

T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ENDODONTİ ANABİLİM DALI



**FLOROZİSLİ VE SAĞLIKLI DAİMİ DİŞLERİN KÖK  
DENTİNLERİNİN ELEMENT İÇERİĞİ, MİKROSERTLİK VE  
TÜBÜL YAPILARININ *İN VİTRO* OLARAK  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**Ahmet SAVGAT**

**DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Gül ÇELİK ÜNAL**

**Tez No: 98**

**2014-İSPARTA**

## KABUL VE ONAY

Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürlüğü'ne;

Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü **Endodonti Anabilim Dalı** **Doktora Programı** çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 02.052014

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gül ÇELİK ÜNAL

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Endodonti Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Ahmet SERPER

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Zuhâl KIRZIOĞLU

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Ayşe Diljin Keçeci

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Endodonti Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Murat MADEN

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Endodonti Anabilim Dalı

ONAY: Bu doktora tezi, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Nejdîet ADANIR  
Enstitü Müdürü

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

“Florozisli ve Sağlıklı Daimi Dişlerin Kök Dentinlerinin Element İçeriği, Mikrosertlik ve Tübül Yapılarının *In Vitro* Olarak Karşılaştırılması” adlı Yüksek Lisans / Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan  
Arş. Gör. Ahmet SAVGAT

İmza

Danışman  
Doç. Dr. Gül ÇELİK ÜNAL

İmza

## TEŞEKKÜR

Doktora eğitimime başladığım günden itibaren, bilgi paylaşımını ve desteğini her an hissettiğim değerli tez danışmanım Doç. Dr. Gül ÇELİK ÜNAL'a

Gerek öğrencilik hayatımda gerekse doktora eğitimimde her zaman desteklerini ve sahiplenmelerini hissettiren değerli hocalarım, Prof. Dr. Fügen DAĞLI CÖMERT ve Prof. Dr. Ahmet SERPER hocalarıma,

Tezimin tüm aşamalarında yardım ve desteğini esirgemeyen, görüşlerine başvurduğum Doktora Tez İzleme Komitesi Üyesi değerli hocam Prof. Dr. Zuhâl KIRZIOĞLU'na,

Gerek doktora eğitimimde ki hocalığı, gerekse özel hayatımda vermiş olduğu nasihatler ile yol gösteren çok sevdiğim değerli hocam Doç. Dr. Murat MADEN'e,

Doktora süresince değerli bilgilerini her zaman benimle paylaşan Prof.Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ'ye, Doç. Dr. Nejdet ADANIR'a ve Doç. Dr. Buğlem ÜREYEN KAYA'ya,

Tezimin istatistik aşamasında yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Hikmet ORHAN'a,

Doktora süresince mesai arkadaşlığından çok kardeşlerim gibi olan, Egemen GÜLDAŞ, Anıl TEKE, Erdal SARITEKİN ve diğer asistan arkadaşlarıma,

Doktoraya başladığım ilk günden bu zamana kadar samimi arkadaşlığı ve dostluğu ile Uğur Burak TEMEL'e,

Tez projemize maddi destek sağlayan S.D.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne,

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Tüm yaşamımda sevgi ve destekleriyle yanımda olan, özveri ve sabırla beni yetiştirerek bugünlere gelmemi sağlayan, sevgili aileme, gösterdikleri sabır, anlayış ve eksikliğini hiç hissettirmedikleri maddi manevi desteklerinden dolayı eşim Sibel SAVGAT'a ve oğlum Ege SAVGAT'a,

Sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunuyorum.



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<b>KABUL VE ONAY</b> .....	<b>ii</b>
<b>BEYAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iv</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>v</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>RESİMLER DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>5</b>
2.1. Flor Elementi ve Özellikleri .....	5
2.2. İnsanlar İçin Flor Kaynakları, Alımı ve Metabolizması.....	8
2.3. Diş Yapısındaki Flor .....	11
2.4. Mine Yapısında Flor.....	12
2.5. Sement Yapısında Flor .....	13
2.6. Dentin Yapısında Flor .....	14
2.7. Diş Florozisi .....	15
2.8. Diş Florozisinin Klinik Özellikleri.....	17
2.9. Diş Florozis Sınıflandırma Sistemleri .....	19
2.9.1. Dean İndeksi .....	19
2.9.2. Thylstrup-Fejerskov İndeksi .....	19
2.9.3. Diğer Florozis İndeksleri .....	20
2.10. Yapılmış Florozis Çalışmaları.....	21
2.11. Dentin .....	28
2.11.1. Kollajen Tipleri.....	29
2.11.2. Predentin .....	31
2.11.3. Dentin Kanalcıkları ve Endodontik Açından Önemi.....	31
2.11.4. Peritübüler Dentin.....	32
2.11.5. İntertübüler Dentin.....	33
2.11.6. İnterglobüler Dentin.....	34
2.11.7. Dentin Sıvısı .....	34
2.12. SEM (Scanning Electron Microscope, Taramalı Elektron Mikroskopu) ....	35
2.13. SEM-EDX ve SEM-WDX Analizi.....	36
2.14. Dentin Mineralizasyonu .....	36
2.14.1. Dentin Minerilizasyonunun Endodontik Açından Önemi .....	37
2.15. Mikrosertlik Deneyleri .....	38
2.15.1. Brinell Sertlik Deneyi .....	39

2.15.2. Rockwell Sertlik Deneyi.....	40
2.15.3. Vickers Mikrosertlik Deneyi .....	40
2.15.4. Vickers Mikrosertlik Deneyinin Yapılışı.....	41
2.16. Dentin Sertliği .....	42
2.16.1. Endodontik Açıdan Mikrosertlik .....	42
<b>3. GEREÇ ve YÖNTEM.....</b>	<b>46</b>
3.1. Deney Kurgusu.....	46
3.2. Diş Örneklerinin Oluşturulması ve Grupların Belirlenmesi.....	46
3.3. Örneklerin Element Konsantrasyon Analizi (Alt grup 1a) için Hazırlanması	56
3.4. X-Işını Analiz Yöntemi (SEM-EDX ve SEM-WDX) ile Element Konsantrasyon Analizi .....	57
3.5. Örneklerin Mikrosertlik Ölçümü İçin (Alt grup 1b) Hazırlanması .....	57
3.6. Örneklerin Vickers Mikrosertlik Yöntemi Kullanılarak Mikrosertliğinin Ölçülmesi.....	58
3.7. Örneklerin Dentin Tübül Sayısı ve Yoğunluğunun (Alt grup 2) Belirlenmesi İçin Hazırlanması .....	59
3.8. Örneklerin SEM’de İncelenmesi .....	59
3.9. İstatistiksel Analiz .....	66
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>67</b>
4.1. Element Konsantrasyon Analiz Bulguları.....	67
4.2. Vickers Mikrosertlik Yöntemi ile Mikrosertlik Bulguları .....	67
4.3. SEM Bulguları.....	68
4.4. Grublardaki İncelenen Değerlerin (Na, Ca, P, Mg, Zn, F ve VSD) Birbirleriyle Olan İlişkisi.....	68
4.5. Regresyon Analiz Bulguları .....	69
<b>5. TARTIŞMA .....</b>	<b>71</b>
<b>6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....</b>	<b>87</b>
<b>ÖZET.....</b>	<b>89</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>90</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>91</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>104</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>108</b>

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b>AFOS</b>	: alkalin fosfotaz
<b>Al<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub></b>	: topaz
<b>ark.</b>	: arkadaşları
<b>ASTM</b>	: American Society of Testing Materials
<b>Bis-GMA</b>	: bis-fenol-a-diglisidimetakrilat
<b>BSEM</b>	: back scattered trama elektron mikroskobu
<b>Ca</b>	: kalsiyum elementi
<b>CaF<sub>2</sub></b>	: kalsiyum florür
<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>	: kalsiyum hidroksit
<b>Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></b>	: kalsiyum fosfat
<b>Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub></b>	: hidroksilapatit
<b>Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>F<sub>2</sub></b>	: floroapatit
<b>CO<sub>2</sub></b>	: karbon dioksit
<b>Cu</b>	: bakır
<b>DF</b>	: dental florozis
<b>dk</b>	: dakika
<b>WHO</b>	: dünya sağlık örgütü
<b>EDTA</b>	: etilendiamin tetra asetik asit
<b>EDTAC</b>	: EDTA + % 0,1 kationik sürfaktan, cetavlon [cetyltrimethyl ammonium bromide]
<b>EGTA</b>	: etilen glikol tetra asetik asit
<b>F</b>	: flor iyonu
<b>FRI</b>	: florozis risk indeksi
<b>g</b>	: gram
<b>HF</b>	: hidrojen florür
<b>INAA</b>	: nötron aktivasyon analizi
<b>ISO</b>	: uluslararası standardizasyon organizasyonu
<b>KF</b>	: potasyum florür
<b>L</b>	: litre
<b>Li<sub>2</sub>O</b>	: lityum oksit

<b>Li<sub>2</sub>O<sub>2</sub>SiO<sub>2</sub></b>	: lityum disilikat
<b>M</b>	: mol
<b>Maks.</b>	: maksimum
<b>mg /kg</b>	: kilogram başına miligram
<b>Mg</b>	: magnezyum
<b>MgF</b>	: magnezyum florür
<b>Min</b>	: minimum
<b>mm</b>	: milimetre
<b>mm/sn</b>	: saniye başına düşen milimetre
<b>mm<sup>2</sup></b>	: milimetre kare
<b>MPa</b>	: megapaskal (birim alana düşen kuvvet)
<b>N</b>	: ilave basınçlama süresi
<b>n</b>	: örnek sayısı
<b>nm</b>	: nanometre
<b>Na</b>	: sodyum elementi
<b>NaF</b>	: sodyum florür
<b>Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub></b>	: kriyolit
<b>NaOCl</b>	: sodyum hipoklorit
<b>°C</b>	: Santigrat derece
<b>°C/dk</b>	: dakika başına düşen santigrat derecesi
<b>Ort</b>	: ortalama
<b>O<sub>2</sub></b>	: oksijen
<b>P</b>	: fosfor elementi
<b>pH</b>	: çözeltinin asitlik-bazlık derecesi
<b>ppm</b>	: milyonda bir birime verilen değer
<b>PTD</b>	: peritübüler dentin
<b>SEM</b>	: taramalı elektron mikroskobu
<b>SEM – EDX</b>	: enerji dağılımlı x ışını spektroskopisi
<b>SEM – WDX</b>	: dalga boyu dağılımlı x ışını spektroskopisi
<b>SiO<sub>2</sub></b>	: silisyum oksit
<b>sn</b>	: saniye
<b>Std</b>	: standart

<b>T</b>	: basınç sıcaklığı
<b>t</b>	: sıcaklığın yükselme hızı
<b>TEGDMA</b>	: trietilen glikol dimetakrilat
<b>TFI</b>	: Thylstrup ve Fejerskov indeksi
<b>TS</b>	: Türk standartları
<b>TSIF</b>	: diş yüzey florozis indeksi
<b>UDMA</b>	: üretan dimetakrilat
<b>VSD</b>	: Vickers sertlik değeri
<b>WHO</b>	: Dünya sağlık örgütü
<b>Zn</b>	: çinko elementi
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	: zirkonyum oksit
<b>µm</b>	: mikrometre
<b>µg/kg</b>	: kilogramda mikrogram
<b>µmol/l</b>	: litrede mikromol

## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b> Bazı yiyecek ve içeceklerde bulunan F miktarı .....	9
<b>Tablo 2.</b> Yetişkinler tarafından farklı besinlerden alınan florid oranları.....	9
<b>Tablo 3.</b> Thylstrup-Fejerskov indeksine göre diş üzerinde görülebilen değişiklikler.....	20
<b>Tablo 4.</b> Çalışma grupları .....	51
<b>Tablo 5.</b> Element konsantrasyon analiz bulguları tablosu.....	67
<b>Tablo 6.</b> Örneklerin mikrosertlik değerleri t-test tablosu .....	67
<b>Tablo 7.</b> Dentin tübül sayısı, çevre ve alan değerlerinin tablosu. ....	68
<b>Tablo 8.</b> Grup 1 (diagonalın altında kalan kısım) ve grup 2'deki (diagonalın üstünde kalan kısım) incelenen değişkenler arasındaki Pearson Correlation katsayılarını ve önem düzeyleri. ....	69
<b>Tablo 9.</b> F'a bağlı Linear Regression tahmin sonuçları genel tablosu. ....	70
<b>Tablo 10.</b> Florozisli ve sağlıklı grubun <i>t-test</i> analizi .....	108
<b>Tablo 11.</b> Pearson korelasyon istatistiksel analizi .....	110
<b>Tablo 12.</b> Regresyon istatistiksel analizi modellemesi .....	111
<b>Tablo 13.</b> Dentin tübülü alan ve çevre ortalaması <i>t-test</i> istatistiksel analizi .....	114
<b>Tablo 14.</b> Dentin tübül sayısı <i>t-test</i> istatistiksel analizi.....	115

## RESİMLER DİZİNİ

<b>Resim 1.</b> Floridin biyosferdeki döngüsü.....	8
<b>Resim 2.</b> Dentinin genel yapısı.....	37
<b>Resim 3.</b> Deneyde kullanılan florozisli dişler.....	47
<b>Resim 4.</b> Deneyde kullanılan florozisli dişler.....	48
<b>Resim 5.</b> Deneyde kullanılan sağlıklı dişler .....	49
<b>Resim 6.</b> Deneyde kullanılan sağlıklı dişler .....	50
<b>Resim 7.</b> Deneyde kullanılan dişlerin kronlarının mine-sement sınırından mikrotom cihazı kullanılarak uzaklaştırılması .....	52
<b>Resim 8.</b> Kron kısmı uzaklaştırılmış dişin kök kısmı .....	53
<b>Resim 9.</b> Kök kısmına açılan 1 mm oluk.....	53
<b>Resim 10.</b> Kökün kırma yöntemiyle iki parçaya ayrılması .....	54
<b>Resim 11.</b> Örneklerin kök orta üçlüsünün ayrılması .....	54
<b>Resim 12.</b> Deneyde kullanılan ultrasonik cihaz .....	55
<b>Resim 13.</b> Ultrasonik cihaz ile örneklerin distile su kullanılarak yıkanması .....	55
<b>Resim 14.</b> Örneklerin teflon kalıplarda polyester rezine gömülmesi .....	56
<b>Resim 15.</b> Teflon kalıptan çıkarıldıktan sonra polyester rezine gömülmüş örnekler .....	56
<b>Resim 16.</b> Örnek yüzeylerinin parlatma işleminin yapıldığı zımparalar .....	58
<b>Resim 17.</b> Vickers test cihazında örneklerin dentin yüzeyinde elmas uç ile elde edilen piramit izler .....	59
<b>Resim 18.</b> Florozisli dişlerden elde edilen smear tabakasından temiz açık dentin tübüllerinin görüntülediği SEM görüntüleri.....	60
<b>Resim 19.</b> Florozisli dişlerden elde edilen smear tabakasından temiz açık dentin tübüllerinin görüntülediği SEM görüntüleri.....	61
<b>Resim 20.</b> Florozisli dişlerden elde edilen smear tabakasından temiz açık dentin tübüllerinin görüntülediği SEM görüntüleri.....	62
<b>Resim 21.</b> Sağlıklı dişlerden elde edilen smear tabakasından temiz açık dentin tübüllerinin görüntülediği SEM görüntüleri.....	63
<b>Resim 22.</b> Sağlıklı dişlerden elde edilen smear tabakasından temiz açık dentin tübüllerinin görüntülediği SEM görüntüleri.....	64
<b>Resim 23.</b> Sağlıklı dişlerden elde edilen smear tabakasından temiz açık dentin tübüllerinin görüntülediği SEM görüntüleri.....	65

## 1. GİRİŞ

Flor (F), atom numarası 9, atom ağırlığı 19, yoğunluğu 1,265 olan, kokusu ozonu andıran, yeşilimtırak sarı renkte, halojenler grubunun ilk elementidir (1). Kalsiyum florür ( $\text{CaF}_2$ ) bileşini ilk kez, 1529 yılında Georigius Agricola tanımlamıştır ve F ilk defa 1886 yılında Henri Moissan tarafından izole edilmiştir. F elementler içinde en reaktif elementtir (1).

Florid ( $\text{CaF}_2$ ) doğada, yaygın bir şekilde kriyolit ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), topaz, turmalin ve mika gibi minerallerin içinde bileşik halinde bulunmaktadır. Florid yer kabuğunun yaklaşık %0,032'sini oluşturur. İçme suyundaki en uygun F konsantrasyonun  $1 \text{ mgL}^{-1}$  (ppm) olduğu düşünülmektedir, fakat içme suyundaki F konsantrasyonu sürekli olarak  $1,5 \text{ mgL}^{-1}$  üzerinde olursa sağlık açısından zararlı bir durum oluşturur. Dünya sağlık örgütü (WHO) içme suyundaki florid miktarını  $1,5 \text{ mgL}^{-1}$  olarak belirlemiştir (2). Dünyanın farklı bölgelerinde yüksek F konsantrasyonu içeren yeraltı sularına sahip ülkeler vardır. Özellikle Çin'in kuzey kesimi, Hindistan, Sri Lanka, Meksika, Amerika Birleşik Devletleri'nin batı kesimi, Arjantin, Avustralya ve bazı Afrika ülkeleri, bu ülkeler arasında sayılabilir. Yüksek florid konsantrasyonu genellikle yeraltı suları ile ilişkilidir. Jeotermal bölgelerde ve alkalin sularda F seviyeleri daha yüksek olmaya eğilimlidir. Dünyada yaklaşık 200 milyondan fazla insanın DSÖ'nün belirlemiş olduğu değerden daha yüksek oranda F'a maruz kaldığı tahmin edilmektedir (3). Türkiye'de Doğubeyazıt ve Çaldıran bölgesi (2,5 - 12,5 ppm), Eskişehir Beylikova ilçesinin Kızılcaören köyü (3,9 - 4,8 ppm), Uşak Esmel ilçesinin Güllü köyü (0,7 - 2,0 ppm) ve Isparta bölgesi (1,5 - 4,0 ppm) olmak üzere dört bölgede diş florozisi ve iskeletsel florosis görülür (4). Araştırmacılar (4) bu dört bölgeyi ülkemizde endemik florosis bölgesi olarak kabul etmişlerdir.

F vücudumuzdaki sert dokuların mineralizasyon ve kalsifikasyon olaylarını etkiler. Enzimatik olaylarda rol alır ve yaşam için gerekli bir elementtir (2). F vücuda alındıktan sonra; bir kısmı kemiklerde, bir kısmı da dişlerin mine ve dentin tabakasında floroapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ ) halinde bulunur (5). Mine yapısının oluşumu süresince uzun dönem F alımı, dişin sürmesinden kısa süre sonra hasara uğrayan mine yapısında klinik olarak ince beyaz çizgilerden, şiddetli tebeşirimsi, opak mine



değişiklerine kadar farklı değişikliklerle karakterize diş florozisi ile sonuçlanabilmektedir (6).

Diş florozisin en erken belirtisi minede retzius çizgilerinde pörözite artışıdır. Dişin, biçimlenmesi sırasında artarak F'a maruz kalması sonucu mine yüzeyi, tüm diş boyunca artan pörözite gösterir. Minenin bu pörözitesinin boyutu ve derecesi F miktarı arttıkça artar. Şiddetli vakaların çoğunda hipomineralize alanlar kronun servikal üçlüsünde mineden, mine dentin birleşimine, kronun orta üçlüsünde ise minenin yarısına kadar ilerler. Ayrıca, yine şiddetli vakaların çoğunda hipomineralize alanlar, sürme sırasında daha çok mineralize olmuş olan yüzeyin derin tabakalarında yer alırlar (7).

Florozisli dişlerde dentin mineralizasyonunda değişiklikler gözlenir. Dentin yapısı maruz kalınan F'dan etkilenmiştir. Genel olarak F biyomineralizasyon ile ilgili temel süreçlerde önemli bir role sahiptir ve mineralize dokularda ektodermal veya mezenşimal büyümenin meydana geldiği kristal formasyonu sağlar (8).

Sağlıklı bir dişin mine dokusu ile florozisli bir dişin mine dokusu arasındaki yapısal ve fiziksel farkları araştıran çalışmalar vardır (9,10). Fakat sağlıklı dişin dentini ile florozisli bir dişin dentin yapısındaki yapısal ve fiziksel farklılıkları araştıran çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu değişiklikler belirsiz olsa da, Waddington ve ark. (11) bazı çalışmalar fare ve insan dişlerinde dentin yapısının kompozisyonunu ve proteoglikan yapısındaki değişiklikleri belirtmişlerdir.

Kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi, endodontik tedavinin başarısında önemli bir basamak olarak değerlendirilmektedir. Temel hedef, kök kanallarındaki enfekte ve nekrotik doku artıklarının uzaklaştırılması, kök kanalından olabildiğince bakteri uzaklaştırılması ve kanal dolgusu yerleştirilmesinde üç boyutlu tam bir tıkamaya olanak sağlayacak uygun bir kök kanal şeklinin elde edilmesidir (12,13). Dentinin fiziksel ve yapısal özelliklerinin bilinmesi, bu hedefin sağlanmasında önemlidir.

Dentin dişin en geniş hacimli mineralize dokusudur ve bağ dokusu olarak kabul edilebilir. Genel olarak ekstrasellüler alanı bağ dokularının karakteristik özelliklerini taşır. Dentinin ekstrasellüler matriksi mineral faz ile modifiye edilmiştir (14). Dentin kollajen matriksle doldurulmuş apatit kristallerinden

meydana gelen gözenekli bir yapıdır. Bu mineralize yapı mine dentin birleşiminde kollejen salgılayan odontoblastlar tarafından oluşturulmuştur (15).

Dentin, yüzde ağırlık oranına göre % 70 inorganik, % 20 organik ve % 10 sudan oluşur. Hacimsel olarak değerlendirildiğinde ise, %50 inorganik kısım, %30 organik kısım ve geriye kalanını da su oluşturur. Dentin dokusundaki başlıca inorganik madde  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ 'dir (Hidrooksiapatit), bu yapı Ca ve P'dan oluşur. Organik matriks ise % 91 oranında kollajenden oluşmaktadır (16). Bileşenler doku içinde eşit şekilde dağılmamıştır; dentin yapısı mikroskobik düzeyde önemli oranda değişmektedir ve dişin farklı dentin kısımları arasında kompozisyonel farklılıklar vardır (14). Kalsifiye dokulardaki element konsantrasyonlarını mikroyapısal seviyede belirlemek için bazı teknikler tanımlanmıştır. Bu teknikler; optik mikroskop yöntemi (17), X-ışını mikroradyografi yöntemi (18), Backscattered tarama elektron mikroskop (BSEM) yöntemi (19) olarak sıralanabilir.

İnsan dentininde karakteristik olarak kanalcıklar tüm dentin hacminin %20–30'unu oluşturur. Koroner dentinde, mine-dentin sınırından pulpaya doğru kanallar S şeklinde dizilirler. Dentin dokusunun pulpal yüzünde dentin tübülü sayısı  $mm^2$ 'de 30,000–52,000 arasında değişmektedir (16,20). Dentinin kanal yapısının incelenmesi için SEM, dijital optik mikroskobu, atomik kuvvet mikroskobu, geçirmeli (transmission) elektron mikroskobu (TEM), bilgisayarlı X ışını mikrotomografisi gibi yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemlerden SEM dentin yüzeyi hakkında bilgi sağlamada en sıklıkla kullanılan yöntemdir (21-24).

Maddeler üzerinde en çok yapılan fiziksel deney sertliğin ölçülmesidir. Bunun en önemli sebepleri deneyin basit oluşu, örneğin yapısının bozulmaması ve maddenin sertliği ile diğer özellikler arasında paralel bir ilişki bulunmasıdır (25). Mikrosertlik dentinin mineral içeriğinden ve yüzey yapısından etkilenir (26,27). Dolayısıyla mikrosertlik dentin ile restoratif materyal arasında ki etkileşimde önemli bir role sahiptir (28).

Dentinin mikroyapısı ve özellikleri endodontide kök kanal dolgu maddelerinin dentine adezyonunu, kök kanal preparasyonunu, irrigasyon işlemini, kök kanal dolgusunun uzun dönem kalitesini etkileyerek dişin prognozunu etkiler. Endodontide yeniliklerin ortaya çıkmasında ve endodontinin gelişmesindeki en

büyük faktörlerden biri, dentin yapısının incelenmesi, yapısının anlaşılmasına çalışılmasına bağlıdır (28).

Kök dentinin, gelişmeye başladığı andan itibaren yaşa bağlı olarak yapısında F'u tutma kapasitesinin olduğunu ve F'a maruz kaldığı sürece yapısındaki F oranının arttığını gösteren çalışmalar vardır (29,30); fakat florozisli daimi dişlerin kök dentinin yapısal ve fiziksel özelliklerini araştıran ve endodontik açıdan yorumlayan çalışmalar eksiktir.

Bu çalışmada florozisli ve sağlıklı daimi dişlerin kök dentininin mikrosertliği Vickers mikrosertlik yöntemi kullanılarak, tübül sayısı ve tübül çapları SEM ile x8000'lik büyütme kullanılarak, kimyasal yapısı (F, Na, Ca, P, Mg ve Zn) SEM-EDX ve SEM-WDX yöntemi ile incelenmiştir ve bu veriler endodontik açıdan değerlendirilmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Flor Elementi ve Özellikleri

F (F), atom numarası 9, atom ağırlığı 19, yoğunluğu 1,265 olan, kokusu ozonu andıran, yeşilimsi sarı renkte, halojenler grubunun ilk elementidir. 1529 yılında Georigius Agricola, kalsiyum florür bileşiğini tanımlamıştır (1). F ilk defa 1886 yılında Henri Moissan tarafından izole edilmiştir (1). En önemli minerali florid veya florspati denilen kalsiyum florürdür ( $\text{CaF}_2$ , %49 F). F'un saf olarak eldesi  $\frac{1}{2}$  oranında sıcak erimiş KF (potasyum florür), HF (hidrojen florür) bileşiklerinin elektrolizi ile gerçekleşir.  $\text{O}_2$  ve asal gazlar hariç tüm elementlerle hemen reaksiyona girme kapasitesine sahiptir. Fazla reaktif olmasının nedeni F-F bağının kolay kopması yani disosiyasyon enerjisinin az olmasıdır. Sadece -1 oksidasyon sayısına sahiptir, yani tek bağ yapabilir. Fakat ortaklanmamış elektronları sayesinde metallere  $\text{F}^-$  şeklinde köprülü bileşikler yapabilir (1). F tüm elementler içinde en elektronegatif olan ve en küçük iyonik çapa sahip elementtir. Yüksek derecedeki yük yoğunluğu güçlü iyonik ve hidrojen bağları kurabilecek kapasitede olmasına neden olur. Bu özellik organik fazlarla, organik makro moleküllerle etkileşim içine girmesini sağlar (31). Biyolojik yönden değerlendirildiğinde, genellikle çok küçük miktarlarda bulunması ve biyolojik materyallerdeki konsantrasyonunun milyonda bir seviyede (ppm) olması nedeniyle eser element olarak sınıflandırılmaktadır (2).

### Flor Elementinin Doğada Bulunuşu

F elementi, yüksek elektronegatif özelliğinden dolayı, doğada diğer elementler ile birleşerek tuz formunda bulunur. F elementinin diğer bir element ile oluşturduğu tuz "Florid" olarak tanımlanır. F buhar içerisinde, artık sıvılarda ve magma kristalizasyonunun son aşamasında yoğunlaşır. Bu yüzden silisiyöz ve alkalik kayalarda, jeotermal sularda ve sıcak su kaynaklarında, volkanik gazlarda ve volkanik gazların çıktığı deliklerde (fümerol) F konsantrasyonu artmıştır. Doğada F içeren yaklaşık 150 mineral bilinmektedir, bunların en önemlileri floroapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ , %3,4 F), florospar ( $\text{CaF}_2$ , %49 F) ve kriyolittir ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , %54 F) (32). F hidroksil silikatların içindeki hidroksil grubuyla yer değiştirir, örneğin

topaz ( $\text{Al}_2\text{SiO}_4\text{F}$ ) ve floroapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ ) bu şekilde meydana gelir. F içeren bu mineraller yer kabuğunun yaklaşık %0.032'sini oluşturur (3).

Genellikle yüzey sularının F miktarı 0,1 ppm'den düşüktür, fakat; bu konsantrasyon F kaynaklarına bağlı olarak değişir. Yüzey sularının F konsantrasyonu, endüstriyel atıklar ve şehir kirli sularının akarsulara boşaltılmasından dolayı artabilir (2). Deniz sularının F konsantrasyonu kloro bağlı olarak yaklaşık 1,2 – 1,4 ppm'dir (33). Florid deniz suyunda iyonik formda ve florid bileşiği halinde bulunur; bu bileşiğin yaklaşık yarısını  $\text{MgF}^+$  oluşturur (2). Volkanik aktiviteyle ilişkili sıcak sularda florid konsantrasyonu artmıştır (34). Diğer yandan ise yeraltı kaynaklı sular jeolojik şartlara bağlı olarak yüksek oranda F ile temasta bulunmaya elverişlidir. Jeotermal bölgelerde ve alkalın sularda F seviyeleri daha yüksek olmaya eğilimlidir. Su kaynaklarında kalsiyum iyonları fazladır, bu şartlarda F konsantrasyonu  $\text{CaF}_2$  (yaklaşık 15 ppm) tarafından kontrol edilir ve F iyon seviyesi yaklaşık 8 ppm'dir (4).

DSÖ'nün raporuna göre, dünyada milyonlarca çocuk florid ile kontamine olmuş doğal su kaynakları yoluyla normal seviyenin üzerinde floride maruz kalmaktadır. Bu rapora göre Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Meksika, Almanya, Norveç, bazı Afrika ülkeleri, Hindistan, Çin, Japonya dental ve iskeletsel florozis vakalarının rapor edildiği ülkeler arasında sayılabilir. Sadece Çin'de rapor edilen iskeletsel florozis vakası 2 milyon civarındadır (35).

Türkiye'de diş florozisi ve iskeletsel florozis 4 bölgede görülür. Bu bölgeler;

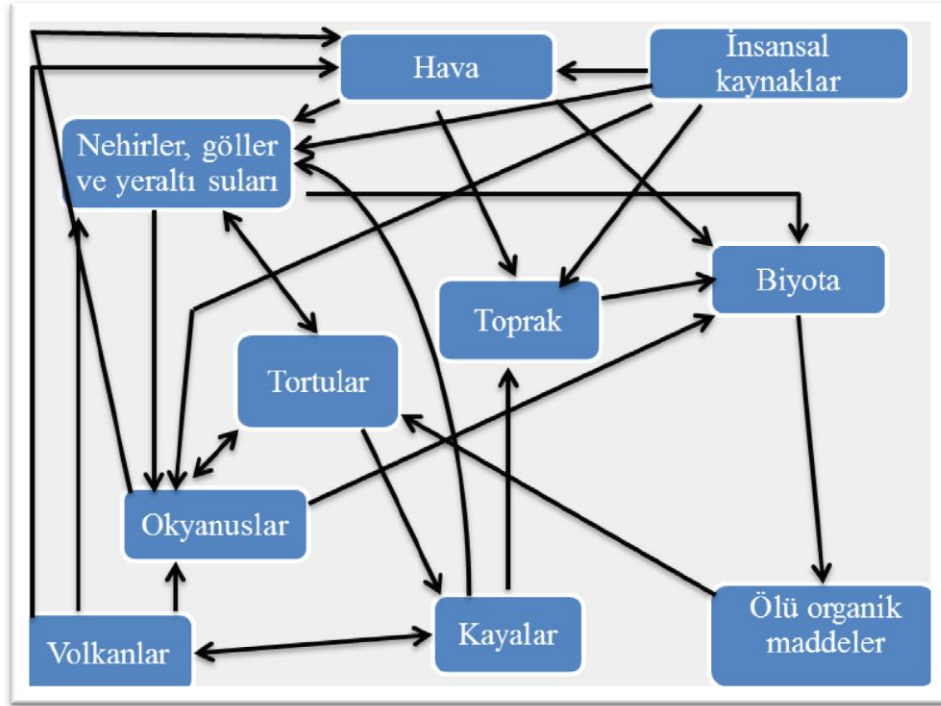
1. Tendürek volkanik dağına komşu konumlanan Doğubeyazıt ve Çaldıran bölgesi; bu bölgenin içme suyundaki flor oranı 2,5 ve 12,5 ppm arasında değişmektedir.
2. Eskişehir Beylikova ilçesinin Kızılcaören köyü; bu bölgenin içme suyundaki flor oranı 3,9 ve 4,8 ppm arasında değişmektedir.
3. Uşak Esmem ilçesinin Güllü köyü, bu bölgenin içme suyundaki flor oranı 0,7 ve 2,0 ppm arasında değişmektedir.
4. Isparta bölgesi; bu bölgenin içme suyundaki flor oranı 1,5 ve 4,0 ppm arasında değişmektedir (4).

Yapılan araştırmalarda, Isparta Gller Bölgesinin endemik florozis bölgelerinden biri olduğu gösterilmiştir (36,37). Endemik diş florozisi, Türkiye’de ilk kez Isparta’da gözlenmiştir (4). Isparta’da 1976 yılında yapılan bir çalışmada; içme sularıyla yüksek floride maruz kalan bireylerin, toplam nüfusun % 69’u olduğu tespit edilmiştir (38). Oruç ve Sancarcı (39) Isparta’daki içme sularının florid düzeyini inceleyen bir araştırma yapmıştır. Bu araştırmada Isparta’nın farklı noktalarındaki çeşmelerden su örnekleri alınmış ve F seviyeleri açısından analiz edilmiştir. Analiz sonuçları alınan bütün su örneklerinde F seviyesi DSÖ’nün belirlediği seviyenin (1,5 ppm) zerinde çıkmıştır. Florozis tehlikesinin önceki yıllara göre azalmakla beraber, hala devam ettiği bildirilmiştir. Bu azalmanın sebebi ise şehir içme suyu şebekesine, F seviyesi düşük kaynak ve kuyu sularının verilmesi olmuştur. Öztürk ve ark. (40) 2002 yılında yaptığı bir araştırmada, Isparta il merkezindeki şehir şebeke suyundaki florid seviyesinin eskiye göre düşüşün, 1995 yılından itibaren florid seviyesi düşük olan Egirdir Gl suyunun kullanılmaya başlaması ile olduğu kanısına varmışlardır. İl merkezindeki eski su kaynakları (Andık kaynağı ortalama 3,8 mg/L florid ve Gölcük Gl kaynağı ortalama 1,8 mg/L florid) dışındaki tüm suların florid seviyelerinin, limit değerin üzerinde olmadığını bulmuşlardır.

Florid; atmosfere, volkanik hareketlerle ve bu yüzeylerde toprak ve su parçacıklarının rzgra bağlı olarak sürüklenmesiyle girer. Yeryüzüne toz, yağmur, kar ve sis biçiminde depolanarak döner (2). Volkanik patlamalar, fabrikalar ve diğer yüksek ısı işlemlerinin olduğu işletmelerden, havaya salınan ve çoğunlukla hidrojen florid şeklinde olan çok küçük partiküllü floridler, havada günlerce kalabilir ve hidroflorik asit seklinde yağmurlarla tekrar yeryüzüne inerler (41). Topraktaki florid oranı ortalama 200–300 ppm’dir. Florid rezervlerinin olduğu yerlerde, fosfatlı gübrelerin kullanıldığı topraklarda ve endüstri merkezlerinde bu oranlar çok daha yüksektir (42).

Florid, bitki örtüsüne toprak ve su yoluyla emilim, gaz halindeki floridin havadan emilimi ve parçacık halinde floridin atmosfer ve yağmurdan çökelmesi ile geçer. Bitki yaprakları genellikle 2-20 ppm F içerirler. F alımı bitki türüne, yaprağın yaşına, toprağa, sulamaya, gübre kullanımına ve başka faktörlere bağlı olarak değişir.

Toprağa, bitki atıkları yoluyla veya besin zincirine katılarak, hayvan veya insan atıkları yoluyla geri döner (Resim 1) (2).



**Resim 1.** Floridin biyosferdeki döngüsü (35).

## 2.2. İnsanlar İçin Flor Kaynakları, Alımı ve Metabolizması

İnsanlar için en önemli F kaynağı sudur; fakat bazı bitkiler, deniz canlıları, dünyanın belli bölgelerindeki toz parçacıkları ve bazı sanayi işlemleri de F kaynakları arasındadır (4). Diğer F kaynakları ise, florlu diş macunları, ağız gargaraları, flor tabletleri olarak sayılabilir (5). F, bitkilerde organik ve inorganik bileşikler halinde olup, en fazla çay yapraklarındadır. Bir bardak çayda bulunan F miktarı 0,19-0,31 mg'dır. Suları florlu olan yerlerde günlük olarak çayla alınan bu miktar 8-10 mg'a yükselebilmektedir (5). Gıdalar arasında en fazla F iyonu balıkta bulunur. Balık etinde yaklaşık 1 ppm olan flor iyonu miktarı, balığın derisinde 8 ppm, kılıçığında ise 700 ppm gibi çok yüksek miktarlardadır. Bazı yiyecek ve içeceklerde bulunan F miktarı (5) Tablo 1'de gösterilmiştir. Yetişkinler tarafından toplam alınan flor miktarının yiyecek ve içecekler arasındaki dağılımı tablo 2'de gösterilmiştir (43).

**Tablo 1.** Bazı yiyecek ve içeceklerde bulunan F miktarı (mg/100 g)

Elma	5-130	Patates	7-640	Çikolata	50
Muz	23	Ispanak	20-180	Sardalya	730-1600
Lahana	15	Tavuk	140	Orkinos	450-900
Havuç	40	Dana eti	29-200	Uskumru	1200
Süt	10-55	Peynir	160	Maydanoz	80-100
Soğan	60	Yağ	150		
Yumurta	120	Demli çay	120-6300		

**Tablo 2.** Yetişkinler tarafından farklı besinlerden alınan florid oranları (%)

<b>Besin grubu</b>	<b>F alımı (toplam alınanın %si)</b>
Süt ve süt ürünleri	3.5
Et, balık ve kümes hayvanları	5.6
Yeşil sebzeler ve tahıllar	7.2
Patates	2.3
Yapraklı sebzeler	0.6
Baklagiller	1.3
Köklü sebzeler	0.2
Bahçe meyveleri	0.5
Meyveler	1.5
Yağlar	1.1
Şeker ve şeker ilaveleri	1.3
Su ve süt ürünleri dışındaki içecekler	75.0

F'un ana emilim yolu, gastrointestinal sistemdir. Alınan F bileşiği, çözünürlük, kimyasal ve fiziksel özelliği gibi bir takım faktörlere bağlı olarak değişen miktarlarda emilime uğrayarak sistemik dolaşıma katılır. NaF tableti, NaF solüsyonu gibi çözünebilir. Florid bileşikleri neredeyse tamamen emilime uğrarken,  $CaF_2$ ,  $MgF_2$  ve  $AlF_3$  gibi az çözünen bileşiklerin daha az kısmı emilime uğrar. Florid bileşikleri, insan ve hayvanlarda gastrointestinal sistemden hızlı ve etkili bir şekilde emilir. Sodyum florid alımından kısa bir süre sonra, kan F düzeyi hızlı bir şekilde yükselmeye başlar ve 30–60 dk içinde en fazla plazma yoğunluğuna ulaşır (44). Floridin yiyeceklerle birlikte alınması, emilimini geciktirir. NaF tabletinin emilim oranı, kalsiyum açısından zengin bir kahvaltı ile beraber alındığında % 60'a düşer (2).

Floridlerin oral toksisitesi hayvanlarda ve insanlarda birçok kez araştırılmıştır. İnsan verileri sıklıkla floridli sulara maruz kalan bireyler üzerinde iskelet, diş ve kanser etkilerini inceleyen epidemiyolojik araştırmalar şeklindedir.



Florosilisik asit ve sodyum florosilikat, içme sularının florlanması için kullanılan florid bileşikleridir. Dental ürünlerde kullanılan en önemli florid ise monoflorofosfattır. Çalışmaların yapıldığı içme sularında, doğal olarak yüksek düzeyde F bulunan toplumlarda ise maruz kalınan bileşik sodyum floriddir (45).

