haapasalo M, Orstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. J Dent Res. 1987;66(8):1375-9.
36. Safavi KE, Spangberg LS, Langeland K. Root canal dentinal tubule disinfection. J Endod. 1990;16(5):207-10.
37. Orstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. Endod Dent Traumatol. 1990;6(4):142-9.
38. Heling I, Steinberg D, Kenig S, Gavrilovich I, Sela MN, Friedman M. Efficacy of a sustained-release device containing chlorhexidine and Ca(OH)2 in preventing secondary infection of dentinal tubules. Int Endod J. 1992;25(1):20-4.
39. Siqueira JF, de Uzeda M. Disinfection by calcium hydroxide pastes of dentinal tubules infected with two obligate and one facultative anaerobic bacteria. J Endod. 1996;22(12):674-6.
40. Cvek M, Hollender L, Nord CE. Treatment of non-vital permanent incisors with calcium hydroxide. VI. A clinical, microbiological and radiological evaluation of treatment in one sitting of teeth with mature or immature root. Odontol Revy. 1976;27(2):93-108.
41. Reit C, Dahlén G. Decision making analysis of endodontic treatment strategies in teeth with apical periodontitis. Int Endod J. 1988;21(5):291-9.
42. Barbosa CA, Gonçalves RB, Siqueira JF, De Uzeda M. Evaluation of the antibacterial activities of calcium hydroxide, chlorhexidine, and camphorated paramonochlorophenol as intracanal medicament. A clinical and laboratory study. J Endod. 1997;23(5):297-300.
43. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. Int Endod J. 1997;30(5):297-306.
44. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1998;85(1):86-93.
45. Molander A, Reit C, Dahlén G, Kvist T. Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. Int Endod J. 1998;31(1):1-7.
46. Stevens RH, Grossman LI. Evaluation of the antimicrobial potential of calcium hydroxide as an intracanal medicament. J Endod. 1983;9(9):372-374.
47. Noda M, Komatsu H, Inoue S, Sano H. Antibiotic susceptibility of bacteria detected from the root canal exudate of persistent apical periodontitis. J Endod. 2000;26(4):221-4.
48. Hancock HH, Sigurdsson A, Trope M, Moiseiwitsch J. Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in a North American population. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2001;91(5):579-86.
49. Sato T, Hoshino E, Uematsu H, Noda T. Predominant obligate anaerobes in necrotic pulps of human deciduous teeth. Microb Ecol Health Dis. 1993;6(6):269-75.
50. Waltimo TM, Sirén EK, Orstavik D, Haapasalo MP. Susceptibility of oral Candida species to calcium hydroxide in vitro. Int Endod J. 1999;32(2):94-8.
51. Weiger R, Manncke B, Werner H, Löst C. Microbial flora of sinus tracts and root canals of non-vital teeth. Endod Dent Traumatol. 1995;11(1):15-9.
52. Tanriverdi F, Esener T, Erganiş O, Belli S. An in vitro test model for investigation of disinfection of dentinal tubules infected with Enterococcus faecalis. Braz Dent J. 1997;8(2): 67-72.
53. Gomes BPF de A, Ferraz CCR, Garrido FD, et al. Microbial susceptibility to calcium hydroxide pastes and their vehicles. J Endod. 2002;28(11):758-61.
54. Lima RKP, Guerreiro-Tanomaru JM, Faria-Júnior NB, Tanomaru-Filho M. Effectiveness of calcium hydroxide-based intracanal medicaments against Enterococcus faecalis. Int Endod J. 2012;45(4):311-6.
55. Waltimo TM, Sirén EK, Torkko HL, Olsen I, Haapasalo MP. Fungi in therapy-resistant apical periodontitis. Int Endod J. 1997;30(2): 96-101.
56. Nair PN, Sjögren U, Krey G, Kahnberg KE, Sundqvist G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study. J Endod. 1990;16(12):580-8.
57. Fava LRG, Saunders WP. Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications. Int Endod J. 1999;32(4):257-82.
58. Frank AL. Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. J Am Dent Assoc. 1966;72(1):87–93.
59. Anthony DR, Gordon TM, del Rio CE. The effect of three vehicles on the pH of calcium hydroxide. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1982;54(5):560-5.
60. Ohara P, Torabinejad M, Kettering JD. Antibacterial effects of various endodontic medicaments on selected anaerobic bacteria. J Endod. 1993;19(10):498-500.
61. Naumovich DB. Surface tension and pH of drugs in root canal therapy. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1963;16(8):965-8.
62. Spångberg L, Rutberg M, Rydinge E. Biologic effects of endodontic antimicrobial agents. J Endod. 1979;5(6):166-75.
63. Torneck CD, Smith JS, Grindall P. Biologic effects of endodontic procedures on developing incisor teeth. IV. Effect of debridement procedures and calcium hydroxide-camphorated parachlorophenol paste in the treatment of experimentally induced pulp and periapical disease. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1973;35(4):541-54.
64. Holland R, Souza V, Nery Mj, Mello W, Bernabé Pfe, Ja Fılho O. A histological study of the effect of calcium hydroxide in the treatment of pulpless teeth of dogs. Int Endod J. 1979;12(1):15–24.

