



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**SÜT MOLAR DİŞLERDE KÖKLERİNİN FİZYOLOJİK  
REZORPSİYON DERECELERİNE GÖRE ORTALAMA  
ELEKTRİKLİ PULPA DUYARLILIK TESTİ DEĞERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**UZMANLIK TEZİ**

**Dt. Müge ÇİMEN**

**Samsun**

**Şubat-2018**





ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**SÜT MOLAR DİŞLERDE KÖKLERİNİN FİZYOLOJİK  
REZORPSİYON DERECELERİNE GÖRE ORTALAMA  
ELEKTRİKLİ PULPA DUYARLILIK TESTİ DEĞERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**UZMANLIK TEZİ**

**Dt. Müge ÇİMEN**

**Danışman**

**Doç. Dr. Ayça Tuba ULUSOY YAMAK**

**Samsun**


**Şubat-2018**


T.C


ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

Dt. Müge ÇİMEN tarafından Doç. Dr. Ayça Tuba ULUSOY YAMAK danışmanlığında hazırlanan "Süt Molar Dişlerde Köklerinin Fizyolojik Rezorpsiyon Derecelerine Göre Ortalama Elektrikli Pulpa Duyarlılık Testi Değerinin Belirlenmesi" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 23/02/2018 tarihinde yapılan sınav ile Pedodonti Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

  
Başkan: Prof. Dr. Zafer C. ÇEHRELİ  
Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

  
Üye: Doç. Dr. Ayça Tuba ULUSOY YAMAK (Danışman)  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

  
Üye: Prof. Dr. Aysun AVŞAR  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Bu tez, Pedodonti Anabilim Dalınca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

...../...../2018

Prof.Dr.Selim ARICI  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi Dekan

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince desteğini ve samimiyetini benden esirgemeyen, bilgi ve deneyimleri ile bana her konuda yol gösteren ve özellikle bu tezin ortaya çıkmasındaki büyük katkı ve emekleri için değerli danışman hocam Doç. Dr. Ayça Tuba ULUSOY YAMAK'a,

Uzmanlık eğitimim süresince bilimsel tecrübelerinden yararlandığım, büyük ilgi ve desteklerini gördüğüm, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'nda görev yapan, saygı değer hocalarım Prof. Dr. Aysun AVŞAR'a, Prof. Dr. Emine ŞEN TUNÇ'a, Doç. Dr. Erhan SARI'ya, Doç. Dr. Sezin ÖZER'e, Uzm. Dr. Bilal ÖZMEN'e,

Verilerimin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde göstermiş olduğu yardımlardan dolayı OMÜ Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Hasan Önder'e,

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve bilimsel tecrübesi ile ilgi ve yardımlarını benden esirgemeyen, Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı öğretim üyesi sayın hocam Prof. Dr. Zafer C. ÇEHRELİ'ye,

Uzmanlık eğitimim boyunca beraber çalıştığım ve desteğini gördüğüm tüm çalışma arkadaşlarıma,

Sadece varlıklarıyla bile her zaman yanımda hissettiğim ve zor zamanlarımı kolaylaştıran tüm dostlarıma,

Tüm hayatım boyunca sonsuz sevgi, özveri ve hoşgörülerini ile her zaman yanımda olan, maddi-manevi destekleriyle bugünlere gelmemi sağlayan sevgili annem Hafize ÇİMEN ve babam Hüseyin ÇİMEN ile kardeşim Tolga ÇİMEN ve eşi Funda ÇİMEN'e

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım...

## ÖZET

### SÜT MOLAR DIŞLERDE KÖKLERİNİN FİZYOLOJİK REZORPSİYON DERECELERİNE GÖRE ORTALAMA ELEKTRİKLİ PULPA DUYARLILIK TESTİ DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

**Amaç:** Bu çalışmada sağlıklı süt ikinci molar dişlerin fizyolojik kök rezorpsiyon derecelerine göre ortalama EPT eşik değerlerini belirleyerek en uygun elektrot yerleşim bölgesinin ortaya konması amaçlanmıştır.

**Materyal ve Metot:** Çalışmaya 3-12 (ortalama 7.88) yaş aralığına sahip 100 çocuk hastanın 100 adet sağlıklı süt ikinci molar dişi dahil edilmiştir. Dişler, fizyolojik kök rezorpsiyon derecesine göre 2 gruba ayrılmıştır. Her diş mesiobukkal tüberkül tepesi, kuron orta üçlüsü, kuron oklüzal üçlüsü ve kuron servikal üçlü olmak üzere 4 ayrı bölgeden EPT ile test edilmiş, böylece her iki rezorpsiyon derecesi için hem en uygun elektrot yerleşim bölgesi hem de her bölge için ortalama EPT eşik değeri ortaya konmuştur. Elde edilen verilerin istatistiksel analizinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) (Post Hoc Tukey HSD) ve Duncan testi kullanılmıştır.

**Bulgular:** Bütün diş gruplarında artan fizyolojik rezorpsiyon düzeyleri ile birlikte elde edilen EPT değerinin artışı istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.001$ ). Her iki grupta da en düşük EPT eşik değeri mesiobukkal tüberkül tepesinden elde edilmiş ancak birinci grupta mesiobukkal tüberkül tepesi ile kuron oklüzal ve orta üçlüsü arasında, ikinci grupta ise mesiobukkal tüberkül tepesi ile kuron oklüzal üçlüsü arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır ( $p<0,001$ ).

**Sonuç:** Çalışmanın sınırları dahilinde, süt ikinci molar dişlerde fizyolojik kök rezorpsiyon derecelerine göre EPT ile ölçüm yapılabilecek en uygun bölge ortaya koyularak her bölge için ortalama EPT eşik değeri bulunmuştur. Her iki grupta da servikal bölgeden tüberkül tepesine doğru gidildikçe elde edilen EPT eşik değerlerinde düşüş eğilimi gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrikli pulpa testi; fizyolojik kök rezorpsiyonu; pulpa canlılığı; süt dişleri

Müge ÇİMEN, Uzmanlık Tezi  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi - Samsun, Şubat - 2018

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF AVERAGE ELECTRICAL PULP SENSITIVITY TEST VALUE ACCORDING TO PHYSIOLOGICAL RESORPTION LEVELS OF ROOT IN PRIMARY MOLARS

**Aim:** The purpose of this clinical study was to expose the optimum site for electrode placement via determining the average electric pulp testing (EPT) threshold values of primary second molars according to physiological root resorption levels.

**Material and Method:** 100 primary second molars of 100 children with an age range of 3-12 (mean 7.88) years were included in this study. The teeth were divided into 2 groups according to the physiological root resorption level. Each tooth was tested in 4 different regions using EPT impending mesiobuccal cusp, crown occlusal third, crown middle third and crown cervical third so both each of two resorption level, optimum site for electrode placement and average EPT threshold value for each test region was occurred. One-way analysis of variance (ANOVA) (Post Hoc Tukey HSD) and Duncan test were used for statistical analysis of the data.

**Results:** The increase of the EPT value obtained with the progression of physiological root resorption in all teeth groups was statistically significant ( $p < 0.001$ ). Minimum EPT threshold value was obtained from mesiobuccal cusp in each two groups but there wasn't found any statistical difference neither between mesiobuccal cusp with crown occlusal and middle third in first group, nor between mesiobuccal cusp and crown occlusal third in second group ( $p < 0.001$ ).

**Conclusion:** Within the limitations of this study, the most appropriate region for measurement with EPT according to physiological root resorption levels in primary second molars and the average EPT threshold for each region has been revealed. There was a tendency for decreased EPT threshold values from cervical level to the cusp tips.

**Keywords:** Electric pulp test; physiological root resorption; primary teeth; pulp vitality

Müge ÇİMEN, Specialization Thesis  
Ondokuz Mayıs University - Samsun, February - 2018

## SİMGELER ve KISALTMALAR

EPT	: Elektrikli Pulpa Testi
LDF	: Lazer Doppler Flowmetri
PO	: Pulse Oksimetri
DDM	: Diklorodiflorometan
TTF	: Tetrafloroetan
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
PBM	: Propan Bütan Karışımı
DC	: Direkt Akım
AC	: Alternatif Akım
CEJ	: Mine-Sement Birleşimi
SPSS	: Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi
SS	: Standart Sapma
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
Na	: Sodyum
K	: Potasyum
mA	: miliamper
nm	: nanometre
%	: Yüzde İşareti
°	: Derece
=	: Eşittir
>	: Büyüktür İşareti
<	: Küçüktür İşareti
±	: Artı Eksi İşareti



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR</b> .....	vi
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	vii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....	3
2.1. Süt Dişi Mine Dokusu .....	3
2.2. Süt Dişi Dentin Dokusu .....	5
2.3. Süt Dişi Pulpa Dokusu .....	7
2.3.1. Süt Dişi Pulpasının İnnervasyonu .....	8
2.3.2. Süt Dişi Pulpasının Vaskülarizasyonu.....	10
2.4. Süt Dişlerinde Fizyolojik Kök Rezorpsiyonu .....	11
2.4.1. Süt Dişlerinde Fizyolojik Kök Rezorpsiyonu İle Meydana Gelen Değişiklikler .....	13
2.5. Pulpa Testleri .....	14
2.5.1. Pulpa Hassasiyet Testleri.....	15
2.5.2. Pulpa Canlılık Testleri .....	26
2.6. Araştırmanın Amacı .....	32
<b>3. MATERYAL VE METOT</b> .....	33
3.1. Araştırma Prosedürü.....	34
3.1.1. Fizyolojik Kök Rezorpsiyon Derecelerine Göre Diş Gruplarının Belirlenmesi .....	34
3.1.2. Elektrikli Pulpa Testi Cihazı ve Ölçüm Prosedürü.....	35
3.1.3. Elektrikli Pulpa Test Ölçümlerinin Ortalama Değerinin Hesaplanması .....	37
3.2. İstatistiksel Değerlendirme.....	37
<b>4. BULGULAR</b> .....	38
<b>5.TARTIŞMA</b> .....	41
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	48
<b>KAYNAKLAR</b> .....	49
<b>EKLER</b> .....	66
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	71

## 1. GİRİŞ

Diş pulpa hastalıklarının doğru tedavi edilmesi hastalığın doğru teşhisi ile mümkündür. Bunun için de kapsamlı hasta öyküsü, detaylı klinik ve radyografik incelemeler ve özel yardımcı tanı testleri kullanılır (Robinson, 1963). Pulpa testleri, pulpanın sinir veya vasküler iletimi hakkında bilgi veren, böylelikle pulpanın canlılığının değerlendirilmesinin önem arz ettiği durumlarda sıklıkla kullanılan yardımcı tanı testleridir (Rowe ve Ford, 1990).

Pulpanın sinir ağının devamlılığını değerlendiren pulpa hassasiyet testleri ve pulpanın vasküler devamlılığını değerlendiren canlılık testleri olmak üzere iki çeşit pulpa testi bulunmaktadır (Abd-Elmeguid ve Yu, 2009; Jafarzadeh ve Abbott, 2010a). Pulpa hassasiyet testleri termal testler, elektrikli pulpa testi (EPT), kavite testi ve anestezi testi olmak üzere dörde ayrılır. Bu testler subjektif testler olmalarına rağmen, kolay uygulanabilen ve maliyeti düşük testler oldukları için geniş kullanım alanı bulmuşlardır (Lin ve Chandler, 2008; Jafarzadeh ve Abbott 2010a). Pulpa canlılık testleri ise Lazer Doppler Flowmetri (LDF), pulse oksimetri (PO), spektrofotometri, kuron yüzey sıcaklığı gibi testlerdir. Hassasiyet testlerine göre daha objektif değerlendirme yapabilmelerine rağmen maliyet, zaman, karmaşık klinik işlemler ve belirsiz sonuçlar nedeniyle diş hekimliği kliniklerinde kendilerine pek yer bulamamış ve kullanımları daha çok deneysel amaçlı olarak kalmıştır (Strobl ve ark., 2004; Jafarzadeh, 2009; Jafarzadeh ve Rosenberg, 2009; Levin, 2013).

Hassasiyet testleri içerisinde uygulama kolaylığı, tekrarlanabilirliği, sayısal değer vermesi ve düşük maliyetinden dolayı EPT kliniklerde sıklıkla tercih edilmektedir. Bu test metodunda diş yüzeyine uygulanan elektrik akımı ile pulpa-dentin kompleksinde bulunan myelinli A-delta sinir lifleri uyarılarak pulpanın nörofizyolojik durumu hakkında bilgi alınır (Seltzer ve ark., 1963; Mumford, 1967; Dummer ve ark., 1980). EPT’de eşik değere ulaşım yanıt alabilmek için, yeterli sayıda sinir lifinin uyarılması gerekmektedir. Elektrodun yerleştirildiği bölgedeki sinir lifleri sayısı, mine ve dentinin kalınlığı, dentin tübüllerinin yönü, pulpa odasının genişliği gibi faktörlerin EPT’den elde edilen yanıtı etkilediği bildirilmektedir (Bender ve ark., 1989). Bu yüzden düşük elektrik akımı ile daha hızlı, güçlü ve doğru yanıt elde edebilmek için elektrodun yerleşim bölgesi önem taşımaktadır.

Süt dişi pulpasının, daimi diş pulpası ile temel yapısal özellikleri benzer olsa da, içerdđi sinir lifi sayısı, dağılımı ve özellikleri fizyolojik kök rezorpsiyonunun etkisiyle değişmektedir (Rapp ve ark., 1967; Furseth, 1968; Hobson, 1970; Aras ve Ergun, 1983; Dard ve ark., 1989; Sahara ve ark.; 1992) Bu farkların da EPT'den elde edilecek yanıtları etkileyebileceği düşünölmektedir. Ancak literatür incelendiğinde bu konu üzerine yapılmış sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmaktadır.

Bu nedenle çalışmamızda sağlıklı süt molar dişlerin farklı fizyolojik kök rezorpsiyon seviyelerine göre elektrikli uyarana cevap alınan eşik değerin elde edildiği en uygun elektrot yerleşim bölgesinin belirlenmesi ve süt molar diş için ortalama EPT değerlerinin belirlenip, karşılaştırılması amaçlanmıştır.



## 2. GENEL BİLGİLER

Pulpa hastalıklarının doğru teşhisinde yardımcı tanı testleri, klinik ve radyografik muayene yanında oldukça önemli bir yer tutmaktadır (Robinson, 1963). Pulpa testleri, diş pulpasının canlılığından şüphe duyulan durumlarda sıklıkla tercih edilen yardımcı tanı testleridir (Rowe ve Ford, 1990). Hassasiyet ve canlılık testleri olmak üzere iki çeşit pulpa testi bulunmaktadır. Hassasiyet testleri pulpanın sinir lifleri, canlılık testleri ise vasküler yapısının devamlılığı hakkında bilgi verir (Chen ve Abbott, 2009). Bu testlerde ölçümlerin diş sert dokusu üzerinden yapılması nedeniyle, mine, dentin ve pulpanın morfolojik, histolojik, biyokimyasal özellikleri testlerden alınan cevabı büyük oranda etkilemektedir. Aynı şekilde bu testlere alınan cevaplar anatomik ve fizyolojik farklılıklar nedeniyle süt ve daimi dişlerde de farklılık göstermektedir.

Mikroskobik yapısı benzer olsa da süt dişlerinin mine ve dentin kalınlığı sürekli dişlere göre daha ince, dentin tübülleri ise daha dardır (Moorrees ve ark., 1963; Lunt ve Law, 1974; Ruschel ve Chevitarese, 2002). Ayrıca süt dişlerinin, fizyolojik kök rezorpsiyonu nedeniyle vasküler, hücrel ve nörolojik yapısı da sürekli dişlerden farklılık gösterirler (Aras ve Ergun, 1983). Bu nedenle süt dişlerinin anatomik ve fizyolojik özelliklerinin bilinmesi, pulpa testlerine alınacak yanıtların doğru değerlendirilmesi ve pulpa patolojilerinin doğru analiz edilmesi açısından önem taşır.

### 2.1. Süt Dişi Mine Dokusu

Dişlerin kuronları, insan vücudunun en mineralize ve en sert dokusu olan mine ile kaplıdır. Mine dokusu oral epitel hücrelerinden (ektoderm) köken alan mine organından gelişir (Kumar, 2014). Ağırlıkça % 92-96 inorganik madde (mineral faz) ve % 4 organik madde ile plazmadan oluşur (Ten Cate, 1989; Gwinnett, 1992; Simmelink, 1994; Eisenmann, 1998).

Süt dişi oluşumunun çan safhasında iç mine epitel hücreleri ileride mineyi meydana getirecek olan ameloblastlara farklılaşır. Ameloblastlar mine dokusuna özel spesifik proteinleri sentezleyip salgıladıktan sonra matrikse hızla kristal çökmesi başlar. Ana yapısını prizmaların oluşturduğu kompakt kristal kütlesi giderek sertleşir. Her mine prizması 3-4 ameloblast tarafından oluşturulur. Tüm mine prizmaları, tabakalar halinde doğrusal biçimde birikir. Bu sırada mine prizmalarının periyodik

olarak bükülmesi, yapı ve kalsifikasyon farklılıkları sonucu minede Retzius çizgileri meydana gelir. Mineyi meydana getiren hücreler mine matriksi depozisyonundan sonra mine-dentin sınırından periferde doğru hareket ederler. Böylece mine yapımı mine-dentin sınırında başlayıp, kuronun dış yüzeyinde tamamlanır (Avery, 1980; Avery, 1988; Ten Cate, 1989).

Süt dişlerinin mineleri hem doğumdan önce hem de doğumdan sonra oluşur. Prenatal ve postnatal dönemde gelişen mine tabakaları doğum ile birlikte “neonatal çizgi” adı verilen koyu renkli, hipomineralize bir bant ile birbirinden ayrılır (Simmelink, 1994). Bir Retzius çizgisi olan neonatal çizgi diğer Retzius çizgilerinden daha kalındır ve koyu renktedir (Massler ve Schour, 1946). Neonatal çizgi doğum sırasında doğum travmasına bağlı olarak mine yapımının sekteye uğraması sonucu oluşur (Eli ve ark., 1989, Skinner ve Dupras, 1993). Neonatal çizginin iç tarafındaki mine doğumdan önce, dış tarafındaki mine ise doğumdan sonra meydana gelir. Doğumdan önce oluşan minenin formasyon ve mineralizasyonu, korunma ve beslenme koşullarının daha homojen olduğu rahim içi yaşamda olduğu için daha düzenli bir yapıya sahiptir. Bu nedenle daha az sayıda retzius çizgisi içerir ve daha beyaz görünür (Avery, 1980).

Süt ve sürekli dişlerin mine yapısı bazı farklılıklar göstermektedir:

1. Süt dişi minesini, sürekli diş minesinden daha incedir ve daha düşük inorganik içeriğe sahiptir. Bu durumun, süt dişlerinin mine matürasyon süresinin sürekli dişlere oranla daha kısa olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Moorrees ve ark., 1963; Lunt ve Law, 1974). Süt dişi minesini gelişimini ortalama 6-14 ayda tamamlarken, daimi diş minesini ortalama 3-4 yılda tamamlar (Mortimer, 1970; Wilson ve Beynon, 1989; Araujo ve ark., 1995).

2. Süt dişlerinde mine prizmaları kuronun gingival üçlüsünde dentin mine birleşiminden oklüzal yöne, daimi dişlerde ise servikal yöne uzanır (Radlanski ve Renz, 2006).

3. Süt dişlerinde mine içerisinde sürekli olarak protein içeriği daha büyük olan alanlar (tuftlar, iğler ve lameller) gözlemlenmektedir (Ruschel ve ark., 2011).

Süt ve sürekli diş minesindeki kalınlık ve homojenite farklılıkları EPT’den alınan yanıtları etkileyebilir. Mine kalınlığı arttıkça elde edilen EPT değeri de artar (Närhi, 1985; Bender ve ark., 1989).

## 2.2. Süt Dişı Dentin Dokusu

Dentin, mineyi destekleyen ve ona göre daha az mineralize bir dokudur (Piesco, 1994). Süt dişı dentinin yaklaşık %70'i inorganik maddelerden, %20'si büyük kısmı kollagen lifler olmak üzere az miktarda da fosfoproteinler, proteoglikanlar, asidik glikoproteinler, büyüme faktörleri ve yağlardan oluşan organik matriksten, %10'u ise sudan oluşmaktadır (Goldberg ve Takagi, 1993; Pashley, 2002).

Ektomezenşim kökenli özelleşmiş bir bağ dokusu olan süt dişı dentini, sürekli diş dentininin yarısı kalınlığındadır. Prenatal ve postnatal olmak üzere iki dönemde, dental papilla hücrelerinden farklılaşan odontoblastlar tarafından yapılır (Avery, 1980; Sumikawa ve ark., 1999). Prenatal dönemde oluşan dentin yoğun ve homojen bir yapı göstermesine karşın, postnatal dönemde gelişen dentin daha az yoğun ve daha pöröz bir yapı gösterir (Goldberg ve Takagi, 1993). Aynı minede olduğu gibi neonatal çizgi ile birbirinden ayrılır (Avery, 1980; Baume, 1980; Bhaskar, 1986).

Odontoblastlar pulpaya doğru ilerledikçe kollagen fibril ve organik madde yapısındaki predentin yapımı başlar. Predentin tabakası, süt dişlerinde koronal bölgeden kökün orta üçlüsüne doğru giderek azalır ve apikal bölgede kaybolur (Fox ve Heeley, 1980).

Diş başlangıç şeklini veren ve diş sürmesinden yaklaşık 3 yıl sonra kök ucunun kapanması ile yapımı tamamlanan dentin primer dentindir. Dişin büyük bir kısmı primer dentinden oluşur. Primer dentinin en üst tabakasında 150 µm kalınlığında ilk oluşan dentin manto dentin adını almaktadır. Dentin matriksinin mineralizasyonu manto dentin ile başlar (Pashley, 2002; Pashley ve Liewehr, 2006). Mineralizasyon sırasında genellikle manto dentinin hemen altındaki sirkumpulpal dentinde, mineralize olmadan kalan kısımlar interglobüler dentin olarak isimlendirilir (Piesco, 1994; Torneck, 1998; Pashley ve Liewehr, 2006). Isokawa ve ark. (1963) yaptıkları çalışmada, süt dişlerinde prenatal dentinde interglobüler dentine rastlanmadığını ancak postnatal dentinde bu yapının bulunabileceğini belirtmişlerdir. Bunun nedenini, prenatal dönemde fetüsün ihtiyaçlarının en üst düzeyde sağlandığı için dentin kalsifikasyonunun daha homojen olması ile açıklamışlardır.

Dentinin ana yapısal özelliğini, odontoblast hücreleri ve bunların uzantıları olan Tomes lifleri ile odontoblastik uzantıların içinde bulunduğu dentin tübülleri oluşturur (Koutsi ve ark., 1994). Süt dişı dentini, daha az tübül yoğunluğu gösterir.

Sürekli dişlerde tübüller hafif bir kıvrımla sonlanırken, süt dişi dentin tübüllerinin doğrultusu düzdür (Agostini ve ark., 2001; Asakawa ve ark., 2001). Dentin tübüllerinin çevresini saran dentin de peritübüler dentin olarak adlandırılmaktadır. Peritübüler dentin, süt dişlerinde sürekli dişlere oranla 2-5 kat daha kalındır (Hirayama ve ark., 1985). Peritübüler dentinin daha kalın olması nedeniyle süt dişlerinde tübül çapı daimi dişlerden daha küçüktür (Hirayama ve ark., 1985; Koutsi ve ark., 1994; Nör ve ark., 1997; Ruschel ve Chevitarese, 2002; Ruschel ve Chevitarese, 2003).