F emildikten sonra, kan yoluyla proteinlere bağlı olmadan tüm vücuda dağılır. Vücutta F büyük oranda kalsifiye dokularda birikir. Vücuttaki F'un %99'unun Ca bakımından zengin, kemik ve dişlerin mine ve dentin tabakasında floropatit şeklinde biriktiği gösterilmiştir (2,5,46). Sert dokular dışında; kalpte, karaciğerde, böbreklerde, tiroid bezinde ve damarların yapısında görülmektedir (47). F iyonu, insan vücudunda birçok enzimatik reaksiyonda aktif olarak görev alır; mineralizasyon ve kalsifikasyon olaylarını etkiler. F kemikte 100-9700 mg/kg, diş yapısında 90-16.000 mg/kg, plazmada 0,7-2,4 µmol/l, tükürükte < 1 µmol/l, anne sütünde 0,4 µmol/l oranında bulunur. Çocukluk çağında günlük alınan miktarın, yaklaşık %30-50 kadarı iskeletsel dokular tarafından tutulmaktadır. Yetişkinlerde ise sadece, %2-10'u tutulabilmektedir (2).

Richards ve ark. (48) domuzların kemiklerindeki florid birikimini ve biyolojik yarılanma ömrü ile biyoyararlanımını değerlendiren bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre; günlük 2 mg/kg kronik florid alan domuzların kemiklerindeki florid birikiminin, plazma florid seviyesini etkilediğini ve floridin yarılanma ömrünün yaklaşık 60 gün olduğu gösterilmiştir. Bu uzun yarılanma ömrü, plazma konsantrasyonunun dengeli bir duruma gelmesini imkânsız kılar. Aynı zamanda, domuzların dişlerinde patolojik değişiklikler meydana gelmiştir. Bu değişiklikler ile floridin uzun yarılanma ömrü arasında, basit bir ilişki olduğu varılan diğer bir sonuçtur (48). İçme suyu florid seviyeleri 9, 6, 1,2 ve 0,25 ppm olan farklı üç bölgeden yaşayan bireylerin plazma florid seviyeleri 36 saat takip edilmiştir, 9,6 ppm florid içeren bölgedeki deneklerin plazma florid seviyeleri; 1,2 ppm ve 0,25 ppm florid içeren içme suyunu kullanan bireylerinkine göre, geniş bir dalgalanma gösterdiği bulunmuştur. Bu sonuçlar; doku F düzeylerinin homeostatik olarak ayarlanmadığı ve plazma florid düzeyinin direkt olarak alınan florid miktarına bağlı olduğu tespit edilmiştir (49). İçme sularında < 0,1 ppm gibi düşük değerlerde florid içeren bölgelerde ortalama plazma F düzeyinin 0,4 µmol/L (7,5 µg/L) olduğu

tespit edilmiştir. İçme sularındaki oran 0,9–1,0 ppm olduğu zaman, plazma düzeyinin yaklaşık 1µmol/L (19 µg/L) olduğu gözlenmiştir (50).

Ağız yoluyla alınan F iyonu miktarının yaklaşık %10'u feçesle atılır. F iyonu, iyon değiştirme mekanizması ile kemik tarafından tutulup, böbrekler tarafından hızlı bir biçimde atılır. Yaşlılıkta, kemikteki F konsantrasyonu artar ve daha fazla miktarda F iyonu vücuttan idrar yoluyla uzaklaştırılır. F iyonu, kemik tarafından tutulması ve böbreklerden süzülme hızının çok yüksek olması bakımından diğer halojenürlerden ayrı özelliktedir (2,47).

Hamilelikte vücuda alınan F'un gereksiz olan miktarı, böbreklerden atılır (31). Yapılan insan ve hayvan çalışmalarında, F iyonunun plasentayı geçebildiği gösterilmiştir. Anne kan F düzeyi ile kord kanındaki F düzeyi arasında sıkı bir ilişki olduğu ve kord kanındaki düzeyin anne kanına göre daha düşük olduğu bulunmuştur (51).

Oral yolla alınan F'un birincil atılım yeri böbreklerdir. Bütün F bileşikleri, özellikle idrar, dışkı ve ter ile vücuttan atılır (36). F yükünü belirlemede kullanılan en yaygın yöntem, idrardaki F miktarını ölçmektir. Günlük alınan F'un % 18-35'i idrarla atılmaktadır. Plazmadan glomerüllere geçen F, değişik oranda tübülerde geri emilime uğrar. Yaş, idrar pH'sı ve glomerüler filtrasyon hızı gibi faktörler F atılımını etkiler (52).

Tavsiye edilen florid konsantrasyonundan fazla miktarda florid alınmasının toksik etkileri olabilir. Akut öldürücü toksisite vücut ağırlığına göre 35-70 mg/kg'dır. Bu miktar yetişkin bir insan için 5-10 g. veya bir çocuk için 1-2 g. NaF'e tekabül eder. Kronik olarak fazla miktarda florid alınması kemik florozisine neden olabilir, fakat bu durumun ilk etkileri dişlerde gözlenir (47).

### **2.3. Diş Yapısındaki Flor**

Yapılan çalışmalarda dentin ve sementteki F miktarının mineden daha fazla olduğu gösterilmiştir. Bunun sebebi bu yapıların daha pöröz yapıda olmaları, F'u alabilecekleri sürenin daha uzun olması sayılabilir (53,54). Mukai ve ark., (55) canlı ve canlı olmayan pulpalı insan daimi dişlerinin kök dentin ve sementindeki florid dağılımını araştıran bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, 20- 3 yaş arası hastalardan

elde edilen, 11 canlı pulpalı ve 11 canlı olmayan pulpalı daimi dişleri kullanmışlardır. Diş örneklerinin florid seviyesi, mikro abrazyiv tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre; canlı pulpalı dişlerin pulpal dentin tabakasındaki florid miktarı, canlı olmayan dişlerinkinden önemli düzeyde artmış olarak bulunmuştur ve bu miktarın yaşa bağlı olarak artmış olduğunu gözlemlemişlerdir. Canlı pulpanın ve yaşın, pulpal dentin tabakasında florid birikimi için önemli faktörler olduğu sonucuna varmışlardır.

F'un diş dokularının oluşum aşaması üzerindeki etkileri iki grup altında sınıflandırılabilir. Bu etkiler sırasıyla:

1. Hücre içi olaylar üzerine etkisi;

- Hücre çoğalması, hücre farklılaşması, metabolik aktiviteler üzerine,
- Kompozisyonun genetik ve/veya epigenetik düzenlenmesi ve matriks proteinlerinin özellikleri üzerine,
- Sitoplazmik transport ve matriks proteinlerinin ve proteazların sekresyonu üzerine,
- Ameloblastlar tarafından yapılan rezorbsiyon aktivitelerinin ve döngüsel RA/SA düzenlenmesi üzerine etkileri vardır.

2. Hücre dışı olaylar üzerine etkisi

- Matriks proteinlerinin yapısı ve birikimi üzerine,
- Florid iyonunun matriks proteinleri ve proteazlar ile bağlanması üzerine,
- Proteinler ile kristal yapı arasındaki etkileşimler üzerine,
- Proteolitik aktivitelerde  $Ca^{+2}$  değişimi üzerine etkileri vardır (56).

#### **2.4. Mine Yapısında Flor**

Mine oluşumunun başlangıcında, ameloblast hücreleri dişin dış form taslağını, mine kalınlığını belirleyen kısmen mineralize (ağırlıkça %30) protein matriksini oluşturmaya başlarlar. Bu aşamada, F doku tarafından alınır, eğer F diyet veya içme suyu yoluyla alınırsa, küçük apatit kristalleri F'u kolayca depolarlar. Matriksin salgılanması aşaması boyunca, ekstraselüler matriks oluşmaya başlar. Bunu, olgunlaşma aşamasında tamamlanan matriksin geri çekilmesi takip eder. Sıvıyla dolu olan porlar, havayla kurutulduğunda tebeşirimsi beyaz görünüm ortaya

çıkar. Bu pöröz alanın şekli, yerleşimi ve boyutları farklı hayvan türlerinde, farklı dişlerde değişiklik gösterebilir (57). Bu pöröz mine yapısında, iyonların ve diğer moleküllerin birikimi kolaydır. F tercihen bu aşamada emilir. F en yoğun biçimde, mine mineralize olmaya başlamadan önce bulunur. Gelişmekte olan minenin pöröz kısmında bulunan F, kristallerden proteinlerin salınımını düşürebilir ve kristal gelişimini engelleyerek mine maturasyonunu geciktirebilir. Bu aşamadaki florid, düzenleyici proteinlerin F'lu apatitlere tutunmasını artırıp kristal gelişimine zarar verebilir. F'un patojenik etkileri, hücresel veya sistemik metabolizmadan çok mineralizasyon ortamındaki lokal etkilerine bağlıdır. Epidemiyolojik insan ve deneysel hayvan çalışmalarında, florozis şiddetinin floridin dozuna ve floride maruz kalma süresine bağlı olduğu belirtilmiştir. Sekresyon aşaması sırasında ve sonrasında, aşırı F alınımının devamlılığı riskleri artırmaktadır. Mine yüzeyi pörözlü kaldığı sürece, F kazanmaya devam eder. Gelişimsel pörözitenin kapanması için geçen süre, dişin tipine göre değişir. Sürme sonrası maturasyonun bu süreciyle etkileşen faktörler, minenin pöröz yapıda olduğu süreyi artırır ve F alımını uzatır. F'un kendisi, maturasyon safhasını uzatabilir ve pöröz dokuda yüksek konsantrasyonda F birikebilir, bu durum, en dış bölgedeki florotik minenin F seviyesini açıklar. Tüm sürmüş dişlerde F konsantrasyonu, minenin iç kısmından yüzeye gidildikçe plato çizerek artar. Diş yüzeyindeki konsantrasyonlar, topografik olarak tutarlı bir şekilde farklılık gösterir. Konsantrasyon, aynı zamanda bireyin önceden görmüş olduğu diş tedavisine ve yaşa bağlı olarak farklılıklar gösterebilir. Genç bireylerde, ön dişlerin kesici kenarında minenin ilk olarak oluştuğu yerlerde, florid konsantrasyonu en üst düzeyde iken, bu oran servikal bölgede azalır. Mine yüzeyindeki F konsantrasyonu, 30 yaşın üzerindeki bireylerde, servikal marjin bölgesinde hala en yüksek seviyededir; insizal kenar yakınında ise en düşük seviyededir (56).

## **2.5. Sement Yapısında Flor**

Kemik ve dentin gibi kollajenöz mezenşim dokudan köken alan sement, kök yüzeyinde 50-100 µm kalınlığında bir tabaka oluşturur. Histolojik olarak kemiğe daha yakındır. Küçük kristal boyutu ve mezenşimal dokuların özelliği olan zayıf kristal yapı nedeniyle, mine ile karşılaştırıldığında sementin F alımı kolaylaşır. Bu

durum mine ile karşılaştırıldığı zaman düşük mineral içeriği ve artmış doku porozitesi nedeniyle daha da artar.

Diğer tüm mineralize dokularda olduğu gibi, sementteki F konsantrasyonu dış yüzeyde daha fazladır ve iç tabakalara doğru azalır. Bunun nedeni, doku sıvılarının sementin dış yüzeyine ulaşmasıdır ve dentin-sement ara yüzündeki F konsantrasyonunun yüksek olması da bu şekilde açıklanabilir. Sement kalınlığı ve F konsantrasyonu arasında bir ilişki olduğu bildirilmiştir. Sement depozisyonunun hızı F konsantrasyonunu etkiler çünkü hızlı depozisyon olduğu zaman F'un birikimi için yeterli zaman olmayacaktır. F içeriği aynı zamanda dokunun yapısal özelliklerini de yansıtır. Mineralizasyonu fazla olan tabaka genellikle dentin-sement sınırına yakındır ve F konsantrasyonu da yüksektir, bu değer yaklaşık olarak 400 ppm değerindedir (2).

## **2.6. Dentin Yapısında Flor**

Dentin; sement ve kemik gibi mezenşimal bir dokudur. Mineden farklı olarak mezenşimal hücreler kollajen matrikslere sahiptirler ve mineralizasyon işlemi sırasında apatit kristallerine tutulurlar. Apatit kristaller, mineyle kıyaslandığında daha küçük ve daha az kristalize olmuşlardır. Dentinin F alım kapasitesi; kristallerin artmış olan yüzey alanları, tüp şeklindeki yapısı ve yüksek derecedeki doku hidrasyonu nedeniyle mineye oranla daha fazladır (29,58). Dentin kemiğe benzer bir yapıya sahiptir ve hayat boyu oluşumu devam eder fakat kemikte olduğu gibi fizyolojik bir rezorbsiyon geçirmez. Mine gibi topikal florür uygulamalarından etkilenmez. Dentin aynı zamanda metabolik olarak aktiftir ve yaşam boyunca gelişimine devam eder. Daimi dişlerde F'un ortalama konsantrasyonu 40 yaşına kadar artar ve çevredeki F konsantrasyonuna bağlı olarak belirli bir seviyede seyreder. F konsantrasyonu dentin yapısında pulpaya yakın bölümünde en yüksek seviyededir (59). Ayrıca dentin F konsantrasyonu ile yaş arasında pozitif yönde bir ilişki vardır (30,55). Dentin F konsantrasyonunun, maruz kalınan florid için bir belirteç olduğu ileri sürülmüştür (60) ve diş florozis seviyesi ile dentin F konsantrasyonu arasında ilişki vardır (61). Waddington ve ark. (11) dentin – pulpa yapısında sentezlenen proteoglikan yapıdaki floride bağlı değişiklikleri araştıran bir *in vitro* bir çalışma yapmışlardır. F'a maruz kaldıktan sonra dentin–pulpa yapısındaki

farklı proteoglikan çeşitlerinin (dekorin, biglikan ve versikan) yapısında ve sayısında değişiklikler olduğu gösterilmiştir. Bu değişikliklerin dentindeki F'un dentin mineralizasyon bileşenlerini etkilediği vurgulanmıştır. Ayrıca, dentindeki apatit kristallerinin minedekilere göre daha küçük olduğu ve bu küçük kristallerin zayıf kristalin, düşük kalsiyum içeriğine sahip apatit ve yüksek oranda karbonattan oluştuğu bilinmektedir. Bunun sonucu olarak da, çözünürlüğünün daha fazla olduğu ve F iyonu ile olduğu gibi, iyonik değişimlere daha fazla izin verdiği bildirilmektedir (62). Dentindeki daha fazla doku hidrasyonu ile beraber bu kristallerin artmış yüzey alanları dentinin F alım kapasitesini artırmaktadır. Florozisli dentinin mineye göre daha fazla F içermesinin diğer bir sebebi de budur. Bu bulgular, florid iyonlarının dentin formasyonunda odontoblast mediatörleri üzerine etkisi olabileceğini desteklemektedir, çünkü değişikliklerin gözlemlendiği dentin alanlarında odontoblastların çekirdek parçaları yerleşmiştir. Sıvı dokulardaki F iyonlarının varlığı, mineraller arasındaki iletişim üzerine etkiye sahiptir, fakat aynı zamanda dokudaki odontoblastların dentin mineralizasyon ve kollajen sentezi aracılığıyla gelişmesini etkileyebilir (31).

## **2.7. Diş Florozisi**

Florozis, insanlığın tarihi kadar eski bir kavramdır. Yakın doğu bölgelerindeki antik kafataslarında gözlenebilmektedir. Fejerskov kitabında Yunan hekimi Galèn (M.S.131-201 yılları arasında yaşamış, çeşitli hastalıklar hakkında görüşleri ve tedavi yöntemleri ile bilinmektedir) muhtemelen F tarafından gelişimsel yapısı zarar görmüş veya etkilenmiş dişe ait özellikler bildirildiğini yazmıştır (2).

Diş florozisi ilk olarak 1901 yılında Eager'ın raporuna göre Prof. Stefano Chiaie tarafından Pozzuoli'de (Napoli, İtalya) yaşayan insanların dişlerinde görülen bir bozukluk olarak tanımlanmıştı ve bu duruma onun adı verilmiştir. Eager 1901 yılında İtalyan göçmenlerin muayenesi sonucunda, İtalya kıyılarında yaşayan insanların dişleri ile 'denti di Chiaie' veya 'Chiaie dişleri' denen ortak bir özelliğe rastladı. En hafif formlarını bazı arka grup dişlerin üzerindeki ince, opak, beyazımsı alanlar olarak karakterize etmiştir. Daha şiddetli formlarında ise bozuklukların daha yaygın ve beyazımsı renkler gri, kahverengi hatta siyah tonlarında olduğu gözlemlenmiştir. Belirgin şiddetli formun gözlemlendiği alanlarda ayrı veya birleşen

çukurcuklar gözlemiştir. Dişlerde görülen bu bozuklukların sebebinin ya volkanik dumanlar veya yeraltı yangınları ya da atmosferde ki kirlilik veya içme suyunun olabileceği rapor edilmiştir (63).

Bununla birlikte modern diş hekimliğinde, genellikle, florür tarafından diş yapısında meydana gelen değişikliklerin düzenli olarak bildirilmesi, Black ve McKay (6) tarafından benekli (lekeli) minenin tanımlanması olarak kabul edilmiştir. Mine yapısındaki değişikliklere yöresel bölgelerdeki su kaynakları ve minenin eser elementlere maruz kalmasının neden olabileceği gösterilmiştir (6). Dean ve ark. (64,65) lekeli (benekli) mine veya sonradan adlandırıldığı biçimiyle “kronik endemik diş florozisi” ve su kaynaklarındaki florür seviyesi arasındaki ilişkiyi tespit etmek amacıyla kapsamlı epidemiyolojik araştırmalar yürütmüşlerdir. Dean ve ark. (64-66) mine yapısındaki değişikliklerin derecesine göre her bireyin yedi kategoriden birinde sınıflandırılmasını önermiştir (64-66). Dean’ın sınıflandırma yöntemi, hala günümüzde minenin oluşumu aşamasında F’un mine yapısını nasıl etkilediği konusuna öncülük etmiştir.

Su kaynaklarındaki F oranının çürük oranı ile ilişkisi belirlendiğinde, Dean diş florozis kayıt yöntemi, çürük oranını azaltmada önemli bir araç haline gelmiştir. Bu yöntem, F’un en uygun dozunun belirlendiği araştırmalara yol göstermiştir. Su kaynaklı F’un sağlık üzerindeki etkilerini inceleyen ilk araştırmalar, florozisin en hafif formlarıyla ilişkili genel sağlık problemlerine rastlanmadığını ortaya çıkarmıştır. Diş florozisi, sadece estetik olarak kabul edilemez olduğu zaman genel sağlık problemi olarak dikkate alınmaya başlanmıştır. Sonraki florozis araştırmalarının yorumu şaşırtıcıdır, çünkü bazı araştırmacılar florozisi problem olarak algılamakta, diğerleri sadece estetik olmayan yönünü algılamışlardır. F’un oluşan dokuları nasıl etkilediğini tam olarak değerlendirmek için, F’un biyolojik etkisini gösteren, mine yapısındaki erken dönem değişikliklerin incelenmesi gereklidir (2). Bunu yapabilmek için, insan dişindeki histopatolojiyi esas alan klinik sınıflandırma sistemi (TF-indeks) geliştirilmiştir (7,67). Düşük seviyelerdeki F alınımı (yaklaşık 0.03 µg/kg bw) bile, popülasyonlarda düşük seviyede florozise neden olabilir (56).

## 2.8. Diş Florozisinin Klinik Özellikleri

Mine yapısının oluşumu süresince, uzun dönem F alınımı, dişin sürmesinden kısa süre sonra hasara uğrayan mine yapısında, klinik olarak ince beyaz çizgilerden, şiddetli tebeşirimsi, opak mine değişikliklerine kadar farklı değişikliklerle sonuçlanabilmektedir. Değişimin şiddeti, uzun dönemli diş oluşumu süresince vücuda alınan F miktarına bağlıdır. Diş florozisin diş üzerindeki en hafif formundan en şiddetli formuna kadar temel özellikleri farklılıklar göstermektedir (2).

Diş florozisin ilk belirtileri, mine yüzeyi boyunca gözlenen ince beyaz çizgidir. İnce, opak çizgiler perikimati çizgilerini takip eder ve bu çizgiler, diş yüzeyinde en iyi şekilde diş yüzeyi kurulandıktan sonra gözlenir. Diş florozisin bu aşamasında, tüberkül tepeleri, insizal kenarlar veya marjinal sırtlar opak beyaz görünebilir; bu kar yağmış tepe görünümü olarak bilinir.

Daha fazla etkilenmiş dişte, ince beyaz çizgiler daha geniş, yaygın ve belirgindir. Farklı çizgilerin düzensiz ve seyrek olarak gözlenen birleşmeleri sonucunda yüzeye yayılan küçük, düzensiz, belirsiz, bulanık veya kâğıt beyazı yüzeyi alanlar gözlenir. Bu değişiklikler diş kurutulmadan kaydedilebilir, ancak diş yüzeyinin silinip kurutulmasından sonra daha belirgin hale gelirler.

Diş florozisin bu ilk belirtilerinde yüzey boyunca mine yapısındaki değişikliklerin farklılıklar gösterebileceği değerlendirilmelidir. Minenin yapısal kompozisyonu, mine kalınlığındaki farklılıklar, altında bulunan dentinin varlığı ve kalınlığı önemli faktörlerdendir. İnsizal kenarlar, tüberkül tepeleri ve marjinal sırtlar boyunca mine çubuklarının dizilimi düzensizdir ve bu yapının altında dentin bulunmaz. Bu nedenle bu bölümler florozisin belirtilerini daha rahat sergilerler. Ayrıca, kristal ve prizma dizilimi en dış mine yüzeyinde bireyler arasında ve dişin içinde farklılıklar gösterebilir. Doku pörözitesindeki (opasiteler) hafif bir artış farklı bölgelerde diş yüzeyinde kendini farklı biçimde gösterebilir (68). Florozisin artan şiddeti ile beraber, dişin tüm yüzeyi belirgin, düzensiz, opak ve beyaz bulutlu görünümü olan alanlar sergiler. Bu düzensiz opasiteler perikimati çizgileri arasında görülebilir.

Çoğunlukla servikal mine daha homojen opak görünmektedir ve üst kesici dişlerin mezyo-insizal bölümü farklı derecelerde kahverengi renklenmeler



gösterebilmektedir. Bu tür lekelenmeler diş sürmesinin sonrasında meydana gelen renklenmelerin sonucudur. Yamalı, bulutumsu alanlar yüzey tabakasındaki hasar sebebiyle küçük mine yüzey defektleri sergileyebilirler. Bir sonraki şiddetteki florozis birleşen düzensiz opak bölgeleri sergilemekte ve bu sebeple diş yüzeyinde tebeşirimsi beyaz görünüm görülmektedir. Bu aşama, dişlerin sürme zamanında klinik olarak beyaz, opak, dişte göreceli olarak sondlamada hissedilen sert yapıdan; dişin sürmesini hemen takiben mine yüzeyindeki hasarlarla birlikte tamamen tebeşirimsi diş görünümüne kadar farklılıklar gösterebilir. Benzer yüzeylerde kuvvetli bir şekilde sondlama yapıldığında, yüzey minesinin bir bölümü pul biçiminde dökülebilir. Daha şiddetli derecelerde, diş yüzeyi bütünüyle opak ve minenin en dış yüzeyinin odaksal kaybı görülebilmektedir. Buna benzer küçük mine defektleri genellikle “pit-çukurcuk” olarak adlandırılır. Pitler, çap olarak farklılıklar gösterebilirler ve dişin çoğunlukla insizal/okluzal yarısında bulunmalarına rağmen, yüzeye dağılmış biçimde gözlenebilirler. Florozisin artan şiddetiyle bu pitler, yatay şeritler oluşturacak biçimde birleşirler. Daha şiddetli florozis görülen dişlerde, çukur alanların birleşmesiyle daha geniş aşınmış alanlar meydana gelebilir. İnsizal kenar ve tüberküller boyunca, yüzeyel mine sıklıkla pul şeklinde soyulmaktadır. Pitler ve harabiyet gözlenen diğer bölgelerin rengi değişmiştir. Florozisin en şiddetli derecesinde, yüzeyel minenin neredeyse tamamen kaybı mevcuttur; bu sebepten dolayı, normal diş morfolojisi şiddetli bir biçimde etkilenmiştir. Dişin diğer bölgelerinde sıklıkla koyu kahverengi renklenmeler gözlenir. Bu renklenmeler, dişin sürmesinden sonraki beslenme alışkanlıkları gibi şartlara bağlıdır ve renklenmenin şiddeti florozisin şiddetinin belirlenmesinde kullanılmamalıdır.

Dişlerin sürme zamanında, yüksek derecede opaklık gözleendiğinde, dişler atrizyona karşı duyarlıdır ve hatta genç bireylerde yüksek florürlü bölgelerde, geniş okluzal abrazyon gözlenebilmektedir.

Diş florozisinde mine yapısında meydana gelen kayıplar, odaksal veya yaygın olsa da, minenin tüm kalınlığından ziyade yüzeyel mineyi ilgilendirmektedir (2).

## **2.9. Diş Florozis Sınıflandırma Sistemleri**

Diş florozisinin klinik görünümünün sınıflandırılmasında değişik indeksler kullanılmıştır. Bu indeksler;

1. Dean İndeksi (66),
2. Thylstrup-Fejerskov indeksi (TFI) (67),
3. Diş Yüzeyi Florozis indeksi (TSIF) (69),
4. Florozis risk indeksi (FRI) (69).

Bu sınıflandırma sistemlerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarını araştıran çalışmalar vardır (69,70).

### **2.9.1. Dean İndeksi**

Dean, lekeli (benekli) mineyi 0'dan (normal) 7'ye (şiddetli) kadar sınıflandırmıştır. Oluşturulan aşamalar arasında, skorlar “normal”, “şüpheli”, “çok hafif”, “hafif”, “orta”, “orta şiddetli” ve “şiddetli” olarak adlandırılırlar. Daha sonra, Dean 1934 yılında yapmış olduğu ilk sınıflandırmasını 1942 yılında, “orta şiddetli” ve “şiddetli” derecelerini birleştirip “şiddetli” olarak derecelendirerek modifiye etmiştir (71). Bu kategori daha sonra derecelendirme yapmadan bütün mine yüzey harabiyetlerini ve TFI'da yer alan skor 5-9 arasını ayırt etmeden içine almıştır. Dean, florozisin daha hafif formlarında dişin tüm yüzeyinin etkilendiğini fark etmemiştir ve etkilenen diş yüzeyinin miktarına göre “çok hafif” ile “orta” dereceleri arasında değerlendirmiştir (69,71).

### **2.9.2. Thylstrup-Fejerskov İndeksi**

Tanımlamalara göre diş florozisin farklı şiddetlerine göre, diş üzerinde mine yüzeyinde her değişiklik için 0'dan (normal) 9'a kadar derecelendirilmiştir (Tablo 3) (7,67).

**Tablo 3.** Thylstrup-Fejerskov indeksine göre diş üzerinde görülebilen değişiklikler.

<b>TF Değeri</b>	<b>TF İndeks Tanımı</b>
<b>0</b>	Diş yüzeyi silinip kurutulduktan sonra görülen mine camsı, kaygan beyaz renkteki minenin ışık geçirgenliği normaldir.
<b>1</b>	Diş yüzeyi boyunca beyaz opak çizgiler diş yüzeyinin tüm bölgelerinde ve perikimatilerin pozisyonlarına uygun olarak bulunurlar. İnsizal kenarda veya tüberkül tepesinde “snowcap” karlı tepeye benzer bir görünüm olabilir.
<b>2</b>	Opak beyaz çizgiler daha belirgindir ve daha yoğun olarak birleşerek küçük bulutumsu alanlar biçiminde yüzeye yayılmışlardır. İnsizal kenarlardaki ve tüberkül tepelerindeki karlı tepe görüntüsü daha belirgindir.
<b>3</b>	Beyaz çizgiler birleşmiştir ve yüzeyin birçok bölümüne bulutumsu opasite görünümü yayılmıştır. Bulutumsu alanlar arasında beyaz çizgiler görülebilmektedir.
<b>4</b>	Dişin tüm yüzeyinde belirgin bir opasite mevcuttur, tebeşirimsi beyaz görünümündedir. Atrizyon veya aşınmaya uğramış diş yüzeyleri daha az etkilenmiş gibi görülebilmektedir.
<b>5</b>	Tüm yüzey opaktır ve 2 mm çapından daha küçük yuvarlak pitler (minenin en dış yüzeyinde odaksal harabiyetler) görülmektedir.
<b>6</b>	Opak minede yer alan küçük pitler yoğunlukla en fazla 2mm uzunluğunda bantlar oluşturacak şekilde birleşirler.
<b>7</b>	Düzensiz alanlarda yüzeyel minede kayıplar mevcuttur ve bu kayıplar yüzeyin yarısından daha az bir bölümünü içermektedir.
<b>8</b>	Yüzeyel mine yapısındaki kayıplar minenin yarısından fazlasını içermektedir. Geride kalan sağlam mine yapısı opaktır.
<b>9</b>	Yüzeyel minenin büyük kısmında görülen kayıplar yüzeyin veya dişin anatomik şeklinde değişikliklere yol açmıştır. Aynı zamanda opak minenin servikal bölgedeki kenarlarında sıklıkla bu değişikliklere rastlanmıştır.

Tek bir skor, sıralı ölçekteki ölçümlenmeleri sergiler ve makroskobik değişikliklerin süresince, sadece gelişigüzel bir nokta olarak göz önünde bulundurulmalıdır.

### **2.9.3. Diğer Florozis İndeksleri**

Diş yüzeyi florozis indeksi (TSIF) ve Florozis Risk İndeksi (FRI) gibi sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir. TSIF, Dean ve TF indekslerinin unsurlarını birleştirerek dişleri kurutmadan estetik açıdan değerlendirmiştir (72). Bu indeks florozisin estetik açıdan değerlendirildiği çalışmalarla ilgili olarak kullanılabilir. FRI diş gelişimi süresince florozis riskiyle ilgilidir ve F'a maruz kalma zamanını göstermede kullanılabilir. Daimi dişlerin mine yüzeylerini gelişimsel olarak ilişkili

sınıflara ayırmıştır, yaşamın ilk yılında formasyonuna başlamış olan yüzey sınıf I; üçüncü ve altıncı yılında formasyonun başlamış olan mine sınıf II olarak adlandırılmıştır. Risk faktörlerini belirlemek amacıyla epidemiyolojik çalışmalar için uygun olabilir (73).

Rozier (69) diş florozisinin klinik bulgularının ölçülmesi için kullanılan epidemiyolojik indeksleri değerlendiren ve karşılaştıran bir derleme yapmıştır. Bu derlemede, günümüzde kullanılan dört diş florozis indeksi karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Rozier'in bu derlemede ki amacı; bu dört indeks kullanılırken başlıca dikkat edilmesi gereken noktaları tanımlamak ve hangi indeksin daha kullanışlı olduğunu tartışmaktır. Dean indeksi, TFI ve TSIF özellikle 5 ppm altında floride maruz kalınan prevelans çalışmalarında kullanılabilir. TFI ve TSIF indekslerinin bu prevalans çalışmalarında daha iyi bir seçim olacağı belirtilmiştir. Bu iki indeks, Dean indeksine göre daha hassas bir sınıflandırmaya olanak sağlar. TFI klinik ve analitik epidemiyolojik çalışmalar için Dean İndeksine ve TSIF'ye göre daha uygun olarak görülmektedir.

## **2.10. Yapılmış Florozis Çalışmaları**

Florozisli dişler ile ilgili yapılmış birçok hayvan ve insan çalışmaları vardır (2,3,11,29,55,56,61,66,67,74-85). Bu çalışmalar, dişlerin kron ve kök bölümlerini içermekle birlikte kron dentin kısımlarını araştıran çalışmalar üzerine daha çok gidilmiştir (61,81-84). Kök dentiniyle ilgili yapılan çalışma sayısı azdır (30,80,86).

Yayınlanan ilk çalışma, Eager'ın 1901 yılında İtalya'da göçmenlerin dişlerinde gördüğü renklenmeleri belirten bir rapordur. Bu raporda dişlerde görülen bu bozuklukları ilk tespit eden kişinin Prof. Stefano Chiaie olduğu ve bu tip bozukluklulara sahip dişlere kendi soyadı olan Chiaie dişi olarak tanımlandığı belirtilmektedir. Raporda, Chiaie hastalığının etyolojisinin volkanik bölgelerle veya içme suları ile bağlantılı olabileceği söylenmiştir. Ayrıca raporda, Chiaie dişlerini gösteren bir fotoğrafta sunulmuştur (63).

Singer ve Armstrong (29) rat sert dokularının florid içerikleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. 80 adet beyaz dişi rat kullanmışlardır ve ratlar dört gruba

ayrılmışlardır. Grup 1; kontrol grubu olarak belirlenmiş ve 60 – 80 ppm florid içeren laboratuvar besini ve distile su ile beslenmiş ve 2 gün sonra sakrifiye edilmiştir. Geriye kalan ratlar laboratuvar besini ve 50 ppm florid içeren distile su ile beslenmişlerdir. Grup 2, grup 3 ve grup 4'teki ratlar sırasıyla 20, 40 ve 60. günlerde sakrifiye edilmiştir. Daha sonra bu hayvanların femurları, mandibulaları ve vertebralarındaki yumuşak dokular temizlenmiştir. Deney gruplarındaki hayvanların, kan plazma düzeyindeki, molar dentinindeki, mandibuladaki, vertebradaki ve femurdaki florid miktarları karşılaştırılmıştır. Bütün kalsifiye dokulardaki florid içeriğinin güne bağlı olarak artmış olduğunu, dentindeki florid içeriğinin bazı kemiklerdeki florid içeriğini %10 oranında tahmin edebileceğini bulmuşlardır (29).

Kortelainen (86) içme suyundaki floridin rat molar kron dentininin mineral kompozisyonu üzerine olan etkilerini araştırmıştır. Çalışmada içme sularına 0,1 ppm veya 19 ppm florid verilen, 22 günlük her iki cinsiyetten süttten kesilmiş wistar ratlarının farklı molar dentin bölgelerindeki çinko (Zn), magnezyum (Mg), sodyum (Na), florid (F), fosfor (P) ve kalsiyum (Ca) miktarları belirlenmiştir. Her bir dişin mine-dentin sınırından, dentin tabakasının ortasından ve pulpa dentin sınırından olacak şekilde üç farklı dentin bölgesinden ölçüm yapılmıştır. Dentin örneklerindeki elementler, JEOL JCXA-733 süper probe elektron-probe mikroanaliz yöntemiyle belirlenmiştir (EPMA). İçme suyunda yüksek F içeren grubun, pulpa ile temasta olan dentin kısmında F, Na ve Zn seviyesinde önemli miktarda artış bulunmuşlardır. Ca, P ve Mg dentinin her tarafına eşit olarak dağılmış olarak görmüşler, fakat az bir miktar mine-dentin sınırında bir yığılma olduğunu gözlemişlerdir. İçme suyunda, yüksek florid konsantrasyonunun olduğu pulpaya komşu dentinin F içeriği referans örneklerle karşılaştırıldığında 2 katı olarak bulmuşlar ve F seviyesinin, mine dentin birleşimine doğru azaldığını görmüşlerdir. Bu çalışmada, içme suyundaki yüksek konsantrasyon florid, pulpaya komşu rat dentininde tüm dentin boyunca F, Na ve Zn seviyesinin yükselmesine fakat Ca ve P bütün dentin boyunca eşit olarak dağılmasına neden olmaktadır. Bu bulgular, florid iyonlarının dentin formasyonunda odontoblast mediatörleri üzerine etkisi olabileceğini desteklemektedir (87), çünkü değişikliklerin gözlemlendiği dentin alanlarında, odontoblastların çekirdek parçalarının yerleşmiş olduğu gözlenmektedir. Sıvı dokulardaki florid iyonlarının varlığı, mineraller arasındaki iletişim üzerine etkiye sahiptir, fakat aynı zamanda dokudaki

odontoblastların dentin mineralizasyon ve kollajen sentezi aracılığıyla gelişmesini etkileyebileceği sonucuna varılmıştır (86).

Kato ve ark. (30) doğal olarak florlu ve florsuz bölgelerde yaşayan, yetişkin bireylerden çekim yapılan ön dişlerin, sement ve kök dentinindeki florid profilini araştırmışlardır. Çalışmada kullanılacak dişleri 30 – 60 yaş arası, en az 5 yıl bu bölgelerde yaşamış bireylerden, kök çürüğü olmayan dişleri seçmişlerdir. Köklerin apikal, orta ve koronal olmak üzere üç bölgesinde çalışmışlardır. Örneklerin F miktarını, F elektrod yöntemi ile incelemişlerdir. Bulgular değerlendirildiğinde, florid konsantrasyonunun, florlu bölgeden elde edilen örneklerde daha fazla olduğu ve yaşa bağlı olarak bu konsantrasyonunun arttığını bulmuşlardır. Florid içeriğinin, sement ve kök dentininde içme suyundan etkilendiğini ve yaş ile ortalama florid miktarının pozitif bir ilişki içinde olduğu sonucuna varmışlardır (30).

Mukai ve ark. (55) canlı ve canlı olmayan pulpalı insan daimi dişlerinin kök dentin ve sementindeki florid dağılımını araştıran bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada 20 – 73 yaş arası hastalardan elde edilen 11 canlı pulpalı ve 11 canlı olmayan pulpalı daimi dişleri kullanmışlardır. Diş örneklerinin florid seviyesi, mikro abraziv tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre canlı pulpalı dişlerin pulpal dentin tabakasındaki florid miktarını, canlı olmayan dişlerinkinden önemli düzeyde artmış olarak bulmuşlardır ve bu miktarın, yaşa bağlı olarak artmış olduğunu gözlemlemişlerdir. Canlı pulpanın ve yaşın, pulpal dentin tabakasında florid birikimi için önemli faktörler olduğu sonucuna varmışlardır (55).

Vieira ve ark. (81) florid konsantrasyonunun dişteki apatit kristal büyüklüğünü nasıl etkilediğini inceleyen bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, su F konsantrasyonu farklı üç bölgeden, toplamda 100 adet gömülü üçüncü molar diş toplanmıştır. Dişlerin F konsantrasyonları INAA yöntemiyle, kristal büyüklüğü ise X-ışını kırınım analizi ile ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçlarına göre; minedeki F konsantrasyonu 39 – 550 ppm, dentindeki F konsantrasyonu ise 100 – 860 ppm olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre; sudaki F oranı yüksek olan bölgeden toplanan dişlerin mine ve dentinindeki F miktarı daha fazla bulunmuştur. Ayrıca, dentindeki F konsantrasyonu ile minedeki kristal genişliği arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur.

Thuy ve ark. (80) Vietnam'da suların florlanmasından sonra diş yapısına alınan F'ü değerlendiren, insan premolar dişlerinde bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, premolar dişlerin mine-dentin birleşimine kadar mine yüzeyi ve pulpal yüzeye kadar olan dentin dokusundaki F konsantrasyonu ölçülmüştür. Çalışmada, su florlanmaya başlamadan önce kalsifikasyonları tamamlanmış ortodontik sebeple çekilen dişler seçilmiştir. Çalışmada dört grup vardır, gruplar flora maruz kalan sürelerle göre ayrılmıştır. Grup 1; 3 yıl florlanmış suya maruz kalan dişlerden, grup 2; 6 yıl florlanmış suya maruz kalan dişlerden, grup 3; 8 yıl florlanmış suya maruz kalan dişlerden ve grup 4 ise kontrol grubu olarak suyu florlu olmayan bölgeden elde edilen dişlerden seçilmiştir. Dişleri çekim yapıldıktan sonra %10'luk nötral formalin solüsyonunda saklamışlardır. Örneklerin F konsantrasyonlarını, iyon-elektron yöntemiyle belirlemişlerdir. Mine yüzeyinde ve pulpa ile temasta olan dentindeki F konsantrasyonunun suyun florlanma süresine bağlı olarak arttığını bulmuşlardır. Dört grupta F dağılımının benzer olduğunu bulmuşlardır. F konsantrasyonunun, genel olarak dentinde, mineden daha fazla olarak bulmuşlar ve bu miktarın pulpa ile temasta olan derin dentin kısmında en yüksek seviyede olduğunu tespit etmişlerdir (80).

