

Bölüm 5

ENDODONTİDE KULLANILAN AYDINLATMA VE BÜYÜTME TEKNİKLERİ -GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE GENEL BİR BAKIŞ

Neslihan YILMAZ ÇIRAKOĞLU¹

GİRİŞ

Endodontik tedavide teşhis nedeniyle, tedavi planı sırasında, tedavi işlemleri boyunca ve tedavi sonrasında prognozun değerlendirilmesinde büyütme sistemleri çok eski yıllardan beri kullanılmaktadır (1.2). Oral operasyon alanının doğası gereği çok dar ve kısıtlı olması; diş hekimlerinin çalışmasını oldukça zorlaştırmaktadır. Büyütme sistemleri klinisyenin kas-iskelet sağlığını korumak amacındayken (3,4) görme ile ilgili yüksek talepler nedeniyle postür sağlığına zararlı olabilmektedir (5). Ancak büyütme sistemlerinin kullanımının; genel olarak oral kavite gibi oldukça dar bir alanda çalışma alanını genişletmesi nedeniyle dezavantajlarından daha fazla olarak ek faydalar sağladığı tartışmasızdır. Bu bölümün amacı geçmişten günümüze kadar gelen süreçte diş hekimliği ve özellikle endodonti alanında kullanılan büyütme sistemlerini incelemek ve tanıtmaktır.

Endodontik prosedürlerde el yeteneği ve görsel bilişsel becerilerin rolü büyüktür. Klinik pratiğinde net görüş, çıplak gözle ancak kısıtlı bir şekilde sağlanabilir. Büyütme sistemlerinin kullanımı ile; ilgili görüş alanlarının keskinlik ve detay özellikleri birkaç katına kadar iyileştirilebilmektedir. Dental büyütme sistemleri bu anlamda endodonti alanında teşhis ve tedavi planlamasında büyük kolaylıklar sağlamıştır. Geçmişten beri devam eden geleneksel diş hekimliğinden mikrocerrahi alanına yönelme de aynı şekilde büyütme sistemlerinin bulunması ve klinik pratiğinde kullanılmasıyla beraber başlamıştır. Günümüzde tüm diş hekimliği uzmanlık alanları bu büyütme cihazlarını hem teşhis hem de tedavi planlamalarında aktif olarak kullanmaktadır (6).

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, neslihan.yilmazcirakoglu@karabuk.edu.tr

Büyütme sağlayan cihazlara örnek olarak; operasyon mikroskobu, dental büyüteçler, dental endoskopi cihazları gösterilebilirken; dental operasyon mikroskobunun ko-aksiyal aydınlatması, cerrahi kafa lambaları, dental büyüteçlere eklenebilen aydınlatma araçları, aerotor başlığının aydınlatması ise iyileştirilmiş aydınlatma sağlayan cihazlara örnek olarak verilebilir.

İNSANDA GÖRME DUYUSU VE BİYOLOJİK MEKANİZMASI

İnsanın yaşam kalitesi için çok önemli olan görme duyusu ve biyolojik mekanizması eski zamanlardan beri ilgi çekici bir konu olmuş ve farklı teorilerle açıklanmaya çalışılmıştır. Ortaya atılan ilk teorilerden biri olan Emisyon (extramisyon) Teorisine göre; İskenderiyeli Öklid (MÖ 330-275) gözlerden yayılan ışınların karşısındaki objeler tarafından kesintiye uğraması sonucu görüntünün oluştuğunu savunmaktaydı. Diğer bir deyişle ışığın esas kaynağı gözlerimizdi (7). Aristoteles (MÖ 384-322) tarafından savunulan İntramisyon Teorisi ise; ışığın esas kaynağının objeler olduğu ve bu objelerden yayılan ışığın gözlere gelmesi ile görüntünün oluştuğu üzerine kuruluydu. Güncel modern teoriye en yakın olan teori ise İbn-i Heysem (Alhazen ya da Alhacen olarak da bilinmektedir) tarafından ortaya atılmıştır (7). İbn-i Heysem'in ayrıca "Optiğin Kitabı" adını verdiği çok değerli başka bir eseri daha bulunmaktadır. İlgili teori; objelerden yansıyan ışığın gözler tarafından algılandığını ve bunun sonucunda "görsel algılama"nın gözde değil beyinde oluştuğunu savunmuştur (7). Günümüzde ulaşılan en modern teoriye göre ise; ışık kaynağından gelen ışık demetlerinin bir bölümü obje tarafından absorbe edildikten sonra bir bölümü objeden yansımakta, yansıyan ışık demetleri gözlere gelmektedir. Daha sonra gözün iris bölümünden geçip lens tarafından odaklandıktan sonra gözün arka kısmındaki retina tabakasına gelmektedir. Işık demeti halinde alınmaya başlayan girdiler gözün retina bölümünde ışığa duyarlı hücreler tarafından elektrik sinyallerine dönüştürülmektedir. Son olarak ise algılanan elektriksel sinyaller optik sinirler yardımıyla beyne iletilmektedir. Beynin görsel korteks kısmına gelen elektriksel sinyaller geçmiş deneyimler ve öğrenilen verilerin de eklenmesiyle analiz edilmekte ve tüm bu aşamalar sonucunda "görsel algı" oluşmaktadır (7).

İNSANIN GÖRME GÜCÜ

İnsanın görme sınırlarını belirleyen en önemli parametre, gelen ışığın dalga boyunun gözün retina kısmında elektriksel sinyal oluşturabilmesidir. Görünen ışığın dalga boyu yaklaşık 400-700 nm arasındadır. Diğer bir deyişle; insan reti-

nasını uyararak elektriksel iletinin oluşmasını sağlayan ışık dalga boyu değerleri oldukça kısıtlıdır. Işık özelliğinin yanı sıra objenin boyutu, objenin yansıttığı ya da obje üzerine düşen ışık yoğunluğu, obje-göz arası uzaklık ve ortam şartları da görmede etkili olan faktörlerdendir. Örneğin; küçük cisimleri görme konusunda “çözünürlük” terimi öne çıkmaktadır.

Çözünürlük, bir optik sistemin iki ayrı objeyi net bir şekilde birbirinden ayırt edebilmesidir. Klinisyenler, dental işlemleri bakterisiz ve sızdırmaz şekilde gerçekleştirmek için çaba gösterebilirler de, insan gözünün çözünürlük gücü sadece 0,2 mm'dir (8). Yani çoğu insan, 0,2 mm'den daha yakın iki noktayı sadece bir nokta şeklinde görür. Dental işlemlerde de 0,2 mm'den daha küçük olan objelerin büyütmesiz çıplak gözle görülmesi mümkün değildir. Yardımcı büyütme cihazları (büyüteçler, operasyon mikroskopları, cerrahi kafa lambaları, fiber optik aeratör ışıkları vb.) çözünürlüğü artırmak için kullanılabilir (8). Örneğin; büyütmede yardımcı olarak kullanılan operasyon mikroskobu çözünürlük sınırını 0,2 mm'den 0.006 mm'ye (6µm) yükseltebilir.