Süt dişi dentininde, intertübüler matriks içerisinde dentin tübüllerinden başka onlara paralel olarak konumlanmış odontoblast uzantısı içermeyen ancak içlerinde mineralize kollajen lifler bulunan geniş kanallar olduğu gözlenmiştir. Bu kanalların çapları dentin tübüllerinin çaplarından yaklaşık 10 kat daha fazladır ve çevresinde peritübüler dentin benzeri bir yapı bulunur. Süt ve sürekli dişler arasındaki bu farklılıklar, süt dişlerinin dış etkenlere karşı geçirgenliğinin ve duyarlılığının daha fazla olmasına yol açtığı için onların neden daha kolay etkilendiğini de açıklamaktadır (Agematsu ve ark., 2005).

Kurunun diğer kısımlarında ve kökte süt dişi dentininin morfolojik olarak sürekli dişten farkı yoktur (Hirayama ve ark., 1992). Kök oluşumu tamamlandıktan sonra da dışarıdan gelen bir uyarı olmaksızın azalmış bir oranda dentin üretimi devam eder. Yaşam boyu üretimi devam eden bu dentin sekonder dentin olarak adlandırılır (Linde ve Goldberg, 1993). Primer dentin ve sekonder dentin aynı odontoblastlar tarafından oluşturulduğu için tübüler yapı devamlılık gösterir (Özçobanoğlu ve Durutürk, 2013). Tersiyer dentin (tamir dentini), kimyasal iritanlar, travma, diş çürüğü, atrizyon veya restoratif işlemler gibi orta düzeydeki iritanlara karşı, sekonder odontoblastlar tarafından cevap olarak oluşturulan dentin matriksidir. Bu dentin, primer ve sekonder dentinden farklı olarak daha düzensiz tübüler yapı gösterir (Linde ve Goldberg, 1993; Pashley, 2002).

Süt dişlerinde peritübüler dentinin daha kalın olması, tübül içinde mineral birikimi, tübülün organik içeriğinin artması ya da farklı uyaranlar ile dentin yüzeyinin mineralizasyonu dentin duyarlılığını azaltır (Mjör ve ark., 2001). Bu durum da dişlerin EPT ye verdiği yanıtı etkileyebilir (Ehrmann, 1977).

### 2.3. Süt Dişı Pulpa Dokusu

Süt dişı pulpa dokusu dental papilladaki mezenşim hücrelerinde ortaya çıkan hızlı proliferasyon ve diferansiyasyon ile oluşur. Dentin dokusu ile çevrili, kan damarı ve sinirlerden zengin gevşek bir bağ dokusudur. Pulpanın yaklaşık %80'ini su oluşturur. Bunun dışında, pulpa tüm bağ dokuları gibi; hücreler (odontoblastlar, fibroblastlar, farklılaşmamış mezenkimal hücreler ve diğer hücreler), fibriller (retiküler ve kollajen lifler) ve esas maddeden (hücreler ve liflerin arasını dolduran proteoglikanlar ve glikoproteinlerden zengin jel yapısında ara madde) meydana gelir (Avery, 1980; Bhaskar, 1986; Luukko ve ark., 2011).

Süt dişı pulpasında en fazla bulunan hücreler olan fibroblastlar pulpa boyunca yayılmış olsalar da esas olarak hücreden zengin tabakada bulunurlar ve jelatin yapısındaki hücre içi matriksin yapımından sorumludurlar (Scott ve Symons, 1974; Avery, 1980; Baume, 1980; Bhaskar, 1986; Avery, 1988; Ten Cate, 1989). Süt ve sürekli dişı pulpasındaki fibroblastlar benzer yapıdadır. Ancak süt dişlerinde, fizyolojik kök rezorpsiyonu ile birlikte fibroblastlarda sitoplazmik değişikliklerin ortaya çıktığı ve hücre iskeletinin modifiye olduğu görülmektedir (Dard ve ark., 1989). Kollojen ve retiküler lifler ise süt dişı kuron pulpasının periferel bölgelerinde pulpa boynuzlarını çevreleyerek şapka benzeri görüntü oluştururlar ve bu süt dişlerine özgü bir yapı olarak değerlendirilmektedir (Fox ve Heeley, 1980).

Hem dişı gelişimi hem de yaşlanma sürecinde süt dişı dentinini oluşturan odontoblastlar da pulpanın etrafında yer alarak dentin matriksini salgırlar. Pulpa ve dentin dokuları, embriyolojik kökenleri, yapı ve fonksiyonları bakımından birbirinden farklı dokular olmalarına rağmen, patolojik ve fizyolojik birtakım olaylar karşısında gösterdikleri işlevsel birliktelik nedeni ile fonksiyonel bir ünite olarak kabul edilmektedir (Goldberg ve Lasfargues, 1995). Pulpanın periferinde bulunan ve uzantıları ile dentinin iç kısımlarına kadar ilerleyen odontoblastlar da bu sistemin oldukça önemli bir unsurudur (Luukko ve ark., 2011).

Dişı pulpası histolojik olarak içten dışa doğru dört bölgeye ayrılabilir:

- **Pulpa merkezi:** Bu bölgelerden ilki asıl pulpa dokusu olan pulpa merkezidir. Büyük kan damarları ve sinirlerden oluşur. Bağ dokusu hücrelerini ise fibroblastlar ve pulpa hücreleri oluşturmaktadır (Pashley ve Liewehr, 2006).



- **Hücreden zengin tabaka:** Pulpa merkezinin çevresinde bulunan hücrelerin periferik hareket etmesiyle oluşan bu tabakaya hücreden zengin tabaka adı verilir. Farklılaşmamış mezenchimal hücreler ve kök hücresi ile fibroblastların yanı sıra makrofaj, lenfosit ve dendritik hücreler içerir. Bu bölgede farklılaşmamış mezenchimal hücreler artan mitotik aktiviteleriyle, harabiyete uğramış odontoblastların yerine yeni odontoblastların oluşmasını sağlar. Yaşlı dişlerde hücreden zengin bu tabaka bulunmayabilir. (Gotjamanos, 1969; Kim ve ark., 1983; Murray ve ark., 2000; Pashley ve Liewehr, 2006).

- **Hücreden fakir tabaka (Subodontoblastik bölge, Weil tabakası):** Hücreden zengin tabakanın çevresinde bulunan bu tabaka kural pulpasında daha belirgin olarak görülebilir. Bu bölgenin genişliği dentin oluşumu ile birlikte zamanla azalır ve yavaş yavaş kaybolabilir. Bu tabakanın içerisinde kapiller damarlar, miyelinsiz sinir lifleri ve fibroblastların ince sitoplazmik uzantıları bulunur. Ancak, hücreden fakir tabakanın varlığı pulpanın fonksiyonel durumuna bağlıdır. Hızlı bir şekilde dentin yapan genç pulpalarda ve reparatif dentin yapımı görülen yaşlı pulpalarda görülmez (Camp ve Fuks, 2006; Pashley ve Liewehr, 2006). Bu nedenle süt dişlerinde bu tabakaya kural bölgede tam bir devamlılık göstermese de rastlanabilmekteyken, orta ve apikal üçlüde varlığından bahsedilmemektedir (Fox ve Heeley, 1980).

- **Odontoblast tabakası (Odontoblastik bölge):** Predentinin hemen altında bulunan pulpanın en dış tabakasıdır. Esas olarak odontoblast hücrelerinin gövdelerinden ve sitoplazmik uzantılarından oluşur. Süt dişlerinde kural bölgede yer alan odontoblastlar silindirik bir yapıda ve 5-7 hücre kalınlığında geniş bir tabaka oluştururken, apikal üçlüde yer alan odontoblastlar yuvarlak ve hafif kübik olup 1-2 hücre kalınlığında daha ince bir sahada yer alırlar (Fox ve Heeley, 1980; Pashley ve Liewehr, 2006). Ek olarak bu tabakada kapiller, miyelinsiz sinir fibrilleri ve dendritik hücreler de bulunmaktadır (Kim ve ark., 2008; Alaçam, 2012).

### 2.3.1. Süt Dişi Pulpasının İnnervasyonu

Süt dişlerinin pulpal innervasyon gelişimi incelendiğinde, diş gelişiminin erken keş safhasında hiçbir sinir lifine rastlanmamaktadır. Oldukça innerve bir doku olan diş pulpasının duysal trigeminal afferent sinirleri, dental papillaya diş gelişiminin çan safhasında arterler ve venler ile birlikte apikal foramenlerden girerler (Byers, 1984; Byers ve Närhi, 1999). Dental folikül içinde pulpal sinir lifleri ilk kez intrauterin 11. haftada

gözlenirken, mine ve dentinin ilk tabakalarının çökelmiş olduğu 18. haftada sinir lifleri artık dental papillada da bulunur. (Farklı tekniklerin kullanıldığı ve molar dişlerin incelendiği bazı çalışmalarda ise dental papillada sinir liflerinin 22.-24. haftalarda tespit edildiği bildirilmiştir.) Bu aşamada dental papillada sadece miyelinsiz sinir lifleri vardır. İntrauterin hayatın 24. haftasında kan damarları ile birlikte seyreden sinir lifleri subodontoblastik bölgede de görünür hale gelmiştir (Christensen ve ark., 1993; Zmijewska ve ark., 2003).

Pulpaya giren sinir liflerinin her biri zamanla Schwann hücreleri tarafından kuşatılır ve bu hücrelerin membran sargılaması sonucu oluşan miyelin kılıf ile sarılır. Schwann hücrelerinin plazma membranı bazı lifleri tek bir tabaka şeklinde sarar. Bu lifler miyelinsiz liflerdir (Reader ve Foreman, 1981). Miyelinsiz aksonların sayısı diş sürmesinden kısa bir süre sonra maksimum sayıya ulaşır. Miyelinli sinir lifleri gelişen diş pulpasında en son görülen yapılardır (Avery, 1971). Süt dişlerinde miyelinli sinir lifleri sürekli dişlerden daha az sayıda bulunmaktadır. Bu nedenle, pulpa hassasiyet testlerine süt dişlerinde sürekli dişlerden daha geç yanıt alınabileceği düşünülmektedir (Avery, 1971; Rodd ve Boissonade, 2001).

Stimulusun kaynağına bakılmaksızın (ısı değişiklikleri, mekanik, elektriksel veya kimyasal değişiklikler) pulpadan gelen neredeyse bütün afferent impulslar ağrı hissi meydana getirir (Luukko ve ark., 2011). Süt dişi pulpasında ağrı oluşumundan sorumlu duyu afferent sinir lifleri, miyelinli A lifleri ve miyelinsiz C lifleri olmak üzere iki tip duyu sinirinden meydana gelirler (Koutsi ve ark., 1994). Bu sinir lifleri genellikle çaplarına, iletim hızlarına ve işlevlerine göre sınıflandırılırlar.

Morfolojik olarak farklı bölgelerde bulunan, en az 6 değişik sinir tipi mevcuttur. Bunlar A-alfa, A-beta, A-gama, A-delta, B ve C sinir lifleridir. Nöron boyunca uyarımın iletim hızı, akson çapı ile doğru orantılıdır ve sinir liflerinin çapı büyüdükçe, uyarım daha hızlı olur. A sinir lifleri en geniş, C sinir lifleri ise en dar çaplı sinir lifleridir (Byers, 1994; Byers ve Närhi, 1999).

- **A lifleri:** Büyük çoğunluğunu A-delta ve A-beta lifleri oluşturur. A-beta lifleri mekanik veya hidrodinamik uyarılara karşı A delta liflerinden daha hassas olmalarına rağmen, A liflerinin %90'ını A-delta lifleri oluşturduğu için bu lifler fonksiyonel olarak aynı grupta değerlendirilir (Matthews ve Vongsavan, 1994). A-delta lifleri çoğunlukla pulpanın kural kısmında, pulpa-dentin sınırında veya pulpa

boynuzlarında bulunur. Çaplarının geniş olması ve miyelin kılıfa sahip olmaları nedeniyle hızlı iletim yapan bu lifler, mekanik ve termal uyarılar ile kolaylıkla uyarılarak keskin ve batıcı tipteki ağrıları direkt olarak talamusa iletirler. Pulpa hassasiyet testlerinde yanıt A-delta liflerinin uyarılması ile elde edilir (Bender, 2000).

- **C lifleri:** C lifleri pulpanın merkezinde bulunurlar ya da odontoblastik tabakanın altında bulunan hücresiz tabakaya doğru uzanırlar. Daha küçük çaplı ve miyelinsiz olduklarından talamusa ulaşmadan önce birçok düzenleyici ara nörondan etkilenerek yavaş iletim yaparlar. Sızı, karıncalanma gibi yanıcı, spontan ağrıları iletirler (Bender, 2000). Uyarılma eşikleri A-delta liflerinden daha yüksektir ve aktive edilebilmeleri için daha yüksek şiddette uyaranlara ihtiyaç vardır. Bu nedenle termal ya da elektrikli pulpa testleri ile uyarılamazlar (Fuss ve ark., 1986). Kan akımında 10 dakikadan uzun süreli kesinti olduğu durumda meydana gelen iskemi sonucu A-liflerinin fonksiyonlarını kaybettikleri, C-liflerinin ise daha az duyarlı olmaları nedeniyle A-liflerine göre fonksiyonlarını daha uzun süre devam ettirebildikleri görülmektedir (Kim, 1990). Ayrıca kan akımının azalmasına ve hipoksik koşullara karşı dirençli oldukları için nekrotik dişlerde kök kanal preparasyonu sırasında oluşan ağrıdan da sorumludurlar (Mullaney ve ark., 1970).

Foramen apikaleden kan damarları birlikte dişe giren sinir demetleri radiküler pulpadan kural pulpaya ulaştıklarında, hücreden zengin tabaka altında dallanarak daha küçük demetlere ayrılır ve Raschkow sinir pleksusu (subodontoblastik sinir pleksusu) olarak bilinen sinir ağını meydana getirirler. Fernhead, dentinogenezin başlangıcından kök gelişiminin tamamlanmaya kadar olan süreçte nöral bileşenlerde bir artış olduğunu belirtmiş, Raschkow pleksusunun kök gelişimi tamamlanmaya kadar süt dişlerinde bulunmadığını gözlemlemiştir (Fearnhead, 1961). Ancak bu gözlem daha sonra yapılan çalışmalarda doğrulanamamıştır. Süt dişlerinde kök oluşumunun tamamlanması sırasında da pleksus yapısı görülmektedir (Mohuidin, 1950; Rapp ve ark., 1967).

### **2.3.2. Süt Dişi Pulpasının Vaskülarizasyonu**

Pulpa, arteriyoller ve venüllerden oluşan, gerçek mikro dolaşıma sahip bir organdır. Süt dişi pulpasının arteriyolleri, arteria maksillaris interna'nın dalları olan a. infraorbitalis, a. alveolaris inferior ve a. alveolaris superior kaynaklıdır. Venleri ise pterygoid pleksusta toplanıp v. maksillaris'e dökülürler (Akıncı ve Keklikoğlu, 2014).

Arteriyoller pulpaya foramen apikaleden girerler ve venüller yine bu foramenden pulpayı terk ederler. Pulpada kollateral dolaşım sistemi olmadığı için pulpanın kanlanması sadece apikal foramenden giren yaklaşık 100 µm çapındaki arteriyoller ve yan kanallardan giren daha küçük damarlar tarafından sağlanır (Trowbridge ve ark., 1980; Pashley ve Liewehr, 2006; Luukko ve ark., 2011).

Sağlıklı ve kök rezorpsiyonu başlamamış süt dişleri ile sürekli dişlerin damarsal yapıları arasında fark yoktur (Fox ve Heeley 1980; Rapp, 1992). Pulpanın kural bölgesindeki kan dolaşımı, kök bölgesindeki dolaşımın neredeyse iki katıdır (Kim ve ark., 1983). Süt dişlerinde özellikle kuralın orta üçlüsü sürekli dişlere göre daha çok sayıda kan damarı içerir (Rodd ve Boissonade, 2005). Arteriyol ve venüller hatta subodontoblastik kapiller pleksus, kök rezorpsiyonunun ileri derecede olduğu durumlarda dahi süt dişlerinin kural pulpasında gösterilmiştir. Arteriyovenöz anastomozlar ise süt dişlerinde bulunmaz (Fox ve Heeley 1980; Rapp, 1992).

#### **2.4. Süt Dişlerinde Fizyolojik Kök Rezorpsiyonu**

Doğumdan sonra altıncı aydan itibaren süt dişleri ağız boşluğundaki yerlerini almaya başlar. Süt dişlerinin yaşam süreci; gençlik, olgunluk ve yaşlılık olmak üzere 3 ayrı döneme ayrılır (Gülhan, 1994).

Gençlik dönemi, süt dişlerinin sürmesinden kök ucu kapanıncaya kadar olan yaklaşık 1 yıllık süreci kapsar.

Olgunluk dönemi, kök oluşumunun tamamlanmasından fizyolojik kök rezorpsiyonunun başladığı zamana kadar devam eder. Fizyolojik kök rezorpsiyonun başlama yaşı ile ilgili farklı görüşler mevcuttur. Fizyolojik kök rezorpsiyonun süt santral keser dişlerde 4 yaşında, süt lateral keser dişlerde 5 yaşında, süt kaninlerde 9 yaşında, süt birinci molar dişlerde 6 yaşında ve süt ikinci molar dişlerde 8 yaşında başladığını savunan yazarlar mevcuttur (Kronfeld, 1932; Gülhan, 1994) Buna göre fizyolojik kök rezorpsiyonu, süt dişi kök formasyonunun tamamlanmasından yaklaşık 4-5 yıl sonra başlamaktadır. Ancak bu görüşten farklı olarak fizyolojik kök rezorpsiyonunun kök gelişimi tamamlanır tamamlanmaz başladığını ileri süren yazarlar (Brauer ve ark. 1964) olduğu gibi, ilgili süt dişinin sürmesinden 1 yıl sonra başladığını (Finn, 1973) belirten çalışmalar da bulunmaktadır.

Yaşlılık dönemi, fizyolojik kök rezorpsiyonunun başlangıcından dişin düşmesine kadar geçen dönemdir (Chatellier, 1950). Bu süreçte süt dişleri fizyolojik

kök resorpsiyonu sürecini tamamlayarak yerlerini sürekli dişlere bırakırlar. Bu karmaşık fenomen henüz tam olarak anlaşılammış olmakla birlikte biyolojik ve klinik olarak önem taşımaktadır. Genel görüş, süt dişlerinin fizyolojik kök rezorpsiyonunun zamanlaması ile modelindeki tutarlılığın, daha sonraki daimi diş erüpsiyonu ile ilgili ve genetik olarak programlanmış olayların göstergesi olduğu yönündedir (Harokopakis-Hajishengallis, 2007).

Yapılan çalışmalar süt dişi fizyolojik kök rezorpsiyonunun, uyarıcı moleküllerin yani sitokinlerin ve transkripsiyon faktörlerinin salgılanması yoluyla stellat retikulum ve alttaki kalıcı diş folikülü tarafından başlatılıp regüle edildiğini göstermektedir (Cahill ve Marks, 1980; Marks ve Cahill, 1984; Marks ve Cahill, 1987; Larson ve ark., 1994). Diş folikülünün, mononükleer hücrelerin toplanmasından ve osteoklastlara farklılaşmaları için uygun bir ortam sağlanmasından sorumlu olduğu düşünülmektedir (Wise ve ark., 2002; Wise ve King, 2008). Altında sürekli diş germi bulunmayan süt dişlerinin ise periodontal ligamentlerinin fizyolojik kök rezorpsiyonunda etkili olabileceği bildirilmiştir (Harokopakis-Hajishengallis, 2007).

Fizyolojik kök rezorpsiyonun başlaması için kemik remodelinginde de rol oynayan RANK / RANKL (receptor activator of nuclear factor-kappaB ligand) olarak bilinen, reseptör ligand sistemi görev alır (Harokopakis-Hajishengallis, 2007). TNF-ligand ailesinin bir üyesi olan RANKL bir membran proteindir ve osteoklast preküsörlerinin taşıdığı RANK reseptörleriyle etkileşime girerek osteoklastların formasyonunu ve aktivasyonunu arttırmaktadır (Que ve Wise, 1997; Wong ve ark., 1999; Ikeda ve ark., 2001).

Çok çekirdekli dev hücreler olan osteoklastlar kemiğe yapışırlar ve hücre dışı matriksin asitlendirilmesi yoluyla resorpsiyonu başlatırlar (Harokopakis-Hajishengallis, 2007). Dental sert doku rezorpsiyonundan sorumlu hücreler odontoklastlardır ve osteoklastlar ile aynı hücre dizisine ait görünseler de osteoklastlardan farklı olup olmadıkları hala belirsizliğini korumaktadır (Sahara ve ark., 1992; Harokopakis-Hajishengallis, 2007; Suzuki ve ark., 2015) Odontoklast etkinliğine aracılık edebilen sitokin üreten hücreler süt dişi pulpa dokusunda da tanımlanmıştır (Yildirim ve ark., 2008). Bu bulgu, rezorpsiyon sürecinde, gelişen daimi dişin yanı sıra süt dişi pulpasının rolünü de desteklemektedir (Monteiro ve ark., 2009).

Daimi dişlerin erüpsiyon süreci de, endokrin bezler (hipofiz, timus, tiroid bezi) veya beslenme (Ca ve Mg eksikliği, vitamin A, C ve D eksikliği) gibi faktörlerle düzenlenir ve bu nedenle bu faktörlerin süt dişi kökünün fizyolojik rezorpsiyon seyri üzerinde dolaylı bir etkisi vardır (Oberszty, 1963). Öte yandan, indometazin gibi ilaçlar, kemik ve kök rezorpsiyon süreçlerini farklı şekilde etkilemektedir. Prostanoid sentezin bir inhibitörü olan indometazin, osteoklastların rezorpsiyon fonksiyonunu inhibe ederken, odontoklastlar tarafından kök rezorpsiyonunu artırır (Arita ve ark., 1989; Lasfargues ve Saffar, 1993).

#### **2.4.1. Süt Dişlerinde Fizyolojik Kök Rezorpsiyonu İle Meydana Gelen Değişiklikler**

Süt dişlerinin gelişiminin fizyolojik bir parçası olarak meydana gelen rezorpsiyon süreci bu dişlerin anatomisi, histolojisi ve fizyolojisinde bir takım farklılaşmalara yol açmaktadır.

Fizyolojik kök rezorpsiyonu çoğunlukla apikal son noktadan ziyade kökün kenarlarından başlar. Bu gibi durumlarda, rezorpsiyon bölgesindeki pulpa dokusunda iltihaplanma belirtileri görülebilir (Rapp ve ark., 1967) Pulpal inflamatuvar hücrelerin sayısının, fizyolojik kök rezorpsiyon sürecinin başlangıcı ile eksfoliasyona kadar olan süreçte arttığı konusunda genel bir görüş birliği vardır (Rölling, 1981; Sasaki ve ark., 1990; Sahara ve ark., 1993; Eronat ve ark., 2002; Bolan ve Rocha, 2007) Spesifik bağışıklık hücre popülasyonlarındaki değişikliklerle ilgili çalışmalar, ilerlemiş kök rezorpsiyonu olan süt dişlerinde odontoklastların yanı sıra T ve B lenfositlerinin sayısında da artış bildirmektedir (Angelova ve ark., 2004; Simsek ve Durutürk, 2005). Bununla birlikte, hem çürük hem de sağlıklı süt dişlerinde yapılan bir çalışmada, çürük olmayan dişlerde doğal öldürücü hücrelerin sadece rezorpsiyon ile birlikte belirgin olarak arttığı bulunmuştur (Simsek ve Durutürk, 2005). Yine kökleri tamamen rezorbe olmuş sağlıklı süt dişlerinde, krunun periferik kısımlarında pulpa normal yapısını korurken, rezorpsiyonun çok ileri olduğu belirlenen dişlerde ise pulpanın granülasyon dokusuna dönüştüğü belirtilmektedir (Plackova ve Bures, 1977).