Vieira ve ark. (61) dentin ve minedeki florid konsantrasyonunun dental florozis için iyi bir belirleyici olup olmadığını araştırmak için bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada kullanılan dişlerin florozis seviyesini TF indeksine göre belirlemişlerdir. Çalışmada, florozis seviyeleri TF indeksine göre 0 – 4 arasında değişen 169 adet üçüncü molar diş kullanılmıştır. Bu dişler, su F seviyesi 1 ppm, 0,2 ppm ve 0,7 ppm olan üç bölgeden toplanmıştır. Minedeki F miktarını 39 – 550 ppm arasında, dentindeki F miktarını 101 – 860 ppm arasında bulmuşlardır. Bu bulgular doğrultusunda dentin ve minedeki ortalama F konsantrasyonunun, diş florozis seviyesi ile birlikte artış gösterdiğini rapor etmişlerdir. Buldukları bir diğer bulgu da dentindeki F konsantrasyonu ile diş florozis seviyesi arasında anlamlı bir ilişki olduğudur; fakat minedeki F konsantrasyonu ile diş florozis seviyesi arasında herhangi bir ilişki bulamamışlardır. Aynı zamanda minedeki F seviyesi ve dentindeki F seviyesi arasındada herhangi bir ilişki kurulamamıştır (61).

Vieira ve ark. (84) floridin dentin mikrosertliği ve minerilizasyonu üzerine etkisini araştıran farklı bir çalışma daha yapmışlardır. Çalışmada su F

konsantrasyonları 0,2, 0,7 ve 1,0 ppm olan farklı üç bölgede yaşayan insanlardan sürmemiş, gelişimini tamamlamış üçüncü molar dişlerin kron kısımları kullanılmıştır. Dişler çalışma başlayana kadar -20 C<sup>0</sup>'de saklanmıştır. Dişlerin DF şiddeti TFI'ya göre belirlemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre dişlerin DF seviyeleri TFI'ya göre 0 – 4 arasında değişmektedir. Dentin ve minenin F değerlerini INAA yöntemine ile ölçmüşlerdir. Mikrosertlik yöntemi olarak Vickers yöntemini kullanmışlardır. Dentin minerilizasyonunu ise Backscattered Electron Imaging (BSE) tekniğini kullanarak karşılaştırmışlardır. Dentindeki F konsantrasyonunu 110 – 860 ppm arasında, minedeki F konsantrasyonunu ise 32 – 940 ppm arasında bulmuşlardır. Dentin F miktarı ile DF seviyesi arasında ilişki bulmuşlardır. Mine F miktarı ile dentin yüzey mikrosertliği arasında bir ilişki bulmuşlardır. Çalışmanın bulgularına dayanarak; genetik faktörlerin (DF seviyesi) ve çevresel faktörlerin (diş F) dişin mekanik özelliklerini (mikrosertlik gibi) etkilediğini ve dişin minerilizasyonunun sadece çevresel faktörlerin etkilediği sonucuna varmışlardır (84).

Başka bir çalışmada Vieira ve ark. (82) dişteki F konsantrasyonu, dentin tübül boyutu, yoğunluğu ve dentinin elastik modülü arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmada su F oranı 0,2 ppm, 0,7 ppm ve 1 ppm olan üç farklı bölgeden 136 üçüncü molar diş toplanmıştır. Dişlerin florozis seviyesi TF indeksi kullanılarak değerlendirilmiştir. Dişlerden alınan dentin ve mine örneklerindeki F miktarları, nötron aktivasyon analizi (INAA) kullanılarak incelenmiştir. Elastik modül değerlendirmesi için dişlerin merkezi parçaları kullanılmış ve ultrasonik pulse transmission tekniği kullanılarak ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçlarına göre; dentindeki F miktarı 110 – 860 ppm arasında, minedeki F miktarı 32 – 940 ppm arasında çıkmıştır. TF indeksine göre florozis şiddeti 0 – 4 arasında bulunmuştur. Tübül boyutu, tübül yoğunluğu ve elastik modül gruplar arasında istatistiksel olarak farklı çıkmamıştır. Dentindeki F miktarı ile florozis seviyesi arasında ilişki bulmuşlardır. Sonuç olarak; dişteki F miktarı ve diş florozis şiddeti dişin kalitesini etkileyen önemli bir faktördür. Fakat bu etkinin pozitif, negatif olması veya konsantrasyon ve şiddete bağlı olduğunun henüz kesinleşmediğini söylemişlerdir. Yazarların düşüncelerine göre; F eğer doğru dozlarda ve uygun sürelerde kullanılırsa yararlı bir element olarak görev yapabilir ve dişin kalitesini artırır. Fakat uygun F



kullanımı başarısız olduğı takdirde F'un negatif etkileri ortaya çıkar ve dişin kalitesi düşer şeklinde bir kaniya varmışlardır (82).

Waidyasekera ve ark. (88) insan mine ve dentininde diş florozisi seviyesinin çürük formasyonu üzerine olan etkisini araştıran bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada 33 adet insan molar diş kullanmışlar ve bu dişleri TF indeksine göre normal (N, TFI 0), hafif (H TFI 1 – 3), orta (O TFI 4 – 6) olarak sınıflandırmışlardır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre; TFI'ya göre orta şiddetli florozis olan dişlerin çürüğe karşı dirençli bir yapıya sahip olduğunu, normal dişlerin ve hafif florozisli dişlerin ise tam orta şiddetli florozisli dişlerin tam tersine çürüğe yatkın olduğunu bulmuşlardır (88).

Neues ve ark. (77) florotik ve normal dişlerin mineral dağılımına bilgisayarlı tomografi ile bakmışlardır. Çalışmalarında maksiler üçüncü molar dişleri kullanmışlardır. Dişlerin florozis sınıflandırmasında, TSIF sistemini kullanmışlar ve bu indekse göre 4. derece dişleri seçmişlerdir. Dişler çekildikten sonra temizlenmiş ve distile suda saklanmıştır. Florozisli ve sağlıklı dişin minerilizasyon derecesiyle ilgili mine ve dentinde bir fark bulamamışlar, fakat florozisli dişin mine yüzeyinin daha pürüzlü bir yapıda olduğunu görmüşlerdir (77). Araştırmacılar bu çalışmada, bir adet sağlıklı üçüncü molar ve bir adet florozisli (TSIF derece 4) üçüncü molar diş kullanmışlardır, çalışmayı sadece iki diş üzerinde yapmışlardır. Ayrıca, çalışmada üçüncü molar dişleri çekilen hastaların yaşadığı ve doğduğu yerler hakkında herhangi bir bilgi yoktur, bu durumda sağlıklı olarak kabul edilen dişte F'a maruz kalmış olabilir. Minerilizasyon derecesinde herhangi bir fark çıkmamasında ki sebepler bu faktörlerden kaynaklanıyor olabilir.

Han ve ark. (89) endüstriyel florozis sonucu F maruz kalan koyunların dentin dokusunda dentin fosfoprotein ve tip 1 kollajenin seviyesini araştıran bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada F'a maruz kalmış florozisli dişlere sahip olan dört adet üç yaşında koyun kullanmışlardır. Çalışmada dentin fosfoprotein ve tip 1 kollajenin dişlerdeki F'dan azalarak etkilendiğini bulmuşlardır (89).

Isparta bölgesinde, gerek tıp alanında gerekse dişhekimliği alanında florozis ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (4,90-98). Diş hekimliği alanında yapılmış çalışmalar genellikle mine yüzeyine yoğunlaşmıştır (98-101).

Ersoy ve ark. (94) kronik florozisli hastaların serumlarındaki Cu, Zn ve Mg seviyelerini araştıran bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında serum örneklerini endemik florozis bölgesi olan Isparta'da yaşayan bireylerden elde etmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre kronik florozisli bireylerden elde edilen serumların Cu, Zn ve Mg seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir azalma olduğu gözlenmiştir.

Keçeci ve ark. (102) Isparta Deregümü köyünü kapsayan, su F oranları ile diş florozis seviyesi arasındaki ilişkiyi inceleyen kapsamlı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında yaşları 12 ile 80 arasında değişen toplam 283 bireyi incelemişlerdir. Florozis derecesini belirlemek için TF indeksini kullanmışlardır. Çalışmalarının sonuçlarına göre bölgedeki toplumun %94,1 oranında diş florozisi olduğunu tespit etmişlerdir. TF indeks değerini ortalama 3,58 ve toplamış oldukları su örneklerine göre bölgenin ortalama su F değerini 1,83 mg/l olarak bulmuşlardır. Çalışmanın bulguları ışığında araştırmacılar, bölgede florozisin ciddi bir sorun olarak devam ettiğini bildirmişlerdir. Bu durumun önlenmesi için bölgede yaşayan insanlara diş florozisinin önlenmesi ve tedavi seçenekleri hakkında bilgi verilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Ermiş ve ark. (103) diş çürüğü ve florozisi konu alan bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada düşük ve yüksek florlu bölgelerden 12-14 yaşları arasında toplam 278 okul çağında çocuk değerlendirilmiştir. Çalışmada diş florozis seviyesi ile çürük insidansı arasında ki ilişkinin araştırılması amaçlanmıştır. Su florid seviyesinin artmasının yüksek insidansla ve diş florozis seviyesi ile ilişkili olduğunu fakat bu su florid seviyesinin artmasının, kötü oral hijyene sahip çocuklarda, çürük görülmesini engelleyen bir etken olmadığı sonucuna varmışlardır.

Adanır ve ark. (99) florozisli dişlerin mine yüzeyine yapıştırılan braketlerin makaslama dayanımını araştırmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre florozisli dişlerin mine yüzeyine yapıştırılan braketlerin makaslama kuvvetine dayanımının istatistiksel olarak daha az olduğu bulunmuştur.

Küçükeşmen ve Sönmez (100) farklı florozis derecesine sahip daimi molar dişlerde farklı bonding sistemler ile yapılmış sınıf V kompozit restorasyonların

mikrosızıntılarını incelemişlerdir. Diş florozis seviyesi arttıkça mikrosızıntının arttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Ermış ve Gökay (104) kompozit materyallerinin florozisli dentine bağlanmasını inceledikleri bir çalışma yapmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre; diş florozisinin kompozit materyallerinin dentine bağlanmasını değiştirmedini bildirmişlerdir.

Kök dentini üzerine Isparta bölgesinde çalışma hiç yapılmamıştır. Fakat Ertürk ve Kırzioğlu (105) süt dişlerinin dentin geçirgenliği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada; 40 adet süt molar dişleri kullanılmış ve dişlerin florozis sınıflandırmasında TF indeksi kullanılmıştır. Süt dişlerinden dentin diskleri oluşturulmuş ve yeni bir teknik olan fotosensörlü hidrolik iletim ölçüm cihazında, örneklerin dentin geçirgenlikleri incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre süt dişlerinde diş florozis seviyesi arttıkça geçirgenlik miktarlarının azaldığını sonucuna ulaşmışlardır.

## **2.11. Dentin**

Dentin dokusu yapımı; fetal dönemin 8. haftasında differansiye olmamış mezenşimal hücrelerin odontoblastlara farklılaşması ile başlamaktadır (106). Dentin dokusu; dişin kök kısmında sement dokusu ile kron kısmında ise mine dokusu ile çevrelenmiş, pulpa dokusunu tamamen saran amorf ve avasküler yapıda minareli olmuş bağ dokusudur. Dişi oluşturan bileşenler içinde en büyük kütleye sahiptir. Bir yandan yapısında bulunan dentin tübülleri sayesinde bir difüzyon bariyeri görevi yaparak pulpa dokusunun sağlığının korunmasına yardımcı olurken bir yandan da dişin mekanik bütünlüğünün korunmasına yardımcı olmaktadır (16).

Dentin, % 70 inorganik, % 20 organik ve % 10 sudan oluşur. Dentindeki başlıca inorganik bileşen hidroksiapatit kristalidir ( $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ) ve organik matriks kısmı % 91 oranında kollajenden oluşmaktadır (16). Marshall (107) dentinde yer alan hidroksiapatit kristallerinin minedeki kristal boyutundan çok daha küçük olduğunu, daha düşük kalsiyum ve % 4-5 karbonat içerdiğini bildirmiştir. Küçük kristal boyutu, düşük kalsiyum ve yüksek karbonat içeriği ile dentin yüksek çözünübilirlik ve iyonik değişimler için de potansiyel bir özellik göstermektedir.

Dentinde hidroksiapatitden başka eser miktarda bakır, demir, çinko gibi elementler de yer almaktadır (28). Hidroksiapatit kristalindeki kalsiyumun fosfora oranı ortalama 1.67 M'dir. Kalsiyum, fosfor oranındaki herhangi bir değişim organik ve inorganik bileşenlerin oranını etkilemekte bu da dentinin geçirgenliğini ve çözünürlüğünü artırmaktadır. Dentinin geçirgenliğini arttıran fiziksel faktörler arasında yüzey alanı, kalınlık, ısı, tübül genişliği, pulpaya olan yakınlık ve dentin tübüllerine difüze olan maddelerin konsantrasyon su yada yağ çözme gibi özellikleri göze çarpan noktalar arasında yer alır (108,109). Buttler ve Crawford (110) dentinin organik matriksinin genel olarak protein ve proteoglikanlardan oluştuğunu ifade etmişlerdir. Organik matriksde yer alan en önemli protein, lifsel (fibriler) matriksi oluşturan kollajendir. Kollajen değişik derecelerde elastikliği ve dayanıklılığı olan bir grup yapısal proteinin evrim sürecinde değişip, gelişmesi sonucunda oluşur (111).

### **2.11.1. Kollajen Tipleri**

**Tip 1:** Dentin yapısında bulunan Tip 1 kollajendir. Bu kollajen en bol ve en yaygın olan kollajen tipidir. Dokularda kollajen lif adı verilen yapılar halinde bulunur. Başlıca kemik, dentin, tendon organ kapsülleri, dermis gibi dokularda mevcuttur. Bu tip, diş yapısında odontoblastlar tarafından sentez edilir ve dentin matriksinin oluşumuna katılırlar.

**Tip 2:** Hyalin ve elastik kıkırdak içinde bulunur.

**Tip 3:** Genellikle dokularda Tip 1 ile birlikte bulunur. Retiküler liflerin ana komponentidir.

**Tip 4:** Bazal laminada mevcuttur.

**Tip 5:** Fetal membranlarda, kan damarlarında ve az miktarlarda da diğer dokularda bulunur (112).

Dentin kollajeni kemik kollajenine benzer fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir. Dentinin esas organik içeriği Tip 1 kollajen olup, organik kısmın ağırlıkça % 90'ını oluşturmaktadır. Dentin kollajen fibrilleri 100 nm çapındadır ve küçük mikrofibrillerden oluşmaktadır (113). Yumuşak dokuda yer alan Tip 2 kollajen dentinde bulunmamaktadır, bu durum sert ve yumuşak dokular arasındaki farkı ortaya koymaktadır. Ayrıca tamir dentinin organik matriksinde Tip 1 kollajen

bulunduğu bildirilmiştir. Dentin kollajeni, dentinogenezis safhasında mineral birikimi için bir kafes yapı oluşturur. Organik kısmın ağırlıkça % 10'unu oluşturan kısım ise Tip 5 kollajen ile kollajen dışı proteinler; fosfoproteinler, glikoproteinler, glikozaminoglikanlar, proteoglikanlar,  $\gamma$ -karboksiglutamat içeren proteinler ve diğer plazma proteinleridir (108,109).

Dentin yapısı pöröz, sert, majör komponenti hidroksiapatitle kaplı tip I kollejen fibrillerden, minör komponentleri diğer kollejen tipleri (III, IV ve V) ve non-kollejen proteinler ve proteoglikanlardan oluşur (14). Dentinin yapısında yaşam boyunca sürekli olarak odontoblastlar tarafından yapılan dentin tübüleri bulunur ve bu tübüller yoluyla dentin pulpaya uzanır (114). Tübüller odontoblast uzantılarını, sinir fibrillerini ve mineralize olmayan kollejenfibrillerini içerir (115). Dentin tübüllerinin içi, yapısı plazmaya benzeyen sıvı bir materyal ile doludur (116).

Dentin tübüller yapısından dolayı çok pöröz bir yapıdadır ve bir patoloji varlığında, travmatik bir durum meydana geldiğinde, restoratif veya periodontal presedürler sırasında mine veya sementin bütünlüğünü bozar ve dentin tübüleri aracılığıyla pulpaya veya periradiküler dokulara difüzyon kanalları oluşturur. Bütünlüğü bozulmamış sement enfekte kök kanal sisteminden kök dentin tübüleri aracılığı ile olabilecek bakteriyel invazyonu önemli derecede engeller. Sement rezorbe olduğu zaman bakteriyel penetrasyon artar (117-119), periapikal hastalıkta ve travmatik yaralanma sonucu periradiküler dokularda hasar oluşmasından sonra enflamasyonun en yaygın sebebi budur.

Bununla birlikte dentin fizyolojik olarak yaşa ve hastalığa bağlı olarak farklı dentin formları oluşturarak modifiye olur. Modifiye olmuş bu dentin formları;

1. Primer dentin
2. Sekonder dentin
3. Reperatif veya tersiyer dentin
4. Sklerotik dentin
5. Transparan dentin
6. Çürük dentin

7. Demineralize dentin
8. Remineralize dentin
9. Hipermineralize dentin (28).

### **2.11.2. Predentin**

Predentin odontoblast ve mineralize dentin tabakaları arasında yer alan mineralize olmamış organik matristir. Ana yapısal molekülü tip 1 ve tip 2 primer kollajenlerdir. Geriye kalan kollajen olmayan yapı ise proteoglikan (dermatansülfat, heparan sülfat, hiyaluronat, keratin sülfat, kondritin 4-sülfat, kondritin 6-sülfat), glikoproteinler, glikozaminoglikanlar (GAGs), gla-protein ve fosforinden meydana gelir. Fosforin, yüksek fosforlu, spesifik doku molekülüdür ve odontoblastlar tarafından üretilir (16).

### **2.11.3. Dentin Kanalcıkları ve Endodontik Açıdan Önemi**

İnsan dentininde karakteristik olarak kanalcıklar tüm dentin hacminin %20–30'unu oluşturur. Koroner dentinde, dentin mine sınırından pulpaya doğru kanallar S şeklinde dizilirler. Dentin dokusunun pulpal yüzünde dentin tübülü sayısı  $\text{mm}^2$ 'de 30,000–52,000 arasında değişmektedir (16,20). Kanalcıklar içerisinde ekstrasellüler dentin sıvısı vardır. Bu dentin sıvısı, çürük oluşturan bakterilerin endotoksin ve ekzotoksinleri gibi etkenlerle enfekte olduğunda, dentin yoluyla pulpada enflamasyonu başlatabilirler. Dentin tübülleri açıldığında, tübüllerden dışa doğru sürekli bir sıvı akışı gözlenmektedir (120). Dentin, bakteri ve bakteri yan ürünleri gibi dış maddelerin pulpaya geçişini tamamıyla engelleyen bir bariyer değildir. Dentin tübülleri, dış irritanların pulpaya başlıca giriş yollarıdır. Bu nedenle, dentin tübülleri dentinin en önemli elemanı haline gelirler (121). Dentinin tübül yapıları sonucu, çeşitli irritanlar sızıntıyla pulpaya geçerek pulpal hasara neden olurlar. Çürükler, operatif işlemler ve dentin hasarına bağlı pulpa bağ dokusunun tepkisi dentin geçirgenliğini etkileyen faktörler arasında sayılabilirler (122).

Dentin kanalcıkları dentin-sement sınırından pulpa odasına kadar devamlılık gösterir. Garberoglio ve Brannström, yaptıkları incelemelerinde kanalcıkların toplam kapladığı alan dentin-sement sınırında %1 iken, pulpal tarafta bu oranın %45'e

çıkıldığını ortaya koymuşlardır. Yani pulpal tarafta kanalcıkların kapladığı alan fazlaşmaktadır (20). Bu oluşumun bir sonucu da diş yapısındaki dentinin kalınlığı azaldıkça dişin mikrosertliğinin azalmasıdır, çünkü pulpaya yaklaştıkça dentin de kanalcıkların kapladığı hacim artmakta ve kanalcık yoğunluğu arttıkça kanalcıklar arasında kalsifiye matris miktarı azalır (16). Ayrıca, genç bir insanda dentin kanalları pulpa odası yakınlarında 3-4 mikron çapında iken; mine dentin sınırında bu çap 1 mikrona kadar düşmektedir, yani pulpadan periferik gittikçe dentin kanalının çapı devamlı olarak küçülmektedir (123). Genç ve sağlıklı dişlerin pulpaları ve dentin tübülleri daha geniştir. Ayrıca yaşlı dişlere göre daha şiddetli reaksiyonlar gösterirler. Yaşlanmış dişlerde yıllarca birikmiş olan reparatif dentin ve sklerotik dentin miktarı dentin tübülleri tıkamakta ve bir ölçüde koruma sağlamaktadır (124).

Fogel ve ark. (125) 1988 yılında yaptığı çalışmalarında radiküler dentinin, koroner dentine göre daha az geçirgen olduğunu bulmuştur. Bu durum servikal dentinde yaklaşık 42000/mm<sup>2</sup> olan kanalcık sayısının radiküler dentinde 8000/mm<sup>2</sup> düşmesine bağlanmıştır.

Kanalcıkların yoğunluğu apekse doğru azalırken, dentin geçirgenliği de azalır. Buna ek olarak, kök dentininin mineralizasyonunda üniform değildir. Apikal dentin daha skleroze ve mineralizedir (126). İntratübüler mineralizasyon dentin kanal lümeninin daralmasına yol açabilir (127).

#### **2.11.4. Peritübüler Dentin**

Kanalcıkları çevreleyen dentine peritübüler dentin (PTD) denir. PTD, odontoblast uzantılarından yapılan sekresyonun kalsifiye olması sonucu oluşmaktadır. PTD matrisi intertübüler dentin matrisinden farklılık gösterir. PTD matrisi, daha az sayıda kollajen fibril içerirken, daha yüksek oranda sülfat proteoglikan içerir. Daha az oranda kollajen fibril içerdiğinden dolayı asitlerle temasta, intertübüler dentine göre daha çabuk çözünür. PTD uzaklaştırılmak istendiğinde, restoratif işlemler sırasında asitleme ajanları kullanıldığında dentin kanalcıklarının girişleri genişler ve dentin daha da geçirgen hale gelir (16). Tübül içindeki intra-tübüler (peritübüler) dentinin depozisyonu sonucu tübül yapısı daralır (14,128). Bu depozisyonun olması yüzeysel eski dentinin, pulpaya komşu dentinle karşılaştırıldığında daha avantajlıdır ve bunun sonucunda tübüller pulpada

daha geniş çaplı (yaklaşık olarak 2,5 µm) dentin-mine birleşiminde veya dentin sement birleşiminde daha dar çaplı (yaklaşık olarak 0,9 µm) olan açılı bir yapı alır. Bu nedenle tübül normal çapı ortalama oral streptococcal bir hücrenin çapı (0,5 µm – 0,7 µm) ile karşılaştırıldığında daha büyüktür. Zararlı bir etken sonucunda oluşan tersiyer veya reperatif dentin düzenli bir tübüler formda değildir (129).

Bertassoni ve ark.(130) dentinde bulunan iki önemli organik yapı olan proteoglikanlar ve glikozaminoglikanların peritübüler dentindeki kompozisyonu ve mikroyapısında anahtar rolünü araştırmışlardır. Bu çalışmalarının sonucunda üç sonuca varmışlardır;

1. Peritübüler dentindeki kollejen fibrillerden yoksundur.
2. Peritübüler dentin mineral ile gömülmüş organik bir iskele yapı içerir.
3. Peritübüler dentinin organik matriksi glikozaminoglikanlardan oluşur (130).

İnatübüler dentin (yaklaşık %95 mineral faz) inter-tübüler dentinin kollejen matriksi (yaklaşık %30 mineral faz) ile karşılaştırıldığında daha fazla mineralize yapıdadır (107) ve yaşla birlikte daha mineralize hale gelir. Bunun sonucunda tübüllerde obliterasyon ve tübüllerin büyüklüğünde azalma olur, tübüllerin büyüklüğünde 20 yaşından 80 yaşına kadar yaklaşık %40 oranında azalma olur (128,131,132). Peritübüler dentinin sertliği, intertübüler dentine yapısal destek sağlar ve diş sertliğini oluşturur (16). Bununla birlikte apikal dentinde tübüllerin çok az olduğu bulunmuştur (128,132), apikal bölgede intra-tübüler dentin oluşumunun daha hızlı meydana geldiği ve dişin oluşumu sırasındaki taç oluşumu gibi yukarıya doğru büyüdüğü öne sürülmüştür (128).

### **2.11.5. İntertübüler Dentin**

İntertübüler dentin, tübüller arasında yer alan dentin kütesidir ve yoğunluğu apikalden koronale doğru artan, tübülleri birbirinden ayıran tip 1 kollajen ve apatit kristallerinden oluşan yapıdır (28). İntertübüler dentin, peritübüler dentin halkaları arasında yer alır. Organik matriksi, 500-1000 Å çapında kollajen fibrillerden oluşur, bu fibriller dentin kanalcıklarına yaklaşık olarak sağ açıyla yerleşirler (16). Peritübüler dentine göre daha az mineralize olması nedeniyle intertübüler dentin



daha düşük sertliğe sahiptir, aynı nedenle dentinin gerilim streslerine yardımcı olmakta ve dentinin elastisite sınırlarını belirlemektedir (133).

#### **2.11.6. İnterglobüler Dentin**

İnterglobüler dentin terimi, mineralizasyonu sağlayan globüllerin birleşmemesi sonucu mineralize olmadan kalan organik matris anlamındadır. Bu, pulpa çevresindeki dentinde, mineralizasyonun genellikle globüler olarak meydana geldiğinde oluşan bir yapıdır. D vitamini dirençli Rickets ve Hipofosfatasia gibi bazı sistemik anomalilerde geniş interglobüler dentin alanları görülmektedir (16).

#### **2.11.7. Dentin Sıvısı**

Dentin sıvısı, dentin tübüllerinin içinde bulunmaktadır. Dentin sıvısı, dentin dokusunun yüzeyel kısımlarında yapının % 1'ini, pulpaya yakın dentin bölgesinde % 22'sini oluşturmaktadır. Dentin sıvısının kaynağı pulpadaki kılcak kan damarlarıdır (16,116). Plazma benzeri bir yapıdadır ancak iyonize Ca miktarı normal plazmadan 2-3 kat daha fazladır (134). Dentin sıvısı, plazma proteinleri de içermesine rağmen, plazma konsantrasyonunun sadece % 10'una sahiptir. Cuicchi ve diğerleri (135) dentin sıvısının dinamikleri üzerinde yaptıkları bir araştırmada pulpadaki doku basıncını 10,3 mmHg olarak bulmuşlardır. Dişin kron kısmında mine, kök kısmında ise sement dentin tübüllerini sararak dentin sıvısının dışarıya doğru akmasını önleyen bir bariyer oluşturmaktadırlar. Dentin de oluşabilecek bir travma veya kavite preparasyonu sırasında, dentin tübüllerinin açığa çıkması sonucu, dentin sıvısı dışarıya doğru hareket etmeye başlar. Dentin sıvısının dentin tübüllerinde hızlı hareket etmesi sonucu, sinir reseptörleri uyarılarak dentin hassasiyeti oluşur (136). Restorasyonların altındaki bakteri varlığı ve diş çürüğü nedeniyle, dentin sıvısının içerisinde bakteriyel ürünler görülebilmektedir. Bu nedenle, dentin sıvısının pulpa dokusunun inflamasyonuna neden olabilecek iritanların pulpaya ulaşmasına yardımcı olabileceği bildirilmiştir. Buna zıt olarak dentin sıvısının pulpadan dışarı doğru hareketinin tübüllere giren bakterilerin uzaklaştırılmasına yardımcı olacağını belirten görüşler de mevcuttur (16). Pulpa dokusunun inflamasyonu sonucu, artan pulpa basıncı dentin sıvısının dışarıya doğru hareketine neden olmaktadır. Bir görüşe göre bu hareket aynı zamanda dentin

üzerinde bulunan ve pulpada irritasyona neden olan maddelerin uzaklaştırılmasına yardımcı olmaktadır (116).

## **2.12. SEM (Scanning Electron Microscope, Taramalı Elektron Mikroskopu)**

Diş sert dokularının morfolojik ve ultrastrüktürel değişimleri taramalı elektron mikroskopu (SEM), X-ışını difraksiyonu, infrared absorpsiyon spektroskopisi, mikrosertlik ölçümü ve SEM-EDS (SEM-Enerji Dağılım Spektrometresi) atomik analiz yöntemleri ile incelenmektedir. Taramalı elektron mikroskopunda (SEM-scanning electron microscop) görüntü elde edilmesinde kullanılan sistem, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanmasıdır. Bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında, elektron ve numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerinden geçirildikten sonra bir katot ışınları tüpünün ekranına aktarılmasıyla görüntü elde edilir. Modern sistemlerde bu algılayıcılardan gelen sinyaller dijital sinyallere çevrilip bilgisayar monitörüne verilmektedir. Taramalı elektron mikroskopu optik kolon, numune hücresi ve görüntüleme sistemi olmak üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır (Resim 5). Optik kolon kısmında, elektron demetinin kaynağı olan elektron tabancası, elektronları numuneye doğru hızlandırmak için yüksek gerilimin uygulandığı anot plakası, ince elektron demeti elde etmek için kondenser merceklere, demeti numune üzerine odaklamak için objektif merceği, bu merceğe bağlı çeşitli çapta aparatürler ve elektron demetinin numune üzerini taraması için tarama bobinleri yer almaktadır. Mercek sistemleri elektromagnetik alan ile elektron demetini inceltmekte veya numune üzerine odaklamaktadır. Tüm optik kolon ve numune  $10^{-4}$  Pa gibi bir vakumda tutulmaktadır. Görüntü sisteminde elektron demeti ile numune girişimi sonucunda oluşan çeşitli elektron ve ışınları toplayan dedektörler, bunların sinyal çoğaltıcıları ve numune yüzeyinde elektron demetini görüntü ekranıyla senkronize tarayan manyetik bobinler bulunmaktadır (137).

SEM kullanımı, diş dokularının incelenmesinde sıklıkla başvurulan bir yöntemdir. Smear tabakası (138), dentin tübüllerinin yoğunluğu ve çapları (139), irrigasyon solüsyonlarının etkinlikleri (140), kanal dolgu patlarının dentin yüzeyine

adaptasyonu (141), vb. konular SEM ile incelenerek dentin dokusu hakkında daha ayrıntılı bilgilere ulaşılması sağlanmıştır.

### **2.13. SEM-EDX ve SEM-WDX Analizi**

SEM ile toz ve kütle halinde bulunan hammaddeler ile katı malzemelerin yüzey, kesit veya kırık yüzeylerinin, nanometre boyutuna kadar morfolojik incelemeleri yapılabilir. Malzeme yüzeyi ve kesitinde bulunan her türlü hatanın mikro mertebede kimyasal analizi, farklı bölgelerin elementel kimyasal analizleri, çizgi analizi, faz tespiti ve faz haritalaması, renkli kompozisyon görüntülemesi, kristalografik yapı analizi, tane boyutu ve tane boyut dağılımı vb. analizler yapılabilmektedir.

EDX ve WDX tekniği ile yüzeydeki komponentlerin kalitatif ve kantitatif analizi yapılmaktadır. Ancak bu teknikler taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile kombine haldedir. Taramalı elektron mikroskopu tekniğinde elektron demeti kullanılır. Buna göre SEM’de, katı numune yüzeyi raster düzeninde yüksek enerjili bir elektron demetiyle taranır. Tarama neticesinde yüzeyden çeşitli tür sinyaller oluşturulur. Bunlar geri saçılmış ve ikincil elektronlar ve elektron mikroprob analizde kullanılan X-ışını emisyonudur. EDX ise elektron bombardımanına maruz bırakılan katı numunenin verdiği X-ışını emisyonunu ölçer. Yüzeydeki türlere göre söz konusu Xışını emisyonunun enerjisi farklılık gösterir (142). WDX analizinde daha çok nitrojen, flor ve karbon gibi hafif elementlerin analizi yapılır, düşük ağırlıklı elementlerin analizinin EDX sistemiyle yapılması hatalı ölçümlere sebep olabilir (143).

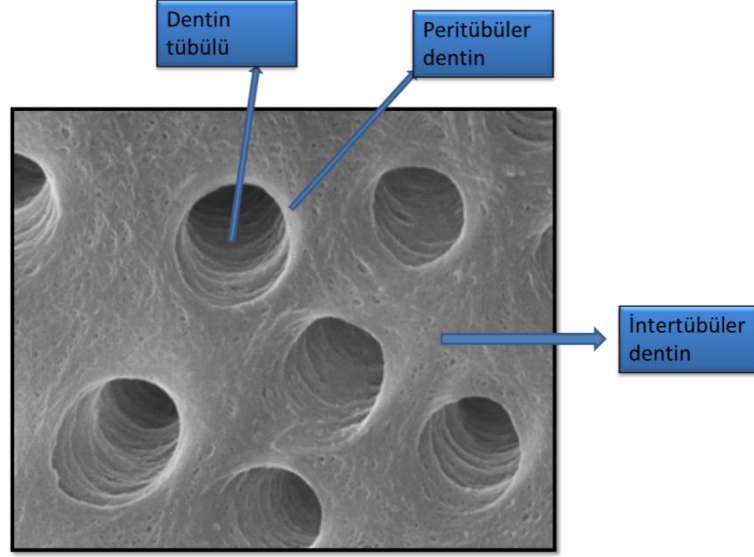
### **2.14. Dentin Mineralizasyonu**

Kalsiyum fosfat kristalleri predentindeki matris damarları üzerine depolanmasıyla mineralizasyon başlar. Hidroksilapatit kristalleri matris üzerinde hızlıca depolanır ve böylece yüksek derecede mineralize içerikli dentin meydana gelir (16). Dentin hidrate bir komplekstir ve 4 elemandan oluşmaktadır (**Resim 5**) (144);

1. Tübüller,
2. Peritubuler alan,

### 3. İntertübüler alan

### 4. Dentin sıvısı



**Resim 2.** Dentinin genel yapısı

#### 2.14.1. Dentin Minerilizasyonunun Endodontik Açıdan Önemi

Dentinin mekanik özelliklerinin mineral konsantrasyonuna doğrusal olmayan bağlılığını araştıran kayıtlı ilk çalışma Currey ve Brear a aittir (145). Organik ve mineral fazın mineralize dokuların elastik özellikleri üzerine olan etkisini basit bir modele dayandırarak açıklamak uygun değildir (107,146). Dentinin mekanik özelliklerinin, mineral konsantrasyon değişikliklerinden etkileneceğinden dolayı, mineral konsantrasyonunu nicel olarak değerlendirmek önemlidir (28). Ca/P oranındaki değişim organik ve inorganik komponentler arasındaki orijinal oranın değişimi sonucu oluşmakta ve dokunun geçirgenliği, eriyebilirliği ve diş hekimliğinde kullanılan materyallerin diş sert dokularına adezyonunu etkileyebilmektedir (147). Adeziv sistemler fosfat-kalsiyum bağları ile dentinin hidroksiapatit kısmına bağlanmaktadır (148). Dentinin yapısındaki Ca miktarı veya Ca/P oranının değişimi adezyonu olumsuz yönde etkileyebilmektedir (147). Dentin yüzeyinde oluşan smear tabakasının uzaklaştırılması adezyonu olumlu yönde etkilerken (149) dentin tübüllerinin ve kollajen yapının zarar görmesi diş sert dokularına adezyonu azaltmaktadır (150). Günümüzde adeziv sistemlerin kullanımının oldukça yaygınlaştığı göz önünde bulundurulursa, kavite preparasyonu

için önerilen alternatif yöntemlerin dentinin kompozisyonu (Ca ve P içeriği) ve yüzey özelliklerini minimal düzeyde değiştirmesi istenmektedir.

Hennequin ve Douillard (151), Hennequin ve ark. (152) ve Rotstein ve ark. (153) yaptıkları çalışmalarında, kimyasal ajanların dentinin kimyasal yapısını ve Ca/P oranını değiştirdiğini bildirmişlerdir. Ca/P oranındaki değişimler organik ve inorganik bileşenlerin oranını da değiştirir. Bu da dentinin geçirgenlik ve çözünürlük özelliğini, kanal dolgu malzemelerinin diş sert dokularına bağlanmalarını etkiler (153-155).

Panighi ve G'Sell (156) çalışmalarında dişin mineral içeriğinin miktarıyla dişin sertliği arasında pozitif korelasyon olduğunu ortaya koymuştur.

Çalışmalarda Mg iyonlarının dentin apatit kristallerinin stabilizasyonunda ve formasyonunun sağlanmasında etkili olduğu bulunmuştur. Mg kimyasal olarak Ca ile ilişkili olmasına rağmen boyutu nedeniyle apatit içine girme eğiliminde değildir (157). Hayvan çalışmalarının sonuçları Zn eksikliği ve yüksek çürük seviyesi arasında ilişki olduğunu göstermiştir. Zn metabolik fonksiyonlarda ve bazı enzimlerin bulunmasında önemli bir role sahiptir. DNA senteziyle ilişkili olan alkalın fosfotaz (AFOS) seviyesinin artışı Zn indükler ve bunun sonucunda kemik büyümesi stimüle olur. Rat maksiller kesici dişlerin dentininde ve homojen dokudaki odontoblastlarda AFOS'un varlığı gösterilmiştir. İnsan dişlerinde alkalın fosfataz en çok pulpanın subodontoblastik tabakasında ve pre-dentin tabakasında bulunmuştur. Yüksek Zn seviyesinin pulpa çevresindeki dentinde koronal dentinden daha fazla olduğu bulunmuştur. Bu yüzden; florid ve çinkonun yüksek olduğu aynı alanlarda alkalın fosfataz enzimide artmış bir şekilde bulunmaktadır ve bu durum DNA sentezindeki değişikliklerle ve dentin apozisyonundaki kalite ve miktarının etkilenmesiyle sonuçlanabilir (86).

### **2.15. Mikrosertlik Deneyleri**

Sertlik göreceli bir ölçü olup, malzemelerin aşınmaya, şekil değişimine ve kesmeye karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanabilir. Sertlik ölçme yöntemleri, malzemenin yüzeyine batırılan standart bir ucun batmasına karşı gösterdiği direnci belirleme prensibine dayanır. Genel anlamda, standart batıcı ucun belirli bir kuvvetle

batırılması sonucu malzeme yüzeyinde oluşan izin büyüklüğü, sertlik ile ters orantılıdır. Diğer bir deyişle, sabit bir yük altında yumuşak malzemelerin yüzeyinde büyük, sert malzemelerin yüzeyinde küçük iz oluşur (158).

Laboratuvarlarda özel cihazlarla yapılan sertlik deneyleri, kullanılan batıcı uca, uygulanan kuvvete ve izin büyüklüğünü ölçme yöntemine göre sınıflandırılmıştır. En yaygın olarak Brinell, Rockwell ve Vickers mikrosertlik ölçme yöntemleri kullanılmaktadır.

### **2.15.1. Brinell Sertlik Deneyi**

Yaygın olarak kabul edilen ve standardize edilmiş ilk sertlik ölçme deneyi olan Brinell sertlik ölçme deneyi 1900 yılında J.A. Brinell tarafından ortaya konulmuştur. Brinell sertlik deneyi, sertliği ölçülecek malzemenin yüzeyinde belirli çaptaki sert malzemeden yapılmış bir bilya yardımıyla belirli yükün belirli bir süre uygulanması sonucu oluşturulan izin izdüşüm çapının ölçümüne dayanır. Genel olarak Mikro Brinell sertlik deneyi 3000 g. yük altındaki 10 mm çapında çelik bilya ile metal yüzeyine iz açmaktan ibarettir. Yük (F), iz derinliğinin daha az olması gerektiği durumlarda 500 g. veya 1500 g. olarak seçilebilir. Batıcı ucun distorsiyonunu minimuma indirmek için sertleştirilmiş malzemeler de batıcı uç olarak kullanılır.

Brinell sertlik deneyi ASTM E 10 (American Society of Testing Materials), B.S. 240: 1962 (British Standard), DIN 50351 (Deutsches Institut Für Normung) ve TS 139 (Türk Standardı) standartları ile tanımlanmıştır. 30, 10, 5, 1 F/D2 değerlerine karşılık gelen yük aralığı ile birlikte standart bilya çapları (D) 1, 2, 5 ve 10 mm olabilir, yük standart olarak 10-15 saniye uygulanır ve oluşan izin izdüşüm çapı yük kaldırıldıktan sonra düşük güçlü mikroskopla izin 90° dik iki yönlerde ölçülen iki çapının ortalaması olarak alınır. Oluşan izin yüzey alanı, izin ortalama çapı ile bilya çapından faydalanarak belirlenir. Brinell sertlik değeri, uygulanan yükün (kg) izin yüzey alanına (mm<sup>2</sup>) bölünmesi ile hesaplanır.