ÇIPLAK GÖZÜN KISITLILIKLARI VE BÜYÜTME CİHAZLARININ ÖNEMİ

Kök kanallarını çıplak gözle sadece kanal ağzı seviyelerine kadar görebiliriz (9). Ayrıca çıplak gözle görme 40 yaş civarında gittikçe yetersizleşmeye başlar (10). Bu durum dişlere yerleştirilen minyatür göz çizelgeleri yardımıyla doğrulanmıştır (11). Bu görsel engellerin farkında olunmaması; diş hekimliği mesleğinde genel olarak problem oluşturmaktadır (12). Neyseki çıplak gözle ve yaşa bağlı görme kısıtlılıkları büyüteç ve operasyon mikroskobu kullanımı ile minimalize edilmeye çalışılmaktadır (11,13).

TARİHİ GELİŞİM

Büyütme sistemleri kavramı mikrocerrahi alanında yıllardır kullanılan bir terimdir. Tıptaki ilk büyütme sistemleri 19. yüzyılın sonlarında kullanılmaya başlanmasına rağmen ilk operasyon mikroskobu olan OPMI 1 1950 yılında Carl Zeiss tarafından piyasaya sunulmuştur. Bu cihaz, eş eksenli (coaxial) aydınlatma sistemi ve stereoskopik (3 boyutlu) görüntüleme özelliklerine sahipti. Ancak cihaz bazı dezavantajları (uzun odak noktası ve pratik olmaması gibi) sebebiyle yeterli ilgiyi görmedi. Diş hekimliğinde kullanılan ilk mikroskop ise 1978 yılında Apotheker ve Jako tarafından geliştirilmiştir (14). Bizim alanımız olan endodonti pratiğinde ise mikroskoplar 90'lı yılların başından bu yana kullanılmaktadır

(15). Endodonti alanında geçmişten günümüze aydınlatma ve büyütme cihazlarının aktif kullanımı hem cerrahi olmayan hem de cerrahi prosedürlerle birlikte yapılan endodontik uygulamaları oldukça kolaylaştırmıştır. Mikroskop ile yapılan büyütme ve aydınlatma sayesinde, en karmaşık kök kanal sistemleri bile genellikle cerrahi olmayan endodontik tedavi yöntemleri ile teşhis edilerek tedavi edilebilmekte; cerrahi endodontik uygulamalarda ise çıplak gözle göremeyeceğimiz kökün apikale yakın kısımları detaylı bir şekilde değerlendirilip; apikal kavite preparasyonu ve apikal rezeksiyon gibi işlemler direkt ve büyütülmüş bir görüş alanında daha pratik bir şekilde yapılabilmektedir.

TERMİNOLOJİ

Mikrocerrahi: Mikroskop gibi büyütme sistemleri kullanılarak yapılan cerrahi prosedürler mikrocerrahi olarak tanımlanmaktadır (16).

Büyütme: Bir modeli, objeyi veya görüntüyü büyüterek, detayları daha kolay ve ayrıntılı hale getirmektir (17). Büyüteçlerde böyle bir imkan bulunmamasına rağmen mikrocerrahide kullanılan mikroskopların büyütme oranları yapılacak işleme göre değiştirilebilmektedir (6).

Çalışma Mesafesi: Pratisyenin göz düzlemi ile işlem yapılan yüzey arasındaki mesafedir. Çalışma mesafesi hesaplanmasında mikroskobun ön merceği ile çalışma sahasının arasındaki mesafe önemlidir. Daha konforlu bir çalışma olanağı için daha uzun bir çalışma mesafesi gereklidir (6).

Alan Derinliği: Pratisyenin uygun çalışma mesafesinde görsel detayları koruyarak çalışabildiği alandır (6).

Alan Genişliği: Pratisyenin büyütme cihazı yardımıyla gerçekleştirdiği operasyon sırasında gördüğü alanın enini ve boyunu anlatmak için kullanılır (6). Bu terimin yerine çoğunlukla görüş alanı ifadesi de kullanılır.

Eğilme açısı: İşlem sırasında pratisyenin gözlerinin, işlem yapılan alanla olan açısıdır. Eğilme açısı 15 derece ile 44 derece arasında değişkenlik gösterebilir (6).

Günümüzde birçok büyütme sistemi alternatifi diş hekimlerinin kullanımına sunulmaktadır. Bu sistemler, basit büyüteçlerden, karmaşık prizmatik büyüteçlere ve son olarak geliştirilen cerrahi operasyon mikroskoplarına kadar çeşitlilik arz etmektedir. Her büyütme sisteminin kendine özgü avantajlı yönleri olduğu kadar; kısıtlı yanları da bulunmaktadır. Genel olarak bu büyüteçler iki monooküler parçadan oluşur. Her bir büyüteç yana yana yerleştirilmiş merceklerden oluşmaktadır (18,19)

ENDODONTİDE BÜYÜTMENİN FARKLI DERECELERİNİN KULLANIMI

Büyütme dereceleri 3 seviye olarak kategorize edilmiştir (20,21);

Düşük Büyütme (3X-8X)

Frez veya ultrasonik uçların dişe uygun olarak konumlandırılması amacıyla kullanılır. Geniş görüş alanı, komşu anatomik yapıların karşılaştırılmasına olanak sağlar. Bu büyütme seviyesi, kolaylıkla tedavi edilebilecek basit vakalarda kullanılabilir.

Orta Büyütme (8X-16X)

Bu büyütme aralığı kabul edilebilir bir görüş alanı ve alan derinliği sağladığı için hem cerrahi olmayan hem de cerrahi endodontik tedavilerde kullanılabilir. Daha yüksek hassasiyet ve detay gerektiren perforasyon tamiri, kırık enstrüman uzaklaştırılması, cerrahi işlemler gibi karmaşık klinik işlemlerin uygulanmasında kullanımı uygundur.

Yüksek Büyütme (16X-30X)

Genellikle çok küçük anatomik yapıların (örneğin kalsifiye kanal ağzları, minik çatlak hatları) muayeneleri ve yakından incelenmeleri için bu büyütme aralığı idealdir. Çok kısıtlı görüş alanına sahip olmasının yanı sıra; küçük hareketlenmeler sonucunda ani odak kayıpları meydana gelebilir. Kalsifik metamorfozlu dişlerde sekonder ve tersiyer dentin arasındaki çıplak gözle ayırt edilemeyecek renk farklılıkları bu büyütme seviyesiyle kolaylıkla ayırt edilebilir (22).