Fizyolojik kök rezorpsiyonu ile süt dişi nöral yapısında da bazı değişimler meydana gelmektedir. Rezorpsiyonun erken safhasındaki süt dişlerinde sinir liflerinin birkaçında sinirsel kalınlaşma (varikozite) ve vakuol şeklinde nöral dejenerasyona ait bulgular görülür. Kök dentinin yaklaşık yarısının rezorbe olduğu süt dişlerinde ise, hem

myelinli hem myelinsiz sinir sinir liflerinin çoğunluğu dejenere olmuştur ve bu sinir liflerinde varikoziteler, veziküler formasyonlar ve fragmentasyonlar ile bunlarla ilişkili nekrotik Schwann hücrelerine rastlanır. Bununla birlikte, kök rezorpsiyonun ilerlemesi ile giderek artan dejenerasyon sonucu sinir liflerinin bir kısmının parçalanır ve diş içerisinde bulunan toplam sinir dokusu miktarında da azalma meydana gelir. Hatta köklerinin tamamı rezorbe olmuş bazı süt dişlerinde sinir dokusunun tamamen kaybolduğu bildirilmiştir (Rapp ve ark., 1967; Fried ve Hildebrand, 1981).

Fizyolojik kök rezorpsiyonu ile birlikte nöral yapıda olduğu gibi vasküler yapıda da birtakım değişiklikler izlenmektedir. Kök uzunluğunun üçte birinden fazla rezorpsiyonun olduğu süt dişlerinde büyük ve küçük damarlarda dilatasyon ve sayıca artış gözlenir (Bolan ve Rocha, 2007; Monteiro ve ark., 2009; Karayılmaz ve Kırzioğlu, 2011) Yaşın büyümesi ve rezorpsiyonun etkisiyle süt dişi damarlarında görülen hiperemi ve dilatasyonun, rezorpsiyonun aktif dönemlerinde odontoklastik hücrelerin aktivitelerinin artması sonucu olabileceği savunulmaktadır (Bolan ve Rocha, 2007).

## **2.5. Pulpa Testleri**

Derin çürük lezyonları veya travmatik diş yaralanmaları gibi diş pulpasının canlılığını tehlikeye sokan durumlarda, hastanın hikayesi, klinik muayene, radyografik muayene ve pulpa tanı testleri birlikte değerlendirilir. Farklı klinik durumlarda hangi pulpa testinin uygulanacağı ve güvenilir sonuç vereceğinin bilinmesi teşhis ve tedaviye yardımcı olur (Rowe ve Ford, 1990; Berman ve Hartwell, 2011).

Diş hekimliği kliniklerinde pulpa testlerinin süt dişlerinde kullanım alanları şunlardır:

1. Restoratif ve endodontik tedaviler öncesi, pulpa sağlığının şüpheli olduğu durumlarda pulpanın değerlendirilmesi,
2. Oro-fasiyal ağrılar ile pulpa kaynaklı ağrıların ayırıcı tanısı,
3. Pulpa dejenerasyonu ile ilişkili periapikal radyolüsensiler ile diğer patolojik lezyonların ya da normal dokuların ayırıcı tanısı,
4. Travmaya uğramış süt dişlerinin değerlendirilmesi ve travma sonrası takibi (Mumford ve Bjorn, 1962; Ehrmann, 1977; Rowe ve Ford, 1990).

1970'li yıllarda başlayarak günümüze kadar diş hekimliğinin farklı alanlarında sıklıkla kullanılan pulpa testlerinin; basit, objektif, standart, tekrarlanabilen, ağrısız, güvenilir, ucuz ve kolay uygulanabilen yöntemler olmaları gerektiği belirtilmiştir

(Chambers, 1982). Ancak günümüzde halen ideal pulpa testi kavramı gerçekleştirilememiştir.

Pulpa testleri hassasiyet ve canlılık testleri olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Pulpanın uyarılara karşı sinirsel cevabı hassasiyet testleri ile, vasküler iletimi ise canlılık testleri ile değerlendirilir (Gopikrishna ve ark., 2009).

### **2.5.1. Pulpa Hassasiyet Testleri**

Günümüzde en yaygın olarak kullanılan pulpa test yöntemi, diş yüzeyine uygulanan uyarın ile pulpadaki sinir liflerinin cevap verme yeteneğinin değerlendirildiği hassasiyet testleridir. Pulpa hassasiyet testleri için sıklıkla kullanılan yöntemler, ısı ile uyarma, elektrik ile uyarma veya doğrudan dentin uyarılması esasına dayanan kavite testidir (Jafarzadeh ve Abbott, 2010a).

Bu testlerden alınan pozitif cevap sinir liflerinin fonksiyonda olduğunu gösterir. Travma ya da ortodontik tedavi gibi geçici duyuşal fonksiyon kaybına neden olan bazı durumlarda bu testlerin kullanımı güvenilir değildir (Evans ve ark., 1999).

Aynı şekilde süt dişlerinde pulpanın dejenere olduğu fizyolojik kök rezorpsiyonu sürecinde de sinir iletimi devam etmektedir. Hassasiyet testlerinin bu dişlerde, nekrotik pulpayı tanımlama yeteneğini gösteren sensibilitesi (duyarlılık) ve vital pulpayı tanımlama yeteneğini gösteren spesifitesi (özgüllük) farklılık gösterebilmektedir.

#### **a. Termal Pulpa Testleri**

Pulpanın sağlığının ve uyarılara cevap verme yeteneğinin termal testlerle değerlendirilmesi oldukça eski bir yöntemdir. Bu testlerle, pulpanın ani ısı değişimlerine reaksiyon vermesi sonucu pulpanın patolojik durumu hakkında bilgi sahibi olunur. Örneğin, soğuk uyarın ile azalan veya sıcak uyarın ile artan ağrı geri dönüşümsüz pulpa iltihabını ifade etmektedir (Jack, 1899; Alaçam, 2012; Çalışkan, 2006). Termal testlerin klinik koşullarında donanım gerektirmemesi, ucuz ve kolay uygulanabilen yöntemler olması en önemli avantajlarıdır (Rowe ve Ford, 1990; Weine, 1996).

Termal pulpa testleri, dentin tübülleri içindeki sıvının hidrodinamik hareketine neden olarak pulpa-dentin kompleksinde bulunan A-delta sinir liflerinin uyarılmasını



sağlamaktadır. C lifleri pulpa hasarı meydana gelmedikçe bu test yöntemleri ile uyarılamazlar (Fuss ve ark., 1986).

Termal testler ile pulpanın ısı değişikliklerine karşı oluşan hassasiyeti, dişe soğuk ya da sıcak uyarılar uygulanarak değerlendirilir.

### **Soğuk Testi**

Soğuk uygulaması, dentin tübülleri içindeki sıvının büzülmesine ve hızlıca yer değiştirerek dışa doğru hareketine neden olur (Brännström, 1986). Dentin sıvısının bu hızlı hareketi sonucu oluşan hidromekanik kuvvet ile A-delta sinir lifleri uyarılır ve dolayısıyla dişte kısa, keskin bir ağrı oluşur. Sağlıklı bir dişte uyarının kaldırılmasını takiben, ağrı hemen kaybolur (Trowbridge ve ark., 1981).

Soğuk uyarılara karşı cevap genelde, var ya da yok şeklinde değerlendirilse de hastadan alınan cevabın niteliği de önemlidir. İnflame bir pulpada, uyarın kaldırıldıktan sonra hasta, ya hızlı bir şekilde kaybolan kısa, keskin bir ağrı ya da uzayan, künt bir ağrı bildirir. Uyarın ortadan kaldırıldıktan sonra hızla kaybolan, kısa, keskin ağrı; reversible pulpitis gösterirken, yoğun ve uzamış bir tepki ise irreversible pulpitis işaret eder. Nekrotik pulpada ise tepki oluşmaz (Gopikrishna ve ark., 2009; Berman ve Hartwell, 2011; Alaçam, 2012). Çok köklü dişlerde, köklerden bir tanesi bile vital pulpa dokusu içeriyorsa, diğer kökler nekrotik olsa bile soğuk testine pozitif cevap alınabilir (Peters ve ark., 1994). Reversible ya da irreversible pulpitis tanısının yalnızca klinik bir teşhis olduğu ve histolojik bulgularla uyum göstermeyebileceği unutulmamalıdır (Gopikrishna ve ark., 2009).

Termal testler arasında soğuk testi, sıcak testine göre daha güvenilir bir pulpa test yöntemi olarak değerlendirilse de bazı durumlarda kullanımları sınırlıdır (Ehrmann, 1977; Shabahang, 2005). Kalsifiye veya yaşlı pulpalı dişler, normal ve sağlıklı pulpaya sahip olmasına rağmen, zamanla oluşan sekonder/reaksiyoner dentinin yalıtıcı etkisi ve kapanan dentin tübülleri nedeniyle soğuk testine yanıltıcı cevaplar verebilir (Reynolds, 1966; Ehrmann, 1977).

Asfour ve ark. (1996) süt dişleri üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında etil klorür ve elektrikli pulpa testinden alınan yanıtların doğruluğunu ve hata oranını değerlendirmişler ve her iki test yönteminden elde edilen sonuçlar arasında anlamlı bir fark bulamamışlardır. Süt dişleri üzerinde yapılan diğer çalışmalarda ise, soğuk testinin

diğer hassasiyet testlerine göre duyarlılık ve özgüllük değerleri daha düşük bulunmuştur (Hori ve ark., 2011; Nagarathna ve ark., 2015).

Soğuk testi uygulaması birçok farklı yöntem kullanılarak yapılabilir. Yöntemler arasındaki farklılıklar uygulanan soğuk testi kaynağının ve ısılarının farklı olmasından kaynaklanır (Jafarzadeh ve Abbott, 2010a).

### ***Buz Çubuk Uygulaması***

Tek kullanımlık enjektörlerin plastik kapak bölümleri veya anestezi karpüllerin içlerinin su ile doldurulup, dondurulması ile 0 °C sıcaklıkta elde edilen buz çubukları, soğuk uygulama için kullanılan en pratik yöntemdir. Elde edilen buz çubuklar, hekimin parmak ısısından etkilenip erken erimemesi için gazlı bir bez yardımı ile tutularak kuronun bukkal ya da lingual yüzeyinin servikal ya da orta üçlüsüne 5 sn ya da hasta ağrı hissedene kadar temas ettirilir (Ruddle, 2002; Berman ve Hartwell, 2011). Eriyen buzun henüz test edilmemiş dişlerin üzerine damlayarak yanlış yanıtlar vermemesi için uygulamanın arka dişlerden başlayarak yapılması gerekmektedir (Ruddle, 2002).

Bu uygulama ile dişte yeterince ısı değişikliği oluşturulamadığı için özellikle yaşlı hastalarda ve sekonder ya da reparatif dentin yapımının fazla olduğu posterior dişlerde testten alınan yanıtların doğruluğu güvenilir değildir (Ehrmann, 1977; Augsburg ve Peters, 1981). Bu nedenle buz çubuklar yerine CO<sub>2</sub> kuru buzu veya soğutucu spreyley gibi diğer yöntemlerin kullanılması önerilmektedir (Linsuwanont ve ark., 2008).

### ***Karbondiyoksit Karı (Kuru Buz)***

Karbondiyoksit (CO<sub>2</sub>) karı, CO<sub>2</sub>'in basınç altında likit halden katı hale geçmesiyle elde edilir. Bu bileşik, katı halinde çoğunlukla 'kuru buz' olarak isimlendirilir. Düşük sıcaklığa sahip olması ve atmosfer basıncında katı halden gaz hale geçmesinden dolayı çok amaçlı soğutma maddesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Jafarzadeh ve Abbott, 2010a).

Pulpa test metodu olarak kullanımı için, Obwegeser ve Steinhäuser (1963) tarafından modifiye edilen Odontotest aparatı (Fricar A.G. Zürih, İsviçre) kullanılır. CO<sub>2</sub> gazı özel olarak tasarlanmış bir plastik silindir tüp içerisine gönderilir ve sıkıştırılarak elde edilen, sıcaklığı -78 °C buz çubuklar ilgili diş kuronunun fasiyal

yüzünün orta üçlüsüne uygulanır, 2-5 sn ya da hasta ağrılı uyarını hissedene kadar beklenir (Bachmann ve Lutz, 1976; Berman ve Hartwell, 2011). Bu test metodu ile bütün dentisyon herhangi bir izolasyon gerektirmeksizin 1-2 dk içerisinde rahatlıkla incelenebilmektedir (Ehrmann, 1977).

Uygulama esnasında komşu dişlerin etkilenmemesi ve metal destekli restorasyonlara da uygulanabilmesi önemli avantajlarıdır (Jafarzadeh ve Abbott, 2010a). Ayrıca açık apeksli dişler ve travmatik yaralanmalı dişlerde de oldukça etkili bir yöntem olduğu bildirilmiştir (Fulling ve Andreasen, 1976a, 1976b; Ehrmann, 1977). Bu nedenle klinik olarak, CO<sub>2</sub> karı, kesin, güvenilir, tutarlı, hızlı ve komplikasyonsuz bir ısı testi olarak değerlendirilebilir.

Kuru buz testinin bir diğer avantajı da pulpitisin erken dönemlerinde veya pulpa nekrozunda yanlış pozitif sonuçlara neden olmamasıdır (Ehrmann, 1977; Ingle ve ark., 2008).

Testin dezavantajı ise pulpası kalsifiye ya da sekonder dentin formasyonu fazla olan dişlerde daha az etkili olmasıdır (Ehrmann, 1977). Oldukça güvenilir bir test yöntemi olmasına rağmen kullanılan aparat etil klorit ve buz uygulamasına göre daha pahalı ve karmaşık olduğu için kliniklerde pek fazla tercih edilmemektedir (Weine, 1996).

### ***Soğutucu Spreyler***

Diklorodiflorometan (DDM), tetrafloroetan (TTF) ve propan-bütan karışımı (PBM) farklı soğutucu sprej türleridir. Soğutucu sprejler, pamuk peletlere sıkılarak, dişlerin fasiyal yüzünün orta üçlüsüne 5 sn ya da hasta ağrı hissedene kadar uygulanır (Cohen ve Hargreaves, 2006). Depolama kolaylığı, nispeten daha ucuz maliyeti ve basit uygulama tekniği nedeniyle, soğutucu sprejler kliniklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. CO<sub>2</sub> kuru buzundan sonra güvenilirlik ve tutarlı sonuçlar açısından en uygun yöntem olarak gösterilmektedir (Jafarzadeh ve Abbott, 2010a). Üretici firmalara bağlı olarak sprejlerin sıcaklıkları -20 °C ile -50 °C arasında değişebilmektedir (de Morais ve ark., 2008).

DDM, pulpa testi amacı ile etkili ve komplikasyonsuz bir şekilde kullanılan, kloroflorokarbon halometandır. Diş hekimliği kliniklerinde soğuk uygulama amacıyla kullanımı basınçlı bir sprej (Endo-Ice, -50 °C) ile olmaktadır. ABD’de atmosferin ozon tabakasına zarar vermesinden dolayı 1996 yılından itibaren kullanımı yasaklanmıştır.

Ayrıca hastalar, yardımcı personel ve diş hekimleri tarafından solunmasının zararlı etkileri olabileceği bildirilmiştir (Jafarzadeh ve Abbott, 2010a).

Bu çevresel nedenlerden dolayı DDM'in yerine 1,1,1,2-tetrafloroetan (TFE) içerikli soğutucu sprej üretilmiştir. Ticari ismi Green Endo-Ice (-26 °C)'dir. DDM'ye benzer termodinamik özelliklere sahip olmasına rağmen ozon tabakasına zarar vermez (Jafarzadeh ve Abbott, 2010a). Jones ve ark. (2002) diş türüne ve restorasyon varlığına / yokluğuna bakılmaksızın, TFE ve CO<sub>2</sub> kuru buzunun, pulpa cevabı üzerine etkisinin eşdeğer; ancak TFE'den elde edilen cevabın daha hızlı olduğunu bulmuşlardır.

Propan-bütan karışımı ise genellikle %30-50 propan, %30-50 bütan, %10-20 izobütan içerir ve Endo-Frost (-50 °C) ticari adıyla sunulur. Toksik olmayan soğutucu bir sprejdir. PBM ve TFE içeren soğutucu sprejler ile son yıllarda yapılan bir çalışmada soğuk uygulamasında, bu sprejlerin DDM içeren sprejlere göre pulpa ısısını dışın kuronlu ya da restorasyonlu olduğuna bakılmaksızın daha kısa sürede düşürdükleri için daha etkili oldukları belirtilmiştir (de Moris ve ark., 2008).

### ***Etil Klorür***

Etil klorür, -12,3°C sıcaklıkta, renksiz, kolay alev alabilen, tıpta soğutucu etkisi ile topikal anestezi olarak kullanılan bir gazdır. Sprej şeklinde satılmaktadır ve kullanımı diğer soğutucu sprejler ile aynıdır.

Etil klorür, diğer klorinat hidrokarbonlar gibi santral sinir sistemini baskılar. Havadaki <%1 konsantrasyondaki buharı inhale edildiğinde herhangi bir sorun yaratmazken, yüksek konsantrasyonlarda alkol intoksikasyonuna benzer etkiler gözlenir. %15'ten yüksek konsantrasyondaki buharın inhale edilmesi ise ölümcül olabilir (Jafarzadeh ve Abbott, 2010a).

Etil klorür, CO<sub>2</sub> kuru buz ve DDM'den daha az etkili olduğu için pulpa test metodu olarak kullanımı tavsiye edilmemektedir. Geniş restorasyonlu ve porselenle kaplı dişlerde yeterli sonuç vermez (Augsburger ve Peters, 1981).

### ***Soğuk Su Banyosu***

Soğuk su banyosu, bir başka kullanışlı, kolay ve pahalı olmayan bir test yöntemidir. Testin uygulanacağı diş rubber dam ile izole edilir ve daha sonra enjektör ile soğuk su uygulayarak yıkanır. Soğuk su uygulaması hasta uyarını hissedene kadar,

maksimum 15 sn uygulanır (Fuss ve ark., 1986; Gopikrishna ve ark., 2009). Zaman alıcı bir test olmasına rağmen diş kuronunun tamamı uyarılabildiği için termal testler arasında en etkili ve güvenilir yöntemdir (Berman ve Hartwell, 2011). Şiddetli sıcaklık değişikliği oluşturmadığı için pulpa zarar görebileceği ısı değişikliklerinden korunur. Tam metal veya porselen kaplı dişlerde bile etkili bir şekilde kullanılabilir (Jafarzadeh ve Abbott, 2010a).

### **Sıcak Testi**

Sıcak uygulaması, dentin tübülleri içerisindeki dentin sıvısında genleşmeye neden olur ve bu genleşme sonucu A-delta sinir lifleri uyarılır. Bununla birlikte, inflame bir pulpada sıcak uygulaması ile artan basınç sonucu C lifleri de uyarılır ve bu da uzun süreli bir ağrıya neden olur (Jafarzadeh ve Abbott, 2010a).

Nekrotik pulpa dokusu da içerisinde sıcak uygulaması ile genleşen gazlar üretebilen bakteriler bulundurduğu için bu test genleşen gazların dentin duvarlarına yaptığı basınç sonucu sinir liflerini uyarabilir. Bu nedenle küçük pulpal apseleri bulunan dişlerde sıcak uygulaması ağrıyı arttırırken, soğuk dindirir (Seltzer ve ark., 1963).

Süt dişlerinde hassasiyet testlerinin etkinliğinin değerlendirildiği çalışmalarda, daimi dişlerde yapılan çalışmalara benzer olarak; sıcak testi duyarlılığı en yüksek, özgülüğü en düşük test olarak bulunmuştur (Petersson ve ark., 1999; Hori ve ark., 2011; Nagarathna ve ark., 2015).

Sıcak uygulaması, ısıtılmış güta-perka, el aletleri, elektrikli ısı kaynakları, friksiyonel ısı veya sıcak su banyosu ile uygulanabilir (Jafarzadeh ve Abbott, 2010a).

### ***Isıtılmış Güta-Perka (Grosman metodu)***

En sık kullanılan sıcak uygulama metodu, ısıtılmış güta-perka tekniğidir (Grosman metodu). Güta-perka çubuklar, yumuşayıp parlayana kadar ısıtılır. Güta-perka 65 °C'de yumuşar fakat kanal dolgusu için kullanımı sırasında 200 °C'ye kadar ısıtılabilir. Bu yöntemde ise ısı 150 °C'ye kadar çıkabilir (Rowe ve Ford, 1990). Ardından uygulama yapılacak diş izole edilir ve hem güta-perkanın dişe yapışmaması hem de pulpanın sıcaktan korunması için diş yüzeyi ince bir vazelin tabaka ile kaplanır. Isıtılmış güta-perka dişin fasiyal ya da labial yüzeyinin orta üçlüsüne 2 sn içerisinde cevap alınana kadar uygulanır (Rickoff ve ark., 1988).

Pulpada da 2° C lik sıcaklık artışı pulpa hasarına neden olduğundan 5 sn den daha uzun süren uygulamalar önerilmemektedir. Ayrıca uzayan uygulamalar A delta ve C fibrillerinin bifazik uyarılması ile sonuçlanır ve C fibrillerinin aktive olması devamlı ağrıya yol açar. Ancak yapılan bir çalışmada, güta-perka çubuk ile 5 sn'lik bir sıcak uygulamasının pulpa dentin sınırındaki sıcaklığı 2 °C'den daha az değiştirdiği ve pulpa sağlığına zararlı bir etkisi olmadığı gösterilmiştir (Rickoff ve ark., 1988).

Isıtılmış güta-perkanın, başlangıç ısısı ve uygulama sırasındaki ısısı farklıdır bu durum tekniğin tutarlılığını azaltmaktadır (Linsuwanont ve ark., 2008). Alevde ısıtarak kullanım ile ısı artışını kontrol etmenin zorluğu ve posterior dişlere sınırlı ulaşımı gibi dezavantajları vardır (Ehrmann, 1977).

### ***Isıtılmış El Aletleri***

Pratik bir uygulama olmasına rağmen etkisi ve güvenilirliği zayıf bir yöntemdir. Bu amaçla genellikle top uçlu bir metalik el aleti alevde ısıtılır ve değdirilmeden dişin bukkal yüzeyine yaklaştırılır. Dişin yansıyan ısıya karşı cevabı değerlendirilir. Isıtılan aletin sıcaklığının kontrol edilmesinin zorluğu, uygulama esnasında sıcak aletin hasta ağızında kullanım sakıncaları gibi dezavantajları vardır. Ayrıca güvenilir ve tekrarlanabilir bir test metodu değildir (Jafarzadeh ve Abbott, 2010a).

### ***Elektrikli Isı Kaynakları***

Pulpanın sığağa karşı duyarlılığını test etmek için Touch'N Heat (SybronEndo, Amerika) ya da Sistem B (SybronEndo, Amerika) gibi elektrikli ısı cihazları kullanılarak dişin yüzeyine sıcaklık verilir, en kolay uygulanabilen sıcak test yöntemidir. Cihazlarda devamlı ısı modu seçilir ve üreticinin ilgili diş için tavsiye ettiği değere göre sıcaklık (örneğin, Sistem B için önerilen sıcaklık 150°F'dır.) ayarlanarak diş yüzeyine uygulanır. Minede yanma ya da yapışma meydana gelmemesi için işlem den önce diş yüzeyi yağlanır. Bu cihazlarla diş sert ve yumuşak dokularına zarar vermeden ölçüm yapmak mümkündür (Kulild, 2008).