### 2.15.2. Rockwell Sertlik Deneyi

Rockwell sertlik deneyi, 1919'da Stanley P. Rockwell tarafından icat edilmiştir. Rockwell sertlik deneyi, malzemeye ilk olarak uygulanan küçük bir yükün etkisi ile oluşan derinliğin (referans noktası) üstünde, daha büyük ilave yük uygulanması ve sonra kaldırılması ile çelik bilya ve elmas batıcı ucun aldığı kalıcı batma derinliğinin ölçümünden ibarettir; Rockwell sertlik değeri, başlangıçtaki (referans) ize nazaran meydana gelen iz derinliğindeki net artışla ters orantılı bir sayıdır. Rockwell sertlik deneyinde kullanılan yük yönünden farklıdır; Rockwell sertlik deneyinde kullanılan yük, oluşan iz çapı ve derinliği daha küçüktür. Rockwell sertlik deneyi, yüksek Brinell sertlik değerine sahip olan malzemelerin sertliğini ölçmede kullanılır ve sertlik değeri doğrudan göstergeden okunduğu için hızlıdır. Rockwell sertlik deneyi, ASTM E 18, B.S. 891: 1962, DIN 50103 ve TS 140 standartlarında tanımlanmıştır. Farklı yük ve batıcı uçlar deney koşuluna bağlı olarak kullanılır.

### 2.15.3. Vickers Mikrosertlik Deneyi

1924 yılında, Brinell deneyinde karşılaşılan yükün değişimi ile izin geometrik şeklinin değişiminin sebep olduğu olumsuzlukları gidermek için elmas piramit batıcı ucun kullanıldığı Vickers sertlik deneyi geliştirilmiştir.

Vickers mikrosertlik deneyinde kare tabanlı piramit üzerinde zıt yüzeyleri arasında  $136^\circ$  tepe açılı elmas pramit batıcı uç, 15 sn. uygulanan F yükü altında malzemeye batırılır. Oluşan iz, taban köşegeni kare olan piramittir ve tepe açısı batıcı ucun tepe açısının aynıdır ( $136^\circ$ ). Yük kaldırıldıktan sonra malzeme yüzeyinde kalan izin iki köşegeni ( $d_1$  ve  $d_2$ ) bir mikroskop yardımıyla ölçülür ve aritmetik olarak ortalama  $d$  hesaplanır. Vickers sertlik değeri,  $g$  olarak ifade edilen yükün  $\mu m$  olarak ifade edilen izin alanına bölümüdür;

$$HV=2.F.Sin(\Theta/2)/d^2$$

Burada F uygulanan yük (g),  $d$  ortalama köşegen genişliği ( $\mu m$ ) ve  $\theta$  piramit tepe açısıdır. Sonuç olarak;

$$HV=1855xF/(0.292xd)^2$$

denklemini elde edilir.

Vickers sertlik deneyi ASTM E-92-72, B.S. 427, DIN 50133 ve TS 207 standartlarında tanımlanmıştır ve Vickers sertlik değeri HV veya elmas piramit sertlik deneyi anlamına gelen (DPH) ile sembolize edilmiştir. Vickers sertlik değeri, sembolün yanında uygulanan yükü gösteren sayısal değerler ve yükün uygulama süresini gösteren ikinci sayısal değerler ilave edilerek gösterilir. Örneğin 80 HV/80/15, 15 saniye uygulanan 80 g yük altında ölçülen 80 Vickers mikrosertlik değeri anlamına gelir.

Yumuşak malzemelerden (5 HV sertliğinde) sert malzemelere (1500 HV sertliğinde) geniş malzeme grubunda Vickers mikrosertlik deneyinden yararlanılır.

Vickers mikrosertlik deneyi, çok doğru sertlik değeri veren yöntemlerden biridir. Elmas piramit uç, geniş açığa sahip olmasından ve oluşturulan izin köşegenleri özellikle yüksek sertlikteki metallerde, izin derinliğinden yaklaşık olarak yedi kat büyük olduğundan Vickers mikrosertlik deneyi, Brinell veya Rockwell sertlik deneyleri ile elde edilen değerden daha iyi doğruluk sağlamaktadır. Bu, Vickers izinin, Brinell izinden küçük olduğu gerçeğine de dayanmaktadır.

Vickers mikrosertlik deneyinde piramit izin köşegenleri arasındaki oran uygulanan yükün değişimine rağmen sabit kalmaktadır, ilave olarak piramit batıcı uçla oluşturulan izler geometrik olarak birbirlerine benzediği için Vickers mikrosertlik değeri, çok düşük yükler hariç, homojen malzemeler için hemen hemen deney yükünden bağımsızdır. Böylece geniş aralıkta yükü değiştirmek mümkündür.

Vickers mikrosertlik deneyinde oluşturulan piramit izi iş parçasını çok az miktarda hasara uğratabilir. Bu avantajlarına rağmen, Vickers sertlik deneyinde, numune yüzeyinin dikkatle hazırlanması gerektiğinden, çalışma dikkatli uygulanmalıdır.

#### **2.15.4. Vickers Mikrosertlik Deneyinin Yapılışı**

Vickers mikrosertlik deneyi, her ölçüde malzeme çeşidine uygulanabilir. Genel olarak sertliği ölçülecek numunenin alt ve üst yüzeyleri yük bindiği zaman numune hareket etmeyecek veya kaymayacak şekilde düz olmalıdır. Kalınlık açısından da piramit batıcı ucun, numunenin arka yüzeyinde herhangi bir çıkıntı



meydana getirmeyecek derecede kalın olması yeterlidir. Köşegenlerin uçları tam olarak görülebilmesi için izin oluşturduğu yüzey parlatılmış olması gerekir.

Sertliği ölçülecek numune örs üzerine yerleştirilir ve batıcı ucun uç noktasına yaklaşıncaya kadar yükseltilir. Batıcı uca yük yavaş yavaş uygulanır ve sonra yük kaldırılır. Deneyden sonra Vickers mikrosertlik değerini bulmak için kare şeklindeki izin köşegenlerini Vickers deney cihazına ekli metalürji mikroskobu yardımıyla ölçmek gerekir; numune üzerinde meydana getirilen izin görüntüsü mikroskop yardımıyla ölçme ekranına aktarılır. Ölçme ekranındaki hareketli iki cetvel yardımıyla köşegenlerin uzunlukları  $1 \mu m$  hassaslıkla ölçülüp ortalaması alınır.

## **2.16. Dentin Sertliği**

Temel olarak dentin organik matrisi kollajenden, inorganik yapı ise apatit kristallerinden oluşur (146). Dentin apatit yapısı gelen kuvvetlere karşı dayanıklılık sağlar yani dentin sertliğini oluşturur. Kollajen yapı ise dentin elastikliğini oluşturur (159). Bu iki yapı da meydana gelen değişimler sertlik ve elastiklik modülü gibi dentin fiziksel özelliklerini değiştirir. Çeşitli çalışmalarda herhangi bir işlem görmemiş kök kanal dentininin sertlik değeri 40 ile 94.68 kg/mm<sup>2</sup> arasında bulunmuştur (Vickers microhardness) (78,160). Kök dentinin sertliği kanal lümeninden sement-dentin sınırına doğru karakteristik olarak artar, kökün bu kesitindeki (sement-dentin sınırı) sertlik değeri apikal üçlüde orta ve koroner bölüme göre daha azdır. Kanal lümenindeki dentinin sertliği ise apikal üçlüğe doğru artar (78).

### **2.16.1. Endodontik Açıdan Mikrosertlik**

Dentinin mikrosertliği mm<sup>2</sup> başına düşen kalsifiye matriksin miktarıyla doğru orantılıdır (161). Mikrosertlik sert dokuların kompozisyonu, yüzey yapısı ve mineral alımı/kaybından etkilenir (162). Kinney ve ark. (163) sertlikteki azalmanın kollajen matriksteki mineral fazın heterojen dağılımı sonucu intertübüler dentin matriksin sertliğinin azalmasıyla oluştuğunu ileri sürmüştür. Dentin dokusunun mikrosertliğinin asidik demineralizasyon yapan kimyasal ajanlar, kollajenden zengin intertübüler dentini etkileyen organik doku çözücülerini, ısıya bağlı oluşan değişimler, iyon alışverişi gibi faktörlerden etkilendiği bildirilmiştir (164-166).

Mikrosertlik testleri belirli bir homojenlik gösteren materyallerin değerlendirmek için kullanılır (25). Dentin gibi biyolojik materyaller homojen değillerdir, dentin tübüllerinin yoğunluğu servikalden apikale doğru gittikçe artar, dentin mikrosertliği ve tübül yoğunluğu arasında ters bir ilişki vardır (161).

Endodontik tedavi sırasında yapılan bazı uygulamalar dentinin yüzey morfolojinde değişikliklere yol açabilir ki bu durum genellikle fiziksel ve mekanik özelliklerinde değişikliğe sebep olur (138,167-170). Kanal tedavisi için giriş kavitesi oluşturulması ve kök kanallarının genişletilmesi sırasında meydana gelen madde kayıplarının, dişte yarattığı dayanıklılık kaybı ve kırılmalığa yatkınlık önemli bir klinik problemdir (171-173). Sedgley ve Messer (174) 1992 yılında yaptıkları çalışmalarında, vital ve devital dişlerde makaslama kuvvetleri, dayanıklılık ve kırık oluşması için gereken kuvvetleri karşılaştırdığında anlamlı fark bulamamışlar, fakat kök dentin sertliğini karşılaştırdığında vital dişlerde sertliğin %3,5 daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Bunun yanında Lewinstein ve Grajower (175) ise vital ve devital dişlerin kök kanal dentininin sertliği arasında anlamlı bir fark bulamamıştır. Ancak iki çalışma arasında yöntem farkları vardır.

Diş yapısında meydana gelen madde kayıplarının yanında, dişin geriye kalan kök kanal dentininin mekanik, kimyasal ve fiziksel açıdan sağlam olması dişin kırıklara, mikrosızıntıya karşı dayanıklı olması açısından önemlidir (162).

İntertübüler dentinin mineralizasyon derecesi ve içeriğindeki hidroksiapatit miktarı, dentin yapısının sertliğini belirleyen faktörlerdir (27). Mikrosertlik diş yapısının içeriğine ve yüzeydeki değişimlere göre değişebilir (27). Mikrosertliğin belirlenmesi diş sert dokularından herhangi bir mineral kaybedilmesi ve kazanılmasının indirekt etkisi sonucunda olabilir (162,176,177) yani mikrosertlik kompozisyona ve yüzey yapısına bağlıdır diyebiliriz (26,178). Pulpa yakınındaki peritübüler dentinde açık dentin tübüllerinin fazla olması test ucunda daha az direnç olmasına neden olur (79,179). Pashley ve ark. (161) tübül yoğunluğu ve mikrosertlik arasında ters bir ilişki olduğunu rapor etmişlerdir. İntertübüler yapıda ki hidroksiapatit miktarı ve minerilizasyon derecesi dentin yapının sertlik profilinin belirlenmesinde önemli faktörlerdir (27). Diş sert dokuların mineral kaybı ve kazanımı mikrosertliğin belirlenmesinde indirekt bir ipucu olabilir (162).

Kök kanal sisteminin başarılı bir şekilde temizlenmesinin en önemli gereklerinden biri; enstrümantasyon sırasında irrigasyon solüsyonlarının kullanılmasıdır (180,181). Kök kanallarının mekanik enstrümantasyonu sırasında, odontoplastik uzantılar, nekrotik debris ve dentin partikülleri gibi organik ve inorganik yapıdan meydana gelen smear tabakası meydana gelir (182). Kanal irrigantlarının debris dışarı çıkarması, disenfeksiyon, smear tabakasının uzaklaştırılması ve dentin duvarlarının lubrikasyonu (183,184) gibi avantajlarının yanı sıra, mikrosertliğin de dâhil olduğu dentinin fiziksel özellikleri üzerinde ters etki yaratabilir (167) veya dentinin mikrosertliği irrigasyon solüsyonunun etkinliğini değiştirebilir. Irrigasyon solüsyonu ve mikrosertlik birbiri ile etkileşim içindedir (167). Çalışmalar göstermiştir ki; farklı konsantrasyonlarda ki EDTA, EDTAC ve EGTA'nın kök kanal dentininin mikrosertliğini azaltma kapasitesinin olduğunu (25,168) ve bunu arttıran etkinin uzayan uygulama süresi olduğunu göstermiştir. Smear tabakasının hem organik hem de inorganik içeriğinin etkin bir şekilde uzaklaştırılması için genellikle NaOCl kullanımını takiben endodontik şelatör solüsyonların kullanılması tavsiye edilir (140). NaOCl bir şelasyon ajanı olmamasına rağmen konsantrasyonuna bağlı olarak kök dentininin yüzey Ca/P oranını (167) ve mikrosertliğini (167,185) önemli derecede düşürebilir.

Kök kanal tedavisinin başarılı bir prognoza sahip olabilmesi için; olabildiğince bakteri uzaklaştırılmak gereklidir (12). Kök kanal medikamenti kullanımı kök kanal dolgusundan önce mikrobiyal popülasyonu azaltmada gerekli bir dizi basamaktan biridir, dentin mikrosertliği ve yapısal değişiklikler arasında ki ilişki pulpektomi ve kök kanallarına materyallerin uygulanması ile ilişkili olduğu dikkat edilmesi gereken bir noktadır (168,175,179,186-189). Dentin yüzeyinin mineral içeriğinin değişimi, rezin bazlı simanlar ve dentin kök kanal patları gibi diş materyallerin adhezyonunu ve sızdırmazlık özelliğini ters bir şekilde etkileyebilir (27,190-192).

Panighi ve G'Sell (156) dişin mineral içeriği ve sertliği arasında pozitif bir ilişki bulmuşlardır. Bu yüzden mikrosertliğin belirlenmesinde diş sert dokuların mineral kaybı (veya kazanımı) çok değerli bir ipucu olabilir (162).

F vücudumuzdaki sert dokuların minerilizasyon ve kalsifikasyon olaylarını etkiler. Genel olarak F, biyominerilizasyon ile ilgili temel süreçlerde önemli bir role sahiptir ve mineralize dokularda ektodermal veya mezenşimal büyümenin meydana geldiği kristal formasyonu sağlar (8). Kök dentinin, gelişmeye başladığı andan itibaren yaşa bağlı olarak yapısında F'u tutma kapasitesinin olduğunu ve F'a maruz kaldığı sürece yapısındaki F oranının arttığını gösteren çalışmalar vardır (29,30). Florozisli dişlerde yapılan çalışmalar daha çok kron bölgesine yoğunlaşmıştır, fakat florozisli daimi dişlerin kök dentinin yapısal ve fiziksel özelliklerini araştıran ve endodontik açıdan yorumlayan çalışmalar literatürde sınırlı sayıdadır. Bu çalışmada florozisli ve sağlıklı daimi dişlerin kök dentininin mikrosertliğinin, tübül sayısının ve tübül alanlarının, elemental analizinin (F, Na, Ca, P, Mg ve Zn) araştırılması ve bu özelliklerin birbirleri ile olan ilişkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

### 3. GEREÇ ve YÖNTEM

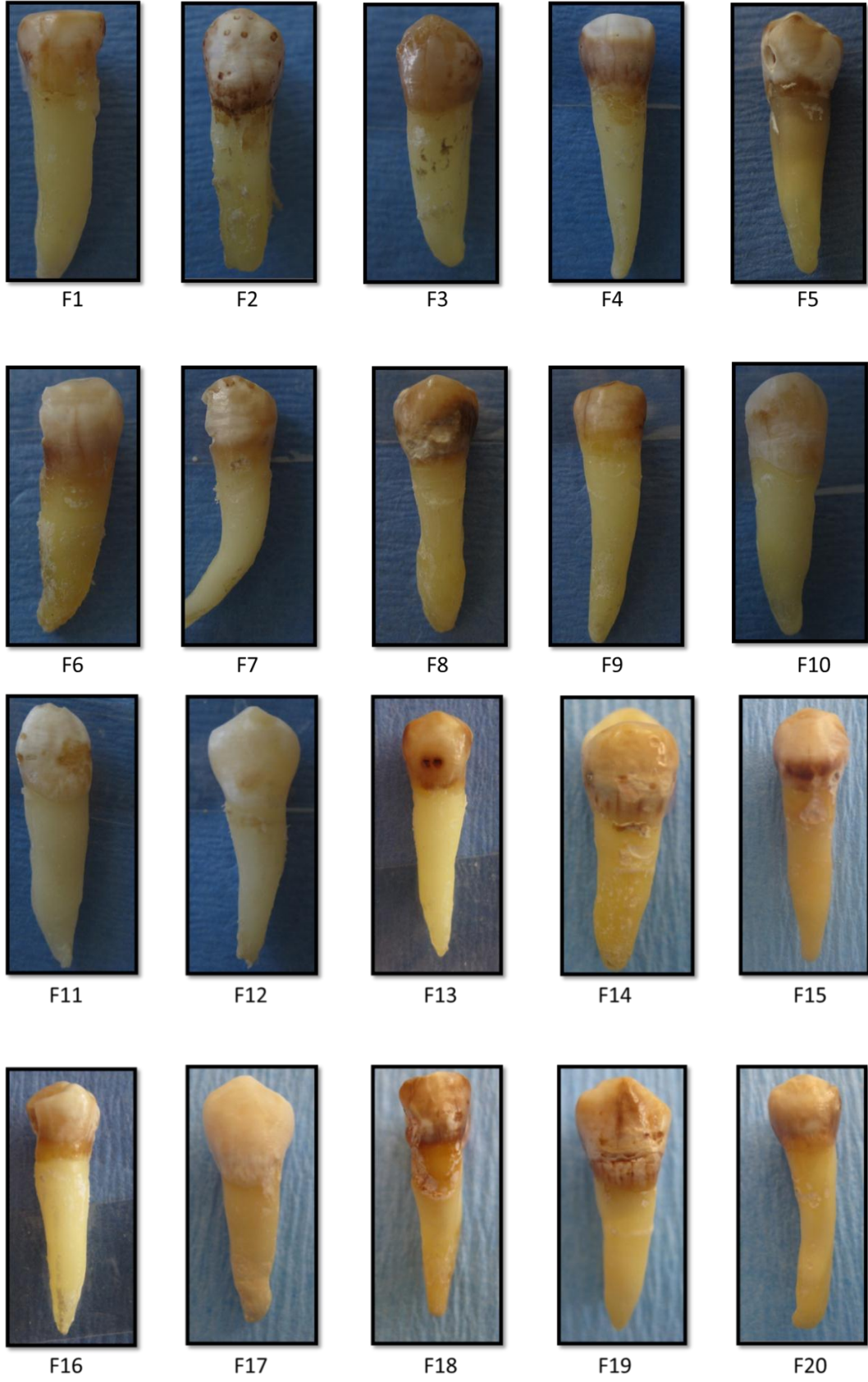
#### 3.1. Deney Kurgusu

Bu çalışma üç bölümde gerçekleştirildi;

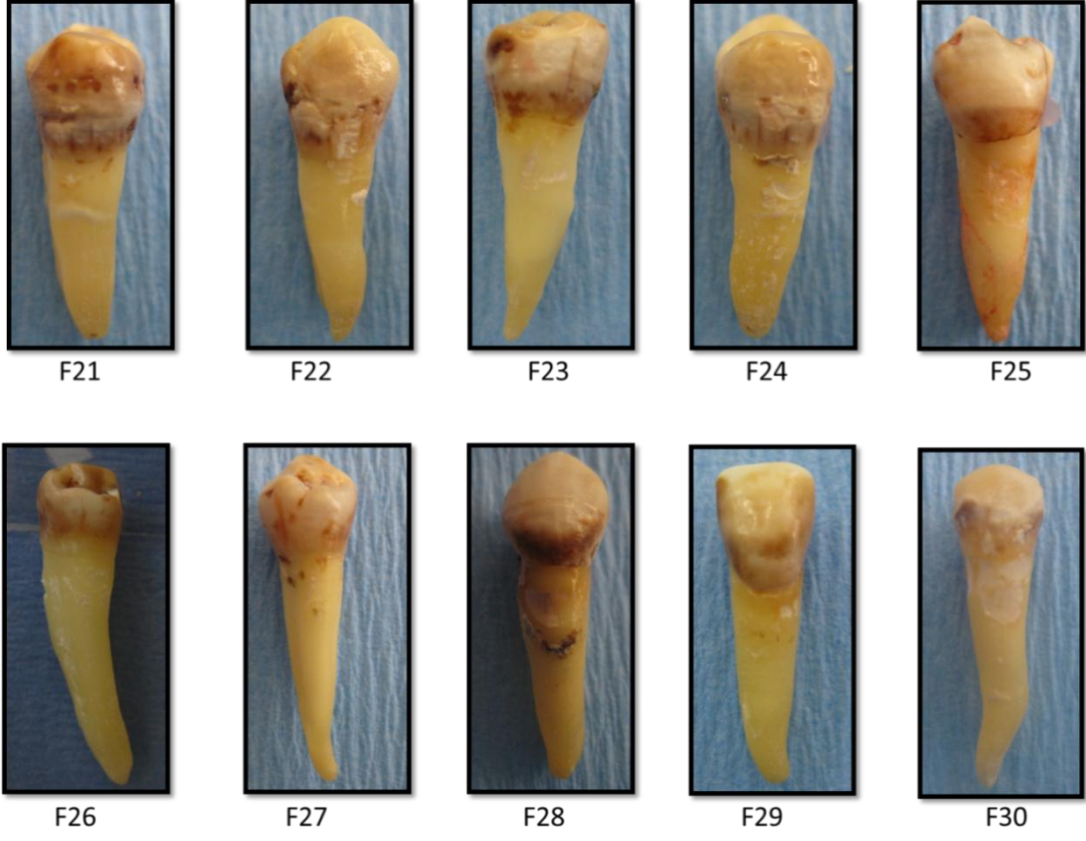
1. Florozisli ve sağlıklı dişlerin kök dentininin Na, Ca, P, Mg, Zn ve F elementlerinin yüzde ağırlık olarak konsantrasyonunun incelenmesi.
2. Florozisli ve sağlıklı dişlerin kök dentininin mikrosertlik değerlerinin ölçülmesi.
3. Florozisli ve sağlıklı dişlerin kök dentininin tübül yoğunluğunun ve tübül çaplarının ölçülmesi.

#### 3.2. Diş Örneklerinin Oluşturulması ve Grupların Belirlenmesi

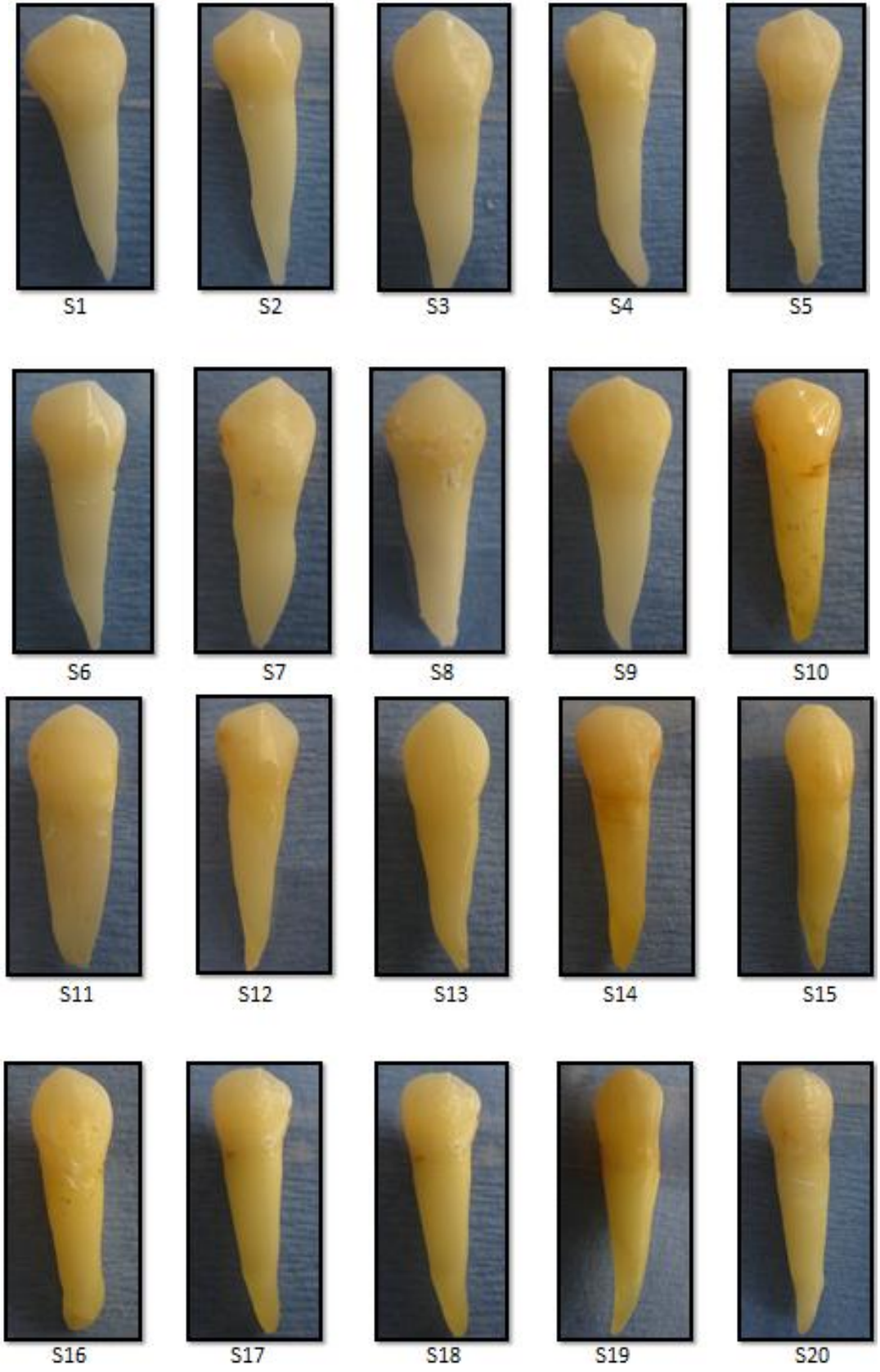
Çalışmada kullanılan florozisli ve sağlıklı dişler her iki cinsiyetten, yaşları 20-40 arasında olan, sistemik rahatsızlığı olmayan ve düzenli olarak ilaç kullanmayan bireylerden, periodontal sebeplerle çekimi yapılan ve kök çürüğü olmayan tek köklü dişlerden seçildi. Florozisli dişlerin, florozis şiddetinin belirlenmesinde TF indeksi referans alındı. TF indeksine göre, orta şiddetli (TFI 4-5) florozisli dişler kullanıldı. Çalışmada kullanılan 30 adet florozisli diş endemik florozis bölgesi olan Isparta'dan, Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesine ve Isparta Sadık Yağcı Ağız Diş Sağlığı Merkezine başvuran ve Isparta bölgesinde ikamet eden bireylerden elde edildi (Resim 3). 30 adet sağlıklı diş ise Antalya Manavgat Ağız Diş Sağlığı Merkezine başvuran ve Antalya Manavgat bölgesinde doğan ve ikamet eden bireylerden elde edildi (Resim 4). Toplanan dişlerin kök yüzeylerindeki eklentileri periodontal kretuar ile temizlendi, daha sonra dişler 5'er dakika ultrasonik temizleme cihazında bekletildi. Temizlenen dişler %10'luk nötral formolin solüsyonuyla doldurulmuş apendorf tüpün içine konulduktan sonra etiketlenerek deney başlayıncaya kadar buzdolabında +4C0 de saklandı. Toplanan dişlerin sayıları 5'e ulaşınca bekletilmeden analiz işlemleri yapıldı.



**Resim 3.** Deneyde kullanılan florozisli dişler (Örnek 1-20)



**Resim 4.** Deneyde kullanılan florozisli dişler (Örnek 21-30)



**Resim 5.** Deneyde kullanılan sağlıklı dişler (Örnek 1-20)

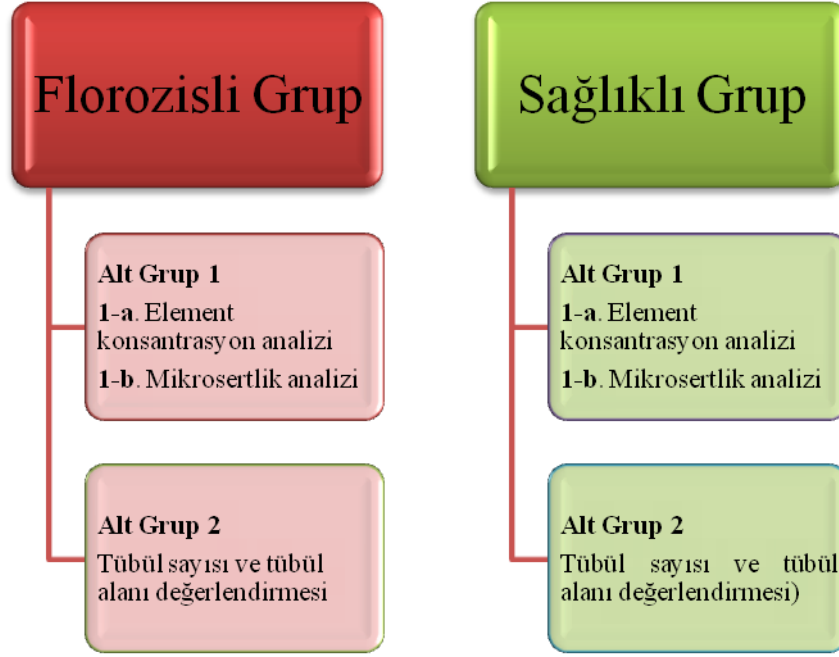




**Resim 6.** Deneyde kullanılan sağlıklı dişler (Örnek 21-30)

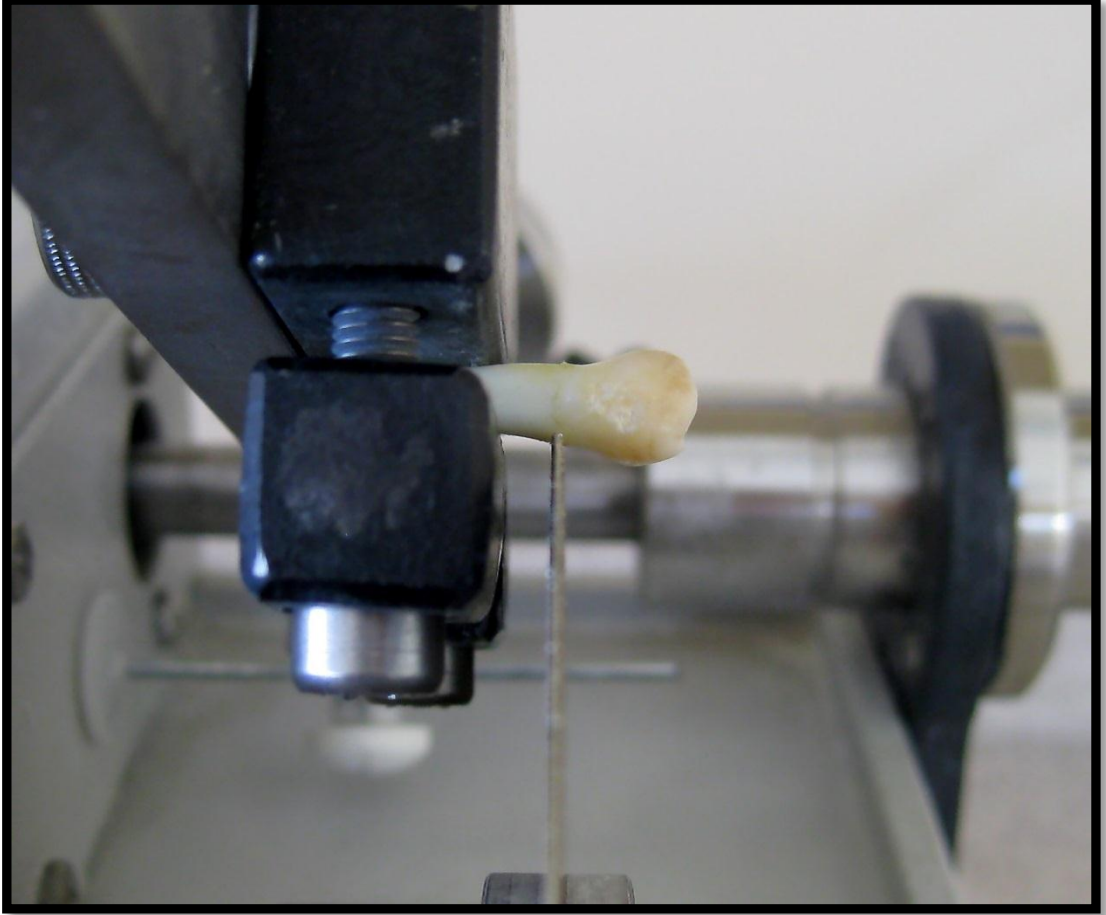
Her grup 15 dişten oluşacak şekilde iki alt gruba ayrıldı. Alt grup 1'deki dişler element konsantrasyon değerlendirmesi için SEM-EDX ve SEM-WDX analizi (Alt grup 1a) ve mikrosertlik değerlendirmesi için Vickers mikrosertlik analizi (Alt grup 1b) yapıldı. Alt grup 2'deki dişlere dentin tübül sayısı ve tübül alanlarını değerlendirmek için SEM incelemesi yapıldı (Tablo 4).

**Tablo 4.** alışma grupları



Dişlerin kronları mine-sement sınırından mikrotom cihazı (Minitom, Struers, Willich, Germany) kullanılarak düşük hızda su soğutması altında kesilerek uzaklaştırıldı (Resim 7 ve 8). Geriye kalan kök kısımlarının bukkal ve palatal yüzeylerinden 1 mm derinliğinde oluklar açıldı (Resim 9). Daha sonra bu oluk kısımlardan bir keski ile kırarak kökler longitudinal olarak mezial ve distal olmak üzere iki parçaya ayrıldı (Resim 10). Böylece bir dişten iki örnek elde edilmiş oldu. Örnekler apikal koronal yönde üç eşit parçaya bölündü ve kök orta üçlüsüne gelen bölgenin pulpal yüzeyi belirlendi (Resim 11). Daha sonra bu örnekler pulpa, pulpa artıkları ve debrisin uzaklaştırılması için ultrasonik cihazda distile su ile 5 dakika boyunca yıkandı (Resim 12 ve 13). rnelere herhangi bir kimyasal ajan ve/veya irrigasyon solüsyonu uygulanmadı. Daha sonra bu örnekler pulpal yüzeyi açıkta kalacak şekilde teflon kalıplar kullanılarak polyeester rezine gömüldü (Resim 14 ve 15). Alt grup 1'de, elde edilen bu parçaların mezial yarısı element konsantrasyon

analizi için (Alt grup 1a), distal yarısı ise mikrosertlik ölçümü için (Alt grup 1b) ayrıldı. Böylece her iki gruptan da 15 örnek mikrosertlik için, 15 örnek kimyasal analiz incelemesi için ayrılmış oldu. Alt grup 2 için de longitudinal olarak ayrılmış 30 örnek içinden 15 örnek SEM için ayrıldı.



**Resim 7.** Denejde kullanılan dişlerin kronlarının mine-sement sınırından mikrotom cihazı kullanılarak uzaklaştırılması



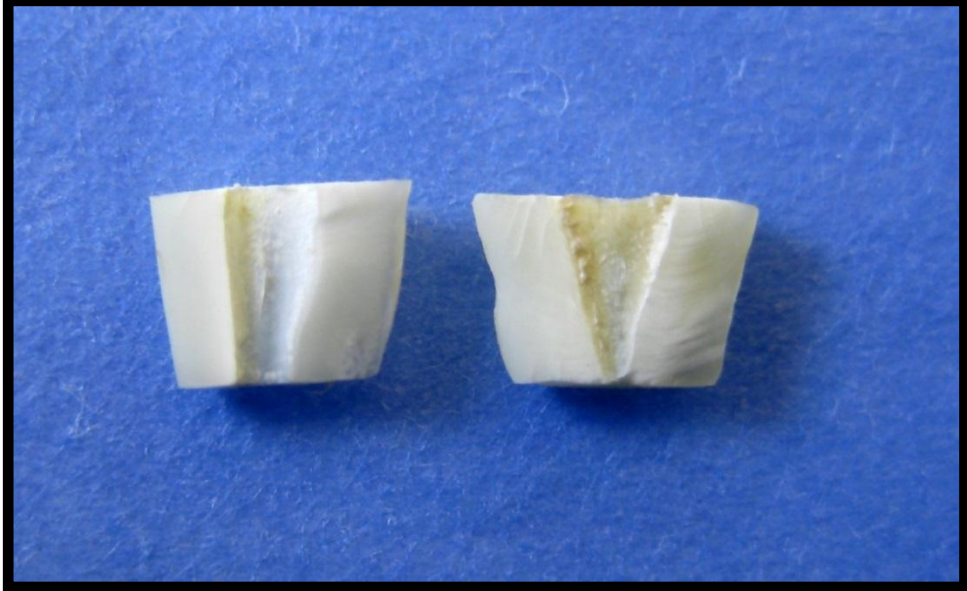
**Resim 8.** Kron kısmı uzaklaştırılmış dişin kök kısmı



**Resim 9.** Kök kısmına açılan 1 mm oluk



**Resim 10.** Kökün kırma yöntemiyle iki parçaya ayrılması

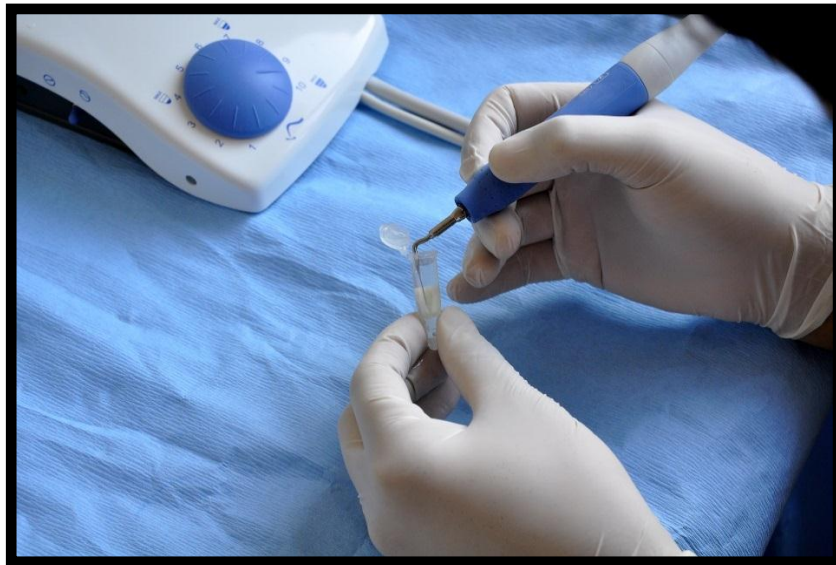


**Resim 11.** Örneklerin kök orta üçlüsünün ayrılması

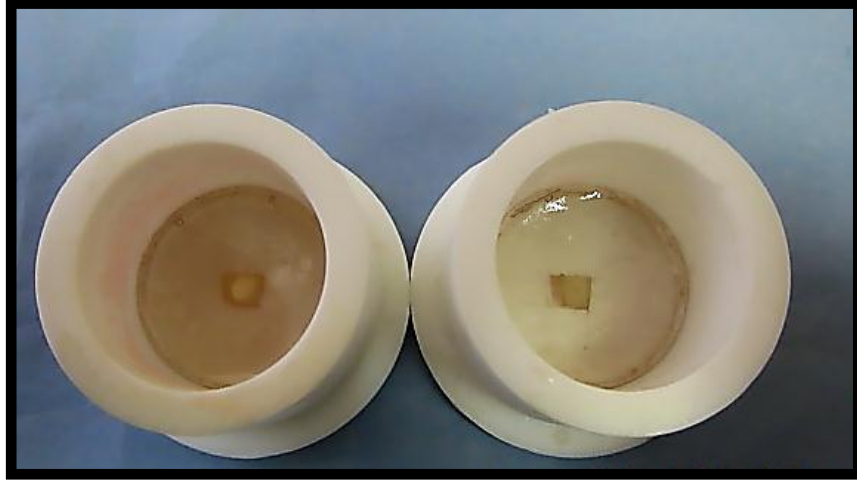




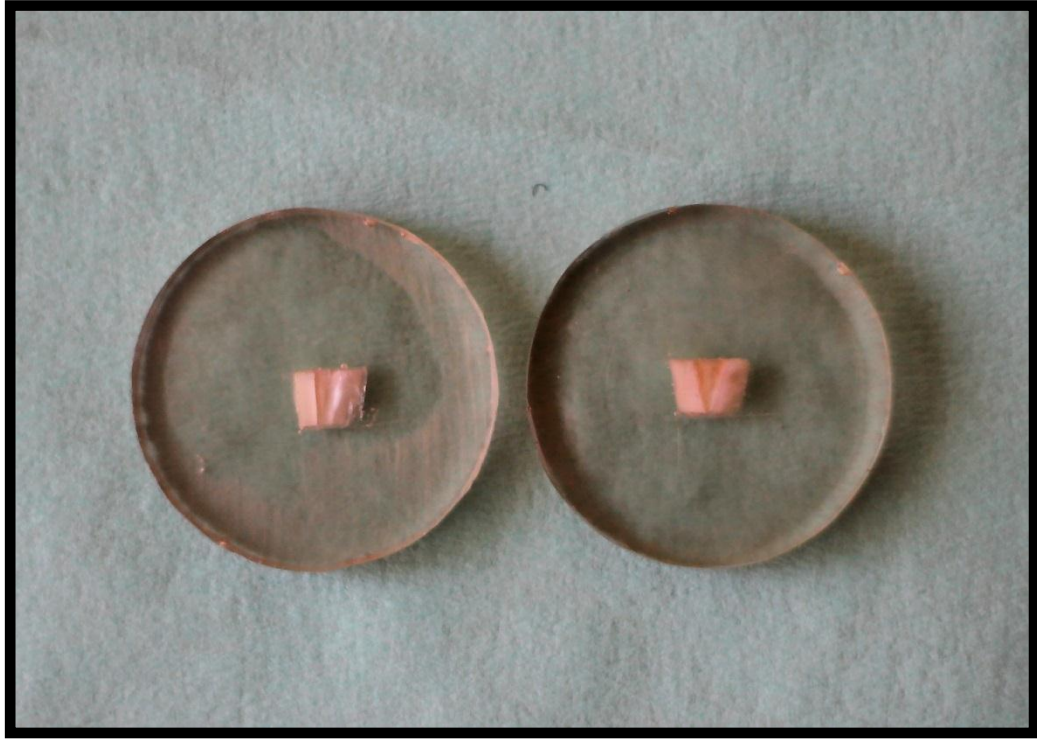
**Resim 12.** Deneyde kullanılan ultrasonik cihaz



**Resim 13.** Ultrasonik cihaz ile örneklerin distile su kullanılarak yıkanması



**Resim 14.** Örneklerin teflon kalıplarda polyester rezine gömülmesi



**Resim 15.** Teflon kalıptan çıkarıldıktan sonra polyester rezine gömülmüş örnekler

### **3.3. Örneklerin Element Konsantrasyon Analizi (Alt grup 1a) için Hazırlanması**

Örnekler dehidrasyon için %50 etil alkolde 45 dk, %75 etil alkolde 30 dk, %90 etil alkolde 15 dk, %100 etil alkolde 5 dk. bekletildi ve kağıt koniler yardımıyla kurutuldu. Daha sonra vakum cihazı (Polaron SC 7620 Sputter Coater, Quorum Tech. West Sussex, UK) altında yaklaşık 200 Å kalınlığında altın-palladyum kaplaması yapıldı ve elemental konsantrasyon analizi için örnekler hazırlanmış oldu.