BÜYÜTME KULLANIMINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Klinisyenleri büyütme cihazlarını kullanmaya teşvik eden faktörler arasında; pratik uygulama kursları ve dental konferanslar yoluyla görsel bozulma ve kas-iskelet ağrısı gibi sağlık problemleri ile ilgili olarak bu tip teknolojik cihazların faydaları hakkında farkındalığın artması önemli bir yere sahiptir (23,24). Ayrıca bu araçların kullanımı sosyal medya aracılığıyla ve klinisyenlerin cesaretlendirici olumlu raporlarıyla da teşvik edilmektedir.

Tüm bu olumlu yönlerinin yanında kullanımlarıyla ilgili olarak bazı olumsuzluklar (örn; artan tedavi süresi, alışma süreci, enfeksiyon kontrolü ile ilgili konular, özellikle alt azı dişlerini tedavi ederken karşılaşılan pozisyonel zorluklar gibi) da bildirilmiştir (15,25,26,27).

Anatomik yapılar konusunda daha bilgili, görme keskinliği ve dokunma hassasiyetinde daha yetenekli olan genç klinisyenler bu cihazların avantajları konusunda genel olarak fikir birliğinde değiller. Onlar gözden kaçırılmış ince ve karmaşık anatominin tedavi edilmemiş alanları gizleyebileceği konusunda tam anlamıyla ikna olmuş değiller (28,29). Konforsuz çalışma, kısıtlı görme alanı, ağırlığı ve ayarlanamayan büyütme gibi nedenler büyütme cihazları ile çalışmanın olumsuz yanları olarak sayılabilir. Bu olumsuz özellikler operasyon mikroskobu için geçerli olmasa da onların da yüksek maliyetli olmaları ve çalışma sırasında mutlak yardımcı asistan gerektirmeleri büyüteçlere alternatif olarak kullanımlarını kısıtlayabilmektedir (22).

Görme keskinliği ve güvenilirliği üzerine olumsuz etkiler ile ilgili endişeler günümüzde çoktan çürütülmüştür (11,18). Daha kapsamlı görsel ayrıntılara alışık olan klinisyenler büyütme olmadan çıplak görüşlerinin oldukça yetersiz olduğunu farketmektedirler. Ayrıca görme keskinliğinin azalması hissini; yakın görüşte uzun saatler kas kasılmasının yarattığı göz yorgunluğunun bir sonucu olduğu bildirilmiştir. Kısa dinlenme molaları vermek ya da aralıklı olarak daha uzaktan bakmak bu problemlerin çözümü için yeterli olacaktır (22).

BÜYÜTME CİHAZLARININ AVANTAJLARI

Büyütme cihazlarının endodontide kullanımıyla ilişkili olarak 3 ana avantaj tanımlanmıştır:

1. Geliştirilmiş görüş
2. İyileştirilmiş çalışma postürü
3. Hasta ile artan iletişim ve yönlendirme

Geliştirilmiş Görüş

Klinik tanıdaki belirsizlikler geliştirilmiş görüş ile en aza indirilebilir (30). Minimal çatlaklar, başlangıç çürükleri ve mikrosızıntı kesin ve detaylı olarak bu yolla gözlemlenebilir. Ayrıca bunlara ek olarak endodonti pratiğinde kullanılan ince motor beceriler yüksek büyütmeyle geliştirilebilir (31).

Klinik prosedürleri yüksek hassasiyetle yapmak iatrojenik (hekim kaynaklı) hataları önler ve cerrahi olmayan endodontik tedaviler için gereken zamanda önemli bir azalma sağlar (32). Daha da önemlisi karmaşık klinik vakalar (zor ve kalsifiye kanalların tedavisi, iatrojenik hatalar ve retreatment vakaları gibi) mikroskop kullanımı ile maksimum kesinlik ile çözümlenebilir (33,34,35).

Büyütme altında gerçekleştirilen endodontik mikrocerrahi; minimal cerrahi alanda çalışıldığı için komşu anatomik yapılara zarar verme riskini azaltır ve operasyon minimal travmayla sonuçlanır (36). Ayrıca büyütme altında çalışma imkanı; rezeke edilmiş kök uçlarının çatlak, isthmus ve ek kanal açısından ayrıntılı muayenesine izin verir (37). Büyütme cihazları ile cerrahi operasyon alanına mikro enstrümanlarla müdahale edilebilir. Ayrıca daha derin ve merkezde konumlanmış; daha geniş enfekte alanı kapsayan bir retro (kök ucu) preparasyonu oluşturulmasına imkan verir (38,39).

Klinik prosedürler sırasında LCD monitor yoluyla birlikte gözlem imkanı yardımcı asistana daha fazla odaklanma ve daha dikkatli çalışma olanağı verir. Asistanın tükrük emiciyi klinisyenin görüş alanını kısıtlamadan yönetebilmesi; verimli bir iş akışı sağlar.

İyileştirilmiş Çalışma Postürü

Uygun çalışma postürü; tekrarlayan kas gerginliklerini önleyerek daha uzun çalışma süresi sağlar (40). Pratisyen diş hekimleri üzerinde yapılan bir anket çalışmasında; erken emekli olma nedenleri arasında en sık görüleni; kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları olarak belirtilmiştir (41). Bu nedenle büyütme cihazları ile sağlanan iyileştirilmiş bir çalışma postürü; diş hekimlerinin meslek hayatlarında önemli bir problem olan duruş bozukluklarını önleyebilir (42).

Hasta ile Artan İletişim ve Yönlendirme

Gelişmiş ekipmanların kullanımı klinisyenlerin daha profesyonel ve yetenekli olması sonucunu doğurmaktadır. Bunun sonucunda hastalar hekimlerine daha fazla güven duyacaklar, hasta ile iletişim ve yönlendirmeleri kolaylaşacaktır. Mikroskoba adapte edilen bir kamera; vakanın zorluğunu ve prognozunu hastaya açıklamak için yüksek çözünürlüklü fotoğraflar alınabilmesine imkan sağlamaktadır. Bu durum hastanın önerilen tedavi planını daha iyi anlayarak daha çok koopere olmasını teşvik edebilir (22).

BÜYÜTME CİHAZLARININ DEZAVANTAJLARI

Büyütme cihazlarının rapor edilen bazı dezavantajları; yeni çalışma ortamına ve ekipmanlarına uyum sağlama periyodu, büyütme cihazları ve ilgili aksesuarlarının yüksek maliyeti, enfeksiyon kontrolü için ek adımlar, lens çizilmeleri ve olası keskin aletle yaralanma riski olarak sayılabilir.

Uyum Sağlama Aşaması

Yüksek büyütme cihazlarıyla çalışmak için gereken uyum süresi diğerlerine göre biraz daha uzundur (43). Görme bozukluğu olan daha kıdemli diş hekimleri bu süreci daha uzun geçirmektedir. Büyüteç kullanımına aşına olan klinisyenler ise mikroskoba geçisi daha az zahmetli ve zorlu bulmaktadırlar; ancak yine de mikroskop kurulumu ve ekipmanları nedeniyle bir miktar farklılık gösterir.