### ***Sıcak su banyosu***

Sıcak testi uygulamasının bir diğer yöntemi sıcak su banyosudur. Hasta yatay pozisyona getirilir, test edilecek diş rubber dam ile izole edildikten sonra sıcak suyla dolu şırınga ile 5 sn ya da hasta uyararı hissedene kadar yıkanır. Hasta uyararı hissedip cevap oluşana kadar sıcaklığın kademeli olarak artırılması önerilmektedir. Dişin tüm kuronu sıcak su ile yıkandığı için bu uygulamada ısıtılmış güta-perka, ısıtılmış el aletleri gibi diğer sıcak uygulama yöntemlerine göre pulpada daha fazla sıcaklık değişimi oluşur ve elde edilen cevap daha güvenilirdir (White ve Cooley, 1977; Kulild, 2008; Berman ve Hartwell, 2011). Porselen ya da metal destekli kuronların da test edilebildiği bu tekniğin dezavantajı, kooperasyon gerektirmesi ve birden fazla dişin test edilmesi gerektiğinde zaman alan bir uygulama olmasıdır (Ruddle, 2002).

### ***Friksiyonel sıcaklık***

Polisaj lastiklerinin diş yüzeyine profilaksi pastası olmadan dişin bukkal yüzeyine döner aletlerle uygulanması ve sürtünme sonucu elde edilen ısı ile dişlerin test edildiği sıcak uygulama yöntemidir. Ancak günümüzde nadiren tercih edilir (Berman ve Hartwell, 2011).

### **b. Elektrikli Pulpa Testi**

Tanı amaçlı elektriğin kullanımı uzun yıllar öncesine dayanmaktadır. Elektrikli pulpa testi (EPT), diş hekimliğinde ilk olarak 1867'de kullanılmaya başlanmıştır (Cooley ve ark., 1984). Sonraki yıllarda Marshall (1891) ve Woodward (1896) vital ve devital pulpalı dişlerin belirlenmesi amacı ile ilk kez pulpa test metodu olarak elektrik akımını kullanmışlardır. 1897 yılında da ilk olarak Magitot 'Treatise on Dental Caries' adlı kitabında elektrik akımının çürük ve ağrılı dişleri tespit etmek amacıyla kullanılabileceğinden bahsetmiştir (Lin ve Chandler, 2008). Lundy ve Stanley, 1969 yılında yaptıkları çalışmalarında ancak pulpa nekrotik olduğu zaman negatif yanıtın olabileceğini belirtmişlerdir.

Elektrikli pulpa testinde, elektrik akımı ile, pulpa dentin kompleksinde bulunan A-delta sinir fibrillerinin uyarılması amaçlanır. Diş yüzeyine uygulanan elektrik akımı sonucu dentin tübüllerindeki sıvıda oluşan iyonik değişimin sinir liflerinde meydana getirdiği lokal depolarizasyon ve aksiyon potansiyeli sayesinde EPT'den cevap elde

edilir (Gopikrishna ve ark., 2009). Bu test yöntemi ile miyelinsiz C lifleri ağrı eşikleri yüksek olduğu için uyarılamamaktadır (Oloart, 1974).

Elektrikli pulpa test cihazları monopolar ve bipolar olmak üzere iki çeşittir. Monopolar cihazlarda dişle tek bir elektrot yalnızca bir noktadan temas eder ve hastanın EPT cihazının metalik kısmını tutmasıyla veya dudak klipsleri ile devre tamamlanır. Alternatif bir yöntem olarak uygulayıcının eldivensiz elinin hastanın cildiyle temas ettirilmesi ile de devre tamamlanabilir (Guerra ve ark., 1993). Bipolar cihazlarda ise, biri bukkal yüzeyde diğeri palatal/lingual yüzeyde olmak üzere iki elektrot bulunur (Hannam ve ark., 1974). Bipolar EPT cihazlarında verilen akım kurundaki bir elektrottan diğere doğru geçer böylece periodontal dokulardaki aksonları uyarma riski daha azdır. Ancak, her iki elektrot da diş üzerinde bulunduğundan, dental sert doku rezistansı iki katına çıktığı için monopolar yöntemle kıyaslandığında uyarana daha yüksek değerlerde yanıt alınmaktadır (Robinson, 1987; Leavitt ve ark., 2002). Ayrıca, bipolar yöntemde iki elektrodun diş üzerinde konumlanması, dişin kuron kısmında akımın katottan anoda doğru geçmesine yol açar. Bu özelliğinden dolayı, bipolar yöntem, koronal pulpanın canlılığını değerlendirirse de kök pulpasının canlılığını belirlemede yetersiz kalmaktadır. Oysa monopolar yöntemde, akım pulpadan periyodonsiyuma doğru geçiş göstermektedir. Bu nedenle de, monopolar ve pil ile çalışan cihazlar tercih edilmektedir. (Jacobson, 1984; Matthews ve Searle, 1974).

EPT cihazları, direkt akım (DC) veya alternatif akım (AC) ile çalışabilir. Bunların performansları arasında önemli bir fark bulunmamıştır (Fuss ve ark., 1986).

EPT, yeterli bir uyarın, uygun uygulama tekniğı ve sonuçların dikkatli yorumlanmasını gerektirir. Elektrodun boyutu, elektrot ve diş arasında kullanılan elektrolit, minenin kalınlık ve yapısı, elektrodun gingival kenara yakınlığı, mine çatlakları, kırıkları ve dişteki dolgular, elektrodun diş yüzeyi ile açısı ve hareketi pulpaya iletilen akım şiddetini etkilemektedir (Matthews ve Searle, 1974, Cooley ve Robison, 1980). Ayrıca dikkat edilmesi gereken diğere bir konu da güç kaynağıdır. Bataryanın voltajı 4 V'un altına düştüğünde, akım değere artmasına karşın, osiloskopla ölçülen çıkış voltajının artmadığı ifade edilmektedir (Cooley ve Robison, 1980). Bu durum, vital dişin test sonucu devital olarak yorumlanmasına yol açabilir.

EPT uygulanmadan önce işlem hastaya anlatılmalı, dişler izole edilmeli ve kurutulmalıdır. Klinikte nadiren uygulanmasına rağmen ideal olan dişlerin rubber dam



ile izole edilmesidir. Aksi takdirde tükürük, verilen akımı kolaylıkla periodontal dokulara ve komşu dişlere iletir ve yanlış değerlendirmeler ortaya çıkar. Test edilecek dişlerin proksimal bölgelerinde metal restorasyonlar bulunuyorsa elektrot bu restorasyonlardan uzakta tutulmalı, mutlaka temas bölgelerine plastik şeritler yerleştirilmeli ya da rubber dam uygulanmalıdır (Millard, 1973; Myers, 1998). Ayrıca elektrodun ucu sement yüzeyine değdirildiğinde, mineye oranla pulpaya çok daha yüksek akım iletildiği için ucun sağlam mine yüzeyine temas ettiğinden emin olunmalıdır (Cooley ve Robison, 1980). İzolasyon basamağı akımın periodonsiyuma ve komşu dişlere yayılıp yanlış pozitif sonuçlara neden olmaması için oldukça önemlidir (Millard, 1973; Bender ve ark., 1989; Myers, 1998; Pitt Ford ve ark., 2004).

Genel bir kural olarak genellikle kontrol edilmek istenen dişten önce kontralateral ya da antagonist diş test edilmektedir. Bu uygulama, hastanın o güne ait normal yanıtını belirler. Uyarana verilecek tepki seviyesi hastadan hastaya, hatta aynı hastada günden güne değişebilmektedir (Harris, 1982). Ayrıca karşıt dişin pulpa dokusunun sağlıklı olmadığı ya da test edilecek dişin karşıtının olmadığı durumlar da olabilir. EPT sonuçları değerlendirilirken, farklı dişler arasındaki yanıt değerleri de karşılaştırılmamalıdır. Çünkü bu dişlerde dişe ulaşan akım değerleri ve pulpanın uyarılma seviyeleri mine kalınlığı, dolayısıyla rezistans farkından dolayı aynı olmayacaktır (Cooley ve Robison, 1980).

Elektrottan diş sert dokularına maksimum akımın iletilebilmesi için, iletken bir ortam gerekmektedir. Bu amaçla diş macunu, profilaksi patı, flour jeli, inert yağlar, su ve elektrot jellerinin kullanımı önerilmiştir (Martin ve ark., 1969; Michaelson ve ark., 1975; Cooley ve Robison, 1980). Genellikle kliniklerde elektrolit olarak diş macunlarından yararlanılmaktadır.

Elektrotun dişe optimal yerleşimi önemlidir çünkü gerekli eşik değerde cevaba ulaşılabilmesi için uyarılan sinir fibrili sayısı yeterli olmalıdır ve bu “sumasyon etkisi” olarak adlandırılır (Närhi ve ark., 1979). Yüksek nöral yoğunluğa sahip bölgelerde düşük elektrik akımı ile güçlü ve hızlı yanıt elde edilebilir (Bender ve ark., 1989).

EPT'ler, akım miktarını gösteren 1-10, 1-64 veya 1-80 gibi çeşitli ölçeklerde uygulanabilen bir reostata sahiptir. Sıcaklık veya karıncalanma hissi ağırlı bir uyarana dönüşmeden hastanın yanıt vermesine izin vermek için akım yavaşça (<5 mikro Amp/s)

arttırılmalıdır. Hasta duyarlılık hissettiğinde akım kesilir ve okunan değer kayıt edilir (Wahab ve Kennedy, 1987).

### **Süt Dişlerinde Elektrikli Pulpa Testinin Limitasyonları**

Elektrikli pulpa test tekniği hassas ve limitasyonları olan bir yöntemdir. Yapılan çalışmalar EPT'nin vital ve devital dişlerin ayırt edilmesine yardımcı bir test olduğunu ancak pulpa inflamasyonunun derecesini belirleyemediğini yani pulpanın histolojik durumu hakkında bilgi vermediğini göstermektedir (Mumford ve Bjorn, 1962; Reynolds, 1966). Bu yöntem, pulpanın sağlık durumunun gerçek göstergesi olan pulpa kan akımı hakkında bilgi vermez. Sadece, bazı duyu liflerinin pulpa dokusu içerisinde mevcut olduğunu ve uyarana cevap verebildiklerini gösterir (Shabahang, 2005).

Elektrikli pulpa testi diğer hassasiyet testlerinde olduğu gibi subjektif bir testtir ve hasta yanıtına bağlıdır. Bu nedenle anksiyetesi fazla veya çocuk hastalarda erken veya yanlış pozitif yanıtlar elde edilebilir (Cooley ve Robison, 1980). Ayrıca uyuşturucu, alkol ve analjezikler, narkotikler, sedatifler ve trankilizan kullanan hastalarda ağrı eşiği yükselmiş olacağı için EPT'den elde edilecek yanıt güvenilir değildir (Chambers, 1982).

Travmaya uğramış süt dişlerinde, vaskülarizasyon devam ettiği halde geçici duysal fonksiyon kaybı görülebilir. Böyle durumlarda dişler canlı olduğu halde EPT'den negatif cevap elde edilebilir (Pileggi ve ark., 1996; Waikakul ve ark., 2002).

EPT cihaz arızası ya da batarya voltajının yetersiz olması durumunda (Matthews ve Searle, 1974; Cooley ve Robison, 1980; Cooley ve ark., 1984) EPT'ye yanıt alınamayabilir ya da hatalı yorumlanabilir. Kök kanallarının parsiyel olarak kalsifiye olduğu süt dişleri de vital pulpa içerdikleri halde EPT'de yanlış negatif sonuç verebilirler (Harris, 1982).

Kalp pili yerleştirilen köpekler üzerinde EPT'nin değerlendirildiği bir çalışmada, normal bir kalp pilinin işlevini değiştirmek için 5-20 mA akımının yeterli olduğu ve bu nedenle kardiyak kalp pili taşıyan hastalarda EPT'nin kullanılmaması gerektiği sonucuna varılmıştır (Woolley ve ark. 1974). Ancak daha sonra yapılan laboratuvar çalışmalarında EPT cihazı ile kalp pillerinin etkileşime girmediği gösterilmiştir (Adams ve ark., 1982; Luker, 1982; Miller ve ark., 1998). Günümüzde hem yeni üretilen EPT cihazlarında daha gelişmiş koruma ve filtreleme devreleri

bulunmakta hem de kalp pilleri daha iyi koruyucu tabakalar içermektedir. Wilson ve ark. (2006)'nın in vivo çalışmalarında da, implante edilmiş kalp pilleri olan hastalarda EPT kullanımının herhangi bir etkileşime neden olmadığını gösterilmiştir.

### **c. Kavite Testi**

Kavite testi, yalnızca pulpanın mevcut durumunun belirlenmesi için diğer test yöntemleri yetersiz kaldığı zaman son çare olarak tercih edilmelidir (Ehrmann, 1977; Rowe ve Ford, 1990). Lokal anestezi uygulanmadan düşük devirli küçük frezler kullanılarak mine-dentin sınırına ulaşana ya da pulpa ekspozu gözlenene kadar kavite açılır. Pulpa canlı ya da duyuşal sinir kaynağı mevcut ise hasta uygulama sırasında ağrı hisseder. Hastanın ağrı hissettiği noktada test sonlandırılır ve diş restore edilir. Hasta işlem sırasında herhangi bir ağrı hissetmezse pulpada inflamatuvar değişiklik başlamıştır, endodontik giriş kavitesi açılır ve endodontik tedavi uygulanır. Bu test, diğer hassasiyet testlerinin etkinliğinin değerlendirildiği çalışmalarda altın standart olarak kabul edilse de, invaziv ve irreversible bir yöntem olduğundan pulpa duyarlılığını test etmek için kullanılması genellikle tavsiye edilmemektedir (Chen ve Abbott, 2009).

### **d. Anestezi Testi**

Bu test ile, pulpanın sağlık durumunun değerlendirilmesinden ziyade lokal anesteziye yararlanılarak ağrılı diş ayırt edilir. Alt ve üst çenedeki iki diş ayırt etmek için anestezi ilk olarak üst çeneye yapılır. Bunun nedeni derin anestezinin üst çenede daha kolay sağlanmasıdır. Üst çenede iki dişin ayırımının yapılmasının gerektiği durumlarda ise palatal innervasyondan dolayı öncelikle ön tarafta bulunan diş anestezi yapılır. Aksi takdirde tüm arka grup dişlerin palatal kökleri uyuşacağından ağrılı diş tespit edilemez (D'Souza ve ark., 1987).

### **2.5.2. Pulpa Canlılık Testleri**

Pulpa hassasiyet testleri ile termal veya elektrik gibi uyarılara karşı pulpanın sinirsel cevabı değerlendirilirken, kan akımıyla ilgili herhangi bir bilgi elde edilemez. Oysaki dişlerin vitalitesi için vaskülerite ve damarsal desteğin değerlendirilmesi daha objektif sonuçlar vermektedir (Chambers, 1982). Bu nedenle dişlerin canlılığının değerlendirilmesinde pulpa kan akımının incelenmesi için yeni test metodları geliştirilmiştir. Son yıllarda özellikle pulse oksimetri ve laser doppler flowmetre ile

spektrofotometri, kuron yüzey sıcaklığı gibi testler; invaziv olmadıkları, ısı ve radyasyon yaymayarak biyolojik dokulara zarar vermedikleri ve tamamen objektif sonuçlarla pulpa kan akımını değerlendirdikleri için ön plana çıkmıştır. Bu testler ile hastadan alınacak cevaba ihtiyaç duyulmadan, dişin vaskülarizasyonu ve beslenmesi ile ilgili doğrudan bilgi elde edilebilmektedir. Ancak pahalı olmaları, uygulamanın uzun zaman alması, karmaşık klinik prosedürler, cihazların dişler için uygun problemlerinin olmaması ve belirsiz sonuçlar nedeniyle diş hekimliği kliniklerinde yaygın kullanım alanı bulamamışlardır (Jafarzadeh ve Abbott, 2010a).

#### **a. Lazer Doppler Flowmetri**

Hareket halindeki bir nesneden yansıyan radyasyonun frekansında Doppler etkisi ile oluşan değişime Doppler kayması denir (Adrian, 1993). Lazer doppler flowmetre (LDF), mikrovasküler sistemlerde kan akımının sürekli ve noninvaziv ölçümü için kullanılan ve hareket halindeki bir nesneden yansıyan radyasyonun frekansında oluşan, Doppler kaymasının ölçülmesi temeline dayanan yeni bir tekniktir (Polat ve Öztürk, 1998).

Bu teknikte, düşük güçlü monokromatik lazer ışını fiberoptik bir prob yardımı ile hedef dokuya yönlendirilir. Işın demetinin bir kısmı dokuda absorbe olurken, büyük bir kısmı ise dokudan yansır. Dokudan yansıyan bu ışınlar ölçüm probu içerisinde bulunan toplayıcı fiber ile ölçüm için fotodedektöre taşınır. Statik nesnelere yansıyan ışınların dalga boyu değişmezken, kırmızı kan hücreleri gibi hareketli hücrelerden yansıyan ışınlar doppler kaymasına neden olarak sinyaller oluşturur. Bütün yansıyan ışınlar optik fiber ile dedektöre gönderilir ve burada elektrik akımına dönüştürülerek incelenir. LDF cihazında bulunan dedektör tarafından tespit edilen çıkış sinyali, üzerinde bulunan dijital ekrandan okunabilir, bir yazıcıya veya özel bir programı olan bir bilgisayara aktarılabilir. Elde edilen değer LDF çıkış sinyali olarak değerlendirilir. Bu sinyaller ile belirlenen değerlere “ perfüzyon”, “flow” veya “flux” adı verilir. (Polat ve Öztürk, 1998; Develioğlu, 2003; Güngör, 2003; Karayılmaz ve Kırzioğlu, 2009).

LDF'nin diş hekimliğinde ilk kullanımı Gazelius ve ark. (1986) tarafından tanımlanmıştır. Dişe yönlendirilen lazer ışığı dentin tübüllerini kullanarak pulpaya ulaşır. Pulpaya giren ışık hem kırmızı kan hücreleri hem de sabit doku elemanları tarafından absorbe edilir. Hareket eden kırmızı kan hücreleri ile etkileşen fotonlar

saçılıp Doppler kaymasına uğrarken, sabit doku elemanları ile etkileşen fotonlar ise Doppler kaymasına uğramaz. Saçılan ışınlar foton dedektörüne geri taşınır ve bir sinyal elde edilir. Diş pulpasının hareketli cisimlerinin büyük çoğunluğunu oluşturan bu kırmızı kan hücrelerinden geri yansıyan ışığın ölçümü ile, pulpa kan akımı yorumlanır (Gopikrishna ve ark., 2009).

LDF invaziv olmayan bir yöntemdir, ağrılı bir uyaran içermez ve hastalar tarafından kolaylıkla kabul edilebilir. En önemli avantajları objektif olması ve gerektiğinde tekrarlanabilirliği olsa da bazı dezavantajları vardır. Elde edilen çıkış değerleri mutlak değildir ve kan akımı ile doğrusal ilişki göstermez. Çıkış sinyallerinin değerindeki artış, kan akımındaki artış ile paralel değildir. Hareketli hücrelerdeki fotonların çoklu çarpışması çıkış değerlerinin doğrusal olmamasına neden olur (Güngör, 2003).

Optik fiberler tüm hareketlere duyarlıdır. Bu yüzden LDF'den doğru değerler elde etmek için hatalı sinyallere neden olmayacak şekilde, sensörün hareketsiz ve diş ile sürekli temas halinde tutulması gerekmektedir (Güngör, 2003). Silikon esaslı ölçü maddesi, akril gibi malzemeler kullanarak kişiye özel olarak hazırlanmış prob tutucular ile probun ve sensörün diş stabilizasyonu sağlanabilir ancak bu zaman alan bir uygulamadır. Aynı zamanda cihazın maliyetinin yüksek olması nedeni ile de diş hekimliğinde rutin kullanıma girememişlerdir.

Süt dişlerinde LDF ile yapılan ölçümler, fizyolojik kök rezorbsiyonu ile pulpanın vasküler dokusundan meydana gelen değişikliklerin pulpal kan akımını değiştirdiğini ortaya koymaktadır. Süt kesici dişlerde yapılan bir çalışmada ileri derece kök rezorbsiyonuna sahip dişlerin pulpa kan akımı değerinin azaldığı bildirilmesine karşın, süt molar dişlerinde yapılan bir diğer çalışmada ise fizyolojik kök rezorbsiyonunun pulpa kan akımını arttırdığı öne sürülmüştür. Çalışmalar arasındaki bu uyumsuzluğun değerlendirilen diş gruplarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Rapp, 1992; Monteiro ve ark., 2009).

## **b. Pulse Oksimetri**

Pulse oksimetri (PO), intravenöz anestezi uygulaması sırasında kan oksijen saturasyon seviyesini belirlemek amacıyla tıbbın bir çok alanında sıklıkla kullanılan görüntüleme cihazıdır. 1970'lerin başında Aoyagi tarafından icat edilen PO, tamamen

objektif bir testtir ve hastadan subjektif bir yanıt gerektirmez (Gopikrishna ve ark., 2009).

PO probu, kırmızı (640 nm) ve kızılötesi (940 nm) olmak üzere iki farklı dalga boyunda ışık veren iki diyot (LED- light emitting diode) içeren bir sensör ve bu ışıkları vasküler yataktan geri toplayan bir fotodedektörden oluşur. Diyotlar ile vasküler yatağa gönderilen kırmızı ve kızıl ötesi ışıklar oksihemoglobin ve deoksihemoglobinler tarafından farklı miktarlarda absorbe edilirler. Oksihemoglobinler daha fazla kızıl ötesi ışık absorbe edip daha fazla kırmızı ışığın geçmesine izin verirken, deoksihemoglobinlerde tam tersi bir durum meydana gelir; daha fazla kırmızı ışık absorbe edip, daha fazla kızılötesi ışığın geçişine izin verirler. Kan hacmindeki pulsatil değişim, fotodetektöre ulaşmadan vasküler yatak tarafından absorbe edilen kırmızı / kızılötesi ışık miktarında periyodik değişikliğe neden olur. Bu değişiklikler kalbin atım oranının belirlenmesinde kullanılır. Kırmızı ve kızılötesi ışıkların oksihemoglobin ve deoksihemoglobinlerdeki absorpsiyon oranındaki farklılıklar oksijen saturasyonunun belirlenmesini sağlar (Salyer, 2003).

İnvaziv ve travmatik olmayan bir yöntem olan PO, diş hekimliğinde de pulpanın vitalitesinin ve vaskülarizasyonunun belirlenmesi için kullanılmaya başlanmıştır. PO ile pulpa oksijen saturasyonunun ölçülmesi için yapılan çalışmaların bir kısmında bu yöntem başarılı bulunurken (Schnettler ve Wallace, 1991), cihazın sensörünün dişlerin anatomik yapılarına uymamasından kaynaklanan problemler nedeniyle bir kısmında da yetersiz bulunmuştur (Kahan ve ark. 1996). Ancak son yıllarda yenidoğan ve kulak problemlerinin dişlere uyumlandırılarak kullanılmasının ve yeni problemlerin geliştirilmesinin ardından özellikle travmaya uğramış dişlerde olmak üzere, vitalite test yöntemi olarak termal testler ve EPT'ye göre daha güvenilir olduğu gösterilmiştir (Gopikrishna ve ark., 2006).

PO ile ölçüm yapılabilmesi için, normal bir arteriyal kan akışı gereklidir. Hipovolemi, hipotermi veya yoğun periferik vazokonstriksiyon gibi arteriyal pulsatil kan akışının düşük olduğu durumlarda, PO'dan ölçüm elde edilemez. Bu gibi durumların yanı sıra diş hekimliğinde de kronal pulpanın kalsifik değişikliğe uğradığı; dental travma, derin restorasyon, fizyolojik yaşlanma gibi durumlar sonucu PO'dan yanlış negatif sonuçlar elde edilebileceği bildirilmiştir (Gopikrishna ve ark., 2009).