### **3.4. X-Işını Analiz Yöntemi (SEM-EDX ve SEM-WDX) ile Element Konsantrasyon Analizi**

Analiz öncesi, her element için o elemente ait kalibrasyon örneği kullanılarak sistemin kalibrasyonu yapıldı. Yüzeyin elemental analizi için SEM-EDX (Scanning Electron Microscopy-Energy Disspersive X-ray) ve SEM-WDX (Scanning Electron Microscopy-Wavelength Disspersive X-ray) analiz ölçümleri taramalı elektron mikroskobu (JEOL-JSM-5200, Tokyo, Japan) altında örneklerin daha önce belirlenen bölgesinden (kök orta üçlünün pulpal yüzeyi) elemental analiz işlemi yapıldı.

Toplam 6 elementin, F, Ca, Na, P, Mg ve Zn, yüzde ağırlık değerleri ölçüldü. Bu elementlerden F elementinin analizi SEM-WDX yöntemi kullanılarak, diğer 5 elementin (Ca, Na, P, Mg ve Zn) analizi ise SEM-EDX yöntemi kullanılarak yapıldı.

### **3.5. Örneklerin Mikrosertlik Ölçümü İçin (Alt grup 1b) Hazırlanması**

Örnekler pulpal yüzeyleri açıkta kalacak şekilde teflon kalıp kullanılarak polyester rezin (Dewilux 196, DYO, İstanbul, Türkiye) içine gömüldü. Daha sonra 2 mm kalınlık elde edilene kadar kalıba gömülmüş örneklerin sement yüzeyinden aşındırıldı. İstenilen kalınlığa ulaşıldıktan sonra ölçüm yapılacak yüzeyleri parlatıldı. Parlatma işlemi 600, 1200, 2400 ve 4000 numara ince zımparalar ile (Marshall Boya, İstanbul) 1'er dakika kullanılarak gerçekleştirildi (Struers MD Rondo, Denmark) (Resim 16).

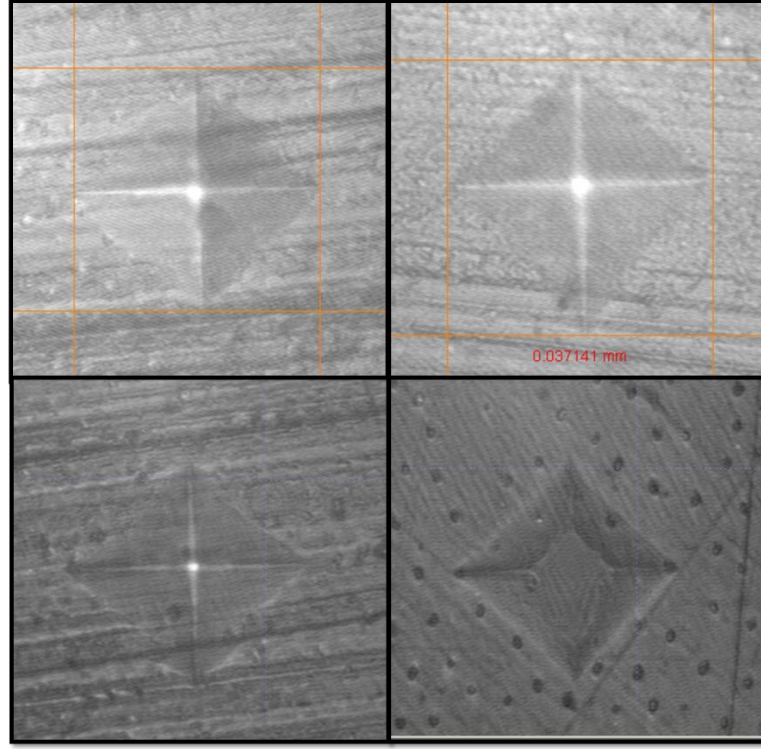




**Resim 16.** Örnek yüzeylerinin parlatma işleminin yapıldığı zımparalar

### **3.6. Örneklerin Vickers Mikrosertlik Yöntemi Kullanılarak Mikrosertliğinin Ölçülmesi**

Örnekler Vickers test cihazına konuldu (*Mitutoyo, Series 810, U.S.A.*) ve mikrosertlik ölçüm cihazında bulunan  $136^\circ$  tepe açılı elmas piramit şeklindeki uç 50 g kuvvetle, 10 sn yükleme yapıldı (Resim 17). Yüzeyde oluşan piramit izin köşegenleri, mikroskop altında işaretlendi ve Vickers sertlik değeri (VHN) belirlendi. Her örneğin orta üçlüsünün farklı bölgelerinden 10 ölçüm yapıldı. Daha sonra bu 10 ölçüm değerinin ortalaması alınarak temsili değer elde edildi.



**Resim 17.** Vickers test cihazında örneklerin dentin yüzeyinde elmas uç ile elde edilen piramit izler

### **3.7. Örneklerin Dentin Tübül Sayısı ve Yoğunluğunun (Alt grup 2) Belirlenmesi İçin Hazırlanması**

Örnekler dehidrasyon için %50 etil alkolde 45 dk, %75 etil alkolde 30 dk, %90 etil alkolde 15 dk, %100 etil alkolde 5 dk. bekletildi ve örnekler kağıt koniler yardımıyla kurutuldu. Apikal koronal yönde üç eşit parçaya bölündü ve kök orta üçlüsüne gelen bölgenin pulpal yüzeyi belirlendi. Daha sonra vakum cihazı (Polaron SC 7620 Sputter Coater, Quorum Tech. West Sussex, UK) altında yaklaşık 200 Å kalınlığında altın-palladyum kaplaması yapıldı ve elemental konsantrasyon analizi için örnekler hazırlanmış oldu.

### **3.8. Örneklerin SEM’de İncelenmesi**

Her örnekten 8000’lik büyütme ile kök orta üçlüsünden, dentin tübüllerinin en açık şekilde görüldüğü yerden fotoğraf çekildi (Resim 18 ve 23). Daha sonra görüntüdeki bütün dentin tübüllerinin alanları ölçüldü, tübülleri sayıldı. Örneklerin dentin tübüllerinin alan hesaplanmasında, sayı sınırlandırması yapılmaksızın tübül ağız sınırları belirgin olan dentin tübülleri seçildi. Dentin tübül alan ve dentin tübül

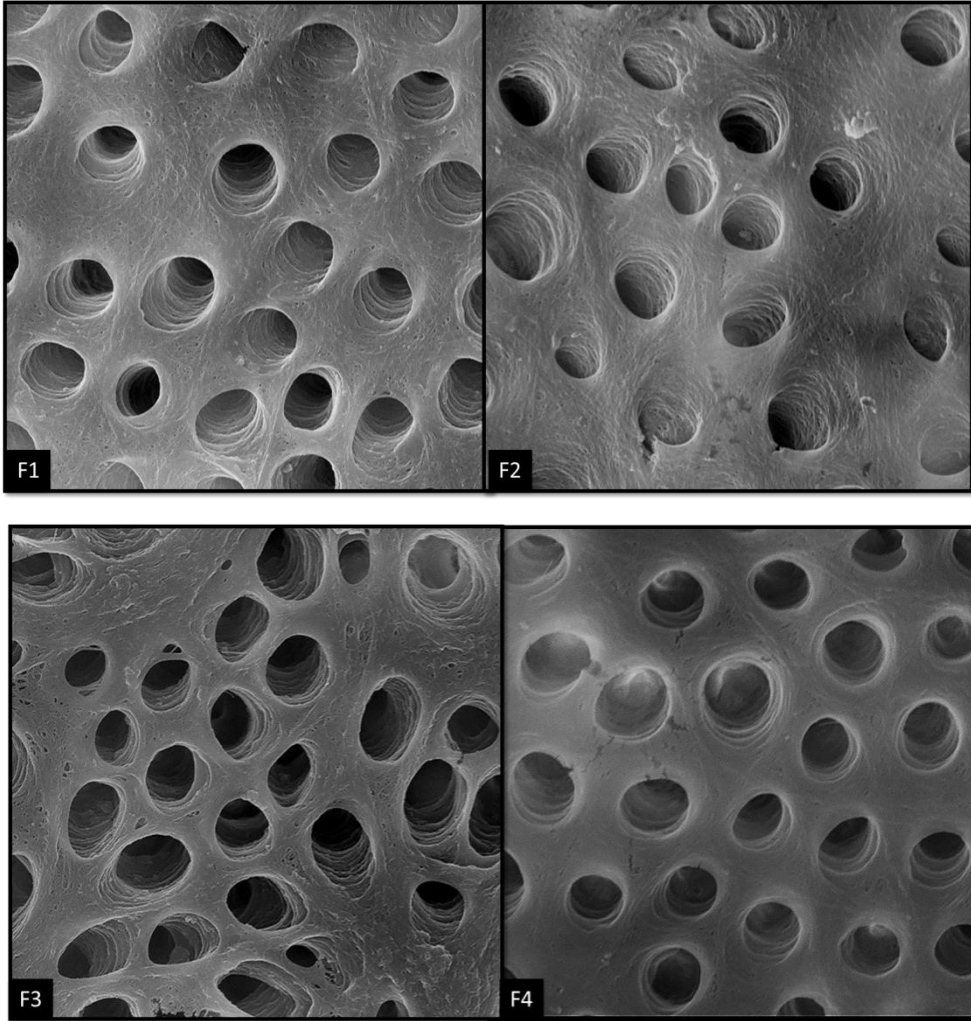
sayıları bir bilgisayar programı yardımıyla hesaplandı (AutoCad 2007). Bu işlem 10'ar gün arayla 3 kez tekrarlandı. Milimetre karedeki dentin tübül sayısı Forssell-Ahlberg ve ark.'nın (24) raporundaki formüle göre hesaplandı:

$$X=1000000.(n/A)^2$$

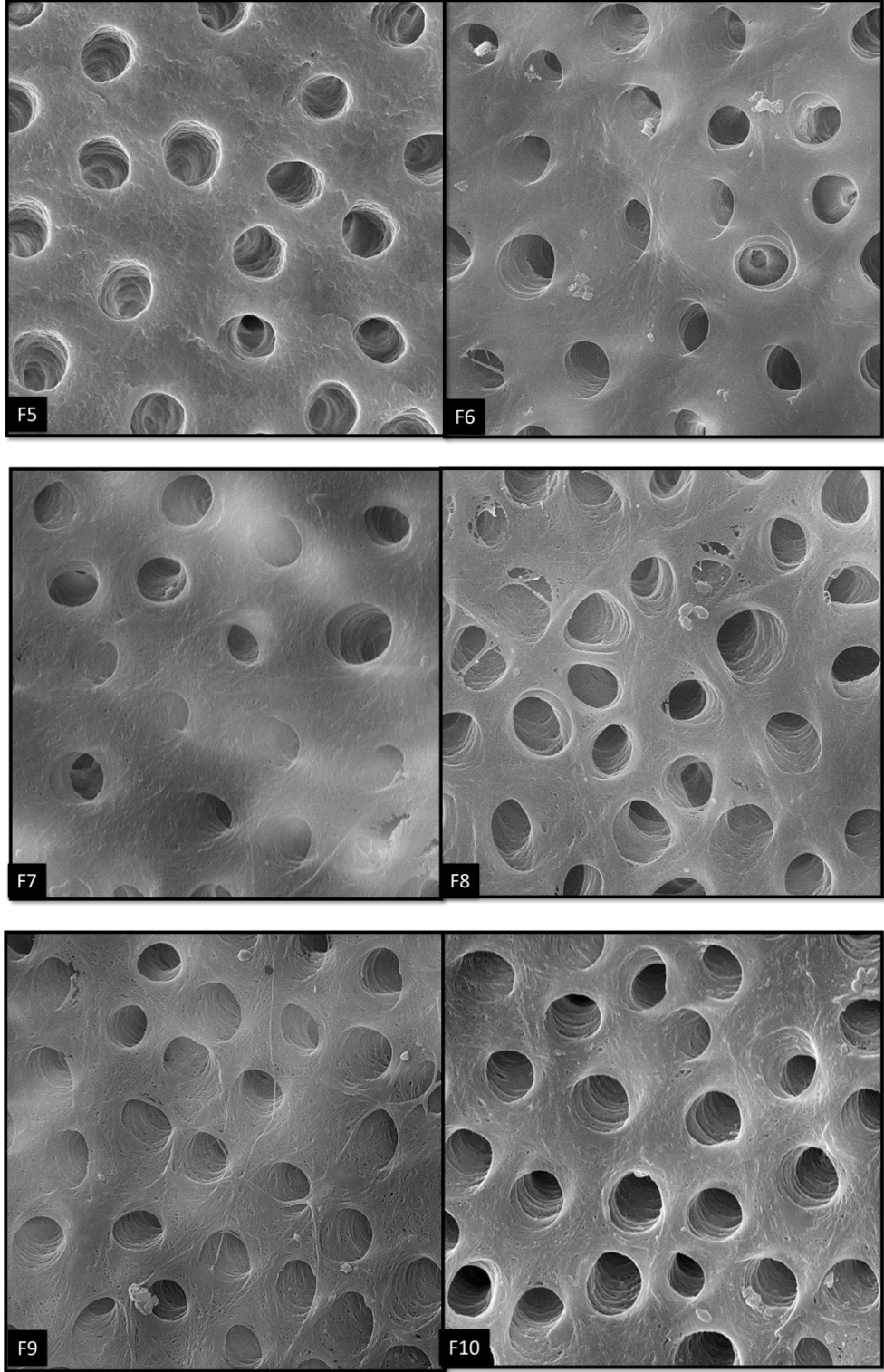
*X; mm<sup>2</sup>'deki tübül sayısı*

*n; resimdeki tübül sayısı*

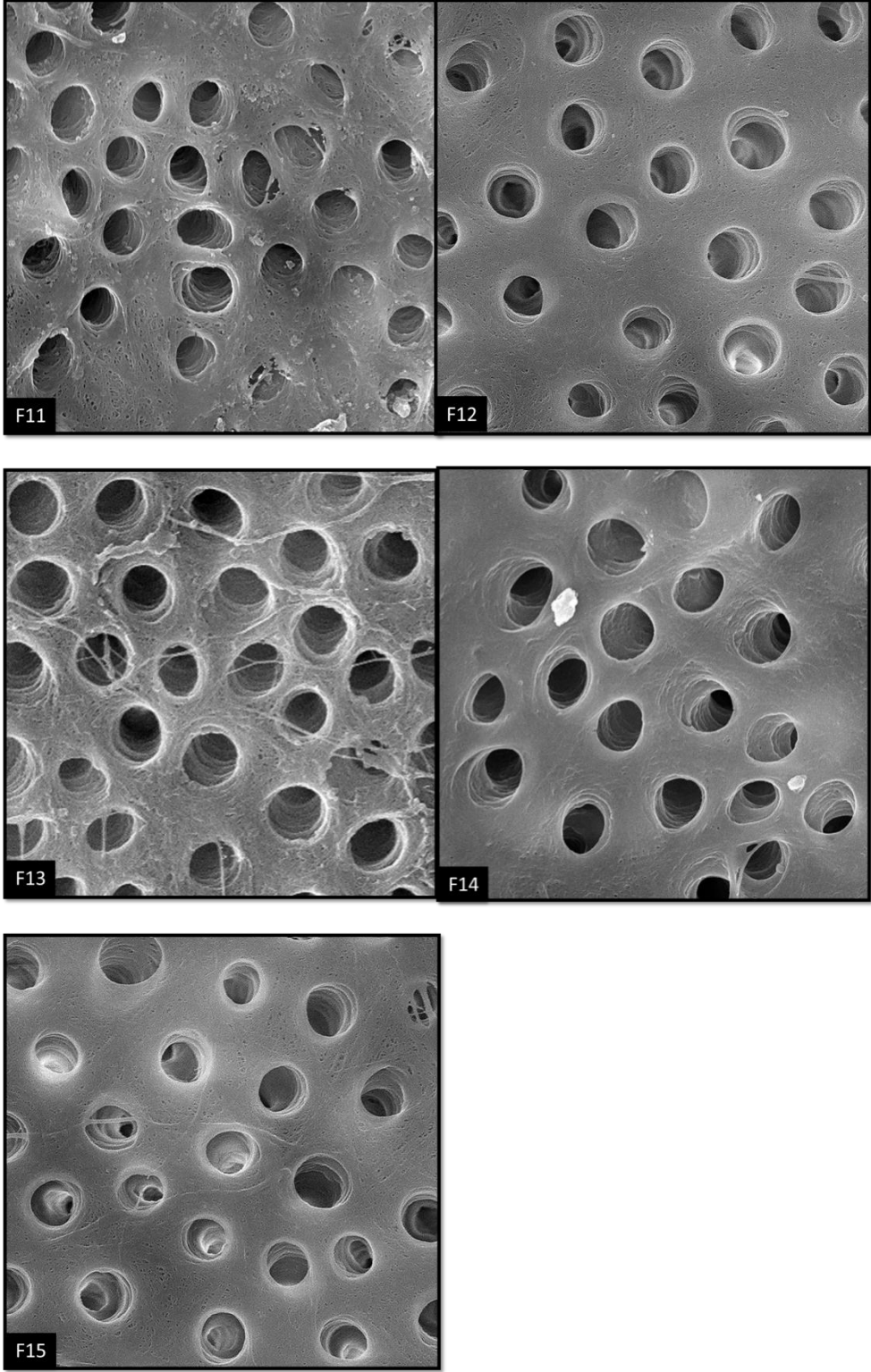
*A; resmin alanı (μm<sup>2</sup>)*



**Resim 18.** Florozisli dişlerden elde edilen smear tabakasından temiz açık dentin tübüllerinin görüntülediği SEM görüntüleri (Örnek 1-4)

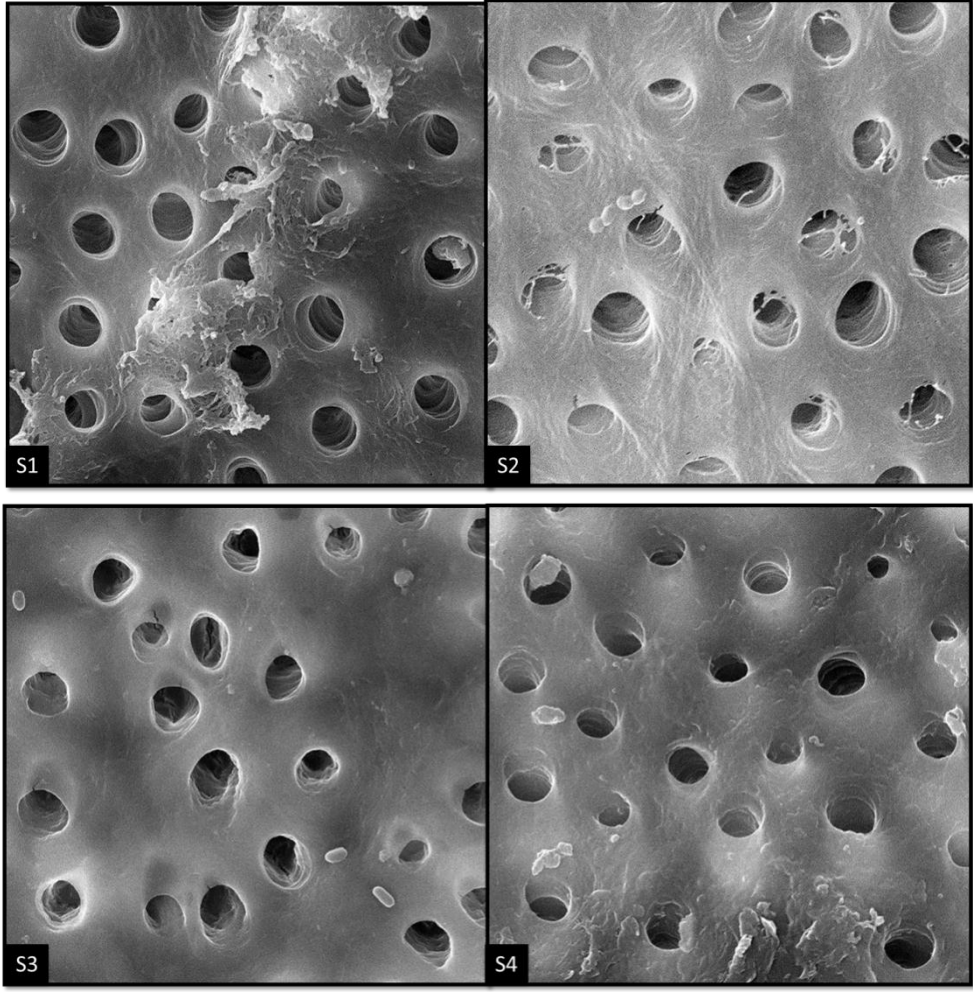


**Resim 19.** Florozisli dişlerden elde edilen smear tabakasından temiz açık dentin tübüllerinin görüntülediği SEM görüntüleri (Örnek 5-10)

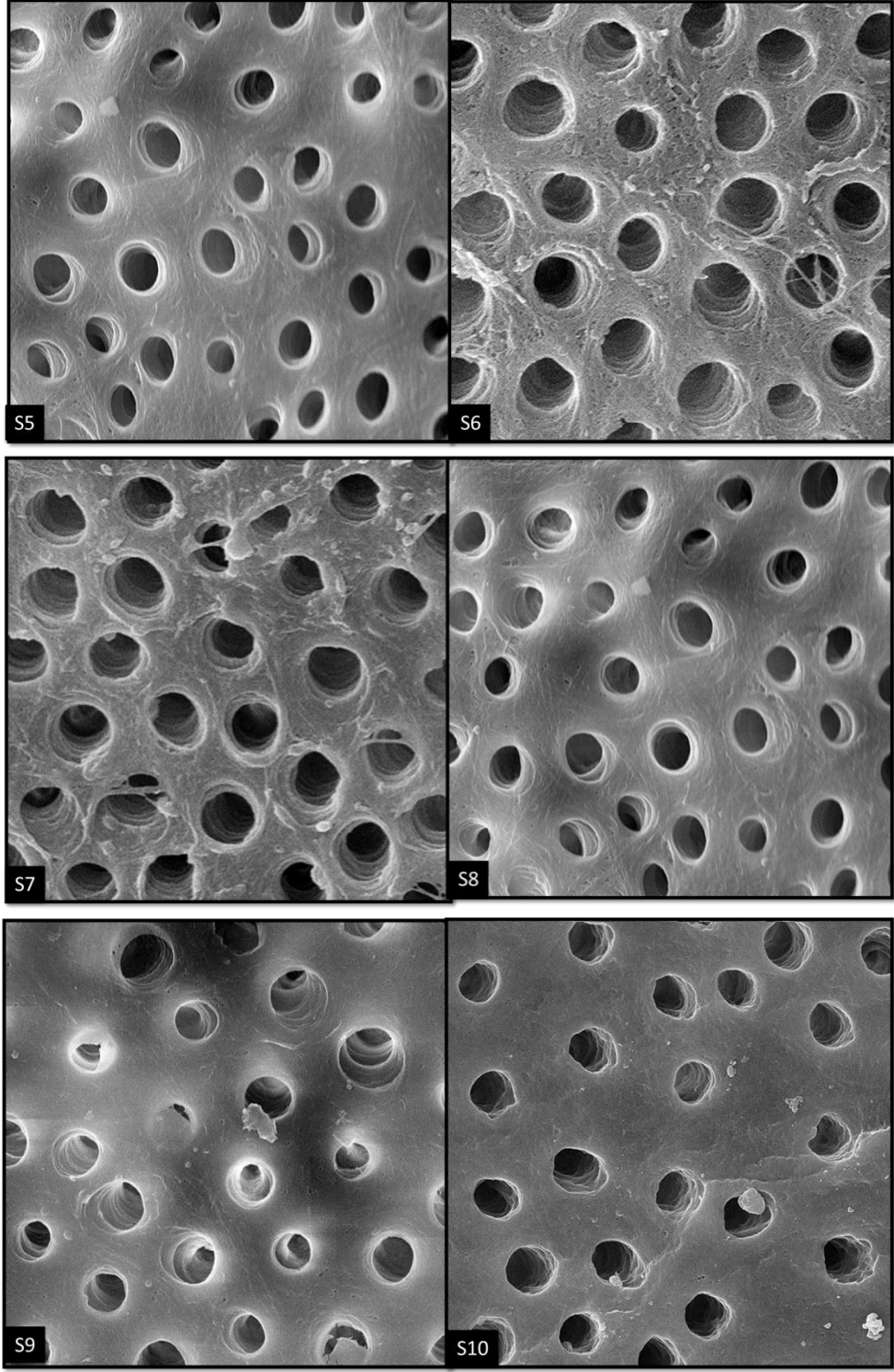


**Resim 20.** Florozisli dişlerden elde edilen smear tabakasından temiz açık dentin tübüllerinin görüntülediği SEM görüntüleri (Örnek 11-15)

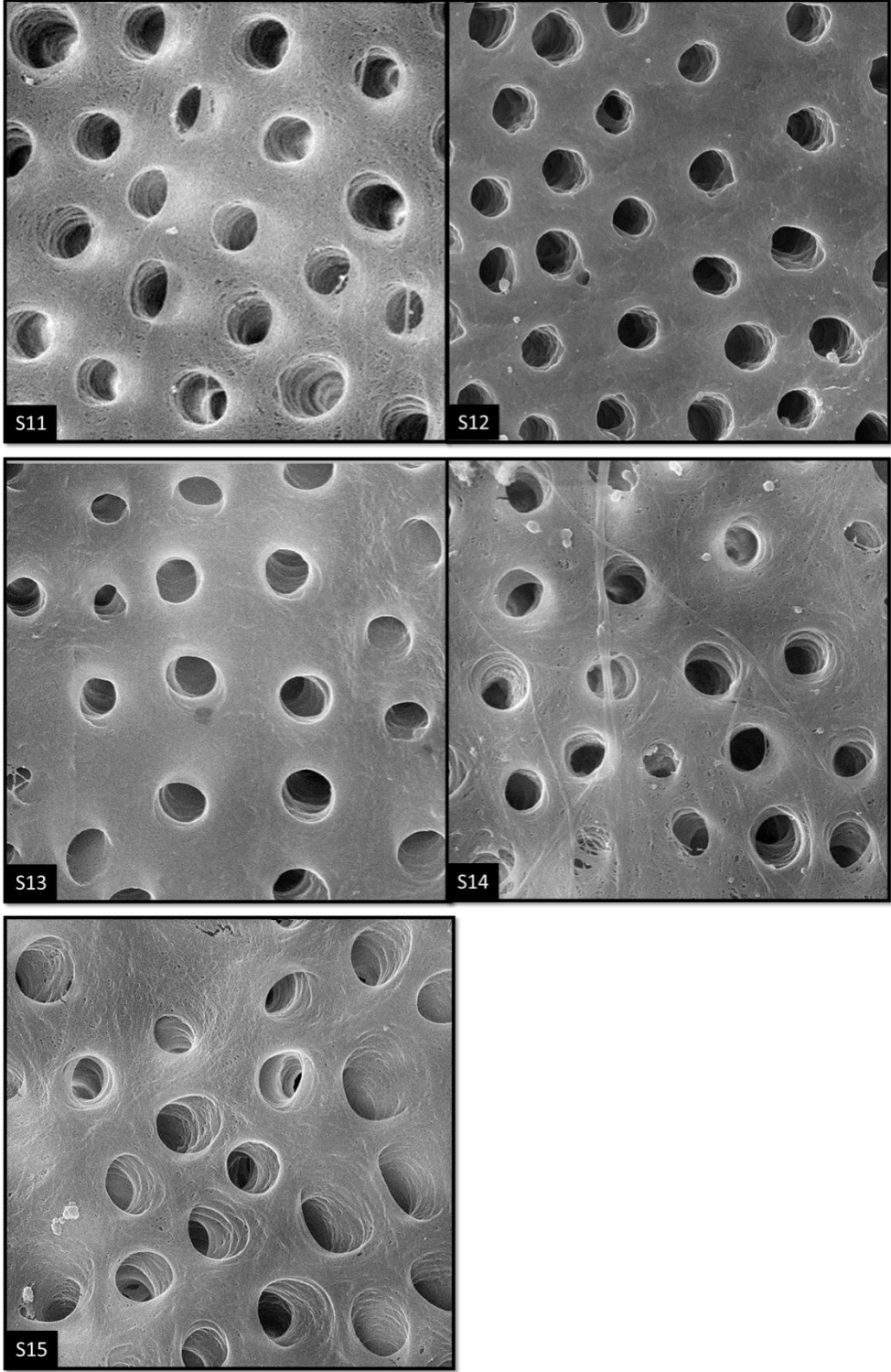




**Resim 21.** Sağlıklı dişlerden elde edilen smear tabakasından temiz açık dentin tübüllerinin görüntülediği SEM görüntüleri (Örnek 1-4)



**Resim 22.** Sağlıklı dişlerden elde edilen smear tabakasından temiz açık dentin tübüllerinin görüntülediği SEM görüntüleri (Örnek 5-10)



**Resim 23.** Sağlıklı dişlerden elde edilen smear tabakasından temiz açık dentin tübüllerinin görüntülediği SEM görüntüleri (Örnek 11-15)



### 3.9. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz programı olarak SAS sistemi kullanılmıştır. İlk olarak verilerin normalitesi ve homojenitesi sırasıyla Kolmogorov-Smirnov ve Levene testleri kullanılarak yapıldı. Elementlerin % ağırlık, Vickers sertlik değeri (VSD) ile tübüllerin sayısı ve yüzey alanı t-test ( $P < 0.05$ ) ile analiz edildi. Element % ağırlık değerleri ile VSD arasındaki ve tübüllerin sayısı ile yüzey alanı arasındaki ilişki Pearson Correlation testi kullanılarak değerlendirildi. F elementinin % ağırlık değerine göre mikrosertlik ve diğer element seviyelerinin tahmin edilebilmesi için Regresyon analiz testi yapıldı. Bu teste göre değerler  $y = a + bx$  formülüne göre yerleştirilir. Formülde y; bağımlı değişken, yani tahmin edilmesi istenen veya etkilenen karakter, a; sabit değeri, b; bağımsız değişkenin tahmin değeri, x ise bağımsız değişken olarak tanımlanır.

## 4. BULGULAR

Bu çalışma üç bölümde gerçekleştirilmiştir. Birinci bölümde grupların Ca, P, Mg, Na, Zn ve F elementlerinin yüzde ağırlık değerleri SEM-EDX ve SEM-WDX yöntemi ile ikinci bölümde mikrosertlik değerleri Vickers yöntemi ile ve üçüncü bölümde ise dentin tübül yapısı SEM (scanning elektron mikroskobu) ile incelendi.

### 4.1. Element Konsantrasyon Analiz Bulguları

**Tablo 5.** Element konsantrasyon analiz bulguları tablosu

Değişken	Gruplar	N	Ortalama	Standart Sapma	En düşük değer	En yüksek değer	P
Ca	Florozisli	15	22.861	1.2434	21.024	25.588	<0.001
Ca	Sağlıklı	15	17.407	1.035	15.581	18.932	<0.001
Ca	Diff (1-2)		5.4545	1.1439			
P	Florozis	15	14.541	0.7963	13.652	16.134	<0.001
P	Sağlıklı	15	11.424	0.6276	10.076	12.248	<0.001
P	Diff (1-2)		3.1169	0.7169			
Mg	Florozis	15	0.2058	0.0257	0.171	0.258	<0.001
Mg	Sağlıklı	15	0.1609	0.0139	0.138	0.187	<0.001
Mg	Diff (1-2)		0.0449	0.0207			
Na	Florozis	15	0.2677	0.0369	0.215	0.348	<0.001
Na	Sağlıklı	15	0.156	0.0266	0.115	0.199	<0.001
Na	Diff (1-2)		0.1117	0.0322			
Zn	Florozis	15	0.1421	0.0178	0.119	0.179	<0.001
Zn	Sağlıklı	15	0.1062	0.0083	0.092	0.118	<0.001
Zn	Diff (1-2)		0.0359	0.0139			
F	Florozis	15	0.1263	0.0207	0.0997	0.1739	<0.001
F	Sağlıklı	15	0.045	0.0089	0.0356	0.057	<0.001
F	Diff (1-2)		0.0813	0.0159			

Ca, P, Mg, Na, Zn ve F elementleri iki grupta da ortalamalar yönünden florozisli grupta anlamlı düzeyde ( $p < 0.001$ ) daha fazla çıkmıştır.

### 4.2. Vickers Mikrosertlik Yöntemi ile Mikrosertlik Bulguları

**Tablo 6.** Örneklerin mikrosertlik değerleri t-test tablosu

Değişken	Grup	N	Ortalama	Standart sapma	Standart hata	En düşük değer	En yüksek değer	P
VSD	Florozis	15	74.7	2.9	0.8	69.7	81.7	<0.001
VSD	Sağlıklı	15	46.3	3.6	1.0	41.5	53	<0.001
VSD	Diff (1-2)		28.5	3.3	1.2			

Florozisli grubun VSD değeri sağlıklı gruptan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde fazla çıkmıştır ( $p<0.001$ ). Florozisli dişlerin mikrosertlik ortalaması 74,7 VSD olarak bulunmuştur. Sağlıklı dişlerinki ise 46,3 VSD'dir.

### 4.3. SEM Bulguları

Florozisli ( $35340\pm9785$ ) ve sağlıklı dişlerin tübül sayıları ( $48269\pm6955$ ) arasındaki fark, tüm örneklerde istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0.003$ ). Tübül yüzey alanlarının ortalaması florozisli dişlerde ( $5.53 \mu\text{m}^2\pm1.38 \mu\text{m}^2$ ) sağlıklı dişlerden ( $3.37 \mu\text{m}^2\pm 0.77 \mu\text{m}^2$ ) daha yüksektir ( $p<0.001$ ). Grupların tübül sayıları ve tübül yüzey alanı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Florozisli grupta dentin tübül sayısı sağlıklı gruba göre daha az fakat tübül alanı daha büyük olarak bulunmuştur.

**Tablo 7.** Dentin tübül sayı, çevre ve alan değerlerinin tablosu.

Değişken	Grup	N	Ortalama	Standart sapma	Standart hata	En düşük değer	En yüksek değer	P
Tübül Alanı	F	255	5.533	1.3789	0.0863	2.3304	9.6109	<0.001
Tübül Alanı	S	270	3.3692	0.7652	0.0466	1.8573	5.578	<0.001
Alan	Diff (1-2)		2.1637	1.1066	0.0966			
Çevre	F	255	8.356	1.0896	0.0682	5.4603	11.312	<0.001
Çevre	S	270	6.506	0.7505	0.0457	4.4149	8.423	<0.001
Çevre	Diff (1-2)		1.85	0.9308	0.0813			
Tübül sayısı	F	15	35340	9784.8	2526.4	23750	56731	<0.001
Tübül sayısı	S	15	48269	6954.7	1795.7	34615	57692	<0.001
Tübül sayısı	Diff (1-2)		-12929	8488.5	3099.6			

### 4.4. Grublardaki İncelenen Değerlerin (Na, Ca, P, Mg, Zn, F ve VSD) Birbirleriyle Olan İlişkisi

Gruplar arasında yapılan Pearson korelasyon testi sonuçları tablo 8'de gösterilmiştir. Ca ile P arasında florozisli grupta yüksek korelasyon ( $r=0.82$ ,  $p<0.05$ ), sağlıklı grupta ise orta dereceli korelasyon ( $r=0.63$ ,  $p<0.05$ ) bulunmuştur. VSD ile F elementi arasında florozisli grupta orta korelasyon ( $r=0.62$ ,  $p<0.05$ ), sağlıklı grupta yüksek korelasyon ( $r=0.81$ ,  $p<0.05$ ) bulunmuştur. Florozisli grupta Mg ile Zn arasında orta korelasyon ( $r=0.64$ ,  $p<0.05$ ) bulunmuştur.

**Tablo 8.** Grup 1 (diagonalın altında kalan kısım) ve grup 2'deki (diagonalın üstünde kalan kısım) incelenen değişkenler arasındaki Pearson Correlation katsayılarını ve önem düzeyleri.