Endodontist büyütme altında indirekt görüş ile çalışırken el ve göz koordinasyonunu sağlamayı yeniden öğrenmelidir. Ters çevrilmiş bir görüntü üzerinde kanal bulma ya da enstrüman oryantasyonunu sağlamak öncesinde bir miktar pratik yapmayı gerektirir. Orta ve yüksek seviyede büyütme için hassas ve ufak hareket değişimleri çok önemlidir. Çıplak gözle farkedilemeyen çok ufak bir titretilme bile büyütme altında belirgin bir şekilde farkedilmektedir (44). Bu sorun kolların vücuda daha yakın yerleştirdiği dengeli bir vücut postürü sağlanarak çözülebilir. Kol destekli bir operatör koltuğu bu pozisyonu sağlamada mükemmel bir yardımcı olabilir.

Büyütme ile çalışmanın ilk zamanlarında oluşabilecek baş ağrılarını azaltmak için klinisyenler büyütme artırmadan önce daha düşük seviyeli büyütme altında (x2,5-x3.0) pratiğe başlamalıdır. Ayrıca deneyimsiz operatörler başlarda daha kısa operasyon süresi ile başlayabilir veya gerekli durumlarda ara molalar verebilirler. Büyütme cihazlarının çeşitli tasarımları ile yapılacak deneme pratikleri onlara en rahat çalıştıkları ekipmanı seçmelerinde yardımcı olacaktır. Gözlük takan klinisyenler mikroskoplarla çalışırken göz merceklelerini geri çekmeyi unutmamalıdır. Menteşeler ve sabitleme mekanizmaları da baş dönmesi yaratabilecek hareketleri azaltmada önemli rol oynamaktadır (22).

Yüksek Maliyet

Büyüteç ve mikroskop kullanımı; yüksek maliyetleri nedeniyle özellikle gelişmekte olan ülkelerde henüz yaygın olarak kullanılamamaktadır. Büyüteçlere takılan aydınlatma ekipmanları ve mikrocerrahi enstrümanları da ayrıca ek bir maliyete neden olur. Ayrıca genel olarak mikroskoplar göz yorulmalarına neden olmadan yüksek seviyelerde büyütme sağlayan çeşitli optik tasarımları nedeniyle büyüteçlerden önemli ölçüde daha maliyetlidirler (14,45).

Enfeksiyon Kontrolü ve Lens Çizilmesi

Büyütme ile çalışılırken karşılaşılan bir diğer zorluk çapraz kontaminasyon riskidir. Büyüteç kullanan operatörler tedavi sırasında etrafa dokunmaktan veya

yönlerini değiştirmekten kaçınılmalıdır. Gerekli olan durumlarda büyüteci ve baş bandını yeniden konumlandırmak için asistan yardımcı olmalıdır. Uygun çalışma mesafesi kontaminasyon riskini minimale indirmek için zorunludur. Büyütme kullanarak çalışmanın diğer bir dezavantajı lenslerin çizilmesidir. Büyüteçlerin üzerine yerleştirilen koruyucu kapaklar lenslerin çizilmesini önler. Lenslerin üzerindeki yüzeysel kalıntılar hafif üfleme ve kurutma yoluyla temizlenebilir. Cihazların dezenfeksiyonu üretici firmanın talimatları doğrultusunda takip edilmeli, cihazın optimum işlevini sürdürmesi için profesyonel temizlik ve servis hizmetleri periyodik olarak yaptırılmalıdır (22).

Keskin Alet Yaralanmaları

Endodontide kullanılan anestezi-irrigasyon iğneleri ve eğe kullanımları arası dikkatsiz geçişlerde kesici yaralanmalar meydana gelebilir. Yaralanmalardan kaçınmak için aletler arasındaki geçiş becerileri klinisyen ve asistan arasında organize şekilde koordine edilmelidir. Bunun yanında klinisyenin irrigasyon ya da anestezi enjektörlerini hastaya doğru yöneltirken de dikkatli olması çok önemlidir. Alet geçişlerinde kesici yaralanmaları önlemek için mikroskopların göz kapakları ya da büyüteçler indirilip o şekilde aletlerin geçişi sağlanmalıdır. Klinisyen enstrüman değişimi sırasında görme alanında odaklanma kaybını azaltmak için el hareketlerini yalnızca bilekler ve parmaklarla sınırlandırmalıdır (22).

MİKROCERRAHİDE KULLANILAN BÜYÜTEÇ ÇEŞİTLERİ

Basit Büyüteçler: Basit büyüteçler yan yana bir çift pozitif menisküs mercekle içerir. Her merceğin iki yansıtıcı yüzeyi bulunur. Işık merceğe girerken ilk yansıma; ışık mercekten ayrılırken ise ikinci yansıma oluşur. Bu büyüteçlerde merceğin çapı ya da kalınlığı artırılarak büyütme oranı artırılabilir. Bu büyüteç türü fazla ağır ve büyük olduğundan diş hekimliğinde kullanılmamaktadır (46).

Bileşik (Compound) Büyüteçler: Bileşik büyüteçlerde, yakınsak (konverjan) mercekler belirli bir düzene göre yerleştirilmiştir. Bu merceklerin aralarında bulunan hava boşlukları, büyüteçlerin ışığı kırma gücünü, büyütme oranını, çalışma mesafesini ve alan derinliğini artırır. Operatif ihtiyaçlara göre merceklerin arasındaki mesafe değiştirilebilir. Diş hekimliğinde büyüteç kullanımı için rengi farklı göstermeyen (akromatik) bileşik mercekler tercih edilmelidir. Akromatik merceklerle renklerin keskinliği ve detay kalitesi daha iyi olacaktır (18).

Galilean Büyüteçler: Büyüteç sistemleri arasında en yaygın kullanım alanı olan sistemdir. Bu büyüteçlerde dezavantaj olarak sistem küresel sapmayla sınırlı olduğundan, pratikte büyütme aralığı x3.5 ya da daha azıyla kısıtlanmıştır. Büyütme oranı arttıkça, görüntü netliği düşmeye başlar. Galilean lens sistemleri ayrıca görsel bölgenin çevresinde istenmeyen bir ışık halkası meydana getirir. Fakat tüm bu dezavantajlarının yanında, hafif ve ucuz olmaları avantajları arasında sayılabilir (47).

Prizmatik Büyüteçler: Günümüzde en yüksek kalitede optik performansı sağlayan büyüteç çeşididir. Bu büyüteçlerde ışığın akışı prizmalar yardımıyla bir seri iç yansıma yaratılarak uzatılır. Bunun sonucunda daha iyi bir büyütme kalitesi, daha geniş görüş alanı ve daha büyük alan derinliği elde edilir. Oldukça ağır olmaları, mercek gövdelerinin uzun olması ve diğer sistemlere göre daha pahalı olmaları dezavantajları arasında sayılabilir. Bu büyüteçler, tüm büyütme aralıklarında kullanılabilir (19) (Şekil 1).