PO'nun diş hekimliği kliniklerinde kullanımını için daha küçük ve uygun fiyatlı türleri olmasına rağmen hala dişlerin geometrik yapılarına uygun prob ve prob tutucusunun bulunmaması nedeniyle vitalite test yöntemi olarak yeterli gelişme gösterememiştir. Uygulama kolaylığı ve düşük maliyeti nedeniyle kliniklerde sıklıkla kullanılan EPT ve termal testlerin yerini alamamıştır.

Farklı derecede fizyolojik kök rezorpsiyonuna sahip süt dişlerinden PO ile yapılan ölçümler sonucunda ise elde edilen değerler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu nedenle rezorpsiyonun pulpa kanlanması meydana getirdiği değişikliklerin incelenmesinde pulse oksimetre metodu yetersiz kalmaktadır (Karayılmaz ve Kırzioğlu, 2011).

### **c. Spektrofotometri**

Spektrofotometri, çift dalga boylu ışıklar kullanılarak pulpal dolaşımdaki oksijen oranını ölçmeye dayanan bir tekniktir (Levin, 2013). Yapılan hayvan çalışmalarında, nekrotik pulpa dokusu ile oksijenize pulpa dokusunu ayırt edebildiği gösterilmiştir (Nissan ve ark., 1992). Bununla birlikte kanın oksijen oranı ve hacmi saptanabildiği için sadece pulpa nekrozunu tespit etmez, aynı zamanda pulpadaki enflamasyonun durumunu belirlemede de kullanılabilir. Ancak kullanışlı, nispeten ucuz ve küçük cihazlar olmalarına rağmen dental kullanıma uygun ticari bir formları bulunmamaktadır. Bu yüzden spektrofotometri kullanılarak yapılan in vivo çalışmalar halen devam etmektedir (Rudzka ve ark, 2015; Levin, 2013).

### **d. Kuron Yüzey Sıcaklığı (Termografi)**

Dişlerin canlılığı ile yüzey sıcaklığının ilişkili olduğu bildirilmiştir (Stoops ve Scott, 1976). Canlı bir diş için sıcaklık, dışarıdan periodonsiyum ve oral çevre, içeriden ise pulpa dolaşımı ve metabolizma kaynaklıdır. Nekrotik bir diş ise sıcaklığını yalnızca periodonsiyum ve oral çevreden alır (Brown ve Goldberg, 1966). Bu farklılıklardan dolayı sıcaklık ölçümünün bir tanı aracı olarak termistörler, kızılötesi termometreler, minyatür termometreler, kızılötesi termografi ve sıvı kristaller kullanılmıştır. Kuron sıcaklık değişimini ölçmek için kolisterik sıvı kristallerindeki renk değişimine bakılmış ve canlı dişlerin soğutulmasının ardından, nekrotik dişlere göre ısınmasının daha hızlı olduğu gösterilmiştir (Jafarzadeh ve ark., 2008).

Termografik görüntüleme, vücudun yüzey sıcaklığını ölçmek için güvenli ve invaziv olmayan bir yöntem olmasına rağmen tekniğin karmaşıklığı ve dental kullanımı için henüz piyasada bulunan herhangi bir cihazın olmaması gibi dezavantajları vardır (Gopikrishna ve ark., 2009).





## 2.6. Araştırmanın Amacı

Geleneksel pulpa testlerinden biri olan elektrikli pulpa testi, pulpanın nöral durumunu değerlendirmek ve uygulanacak doğru tedaviye karar vermek için kliniklerde uzun yıllardır kullanılan bir metottur. Bir takım kısıtlamaları bulunmasına rağmen yeterli bir uyarıcı, uygun uygulama tekniği ve sonuçların dikkatli yorumlanması sayesinde süt dişlerinin pulpa sağlığı hakkında oldukça yararlı bilgiler sağlamaktadır.

Süt dişlerinin fizyolojik rezorpsiyon sürecinde, pulpadaki sinir gelişimi farklılık gösterdiğinden ve daimi dişlere göre sinir innervasyonunun daha az olmasından dolayı pulpa testlerine alınan yanıtların da farklılık göstereceği düşünülmektedir. Ancak süt dişlerinde fizyolojik kök rezorpsiyonunun EPT'den elde edilen değerlere etkisinin değerlendirildiği bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmamızda EPT ile sağlıklı süt ikinci molar dişlerin fizyolojik kök rezorpsiyon derecelerine göre en uygun elektrot yerleşim bölgesini belirleyerek ortalama EPT eşik değerlerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

### 3. MATERYAL VE METOT

Bu araştırma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Kliniği' ne Mart 2016- Ekim 2017 tarihleri arasında rutin muayene ve diş tedavileri için başvuran 3-12 (ortalama  $7.88 \pm 2.03$ ) yaş aralığına sahip toplam 100 (57 kız, 43 erkek) çocuk hastanın toplam 100 adet alt süt ikinci molar dişi üzerinde gerçekleştirildi.

Çalışmanın etik kurul onayı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıbbi Araştırma Etik Komisyonu Başkanlığı'ndan (no:2015/401) alındı (Ek-1). Çalışmaya dâhil edilen tüm çocuk hastalara ve velilere çalışma ile ilgili detaylı bilgiler verilerek aydınlatılmış onam formları imzalatıldı (Ek-2).

Çalışmaya aşağıda yer alan kriterlere sahip alt süt ikinci molar dişler dâhil edildi:

- Herhangi bir çürük, restorasyon ve kırık bulunmayan,
- Herhangi bir mine defekti ve/veya diskolorasyonu olmayan,
- Radyografik olarak belirlenmiş alt süt molar dişlerinde kök enfeksiyonu, perküsyon hassasiyeti bulunmayan,
- Radyografik muayenelerinde alt ikinci daimi dişlerinde bilateral konjenital germ eksikliği olmayan dişler,
- Fizyolojik kök rezorpsiyonunun henüz başladığı (1/3 düzeyini geçmemiş) ve fizyolojik kök rezorpsiyonu kökün 1/3'ü ile 2/3'ü arasındaki dişler.

Aşağıda yer alan kriterlere sahip hastalar ise çalışma dışı bırakıldı:

- Büyüme ve gelişimi etkileyebilecek kronik sistemik hastalığı, fiziksel ve mental gelişim bozukluğu olan,
- Konjenital gelişim bozukluğu olan,
- Narkotik analjezik etkili ilaç kullanan,
- Parasetamol ya da nonsteroid antiinflatuar grubu ilaç kullanan,
- Zihinsel ya da emosyonel dengesizliğe sahip,
- Kooperasyon kurulamayan hastalar.

Çalışma gruplarında yer alacak diş sayısının belirlenmesi amacıyla güç analizi uygulandı. Araştırma konusu ile ilgili literatür çalışmaları incelendiğinde örnek grubu test gücü 0.95; alfa 0.05 olarak alındığında her grup için örnek sayısı 42 olarak

hesaplandı. Testin gücünün artırılması amacıyla çalışma her diş grubunda 50 diş bulunacak şekilde yürütüldü (Hori ve ark., 2011).

Muayenesi yapılan hastalarda periapikal radyografi endikasyonu olanlardan çalışmaya dahil edilme kriterlerine uyan hastaların adı-soyadı, cinsiyeti, doğum tarihi, hastane arşiv numarası kaydedildi.

Dişlerin her biri için fizyolojik kök rezorpsiyon derecesi, standart koşullarda aynı ışınlama süresinde (Vario DG intraoral X-ray unit, Sirona Dentsply) ve 0 numara dijital periapikal film kullanılarak belirlenmiştir. Sabit film- nesne- tüp mesafesini sağlayabilmek için ise posterior film tutucu (Kerr Endo-Bite) ile paralel teknik kullanılmıştır. Periapikal radyografilerinde değerlendirmeyi etkileyebilecek distorsiyonlar (görüntü bozukluğu) bulunan hastalar çalışmaya dahil edilmedi.

### 3.1. Araştırma Prosedürü

#### 3.1.1. Fizyolojik Kök Rezorpsiyon Derecelerine Göre Diş Gruplarının Belirlenmesi

Dişlerin fizyolojik kök rezorpsiyon derecesini belirlemek için önceden kurulan bir protokol takip edilmiştir. Bunun için ilk olarak, gerçekleştirilen radyografik inceleme sonucunda sağlıklı olduğu doğrulanan dişlerin mine- semet birleşimi (CEJ) ile kök rezorpsiyonunun en derin noktası arasındaki mesafe bir elektronik milimetre kullanılarak ölçülmüştür. Kök rezorpsiyonunun olduğu en derin nokta alt süt ikinci molar dişlerin en fazla rezorbe olan kökü olarak alınmıştır (Sari ve ark., 1999; Simsek ve Durutürk, 2005). Fizyolojik kök rezorpsiyon derecesi, Monteiro ve ark.'nın 2009 yılındaki yayınlarında kullandıkları formül kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 1). Bu formülde fizyolojik rezorpsiyon öncesi tahmini kök uzunluğu, Kramer ve Ireland'ın (1959) süt dişlerinin kök boyu ile ilgili tablosu (Tablo 2) dikkate alınarak belirlenmiştir.

**Tablo 1.** Fizyolojik kök rezorpsiyonu yüzdesinin hesaplanması (Monteiro ve ark.'dan, 2009).

% Fizyolojik Kök Rezorpsiyonu	$= \frac{100 - CEJ' \text{ den en büyük rezorpsiyon noktasına olan mesafe (mm olarak)} \times 100}{\text{Fizyolojik rezorpsiyon öncesi tahmini kök uzunluğu (Kramer ve Ireland)}}$
-------------------------------------	--

**Tablo 2.** Mandibular süt dişlerinin kök uzunluğuna ait tablo\* (Kramer ve Ireland' dan, 1959)

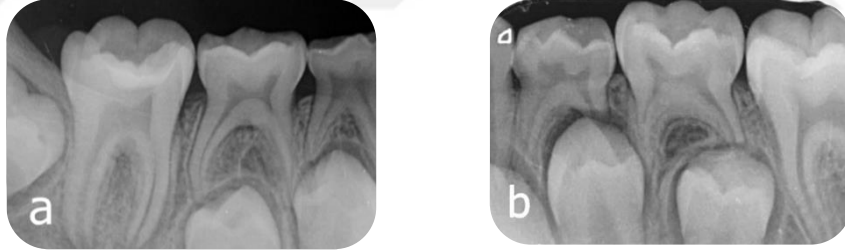
	Kök Uzunlukları	
	Mandibular Dişler	
	Mesial Kök	Distal Kök
I. Süt Molar Dişler	10.5	8.94
II. Süt Molar Dişler	11.37	10.55

\* Ölçümler milimetre cinsindedir.

Bu formüle göre fizyolojik kök rezorpsiyon yüzdesi belirlendikten sonra dişlerdeki rezorpsiyon miktarına göre dişler 2 gruba ayrılmıştır:

Grup I: Fizyolojik kök rezorpsiyonunun henüz başladığı (1/3 düzeyini geçmemiş) (Şekil 1a),

Grup II: Fizyolojik kök rezorpsiyonu kökün 1/3'ü ile 2/3'ü arasında (Şekil 1b).



**Şekil 1.** (a) Fizyolojik kök rezorpsiyonu 1/3 düzeyini geçmemiş, (b) Fizyolojik kök rezorpsiyonu kökün 1/3'ü ile 2/3'ü arasında.

### 3.1.2. Elektrikli Pulpa Testi Cihazı ve Ölçüm Prosedürü

Her gruba 0-64 arası okuma değerlerine sahip, monopolar dijital elektrikli pulpa testi (Parkell digitest 2) üretici firmanın önerileri doğrultusunda uygulandı (Şekil 2). EPT uygulanmadan önce test edilecek diş pamuk rulolarla izole edildi ve pamuk ile kurutuldu. Diş sert dokularına akımı geçirebilmek için aletin diş dokunan ucundaki elektrotu diş macunu (Colgate Total, Colgate-Palmolive, İstanbul, Türkiye) sürülerek test edilecek yüzeye yerleştirildi. İşlem sırasında uygulayıcı tarafından eldiven kullanıldı ve topraklama klipsi hastanın dudağına yerleştirilerek devre tamamlandı.

Yavaş, orta ve hızlı olmak üzere 3 farklı ayarda stimulus artış hızı bulunan cihazda uyarının doğru olarak belirlenebilmesi için, hız en düşük seviyede kullanıldı (Wahab ve Kennedy, 1987). Hasta uyarını hissedene kadar stimulus yavaşça arttırıldı. Hastaya dişinde karıncalanma, sızlama, ısınma gibi bir değişiklik hissettiği zaman elini kaldırması gerektiği söylendi. Hasta uyarını hissettiği an test sonlandırıldı ve dijital test cihazı üzerinde okunan değer kaydedildi.

İlk ölçüm, hastaya elektriksel uyarı sonucu oluşacak hissi tanıtabilmek amacıyla, çalışmaya dahil edilmeyen başka bir diş üzerinde gerçekleştirildi. Ardından çalışmaya dahil edilen her bir süt molar diş kuronunun bukkal yüzeyinde dört ayrı noktadan (mesiobukkal tüberkül tepesi, kuron oklüzal üçlüsü, kuron orta üçlüsü, kuron servikal üçlüsü) olmak üzere her bölgeden ayrı ayrı ve tek ölçüm yapıldı. Bu ölçümler arasında, nöral akomodasyon fenomeni oluşumunu engellemek amacıyla uyarılar arası dinlenme periyodu için en az 2 dakika beklendi (Ziskin ve Zegarelli, 1945; Vargas ve Vivaldi, 1959; Mumford, 1965; Bender ve ark., 1989).



**Şekil 2.** Tez çalışmasında kullanılan EPT cihazı ve diş macunu: Parkell Digitest II, Colgate

Total

### **3.1.3. Elektrikli Pulpa Test Ölçümlerinin Ortalama Değerinin Hesaplanması**

Dişlerin 4 ayrı bölgesinden yapılan EPT ölçümlerinin ortalaması ile birlikte süt ikinci molar dişlerde eşik değerin elde edildiği en uygun bölge belirlenmiş ve bu bölge için de ayrıca ortalama değer hesaplanmıştır. Veriler iki fizyolojik kök rezorpsiyon aşamasına göre her diş grubu için ayrı ayrı ortaya konmaktadır.

### **3.2. İstatistiksel Değerlendirme**

Araştırmamızda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SPSS 20.0 yazılımı (SPSS Inc., Chicago IL, USA) kullanılarak gerçekleştirildi. Verilerin varyans analizine (ANOVA) (Post Hoc Tukey HSD) uygunluğunu değerlendirmek için Kolmogorov-Smirnov tek örnek testi ile normal dağılış incelendi. Verilerin dağılışının normal kabul edilebileceği ( $P>0.05$ ) ve Levene testi ile varyansların homojenliği değerlendirilmiş olup, varyansların homojen olduğu ( $P>0.05$ ) bulundu. Bu durumda varyans analizinin güvenle uygulanabileceği belirlendi. Dişlerden elde edilen dört farklı ölçümün ortalama değerlerinin karşılaştırılması amacıyla Duncan testi kullanıldı. Veriler ortalama  $\pm$  standart sapma ( $O\pm SS$ ) ile gösterildi. Testin anlamlılık düzeyi için  $p<0.05$  kabul edildi.

#### 4. BULGULAR

Farklı fizyolojik kök rezorpsiyon derecelerine sahip süt ikinci molar dişlerin ortalama EPT değerlerinin karşılaştırılması ve bu dişler için en uygun elektrot yerleşim bölgesinin belirlenmesi amaçlanan araştırmaya ortalama yaşı  $7,88 \pm 2.03$  olan 57 kız (%57), 43 erkek (%43) toplam 100 çocuk hastanın 100 adet sağlıklı süt ikinci molar dişi dahil edildi.

Kök rezorpsiyon derecesi dikkate alınmadan yapılan istatistiksel değerlendirmede kız ve erkek çocukların süt molar dişlerinden elde edilen ortalama EPT değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir ( $p>0,05$ ) (Tablo 3).

**Tablo 3.** Kız ve erkek hastalardan elde edilen ortalama EPT değerleri

Cinsiyet	EPT değeri (Ort±SS)
Kız	$13,16 \pm 0,54$
Erkek	$14,61 \pm 0,77$
p değeri	0.113

Yaş ile birlikte süt ikinci molar ortalama EPT değerinde artış eğilimi görülmüştür (Tablo 4).

**Tablo 4.** Yaşa göre ortalama EPT değerleri

Yaş	EPT değeri
3	$3,25 \pm 0,25g$
4	$5,50 \pm 1,19fg$
5	$8,90 \pm 0,68efg$
6	$9,96 \pm 0,49def$

7	12,13 ± 0,91cde
8	12,07 ± 0,73cde
9	16,00 ± 1,31bcd
10	18,33 ± 1,91bc
11	21,36 ± 2,10ab
12	25,90 ± 1,71a
<b>p değeri</b>	<0.001

*Farklı küçük harfler gruplar arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (p<0,001)*

Süt ikinci molar dişlerin elektrot yerleşim bölgelerinden elde edilen EPT değerleri fizyolojik kök rezorpsiyon derecelerine göre Tablo 5'te gösterilmiştir. Her iki grupta da servikal bölgeden tüberkül tepesine doğru gidildikçe elde edilen EPT eşik değerlerinde düşüş eğilimi gözlenmiştir. Her iki grupta da en düşük ölçüm mesiobukkal tüberkül tepesinden yapılmıştır. Bununla birlikte tüberkül tepesinden elde edilen eşik değer ile Grup 1 'de oklüzal ve orta üçlü, Grup 2'de ise sadece oklüzal üçlünden elde edilen EPT değeri arasında istatistiksel bir fark gözlenmemiştir (p>0.001). Tablo 5'te ayrıca tüm bölgeler için %95 güven aralığında ortalama EPT eşik değerleri gösterilmiştir (Tablo 5).

**Tablo 5.** Dişlerin fizyolojik kök rezorpsiyon derecelerine göre ölçüm bölgelerindeki ortalama EPT değerleri

<b>Fizyolojik Kök Rezorpsiyon Derecesi</b>	<b>Bölge</b>	<b>EPT değeri</b>	<b>EPT değeri %95 güven aralıkları</b>
<b>Grup I: Fizyolojik kök rezorpsiyonu kökün 1/3'ünü geçmemiş</b>	Mesiobukkal Tüberkül Tepesi	7,68 ± 0,51d	6.64 – 8.71
	Oklüzal Üçlü	8,54 ± 0,58d	7.38 – 9.69
	Orta Üçlü	10,42 ± 0,68d	9.06 – 11.78
	Servikal Üçlü	13,92 ± 1,02c	11.87 – 15.97



<b>Grup II: Fizyolojik kök rezorpsiyonu kökün 1/3'ü ile 2/3'ü arasında</b>	Mesiobukkal Tüberkül Tepesi	13,94 ± 1,10c	11.73 – 16.15
	Oklüzal Üçlü	16,02 ± 1,26bc	13.48 – 18.56
	Orta Üçlü	18,56 ± 1,47ab	15.60 – 21.52
	Servikal Üçlü	21,18 ± 1,76a	17.65 – 24.71
<b>p değeri</b>		<0.001	

*Aynı sütundaki farklı küçük harfler arasında anlamlı farklılık vardır (p<0,001)*

Fizyolojik kök rezorpsiyon derecelerine göre süt ikinci molar dişlerin tüm bölgelerinin ortalama EPT değerleri Tablo 6'da gösterilmiştir. Fizyolojik kök rezorpsiyonundaki artış ile birlikte elde edilen ortalama EPT değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (p<0.001).

**Tablo 6.** Fizyolojik kök rezorpsiyon derecelerine göre dişlerin ortalama EPT değerleri

<b>Fizyolojik Kök Rezorpsiyon Derecesi</b>	<b>EPT değeri</b>
<b>Grup I: Fizyolojik kök rezorpsiyonu kökün 1/3'ünü geçmemiş</b>	10,14 ± 0,40b
<b>Grup II: Fizyolojik kök rezorpsiyonu kökün 1/3'ü ile 2/3'ü arasında</b>	17,43 ± 0,73a
<b>p değeri</b>	<0.001

*Aynı sütundaki farklı küçük harfler arasında anlamlı farklılık vardır (p<0,001)*

## 5.TARTIŞMA

Süt dişlerinde tedavi edilmemiş çürükler, mine invajinasyonu, travma, fiziksel, kimyasal irritasyonlar ya da iyatrojenik faktörler hiperemiden nekroza kadar değişen derecelerde pulpa hasarına neden olabilmektedir (Koch ve Poulsen, 2012; Tınaz, 2014). Etken ortadan kaldırılmadığında, pulpa hücrelerinde proliferasyon, sinir liflerinde dejenerasyon ve kan damarlarında vazodilatasyon görülür (Tınaz, 2014). Uzun süreli vazodilatasyon sonucu damarlarda kan hacmi artar ve buna bağlı olarak pulpa içi basınçta artış meydana gelir. Yine vazodilatasyon sonucu plazma sıvısının kaybı yani ödem, az miktarda da lökosit infiltrasyonu izlenir. Daha sonra genişlemiş kapillerler içinde kan akımı yavaşlar ve durur. Bunun sonucunda oksijen taşınması kesilir ve pulpa nekrozu oluşur (Grosman, 1988). Süt dişi dentininin daimi dişe göre daha ince olması ve diş sert dokularının mineralizasyonunun az olması nedeniyle süt dişlerinde enfeksiyonun klinik semptomlardan daha hızlı ilerlemesi pulpa hastalıklarının teşhis edilmesini zorlaştırmaktadır (Camp, 1998; Gülhan, 1994; Çalışkan, 2006). Pulpa hastalıklarının teşhisinde ve tedavinin devam eden süreçlerinde pulpanın canlılığının tespit edilmesinde klinik ve radyografik muayeneye yardımcı olan pulpa testlerinin kullanılması oldukça önem taşımaktadır (Rowe ve Ford, 1990; Berman ve Hartwell, 2011). Pulpa testleri, pulpa canlılık testleri ve pulpa hassasiyet testleri olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bu test yöntemlerinin klinikte kullanılmaya uygun olabilmesi için güvenilir, basit, ucuz, objektif, tekrarlanabilir, kolay uygulanabilir ve standardize edilebilir olması gerekmektedir (Chambers, 1982). Lazer Doppler flowmetri ve pulse oksimetri gibi pulpanın vaskülarizasyonunu objektif bir şekilde değerlendirebilen pulpa canlılık testleri; maliyetlerinin fazla olması, zaman alması, karmaşık klinik prosedürler gerektirmesi, dişler için uygun probun bulunmaması ve belirsiz sonuçlar ile uygulama zorluğu nedeniyle klinik uygulamalarda kendilerine fazla yer bulamamıştır. Bu yüzden bu testlerin kullanımları daha çok deneysel olarak kalmıştır (Strobl ve ark., 2004; Jafarzadeh, 2009; Jafarzadeh ve Rosenberg, 2009). Pulpa sinir iletiminin devamlılığı hakkında bilgi veren pulpa hassasiyet testleri ise subjektif yanıt elde edilmesine rağmen, düşük maliyeti, tekrarlanabilirliği ve uygulama kolaylığından dolayı günümüzde kliniklerde sıklıkla tercih edilen test yöntemleridir (Lin ve Chandler, 2008; Jafarzadeh ve Abbott, 2010a, 2010b). Çocukların diş tedavilerine karşı duydukları anksiyete, pulpa hassasiyet testlerinden alınan yanıtların doğruluğunu sınırlamaktadır. Bunun için

hassasiyet testlerinin dişlerde, nekrotik pulpayı tanımlama yeteneğini gösteren sensibilitesi (duyarlılık) ve vital pulpayı tanımlama yeteneğini gösteren spesifitesinden (özgüllük) yararlanır. Literatür incelendiğinde süt dişlerinde hassasiyet testlerinin güvenilirliğini değerlendiren sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Hori ve ark. (2011) süt molar dişlerde EPT'nin spesifitesini (%92.5), termal hassasiyet testleri olan soğuk (%75) ve sıcak testlerinden (%70.7) daha yüksek bulmuşlardır. Aynı çalışmada EPT'nin sensitivitesinin (%80), soğuk testinden (%95) düşük, sıcak testinden (%73.3) yüksek; tutarlılığının (0.891) ise sıcak (0.782) ve soğuk (0.714) testinden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. 2015 yılında Nagarathna ve ark. da çalışmalarında benzer şekilde süt molar dişlerde EPT' nin spesifitesini (%81.2), soğuk testi (%62) ve sıcak testinden (%43.7) yüksek, sensitivitesini ise (%81.5) bu termal testlerden (%87.9, %89.4) daha düşük bulmuşlardır. En yüksek doğruluk oranı da, EPT (0.814) için, ardından soğuk testi (0.777) ve sıcak testi (0.759) için hesaplanmıştır. EPT'nin süt dişlerinde kullanımı diğer hassasiyet testlerine göre daha tutarlı sonuçlar vermesi, sayısal değer vermesi ve non-invaziv bir metod olması nedeniyle daha çok tercih edilmektedir.