		Ca	P	Mg	Na	Zn	F	VSD
<b>Ca</b>	p	1.00000	<b>0.62452</b>	0.41354	0.06151	0.14689	0.02700	-0.10358
	r		<b>0.0128</b>	0.1255	0.8276	0.6014	0.9239	0.7134
<b>P</b>	p	<b>0.82310*</b>	1.00000	0.34230	0.17626	-0.25036	0.03433	-0.21089
	r	<b>0.0002</b>		0.2117	0.5297	0.3681	0.9033	0.4506
<b>Mg</b>	p	-0.22153	-0.01355	1.00000	-0.13847	-0.00653	-0.10230	-0.14747
	r	0.4275	0.9618		0.6226	0.9816	0.7168	0.6000
<b>Na</b>	p	0.37211	0.41282	0.16696	1.00000	0.10683	-0.34727	-0.30279
	r	0.1720	0.1262	0.5520		0.7047	0.2047	0.2727
<b>Zn</b>	p	-0.08327	0.03017	<b>0.64146*</b>	0.25119	1.00000	-0.23855	0.01809
	r	0.7680	0.9150	<b>0.0100</b>	0.3665		0.3919	0.9490
<b>F</b>	p	0.40350	0.39452	0.28092	0.48840	0.35816	1.00000	<b>0.80935</b>
	r	0.1358	0.1456	0.3105	0.0647	0.1899		<b>0.0003</b>
<b>VSD</b>	p	0.14325	0.18096	0.31878	0.04801	0.25699	<b>0.61820*</b>	1.00000
	r	0.6105	0.5187	0.2468	0.8651	0.3552	<b>0.0140</b>	

\*Koyu renkli yazılan rakamlar diğer değişkenlerden istatistiksel olarak farklı ( $p < 0.05$ ) olduğunu gösterir.

#### 4.5. Regresyon Analiz Bulguları

F elementinin diğer elementler üzerine ve mikrosertlik üzerine etkisini değerlendirmek ve tahmin edilebilir bir formül oluşturmak için linear regresyon analizi yapılmıştır. Linear regresyon analizi sonucu F'a bağlı tahmin sonuçları ve formülleri tablo 9'da gösterilmiştir. Bu formül bize Ca, P, Mg, Zn, Na ve VSD değerlerinin F miktarına bağlı olarak hangi değerlerde olabileceğini belli bir doğruluk yüzdesine göre vermektedir. Bu denklem modeli;

$$Y = a + bx$$

(y, bağımlı değişken; a, sabit; b, F parameter estimate; x, bağımsız değişken [F]).

**Tablo 9.** F'a bağlı Linear Regression tahmin sonuçları genel tablosu.

<b>Karakterler</b>	<b>Regresyon denklemi</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Varyasyon katsayısı</b>	<b>P</b>
<b>Ca (model 1)</b>	14,88 +61,34*F	0,82	6,42	<0,001
<b>P (model 2)</b>	9,97 + 35,21*F	0,80	6,02	<0,001
<b>Mg (model 3)</b>	0,14 + 0,52* F	0,56	11,26	<0,001
<b>Na (model 4)</b>	0,1 + 1,2 * F	0,75	15,61	<0,001
<b>Zn (model 5)</b>	0,09 + 0,42 * F	0,65	11,12	<0,001
<b>VSD (model 6)</b>	32,93 + 321,93*F	0,92	7,03	<0,001

Oluşturulan bu denklem modeline göre F'a bağlı olarak Ca (model 1), P (model 2), Mg (model 3), Na (model 4), Zn (model 5) elementlerinin yüzde ağrlık değerlerinin ve mikrosertlik (model 6) değerinin tahmin edilebilme kapasitesi sırasıyla; %82, %80, %56, %75, %65 ve %92'dir. Bu değerlere göre tahmin yüzdesi en yüksek olan değişken mikrosertliktir.

## 5. TARTIŞMA

Dentin dokusu diş dokularının içinde mineral yoğunluğu en fazla olan dokudur. Bu nedenle, çürük, sklerozis ve yaş gibi faktörler yüzünden meydana gelen mikroyapısal değişikliklerin dentinin mekanik ve yapısal özellikleri üzerine olan etkisinin anlaşılması önemli bir noktadır. Klinik diş hekimliğinde dentinin özelliklerinin bilinmesi ve anlaşılması bağlanma yöntemlerinden preparasyon yöntemlerine kadar restoratif dental işlemlerin uygulanmasını etkiler (163). Bu çalışma kök dentin mikrosertliği ve Ca, P, Na, Mg ve Zn konsantrasyonları ile F konsantrasyonunu karşılaştıran, florozisli insan dişlerinin kök dentininde F konsantrasyonunu araştıran sınırlı sayıda yapılmış olan çalışmalardan biridir.

Ülkemizde sulardaki F düzeyi ve florozis sıklığı arasındaki ilişkiye dikkat çeken ilk çalışma 1955 yılında yapılmıştır. Araştırmada, Isparta'da doğup büyüyen bireylerin dişlerinde açık sarı renkten, koyu kahverengiye değişen renklerde lekeler bildirilmiştir (75). Velicangil ve Demirhindi 1957 yılında Isparta bölgesindeki diş florozisini yüksek florid içeren içme suyu ile ilişkilendirmiştir (193). Türkiye'de içme sularındaki F oranlarını ve florozis sıklığını araştıran çalışmalar yapılmıştır (194-196). Usmen ve ark. (196). Türkiye genelinde içme sularındaki F miktarlarını araştıran kapsamlı bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmaya göre Ispartanın merkez su kaynağından alınan örneklerdeki F miktarları 0,15 – 2,16 ppm olarak bulunmuştur. Sağlık bakanlığı tarafından 2003 yılında Türkiyenin Su Flor Haritası isimli bir kitap yayınlanmıştır. Bu kitaba göre Isparta merkezdeki su F miktarı 0,15–1,90 mg/l olarak belirlenmiştir. Isparta'da geçmişe göre florozis seviyesinde azalma görülse de, hala devam ettiği görülmektedir. Kır'ın yapmış olduğu bir çalışmada Isparta bölgesinde kullanılan suyun Gölcük krater gölü (0,79 – 1,55 mg/l F seviyesi), Eğirdir gölü (0,14 – 0,35 mg/l F seviyesi) ve Andık deresi (2,55–3,40 mg/l F seviyesi) olarak 3 farklı kaynaktan temin edildiği bildirilmiştir (194). İçme suyundaki F seviyeleri ile yapılan bu çalışmalar ve güncel klinik durumlar göstermektedir ki Türkiye'nin güneybatı kesiminde yer alan Isparta'nın bir endemik florozis bölgesi olduğu söylenebilir. Bu sebeple çalışmada kullanılan florozisli dişler, Isparta bölgesinden toplanmıştır. Sağlıklı dişler ise Antalya bölgesinde Manavgat Ağız Diş Sağlığı Merkezine başvuran ve o bölgede

yaşayan bireylerden elde edilmiştir. Antalya Manavgat bölgesindeki su flor seviyesi Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlemiş olduğu değerin altında olduğu için, deneyde kullanılan sağlıklı dişler bu bölgeden toplanmıştır (196).

Diş florozis seviyesinin belirlenmesinde; Dean sınıflandırması (76), Thylstrup ve Fejerskov sınıflandırması (TFI) (67), diş yüzeyi florozis sınıflandırması (TSIF) (72) ve florozis risk indeksi (FRI) gibi indeksler kullanılmıştır (73). Bu konuda kullanılan en eski sınıflandırma sistemi Dean'e ait olduğu söylenmiştir (69). Bu sınıflandırma sistemlerinin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Bu sistemleri karşılaştıran çalışmalar yapılmıştır. Dean indeksi TF indeksine göre daha basit bir indekstir. TFI'de yer alan 5 – 9 arasını ayırmadan tek bir sınıfa dâhil etmiştir. TSIF sınıflandırma sisteminde dişler kurutulmadan estetik açıdan değerlendirmeye olanak tanıyan bir sistemdir. Bu sistem daha çok estetik açıdan değerlendirme yapılacak olan çalışmalarda kullanılabilir. FR indeksi, diş gelişimi süresinde florozis riski ile ilgilidir ve F'a maruz kalma zamanını göstermede kullanılabilir, yani bu indeks risk faktörlerini belirlemek amacıyla epidemiyolojik çalışmalar için uygun olabilir (69,70). TF indeksinin hassas ve detaylı bir sınıflandırmaya imkân tanıyan, tekrar edilebilir bir sınıflandırma sistemi olması ile (197) ve klinik ve laboratuvar çalışmaları için uygun bir indeks olmasından (69) dolayı, biz çalışmamızda çekilmiş dişlerin florozis seviyesini belirlemek için TF sınıflandırma sistemini kullandık. TF indeksine göre TFI 4 – 5 diş florozis seviyesine sahip dişler seçilmiştir. Çalışmada standart bir deney grubu oluşturabilmek için ve dişlerin TF skoru belirlenirken birbirine yakın skorlarda yanılma olabilme olasılığına karşı ve yeterli sayıda diş bulma güçlüğü nedeniyle TFI 4 ve 5 sahip dişler kullanılmıştır.

Çalışmalarda kullanılan dişlerin saklama süreleri ve koşulları deneylerin doğruluğu açısından kritik öneme sahiptir. Dişlerin kullanılıncaya kadar içerisinde bekletildikleri solüsyonlar, dişin mineral yapısında değişimlere neden olabilmekte ve deney sonuçlarını etkileyebilmektedir (163). In vitro çekilmiş diş dentin çalışmalarında farklı saklama solüsyonları ve farklı saklama süreleri uygulanmıştır (198-201). Kullanılan saklama solüsyonları arasında distile su, formalin, etanol, salin solüsyonları ve tamponlanmış fosfat ringer's solüsyonları vardır. Sodyum fosfat tamponlu salinde bekletilen dentinde tuz çökmesinin

oluştugu gözlenmiştir (199). Saklama solüsyonunun tipine bağı olarak oluşan fiziksel ve yapısal değişiklikler, dentinde mineral ya da organik bileşenlerin çözülerek tübüllerin lümenlerinde yeniden birikmesine bağıdır. Su ve fosfat tamponlu salin gibi saklama solüsyonlarında saklanan dişlerin fiziksel ve yapısal özelliklerinin en büyük değisiklikleri sergiledikleri ve formalin gibi fiksatiflerin kullanımının dişlerin yapısal ve fiziksel özelliklerini daha koruyucu etkilerinin olduğu bildirilmiştir (202,203). %10'luk formalinin zamanla dişte meydana gelen değişimi sınırlayan en etkili saklama solüsyonu olarak rapor edilmiş ve bunu sırasıyla %70'lik etanol, su ve fosfat tamponlu salin izlemiştir (199). Dentin yapısında meydana gelen bu değişiklikler yapılacak olan deneysel uygulamalar üzerinde yanıtıcı sonuçlara sebebiyet verebilir. Bu nedenle çalışmamızda bu değişikliklere en az yol açan saklama solüsyonu olan nötral pH değerine sahip %10'luk formalin solüsyonu tercih edilmiştir.

Endodontik tedavi sırasında, endodontik irrigasyon (138), lazer uygulaması (204), kök kanal medikament kullanımı (205) gibi pulpa, pulpa artıkları, debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması gibi bir takım uygulamaların dentin yüzey morfolojisinin, dentinin mekanik ve fiziksel özelliklerini değiştirdiğini gösteren çalışmalar yapılmıştır (109,206). Örneğin; Doğan ve Çalt (109) 15 dakika %2,5 NaOCl uygulamasının dentinin mineral içeriğinde anlamlı kayıplar meydana getirdiğini göstermişlerdir. Sayın ve ark. (207) EDTA, EGTA, EDTAC, Tetrasiklin-HCl ve NaOCl'nin tek başına ve ardışık kullanımlarının, dentin mikrosertliği üzerine etkisini incelemişlerdir. Tek kullanımlarında solüsyonlarının tek başına uygulamışlar, kombine uygulamalarda ise her solüsyondan sonra aynı örneğe %2,5 NaOCl uygulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre; distile su dışındaki tüm solüsyonlar mikrosertliği azaltmıştır. Biz çalışmamızda kök dentin örneklerinin değişikliğe uğramamış halini incelemek istediğimiz için, dentin yüzeyinde herhangi bir değişiklik meydana getirebilecek pulpa, pulpa artıkları ve debrisin uzaklaştırılması için kullanılan irrigasyon işlemlerini uygulamadık. Bu nedenle örneklerimizi sadece ultrasonik cihazda distile su kullanılarak temizledik.

Dentin kompozisyonunun ve mikroyapısının bilinmesi veya bu yapılarda meydana gelen değişimler yapılacak olan tedaviyi etkileyebilir. Kalsifiye



dokulardaki element konsantrasyonlarını mikroyapısal seviyede belirlemek için bazı teknikler tanımlanmıştır. Bu teknikler;

1. Optik mikroskop yöntemi (17),
2. X-ışını mikroradyografi yöntemi (18),
3. Backscattered tarama elektron mikroskop (BSEM) yöntemi (19), olarak sıralanabilir.

Bu teknikler dentin minerilizasyon çalışmalarında kullanıldığında bazı eksiklikleri ortaya çıkar. Çünkü dentin yapısı homojen bir yapıya sahip değildir. Çalışmamızda dentin element analizi için X-ışını yöntemlerinden olan, SEM-WDX (F) ve SEM-EDX (Na, Ca, P, Mg ve Zn) yöntemleri kullanıldı. Bu yöntemler hızlı ve örneklerde çok az bir hazırlık aşaması gerektiren nicel değerler veren yöntemlerdir. Element analizinde iki farklı sistem kullanılmasının sebebi, F elementinin analiz yönteminin EDX analizi ile yapılamamasıdır. Örneğe gönderilen X ışınının F elementine çarptığında oluşturduğu enerji saçılması diğer elementlerin oluşturduğu enerji saçılmaları ile çakışmaktadır. Bu yüzden F elementinin analizi SEM-EDX analizi ile yapılamamaktadır. SEM-WDX analizinde ise elemente x-ışını çarpması sonucu saçılan dalga boyu ölçümü yapılır. Her elementin kendine özgü bir dalga boyu saçılması vardır. Bu nedenle F elementinin analizinde çakışma olmayan bir sistem olan SEM-WDX analiz yöntemi kullanıldı.

Dentin yüzeyinin inorganik ve organik içeriğindeki değişimler, dentinin sertliğini etkiler (207). Panighi ve G'Sell (156) çalışmalarında dişin mineral içeriğinin miktarıyla dişin sertliği arasında pozitif ilişki olduğunu ortaya koymuştur.

Materyallerin sertlik ölçümü, basit ve örneğe zarar vermeyen mekanik bir ölçümdür. Sertlik ölçümü, örnekten daha sert bir yapısı olan aletin ucunun penetrasyonuna karşı gelişen direnç ile ölçülür. Sertlik testleri, numerik değerler verir. Elde edilen bu değerler, maddenin Young modülü, basma stresi, maddenin anizotrop olması gibi çeşitli özelliklerine bağlıdır. Mikrosertlik değeri bir maddenin ana özelliği olarak kabul edilmez; sertlik değeri, bir maddenin sabit koşullardaki davranışdır (25). Şunu da belirtmek gerekir ki bu tür sertlik testleri genellikle metallere gibi, belli morfolojik homojenitesi olan maddelere uygulanır. Genellikle biyolojik materyaller, örneğin dentin, metal gibi maddelere göre daha az homojen

yapıdadır. Bu yapı da, sonuçlarda sapmalara sebep olabilir. Dentinin sertliği lokalizasyonuna bağlıdır ve pulpaya yaklaştıkça azalır (161). Büyük ve açık dentin kanalcıkları içeren pulpaya yakın peritübüler dentinin sertliği daha azdır (79). Carrigan ve ark. (132) servikalden apikal dentine doğru kanalcıkların yoğunluğunun azaldığını ortaya koymuştur. Pashley ve ark. (161) ise dentin mikrosertliği ile kanalcık yoğunluğunun ters orantılı olduğunu belirtmiştir. Bu histolojik bulgu, kökün servikal bölgesinde sertliğin daha az olmasının sebebidir. Dentinin lokasyonuna göre sertliği değiştiği için, sertlik çalışmalarının tutarlılığı açısından çalışma yapılan dentin lokasyonun tüm örneklerde aynı olmasına dikkat edilmelidir. Biz de çalışmamızda homojen dentin örnekleri kullandık ve ölçüm yapılan bölgeyi kökün orta üçlüsü olarak belirledik. Bu dentin örneklerinden sertlik ölçümleri pulpal yüzünden yapıldı ve her örnekte ölçümler 10 ayrı noktada yapılarak ortalaması alındı. Bu yaklaşımla oluşabilecek deneysel farklılıkları ortadan kaldırmayı ve karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmeyi amaçladık.

Mikrosertlik ölçümü dentinin mineral kaybı veya kazancı konusunda bilgi verebildiği için birçok diş mikrosertlik çalışmalarında Vickers, Knoop testleri gibi farklı sertlik ölçüm testleri kullanılmıştır (175,208-210). Çeşitli araştırmacılar yaptıkları dentin çalışmalarında dentin sertliğini ölçmek için Vickers mikrosertlik ölçüm testini kullanmışlardır ve en uygun testin bu test olduğunu bildirmişlerdir (162,168,175,207,209). Konvansiyonel Vickers sertlik ölçümünde, piramit uca yük uygulanır, yüzeyde oluşan izin köşegen uzunluğu ölçülür ve numerik değer elde edilir. Çalışmada Vickers mikrosertlik testinin kullanılmasının sebebi daha önceki çalışmalarda Vickers mikrosertlik testinin uygulanabilirliğinin kolay olmasının ve diş dokularında ki yüzey değişikliklerinin belirlenmesinde pratik bir şekilde uygulanabilmesinin daha önceki çalışmalarda gösterilmesidir (167,185,211). Her ölçüde malzemeye uygulanabilir bir test olan Vickers mikrosertlik testi kurallara uygun olarak tek bir uygulayıcı tarafından yapıldı ve piramit ucun yarattığı iz, deney sistemine uyumlandırılmış mikroskop yardımıyla ölçüldü.

Literatürde dentin tübül özelliklerinin incelendiği çalışmalarda SEM, dijital optik mikroskobu, atomik kuvvet mikroskobu, geçirmeli (transmission) elektron mikroskobu (TEM), bilgisayarlı X ışını mikrotomografisi gibi yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemlerden SEM dentin yüzeyi hakkında bilgi sağlamada en

sıklıkla kullanılan yöntemdir (21-24). SEM yöntemin avantajları; dentin yüzeyinin ve tübül yapısının gözlenebilmesi, yüksek yakınlaştırma özelliğinin bulunması, dijital fotoğraf alınabilme özelliği ve de ayrıca sayısal ölçüm yapılmasını sağlayan dijital imaj analiz yöntemleri ile kombine kullanım olanağının olmasıdır. Dezavantajı ise, yüksek vakum uygulamasından dolayı dentinin su içeren komponentlerinin gözlenememesidir (212,213). Dentin dokusunun yüksek yakınlaştırmada SEM ile incelenmesi sonucu elde edilen dijital fotoğraflar; yazılımlar yardımı ile işlenerek, karşılaştırılabilir veriler elde edilebilmektedir (214).

Daimi dişlerde dentin dokusunun rezorbsiyona uğramaması, kemiğe göre daha kolay bir şekilde elde edilmesi ve neredeyse yaşam boyu F'u depolamaya devam etmesi gibi özelliklerinden dolayı, kronik olarak F alımının en iyi göstergesi olarak kabul edilebilir. Yani şunu söyleyebiliriz, bireyin yaşam boyunca maruz kaldığı F'u en iyi dentindeki F yoğunluğu temsil eder (30,55,80).

Çalışmamızda kullanılan dişler iki farklı bölgeden elde edilmiştir. Bu bölgeler, florozisli dişlerin elde edildiği doğal olarak florlu bölge olan Isparta bölgesi ve florlu olmayan bölge olan Antalya Manavgat bölgesidir. Çalışmamızda florozisli ve sağlıklı daimi dişlerin kök orta üçlüsü dentin dokusunda ölçülen ortalama F miktarları yüzde ağırlık oranına göre sırasıyla  $0,13 \pm 0,02$  ve  $0,05 \pm 0,02$ 'dir. Çalışmamızın bulgularına göre florlu olan bölgeden edilen örneklerin F yoğunluğu daha fazla çıkmıştır ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $P < 0,001$ ). Kök ve kron dentininde benzer bulgulara ulaşan çalışmalar vardır, bu çalışmalarda dental dokulardaki F yoğunluğu ile sudaki F yoğunluğu arasında ilişki bulunduğu gösterilmiştir (30,55,61,80-84,215,216).

Florozisli dişlerin kök dentininde yapılan çalışma literatürde çok azdır, yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu kron bölgesinde yapılmıştır (29,61,74,77,80-84,217). Kato ve ark. (30) 1997 yılında doğal olarak florlu ve florlu olmayan bölgeden elde edilen insan daimi anterior dişlerinin kök dentin ve sement dokusundaki F profilini araştıran bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada 28 adet diş kullanılmıştır ve dişler içme suyundaki F miktarına göre, düşük F konsantrasyonuna sahip bölge (0,1 ppm) ve yüksek F konsantrasyonuna sahip bölge (1,0 – 1,3 ppm) olacak şekilde iki farklı bölgeden elde edilmiştir. Elde edilen dişler bu bölgelerde

doğmuş ve çekim yapılarına kadar bu bölgelerde oturmuş 30 – 60 yaş arası bireylerden elde edilmiştir. Çalışmada kökün apikal, orta ve servikal üçlüsünden örnekler hazırlanmış ve bu örneklerin dentinin pulpal yüzey bölümünün ve sementin F konsantrasyonları ölçülmüştür. Elde ettikleri bulgulara göre su F konsantrasyonu yüksek olan bölgeden elde edilen dişlerin dentin F miktarları, su F konsantrasyonu düşük olan bölgeden elde edilen örneklerden daha yüksek bulmuşlardır. Çalışmanın sonucuna göre yetişkin bireylerden elde edilen kök dentin ve sementin F konsantrasyonu içme suyundaki F konsantrasyonu ve yaş ile pozitif yönde ilişkili bulunmuştur (30). Bizim çalışmamızdaki bulgularda Kato ve ark.'nın yaptığı çalışma ile uyumlu çıkmıştır. Bizim çalışmamızda da örnekler endemik olarak florozisli bölge ve florozisli olmayan iki bölgeden toplanmıştır. Endemik olarak florozisli olan bölgeden elde edilen örneklerin dentin F miktarları istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha fazla çıkmıştır.

Yapılmış olan başka bir çalışmada düşük floridli bölgede (< 0,1 ppm) yedi yaşındaki çocukların süt molarlarının kron bölgesinde yapılan çalışmada, pulpal yüzeydeki dentin florid konsantrasyonları 250 ppm olarak bulunmuştur, bununla birlikte yüksek floridli bölgede (2 ppm) pulpal yüzeydeki florid konsantrasyonu 1000 ppm olarak bulunmuştur (218). Secondary ion mass spectrometry (SIMS) çalışmalarından elde edilen sonuçlarda sudaki florid konsantrasyonu hem süt hem daimi dişlerin florid konsantrasyonlarını direkt olarak etkilediği sonucunu ortaya çıkarmıştır (157). Bu çalışmaların sonuçları bizim çalışmamızdaki pulpaya komşu dentin yüzeyindeki F miktarının yüksek çıkması ile benzer şekildedir. Çalışmamızdaki pulpaya komşu dentin F miktarları florozisli dişlerde sağlıklı dişlere göre daha yüksek bulunmuştur.

Peripulpal bölgede F oranının yüksek olmasının nedeni da dentin ve vasküler sistem arasında iyonik değişimin gerçekleşmesidir. F alınımı muhtemelen dentin tübüler yapısı, dentin sıvısı miktarı ve doku metabolik aktivitesi ile ilişkilidir. Dentindeki florür birikimi ya kısmen damar sisteminden pasif difüzyonu ile ya da kısmen odontoblastların aktif transportu sonucu olabilir (85).

Mukai ve ark. (55) canlı ve canlı olmayan pulpalı insan daimi dişlerinin kök dentin ve sementindeki florid dağılımını araştıran bir çalışma yapmışlardır.

Çalışmada 20 – 73 yaş arası hastalardan elde edilen 11 canlı pulpalı ve 11 canlı olmayan pulpalı daimi dişleri kullanmışlardır. Diş örneklerinin florid seviyesi mikro abraziv tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre canlı pulpalı dişlerin pulpal dentin tabakasındaki florid miktarı canlı olmayan dişlerinkinden önemli düzeyde artmış olarak bulmuşlardır ve bu miktarın yaşa bağlı olarak artmış olduğunu gözlemlemişlerdir. Canlı pulpanın ve yaşın pulpaya komşu dentin tabakasında florid birikimi için önemli faktörler olduğu sonucuna varmışlardır. Thuy ve ark. (80) Vietnam’da suların florlanmasından sonra diş yapısına alınan F’u değerlendiren, insan premolar dişlerinin kron bölgesinde bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, premolar dişlerin mine-dentin birleşimine kadar mine yüzeyi ve pulpal yüzeye kadar olan dentin dokusundaki F konsantrasyonu ölçülmüştür. F konsantrasyonunun genel olarak dentinde mineden daha fazla olarak bulmuşlar ve bu miktarın pulpa ile temasta olan derin dentin kısmında en yüksek seviyede olduğunu tespit etmişlerdir (80). Yoon ve ark.’nın (215) yapmış olduğu benzer bir çalışmada benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Dentindeki F konsantrasyonunun sudaki F seviyesine bağlı olarak artmış olduğu, dentin F seviyesinin mineden daha fazla olduğu ve dentindeki F miktarının pulpaya komşu dentine yaklaştıkça arttığı, dış yüzeye yaklaştıkça azaldığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Başka bir çalışmada, Singer ve Armstrong (29) 1969 yılında, rat molar dentinindeki F miktarı ile kemikte biriken F’u tahmin eden bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada rat kalsifiye dokuları ile florid içeriği arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmada 80 tane erkek rat kullanılmıştır. Ratlar dört gruba ayrılmışlardır, ratların beslenmesi 50 ppm florid içeren labaratuvar besini ve distile su kullanılarak beslenmiştir. İlk grup kontrol grubu olarak 2 gün sonra sakrifiye edilmiştir ve diğer gruplar sırasıyla 20, 40 ve 60 gün sonra sakrifiye edilerek femur, mandibula, vertebra, plazma ve molar dişlerin dentin içerdiği florid miktarları araştırılmıştır. Araştırmacılar, ratların dentinindeki florid içeriğinin 20 günden sonra artmaya başladığını fakat femur, vertebra ve mandibuladaki artışın aynı derecede olmadığını görmüşlerdir. Dentinde biriken florid miktarının kemiklerdeki ortalama florid miktarını %10 oran ile tahmin etmede kullanılabileceğini söylemişlerdir. Bu bakımdan dentinde biriken F miktarı bize kişinin diğer sert dokularında biriken F miktarını tahmin edebilme olasılığı sunmaktadır ve kişinin iskeletsel florozise

yakalanma riski tahmin edilebilir. Biz çalışmamızda iskeletsel bir florozis için araştırma yapmadık fakat bu konuda kök dentininde biriken F miktarı ile kemikteki F yoğunluğu arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışma yapılabilir.

Kortelainen'in yapmış olduğu başka bir hayvan çalışmasında, içme suyundaki floridin rat kron molar dentinin mineral kompozisyonu üzerine etkisini inceleyen bir çalışma yapmıştır. Çalışmada ratların içme sularına 0,1 ve 19 ppm florid içeren sodyum tuzu eklenmiştir. Ratların dentin örneklerinden mine dentin sınırından, dentin tabakasının ortasından ve pulpa dentin sınırından olacak şekilde üç bölgeden SEM'de x1000'lik büyütme kullanılarak mineral kompozisyon için Ca, P, F, Na, Mg ve Zn içerikleri incelenmiştir. Çalışmada örnekleri aynı zamanda, dentin mineral değişikliğini gösterebilmek için Back-scattered elektron görüntüleme yöntemi (COMPO) kullanılarak analiz etmişlerdir. Grilenme dereceleri minerilizasyon derecesini gösterir, örneğin beyaz alanlar iyi minerilizasyonu (mine gibi) ve siyah alanlar ise minerilizasyon olmayan alanları gösterir. İçme suyunda en yüksek florid konsantrasyonunun olduğu pulpaya komşu dentinin F içeriği kontrol grubundaki örneklerle karşılaştırıldığında 2 katı bulunmuştur (86). Bizim çalışmamızdaki F değeri florozisli grupta sağlıklı grubun 2,5 katı bulunmuştur ve istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p < 0.001$ ), bu değer Kortelainen'in çalışmasındaki pulpal yüzeydeki F değeri karşılaştırması ile benzer bir sonuçtur.

Aynı çalışmada Kortelainen, Mg seviyesini yüksek floridli grupta az da olsa artmış olarak gözlemlemiştir. Bizim çalışmamızda da değerler yüzde ağırlık oranına göre florozisli grupta 0,21 iken sağlıklı grupta 0,16 olarak çıkmıştır ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmüştür ( $p < 0.001$ ). Florid varlığında dokulardaki yüksek Mg seviyesi daha önce yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir (219). Çalışmamızda florozisli gruptaki Mg seviyesindeki artış daha önce yapılmış olan çalışmalar ile uyumlu çıkmıştır. Optimum seviyeden daha fazla F'a maruz kalan dokularda Mg'un artmış olarak karşımıza çıkmasının sebebi; F'un Mg'a bağlanması olabilir. Mg kimyasal olarak Ca ile ilişkili olmasına rağmen boyutu nedeniyle apatit içine girme eğiliminde değildir (157).

Yine aynı çalışmada Kortelainen içme suyundaki yüksek florid konsantrasyonuna bağlı olarak bütün örneklerdeki Na seviyesini artmış olarak

bulmuştur (86). Bizim yapmış olduğumuz çalışmada da yüzde ağırlık oranına göre Na seviyesi florozisli grupta 0,27 olarak bulunurken, sağlıklı grupta ise bu değer 0,16 olarak çıkmıştır ve aradaki bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p < 0.001$ ). Daha önceki SIMS (secondary ion mass spectrometry) çalışmalarında, Petersson ve ark. ve Frostell ve ark. yüksek florid seviyeli bölgeden elde edilen dişlerde Na seviyesinin insan dentininde sabit olduğunu tespit etmişlerdir (157,220). Bu sonuç Kortelainen ve bizim çalışmamızla uyuşmamaktadır, bu çalışmada Na seviyesi yüksek floridli grupta floridsiz gruba göre daha yüksek çıkmıştır. Bu farklılıkların örneklerin preparasyonlarının farklı yollarla yapılmasından ve incelenen dentin bölgesi olarak pre-dentin bölgesinin seçilmemiş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kortelainen F seviyesi yüksek olan grupta (19 ppm F) pulpaya komşu dentindeki Zn seviyesinin artmış olduğu rapor etmiştir. Bizim yaptığımız çalışmada florozisli grupta pulpaya komşu dentindeki Zn seviyesi (yüzde ağırlık oranına göre 0,14), sağlıklı gruptakinden (yüzde ağırlık oranına göre 0,11) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde fazla çıkmıştır. Kortelainen'in çalışmasındaki değerler ile uyumludur. Zn metabolik fonksiyonlarda ve bazı enzimlerin bulunmasında önemli bir role sahiptir. DNA senteziyle ilişkili olan alkalın fosfat (AFOS) seviyesinin artmasını Zn indükler ve bunun sonucunda kemik büyümesi stimüle olur (221). Rat maksiller kesici dişlerin dentininde ve homojen dokudaki odontoblastlarda AFOS'un varlığı gösterilmiştir (222). Engström ve ark. (223-225) yapmış olduğu bir dizi çalışmada normal ratlarla D vitamini ve Ca'dan eksik beslenen ratların enzim aktiviteleri rapor edilmiştir. İnsan dişlerinde alkalın fosfat en çok pulpanın subodontoblastik tabakasında ve pre-dentin tabakasında bulunmuştur (226). Yüksek Zn seviyesi (234 - 235 ug/g) pulpa çevresindeki dentinde koronal dentinden daha fazla olduğu bulunmuştur (62). Bu yüzden; florid ve çinkonun yüksek olduğu aynı alanlarda alkalın fosfat enzimi de artmış bir şekilde bulunmaktadır ve bu durum DNA sentezindeki değişikliklerle ve dentin apozisyonundaki kalite ve miktarının etkilenmesiyle sonuçlanabilir.

Kortelainen çalışmasında (86), Ca içeriğini 27,6 - 31,1 (yüzde ağırlık) arasında ve P içeriğini 14,2-16,6 arasında bulmuştur. İçme suyundaki florid miktarına rağmen Ca ve P miktarı pulpaya komşu dentin ve diğer ölçüm alanlarında benzer bir şekilde çıkmıştır. Bu çalışmada florid uygulanmış grup ve florid

uygulanmamış grup arasında fark bulunamamıştır. Bizim yapmış olduğumuz çalışmada ise florozisli grupta Ca ve P yüzde ağırlık oranına sağlıklı gruptan daha fazla çıkmıştır. Bu sonuçlar Kortelainen'in çalışmasındaki değerler ile uyuşmamaktadır. Flor elementinin miktarına bağlı olarak dentin minerilizasyonunun miktarını etkilediği daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir (2,84). Mukai ve ark. (55) canlı ve canlı olmayan pulpalı insan daimi dişlerinin kök dentin ve sementindeki florid dağılımını araştıran bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmanın bulgularına göre dentindeki F birikiminin yaşa bağlı olarak arttığı sonucuna varmışlardır. Korteineinin çalışmasında örneklerin floride maruz kalma süreleri 49 gün, bizim çalışmamızda ise elde ettiğimiz örneklerin floride maruz kaldığı süre 20 - 40 yıl arasındadır. Bizim çalışmamızda F'a maruz kalınan süre arttığı için minerilizasyon da artmıştır, dolayısıyla F'a daha uzun süre maruz kalan dişlerde Ca ve P elementinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artmış olması beklenebilir. Nitekim çalışmamızda da bahsedilen dişlerde Ca ve P yüzde ağırlık oranı daha fazla çıkmıştır. Ayrıca Kortelainen'nin kron dentininde çalışmış olması bu farklılığın bir diğer sebebi olabilir. Ancak literatürde kron ve kök dentininin F ve minerilizasyon seviyeleri karşılaştırmalı olarak değerlendiren bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Aynı şekilde florozisli dişlerin kron ve kök dentinin diğer fiziksel ve yapısal özelliklerini araştıran çalışmaya rastlanılmamıştır. Literatürde bu konuda çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır.

Vieira ve ark.(61,81-84) daimi diş kron bölgesinde F'un dentin mineralizasyonu, diş kalitesi, dentin tübül sayısı, dentin elastik modülü, dentin F miktarı, apatit kristal boyutu üzerine olan etkilerinin çalışıldığı bir dizi araştırma yapmışlardır. Çalışmalarda örnekler Kanada, Toronto'da (1ppm F), Kanada, Montreal (0,2 ppm F) ve Brezilya, Fortaleza (0,7 ppm) F'a maruz kalmış sürmemiş fakat gelişimi tamamlanmış veya kökleri kapanmış 3. molar dişlerden elde edilmiştir. Kanada'dan toplanan dişler biriktirme ve analiz işlemleri arında geçen süre boyunca - 20 C<sup>0</sup>'de saklanmıştır. Brezilya'dan toplanan dişler ise Kanada'ya timol solüsyonu emdirilen gazlı beze sarılarak gönderilmiştir ve daha sonra dondurulmuştur. Daha sonra dişlerin buzu çözdürülmüş ve akan su altında yıkanmış ve hava ile kurutulduktan sonra diş florozis derecesi TF indeksine göre değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmeye göre dişlerin TFI skoru 0-4 olarak belirlenmiş ve skor ortalaması ise



1,1 olarak hesaplanmıştır. Kron dentin ve minenin F değerlendirilmesinde Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA) kullanılmıştır. Bu yöntemde her bir örnek nötron bombardımanına tutulur ve örneklerdeki elementlerden kısa ömürlü radyoizotoplar üretilir. Bu izotoplar farklı karakteristik enerjili gama ışını yayarlar. Ortaya çıkan bu gama ışınları örneklerdeki elementlerin konsantrasyonları ile orantılıdır. Çalışmada içme suyundaki F seviyeleri üç farklı bölgeden toplanan örneklerde çalışılmıştır. Su F seviyesi en düşük olan Kanada, Montreal'den (0,2 ppm) toplanan örneklerden oluşan grubu biz çalışmamızdaki sağlıklı grup ile karşılaştırdık. Çalışmamızdaki sonuçlar ile bu çalışma dizisindeki bulguları bu düşünceye göre yorumladık. Bu çalışma dizisinde elde edilen ortak bulgular;

- Dentindeki F miktarı ile diş florozis seviyesi arasında pozitif yönde ilişki bulunmuştur, çalışmamızdaki sonuç ile uyumludur.
- Dentin F miktarı su F oranı yüksek olan bölgelerden elde edilen dişlerde daha yüksek çıkmıştır, bu bulgu da çalışmamızdaki sonuç ile uyumludur.

Bu çalışma dizisinden floridin kron dentininin mikrosertliği ve minerilizasyonu üzerine etkisini araştıran çalışmada; dentinin minerilizasyonunun, diş florozis seviyesi ve dentin mikrosertliği ile zayıf ilişkili olduğu bulunmuştur, Bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değildir. Bizim çalışmamızda kök dentin mikrosertliği ile dentin F miktarı arasında hem sağlıklı grup da ( $r=0,81$  ve  $p<0.05$ ) hem de florozisli grup da ( $r=0,62$  ve  $p<0.05$ ) pozitif yönde sırasıyla yüksek ve orta ilişki bulunmuştur. İki grupta da mikrosertliğin F'dan etkilendiği ve istatistiksel olarak bu etkilenmenin anlamlı olduğu görülmüştür. Vieria ve ark.'nın (61,81-84) yapmış olduğu çalışmada kullanılan dişlerin TF indeksine göre skoru ortalama 1,1 değerindedir. Bizim kullandığımız dişlerin ise TF indeksine skoru göre 4 – 5 değerindedir. Bu farklılığın en belirgin kaynağı örneklerin TF indeks skorundaki farklılık olabilir. Yani TF indeks ve F değerimiz yükseldikçe sertlik üzerinde meydana gelen artış ve ilişki belirgin düzeyde farkedilebilir hale geliyor olabilir. Ayrıca kullanılan dişlerdeki farklılıkta bu sonucu etkilemiş olabilir.

Florozisli daimi dişlerin kök dentin mikrosertliğini araştıran ve sağlıklı dişler ile karşılaştıran çalışma literatürde sınırlı sayıdadır. Dentin yüzeyinin inorganik ve organik içeriğindeki değişimler, dentinin sertliğini etkiler (207). Panighi ve

G'Sell (156) çalışmalarında dişin mineral içeriğinin miktarıyla dişin sertliği arasında pozitif ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Mikrosertliğin belirlenmesi diş sert dokularından herhangi bir mineral kaybedilmesi ve kazanılmasının indirekt etkisi sonucunda olabilir (162,176,177). Literatürde mikrosertlik yüzey mineral kompozisyonuna ve yapısına bağlı olduğu bildirilmiştir. (26,178). Kök kanal sisteminin başarılı bir şekilde temizlenmesinin en önemli gereklerinden biri enstrümantasyon sırasında irrigasyon solüsyonlarının kullanılmasıdır (180,181). Kök kanallarının mekanik enstrümantasyonu sırasında odontoblastik uzantılar, nekrotik debris ve dentin partikülleri gibi organik ve inorganik yapıdan meydana gelen smear tabakası meydana gelir (182). Kanal irrigantlarının debris dışarı çıkarması, disenfeksiyon, smear tabakasının uzaklaştırılması ve dentin duvarlarının lubrikasyonu (183,184) gibi avantajlarının yanı sıra mikrosertliğin de dâhil olduğu dentinin fiziksel özellikleri üzerinde ters etki yaratabilir (167) veya dentinin mikrosertliği irrigasyon solüsyonunun etkinliğini değiştirebilir. Irrigasyon solüsyonu ve mikrosertlik birbiri ile etkileşim içindedir (167).

Bizim çalışmamızın bulguları da, mineral yoğunluğu daha fazla olan florozisli dişlerdeki mikrosertlik değerinin ( $74,7 \pm 0,8$ ), sağlıklı dişlerin mikrosertlik değerinden ( $46,3 \pm 1,0$ ) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha fazla olduğunu göstermektedir. Mikrosertlik değerinin florozisli grupta fazla çıkmasının sebebi mineralizasyonun artması olabilir fakat hangi elementin daha fazla etkilediğini anlayabilmek için korelasyon testi yapılması düşünüldü. Aynı zamanda bu test hangi elementlerin birbirinden etkilenmiş olduğunu, hangi elementin diğer parametreleri daha çok etkilemiş olduğunu anlamamıza yardım etti. Bu sertlik değerinin iki grupta da F elementi ile pozitif ilişki içinde olduğu Pearson korelasyon analizi ile gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre VSD (Vickers sertlik değeri) ile F elementi arasında florozisli grupta orta korelasyon ( $r=0.62$ ,  $p<0.05$ ), sağlıklı grupta yüksek korelasyon ( $r=0.81$ ,  $p<0.05$ ) bulunmuştur. Gruplar arasında yapılan Pearson korelasyon testi sonuçlarına göre; Ca ile P arasında florozisli grupta yüksek korelasyon ( $r=0.82$ ,  $p<0.05$ ), sağlıklı grupta ise orta dereceli korelasyon ( $r=0.63$ ,  $p<0.05$ ) bulunmuştur. Florozisli grupta Mg ile Zn arasında orta dereceli korelasyon ( $r=0.64$ ,  $p<0.05$ ) bulunmuştur.