Şekil 1. Prizmatik lens sistemli büyüteç (Zeiss firmasının resmi sitesinden alınmıştır)

Hem Galilean hem de prizmatik sistemli büyüteçlerin lensleri gözlük çerçevesi üzerine takılabilir, ya da gözlük lensleri içine yerleştirilebilir. Çerçeve üzerine takılarak ayarlanabilen büyüteçler pratisyene görüş açısını ve interpupil mesafenin ayarlanması imkanı sağlar ve daha düşük maliyetlidir. Bu sistemlerin dezavantajları ise ağır olmaları ve daha dar bir görüş alanı sunmalarıdır. Pazarlayıcı ticari firmalar ağırlık dezavantajını daha hafif çerçeveler ve plastik lensler yardımıyla dengelemeye çalışmışlardır (19). Gözlük lensleri içine yerleştirilen büyüteçler ise pratisyenin çalışma mesafesi ve interpupil mesafesine

göre ayarlanarak sabitlenir. Diğer çerçeveye takılan büyüteçlere göre daha geniş görüş alanı sağlaması ve daha hafif olması avantajları arasındadır. Fakat daha pahalıdır ve yapılan işleme kontrol amacıyla bakmak ya da hastayla konuşmak için çıkarılamaz. Ayarlamamanın tam olarak doğru bir şekilde yapılamaması, otuz dakikadan uzun operatif işlemlerde göz yorgunluğuna neden olabilir (47).

CERRAHİ MİKROSKOPLAR VE ENDODONTİDE KULLANIMI

Cerrahi mikroskoplar klinisyenlere klasik dental büyüteçlere göre daha üstün büyütme gücü ve optik performans sağlamaktadır. Dental uygulamalar için tasarlanmış cerrahi mikroskoplarda Galilean optik sistemi kullanılmaktadır. Paralel optik aks oluşturma amacıyla binoküler görüş aparatıyla karşılıklı çalışan prizmalar kullanılır. Operatör bu sistem sayesinde gözlerinde rahatsızlık duymadan üç boyutlu görüntü elde edebilir. Ayrıca alan derinliği ve görüş alanı özellikleri de oldukça gelişmiştir (15). Cerrahi mikroskopların önemli avantajlarından biri de odaklamanın veya büyütme oranındaki değişikliklerin operasyon sırasında istenildiği gibi ayarlanabilir olmasıdır. Ayrıca cerrahi mikroskopların başka bir avantajı da, objektif mercekten, bir ışık kaynağı yardımı ile objenin aydınlatılabilmesidir. Işığın geldiği ve görüntünün alındığı kaynak aynı olduğu için gölge oluşumu olmaz (12,48).

Cerrahi mikroskoplar, büyütme oranı değiştirici, ışık kaynakları, binoküler tüpler ve göz parçasından oluşur. Mikroskop, yere, duvara, veya tavana sabitlenebilmektedir. Klinisyenlerin operasyon sırasında işlerini kolaylaştırdıkları için daha yüksek büyütme oranlı mikroskoplar, daha fazla oranda tercih edilmektedir. Bilekler ve parmaklar gibi mikromotor kasların ve eklemlerin kontrolünü sağlamak amacıyla klinisyenin dirsek ve omuzları operasyon sırasında devamlı sabit bir pozisyonda kalmalıdır. Leonard ve ark. (46) yaptıkları çalışmada, klinisyenlerin mikroskop kullanımı olmadan 1-2 mm civarında hareketler yaptığını, mikroskop ile x20 büyütme altında ise bu hareketlerin, 10-20 mikron aralığına düştüğünü rapor etmişlerdir. Ayrıca yaptıkları çalışma ile operasyon sırasında hassasiyetin, klinisyenin ellerine ve parmaklarına bağlı olmadığı, klinik hassasiyetin klinisyenin görüş kalitesiyle ilgili olduğunu belirtmişlerdir (46). X32 veya X40 gibi X16'dan daha büyük büyütmeye sahip mikroskoplar en küçük ayrıntıları bile inceleme imkanı sundukları için genellikle teşhis amacıyla kullanılmaktadır. Fakat diğer yandan bu kadar yüksek büyütmenin de bazı dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin odaklanılan bölgedeki alan derinliği oldukça azalmış olduğundan klinisyende bir süre sonra göz yorgunluğu oluşabilmektedir (49).

Diş hekimliğinde cerrahi mikroskopları ilk keşfeden bölüm endodontidir. Dental operasyon mikroskopunun endodontide kullanımı 1990'ların başlangıcında oldukça nadir kullanımından günümüzde çoğu endodontist tarafından kullanımına kadar ilerleme göstermiştir. Carr (50) dental operasyon mikroskopunun tanıtılmasının endodonti pratiğinde devrim yarattığını belirtmiştir. Diş hekimliğinde büyüteç ve baş lambaları kullanımından mikroskop kullanımına geçişteki ilerleme oftalmoloji ve beyin cerrahisi gibi çeşitli tıbbi uzmanlık alanlarındakine paralel bir gelişme göstermiştir.

Göreceli olarak yavaş kabul görmesine rağmen (51) operasyon mikroskobu artık hem cerrahi olmayan, hem de cerrahi endodontik tedavilerde değerli bir araç olarak kabul edilmektedir (52,53). Cerrahi olmayan geleneksel endodontide operasyon mikroskobu kullanımının avantajları arasında; kök kanal sisteminin daha detaylı olarak araştırılması ve daha verimli bir şekilde temizleme ve şekillendirme sağlaması (54), kanal ağzlarını tespit etmede kullanılması (55,56,57), kırık alet çıkarılmasında kullanılması (58), kanal kuruluşunun ve kanal patlarının dağılımının değerlendirilmesi (54) sayılabilir. Mikroskopun cerrahi endodontik uygulamalarda kullanımının başlıca avantajları ise; isthmus, kanal dallanmaları ve lateral kanallar gibi apikal anatomik yapıların belirlenmesi (36), kök ucu dolgu materyallerinin yerleştirilmesi (52), rezeke edilmiş kök ucunun çatlaklar açısından değerlendirilmesi (59) olarak belirtilmiştir.

Mikroskopun uygun teknikle ve doğru kullanımı, sağladığı üstün aydınlatma ve büyütme sayesinde klinisyenin zorlu kanalların karmaşık anatomik yapısını teşhis etmesine ve bu sayede endodontik tedavi planını ve tedavi işlemlerini daha sağlıklı bir şekilde yürütmesine yardımcı olur. Ayrıca mikroskop kullanımı, büyütme olmadan tedavi edilemez olarak kabul edilen karmaşık ve kötü prognoza sahip klinik vakaların tedavisini de mümkün kılmaktadır (60).