Günümüzde kullanılan EPT cihazları, küçük, kullanışlı ve pil ile çalışan cihazlardır. Bu cihazlarda stimulusun şiddeti, bir kadran çevrilerek veya düğmeye basıldığında otomatik olarak yavaş yavaş artırılabilir. Bu tez çalışmamızda da 0-64 okuma aralığında, dijital göstergeye sahip ve son yıllarda EPT ile yapılan çalışmalarda sıklıkla tercih edilen Parkell dijital vitalometresi (Parkell, Inc, Edgewood, NY) kullanılmıştır (Gopikrishna ve ark., 2007a, 2007b; Filippatos ve ark., 2012; Shahi ve ark., 2015). Cihazda yavaş, orta ve hızlı olmak üzere 3 farklı ayarda stimulus artış hızı uygulanabilmektedir. Uygulama sırasında yeterli reaksiyon zamanı sağladığı ve sıcaklık veya karıncalanma hissi ağırlı hale gelmeden hastanın yanıt vermesine izin verdiği için stimulusun yavaş yavaş artırılması ile daha doğru sonuçlar elde edilebileceği bildirilmektedir (Wahab ve Kennedy, 1987). Bu yüzden çalışmamızda stimulus hızı için en yavaş ayar seçilmiştir.

Tüm EPT cihazlarının elektrottan diş yüzeyine akımı iletilebilmesi için elektrot ucu ve diş yüzeyi arasında iletken bir ortam gerekir (Michaelson ve ark., 1975; Cooley ve Robison, 1980). Farklı türde elektrolitler kullanılarak yapılan bir çalışmada kuru elektrot ile diş yüzeyi temasında elektrik akımının dişte dağıldığı ve uyarana daha

yüksek eşik değerlerde yanıt alındığı bildirilmiştir. Bu nedenle, elektrolit olarak diş macunu, florid jel veya topikal anesteziklerin kullanımı önerilmiştir (Mickel ve ark., 2006). Diş macunları ve su bazlı elektrolitlerin EPT yanıtı üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada da test edilen farklı viskoziteye sahip diş macunları içerisinde Colgate Total'in en düşük eşik değeri veren diş macunu olduğu bulunmuştur (Chunhacheevachaloke ve Ajcharanukul, 2016). Bu bulgulara dayanarak tez çalışmamızda elektrolit olarak Colgate Total (Colgate-Palmolive, İstanbul, Türkiye) diş macunu kullanılmıştır.

Farklı yaş gruplarında süt diş dizisine sahip çocuklar incelendiğinde, çürükten etkilenen dişlerinin sıklıkla ikinci süt molar dişler olduğu görülmektedir. En sık etkilenen diş yüzeylerinin ise ikinci süt molarların oklüzal yüzeyleri ile birinci süt moların distal yüzeyleri olduğu belirtilmektedir (Amarante ve ark., 1998; Hugoson ve ark., 2000) Karışık dişlenme döneminde ise, süt dişleri ile yeni sürmekte olan sürekli dişler arasında çürük deneyimi açısından doğrudan bir ilişki bulunduğu görülmüştür (Skeie ve ark., 2006). Özellikle ikinci süt moların distal yüzeyinde çürük geliştiğinde sürekli birinci molar dişin mesial yüzeyinde de çürük riski artmaktadır (Mejäre ve Stenlund, 2000). Süt ikinci molar dişlerin çürük nedeniyle erken kaybının da daimi birinci molar dişin mezialize olarak sürekli diş dizinde yer darlığına neden olması sonucu oklüzal bozukluklardan, çiğneme fonksiyon bozukluğu, sindirim sistemi hastalıklarına kadar birçok probleme yol açtığı bilinmektedir. Bu dişlerin klinik muayenesi sırasında EPT'ye verdikleri cevabın kontrolü özellikle komşu diş ya da karşıt dişle sağlanırken, dişlerin eksikliği ya da madde kaybının fazla olduğu çürük dişler olmaları durumunda bu değerlendirme mümkün olmamaktadır. Bununla birlikte değerlendirilen dişin karşılaştırıldığı karşıt çenedeki simetriğinin innervasyonunu sağlayan sinirde varyasyonların olması durumunda EPT cevabının kontrolü doğru sağlanamayabilir (Kim ve ark., 2004). Bu nedenle çürük veya diğer nedenler ile pulpa sağlığının sorgulanması gereken süt molar dişlerde EPT ile vitalite kontrolü yapılırken testten elde edilen cevabın normal değerlerinin bilinmesi büyük önem taşır. Bu yüzden tez çalışmamızda klinik tanı ve tedavisi büyük önem taşıyan süt ikinci molar dişlerin fizyolojik kök rezorpsiyon süreci boyunca pulpa sağlığının değerlendirilmesi ve buna uygun olarak tedavisinin yapılabilmesi için EPT ile bu dişlerden elde edilen ortalama EPT eşik değer aralıkları da bildirilmiştir. Çalışmamızda verilen farklı bölgelerden elde

edilen ortalama ölçüm değerlerinin, özellikle çürüğe bağlı madde kaybı olan süt dişlerinde aynı okuma değerine sahip EPT cihazı kullanılarak yapılan değerlendirmelerde referans değerler olarak kullanılabilceği düşünülmektedir.

Araştırmamızda fizyolojik kök rezorpsiyon derecesini belirlemek için Monteiro ve ark.'nın (2009) kullandığı protokol takip edilmiş ve yapılan ölçümlerde kök boyları, Kramer ve Ireland'ın (1959) süt dişlerinin kök boyu ile ilgili tablosuna göre radyografik bulgular ile destenmiştir. Üst çenedeki süt molar dişler radyografide sürekli diş germeleri ile süperpoze olduğu için çalışmamıza yalnızca alt çene süt ikinci molar dişler dahil edilmiştir. Süt dişlerinde fizyolojik kök rezorpsiyonu ile birlikte morfolojik ve histolojik yapıda değişikliklerin meydana geldiği birçok çalışmada gösterilmiştir (Karayılmaz ve Kirzioğlu, 2011; Rajan ve ark., 2014). Süt dişlerinde fizyolojik kök rezorpsiyonun erken safhalarında sinir liflerinde kalınlaşma (varikozite) ve vakuol şeklinde nöral dejenerasyonlar meydana gelmektedir. Rezorpsiyonun ilerlemesi ile hem miyelinli hem miyelinsiz sinir aksonlarında giderek artan dejenerasyon ile sinir dokusu miktarındaki azalma ve bunlarla ilişkili nekrotik hücrelere rastlanılmaktadır. Köklerin tamamı rezorbe olmuş süt dişlerinde sinir dokusunun tamamen kaybolduğu ve pulpanın granülasyon dokusuna dönüştüğü belirtilmektedir (Rapp ve ark., 1967; Plackova ve Bures, 1977; Fried ve Hildebrand, 1981). Bu nedenle kök rezorpsiyon derecesi kök uzunluğunun 2/3'ünden fazla olan dişlerde alınan EPT yanıtının doğruluğu şüpheli olabileceği düşünüldüğünden tez çalışmamıza dahil edilmemiştir. Literatür incelendiğinde, süt dişlerinde zamanla meydana gelen fizyolojik kök rezorpsiyonun EPT ile elde edilen değerlere etkisinin değerlendirildiği bir çalışmaya da rastlanmamaktadır. Bu nedenle tez çalışmamızda farklı fizyolojik kök rezorpsiyon seviyelerine göre sağlıklı süt molar dişlerden elektrikli pulpa testine cevap alınan eşik değerin elde edildiği en uygun elektrot yerleşim bölgesi belirlenmiş ve ortalama EPT değerleri hesaplandıktan sonra gruplar arasındaki farklılıklar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Bütün diş gruplarında, fizyolojik kök rezorpsiyonun ilerlemesi ile birlikte elde edilen ortalama EPT değerlerinin de arttığı belirlenmiştir. Fizyolojik kök rezorpsiyonu ile süt dişi nöral yapısında meydana gelen dejeneratif değişimler nedeniyle dişlerin EPT uyarılarına daha az duyarlı hale gelmesi bu sonucun temel sebebi olarak düşünülmektedir.

Çalışmamızda, sabırları kısıtlı olan çocuk hastalarda ölçüm sayısı arttıkça doğru değer bulunmasının zorlaşabileceği düşünüldüğünden, süt ikinci molar dişlerin meziobukkal tüberkül, oklüzal üçlü, orta üçlü ve servikal üçlü olmak üzere dört bölgesinden sadece birer ölçüm yapılmıştır. Her ne kadar ölçümlerin birden fazla yapıldığı ve ortalamasının alındığı çalışmalar olsa da (Bender ve ark., 1989; Alaçam, 2012), Mumford ve ark. (1965) birden fazla ölçümün kişide adaptasyon yaratarak eşik değeri yükseltebileceğini bu nedenle ilk kaydedilen değer sonucunu daha doğru yansıttığını bildirmektedir.

Sinir hücreleri EPT ile uyarıldıklarında, hücrede aksiyon potansiyeli oluşur ve hücre membranında bulunan Na<sup>+</sup> kanallarının geçirgenliğinin artması sonucunda depolarizasyon meydana gelir. Uyarı kaldırıldıktan sonra ise sinir hücreleri, Na<sup>+</sup> kanallarının kapanması ve K<sup>+</sup> kanallarının açılması ile repolarize olup eski haline dönerler. Hücrede repolarizasyon sağlanması için depolarizasyon sırasında aktive olan Na<sup>+</sup> kanallarının tekrar inaktive olması gerekir. Eğer hücre, inaktivasyon sağlanmadan EPT ile giderek artan şiddette bir uyarı ile tekrar uyarılırsa eşik değerde artış meydana gelir ve hücreyi uyarabilmek için daha fazla elektrik akımı gerekebilir. Bu durum nöral akomodasyon fenomeni olarak adlandırılır (Guyton, 1961). Bu nedenle EPT'nin tekrarlayan uyarıları arasında sinir hücrelerinde nöral akomodasyon fenomeni oluşmaması için 1-2 dk dinlenme periyoduna izin verilmesi önerilmektedir (Ziskin ve Zegarelli, 1945; Vargas ve Vivaldi, 1959; Mumford, 1965; Bender ve ark., 1989). Bu nedenle bölgeler arasında yapılan ölçümlerde sinir akomodasyon fenomeni oluşmaması için her bölgeden ölçüm yapıldıktan sonra 2 dk beklenmiştir.

EPT'lerinde eşik değeri, serbest sinir uçlarının uyarılması için gerekli olan en düşük uyarı şiddetidir (Bayırlı ve Dindar, 1985). Dişlerin eşik değerinin normal aralığının bilinmesi EPT uygulaması sonucu alınan yanıtın yorumlanabilmesi açısından büyük önem taşır (Mumford, 1963;1965). Eşik değeri çocuklarda anksiyete, mine ve dentin kalınlığı, sinir fibrillerinin yoğunluğu ile birlikte elektrodun diş üzerinde konumlandırıldığı bölgeden de etkilendiği bilinmektedir (Mumford, 1965; Lin ve ark., 2007; Filippatos ve ark., 2012; Bargale ve Padmanabh, 2015). Buna göre EPT ile eşik değeri belirlenmesinde dişin en uygun bölgesinin ideal olarak mine kalınlığının en ince ve sinir yoğunluğunun en fazla olduğu bölge olabileceği düşünülmektedir (Lilja, 1980; Byers, 1984; Bender ve ark., 1989; Udoye ve ark., 2010). Filippatos ve ark.'nın (2012)

farklı yaş grubundaki hastaların alt premolar dişleri üzerinde yaptıkları çalışmalarında 3 farklı bölgeden (bukkal tüberkül tepesi, bukkal yüzeyin orta üçlüsü ve bukkal yüzeyin servikal üçlüsü) ölçüm yapılmış ve eşik değer bukkal tüberkül tepesinden elde edildiğini bulmuşlardır. Benzer şekilde daimi molar dişlerde yapılan bir başka çalışmada ise EPT ile eşik değer tüberkül tepesinden elde edildiğini göstermektedir (Lin ve ark. 2007). Nitekim, daimi molar dişlerde yapılan histolojik bir çalışma sinir liflerinin en yoğun pulpa boynuzlarında bulunduğu ve servikal pulpaya doğru kademeli olarak azaldığını göstermektedir (Lilja, 1980). Literatür incelendiğinde insanlarda süt molar dişlerdeki mine kalınlığını inceleyen sadece bir tane çalışmaya ulaşılmış, bu çalışmada da süt ikinci molar dişlerde mine kalınlığını yalnızca tüberkül tepesi ile oklüzal üçlü de incelemişler ve buna göre tüberkül tepesinde daha ince mine olduğunu göstermişlerdir (Mahoney, 2010). Ayrıca süt dişlerinde kuronal bölgenin kökten daha yoğun sinir innervasyonuna sahip olduğu da bilinmektedir (Egan ve ark., 1999). Egan ve ark., (1999) süt keser, kanin ve molar dişlerde yaptıkları bir histolojik çalışmada en yoğun innervasyonunun kuron servikal bölgesinde ve onu takiben pulpa boynuzunda olduğunu ancak çalışmada pulpa boynuzuna yeterince fiksatif ulaşmadığı için pulpa boynuzundaki sinir yoğunluğu daha fazla olsa da düşük bulmuş olabileceklerini belirtmişlerdir. Çalışmamızda her iki kök rezorpsiyon seviyesinde de EPT ile eşik değer mesiobukkal tüberkül tepesinden elde edildiği görülmüştür. Bunun nedeni meziobukkal tüberkülde sinir ağının daha yoğun ve/veya mine kalınlığının bu bölgede çiğneme kuvvetiyle azalmış olması olabilir. Bununla birlikte en yüksek tübül çap ve yoğunluğunun pulpa boynuzları üzerindeki dentinde bulunması (Camps ve ark., 2000) elektrik akımına nörolojik yanıtın bu bölgeden daha hızlı alınmış olmasının bir diğer nedeni olabilir.

Fizyolojik kök rezorpsiyonunun kökün 1/3'ünden az olduğu birinci grupta mesiobukkal tüberkül, kuron oklüzal ve orta üçlüsü; fizyolojik kök rezorpsiyonunun kökün 1/3- 2/3'ü arasında olduğu ikinci grupta ise mesiobukkal tüberkül ile kuron oklüzal üçlüsünden elde edilen eşik değer arasında istatistiksel bir fark olmadığı görülmüştür. Buna göre fizyolojik kök rezorpsiyon derecesine göre süt ikinci molar dişlerde mesiobukkal tüberkül tepesinden çeşitli nedenlerle ölçüm yapılamadığı durumlarda bu bölgelerden de EPT ile eşik değer tespitinin yapılabileceğini düşünmekteyiz. Fizyolojik kök rezorpsiyonunun daha ileri seviyede olduğu ikinci

grupta artan sinir dejenerasyonunun sırayla servikal bölgeden oklüzal bölgeye doğru meydana gelmesi (Rapp ve ark., 1967), kuron orta üçlüsünde eşik değerin arttığını düşündürmektedir.

Çalışmamızda 3-12 yaş aralığına sahip kız ve erkek çocukların süt molar dişlerinden elde edilen EPT değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu bulgu, daimi dişlerde yapılan ve cinsiyetin EPT yanıtı üzerinde etkisinin değerlendirildiği değişik yaşlardaki çalışmaların çoğunda belirtilen kadın ve erkek hastalardan elde edilen yanıtlar arasında herhangi bir fark bulunmadığı sonucu ile paraleldir (Mumford, 1963; Demirtola ve Alaçam, 1978; Lin ve ark., 2007; Jespersen ve ark., 2014; Bargale ve Padmanabh, 2015). Schmitz ve ark. (2013) 14 yaşına kadar ağrı eşiğinin kız ve erkek çocuklarda benzer olduğunu ancak ergenlik dönemi ile birlikte kızlarda ağrı eşiğinin düşerken, erkeklerde arttığını bildirmişlerdir.

Test edilen tüm süt ikinci molar dişlerde, yaş ile birlikte ortalama EPT değerinde artış eğilimi görülmüştür. Çocukların yaşla birlikte ağırlı uyanlara toleranslarının artması ve yaşla birlikte sekonder dentin yapımı bu sonucun nedeni olarak düşünülmektedir (Udoye ve ark., 2010; Filippatos ve ark., 2012; Schmitz ve ark. 2013). Süt dişlerinde yaş ve ortalama EPT değeri ilişkisinin daha kapsamlı çalışmalarla değerlendirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, süt molar dişlerde fizyolojik kök rezorpsiyon derecesinin EPT yanıtı üzerine etkili olduğu ve bu dişlerden eşik değerin elde edildiği en uygun elektrot yerleşim bölgesinin mesiobukkal tüberkül tepesi olduğu görülmektedir. Kliniklerde yaygın olarak kullanılan EPT ile süt dişlerinde değerlendirme yaparken süt dişlerinin fizyolojik kök rezorpsiyon seviyesi göz önünde bulundurularak, rezorpsiyonla birlikte bu dişlerden alınan EPT yanıtlarının daha yüksek olabileceği unutulmamalıdır.



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasının sınırlamaları dahilinde elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Farklı fizyolojik kök rezorpsiyon derecesindeki süt molar dişlerden elde edilen ortalama EPT değerleri ile cinsiyet faktörü arasında anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir ( $p>0,05$ ).

2. Her iki grupta da test edilen tüm süt ikinci molar dişlerinde, yaş artışı ile birlikte elde edilen ortalama EPT eşik değerlerinde artış eğilimi görülmüştür.

3. Test edilen tüm süt ikinci molar dişlerde, fizyolojik kök rezorpsiyonundaki artış ile birlikte elde edilen ortalama EPT eşik değerinin anlamlı olarak arttığı görülmüştür ( $p<0.001$ ).

4. Süt ikinci molar dişlerin test edilen tüm fizyolojik kök rezorpsiyon seviyelerinde servikal bölgeden tüberkül tepesine doğru gidildikçe EPT eşik değerlerinde düşüş gözlenmiştir.

5. Fizyolojik kök rezorpsiyon derecelerine göre alt süt ikinci molar dişlerin ölçüm yapılan tüm bölgelerinden elde edilen EPT eşik değerlerinin %95 güven aralığında normal aralıkları ortaya konulmuş böylece klinisyene pulpanın zarar gördüğünden şüphelenilen durumlarda ölçülen EPT eşik değerinin karşılaştırabileceği veriler sunulmuştur.

6. Çalışmamızın bulgularına göre, dişlerin fizyolojik kök rezorpsiyon derecesi ve dişler üzerinde ölçüm yapılan bölge EPT'den alınan yanıtı etkileyebilir. Bu nedenle kliniklerde EPT uygulaması esnasında bu faktörlere dikkat edilmesi ve sonuçların bu bulguların ışığında değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bununla birlikte çalışmamızın bulgularını destekleyecek süt molar dişlerde histolojik çalışmalara ihtiyaç vardır.

## KAYNAKLAR

- Abd-Elmeguid A, Yu DC. Dental pulp neurophysiology: part 2. Current diagnostic tests to assess pulp vitality. *J Can Dent Assoc* 2009;75(2).
- Adams D, Fulford N, Beechy J, MacCarthy J, Stephens M. The cardiac pacemaker and ultrasonic scalers. *Br Dent J* 1982;152(5):171-173.
- Adrian RJ. Selected papers on laser Doppler velocimetry. Vol. 78. Society of Photo Optical 1993.
- Agematsu H, Abe S, Shiozaki K, Usami A, Ogata S, Suzuki K, Soejima M, Ohnishi M, Nonami K, and Ide Y. Relationship between large tubules and dentin caries in human deciduous tooth. *The Bulletin of Tokyo Dental College* 2005;46:7-15.
- Agostini FG, Kaaden C, and Powers JM. Bond strength of self-etching primers to enamel and dentin of primary teeth. *Pediatr Dent* 2001;23:481-86.
- Akıncı S, Keklikoğlu N. Pulpa histolojisi. Aşçı, SK. Editör, Endodonti'de, İstanbul, Quintessence Yayıncılık. 2014;17-24.
- Alaçam T. Tanı ve tedavi planlaması [Diagnosis and treatment planning]. Alaçam T, editör. Endodonti'de. Ankara; Özyurt Matbaacılık. 2012; 131-141.
- Amarante E, Raadal M, Espelid I. Impact of diagnostic criteria on the prevalence of dental caries in Norwegian children aged 5,12 and 18 years. *Community Dent Oral Epidemiol* 1998;26:87-94.
- Angelova A, Takagi Y, Okiji T, Kaneko T, Yamashita Y. Immunocompetent cells in the pulp of human deciduous teeth. *Arch Oral Biol* 2004;49: 29–36.
- Arangnnal P, Chandra B, Hariharan VS, Vishnurekha, Jeevarathan, and Vijayaprabha. Enamel thickness in primary teeth. *J Clin Pediatr Dent* 2012;37:177-81.
- Aras Ş, Ergun E. Fizyolojik kök rezorpsiyonu esnasında süt dişlerinin pulpa ve kök dokularının histolojik olarak incelenmesi. *A Ü Diş Hek Fak Derg* 1983; 10: 57-67.
- Arau'jo FB, Moraes FF, Fossati ACM. A estrutura da dentina do dente decí'duo e sua importa'ncia clí'nica. *Rev Bras Odont* 1995; 52: 37–43.
- Arita K, Abe N, Kinouchi A, Kato K, Nishino M. Studies on factors causing tooth resorption. 2. Dose-response effects of indomethacin on resorption of deciduous teeth in rabbits. *Shoni Shikagaku Zasshi* 1989; 27, 629-636 (in Japanese).
- Asakawa T, Manabe A, Itoh K, Inoue M, Hisamitu H, and Sasa R. Efficacy of dentin adhesives in primary and permanent teeth. *J Clin Pediatr Dent* 2001; 25: 231-36.