F elementinin diğer elementler üzerine ve mikrosertlik üzerine etkisini değerlendirmek ve tahmin edilebilir bir formül oluşturmak için linear regresyon analizi yapılmıştır. Bu formül bize Ca, P, Mg, Zn, Na ve VSD (Vickers sertlik değeri) değerlerinin F miktarına bağlı olarak hangi değerlerde olabileceğini belli bir doğruluk yüzdesine göre vermektedir.

Oluşturulan bu denklem modeline göre F'a bağlı olarak Ca (model 1), P (model 2), Mg (model 3), Na (model 4), Zn (model 5) elementlerinin yüzde ağırlık değerlerinin ve mikrosertlik (model 6) değerinin tahmin edilebilme kapasitesi sırasıyla; %82, %80, %56, %75, %65 ve %92'dir. Bu değerlere göre tahmin yüzdesi en yüksek olan değişken mikrosertliktir. Bu oluşturulan formül sayesinde florozisli veya sağlıklı dişlerin fiziksel ve yapısal özellikleri belirli oranlar dâhilinde tahmin edilebilir. Fakat bu sistemin klinik olarak kullanılabilmesi için farklı florozis derecesine sahip dişlerin yer aldığı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Vieira ve ark. (82) 2006 yılında F'un insan dentin elastik modülüne (ultrason hızı) ve tübül boyutuna etkisini araştıran bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada F'un dentinin yapısal ve mekanik özellikleri etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada kullandıkları örneklerin diş florozis seviyesi TF 0 ile TF 4 arasındadır. Yaptıkları çalışmada dişteki F, dentin tübül boyutu, yoğunluğu ve dentin elastik modülü arasındaki ilişkiyi araştırmayı amaçlamışlardır. Çalışmanın bulgularına göre; ortalama tübül boyutunu  $2.08 \pm 0.29 \mu\text{m}$ , ortalama dentin tübül yoğunluğunu  $0.058 \mu\text{m}^{-2}$  olarak bulmuşlardır. Analiz sonuçlarına göre çalışmacılar florozis şiddetiyle tübül yoğunluğunun ve tübül genişliğinin ilişkili olduğunu söylemişlerdir. Dentin tübül çapının belirgin derecede dentindeki F miktarıyla değiştiği bulunmuştur. Çalışmacılar bu değişimin nedeninin yüksek F miktarından olup olmadığını kesin bir şekilde söylememişlerdir. F'un kristal büyüme, odontoblastlar veya dentin mineralizasyonu üzerine etkisi nedeniyle olabileceğini vurgulamışlardır. Vieira ve ark. (82) florozis şiddetinin artmasıyla beraber tübül çapının arttığı, tübül yoğunluğunun ise azaldığı, sonuç olarak florun dentin mineralizasyonunu olumsuz yönde etkilemesi nedeniyle florozis şiddetinin artmasının diş kalitesini azalttığını rapor etmiştir. Bizim çalışmamızda birim alandaki tübül sayısı florozisli grupta ( $35340 \pm 9785$ ) sağlıklı grupta ise ( $48269 \pm 6955$ ) olarak bulunmuştur. Tübül yüzey alanlarının ortalaması florozisli dişlerde ( $5.53 \mu\text{m}^2 \pm 1.38 \mu\text{m}^2$ ) sağlıklı dişlerden

( $3.37 \mu\text{m}^2 \pm 0.77 \mu\text{m}^2$ ) daha yüksektir. Florozisli grupta tübül çaplarının belirgin derecede arttığı, birim alandaki tübül sayısının ise azaldığı gözlenmiştir. Bu sonuç Vieira'nin yapmış olduğunu çalışmanın sonucu ile uyumludur.

Garberoglio ve Brannström (20), sağlıklı kök insan dentin örnekleri üzerinde yaptıkları SEM çalışmasında, dentinin pulpal yüzeyindeki tübül çapını 2,0 - 3,2  $\mu\text{m}$  olarak belirtmişlerdir. Çalışmamızdaki sağlıklı dişlerin değerleri de bu aralıkta çıkmıştır. Florozisli dişlerin ortalama tübül alanı  $5,53 \pm 1,38 \mu\text{m}^2$ , sağlıklı dişlerin ortalama tübül alanı ise  $3,37 \pm 0,77 \mu\text{m}^2$  olarak bulunmuştur.

Dentin tübülü sayısının incelendiği çalışmalarda, Dourda ve ark. (227), kök dentininin pulpaya yakın yüzünde dentin tübülü sayısını  $\text{mm}^2$ 'de ortalama olarak  $48.000 \pm 9.800$  adet olarak, Olsson ve ark. (228) ise kök dentinindeki tübül sayısının  $\text{mm}^2$ 'de  $43.400 \pm 16.200$ , Garberoglio ve Brannström (20), kök dentininde  $\text{mm}^2$  de bulunan tübül sayısını 30.000 – 52.000 adet olarak bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda sağlıklı dişlerde ortalama tübül sayısı  $\text{mm}^2$ 'de  $48269 \pm 6955$ , florozisli dişlerde ise bu değer  $35340 \pm 9785$  olarak bulunmuştur. Sağlıklı dişlerin kök dentininde yapılmış olan bu çalışmaların bulguları ile bizim çalışmamızın bulguları birbirleri ile benzerdir.

İnsan dentininde karakteristik olarak kanalcıklar tüm dentin hacminin %20–30'unu oluşturur (16,20). Kanalcıklar içerisinde ekstrasellüler dentin sıvısı vardır. Bu dentin sıvısı çürük oluşturan bakterilerin endotoksin ve ekzotoksinleri gibi etkenlerle enfekte olduğunda, dentin yoluyla pulpada enflamasyonu başlatabilirler. (120). Dentin, bakteri ve bakteri yan ürünleri gibi dış maddelerin pulpaya geçişini tamamıyla engelleyen bir bariyer değildir. Dentin tübülleri dış irritanların pulpaya başlıca giriş yollarıdır. Bu nedenle dentin tübülleri dentinin en önemli elemanı haline gelirler (121). Dentinin tübüler yapısı sonucu çeşitli irritanlar sızıntıyla pulpaya geçerek pulpal hasara neden olurlar. Çürükler, operatif işlemler ve dentin hasarına bağlı pulpa bağ dokusunun tepkisi dentin geçirgenliğini etkileyen faktörler arasında sayılabilirler (122). Ayrıca dentin tübül girişinin açılması ve çapının genişlemesi sonucunda, endodontik işlemler sırasında kullanılan medikamentlerin tübül içerisine daha iyi penetre olacağı (229), ayrıca kök kanal tedavisinde kullanılan kanal dolgu patlarının dentin tübülleri içine girmesi ve dentin

ile temas yüzeyinin artması dentin duvarına daha iyi mekanik adaptasyon göstereceği belirtilmiştir (230). Bu bilgiler değerlendirildiğinde florozisli dişlerin tübül alanlarının sağlıklı dişlerden daha fazla olması, dişe hem avantaj hem dezavantaj sağlamaktadır. Tübüller daha geniş olduğundan bakteri ve bakteri ürünlerinin pulpayı enfekte etmesi ve pulpada bir enflamasyonun başlaması daha kolay olacaktır. Aynı zamanda kök kanal tedavisinde kullanılan kanal dolgu patlarının dentin tübülleri içine girmesi ve dentin duvarına temas yüzeyinin artmasının daha iyi bir mekanik adaptasyon göstereceğinden daha kaliteli kök kanal dolgusu yapılmasına imkân verecektir.

Beslenme ile alınan F sonucu oluşan histolojik değişimler minede kolaylıkla tesbit edilmekte fakat dentinde ancak şiddetli floroziste bu değişimler gözlenmektedir. F konsantrasyonu kristal boyutu etkilemekte ve bazı verilere göre de F, ya direkt ameloblast veya odontoblastlarla etkileşime geçerek ya da indirekt olarak ekstraselüler matriksle etkileşerek hücre fonksiyonu üzerine etkisi olmaktadır. Flor kemik oluşumunu artırmakta ve kemikte ileriki zamanlarda mineralizasyonu artırmaktadır. Diş yapısındaki F aynı zamanda odontoblast ve dentin mineralizasyonu üzerine aynı etkiye sahiptir. Bu etki dentin tübül genişliği ve dişteki F miktarı arasındaki pozitif ilişki ile açıklanmaktadır. F'a bağlı olarak tübül genişliği artmaktadır. Diğer bir hipoteze göre de geniş tübüllerin oluşmasıyla zayıflamış dental yapıların oluşmasıyla F, kristal büyümeyi etkilemiş olacaktır.

Bu çalışmanın sınırları içinde; dental florozisli dişlerin kök dentininde F elementi artmış olarak bulunmuştur. Ayrıca dentin dokusunda biriken F elementine bağlı olarak mikrosertlik değerinde yükselme, elementlerin miktarında (Ca, P, Na, Mg ve Zn) yüzde ağırlık oranı artmıştır ve bu değerler F elementine bağlı olarak tahmin edilebilir. Ayrıca florozisli dişlerde dentin tübüllerinin alanlarında genişleme fakat birim alandaki tübül sayısında bir azalma görülmüştür. Sonuç olarak F elementinin kök dentininin fiziksel ve yapısal özellikleri üzerinde etkileri olduğu anlaşılmıştır.

## 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma üç bölümde gerçekleştirilmiştir. Birinci bölümde grupların Ca, P, Mg, Na, Zn ve F elementlerinin yüzde ağırlık değerleri SEM-EDX ve SEM-WDX yöntemi ile ikinci bölümde mikrosertlik değerleri Vickers yöntemi ile ve üçüncü bölümde ise dentin tübül yapısı SEM (scanning elektron mikroskobu) ile incelenmiştir. Çalışmadan çıkan sonuç ve önerileri şu şekilde sıralayabiliriz;

1. Florun daimi kök yüzey dentininin bazı yapısal ve fiziksel özelliklerini etkilediği bulunmuştur.
2. Ca, P, Mg, Na, Zn ve F elementlerinin yüzde ağırlık değerleri florozisli grupta sağlıklı gruba göre daha fazla çıkmıştır ve bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı seviyededir ( $p<0.001$ ).
3. Ca ile P arasında florozisli grupta pozitif yönde yüksek korelasyon, sağlıklı grupta ise pozitif yönde orta dereceli korelasyon bulunmuştur.
4. Florozisli grupta Mg ile Zn arasında orta derecede korelasyon bulunurken, sağlıklı grupta herhangi bir ilişki bulunmamıştır.
5. Bu çalışmanın sınırları içinde, F elementinin diğer elementler ve mikrosertlik üzerine yüksek düzeyde etkisi olduğu bulunmuştur. Flor elementine bağlı olarak tüm elementlerin yüzde ağırlık ve mikrosertlik değerleri orta ve yüksek derecede tahmin edilebilir.
6. Florozisli grubun mikrosertlik değeri sağlıklı dişlerin mikrosertlik değerinden anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $P<0.001$ ). Dentin yüzeyinin inorganik ve organik içeriğindeki değişimler ve farklılıklar dentin sertliğini etkiler. Florozisli dişlerdeki kök dentininin çalışılan elementlerin yüzde ağırlık değerlerinin, anlamlı düzeyde daha yüksek olması mikrosertlik değerini arttırmış olabilir. Florozisli dişlerin birim alandaki tübül sayısı, sağlıklı dişlerin birim alandaki tübül sayısından anlamlı düzeyde daha azdır ( $P<0.001$ ). Tübül yüzey alanları, florozisli dişlerde sağlıklı dişlere göre daha büyüktür. Flor seviyesine bağlı olarak dentin tübül çapı artar, tübül yoğunluğu ise azalır. Florozisli dişlerin tübülleri daha geniş olduğundan, bakteri ve bakteri ürünlerinin pulpayı enfekte

etmesi ve pulpada bir enflamasyonun başlaması daha kolay olacaktır. Aynı zamanda kök kanal tedavisinde kullanılan kanal dolgu patlarının, dentin tübülleri içine girmesi ve dentin duvarına temas yüzeyinin artmasının daha iyi bir mekanik adaptasyon göstereceğinden, daha kaliteli kök kanal dolgusu yapılmasına imkân verecektir.

7. Literatürde daimi florozisli dişlerin kron ve kök dentininin yapısal ve fiziksel özelliklerini karşılaştıran ve ilişkisini inceleyen bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ayrıca diş florozis çalışmalarının büyük bir çoğunluğu, kron seviyesinde ve hatta mine seviyesinde yapılmıştır. Kaynaklar araştırıldığında, kök dentin seviyesinde yapılan çalışma sayısı yok denecek kadar azdır ve bu konudaki bilgi eksikliği dikkat çekmektedir. Bu konuda daha fazla çalışma yapılma gerekliliği vardır.
8. Dentinin yapısına giren F'un dentin üzerindeki etkileri ve restoratif madde üretimindeki hızlı gelişime paralel olarak, yeni materyallerin florozisli dişlerin dentinine bağlanmalarıyla ilgili çalışmaların sayısı arttığında, elde edilen sonuçlar daha iyi yorumlanabilecektir.
9. Bireylerin florozisten etkilenme dereceleri bireysel yatkınlık, beslenme şekli, ek F kaynaklarının alımı, sudaki F seviyesinin mevsimsel değişiklikler sergilemesi gibi nedenlerden dolayı farklı olabileceğinden, diş bulma güçlüğüne yaşandığı *in vitro* F çalışmalarında bireylerin F alımının standardizasyonu mümkün olamamaktadır. Bunun gibi kontrol edilmesi mümkün olmayan bireysel faktörlerin deney sonuçlarını az da olsa etkilemiş olması mümkündür.

## ÖZET

### **Florozisli ve Sağlıklı Daimi Dişlerin Kök Dentinlerinin Element İçeriği, Mikrosertlik ve Tübül Yapılarının *In Vitro* Olarak Karşılaştırılması**

Bu çalışmada florozisli ve sağlıklı dişler arasındaki element konsantrasyonu (F, Ca, Na, P, Mg ve Zn), kök dentin mikrosertliği, kökün dentin tübül yoğunluğu ve alanı karşılaştırılmıştır. Thylstrup-Fejerskov indeksine göre orta şiddette (TFI 4–5) 30 florozisli ve 30 sağlıklı tek köklü diş toplanmıştır. Bu iki grup daha sonra iki alt gruba ayrılmıştır. Alt-grup 1a; mezial kök parçalarında elementlerin konsantrasyonları SEM-EDX ve SEM-WDX ile ölçülmüştür. Alt-grup 1b, distal kök parçalarında Vickers test yöntemi ile mikrosertliği ölçülmüştür. Alt-grup 2; köklerin orta üçlüsünün dentin tübülleri SEM’de X8000’lik büyütmede incelendi. Tübül yüzey alanları ve yoğunluğu fotomikrografta AutoCAD 2007 kullanılarak ölçüldü. İstatistik analiz t-test, Pearson korelasyon testi ve regresyon analiz testi ile SAS sisteminde yapılmıştır. Elementlerin konsantrasyonu ve mikrosertlik değeri florozisli grupta fazla çıkmıştır ( $P<0.001$ ; t-test). Florozisli grupta, Ca ve P ( $r=0.82$ ), Vickers sertlik değeri (VHN) ve F ( $r=0.62$ ), Mg ve Zn ( $r=0.64$ ) arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Sağlıklı dişlerde, Ca ve P ( $r=0.63$ ), VHN ve F ( $r=0.81$ ) arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Regresyon analizi F’a bağlı olarak mikrosertlik için en yüksek (%92) ve Ca, P, Mg, Na ve Zn için sırasıyla %82, %80, %56, %75 ve %65 oranında tahmin etme kapasitesini göstermiştir. Florozisli grupta, milimetre karedeki tübül yoğunluğu daha az ( $P<0.001$ ) ve tübül alanı sağlıklı gruptan daha geniş olarak bulunmuştur ( $P<0.001$ ). Bu çalışmanın sınırları içinde, F’un daimi diş yüzey kök dentininin bazı yapısal ve fiziksel özelliklerini etkilediği bulunmuştur.



## ABSTRACT

### **An *in vitro* Comparison of the Element's Content, Microhardness, and Tubule Structure of the Root Dentin of the Permanent Fluorosis and Healty Teeth**

This study was compared to concentrations of elements (Ca, Na, P, Mg, Zn and F), root dentine microhardness, and root dentin tubule density and area in teeth with fluorosis and healthy. 30 single-rooted teeth with moderate fluorosis (TFI 4-5) according to the Thylstrup-Fejerskov Index and 30 healthy teeth were collected. Sub-group 1a; the concentrations of the elements in the mesial root parts were measured by SEM-WDX and SEM-EDX. Sub-group 1b; the microhardness of the distal parts was measured by the Vickers Microhardness Method. Sub-group 2; the middle third of root dentin tubules was investigated with the scanning electron microscope in X8000 magnification. The density and surface area of the tubules were measured by AutoCAD 2007 in fotomicrograph. Statistically analyse was performed with t-test, Pearson Correlation test and Regression test in SAS system. The value of all elements concentrations and microhardness were significantly higher in teeth with fluorosis ( $P < 0.001$ ; t-test). In the fluorosis group, positive correlations were found between Ca and P ( $r = 0.82$ ), Vickers Hardness Number (VHN) and F ( $r = 0.62$ ), and Mg and Zn ( $r = 0.64$ ). In the healthy group, positive correlations were found between VHN and F ( $r = 0.81$ ) and Ca and P ( $r = 0.63$ ). Regression analysis showed that predictive capacity was highest for microhardness ( $92\% = r^2$  value) and was 82%, 80%, 56%, 75%, and 65% for Ca, P, Mg, Na, and Zn, respectively. In flourosis group, the tubule density to square milimeter was lower ( $P < 0.001$ ) and tubule's area was bigger ( $P < 0.001$ ) than healthy group. In the limitation of this study, F was found to affect certain structural and physical properties of the permanent tooth root dentin surface.

## KAYNAKLAR

1. Venkateswarlu P. Evaluation of analytical methods for fluorine in biological and related materials. *J Dent Res* 1990; 69 Spec No(514-521; discussion 556-517.
2. Fejerskov O, Ekstrand J, Burt B. Fluoride in dentistry. 2nd Ed., 1996; 20, 69-147.
3. Edmunds WM, Smedley PL. Fluoride in natural waters In: Essential of medical geology. Selinus O, Alloway BJ, eds: Academic Press., 2005; 301.
4. Oruç N. Occurrence and problems of high fluoride waters in Turkey: an overview. *Environ Geochem Health* 2008; 30(4): 315-323.
5. Akyüz S. Dünden bugüne flor. İstanbul: Cem Ofset 1997: 9-20.
6. Black G, McKay F. Mottled teeth. *Dent Cosmos* 1916; 58(2): 129-156.
7. Fejerskov O, Larsen MJ, Richards A, Baelum V. Dental tissue effects of fluoride. *Adv Dent Res* 1994; 8(1): 15-31.
8. Fejerskov O, Thylstrup A, Larsen MJ. Clinical and structural features and possible pathogenic mechanisms of dental fluorosis. *Scand J Dent Res* 1977; 85(7): 510-534.
9. Denbesten P, Li W. Chronic fluoride toxicity: dental fluorosis. *Monogr Oral Sci*; (22): 81-96.
10. Saiani RA, Porto IM, Marcantonio Junior E, Cury JA, de Sousa FB, Gerlach RF. Morphological characterization of rat incisor fluorotic lesions. *Archives of oral biology* 2009; 54(11): 1008-1015.
11. Waddington RJ, Moseley R, Smith AJ, Sloan AJ, Embery G. Fluoride-induced changes to proteoglycan structure synthesised within the dentine-pulp complex in vitro. *Biochim Biophys Acta* 2004; 1689(2): 142-151.
12. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjogren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85(1): 86-93.
13. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1975; 1(7): 238-242.
14. Linde A, Goldberg M. Dentinogenesis. *Crit Rev Oral Biol Med* 1993; 4(5): 679-728.
15. Pashley D. Pulpodentin Complex In: Seltzer and Bender's Dental Pulp. Hargreaves KM, Goodis HE, eds. Chicago, Berlin, Tokyo, London, Paris, Milan, Barcelona, İstanbul, Sao Paulo, New Delhi, Moscow, Prague, and Warsaw.: Quintessence Publishing Co, Inc., 2002.
16. Cohen S, Burns R. Pathways of the pulp. 8th ed ABD 2002: 417-420.
17. Silverstone LM. Structure of carious enamel, including the early lesion. *Oral Sci Rev* 1973; (3): 100-160.
18. Elliott JC, Dowker SE, Knight RD. Scanning X-ray microradiography of a section of a carious lesion in dental enamel. *J Microsc* 1981; 123(Pt 1): 89-92.
19. Boyde A, Jones SJ. Backscattered electron imaging of dental tissues. *Anat Embryol (Berl)* 1983; 168(2): 211-226.

20. Garberoglio R, Brännström M, Semiohdt-. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Archives of oral biology* 1976; (21): 355-362.
21. Kinney JH, Nalla RK, Pople JA, Breunig TM, Ritchie RO. Age-related transparent root dentin: mineral concentration, crystallite size, and mechanical properties. *Biomaterials* 2005; 26(16): 3363-3376.
22. De-Deus G, Reis CM, Fidel RA, Fidel SR, Paciornik S. Co-site digital optical microscopy and image analysis: an approach to evaluate the process of dentine demineralization. *Int Endod J* 2007; 40(6): 441-452.
23. Marshall GW, Jr., Staninec M, Torii Y, Marshall SJ. Comparison of backscattered scanning electron microscopy and microradiography of secondary caries. *Scanning Microsc* 1989; 3(4): 1043-1049; discussion 1049-1050.
24. Forssell-Ahlberg K, Brannstrom M, Edwall L. The diameter and number of dentinal tubules in rat, cat, dog and monkey. A comparative scanning electron microscopic study. *Acta Odontol Scand* 1975; 33(5): 243-250.
25. De-Deus G, Paciornik S, Mauricio MH. Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *Int Endod J* 2006; 39(5): 401-407.
26. Moon PC, Davenport WL. Microhardness of acid-etched dentin. *J Dent Res* 1976; 55(5): 910.
27. Panighi M, G'Sell C. Influence of calcium concentration on the dentin wettability by an adhesive. *J Biomd Mater Res* 1992; (26): 1081-1089.
28. Marshall GW, Jr., Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent* 1997; 25(6): 441-458.
29. Singer L, Armstrong WD. Relation between the fluoride contents of rat calcified tissues. *J Dent Res* 1969; 48(5): 947-950.
30. Kato S, Nakagaki H, Toyama Y, Kanayama T, Arai M, Togari A, Matsumoto S, Strong M, Robinson C. Fluoride profiles in the cementum and root dentine of human permanent anterior teeth extracted from adult residents in a naturally fluoridated and a non-fluoridated area. *Gerodontology* 1997; 14(1): 1-8.
31. Robinson C, Connell S, Kirkham J, Brookes SJ, Shore RC, Smith AM. The effect of fluoride on the developing tooth. *Caries Res* 2004; 38(3): 268-276.
32. Gosselin RE, Smith RP, Hodge HC. *Clinical toxicology of commercial products*. 5th ed. Ed.: Williams & Wilkens, 1984; 112, 185-193.
33. Fuge R. Sources of halogens in the environment, influences on human and animal health. *Environ Geochem and Health* 1988; (10): 51-61.
34. Mahon WA. Fluorine in the natural thermal waters of New Zealand. *J Sci* 1964; (7): 3-28.
35. Liteplo R, Gomes R, Howe P, Malcolm M. *Environmental Health Criteria 227, Fluorides* ed^eds. Geneva, 2002.
36. Ergün HS, Russel-Sinn HA, Baysu N, Dundar Y. Studies on the fluoride contents in water and soil, urine, bone and teeth of sheep, and urine of human from eastern and western parts of Turkey. *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 1987; 94(7): 416-420.
37. Savaş S, Çetin M, Akdogan M, Heybeli N. Endemic fluorosis in Turkish patients: relationship with knee osteoarthritis. *Rheumatol Int* 2001; 21(1): 30-35.

38. Usmen E. Isparta il, ilçe ve köylerinde diş fluorozisi. *İ ÜDis Hek Fak Derg* 1976; (10): 285-296.
39. Oruç N, Sancarcı H. Isparta şehir merkezinde içme sularındaki florür miktarının azaltılması. *Akdeniz Üniversitesi I Mühendislik Haftası Tebliğleri* 1983: 35-45.
40. Öztürk M, Kişioğlu N, Akdoğan M, Demirel R, Kırbıyık S, Malgır İ. Ispartadaki içme su kaynakları, depoları ve çeşme sularının flor düzeylerinin dağılımlarının incelenmesi. VIII. Ulusal Halk Sağlığı Kongresi 23-28 Eylül 2002 Diyarbakır. 434-435.
41. Fidancı UR, Sel T. The Industrial fluorosis caused by a coal-burning power station and its effects on sheep. *Tr J Vet Anim Sci* 2001; (25): 735-741.
42. Fidancı UR, Salmanoğlu B, Maraşlı S, Maraşlı N. İç Anadolu Bölgesinde Doğal ve Endüstriyel Florozis ve Bunun Hayvan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. *Tr J of Veterinary and Animal Sciences* 1998; (22): 537-544.
43. Singer L, Ophaug RH, Harland BF. Dietary fluoride intake of 15-19-year-old male adults residing in the United States. *J Dent Res* 1985; 64(11): 1302-1305.
44. Carlson CH, Armstrong WD, Singer L. Distribution and excretion of radiofluoride in the human. *Proc Soc Exp Biol Med* 1960; (104): 235-239.
45. Sharkey TP, Simpson WM. Accidental sodium fluoride poisoning: Report of eight cases, with one fatality. *JAMA* 1933; (100): 97-100.
46. Kaminsky LS, Mahoney MC, Leach J, Melius J, Miller MJ. Fluoride: benefits and risks of exposure. *Crit Rev Oral Biol Med* 1990; 1(4): 261-281.
47. Mellberg JR, Ripa LW, Leske GS. Fluoride in preventive dentistry theory and clinical applications, U.S.A.: Quintessence Publishing Co., Inc., 1983.
48. Richards A, Kragstrup J, Nielsen-Kudsk F. Pharmacokinetics of chronic fluoride ingestion in growing pigs. *J Dent Res* 1985; 64(3): 425-430.
49. Ekstrand J. Relationship between fluoride in the drinking water and the plasma fluoride concentration in man. *Caries Res* 1978; 12(3): 123-127.
50. Boivin G, Chavassieux P, Chapuy MC, Baud CA, Meunier PJ. Skeletal fluorosis: histomorphometric analysis of bone changes and bone fluoride content in 29 patients. *Bone* 1989; 10(2): 89-99.
51. Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Fluorides H, 2003.
52. Waterhouse C, Taves D, Munzer A. Serum inorganic fluoride: changes related to previous fluoride intake, renal function and bone resorption. *Clin Sci (Lond)* 1980; 58(2): 145-152.
53. Kato K, Nakagaki H, Robinson C, Weatherell JA. Distribution of fluoride across cementum, dentine and alveolar bone in rats. *Caries Res* 1990; 24(2): 117-120.
54. Nakagaki H, Koyama Y, Sakakibara Y, Weatherell JA, Robinson C. Distribution of fluoride across human dental enamel, dentine and cementum. *Archives of oral biology* 1987; 32(9): 651-654.
55. Mukai M, Ikeda M, Yanagihara T, Hara G, Kato K, Ishiguro K, Nakagaki H, Robinson C. Fluoride distribution in dentine and cementum in human permanent teeth with vital and non-vital pulps. *Archives of oral biology* 1994; 39(3): 191-196.

56. Aoba T, Fejerskov O. Dental fluorosis: chemistry and biology. *Crit Rev Oral Biol Med* 2002; 13(2): 155-170.
57. Ericsson Y, Ullberg S. Autoradiographic Investigations of the Distribution of F18 in Mice and Rats. *Acta Odontol Scand* 1958; 16(4): 363-381.
58. Elliott CG, Smith MD. Dietary fluoride related to fluoride content of teeth. *J Dent Res* 1960; (39): 93-98.
59. Sugitomo M. Distributions of fluoride and magnesium in the human dentin as revealed by electron microprobe In: Fejerskov O, Ekstrand J, Burt BA. *Fluoride in dentistry* In: Copenhagen: Munksgaard, 1996-1981; 73-79.
60. Selwitz RH. Strategies for improving methods of assessing fluoride accumulation in body fluids and tissues. *Adv Dent Res* 1994; 8(1): 111-112.
61. Vieira AP, Hancock R, Limeback H, Maia R, Grynaps MD. Is fluoride concentration in dentin and enamel a good indicator of dental fluorosis? *J Dent Res* 2004; 83(1): 76-80.
62. Frank RM, Sargentini-Maier ML, Turlot JC, Leroy MJ. Zinc and strontium analyses by energy dispersive X-ray fluorescence in human permanent teeth. *Archives of oral biology* 1989; 34(8): 593-597.
63. Eager JM. Chiaie teeth. *Public Health Rep* 1901; 16(44): 2576-2577.
64. Dean HT, Jay P, Arnold FA, Jr E, E. Domestic water and dental caries. II A study of 2,832 white children, aged 12-14 years of 8 suburban Chicago communities, including *Lactobacillus acidophilus* studies of 1,761 children. *Publ Health Rep* 1941; 56(15): 761-792.
65. Dean HT, Arnold FA, Elvove E. Domestic water and dental caries V: Additional studies of the relation of fluoride domestic waters to dental caries experience in 4,425 white children aged 12 to 14 years of 13 cities in 4 states. *Publ Health Rep* 1942; 57(32): 1155-1179.
66. Dean HT. Classification of Mottled Enamel Diagnosis. In: Horowitz HS. *Indexes for measuring dental fluorosis*. *J Public Health Dent* 1986; 46(4): 179-183.
67. Thylstrup A, Fejerskov O. Clinical appearance of dental fluorosis in permanent teeth in relation to histologic changes. *Community Dent Oral Epidemiol* 1978; 6(6): 315-328.
68. Hu JC, Chun YH, Al Hazzazi T, Simmer JP. Enamel formation and amelogenesis imperfecta. *Cells Tissues Organs* 2007; 186(1): 78-85.
69. Rozier RG. Epidemiologic indices for measuring the clinical manifestations of dental fluorosis: overview and critique. *Adv Dent Res* 1994; 8(1): 39-55.
70. Horowitz HS. *Indexes for measuring dental fluorosis*. *J Public Health Dent* 1986; 46(4): 179-183.
71. Dean HT, Dixon RM, Cohen C. Mottled enamel in Texas. *Publ Health Rep* 1935; 50(13): 424-442.
72. Horowitz HS, Driscoll WS, Meyers RJ, Heifetz SB, Kingman A. A new method for assessing the prevalence of dental fluorosis--the Tooth Surface Index of Fluorosis. *J Am Dent Assoc* 1984; 109(1): 37-41.
73. Pendrys DG. The fluorosis risk index: a method for investigating risk factors. *J Public Health Dent* 1990; 50(5): 291-298.

74. Aasenden R, Moreno EC, Brudevold F. Fluoride levels in the surface enamel of different types of human teeth. *Archives of oral biology* 1973; 18(11): 1403-1410.
75. Ata P. Isparta'da endemik floroz ve diş çürüğü. In: *Dünden Bugüne Flor*, 1997. İstanbul: İstanbul Matbaacılık T.A.O. , 1955; 69.
76. Dean. H TI, editor. Fluorine and dental health. . In: *The investigation of physiological effects by the epidemiological method*. Moulton FR, ed. Washington (DC): American Association for the Advancement of Science, 1942; 23-31.
77. Neues F, Klocke A, Beckmann F, Herzen J, Loyola-Rodriguez JP, Epple M. Mineral distribution in highly fluorotic and in normal teeth: A synchrotron microcomputer tomographic study. *Werkstofftech* 2009; 40(4): 294-296.
78. Pawlicka H. The use of chelating agents for widening of the root canals. Determination of microhardness. *Stomatol DDR* 1982; (32): 355- 361.
79. Seaman F, Shannon IL. Fluoride treatment and microhardness of dentin. *J Prosthet Dent* 1979; 41(5): 528-530.
80. Thuy TT, Nakagaki H, Ha NT, Morita I, Tatematsu M, Lan HA, Hung HT, Robinson C. Fluoride profiles in premolars after different durations of water fluoridation in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Archives of oral biology* 2003; 48(5): 369-376.
81. Vieira A, Hancock R, Limeback H, Schwartz M, Grynepas M. How does fluoride concentration in the tooth affect apatite crystal size? *J Dent Res* 2003; 82(11): 909-913.
82. Vieira AP, Hancock R, Dumitriu M, Limeback H, Grynepas MD. Fluoride's effect on human dentin ultrasound velocity (elastic modulus) and tubule size. *Eur J Oral Sci* 2006; 114(1): 83-88.
83. Vieira AP, Hancock R, Eggertsson H, Everett ET, Grynepas MD. Tooth quality in dental fluorosis genetic and environmental factors. *Calcif Tissue Int* 2005; 76(1): 17-25.
84. Vieira A, Hancock R, Dumitriu M, Schwartz M, Limeback H, Grynepas M. How does fluoride affect dentin microhardness and mineralization? *J Dent Res* 2005; 84(10): 951-957.
85. Weatherell J, Robinson C. Fluoride in teeth and bone In: *Fluoride in dentistry*. Ekstrand J, Fejerskov O, Silverstone LM, eds. Munksgaard, Copenhagen, 1988; 44-47.
86. Kortelainen S. Effect of fluoride in drinking water on the mineral composition of various areas of rat molar dentin. *Fluoride* 1995; 28(3): 135-145.
87. Larmas M, Kortelainen S, Backman T, Hietala EL, Pajari U. Odontoblast-mediated regulation of the progression of dentinal caries. *Proc Finn Dent Soc* 1992; 88 Suppl (1): 313-320.
88. Waidyasekera PG, Nikaido T, Weerasinghe DD, Wettasinghe KA, Tagami J. Caries susceptibility of human fluorosed enamel and dentine. *J Dent* 2007; 35(4): 343-349.
89. Han T, Wang M, Yan X, Niu R, Wang J. Decreased expression of type I collagen and dentin phosphoprotein in teeth of fluorosed sheep. *Fluoride* 2010; 43(1): 19-24.
90. Adali MK, Varol E, Aksoy F, Icli A, Ersoy IH, Ozaydin M, Erdogan D, Dogan A. Impaired heart rate recovery in patients with endemic fluorosis. *Biological trace element research* 2013; 152(3): 310-315.

91. Kutlucan A, Kale Koroglu B, Numan Tamer M, Aydin Y, Baltaci D, Akdogan M, Ozturk M, Vural H, Ermis F. The investigation of effects of fluorosis on thyroid volume in school-age children. *Medicinski glasnik : official publication of the Medical Association of Zenica-Doboj Canton, Bosnia and Herzegovina* 2013; 10(1): 93-98.
92. Varol E, Aksoy F, Icli A, Arslan A, Yuksel O, Ersoy IH, Varol S, Dogan A. Increased plasma neopterin and hs-CRP levels in patients with endemic fluorosis. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 2012; 89(5): 931-936.
93. Tonguc MO, Ozat Y, Sert T, Sonmez Y, Kirzioglu FY. Tooth sensitivity in fluorotic teeth. *European journal of dentistry* 2011; 5(3): 273-280.
94. Ersoy IH, Koroğlu BK, Varol S, Ersoy S, Varol E, Aylak F, Tamer MN. Serum copper, zinc, and magnesium levels in patients with chronic fluorosis. *Biological trace element research* 2011; 143(2): 619-624.
95. Ersoy IH, Alanoğlu EG, Koroğlu BK, Varol S, Akçay S, Ugan Y, Ersoy S, Tamer MN. Effect of endemic fluorosis on hematological parameters. *Biological trace element research* 2010; 138(1-3): 22-27.
96. Doğan AA, Bolpaça P. Evaluation of craniofacial morphology of children with dental fluorosis in early permanent dentition period. *European journal of dentistry* 2009; 3(4): 304-313.
97. Güngör AY, Türkkahraman H, Adanir N, Alkis H. Effects of fluorosis and self etching primers on shear bond strengths of orthodontic brackets. *European journal of dentistry* 2009; 3(3): 173-177.
98. Ermiş RB, Van Landuyt K, Van Meerbeek B, Swift EJ, Jr. Bonding to fluorosed teeth. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry [et al]* 2009; 21(4): 213-214.
99. Adanir N, Turkkahraman H, Yalcin Gungor A. Effects of adhesion promoters on the shear bond strengths of orthodontic brackets to fluorosed enamel. *European journal of orthodontics* 2009; 31(3): 276-280.
100. Küçükeşmen C, Sönmez H. Microleakage of class-v composite restorations with different bonding systems on fluorosed teeth. *European journal of dentistry* 2008; 2(1): 48-58.
101. Ermiş RB, De Munck J, Cardoso MV, Coutinho E, Van Landuyt KL, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding to ground versus unground enamel in fluorosed teeth. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* 2007; 23(10): 1250-1255.
102. Keçeci AD, Kaya BÜ, Gültaş E, Sarıtekin E. Prevalence, perception, and treatment alternatives of dental fluorosis in a Turkish rural community. *Fluoride* 2012; 45(3): 151-218.
103. Ermiş RB, Koray F, Akdeniz BG. Dental caries and fluorosis in low- and high-fluoride areas in Turkey. *Quintessence Int* 2003; 34(5): 354-360.
104. Ermiş RB, Gökay N. Effect of fluorosis on dentine shear bond strength of a self-etching bonding system. *Journal of oral rehabilitation* 2003; 30(11): 1090-1094.
105. Ertürk MS, Kirzioglu Z. In vitro evaluation of dentin permeability of fluorotic primary teeth with a new electronic hydraulic conductance measurement system with photosensors. *Archives of oral biology* 2007; 52(11): 1057-1063.
106. Ingle J, Bakland L. *Endodontics*, London: BC Decker Inc., 2002.

107. Marshall GW, Jr. Dentin: microstructure and characterization. *Quintessence Int* 1993; 24(9): 606-617.
108. Scelza MF, Teixeira AM, Scelza P. Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 95(2): 234-236.
109. Doğan H, Çalt S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *J Endod* 2001; 27(9): 578-580.
110. Buttler TK, Crawford JJ. The detoxifying effect of varying concentrations of sodium hypochlorite on endotoxins. *J Endod* 1982; 8(2): 59-66.
111. Pashley DH, Agee KA, Nakajima M, Tay FR, Carvalho RM, Terada RS, Harmon FJ, Lee WK, Rueggeberg FA. Solvent-induced dimensional changes in EDTA-demineralized dentin matrix. *J Biomed Mater Res* 2001; 56(2): 273-281.
112. Junqueira C, Carneiro J, Kelley R. *Basic Histology*: Appleton & Lange Inc., 1992.
113. Pashley DH. Dentin permeability and dentin sensitivity. *Proc Finn Dent Soc* 1992; 88 Suppl (1): 31-37.
114. Thomas HF. The extent of the odontoblast process in human dentin. *J Dent Res* 1979; 58(Spec Issue D): 2207-2218.
115. Dai XF, Ten Cate AR, Limeback H. The extent and distribution of intratubular collagen fibrils in human dentine. *Archives of oral biology* 1991; 36(10): 775-778.
116. Coffey CT, Ingram MJ, Bjorndal AM. Analysis of human dentinal fluid. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1970; 30(6): 835-837.
117. Haapasalo M, Orstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res* 1987; 66(8): 1375-1379.
118. Valderhaug J. A histologic study of experimentally induced periapical inflammation in primary teeth in monkeys. *Int J Oral Surg* 1974; 3(3): 111-123.
119. Love RM. Regional variation in root dentinal tubule infection by *Streptococcus gordonii*. *J Endod* 1996; 22(6): 290-293.
120. Linden L, Brannstrom M. Fluid movements in dentine and pulp. An in vitro study of flow produced by chemical solutions on exposed dentine. *Odontol Revy* 1967; 18(3): 227-236.
121. Tronstad L. *Clinical Endodontics.*, New York: Thieme Medical Publishers, Inc., 1991.
122. Bergenholtz G. Pathogenic mechanisms in pulpal disease. *J Endod* 1990; 16(2): 98-101.
123. Sicher H. *Orban's Oral Histology and Embriology*, Saint Louis: The C.V. Mosby Company, 1966.
124. Alaçam T. *Endodonti*, Ankara: Barış Yayınları, 2000.
125. Fogel H, Marshall F, Pashley D-. Effects of distance from the pulp and thickness on the hydraulic conductance of human radicular dentin. *J Dent Res* 1988; (67): 1381-1385.
126. Vasiliadis L, Darling AI, Levers BG. The histology of sclerotic human root dentine. *Archives of oral biology* 1983; 28(8): 693-700.
127. Schroeder H. Age-related changes in the pulp chamber and its wall in human canine teeth. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1993; (103): 141-149.