CERRAHİ MİKROSKOP KULLANIMI SIRASINDA KARŞILAŞILAN OLUMSUZ DURUMLAR

Bir büyütme sisteminin kullanımı, profesyonelin deneyim durumuna bakılmaksızın herhangi bir zamanda uygulanabilir olmasına rağmen (9) Dable ve ark. (61) meslek hayatının başlarında olan klinisyenlerin büyüteç kullanmasını tavsiye etmektedir. Bilimsel kanıtlar büyütme kullanımının görme keskinliği (9), diş hekiminin duruş pozisyonu (62) ve dental işlemlerin kalitesi (63) gibi birçok konuda iyileşme sağladığını göstermektedir. Bazı araştırmalar da klinis-

yenlerin bu cihazlara bakış açılarını, adaptasyon süreçlerini, kullanım kolaylık-zorluklarını, klinik avantaj ve dezavantajlarını analiz etmiştir (5,64).

Mikroskop kullanımının bildirilen avantajlarına rağmen, endodontistlerin tümü mikroskop kullanmamaktadır. 1999 yılında Mines ve ark. (65) tarafından yapılan bir çalışmada endodontistlerin yalnızca %52'sinin mikroskop kullandığı belirtilmiştir. Mikroskop kullanmamanın bildirilen en yaygın nedenleri; pozisyonel zorluklar, verdiği bazı rahatsızlıklar ve tedavi süresini artırmasıdır. Kinomoto ve ark. (66) yaptıkları çalışmada her operatör grubunda alt çene azı dişlerde çalışma süresinin üst çene azı dişlerinden daha uzun sürdüğünü; alt çene bölgede daha kısa çalışma süresi için ise operatörlerin standart olarak daha gergin ve rahatsız edici bir pozisyon belirlemek zorunda kaldıklarını bildirmişlerdir. Açılı optik ve kısa lens kullanıldığında ise daha rahat olunabilmektedir (66).

Ayrıca mikroskopla çok yüksek büyütme ile çalışmak operasyon sırasında gözlerde rahatsızlık oluşmasına neden olabilmektedir. Bu durumun nedeni genellikle görüş alanının daralması ve alan derinliğinin azalmasıdır. Ayrıca çok geniş bir alanda çalışmak, yüksek büyütme nedeniyle yapılacak işlemleri daha zorlu ve komplike hale getirerek bazı problemlere neden olabilmektedir. Böyle durumlarda büyütme oranını düşürerek çalışmak (x4 – x7) daha avantajlıdır. İşlem alanının daha detaylı incelenmesi istenen durumlarda ise 10x – 15x gibi daha yüksek büyütmeyle çalışmak daha uygun olabilmektedir (16).

Cerrahi işlemler sırasında işlemin bölünmemesi ve devamlılığının sağlanması, ayrıca aletlerin daha pratik şekilde temini için klinisyenin yanında ona yardımcı olacak asistanın da bulunması oldukça önemlidir (67).

BÜYÜTME SİSTEMLERİ KULLANMANIN ENDODONTİ ALANINDAKİ SONUÇLARI

Uzun süreli randomize kontrollü çalışmalarda büyütme altında ve büyütme olmadan yapılan endodontik tedavi sonuçlarının karşılaştırması, bazı nedenlerden dolayı zorlayıcı olmuştur (68). Ancak yapılan çok sayıda çalışmada büyütme kullanımının; endodontik tedavi sonuçlarını olumlu yönde desteklediği görülmektedir. (69,70,71).

Büyütme olmadan çalışıldığında gözden kaçarak tedavi edilmeyen üst azı dişlerinin ikinci meziobukkal kanalları uzun dönem prognozu olumsuz yönde etkilemektedir (72). Ayrıca modern mikrocerrahi yöntemleri ile büyütme altında yapılan endodontik mikrocerrahi prosedürlerinde başarı oranı % 94 iken

büyütme ve ileri teknolojik enstrümanlar kullanılmadan yapılan cerrahi tedavilerde başarı oranı % 59'a düşmektedir (73).

SONUÇLAR

Büyütme cihazlarının özellikleri ve büyütmenin çeşitli seviyelerinin gerekliliğini anlamak klinisyenleri bu teknolojileri kullanma konusunda teşvik edecektir. Bunun sonucunda klinisyenlerin hem endodontik prosedürleri gerçekleştirme yeterlilikleri artıracak hem de tedavi sonuçları iyileşecektir.

Yakın gelecekte büyütme kullanımının özellikle endodonti alanında klinik uygulamalarda altın standart haline geleceği öngörülmektedir. Bu büyütme cihazları dental klinisyenler arasında geniş çaplı kabul gördüğünde canlı bağlantılar yoluyla teledanışma yöntemi de gerçeklik kazanabilir. Günümüzde dünya çapında birçok diş hekimliği eğitim kurumu eğitim süresinde aktif olarak öğrencilerini büyütme kullanımına teşvik etmektedir. Artmış ergonomik rahatlık ve geliştirilmiş görme avantajları nedeniyle büyütme kullanımının profesyonel klinisyenler kadar lisans eğitim aşamasındaki diş hekimi adayları için de önemli olduğu düşünülmektedir. Biz de bu sonuçlar doğrultusunda ülkemizde hem klinisyen diş hekimleri hem de lisans eğitimindeki diş hekimliği öğrencileri için büyütme ve aydınlatma kullanımını destekleyecek ve teşvik edecek adımlar atmalıyız.

KAYNAKLAR

1. Forsberg J. A comparison of the paralleling and bisectingangle radiographic techniques in endodontics. *International Endodontic Journal*. 1987;20(4): 177-182. doi: 10.1111/j.1365-2591.1987.tb00611.x.
2. Forsberg J. Radiographic reproduction of endodontic 'working length' comparing the paralleling and the bisectingangle techniques. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 1987;64(3): 353- 360. doi: 10.1016/0030-4220(87)90017-X.
3. Branson BG, Bray KK, Gadbury-Amyot C, et al. Effect of magnification lenses on student operator posture. *Journal of Dental Education*. 2004;68(3):384-389. doi: 10.1002/j.0022-0337.2004.68.3.tb03755.x.
4. Hayes MJ, Osmotherly PG, Taylor JA, et al. The effect of loupes on neck pain and disability among dental hygienists. *Work*. 2016;53(4):755- 762. doi: 10.3233/WOR-162253.
5. Eichenberger M, Perrin P, Neuhaus KW, et al. Influence of loupes and age on the