- Asfour AM, Millar BJ, and Smith PB. An assessment of the reliability of pulp testing deciduous teeth. *Int J Paediatr Dent* 1996; 6.3: 163-166.
- Augsburger RA, Peters DD. In vitro effects of ice, skin refrigerant, and CO2 snow on intrapulpal temperature. *J Endod* 1981; 7(3): 110-116.
- Avery JK. Structural elements of the young normal human pulp. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1971;32:113-25. 66.
- Avery JK. *Essentials of Oral Histology and Embryology. A clinical Approach.* 1980.
- Avery JK. Structure and Function of the teeth. In: *Oral development and histology.* 1988.
- Bachmann A, Lutz F. Cracks in the dental enamel caused by sensitivity testing with CO2 snow and dichloro-difluoromethane--a comparative in vivo study. *Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde = Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie/SSO* 1976;86(10):1042-1059.
- Bargale SD, Padmanabh SKD. Appropriate electrode placement site of electric pulp tester for the premolars: A clinical study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2015;33(2):138.
- Baume, LJ. The biology of pulp and dentine. *Monogr Oral Sci* 1980;8:1-40.
- Bayırlı G, Dindar S. Oral Diagnoz. İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi. İstanbul; 1985; 58, 304s.
- Bender I, Landau MA, Fonseca S, Trowbridge HO. The optimum placement site of the electrode in electric pulp testing of the 12 anterior teeth. *J Am Dent Assoc* 1989; 118(3): 305-310.
- Bender I. Pulpal pain diagnosis: a review. *J Endod* 2000; 26(3): 175-179.
- Berman LH, Hartwell GR. Diagnosis. In: *Cohen's pathways of the pulp.* Cohen S, Hargreaves K, editors. 10th Ed., St. Louis: Mosby Elsevier. 2011;2-39.
- Bhaskar SN. *Development and growth of the teeth.* 1986.
- Bolan M, Rocha MJ. Histopathologic study of physiological and pathological resorptions in human primary teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Radiol Endod* 2007;104:680-685.
- Brännström M. The hydrodynamic theory of dentinal pain: sensation in preparations, caries, and the dentinal crack syndrome. *J Endod* 1986; 12(10): 453-457.
- Brauer JC, Higley LB, Lindahl RL, Massler M, Schour I. *Dentistry for Children.* 5th ed., Newyork, Toronto, London: McGraw-Hill Book Company, 1964.

- Brown A, Goldberg M. Surface temperature and temperature gradients of human teeth in situ. *Arch Oral Biol* 1966;11(10):973-982.
- Byers MR, Närhi MV. Dental injury models: experimental tools for understanding neuroinflammatory interactions and polymodal nociceptor functions. *Crit Rev Oral Biol Med* 1999;10(1):4-39.
- Byers MR. Dental sensory receptors. *Int Rev Neurobiol* 1984; 25:39–94.
- Byers MR. Dynamic plasticity of dental sensory nerve structure and cytochemistry. *Arch Oral Biol* 1994;39(suppl):13S-21S.
- Cahill DR, Marks SC Jr. Tooth eruption: evidence for the central role of the dental follicle. *J Oral Pathol* 1980; 9: 189–200.
- Camp JH. Pediatric Endodontic Treatment In: Cohen S, Burns RC, editors: *Pathways of the Pulp*, 7th ed. Maple-Vail Press 1998;718-758.
- Camp JH, Fuks AB. Pediatric endodontics: Endodontic treatment for the primary and young permanent dentition. Cohen S, Hargreaves KM, eds. *Pathways of the pulp*. 9th edn. St. Louis: Mosby Elsevier; 2006;834-59.
- Camps J, Déjou J, Rémusat M, About I. Factors influencing pulpal response to cavity restorations. *Dent Mater* 2000; 16:432-440.
- Chambers I. The role and methods of pulp testing in oral diagnosis: a review 2. *Int Endod J* 1982;15(1):1-15.
- Chatellier, J. Accidents de la premiere dentition, 1950. In *Pedodonti*, Gülhan A. 3. Baskı, İstanbul, Yenilik Basımevi, 1994.
- Chen E, Abbott P V. Dental pulp testing: a review. *Int J Dent*. doi:10.1155/2009/365785.
- Christensen L, Janas MS, Mollgard K, Kjaer I. An immunocytochemical study of the innervation of developing human fetal teeth using PGP 9.5. *Arch Oral Biol* 1993;38:1113—20.
- Chunhacheevachaloke E, Ajcharanukul O. Effects of conducting media and gender on an electric pulp test. *Int Endod J* 2016; 49(3): 237-244.
- Cohen S, Hargreaves KM, eds. *Pathways of the pulp*. 9th edn. St.Louis: Mosby Elsevier; 2006.
- Cooley RL, Robison SF. Variables associated with electric pulp testing. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980;50:66-73.

- Cooley RL, Stille J, Lubow RM. Evaluation of a digital pulp tester. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;58:437-442.
- Çalışkan MK. Endodontide Tanı ve Tedaviler. İstanbul, Nobel Tıp Kitapevleri. 2006;1-27.
- D'Souza JE, Walton RE, & Peterson LC. Periodontal ligament injection: an evaluation of the extent of anesthesia and postinjection discomfort. *J Am Dent Assoc* 1987;114(3):341-344.
- Dard M, Kerebel LM, Kerebel B. A transmission electron microscope study of fibroblast changes in human deciduous tooth pulp. *Arch Oral Biol* 1989; 34: 223-8.
- de Morais CA, Bernardineli N, Lima WM, Cupertino RR, Guerisoli DM. Evaluation of the temperature of different refrigerant sprays used as a pulpal test. *Aust Endod J* 2008;34:86-8.
- Demirtola N, Alaçam T. Sürmekte Olan Daimi Dişlerde Elektrik Testine Pulpanın Cevabı. *J Istanbul Univ Fac Den* 1978;12(2):115-120.
- Develioğlu H. Lazer doppler flowmetre (LDF) tekniğinin diş hekimliği ve tıpta uygulanışı. *C Ü Diş Hek Fak Derg* 2003; 6(1): 50-53.
- Dummer P, Hicks R, Huws D. Clinical signs and symptoms in pulp disease. *Int Endod J* 1980; 13(1): 27-35.
- Egan CA, Hector MP, & Bishop MA. On the pulpal nerve supply in primary human teeth: evidence for the innervation of primary dentine. *Int J Paediatr Dent* 1999, 9(1), 57-66.
- Ehrmann E. Pulp testers and pulp testing with particular reference to the use of dry ice. *Aust Dent J* 1977; 22(4):272-279.
- Eisenmann DR. Enamel structure. In: Ten Cate R. *Oral Histology: development, structure and function*. 5th ed. St. Louis, Mosby 1998; 218-35.
- Eli I, Sarnat H, Talmi E. Effect of the birth process on the neonatal line in primary tooth enamel. *Pediatr Dent* 1989;11:220-3.
- Eronat C, Eronat N, Aktug M. Histological investigation of physiologically resorbing primary teeth using Ag-NOR staining method. *Int J Paediatr Dent* 2002;12:207-214.
- Evans D, Reid J, Strang R, Stirrup D. A comparison of laser Doppler flowmetry with other methods of assessing the vitality of traumatised anterior teeth. *Dent Traumatol* 1999;15(6):284-290.

- Fearnhead RW. The neurohistology of human dentine. *Proc R Soc Med* 1961;54:877-84. 877-884.
- Filippatos CG, Tsatsoulis IN, Floratos S, Kontakiotis EG. The variability of electric pulp response threshold in premolars: a clinical study. *J Endod* 2012;38(2):144-147.
- Filligim R B, Maixner W. Gender differences in the responses to noxious stimuli. Paper presented at the Pain forum. 1995.
- Finn SB, Saunders WB, editor. *Clinical Pedodontics*. 4th ed. Philadelphia, London and Toronto: W.B. Saunders Co; 1973.
- Fox AG and JD Heeley. Histological study of pulps of human primary teeth. *Arch Oral Biol* 1980;25:103-10.
- Fried K, Hildebrand C. Developmental growth and degeneration of pulpal axons in feline primary incisors. *J Comp Neurol* 1981;203:37-51.
- Fulling H, Andreasen J. Influence of maturation status and tooth type of permanent teeth upon electrometric and thermal pulp testing. *Scand J Dent Res* 1976a;84(5):286-290.
- Fulling H, Andreasen J. Influence of splints and temporary crowns upon electric and thermal pulp-testing procedures. *Eur J Oral Sci* 1976b;84(5):291-296.
- Furseth R. The resorption processes of human deciduous teeth studied by light microscopy, microradiography and electron microscopy. *Arch Oral Biol* 1968;13(4), 417IN13427IN15429IN17431-426IN14428IN16430IN18.
- Fuss Z, Trowbridge H, Bender I, Rickoff B, Sorin S. Assessment of reliability of electrical and thermal pulp testing agents. *J Endod* 1986; 12(7): 301-305.
- Gazelius B, Olgart L, Edwall B, Edwall L. Non-invasive recording of blood flow in human dental pulp. *Dent Traumatol* 1986; 2(5): 219-221.
- Goldberg M, Lasfargues JJ. Pulpo-dentinal complex revisited. *J Dent* 1995;23(1):15-20.
- Goldberg M, Takagi M. Dentine proteoglycans: composition, ultrastructure and functions. *Histochem J* 1993;25:781-806.
- Gopikrishna V, Kandaswamy D, Gupta T. Assessment of the efficacy of an indigenously developed pulse oximeter dental sensor holder for pulp vitality testing. *Indian J Dent Res* 2006;17(3):111.
- Gopikrishna V, Pradeep G, Venkateshababu N. Assessment of pulp vitality: a review. *Int J Paediatr Dent* 2009;19(1):3-15.

- Gopikrishna V, Tinagupta K, Kandaswamy D. Comparison of electrical, thermal, and pulse oximetry methods for assessing pulp vitality in recently traumatized teeth. *J Endod* 2007;33(5):531-535.
- Gopikrishna V, Tinagupta K, Kandaswamy D. Evaluation of efficacy of a new custom-made pulse oximeter dental probe in comparison with the electrical and thermal tests for assessing pulp vitality. *J Endod* 2007;33(4):411-414.
- Gotjamanos T. Cellular organization in the subodontoblastic zone of the dental pulp. II. Period and mode of development of the cell-rich layer in rat molar pulps. *Arch Oral Biol* 1969;14:1011-9.
- Grossman LI, Oliet S. *Endodontic Practise*, 11th Ed., Philadelphia, Del Rio CE., Lea & Febiger. 1988;58-77.
- Guerra JA, Skribner J, Lin LM. Electric pulp tester and apex locator barrier technique. *J Endod* 1993;19(10):532-534.
- Guyton AC. *Textbook of medical physiology*. Academic Medicine, 1961;36(5): 556.
- Gülhan A. *Pedodonti*. 3. Baskı, İstanbul, Yenilik Basımevi, 1994.
- Güngör K. Lazer Doppler flowmetri (LDF)'nin dişhekimliğindeki önemi. *Acta Odontol Turc* 2003;20(3):57.
- Gwinnett AJ. Structure and composition of enamel. *Oper Dent* 1992;5:10-17.
- Hannam AG, Siu W, Tom J. A comparison of monopolar and bipolar pulp-testing. *J Canad Dent Assoc* 1974;2:124-128.
- Harokopakis-Hajishengallis E. Physiologic root resorption in primary teeth: molecular and histological events. *J Oral Sci* 2007;49:1-12.
- Harris WE. Electric pulp testing as an aid in endodontic diagnosis. *J Endod*. 1982;8: 171-174.
- Hirayama A, Yamada M, Miake K. An electron microscope study on dentinal tubules of human deciduous teeth. *Shikwa Gakuho* 1992;86:1021-1031.
- Hirayama A, Yamada M, Miake K. Analytical electron microscopic studies on the dentinal tubules of human primary teeth. *J Dent Res* 1985; 64:743-65.
- Hobson P. Pulp treatment of deciduous teeth. 1. Factors affecting diagnosis and treatment. *Br Dent J* 1970;128:232-38.
- Hori A, Poureslami HR, Parirokh M, Mirzazadeh A, & Abbott P. The ability of pulp sensibility tests to evaluate the pulp status in primary teeth. *Int J Paediatr Dent* 2011;21(6):441-445.

- Hosoya Y, Marshall SJ, Watanabe LG, Marshall GW. Microhardness of carious deciduous dentin. *Oper Dent* 2000; 25: 81–9.
- Hugoson A, Koch G, Hallonsten AL, Norderyd J, Aberg A. Caries prevalence and distribution in 3-20-year-olds in Jonkoping, Sweden, in 1973, 1978, 1983, and 1993. *Community Dent Oral Epidemiol* 2000; 28:83-9.
- Ikeda T, Kasai M, Utsuyama M, Hirokawa K. Determination of three isoforms of the receptor activator of nuclear factor-kappaB ligand and their differential expression in bone and thymus. *Endocrinology*, 2001; 142: 1419-1426.
- Ingle J, Bakland L, Baumgartner J, editors. *Endodontics*. 6th Ed., Hamilton: BC Decker Inc. 2008; 118-151.
- Isokawa S, Kosakai T, Kajiyama S. Interglobular dentin in the deciduous tooth. *J Dent Res* 1963;42:831-4.
- Jack L. Observation of the relation of thermal irritation of the teeth to their treatment. *Dental Cosmos* 1899;41:1-6.
- Jacobson JJ. Probe placement during electric pulp-testing procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;58:242-247.
- Jafarzadeh H, Abbott P. Review of pulp sensibility tests. Part I: general information and thermal tests. *Int Endod J* 2010a;43(9):738-762.
- Jafarzadeh H, Abbott P. Review of pulp sensibility tests. Part II: electric pulp tests and test cavities. *Int Endod J* 2010b;43(11):945-958.
- Jafarzadeh H, Rosenberg PA. Pulse oximetry: review of a potential aid in endodontic diagnosis. *J Endod* 2009;35(3):329-333.
- Jafarzadeh H, Udoe CI, Kinoshita JI. The application of tooth temperature measurement in endodontic diagnosis: a review. *J Endod* 2008;34(12):1435-1440.
- Jafarzadeh H. Laser Doppler flowmetry in endodontics: a review. *Int Endod J* 2009;42(6):476-490.
- Jespersen JJ, Hellstein J, Williamson A, Johnson WT, Qian F. Evaluation of dental pulp sensibility tests in a clinical setting. *J Endod* 2014;40(3):351-354.
- Johnsen DC. Comparison of primary and permanent teeth. In: Avery JK. *Oral development and histology*. 2nd ed. New York, Thieme Medical 1994; 282–96.
- Jones VR, Rivera EM, Walton RE. Comparison of carbon dioxide versus refrigerant spray to determine pulpal responsiveness. *J Endod* 2002;28(7):531-533.



- Kahan RS, Gulabivala K, Snook M, Setchell DJ. Evaluation of a pulse oximeter and customized probe for pulp vitality testing. *J Endod* 1996;22(3):105-109.
- Karayılmaz H, Kırzioğlu Z. Vitalite test yöntemi olarak pulse oksimetri ve lazer doppler flowmetri: derleme. *S D Ü Diş Hek Fak Derg* 2009;1:25-36.
- Karayılmaz H, and Kirzioğlu Z. Evaluation of pulpal blood flow changes in primary molars with physiological root resorption by laser Doppler flowmetry and pulse oximetry. *J Clin Pediatr Dent* 2011; 36: 139-44.
- Kim S, Heyeraas KJ, Haug S R. Structure and function of the dentin-pulp complex. In: Ingle J, Bakland L, Baumgartner J, editors. *Endodontics*. 6th Ed., Hamilton: BC Decker Inc. 2008; 118-151.
- Kim S, Schuessler G, Chien S. Measurement of blood flow in the dental pulp of dogs with the 133xenon washout method. *Arch Oral Biol* 1983;28:501-5.
- Kim S. Neurovascular interactions in the dental pulp in health and inflammation. *J Endod* 1990;16:48-53.
- Kim SY, Hu KS, Chung IH, Lee EW, & Kim HJ. Topographic anatomy of the lingual nerve and variations in communication pattern of the mandibular nerve branches. *Surg Radiol Anat* 2004;26(2):128-135.
- Koch G, Poulsen S. *Çocuk Dişhekimliğine Klinik Yaklaşım (A clinical approach)*. Ed., Gamze Aren: Medya Yayın Grubu. 2012, 1. Baskı, 153-154.
- Kono RT, Suwa G, & Tanijiri T. A three-dimensional analysis of enamel distribution patterns in human permanent first molars. *Arch Oral Biol* 2002;47(12), 867-875.
- Koutsi V, Noonan RG, Horner JA, Simpson MD, Matthews WG, Pashley DH. The effect of dentin depth on the permeability and ultrastructure of primary molars. *Pediatr Dent* 1994;16: 29-35.
- Kramer WS, Ireland RL. Measurements of the primary teeth. *J Dent Child* 1959;26:252-261.
- Kronfeld, R. The resorption of the roots of deciduous teeth. *Dent. Cosmos* 1932;74:103-120.
- Kulild JC. Diagnostic testing. In: Ingle J, Bakland L, Baumgartner J, editors. *Endodontics*. 6th Ed., Hamilton: BC Decker Inc. 2008; 532-547.
- Kumar GS. Ed., Bhaskar SN. *Orban's oral histology & embryology*. Chapter 4: Enamel 13. Edition, 2014, Elsevier Health Sciences.
- Larson EK, Cahill DR, Gorski JP, Marks SC Jr. The effect of removing the true dental follicle on premolar eruption in the dog. *Arch Oral Biol* 1994;39:271-275.

- Lasfargues JJ, Saffar JL. Inhibition of prostanoid synthesis depresses alveolar bone resorption but enhances root resorption in the rat. *Anat Rec* 1993;237:458-465.
- Leavitt AH, King GJ, Ramsay DS, Jackson DL. A longitudinal evaluation of pulpal pain during orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofac Res* 2002;5:29-37.
- Levin LG. Pulp and periradicular testing. *J Endod* 2013;39(3):13-19.
- Lilja J. Sensory differences between crown and root dentin in human teeth. *Acta Odontol Scand* 1980;38(5):285-91.
- Lin J, Chandler N, Purton D, Monteith B. Appropriate electrode placement site for electric pulp testing first molar teeth. *J Endod* 2007;33(11):1296-1298.
- Lin J, Chandler N. Electric pulp testing: a review. *Int Endod J* 2008;41(5):365-374.
- Linde A, Goldberg M. Dentinogenesis. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine* 1993;4(5):679-728.
- Linsuwanont P, Palamara JE, Messer HH. Thermal transfer in extracted incisors during thermal pulp sensitivity testing. *Int Endod J* 2008;41(3):204-210.
- Luker J. The pacemaker patient in the dental surgery. *J Dent* 1982;10(4):326-332.
- Lundy T, Stanley H. Correlation of pulpal histopathology and clinical symptoms in human teeth subjected to experimental irritation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1969; 27(2):187-201.
- Lunt RC and Law DB. A review of the chronology of calcification of deciduous teeth. *J Am Dent Ass* 1974; 89, 5999606.
- Luukko K, Paivi K, Fristad I, Berggreen E. Structure and functions of the dentin-pulp complex. In: Hargreaves KM, Cohen S, editors. *Cohens's pathways of the pulp*. 10th ed., St.Louis: Mosby Elsevier. 2011;452-503.
- Mahoney P. Two-dimensional patterns of human enamel thickness on deciduous (dm1, dm2) and permanent first (M1) mandibular molars. *Arch Oral Biol* 2010;55(2), 115-126.
- Marks SC Jr, Cahill DR. Experimental study in the dog of the non-active role of the tooth in the eruptive process. *Arch Oral Biol* 1984;29:311-322.
- Marks SC Jr, Cahill DR. Regional control by the dental follicle of alterations in alveolar bone metabolism during tooth eruption. *J Oral Pathol* 1987;16:164-169.
- Martin H, Ferris C, Mazzella W. An evaluation of media used in electric pulp testing. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1969;27(3):374-378.

- Massler M, Schour I. Growth of the child and the calcification pattern of the teeth. *Am J Orthod Oral Surg* 1946;32:495-517.
- Matthews B, Searle BN. Some observations on pulp testers. *Br Dent J* 1974;137:307-12.
- Matthews B, Vongsavan N. Interactions between neural and hydrodynamic mechanisms in dentine and pulp. *Arch Oral Biol* 1994;39:87-S95.
- Mejàre I, Stenlund H. Caries rates for the mesial surface of the first permanent molar and the distal surface of the second primary molar from 6 to 12 years of age in Sweden. *Caries Res* 2000;34:454-61.
- Meyer M, Path M. Blood flow in the dental pulp of dogs determined by hydrogen polarography and radioactive microsphere methods. *Arch Oral Biol* 1979;24(8):601-605.
- Michaelson RE, Seidberg BH, Guttuso J. An in vivo evaluation of interface media used with the electric pulp tester. *J Am Dent Ass* 1975;91(1):118-121.
- Mickel AK, Lindquist KA, Chogle S, Jones JJ, Curd F. Electric pulp tester conductance through various interface media. *J Endod* 2006;32(12):1178-1180.
- Millard H. Electric pulp testers. Council on Dental Materials and Devices. *J Am Dent Assoc* 1973;86(4):872.
- Miller C S, Leonelli F M, Latham E. Selective interference with pacemaker activity by electrical dental devices. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;85(1):33-36.
- Mjör IA, Sveen OB, Heyeraas KJ. Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 1: normal structure and physiology. *Quintessence Int* 2001; 32: 427-46.
- Mohuiddin, A. The fate of the nerves of the deciduous teeth. *J. Anat.*, 1950; 84:319-323.
- Monteiro J, Day P, Duggal M, Morgan C, Rodd H. Pulpal status of human primary teeth with physiological root resorption. *Int J Paediatr Dent* 2009;19(1):16–25.
- Moorrees CF, Fanning EA, & Hunt EE. Formation and resorption of three deciduous teeth in children. *Am J Phys Anthropol* 1963;21(2),205-213.
- Mortimer KV. The relationship of deciduous enamel structure of dental disease. *Caries Res* 1970;4:206–223.
- Mullaney TP, Howell RM, Petrich JD. Resistance of nerve fibers to pulpal necrosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1970;30(5):690-693.

- Mumford J, Bjorn H. Problems in electric pulp testing and dental algesimetry. *Int Dent J* 1962;12:161-179.
- Mumford J. Pain perception threshold and adaptation of normal human teeth. *Arch Oral Biol* 1965;10(6):957-968.
- Mumford J. Pain perception threshold on stimulating human teeth and the histological condition of the pulp. *Br Dent J* 1967;123(9):427
- Mumford J. Pain threshold of normal human anterior teeth. *Arch Oral Biol* 1963;8(4):493IN491-501.
- Murray PE, About I, Lumley PJ, Franquin JC, Remusat M, Smith AJ. Human odontoblast cell numbers after dental injury. *J Dent* 2000;28:277-85.
- Myers JW. Demonstration of a possible source of error with an electric pulp tester. *J Endod* 1998;24(3):199-201.
- Nagarathna C, Shakuntala BS, & Jaiganesh I. Efficiency and Reliability of Thermal and Electrical Tests to Evaluate Pulp Status in Primary Teeth with Assessment of Anxiety Levels in Children. *J Clin Pediatr Dent* 2015;39(5):447-451.
- Närhi M, Virtanen A, Kuhta J, Huopaniemi T. Electrical stimulation of teeth with a pulp tester in the cat. *Eur J Oral Sci* 1979; 87(1): 32-38.
- Närhi MVO. The characteristics of intradental sensory units and their responses to stimulation. *J Dent Res* 1985, 64.4: 564-571.
- Nissan R, Trope M, Zhang CD, Chance B. Dual wavelength spectrophotometry as a diagnostic test of the pulp chamber contents. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;74(4):508-514.
- Nordenram Á. Dental sensitivity to electrical excitation. Threshold values of caries-free non-filled teeth. *Acta Odontol Scand* 1970;28:233-242.
- Nör JE, Fegial RJ, Dennison JB, Edwards CA. Dentin Bonding: SEM Comparison of the Dentin Surface in Primary and Permanent Teeth. *Pediatr Dent* 1997; 19(4):246-252.
- Obersztyn A. Experimental investigation of factors causing resorption of deciduous teeth. *J Dent Res* 1963;42:660-674.
- Obwegeser H, Steinhauser E. Ein neues Gerät zur Vitalitätsprüfung der Zähne mit Kohlendäureschnee. *SSO: Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde* 1963;73:1001-1012.