128. Nalbandian J, Gonzales F, Sognaes RF. Sclerotic age changes in root dentin of human teeth as observed by optical, electron, and x-ray microscopy. *J Dent Res* 1960; (39): 598-607.
129. Love MR. Invasion of dentinal tubules by root canal bacteria. *Endodontic topics* 2004; (9): 52-65.
130. Bertassoni LE, Stankoska K, Swain MV. Insights into the structure and composition of the peritubular dentin organic matrix and the lamina limitans. *Micron*; 43(2-3): 229-236.
131. Tronstad L. Ultrastructural observations on human coronal dentin. *Scand J Dent Res* 1973; 81(2): 101-111.
132. Carrigan PJ, Morse DR, Furst ML, Sinai IH. A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. *J Endod* 1984; 10(8): 359-363.
133. Kinney JH, Balooch M, Marshall GW, Marshall SJ. A micromechanics model of the elastic properties of human dentine. *Archives of oral biology* 1999; 44(10): 813-822.
134. Lundgren T, Nannmark U, Linde A. Calcium ion activity and pH in the odontoblast-predentin region: ion-selective microelectrode measurements. *Calcif Tissue Int* 1992; 50(2): 134-136.
135. Ciucchi B, Bouillaguet S, Holz J, Pashley D. Dentinal fluid dynamics in human teeth, in vivo. *J Endod* 1995; 21(4): 191-194.
136. Matthews B, Vongsavan N. Interactions between neural and hydrodynamic mechanisms in dentine and pulp. *Archives of oral biology* 1994; Suppl (39): 87-95.
137. <http://www.istanbul.edu.tr/eng/metalurji/sem.htm>., Mayıs, 2011.
138. Çalt S, Serper A. Smear layer removal by EGTA. *J Endod* 2000; 26(8): 459-461.
139. Schilke R, Lisson JA, Bauss O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Archives of oral biology* 2000; 45(5): 355-361.
140. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J Endod* 1983; 9(4): 137-142.
141. Oliveira HF, Goncalves Alencar AH, Poli Figueiredo JA, Guedes OA, de Almeida Decurcio D, Estrela C. Evaluation of marginal adaptation of root-end filling materials using scanning electron microscopy. *Iran Endod J* 2013; 8(4): 182-186.
142. Şişman İ. CdS, CdSe ve CdTe Bileşik Yarıiletken İnce Filmlerinin Aynı Çözeltiden Elektrokimyasal Olarak Au(111) Elektrodu Üzerinde Büyütülmesi ve AFM, STM, XRD ve UV-vis Spektroskopisi ile Karakterizasyonu. Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 2006.
143. Han L, Abu-Bakr N, Okamoto A, Iwaku M. WDX study of resin-dentin interface on wet vs. dry dentin. *Dent Mater J* 2000; 19(3): 317-325.
144. Fuentes V, Toledano M, Osorio R, Carvalho RM. Microhardness of superficial and deep sound human dentin. *J Biomed Mater Res A* 2003; 66(4): 850-853.

145. Currey JD, Brear K. Hardness, Young's modulus and yield stress in mammalian mineralized tissues. *Journal of Materials Science, Materials in Medicine* 1990; (1): 14-20.
146. Katz L. Hard tissue as a composite materials bounds on the elastic behavior. *J biomech* 1971; (4) 455-473.
147. Rohanizadeh R, LeGeros RZ, Fan D, Jean A, Daculsi G. Ultrastructural properties of laser-irradiated and heat-treated dentin. *J Dent Res* 1999; 78(12): 1829-1835.
148. Dayangaç B. Kompozit rezin restorasyonlar, Ankara: Öncü Basımevi, 2000.
149. Martinez-Insua A, Da Silva Dominguez L, Rivera FG, Santana-Penin UA. Differences in bonding to acid-etched or Er:YAG-laser-treated enamel and dentin surfaces. *J Prosthet Dent* 2000; 84(3): 280-288.
150. Ceballo L, Toledano M, Osorio R, Tay FR, Marshall GW. Bonding to Er-YAG-laser-treated dentin. *J Dent Res* 2002; 81(2): 119-122.
151. Hennequin M, Douillard Y. Effects of citric acid treatment on the Ca, P and Mg contents of human dental roots. *J Clin Periodontol* 1995; 22(7): 550-557.
152. Hennequin M, Pajot J, Avignant D. Effects of different pH values of citric acid solutions on the calcium and phosphorus contents of human root dentin. *J Endod* 1994; 20(11): 551-554.
153. Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *J Endod* 1996; 22(1): 23-25.
154. Ruse ND, Smith DC. Adhesion to bovine dentin--surface characterization. *J Dent Res* 1991; 70(6): 1002-1008.
155. Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* 1992; 71(8): 1530-1540.
156. Panighi M, G'Sell C. Effect of the tooth microstructure on the shear bond strength of a dental composite. *J Biomed Mater Res* 1993; 27(8): 975-981.
157. Petersson LG, Lodding A, Koch G. Elemental microanalysis of enamel and dentin by secondary ion mass spectrometry (SIMS). Deciduous and permanent teeth from high and low fluoride area. *Swed Dent J* 1978; 2(2): 41-54.
158. Şeşen M, Çimenoğlu H, Sabri Kayali E. *Istanbul Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Ders Notları* 2000.
159. Senawongse P, Otsuki M, Tagami J, Mjor I. Age-related changes in hardness and modulus of elasticity of dentine. *Archives of oral biology* 2006; 51(6): 457-463.
160. Paterson S. In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1963; (16): 83-103.
161. Pashley D, Okabe A, Parham P. The relationship between dentin microhardness and tubule density. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1(5): 176-179.
162. Arends J, ten Bosch JJ. Demineralization and remineralization evaluation techniques. *J Dent Res* 1992; 71 (Spec No): 924-928.

163. Kinney JH, Marshall SJ, Marshall GW. The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. *Crit Rev Oral Biol Med* 2003; 14(1): 13-29.
164. Cohen S, Stewart GG, Laster LL. The effects of acids, alkalis, and chelating agents on dentine permeability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1970; 29(4): 631-634.
165. Gordon TM, Damato D, Christner P. Solvent effect of various dilutions of sodium hypochlorite on vital and necrotic tissue. *J Endod* 1981; 7(10): 466-469.
166. Marquez F, Quintana E, Roca I, Salgado J. Physical-mechanical effects of Nd:YAG laser on the surface of sound dental enamel. *Biomaterials* 1993; 14(4): 313-316.
167. Ari H, Erdemir A, Belli S. Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *J Endod* 2004; 30(11): 792-795.
168. Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Saquy PC, Pecora JD. Evaluation of the effect of EDTAC, CDTA, and EGTA on radicular dentin microhardness. *J Endod* 2001; 27(3): 183-184.
169. Grigoratos D, Knowles J, Ng YL, Gulabivala K. Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *Int Endod J* 2001; 34(2): 113-119.
170. Sim TP, Knowles JC, Ng YL, Shelton J, Gulabivala K. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *Int Endod J* 2001; 34(2): 120-132.
171. Howe CA, McKendry DJ. Effect of endodontic access preparation on resistance to crown-root fracture. *J Am Dent Assoc* 1990; 121(6): 712-715.
172. Panitvisai P, Messer H. Cuspal deflection in molars in relation to endodontic and restorative procedures. *J Endod* 1995; (21): 57-61.
173. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod* 1989; 15(11): 512-516.
174. Sedgley C, Messer H. Are endodontically treated teeth more brittle. *J Endod* 1992; (18): 332-335.
175. Lewinstein I, Grajower R. Root dentin hardness of endodontically treated teeth. *J Endod* 1981; 7(9): 421-422.
176. Chong BS, Pitt Ford TR. The role of intracanal medication in root canal treatment. *Int Endod J* 1992; 25(2): 97-106.
177. Wadachi R, Araki K, Suda H. Effect of calcium hydroxide on the dissolution of soft tissue on the root canal wall. *J Endod* 1998; 24(5): 326-330.
178. Panighi M, G'Sell C. Influence of calcium concentration on the dentin wettability by an adhesive. *J Biomed Mater Res* 1992; 26(8): 1081-1089.
179. Saleh AA, Ettman WM. Effect of endodontic irrigation solutions on microhardness of root canal dentine. *J Dent* 1999; 27(1): 43-46.
180. Ayhan H, Sultan N, Cirak M, Ruhi MZ, Bodur H. Antimicrobial effects of various endodontic irrigants on selected microorganisms. *Int Endod J* 1999; 32(2): 99-102.
181. Grandini S, Balleri P, Ferrari M. Evaluation of Glyde File Prep in combination with sodium hypochlorite as a root canal irrigant. *J Endod* 2002; 28(4): 300-303.

182. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002; 94(6): 658-666.
183. Siqueira JF, Jr., Rocas IN, Santos SR, Lima KC, Magalhaes FA, de Uzeda M. Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. *J Endod* 2002; 28(3): 181-184.
184. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006; 32(5): 389-398.
185. Slutzky-Goldberg I, Maree M, Liberman R, Heling I. Effect of sodium hypochlorite on dentin microhardness. *J Endod* 2004; 30(12): 880-882.
186. Craig RG, Gehring PE, Peyton FA. Relation of structure to the microhardness of human dentin. *J Dent Res* 1959; 38(3): 624-630.
187. Fusayama T, Maeda T. Effect of pulpectomy on dentin hardness. *J Dent Res* 1969; 48(3): 452-460.
188. Cox CF, Heys DR, Gibbons PK, Avery JK, Heys RJ. The effect of various restorative materials on the microhardness of reparative dentin. *J Dent Res* 1980; 59(2): 109-115.
189. Rotstein I, Cohenca N, Teperovich E, Moshonov J, Mor C, Roman I, Gedalia I. Effect of chloroform, xylene, and halothane on enamel and dentin microhardness of human teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 87(3): 366-368.
190. Perinka L, Sano H, Hosoda H. Dentin thickness, hardness, and Ca-concentration vs bond strength of dentin adhesives. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* 1992; 8(4): 229-233.
191. Perdigao J, Eiriksson S, Rosa BT, Lopes M, Gomes G. Effect of calcium removal on dentin bond strengths. *Quintessence Int* 2001; 32(2): 142-146.
192. Garcia-Godoy F, Loushine RJ, Itthagarun A, Weller RN, Murray PE, Feilzer AJ, Pashley DH, Tay FR. Application of biologically-oriented dentin bonding principles to the use of endodontic irrigants. *Am J Dent* 2005; 18(4): 281-290.
193. Velicangil S, Demirhindi O. Diş Çürüğü-Flor Profilaksisi Üzerine Araştırmalar. *Türk Mikrobiyoloji Dergisi* 1955; 3(4): 113-135.
194. Kır E. Isparta ili içme suyu kaynaklarında nitrat, fosfat ve florür dağılımının araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, 1996; 16-28.
195. Usmen E, Altay N, Ölmez S, Ataç A, Batırbaygil Y. Türkiye genelinde sulardaki flor seviyeleri. *TDBD* 1997; (39): 42-43.
196. Ulusu T, Ölmez S, Köse MR, Üstündağ M, Aycan E. T.C. Sağlık Bakanlığı Ana Çocuk Sağlığı ve Aile Planlaması Genel Müdürlüğü Türkiye'nin Su Fluor Haritası., Ankara: Bakanlık Basımevi, 2003.
197. Granath L, Widenheim J, Birkhed D. Diagnosis of mild enamel fluorosis in permanent maxillary incisors using two scoring systems. *Community Dent Oral Epidemiol* 1985; 13(5): 273-276.
198. Montherrat-Carret L, Perrat-Mabilon B, Barbey E, Bouloc R, Boivin G, Michelet A, Magloire H. Chemical and X-ray analysis of fluoride, phosphorus, and calcium in human foetal blood and hard tissues. *Archives of oral biology* 1996; 41(12): 1169-1178.
199. Goodis HE, Marshall GW, Jr., White JM. The effects of storage after extraction of the teeth on human dentine permeability in vitro. *Archives of oral biology* 1991; 36(8): 561-566.

200. Camps J, Baudry X, Bordes V, Dejou J, Pignoly C, Ladeque P. Influence of tooth cryopreservation and storage time on microleakage. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* 1996; 12(2): 121-126.
201. Outhwaite WC, Livingston MJ, Pashley DH. Effects of changes in surface area, thickness, temperature and post-extraction time on human dentine permeability. *Archives of oral biology* 1976; 21(10): 599-603.
202. Maroli S, Khera SC, Krell KV. Regional variation in permeability of young dentin. *Oper Dent* 1992; 17(3): 93-100.
203. DeWald JP. The use of extracted teeth for in vitro bonding studies: a review of infection control considerations. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* 1997; 13(2): 74-81.
204. Altundaşar E, Özçelik B, Çehreli ZC, Matsumoto K. Ultramorphological and histochemical changes after ER,CR:YSGG laser irradiation and two different irrigation regimes. *J Endod* 2006; 32(5): 465-468.
205. Yoldaş O, Doğan C, Seydaoğlu G. The effect of two different calcium hydroxide combinations on root dentine microhardness. *Int Endod J* 2004; 37(12): 828-831.
206. Arı H, Erdemir A. Effects of endodontic irrigation solutions on mineral content of root canal dentin using ICP-AES technique. *J Endod* 2005; 31(3): 187-189.
207. Sayın TC, Serper A, Çehreli ZC, Otlı HG. The effect of EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl with and without subsequent NaOCl treatment on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 104(3): 418-424.
208. Meredith N, Sherriff M, Setchell DJ, Swanson SA. Measurement of the microhardness and Young's modulus of human enamel and dentine using an indentation technique. *Archives of oral biology* 1996; 41(6): 539-545.
209. Kuramoto Junior M, Matson E, Turbino ML, Marques RA. Microhardness of Nd:YAG laser irradiated enamel surfaces. *Braz Dent J* 2001; 12(1): 31-33.
210. Hosoya Y, Marshall SJ, Watanabe LG, Marshall GW. Microhardness of carious deciduous dentin. *Oper Dent* 2000; 25(2): 81-89.
211. Lewinstein I, Hirschfeld Z, Stabholz A, Rotstein I. Effect of hydrogen peroxide and sodium perborate on the microhardness of human enamel and dentin. *J Endod* 1994; 20(2): 61-63.
212. Ahmed TR, Mordan NJ, Gilthorpe MS, Gillam DG. In vitro quantification of changes in human dentine tubule parameters using SEM and digital analysis. *Journal of oral rehabilitation* 2005; 32(8): 589-597.
213. Silikas N, Watts DC, England KE, Jandt KD. Surface fine structure of treated dentine investigated with tapping mode atomic force microscopy (TMAFM). *J Dent* 1999; 27(2): 137-144.
214. Monika CM, Froner IC. A scanning electron microscopic evaluation of different root canal irrigation regimens. *Braz Oral Res* 2006; 20(3): 235-240.
215. Yoon SH, Brudevold F, Gardner DE, Smith FA. Distribution of fluoride in teeth from areas with different levels of fluoride in the water supply. *J Dent Res* 1960; (39): 845-856.

216. Banting DW, Stamm JW. Effects of age and length of exposure to fluoridated water on root surface fluoride concentration. *Clin Prev Dent* 1982; 4(4): 3-7.
217. Wenzel A, Thylstrup A. Dental fluorosis and localized enamel opacities in fluoride and nonfluoride Danish communities. *Caries Res* 1982; 16(4): 340-348.
218. Foreman PC, Soames JV. Comparative study of the composition of primary and secondary dentine. *Caries Res* 1989; 23(1): 1-4.
219. McCann HG, Bullock FA. The effect of fluoride ingestion on the composition and solubility of mineralized tissues of the rat. *J Dent Res* 1957; 36(3): 391-398.
220. Frostell G, Larsson SJ, Lodding A, Odelius H, Petersson LG. SIMS study of element concentration profiles in enamel and dentin. *Scand J Dent Res* 1977; 85(1): 18-21.
221. Yamaguchi M, Yamaguchi R. Action of zinc on bone metabolism in rats. Increases in alkaline phosphatase activity and DNA content. *Biochem Pharmacol* 1986; 35(5): 773-777.
222. Granstrom G, Linde A. A biochemical study of alkaline phosphatase in isolated rat incisor odontoblasts. *Archives of oral biology* 1972; 17(8): 1213-1224.
223. Engstrom C, Granstrom G, Linde A. Odontoblast metabolism in rats deficient in vitamin D and calcium. II. Changes in activities of alkaline phosphatases. *J Oral Pathol* 1977; 6(6): 367-372.
224. Engstrom C, Linde A, Magnusson BC. Odontoblast metabolism in rats deficient in vitamin D and calcium I: A histochemical survey. *J Oral Pathol* 1977; 6(6): 359-366.
225. Engstrom C, Jontell M, Linde A. Odontoblast metabolism in rats deficient in vitamin D and calcium. III. Protein synthesis in vitro. *J Oral Pathol* 1978; 7(4): 227-235.
226. Larmas M, Kantola S. A histochemical study of arylaminopeptidases and alkaline phosphatases in sound and carious human teeth. *Acta Odontol Scand* 1973; 31(3): 179-185.
227. Dourda AO, Moule AJ, Young WG. A morphometric analysis of the cross-sectional area of dentine occupied by dentinal tubules in human third molar teeth. *International Endodontic Journal* 1994; 27(4): 184-189.
228. Olsson S, Oilo G, Adamczak E. The structure of dentin surfaces exposed for bond strength measurements. *Scand J Dent Res* 1993; 101(3): 180-184.
229. Berutti E, Marini R, Angeretti A. Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. *J Endod* 1997; 23(12): 725-727.
230. Sen BH, Piskin B, Baran N. The effect of tubular penetration of root canal sealers on dye microleakage. *International Endodontic Journal* 1996; 29(1): 23-28.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

<b>Adı</b>	Ahmet	<b>Soyadı</b>	SAVGAT
<b>Doğ. Yeri</b>	Edremit	<b>Doğ.Tar.</b>	1980
<b>Uyruğu</b>	TC	<b>Tel</b>	0541 908 04 00
<b>Email</b>	savgat@yahoo.com		

### Eğitim Düzeyi

	<b>Mezun Old. Kurum</b>	<b>Mezuniyet Yılı</b>
<b>Doktora</b>		
<b>Yük. Lis.</b>	Hacettepe üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2004
<b>Lisans</b>	Hacettepe üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2004
<b>Lise</b>	Edremit Yabancı Dil Ağırlıklı Lise	1998

### İş Deneyimi

<b>Görevi</b>	<b>Kurum</b>	<b>Süre (Yıl-Yıl)</b>
Arş. Gör.	Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti A.D.	2004-2005
Arş. Gör.	Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti A.D.	2006-2014

<b>Yabancı Dilleri</b>	<b>KPDS/ÜDS Puanı</b>	<b>(Diğer) Puanı</b>
İngilizce	73,5	Çok iyi

\*Çok iyi, iyi, orta, zayıf, - olarak değerlendirin

## Yayınları/Tebliğleri Sertifikaları/Ödülleri

### a) MAKALELER

#### 1. Uluslararası Makaleler

- a. **G.C. Unal**, M. Maden, A. Savgat, E. Onur Orhan, “Comparative investigation of 2 rotary nickel-titanium instruments: protaper universal versus protaper”, Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology (ISI) , 886-892 pp., 2009 , DOI: 10.1016/j.tripleo.2009.01.010
- b. **Maden M**, Savgat A, Görgül G. “Radiculomegaly of permanent canines: report of endodontic treatment in OFCD syndrome.” Int Endod J. Dec;43(12):1152-61, 2010, DOI: 10.1111/j.

#### 2. Ulusal makaleler

- a. M. Maden, **G. C. Ünal**, E. O. Orhan, A. Savgat, G. Akça, “The Effect of Acidithiobacillus Ferrooxidans on Different Types of Endodontic Files “, Türkiye Klinikleri J Dental Sci 2012;18(3):242-8
- b. M. Maden, **G. C. Unal**, A. Savgat, E.O.Orhan, A.G.Yavuz, A, Uygun, “Eğe iletkenliği ile Root ZX elektronik apeks bulucu doğruluğunun ilişkisi”, S.D.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 114-118 pp, 2012
- c. **G. C. Unal**, R. B. Ermis, A. Savgat, “Horizontal Root Fracture Detected As Elliptical In Radiography: A Case Report And 3-Year Follow-Up Türkiye Klinikleri J Dental Sci 2013;19(2):146-50

### b) Bildiriler

#### 1. Uluslararası bildiriler

- a. G.C.Unal, M. Maden, A. Savgat, E.O.Orhan, 13th Biennial Congress of The European Society of Endodontology konferansı dahilinde “Abstract Book” bildiri kitapçığındaki “Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper Universal versus ProTaper”, 81 pp., İstanbul, Türkiye, Eylül 2007
- b. M. Maden, G.C.Unal, E.O.Orhan, A.Savgat, E.Baris, G. Gorgul, 13th Biennial Congress of The European Society of Endodontology konferansı dahilinde “Abstract Book” bildiri kitapçığındaki “A Microbiologic and Histopathologic Aspect of Anachoresis in Heavy



- Infected Rats Vaccinated with Thiobacillus Species.”, 59 pp., İstanbul, Türkiye, Eylül 2007
- c. M. Maden, G.C.Unal, G.Akca, A.Savgat, E.O.Orhan, G. Gorgul, 13th Biennial Congress of The European Society of Endodontology konferansı dahilinde “Abstract Book” bildiri kitapçığındaki “The Effect of Thiobacillus Species on Different Types of Endodontic Files”, 60 pp., İstanbul, Türkiye, Eylül 2007
- d. G.C.Unal, R.B. Ermiş, A. Savgat, 3rd Symposium of the Turkish endodontic Society konferansı dahilinde “Abstract Book” bildiri kitapçığındaki “Horizontal Root Fracture: A case Report and 3-year Follow-Up”, 78 pp., Antalya, Türkiye, Nisan 2008
- e. M. Maden, G.C.Unal, A.Savgat, E.O.Orhan, A.G.Yavuz, A. Uygun, 10.th International Congress of The Turkish Endodontic Society konferansı dahilinde “Abstract Book” bildiri kitapçığındaki “The Influence of File Conductivity on The Accuracy of The Root ZX Electronic Apex Locater”, 114 pp., İstanbul, Türkiye, Eylül 2010
- f. A. Savgat, G.C. Unal, “Türk Endodonti Derneği 11. Uluslararası Kongresi Konferansı “dahilinde” Konuşma Ve Bildiri Özetleri bildiri kitapçığındaki “Orta Şiddetli Florozisli Daimi Dişlerin Kök Dentininin Mineral Dağılımı ve Mikrosertliğinin İncelenmesi”, 103 Pp., İstanbul, Türkiye, 2012
- g. G.C. Unal, A. Savgat, “Türk Endodonti Derneği 11. Uluslararası Kongresi Konferansı “dahilinde” Konuşma Ve Bildiri Özetleri bildiri kitapçığındaki “Orta Şiddetli Florozisli Daimi Dişlerde Kök Dentininin Tübül Yapısının İncelenmesi”, 178-179 pp., İstanbul, Türkiye, 2012
- h. G.C. Unal, M. Maden, A. Savgat, E.O. Orhan, “Türk Endodonti Derneği 11. Uluslararası Kongresi Konferansı” dahilinde “Konuşma Ve Bildiri Özetleri” bildiri kitapçığındaki ‘Preklinik Diş Hekimliği Eğitiminde Öğrenciler Tarafından Uygulanan Race Ve Revo-S Kök Kanal Aletlerinin Kök Kanal Şekillendirmesi” , 180-181 pp., İstanbul, Türkiye, 2012

- i. G.C. Unal, M. Maden, A. Savgat, E.O. Orhan, F. Ökmen Ekni, “Türk Endodonti Derneği 11. Uluslararası Kongresi Konferansı” dahilinde “Konuşma Ve Bildiri Özetleri” bildiri kitapçığındaki ‘Eğimli Yapay Kök Kanallarında 3 Tip Nikel-Titanyum Döner Aletin Şekillendirme Etkinliklerinin Karşılaştırılması”, 188-189 pp., İstanbul, Türkiye, 2012
- j. G.C.Unal, M.Maden, E.O.Orhan, A.Savgat,İ.F.Ertuğrul, C.E.Erik, H.Orhan, 13th Biennial Congress of The European Society of Endodontology konferansı dahilinde “Abstract Book” bildiri kitapçığındaki “comparation evalation of pain at various intervals of time following single versus-two visit endodontic treatment: a randomised controlled trial.”, 70 pp., Lizbon, Portekiz, Eylül 2013
- k. Celik Unal G, A.Savgat, C.E.Erik, , 13th Biennial Congress of The European Society of Endodontology konferansı dahilinde “Abstract Book” bildiri kitapçığındaki “healing of huge periapical lesion following nonsurgical endodontic threapy: case report.”, 97 pp., Lizbon, Portekiz, Eylül 2013
- c. Ulusal kuruluşlarca desteklenen projede görev alma**
  1. Okulcanlar Projesi
- d. Uluslararası sempozyum, kongre, kurs (workshop) düzenlenmesi gibi etkinliklerde görev almak**
  - 1- kongre adı: “the 4E's of Endodontics” international endodontic symposium. görev: sergi komitesi başkanlığı. tarih: 17-19 Mart 2011 ISPARTA Davraz Sirene Otel Convention Center
  - 2- Kongre adı: “the 4E's of Endodontics” international endodontic symposium. görev: sosyal komitede görev almak. tarih: 17-19 Mart 2011 ISPARTA Davraz Sirene Otel Convention Center
- e. Ulusal sempozyum, kongre, kurs (workshop) düzenlenmesi gibi etkinliklerde görev almak**
  - 1- Süleyman Demirel Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi 1. Endodonti Günleri, Isparta, 17-19 Mayıs 2007.

## EKLER

### Ham İstatistik Verileri

**Tablo 10.** Florozisli ve sağlıklı grubun *t-test* analizi

Variable	Grup	N	Lower =L Mean	Mean	Upper =L Mean	Lower CL Std =ev	Std Dev	Upper CL Std =ev	Std Err	Minimum	Maximum
Ca	Florozis	15	22.173	22.861	23.55	0.9103	1.2434	1.9609	0.321	21.024	25.588
Ca	Sağlıklı	15	16.834	17.407	17.98	0.7577	1.035	1.6322	0.2672	15.581	18.932
Ca	Fark (1-2)		4.5989	5.4545	6.3102	0.9078	1.1439	1.5471	0.4177		
P	Florozis	15	14.1	14.541	14.981	0.583	0.7963	1.2558	0.2056	13.652	16.134
P	Sağlıklı	15	11.076	11.424	11.771	0.4595	0.6276	0.9898	0.162	10.076	12.248
P	Fark (1-2)		2.5806	3.1169	3.6531	0.5689	0.7169	0.9696	0.2618		
Mg	Florozis	15	0.1916	0.2058	0.22	0.0188	0.0257	0.0405	0.0066	0.171	0.258
Mg	Sağlıklı	15	0.1531	0.1609	0.1686	0.0102	0.0139	0.022	0.0036	0.138	0.187
Mg	Fark (1-2)		0.0295	0.0449	0.0604	0.0164	0.0207	0.0279	0.0075		
Na	Florozis	15	0.2472	0.2677	0.2881	0.027	0.0369	0.0582	0.0095	0.215	0.348
Na	Sağlıklı	15	0.1413	0.156	0.1707	0.0195	0.0266	0.042	0.0069	0.115	0.199
Na	Fark (1-2)		0.0876	0.1117	0.1357	0.0255	0.0322	0.0435	0.0117		
Zn	Florozis	15	0.1323	0.1421	0.152	0.013	0.0178	0.0281	0.0046	0.119	0.179
Zn	Sağlıklı	15	0.1016	0.1062	0.1108	0.0061	0.0083	0.0131	0.0021	0.092	0.118
Zn	Fark (1-2)		0.0255	0.0359	0.0463	0.011	0.0139	0.0188	0.0051		
F	Florozis	15	0.1148	0.1263	0.1377	0.0151	0.0207	0.0326	0.0053	0.0997	0.1739
F	Sağlıklı	15	0.0401	0.045	0.0499	0.0065	0.0089	0.014	0.0023	0.0356	0.057
F	Fark (1-2)		0.0694	0.0813	0.0932	0.0126	0.0159	0.0215	0.0058		
VHN	Florozis	15	73.131	74.737	76.344	2.1238	2.9009	4.575	0.749	69.71	81.69
VHN	Sağlıklı	15	44.282	46.277	48.272	2.6376	3.6026	5.6817	0.9302	41.47	53
VSD	Fark (1-2)		26.014	28.461	30.907	2.5955	3.2706	4.4234	1.1943		

<b>T-Tests</b>					
<b>Variable</b>	<b>Method</b>	<b>Variances</b>	<b>DF</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>Ca</b>	<b>Pooled</b>	Equal	28	13.06	<.0001
<b>Ca</b>	<b>Satterthwaite</b>	Unequal	27.1	13.06	<.0001
<b>P</b>	<b>Pooled</b>	Equal	28	11.91	<.0001
<b>P</b>	<b>Satterthwaite</b>	Unequal	26.6	11.91	<.0001
<b>Mg</b>	<b>Pooled</b>	Equal	28	5.96	<.0001
<b>Mg</b>	<b>Satterthwaite</b>	Unequal	21.6	5.96	<.0001
<b>Na</b>	<b>Pooled</b>	Equal	28	9.50	<.0001
<b>Na</b>	<b>Satterthwaite</b>	Unequal	25.5	9.50	<.0001
<b>Zn</b>	<b>Pooled</b>	Equal	28	7.08	<.0001
<b>Zn</b>	<b>Satterthwaite</b>	Unequal	19.8	7.08	<.0001
<b>F</b>	<b>Pooled</b>	Equal	28	13.98	<.0001
<b>F</b>	<b>Satterthwaite</b>	Unequal	19	13.98	<.0001
<b>VSD</b>	<b>Pooled</b>	Equal	28	23.83	<.0001
<b>VSD</b>	<b>Satterthwaite</b>	Unequal	26.8	23.83	<.0001

#### **Equality of Variances**

<b>Variable</b>	<b>Method</b>	<b>Num DF</b>	<b>Den DF</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Ca</b>	<b>Folded F</b>	14	14	1.44	0.5013
<b>P</b>	<b>Folded F</b>	14	14	1.61	0.3838
<b>Mg</b>	<b>Folded F</b>	14	14	3.40	0.0290
<b>Nay</b>	<b>Folded F</b>	14	14	1.92	0.2330
<b>Zn</b>	<b>Folded F</b>	14	14	4.58	0.0074
<b>F</b>	<b>Folded F</b>	14	14	5.45	0.0031
<b>VSD</b>	<b>Folded F</b>	14	14	1.54	0.4276

**Simple Statistics**

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
<b>Ca</b>	15	22.86120	1.24336	342.91800	21.02400	25.58800
<b>P</b>	15	14.54053	0.79625	218.10800	13.65200	16.13400
<b>Mg</b>	15	0.20580	0.02568	3.08700	0.17100	0.25800
<b>Na</b>	15	0.26767	0.03691	4.01500	0.21500	0.34800
<b>Zn</b>	15	0.14213	0.01780	2.13200	0.11900	0.17900
<b>F</b>	15	0.12629	0.02069	1.89430	0.09970	0.17390
<b>VSD</b>	15	74.73733	2.90088	1121	69.71000	81.69000

**Tablo 11.** Pearson korelasyon istatistiksel analizi

**Florozisli grup**

Pearson Correlation Coefficients, N = 15 Prob >  r  under H0: Rho=0							
	Ca	P	Mg	Na	Zn	F	VSD
<b>Ca</b>	1.00000	0.82310 0.0002	-0.22153 0.4275	0.37211 0.1720	-0.08327 0.7680	0.40350 0.1358	0.14325 0.6105
<b>P</b>	0.82310 0.0002	1.00000	-0.01355 0.9618	0.41282 0.1262	0.03017 0.9150	0.39452 0.1456	0.18096 0.5187
<b>Mg</b>	-0.22153 0.4275	-0.01355 0.9618	1.00000	0.16696 0.5520	0.64146 0.0100	0.28092 0.3105	0.31878 0.2468
<b>Na</b>	0.37211 0.1720	0.41282 0.1262	0.16696 0.5520	1.00000	0.25119 0.3665	0.48840 0.0647	0.04801 0.8651
<b>Zn</b>	-0.08327 0.7680	0.03017 0.9150	0.64146 0.0100	0.25119 0.3665	1.00000	0.35816 0.1899	0.25699 0.3552
<b>F</b>	0.40350 0.1358	0.39452 0.1456	0.28092 0.3105	0.48840 0.0647	0.35816 0.1899	1.00000	0.61820 0.0140
<b>VSD</b>	0.14325 0.6105	0.18096 0.5187	0.31878 0.2468	0.04801 0.8651	0.25699 0.3552	0.61820 0.0140	1.00000

## Sağlıklı grup

	Ca	P	Mg	Na	Zn	F	VSD
Ca	1.00000	0.62452 0.0128	0.41354 0.1255	0.06151 0.8276	0.14689 0.6014	0.02700 0.9239	-0.10358 0.7134
P	0.62452 0.0128	1.00000	0.34230 0.2117	0.17626 0.5297	-0.25036 0.3681	0.03433 0.9033	-0.21089 0.4506
Mg	0.41354 0.1255	0.34230 0.2117	1.00000	-0.13847 0.6226	-0.00653 0.9816	-0.10230 0.7168	-0.14747 0.6000
Na	0.06151 0.8276	0.17626 0.5297	-0.13847 0.6226	1.00000	0.10683 0.7047	-0.34727 0.2047	-0.30279 0.2727
Zn	0.14689 0.6014	-0.25036 0.3681	-0.00653 0.9816	0.10683 0.7047	1.00000	-0.23855 0.3919	0.01809 0.9490
F	0.02700 0.9239	0.03433 0.9033	-0.10230 0.7168	-0.34727 0.2047	-0.23855 0.3919	1.00000	0.80935 0.0003
VSD	-0.10358 0.7134	-0.21089 0.4506	-0.14747 0.6000	-0.30279 0.2727	0.01809 0.9490	0.80935 0.0003	1.00000

**Tablo 12.** Regresyon istatistiksel analizi modellemesi

### Model 1 (Bağımlı değişken: Ca)

#### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	213.05006	213.05006	127.66	<.0001
Error	28	46.72870	1.66888		
Corrected Total	29	259.77876			

Root MSE	1.29185	R-Square	0.8201
Dependent Mean	20.13393	Adj R-Sq	0.8137
Coeff Var	6.41629		

#### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	14.87944	0.52144	28.54	<.0001
F	1	61.34362	5.42927	11.30	<.0001

### Model 2 (Bağımlı değişken P)

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum =f Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	70.17439	70.17439	115.06	<.0001
Error	28	17.07752	0.60991		
Corrected =otal	29	87.25191			

Root MSE	0.78097	R-Square	0.8043
Dependent =ean	12.98210	Adj R-Sq	0.7973
Coeff Var	6.01573		

#### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	9.96646	0.31523	31.62	<.0001
F	1	35.20610	3.28218	10.73	<.0001

### Model 3 (Bağımlı değişken Mg)

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum =f Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.01516	0.01516	35.57	<.0001
Error	28	0.01194	0.00042628		
Corrected =otal	29	0.02710			

Root MSE	0.02065	R-Square	0.5595
Dependent =ean	0.18333	Adj R-Sq	0.5438
Coeff Var	11.26172		

#### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	0.13901	0.00833	16.68	<.0001
F	1	0.51748	0.08677	5.96	<.0001

#### Model 4 (Bağımlı değişken Na)

##### Analysis of Variance

Source	DF	Sum =f Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.09190	0.09190	84.05	<.0001
Error	28	0.03061	0.00109		
Corrected =otal	29	0.12251			

Root MSE	0.03307	R-Square	0.7501
Dependent =ean	0.21183	Adj R-Sq	0.7412
Coeff Var	15.60935		

##### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	0.10270	0.01335	7.70	<.0001
Fepulpalyuzey	1	1.27404	0.13897	9.17	<.0001

#### Model 5 (Bağımlı değişken Zn)

##### Analysis of Variance

Source	DF	Sum =f Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.00975	0.00975	51.21	<.0001
Error	28	0.00533	0.00019049		
Corrected =otal	29	0.01509			

Root MSE	0.01380	R-Square	0.6465
Dependent =ean	0.12417	Adj R-Sq	0.6339
Coeff Var	11.11559		

##### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	0.08861	0.00557	15.91	<.0001
F	1	0.41508	0.05801	7.16	<.0001



### Model 6 (Bağımlı değişken VSD)

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum =f Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	5867.63166	5867.63166	324.08	<.0001
Error	28	506.95617	18.10558		
Corrected =otal	29	6374.58783			

Root MSE	4.25506	R-Square	0.9205
Dependent =ean	60.50700	Adj R-Sq	0.9176
Coeff Var	7.03235		

Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	32.93164	1.71752	19.17	<.0001
F	1	321.92894	17.88277	18.00	<.0001

**Tablo 13.** Dentin tübülü alan ve çevre ortalaması *t-test* istatistiksel analizi

Statistics											
Variable	grup	N	Lower CL Mean	Mean	Upper CL Mean	Lower CL Std Dev	Std Dev	Upper CL Std Dev	Std Err	Minimum	Maximum
Alan Ortalama	florozis	255	5.3629	5.533	5.703	1.2687	1.3789	1.5102	0.0863	2.3304	9.6109
Alan Ortalama	sağlıklı	270	3.2775	3.3692	3.4609	0.7056	0.7652	0.8358	0.0466	1.8573	5.578
Alan Ortalama	Diff (1-2)		1.9739	2.1637	2.3536	1.0434	1.1066	1.178	0.0966		
Çevre Ortalama	florozis	255	8.2216	8.356	8.4904	1.0026	1.0896	1.1934	0.0682	5.4603	11.312
Çevre Ortalama	sağlıklı	270	6.416	6.506	6.5959	0.6921	0.7505	0.8198	0.0457	4.4149	8.423
Çevre Ortalama	Diff (1-2)		1.6903	1.85	2.0097	0.8776	0.9308	0.9908	0.0813		

T-Tests					
Variable	Method	Variances	DF	t Value	Pr >  t
Alan Ortalama	Pooled	Equal	523	22.39	<.0001
Alan Ortalama	Satterthwaite	Unequal	392	22.06	<.0001
Çevre Ortalama	Pooled	Equal	523	22.76	<.0001
Çevre Ortalama	Satterthwaite	Unequal	448	22.53	<.0001

**Equality of Variances**

Variable	Method	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Alan Ortalama	Folded F	254	269	3.25	<.0001
Çevre Ortalama	Folded F	254	269	2.11	<.0001

**Tablo 14.** Dentin tübül sayısı *t-test* istatistiksel analizi

Grup	N	Lower	Mean	Upper	Lower	Std Dev	Upper	Std Err	Minimum	Maximum
		CL		CL	CL		CL			
		Mean		Mean	Std Dev		Std Dev			
Florozisli	15	29921	35340	40758	7163.7	9784.8	15432	2526.4	23750	56731
Sağlıklı	15	44418	48269	52121	5091.7	6954.7	10968	1795.7	34615	57692
Diff (1-2)		-19279	-12929	-6580	6736.3	8488.5	11480	3099.6		

**T-Tests**

Variable	Method	Variances	DF	t Value	Pr >  t
Tübül Sayısı	Pooled	Equal	28	-4.17	0.0003
Tübül Sayısı	Satterthwaite	Unequal	25.3	-4.17	0.0003