- near visual acuity of practicing dentists. *Journal of Biomedical Optics*. 2011;16(3): 035003. doi:10.1117/1.3555190.
6. Mallikarjun SA, Devi PR, Naik AR, et al. Magnification in dental practice: How useful is it? *Journal of Health Research and Reviews*. 2015;2(2): 39-44. doi: 10.4103/2394-2010.160903.
 7. Uluc K, Kujoth GC, Baskaya MK. Operating microscopes: past, present, and future. *Neurosurgical Focus*. 2009;27(3): E4. doi: 10.3171/2009.6.FOCUS09120.
 8. Carr GB, Murgel CA. The use of the operating microscope in endodontics. *Dental Clinics of North America*. 2010;54(2): 191-214. doi: 10.1016/j.cden.2010.01.002.
 9. Perrin P, Neuhaus KW, Lussi A. The impact of loupes and microscopes on vision in endodontics. *International Endodontic Journal*. 2014;47(5): 425-429. doi: 10.1111/iej.12165.
 10. Burton JF, Bridgman GF. Presbyopia and the dentist: The effect of age on clinical vision. *International Dental Journal*. 1990;40(5): 303-312.
 11. Perrin P, Ramseyer ST, Eichenberger M, et al. Visual acuity of dentists in their respective clinical conditions. *Clinical Oral Investigations*. 2014;18: 2055-2058. doi: 10.1007/s00784-014-1197-2.
 12. Eichenberger M, Perrin P, Ramseyer ST, et al. Visual acuity and experience with magnification devices in Swiss dental practices. *Operative Dentistry*. 2015;40(4): 142-149. doi: 10.2341/14-103-C.
 13. Eichenberger M, Perrin P, Neuhaus KW, Bringolf U, Lussi A. Visual acuity of dentists under simulated clinical conditions. *Clinical Oral Investigations*. 2013;17: 725-729. doi: 10.1007/s00784-012-0753-x.
 14. Apothekar H, Jako GH. A microscope for use in dentistry. *Journal of Microsurg* 1981;3(1): 7-10. doi: 10.1002/micr.1920030104.
 15. Kersten DD, Mines P, Sweet M. Use of the microscope in endodontics: Results of a questionnaire. *Journal of Endodontics*. 2008;34(7): 804-807. doi: 10.1016/j.joen.2008.04.002.
 16. Burkhardt R, Lang NP. Periodontal plastic microsurgery. *Periodontology and Implant Dentistry*. 2008;5: 1029-1044.
 17. Sudhakar P, Satish M, Rao R. Minimally invasive surgery-A Zenith forte in periodontal therapy. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*. 2017;3: 2149-2154.
 18. Christensen GJ. Magnification in dentistry-Useful tool or another gimmick? *The Journal of the American Dental Association*. 2003;134(12): 1647-1650. doi: 10.14219/jada.archive.2003.0111.
 19. James T, Gilmor ASM. Magnifying loupes in modern dental practice: An update. *Dental Update*. 2010;37(9): 633-636.
 20. Merino EM, Machtou P. *Endodontic Microsurgery*. London: Quintessence; 2009.
 21. Kim S, Kratchman S, Karabucak B, Kohli M, Setzer F. *Microsurgery in Endodontics*. New Jersey: John Wiley & Sons; 2017.
 22. Low JF, Dom TNM, Baharin SA. Magnification in endodontics: A review of its application and acceptance among dental practitioners. *European Journal of Dentistry*. 2018;12(4) :610-616. doi: 10.4103/ejd.ejd_248_18.

23. Thomas J, Thomas FD. Dental hygienists' opinions about loupes in education. *American Dental Hygienists' Association*. 2007;81(4): 8182. Doi:
24. Hage MS. Use of surgical telescopes by senior dental students: A survey. *Journal of Prosthodontics*. 2003;12(4): 271279. doi: 10.1016/S1059-941X(03)00103-7.
25. Farook SA, Stokes RJ, Davis AK, et al. Use of dental loupes among dental trainers and trainees in the UK. *Journal of Investigate and Clinical Dentistry*. 2013;4(2): 120-123. Doi: 10.1111/jicd.12002.
26. Alrejaie M, Ibrahim NM, Malur MH, et al. The use of dental operating microscopes by endodontists in the Middle East: A report based on a questionnaire. *Saudi Endodontic Journal*. 2015;5(2): 134-137. Doi: 10.4103/1658-5984.155453.
27. Alhazzazi TY, Alzebiani NA, Alotaibi SK, et al. Awareness and attitude toward using dental magnification among dental students and residents at King Abdulazizuniversity, faculty of dentistry. *BMC Oral Health*. 2016;17(1): 1-7. Doi:10.1186/s12903-016-0254-4.
28. Buhrley LJ, Barrows MJ, BeGole EA, et al. Effect of magnification on locating the MB2 canal in maxillary molars. *Journal of Endodontics*. 2002;28(4): 324-327. Doi: 10.1097/00004770-200204000-00016.
29. Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Detection rate of root canal orifices with a microscope. *Journal of Endodontics*. 2002;28(6): 452-453. Doi: 10.1097/00004770-200206000-00008.
30. Mamoun JS. A rationale for the use of high-powered magnification or microscopes in general dentistry. *General Dentistry*. 2009;57(1): 18-26.
31. Bowers DJ, Glickman GN, Solomon ES, He J. Magnification's effect on endodontic fine motor skills. *Journal of Endodontics*. 2010;36(7): 1135-1138. doi: 10.1016/j.joen.2010.03.003.
32. Wong AW, Zhu X, Zhang S, et al. Treatment time for non-surgical endodontic therapy with or without a magnifying loupe. *BMC Oral Health*. 2015;15(1): 1-6. Doi: 10.1186/s12903-015-0025-7.
33. Nath KS, Shetty K. Comparative evaluation of second mesiobuccal canal detection in maxillary first molars using magnification and illumination. *Saudi Endodontic Journal*. 2017;7(3): 166-169. Doi: 10.4103/1658-5984.213483.
34. Schirrmeister JF, Hermanns P, Meyer KM, et al. Detectability of residual epiphany and gutta-percha after root canal retreatment using a dental operating microscope and radiographs – An *ex vivo* study. *International Endodontic Journal*. 2006;39(7): 558-565. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2006.01126.x.
35. De Mello Junior JE, Cunha RS, da Silveira Bueno CE, et al. Retreatment efficacy of gutta-percha removal using a clinical microscope and ultrasonic instruments: Part I – An *ex vivo* study. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 2009;108(1): 59-62. Doi: 10.1016/j.tripleo.2009.03.027
36. Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: A review. *Journal of Endodontics*. 2006;32(7): 601-623. Doi: 10.1016/j.joen.2005.12.010.