65. Zerella JA, Fouad AF, Spångberg LSW. Effectiveness of a calcium hydroxide and chlorhexidine digluconate mixture as disinfectant during retreatment of failed endodontic cases. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2005;100(6):756-61.

66. Engstrom B. The significance of Enterococci in root ranal treatment. Odontol Revy. 1964;15:87–105.

67. Dahlén G, Samuelsson W, Molander A, Reit C. Identification and antimicrobial susceptibility of enterococci isolated from the root canal. Oral Microbiol Immunol. 2000;15(5): 309-12.

68. Molander A, Dahlén G. Evaluation of the antibacterial potential of tetracycline or erythromycin mixed with calcium hydroxide as intracanal dressing against Enterococcus faecalis in vivo. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003;96(6):744-50.

69. Deveaux E, Dufour D, Boniface B. Five methods of calcium hydroxide intracanal placement: an in vitro evaluation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000;89(3):349-55.

70. Behnen MJ, West LA, Liewehr FR, Buxton TB, McPherson JC. Antimicrobial activity of several calcium hydroxide preparations in root canal dentin. J Endod. 2001;27(12):765-7.

71. Walton RE, Holton IF, Michelich R. Calcium hydroxide as an intracanal medication: effect on posttreatment pain. J Endod. 2003;29(10):627-9.

72. Albashaireh ZSM, Alnegrish AS. Postobturation pain after single-and multiple-visit endodontic therapy. A prospective study. J Dent. 1998;26(3):227-32.

73. Clem WH. Posttreatment endodontic pain. J Am Dent Assoc. 1970;81(5):1166-70.

74. Trope M. Flare-up rate of single-visit endodontics. Int Endod J. 1991;24(1):24-7.

75. Law A, Messer H. An evidence-based analysis of the antibacterial effectiveness of intracanal medicaments. J Endod. 2004;30(10): 689-94.

76. Ghoddusi J, Javidi M, Zarrabi MH, Bagheri H. Flare-ups incidence and severity after using calcium hydroxide as intracanal dressing. N Y State Dent J. 2006;72(4):24-8.

77. Fava LR. Acute apical periodontitis: incidence of post-operative pain using two different root canal dressings. Int Endod J. 1998;31(5):343-7.

78. Singh RD, Khatter R, Bal RK, Bal CS. Intracanal medications versus placebo in reducing postoperative endodontic pain--a double-blind randomized clinical trial. Braz Dent J. 2013;24(1):25-9.

79. Gama TGV, de Oliveira JCM, Abad EC, Rôças IN, Siqueira JF. Postoperative pain following the use of two different intracanal medications. Clin Oral Investig. 2008;12(4): 325-30.

80. Ehrmann EH, Messer HH, Adams GG. The relationship of intracanal medicaments to postoperative pain in endodontics. Int Endod J. 2003;36(12):868-75.

81. Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. J Endod. 1979;5(3):83-90.

82. Byström A. Evaluation of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. 1986.

83. Sjögren U, Figdor D, Spångberg L, Sundqvist G. The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. Int Endod J. 1991;24(3):119-25.

84. Trope M, Delano EO, Ørstavik D. Endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: single vs. multivisit treatment. J Endod. 1999;25(5):345-50.

85. Katebzadeh N, Sigurdsson A, Trope M. Radiographic evaluation of periapical healing after obturation of infected root canals: an in vivo study. Int Endod J. 2000;33(1):60-5.

86. Peters LB, Wesselink PR. Periapical healing of endodontically treated teeth in one and two visits obturated in the presence or absence of detectable microorganisms. Int Endod J. 2002;35(8):660-7.

87. Molander A, Warfvinge J, Reit C, Kvist T. Clinical and radiographic evaluation of one- and two-visit endodontic treatment of asymptomatic necrotic teeth with apical periodontitis: a randomized clinical trial. J Endod. 2007;33(10):1145-8.

88. Weiger R, Rosendahl R, Löst C. Influence of calcium hydroxide intracanal dressings on the prognosis of teeth with endodontically induced periapical lesions. Int Endod J. 2000;33(3):219-26.

89. Sathorn C, Parashos P, Messer HH. Effectiveness of single-versus multiple-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. Int Endod J. 2005;38(6):347-55.

90. Siqueira JF, Lopes HP. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. Int Endod J. 1999;32(5):361-9.

91. Sathorn C, Parashos P, Messer H. Antibacterial efficacy of calcium hydroxide intracanal dressing: a systematic review and meta-analysis. Int Endod J. 2007;40(1):2-10.

92. Siqueira Jr JF, Paiva SS, Rôças IN. Reduction in the cultivable bacterial populations in infected root canals by a chlorhexidine-based antimicrobial protocol. J Endod. 2007;33(5): 541-7.

93. Waltimo T, Trope M, Haapasalo M, Ørstavik D. Clinical efficacy of treatment procedures in endodontic infection control and one year follow-up of periapical healing. J Endod. 2005;31(12):863-6.

94. Penesis VA, Fitzgerald PI, Fayad MI, Wenckus CS, BeGole EA, Johnson BR. Outcome of one-visit and two-visit endodontic treatment of necrotic teeth with apical periodontitis: a randomized controlled trial with one-year evaluation. J Endod. 2008;34(3): 251-7.

95. Kenee DM, Allemang JD, Johnson JD, Hellstein J, Nichol BK. A quantitative assessment of efficacy of various calcium hydroxide removal techniques. J Endod. 2006;32(6):563-5.

96. Kuga MC, Tanomaru-Filho M, Faria G, Só MVR, Galletti T, Bavello JRS. Calcium hydroxide intracanal dressing removal with different rotary instruments and irrigating solutions: a scanning electron microscopy study. Braz Dent J. 2010;21(4):310-4.

97. Van der Sluis LWM, Wu MK, Wesselink PR. The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies. Int Endod J. 2007;40(1):52-7.

98. Balvedi RPA, Versiani MA, Manna FF, Biffi JCG. A comparison of two techniques for the removal of calcium hydroxide from root canals. Int Endod J. 2010;43(9):763-8.

99. Taşdemir T, Celik D, Er K, Yildirim T, Ceyhanli KT, Yeşilyurt C. Efficacy of several techniques for the removal of calcium hydroxide medicament from root canals. Int Endod J. 2011;44(6):505-9.

100. Wiseman A, Cox TC, Paranjpe A, Flake NM, Cohenca N, Johnson JD. Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. J Endod. 2011;37(2):235-8.

101. Rödig T, Hirschleb M, Zapf A, Hülsmann M. Comparison of ultrasonic irrigation and RinsEndo for the removal of calcium hydroxide and Ledermix paste from root canals. Int Endod J. 2011;44(12):1155-61.

View publication stats