- Olejniczak AJ, Grine FE. Assessment of the accuracy of dental enamel thickness measurements using microfocal X-ray computed tomography. *Anat Rec* 2006;288(3):263-275.
- Oloart L. Excitation of intradental sensory units by pharmacological agents. *Acta Physiol Scand* 1974;92(1):48-55.
- Özbek M. *Dünden Bugüne İnsan*. Ankara, İmge Kitabevi, 2000.
- Özçobanoğlu G, Durutürk L. Süt dişlerinde pulpa ve dentinin histolojik yapısal özellikleri. *Acta Odontol Turc* 2013;30:99.
- Pashley DH, Liewehr FR. Structure and functions of the dentin- pulp complex. Cohen S, Hargreaves KM, eds. *Pathways of the pulp*. 9th edn. St. Louis: Mosby Elsevier 2006;460-513.
- Pashley DH. Pulpodentin complex. Hargreaves KM, Goodis HE, Seltzer S, eds. *Seltzer and Bender's dental pulp*. 1st edn. Chicago: Quintessence Pub. Co. 2002;63-94.
- Peters DD, Baumgartner JC, Lorton L. Adult pulpal diagnosis. I. Evaluation of the positive and negative responses to cold and electrical pulp tests. *J Endod* 1994; 20(10):506-511.
- Petersson K, Soderstrom C, Kiani- Anaraki M, Levy G, Evaluation of the ability of thermal and electrical tests to register pulp vitality. *Endod Dent Traumatol* 1999;15(3):127-31.
- Piesco NP. Histology of dentin. In: Avery JK. *Oral development and histology*. 2nd ed. New York, Thieme Medical. 1994;70-93.
- Pileggi R, Dumsha T, Myslinksi N. The reliability of electrical pulp test after concussion injury. *Dent Traumatol* 1996;12(1):16-19.
- Pitt Ford H, Pitt Ford T, Rhodes JS. *Endodontics: problem-solving in clinical practice*. CRC Press. 2004.
- Plackova VA, Bures H. *Eine histologische und elektromikroskopische unterschung des resorptionsgewebes*. 1977.
- Polat S, Öztürk M. Dişhekimliğinde laser doppler flowmetry. *C Ü Diş Hek Fak Derg* 1998;2(1):119-125.
- Que BG, Wise GE. Colony-stimulating factor-1 and monocyte chemotactic protein-1 chemotaxis for monocytes in the rat dental follicle. *Arch Oral Biol* 1997;42:855-860.

- Radlanski RJ. and Renz H. Developmental movements of the inner enamel epithelium as derived from micromorphological features. *Eur J Oral Sci.* 2006;114:343-348; discussion 349-350, 382.
- Rajan S, Day PF, Christmas C, Munyombwe T, Duggal M, & Rodd HD. Pulpal status of human primary molars with coexisting caries and physiological root resorption. *Int J Paediatr Dent* 2014;24(4):268-276.
- Rapp R, Avery JK, & Strachan DS. The distribution of nerves in human primary teeth. *Anat Rec* 1967;159(1):89-103.
- Rapp R. Vascular pathways within pulpal tissue of human primary teeth. *J Clin Pediatr Dent* 1992;16:183-201.
- Reader A, Foreman DW. An ultrastructural qualitative investigation of human intradental innervation. *J Endod* 1981;7(4):161-168.
- Reynolds RL. The determination of pulp vitality by means of thermal and electrical stimuli. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1966;22:231-240.
- Rickoff B, Trowbridge H, Baker J, Fuss Z, Bender I. Effects of thermal vitality tests on human dental pulp. *J Endod* 1988;14(10):482-485.
- Riley JL, Robinson ME, Wise EA, Myers CD, Fillingim RB. Sex differences in the perception of noxious experimental stimuli: a meta-analysis. *Pain* 1998;74(2):181-187.
- Robinson H. Nature of diagnostic process. *Dent Clin North Am* 1963; 1: 3-8.
- Robinson PP. A comparison of monopolar and bipolar electrical stimuli and thermal stimuli in determining the vitality of autotransplanted human teeth. *Arch Oral Biol* 1987;32:191-194.
- Rodd HD and Boissonade FM. Vascular status in human primary and permanent teeth in health and disease. *Eur J Oral Sci* 2005;113:128-34.
- Rodd HD, Boissonade FM. Innervation of human tooth pulp in relation to caries and dentition type. *J Dent Res* 2001;80:389-93.
- Rowe A, Ford TP. The assessment of pulpal vitality. *Int Endod J* 1990;23(2):77-83.
- Rölling I. Histomorphometric analysis of primary teeth during the process of resorption and shedding. *Scand J Dent Res* 1981;89:132-142.
- Ruddle CJ. Endodontic diagnosis. *Dent Today* 2002;21(10):90-92, 94, 96-101; quiz 101, 178.

- Rudzka O, Giacaman R A, Chalas R. Updated review on methods to determine dental pulp vitality. *Czas Stomatol* 2015;1(67):872-886.
- Ruschel HC, Chevitarese O. A comparative study of dentin thickness of primary human molars. *J Clin Pediatr Dent* 2003;27(3):277-282.
- Ruschel HC, Chevitarese O. Density and diameter of dentinal tubules of first and second primary human molars- comparative SEM study. *J Clin Pediatr Dent* 2002; 26(3):297-304.
- Ruschel HC, Ligocki GD, Flaminghi DL, and Fossati ACM. Microstructure of mineralized tissues in human primary teeth. *J Clin Pediatr Dent* 2011;35:295-300.
- Sahara N, Okafuji N, Toyoki A, Ashizawa Y, Yagasaki H, Deguchi T, Suzuki K. A histological study of the exfoliation of human deciduous teeth. *J Dent Res* 1993; 72:634-640.
- Sahara N, Okafuji N, Toyoki A, Suzuki I, Deguchi T, & Suzuki K. Odontoclastic resorption at the pulpal surface of coronal dentin prior to the shedding of human deciduous teeth. *Arch Histol Cytol* 1992;55(3):273-285.
- Salyer JW. Neonatal and pediatric pulse oximetry. *Respiratory care* 2003;48(4):386-398.
- Sari S, Aras S, Gunham O. The effect of physiological root resorption on the histological structure of primary tooth pulp. *J Clin Pediatr Dent* 1999;23:221-225.
- Sasaki T, Shimizu T, Watanabe C, Hiyoshi Y. Cellular roles in physiological root resorption of deciduous teeth in the cat. *J Dent Res* 1990;69:67-74.
- Schmitz AK, Vierhaus M, Lohaus A. Pain tolerance in children and adolescents: sex differences and psychosocial influences on pain threshold and endurance. *Eur J Pain* 2013;17(1):124-131.
- Schnettler JM, Wallace JA. Pulse oximetry as a diagnostic tool of pulpal vitality. *J Endod* 1991;17(10):488-490.
- Scott JH ve Symons NB. *Introduction to dental anatomy*. Churchill Livingstone, 1974.
- Seltzer S, Bender I, Ziontz M. The dynamics of pulp inflammation: correlations between diagnostic data and actual histologic findings in the pulp. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1963;16(7):846-871.
- Shabahang S. State of the art and science of endodontics. *J Am Dent Assoc* 2005; 136(1): 41-52; quiz 89-90.

- Shahi P, Sood P, Sharma A, Madan M, Shahi N, Gandhi G. Comparative Study of Pulp Vitality in Primary and Young Permanent Molars in Human Children with Pulse Oximeter and Electric Pulp Tester. *Int J Clin Pediatr Dent* 2015;8(2):94.
- Simmelink JW. Histology of Enamel. In: Avery JK. *Oral development and histology*, 2nd ed. New York, Thieme Medical 1994;228–40.
- Simsek S, Durutürk L. A flow cytometric analysis of the biodefensive response of deciduous tooth pulp to carious stimuli during physiological root resorption. *Arch Oral Biol* 2005;50:461–468.
- Skeie MS, Raadal M, Strand GV, Espelid I. The relationship between caries in the primary dentition at 5 years of age and permanent dentition at 10 years of age – a longitudinal study. *Int J Paediatr Dent* 2006;16:152-60.
- Skinner M, Dupras T. Variation in birth timing and location of the neonatal line in human enamel. *Forensic Sci* 1993;38:1383–90.
- Stoops LC, Scott D. Measurement of tooth temperature as a means of determining pulp vitality. *J Endod* 1976;2(5):141-145.
- Strobl H, Haas M, Norer B, Gerhard S, Emshoff R. Evaluation of pulpal blood flow after tooth splinting of luxated permanent maxillary incisors. *Dent Traumatol* 2004;20(1):36-41.
- Sumikawa DA, Marshall GW, Gee L, and Marshall SJ. Microstructure of primary tooth dentin. *Pediatr Dent* 1999;21:439-44.
- Suzuki, K, M Lovera, O Schmachtenberg, and E Couve. Axonal degeneration in dental pulp precedes human primary teeth exfoliation. *J Dent Res* 2015; 94: 1446-53.
- Ten Cate AR. *Oral histology: development, structure and function*. 3rd ed. St. Louis, MO: Mosby, 1989.
- Tınaz AC, Pulpa Hastalıkları. Aşçı, SK. Editör, *Endodonti’de*, İstanbul, Quintessence Yayıncılık. 2014; 167-183.
- Torneck CD. Dentin-pulp complex. In: Ten Cate R. *Oral Histology: development, structure and function*. 5th ed. St. Louis, Mosby 1998; 150–96.
- Trowbridge HO, Franks M, Korostoff E, Emling R. Sensory response to thermal stimulation in human teeth. *J Endod* 1980;6(1):405-412.
- Trowbridge HO. Pathogenesis of pulpitis resulting from dental caries. *J Endod* 1981;7:52-60.



- Udoye CI, Jafarzadeh H, Okechi UC, Aguwa EN. Appropriate electrode placement site for electric pulp testing of anterior teeth in Nigerian adults: a clinical study. *J Oral Sci* 2010;52(2):287-292.
- Vargas F, Vivaldi L. Correlation between nervous accommodation, symptomatology, and histology of normal and pathologic tooth pulp: its application to electrodiagnosis. *J Dent Res* 1959;38(5):866-880.
- Wahab MA, Kennedy J. The effect of rate of increase of electrical current on the sensation thresholds of teeth. *J Dent Res* 1987;66(3):799-801.
- Waikakul A, Kasetsuwan J, Punwutikorn J. Response of autotransplanted teeth to electric pulp testing. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002; 94(2): 249-255.
- Weine FS. *Endodontic Therapy*. 5 ed. St. Louish: Mosby; 1996.
- White J H, Cooley R L. A quantitative evaluation of thermal pulp testing. *J Endod* 1977; 3(12): 453-457.
- Wilson BL, Broberg C, Baumgartner JC, Harris C, Kron J. Safety of electronic apex locators and pulp testers in patients with implanted cardiac pacemakers or cardioverter/defibrillators. *J Endod* 2006;32(9):847-852.
- Wilson PR, Beynon AD. Mineralization differences between human deciduous and permanent enamel measured by quantitative microradiography. *Arch Oral Biol* 1989;34:85–8.
- Wise GE, Frazier-Bowers S, D’Souza RN. Cellular, molecular, and genetic determinants of tooth eruption. *Crit Rev Oral Biol Med* 2002;13:323–334.
- Wise GE, King GJ. Mechanisms of tooth eruption and orthodontic tooth movement. *J Dent Res* 2008;87:414–434.
- Wong BR, Besser D, Kim N, Arron JR, Vologodskaiia M, Hanafusa H, et al. TRANCE, a TNF family member, activates Akt/PKB through a signaling complex involving TRAF6 and c-Src. *Mol Cell* 1999;4:1041-1049.
- Woolley LH, Woodworth J, Dobbs JL. A preliminary evaluation of the effects of electrical pulp testers on dogs with artificial pacemakers. *J Am Dent Ass* 1974;89(5):1099-1101.
- Yildirim S, Yapar M, Sermet U, Sener K, Kubar A. The role of dental pulp cells in resorption of deciduous teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;105:113–120.

Ziskin DE, Zegarelli EV. The Pulp Testing Problem: the Stimulus Threshold of the Dental Pulp and the Peridental Membrane as Indicated by Electrical Means. J Am Dent Ass 1945;32(21):1439-1449.

Zmijewska C, Surdyk-Zasada J, and Zabel M. Development of innervation in primary incisors in the foetal period. Arch Oral Biol 2003;48:745-52.



## EKLER

### EK-1: Etik kurul onayı



T.C.  
**ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ**  
**KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU**


Sayı: B.30.2.ODM.0.20.08/2022

09.10.2015

**Sayın Doç. Dr. Ayça Tuba ULUSOY YAMAK**

Etik Kurulumuza sunmuş olduğunuz **Süt Molar Dişlerde Köklerinin Fizyolojik Rezorpsiyon Derecelerine Göre Ortalama Elektrikli Pulpa Duyarlılık Testi Değerinin Belirlenmesi** başlıklı OMÜ KA EK 2015/401 Karar nolu Klinik gözlem nitelikli araştırma projeniz amaç, gerekçe, yaklaşım ve yöntemle ilgili açıklamaları açısından Klinik Araştırmalar Etik Kurulu yönergesine göre incelenmiş ve etik açıdan bir sakınca olmadığına, çalışmanın süresi 6 ayı geçerse 6 aylık bildirimlerinin yapılmasına, çalışma tamamlandıktan sonra sonucunun tarafımıza en geç üç(3) ay içerisinde bildirilmesine 08.10.2015 tarihli Etik kurulumuzda oy birliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinize arz/rica ederim.

  
Prof. Dr. Dursun Aygün  
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanı

**EK-2:** Bilgilendirilmiş gönüllü onam formu (4 sayfa)

## **HASTA BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU**

**ARAŞTIRMANIN ADI:** “Süt Molar Dişlerde Köklerinin Fizyolojik Rezorpsiyon Derecelerine Göre Ortalama Elektrikli Pulpa Duyarlılık Testi Değerinin Belirlenmesi”

Bir araştırma çalışmasına çocuğunuzun katılması için izniniz istenmektedir. Çocuğunuzun çalışmaya katılmasını isteyip istemediğinize karar vermeden önce araştırmanın neden yapıldığını çocuğunuzun bilgilerinin nasıl kullanılacağına çalışmanın neleri içerdiğini ve olası yararlarını risklerini ve rahatsızlık verebilecek konuları anlamanız önemlidir. Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırınız ve eğer istiyorsanız özel veya aile doktorunuzla konuyu değerlendiriniz. Eğer çocuğunuz bir başka çalışmada daha yer alıyorsa bu çalışmada yer alamaz.

### **BU ÇALIŞMAYA KATILMAK ZORUNDA MIYIM?**

Çalışmaya katılıp katılmama kararı size ve çocuğunuza aittir. Eğer çocuğunuzun çalışmaya katılmasına karar verirsiniz imzalamanız için size bu Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu verilecektir. Çocuğunuzun çalışmaya katılmasına karar verirsiniz, çalışmadan herhangi bir zamanda ayrılmakta özgürsünüz. Bu durum çocuğunuzun aldığı tedavinin standardını etkilemeyecektir. Eğer isterseniz, çocuğunuzun bu klinik çalışmaya katılımıyla ilgili olarak hekiminiz / aile doktorunuz bilgilendirilecektir.

### **ÇALIŞMANIN KONUSU VE AMACI NEDİR?**

Süt dişlerinin gelişimi ve sağlıklı bir şekilde ağız içindeki görevlerini sürdürebilmesi, dişlerin canlılığını koruması ve devam ettirmesi ile yakından ilgilidir. Dişlerin zarar gördüğü durumlarda zaman kaybedilmeden tedavi edilmesi ve dişin canlılığının kontrol edilebilmesi için canlılık testleri yapılması gerekmektedir. Dişin canlılığı klinik koşullarda yaygın şekilde elektrikli pulpa testi ile ölçülmektedir. Bu çalışmada sağlıklı süt molar dişlerin canlılıklarına elektrikli bir el aleti ile bakılıp, her diş için ortalama canlılık değeri hesaplanması ve bu değerinin çürük ya da travmaya uğrayan süt molar dişleri için referans olması amaçlanmaktadır.

## **ÇALIŞMA İŞLEMLERİ:**

Öncelikle çocuğunuz dikkatli bir şekilde muayene edilecektir. Sonrasında arka dişleri pamuk ile kurutulduktan sonra dişlerinin ön yüzeylerine elektrikli bir el aleti değiştirilecektir. Uygulama tamamen ağrısızdır ve rutinde sıklıkla kullanılır. Çocuğunuzun hissedeceği tek şey küçük bir titreşimdir. Çocuğunuz titreşimi hissettiği an alet durdurulacak ve aletin üzerinde yazan değere göre dişin canlılık değeri belirlenecektir.

## **BENİM NE YAPMAM GEREKİYOR?**

Çocuğunuza işlem uygulanırken doktorunuzla iş birliği içinde olup yardım etmeniz yeterlidir. Ek bir randevuya daha gelmenize gerek yoktur.

## **ÇALIŞMAYA KATILMAMIN NE GİBİ OLASI YAN ETKİLERİ, RİSKLERİ VE RAHATSIZLIKLARI VARDIR?**

Çocuğunuzun hissedeabileceği herhangi bir rahatsızlık yoktur. Elektrikli pulpa testi diş hekimliği kliniklerinde rutin olarak kullanılan güvenli bir test metodudur. Çocuğunuzun hissedeceği tek şey küçük bir titreşimdir.

## **ÇALIŞMAYA KATILMANIN OLASI YARARLARI NELERDİR?**

Çocuğunuzun dişlerinin sağlığı ve dişlerinin canlılığı hakkında bilgi sahibi olacaksınız.

## **GÖNÜLLÜ KATILIM**

Çocuğumun bu araştırmaya katılma kararını tamamen gönüllü olarak veriyorum. Çocuğumun bu çalışmaya katılmasını reddedebileceğimin veya katıldıktan sonra istediğim zaman, bu tedavi kurumunda göreceği bakım ve tedaviler etkilenmeksizin ve hiçbir sorumluluk almadan çalışmadan ayrılabilceğinin bilincindeyim. Çocuğum çalışmadan her hangi bir zamanda ayrılırsa, ayrılma nedenlerini, ayrılışının sonuçlarını ve izleyen dönemde alacağı tedavileri doktoruyla tartışacağım.

## **ÇALIŞMAYA KATILMAMIN MALİYETİ NEDİR?**

Çalışmanın size getireceği herhangi bir mali yük yoktur.

## **KİŞİSEL BİLGİLERİM NASIL KULLANILACAK?**

Bu formu imzalayarak çocuğunuzun doktorunun ve onun kadrosunun çalışma için çocuğunuzun kişisel bilgilerini (“Çalışma Verileri”) toplamalarına ve kullanmalarına onay vermiş olacaksınız. Bu durum çocuğunuzun doğum tarihi, cinsiyeti, etnik kökeni ayrıca çalışma verilerinin kullanımı ile ilgili verdiğiniz onayın herhangi bir belirlenmiş birim tarihi yoktur, ancak çocuğunuzun doktorunu haberdar ederek bu onayınızdan herhangi bir zamanda vazgeçebilirsiniz.

Çalışma destekleyicisi firma ile paylaşılan çalışma verileri çocuğunuza özel bir numara olan bir kod (“Kod”) numarası kullanımıyla korunacaktır. Çocuğunuzun çalışma verilerine ulaşmak için gerekli olan kod anahtarı çalışma doktorunun denetimindedir. Çalışma destekleyicisi firma düzenleyici otorite veya diğer denetim kurumları tarafından atanmış kişiler çocuğunuzun doktoru tarafından tutulan çalışma verilerini inceleyebilirler.

Çocuğunuzun doktoru çalışma verilerini çalışma için kullanacaktır. Çalışma destekleyicisi firma; çalışmanın yürütülmesi, teşhis ve tıbbi yardım gereçlerinin geliştirilmesi için çalışma verilerinizi kullanabilir. Doktorunuzun çalıştığı kurum ve çalışma destekleyicisi firmanın her ikisi de yürürlükte olan veri koruma kanunları ile uyumlu olarak çocuğunuzun çalışma verilerinin yönetiminden sorumludurlar.

Çalışma destekleyicisi firma çocuğunuzun çalışma verilerini, sadece yukarıda belirtilen amaçlarda kullanacak olan kendi grubundaki diğer şirketler, hizmet alınan kurumlar, anlaşmalı firmalar ve diğer araştırma kuruluşları ile paylaşabilir. Çalışmanın sonuçları tıbbi yayınlarda yayınlanabilir, ancak çocuğunuzun kimlik bilgileri bu yayınlarda açıklanmayacaktır.

Çocuğunuzun doktorundan ya da çalışma destekleyicisi firmadan, çocuğunuzun toplanan çalışma verileri hakkında bilgi isteme hakkında sahipsiniz. Aynı zamanda bu verilerdeki herhangi bir hatanın düzeltilmesini isteme hakkında da sahipsiniz. Eğer bu konuda bir isteğiniz olursa lütfen gerekirse çalışma destekleyicisi firma ile temasa geçmenize yardımcı olabilmesi için çocuğunuzun doktoruyla görüşünüz.

Eğer onayınızda vazgeçerseniz, çocuğunuzun doktoru çalışma verilerinizi artık kullanamayacak ya da diğer kişilerle paylaşamayacaktır. Çalışma destekleyici firma onayınızdan vazgeçmeden önceki çalışma verilerini kullanmaya devam edebilir.

Bu formu imzalayarak, çocuğumun çalışma verilerinin bu formda tanımlandığı şekilde kullanımına onay vermekteyim.

**ARAŞTIRMA SÜRESİNCE 24 SAAT ULAŞILABİLECEK KİŞİLER:** Müge ÇİMEN 0 362 312 19 19/8180

**ÇALIŞMADAN AYRILMAMI GEREKTİRECEK DURUMLAR:** Varsa açıklayınız.

**YENİ BİLGİLER ÇALIŞMADAKİ ROLÜMÜ NASIL ETKİLEYEBİLİR:**

Çalışma sürerken ortaya çıkmış olan bütün yeni bilgiler bana derhal iletilecektir.

**ÇALIŞMAYA KATILMA ONAYI**

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formundaki tüm açıklamaları okudum. Bana, yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen hekim tarafından yapıldı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabileceğimi ve kendi isteğime bakılmaksızın araştırmacı tarafından araştırma dışı bırakılabileceğimi biliyorum.

Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum. Doktorum saklamam için bu belgenin bir kopyasını çalışma sırasında dikkat edeceğim noktaları da içerecek şekilde bana teslim etmiştir.

Gönüllünün Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Açıklamaları Yapan Kişinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Gerekliyse Olur İşlemine Tanık Olan Kişinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Gerekliyse Yasal Temsilcinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

**ARAŞTIRMA SÜRESİNCE ULAŞILABİLECEK KİŞİLER:**

Araş. Gör. Dt. Müge ÇİMEN, Doç. Dr. Ayça Tuba Tuba ULUSOY YAMAK

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Müge ÇİMEN

Doğum Yeri: Kırklareli

Doğum Tarihi: 18.04.1990

Medeni Hali: Bekar

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

Eğitim Durumu:

1997-2004, İlköğretim, Hamdi Helvacıoğlu İlköğretim Okulu, Kırklareli

2004-2008, Lise, Kırklareli Fen Lisesi, Kırklareli

2008-2013, Lisans, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, İstanbul

2014- , Uzmanlık, Pedodonti Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Samsun

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

2014- , DUS Araştırma görevlisi, Pedodonti Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Samsun

E-posta: cimenmg@gmail.com