37. Arens DE. Introduction to magnification in endodontics. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2003;15(7): 426-439. Doi: 10.1111/j.1708-8240.2003.tb00970.x .
38. Kim S. Principles of endodontic microsurgery. *Dental Clinics of North America*. 1997;41(3): 481-497.
39. Wuchenich G, Meadows D, Torabinejad M. A comparison between two root end preparation techniques in human cadavers. *Journal of Endodontics*. 1994;20(6): 279-282. Doi: 10.1016/S0099-2399(06)80816-2.
40. Maillet JP, Millar AM, Burke JM, et al. Effect of magnification loupes on dental hygiene student posture. *Journal of Dental Education*. 2008;72(1): 33-44. Doi: 10.1002/j.0022-0337.2008.72.1.tb04450.x.
41. Brown J, Burke FJ, Macdonald EB, et al. Dental practitioners and ill health retirement: Causes, outcomes and re-employment. *British Dental Journal*. 2010;209: E7. Doi: 10.1038/sj.bdj.2010.813.
42. Lindegård A, Nordander C, Jacobsson H, et al. Opting to wear prismatic spectacles was associated with reduced neck pain in dental personnel: A longitudinal cohort study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2016;17: 347. Doi: 10.1186/s12891-016-1145-1.
43. Baldassari-Cruz LA, Lilly JP, Rivera EM. The influence of dental operating microscope in locating the mesiolingual canal orifice. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*. 2002;93(2): 190-194. 10.1067/moe.2002.118285.
44. Rubinstein R. The anatomy of the surgical operating microscope and operating positions. *Dental Clinics of North America*. 1997;41(3): 391-413.
45. Sitbon Y, Attathom T, St. Georges AJ. Minimal intervention dentistry II: Part 1. Contribution of the operating microscope to dentistry. *British Dental Journal*. 2014;216: 125-30. Doi: 10.1038/sj.bdj.2014.48.
46. Leonard S, Tibbetts LS, Shanelc DA. Principles and practice of periodontal microsurgery. *The International Journal of Microdentistry*. 2009;1(1): 2-12.
47. Shanelc D. Optical principles of loupes. *The Journal of the California Dental Association*. 1992;20(11): 25-32.
48. Carlos M. Microdentistry, concept, methods and clinical incorporation. *The International Journal of Microdentistry*. 2010;2: 56-63.
49. Burkhardt R, Lang NP. Periodontal plastic microsurgery. In: Lang NP, Lindhe J, editors. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell 2015. p.1029-1044.
50. Carr GB. Microscopes in endodontics. *Journal of the California Dental Association*. 1992;20 :55-61.
51. Selden HS. The dental-operating microscope and its slow acceptance. *Journal of Endodontics*. 2002;28(3): 206-207. doi: 10.1097/00004770-200203000-00015.
52. Rubinstein RA, Kim S. Long-term follow-up of cases considered healed one year after apical microsurgery. *Journal of Endodontics*. 2002;28(5): 378-383. Doi: 10.1097/00004770-200205000-00008.

53. Girsch WJ, McClammy TV. Microscopic removal of dens invaginatus. *Journal of Endodontics*. 2002;28(4): 336-339. 10.1097/00004770-200204000-00020.
54. Saunders W, Saunders E. Conventional endodontics and the operating microscope. *Dental Clinics of North America*. 1997;41(3): 415-428. Doi: 10.1016/S0011-8532(22)00060-X.
55. (Gorduysus MO, Gorduysus M, Friedman S. Operating microscope improves negotiation of second mesiobuccal canals in maxillary molars. *Journal of Endodontics*. 2001;27(11): 683-686. Doi: 10.1097/00004770-200111000-00008.
56. Buhrey LJ, Barrows MJ, BeGole EA, et al. Effect of magnification on locating the MB2 canal in maxillary molars. *Journal of Endodontics*. 2002;28(4): 324-327. doi: 10.1097/00004770-200204000-00016.
57. Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Detection rate of root canal orifices with a microscope. *Journal of Endodontics*. 2002;28(6): 452-453. Doi: 10.1097/00004770-200206000-00008.
58. Suter B. A new method for retrieving silver points and separated instruments from root canals. *Journal of Endodontics*. 1998;24(6):446 -448. Doi: 10.1016/S0099-2399(98)80032-0.
59. Slaton CC, Loushine RJ, Weller RN, et al. Identification of resected root-end dentinal cracks: a comparative study of visual magnification. *Journal of Endodontics*. 2003;29(8):519-522. Doi: 10.1097/00004770-200308000-00007.
60. Kratchman SI. Endodontic Microsurgery. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*. 2007;28(6): 324-330.
61. Dable RA, Wasnik PB, Yeshwante BJ, et al. Postural Assessment of Students Evaluating the Need of Ergonomic Seat and Magnification in Dentistry. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*. 2014;14(Suppl 1):5 1-58. Doi: 10.1007/s13191-014-0364-0.
62. Branson BG, Bray KK, Gadbury-Amyot C, et al. Effect of magnification lenses on student operator posture. *Journal of Dental Education*. 2004;68(3):384-349. Doi: 10.1002/j.0022-0337.2004.68.3.tb03755.x.
63. Narula K, Kundabala M, Shetty N, et al. Evaluation of tooth preparations for Class II cavities using magnification loupes among dental interns and final year BDS students in preclinical laboratory. *Journal of Conservative Dentistry*. 2015;18(4):284- 287.
64. Wajngarten D, Garcia PPNS. Effect of magnification devices on dental students' visual acuity. *PLoS One*. 2019; 14(3):e0212793. Doi: 10.1371/journal.pone.0212793.
65. Mines P, Loushine R, West L, et al. Use of the microscope in endodontics: a report based on a questionnaire. *Journal of Endodontics*. 1999;25(11):755-758. doi: 10.1016/S0099-2399(99)80125-3.
66. Kinomoto Y, Takeshige F, Hayashi M, Ebisu S. Optimal positioning for a dental operating microscope during nonsurgical endodontics. *Journal of Endodontics*. 2004;30(12): 860-862. Doi: 10.1097/01.DON.0000134206.19737.58.
67. Pecora G, Andreana S. Use of dental operating microscope in endodontic surgery. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1993;75(6): 751-758.

68. Del Fabbro M, Taschieri S, Lodi G, et al. Magnification devices for endodontic therapy. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2009,3. doi:10.1002/14651858.CD005969.pub2.
69. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Endodontic surgery using 2 different magnification devices: Preliminary results of a randomized controlled study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2006;64(2): 235-242. Doi: 10.1016/j.joms.2005.10.033.
70. Monea M, Hantoiu T, Stoica A, Sita D, Sitaru A. The impact of operating microscope on the outcome of endodontic treatment performed by postgraduate students. *European Scientific Journal*. 2015;11(27): 305-311.
71. Khalighinejad N, Aminoshariae A, Kulild JC, Williams KA, Wang J, Mickel A, et al. The effect of the dental operating microscope on the outcome of nonsurgical root canal treatment: A retrospective case-control study. *Journal of Endodontics*. 2017;43(5): 728-732. doi: 10.1016/j.joen.2017.01.015.
72. Wolcott J, Ishley D, Kennedy W, et al. A 5 yr clinical investigation of second mesio-buccal canals in endodontically treated and retreated maxillary molars. *Journal of Endodontics*. 2005;31(4): 262-264. Doi:10.1097/01.don.0000140581.38492.8b.
73. Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, et al. Outcome of endodontic surgery: A meta-analysis of the literature – Part 1: Comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. *Journal of Endodontics*. 2010;36(11): 1757-1765. Doi: 10.1016/j.joen.2010.08.007.

