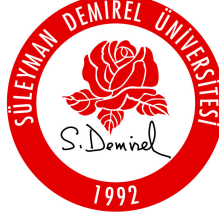


T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**FLOROZİSLİ VE SAĞLIKLI SÜT VE DAİMİ DİŞLERDE  
FLOR MİKTARININ VE DENTİN GEÇİRGENLİĞİNİN *İN*  
*VİTRO* KARŞILAŞTIRILMASI**

**MÜNCİYE SEMRA ÖZAY ERTÜRK**

**PEDODONTİ ANABİLİM DALI DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Zuhal KIRZIOĞLU**

Tez No: 5

**2006-İSPARTA**

T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**FLOROZİSLİ VE SAĞLIKLI SÜT VE DAİMİ DİŞLERDE  
FLOR MİKTARININ VE DENTİN GEÇİRGENLİĞİNİN *İN*  
*VİTRO* KARŞILAŞTIRILMASI**

**MÜNCİYE SEMRA ÖZAY ERTÜRK**

**PEDODONTİ ANABİLİM DALI DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Zuhal KIRZIOĞLU**

Bu tez Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından 883-D-04 Proje numarası ile desteklenmiştir.

Tez No: 5

**2006-İSPARTA**

## ***İÇİNDEKİLER***

Kabul ve Onay .....	<b>i</b>
Önsöz .....	<b>ii</b>
Simgeler ve Kısaltmalar .....	<b>iii</b>
Şekiller .....	<b>v</b>
Çizelgeler.....	<b>vii</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER .....</b>	<b>3</b>
2-1 Flor İyonu .....	3
2-1.1 Florun Doğada Bulunuşu ve Flor Kaynakları .....	3
2-1.2 Florun İnsan Vücudunda Bulunuşu ve Metabolizması .....	5
2-1.3 Diş Sert Dokularındaki Flor Konsantrasyonu .....	6
2-1.4 Diş Sert Dokularındaki Flor Konsantrasyonunun Ölçülmesi ..	8
2-2 Dental Florozis .....	9
2-2.1 Dental Florozisin Etiyolojisi .....	12
2-2.2 Dental Florozis İndeksleri.....	14
2-2.2.1 Dean'in Dental Florozis İndeksi (The Community Fluorosis Index) .....	15
2-2.2.2 TF (Thylstrup-Fejerskov) İndeksi .....	15
2-2.2.3 TSIF (Tooth Surface Index of Fluorosis) İndeksi.....	16
2-2.2.4 FRI (Florozis Risk İndeksi) .....	16
2-2.2.5 CFA (Chronological Fluorosis Assesment) İndeksi ..	17
2-2.2.6 Süt Dişleri İçin Dental Florozis İndeksi (DFPDI- Dental Fluorosis for Primary Dentition Index) .....	17
2-2.3 Dental Florozisin Histopatolojisi .....	21
2-2.4 Dental Florozisin Kimyasal ve Biyokimyasal Yönleri .....	22
2-3 İnsan Dentininin Yapısı ve Fizyolojisi .....	27
2-4 Süt ve Daimi Diş Dentini Arasındaki Histolojik Farklılıklar .....	36
2-5 Dentin Geçirgenliğinin Tanımı ve Önemi .....	40

2-5.1 Dentin-Pulpa Geçirgenlik Bariyeri .....	48
2-5.2 Dentin Geçirgenliği ve Dentin Adezyonu .....	50
2-6. Dentin Smear Tabakası .....	52
2-6.1 Dentinde Smear Tabakasının Oluşumu .....	52
2-6.2 Dentinde Smear Tabakasının Kaldırılma Yöntemleri .....	55
<b>3. MATERYAL ve METOT .....</b>	<b>58</b>
3.1 Deney Kurgusu .....	58
3-1.1 Süt ve Daimi Dişlerden Elde Edilen Dentin Dokusunda Flor Analizi Yapılması .....	58
3-1.1.1 Örneklerin Hazırlanması .....	58
3-1.1.2 Flor Analizlerinin Yapılması .....	61
3-1.2 Süt ve Daimi Dişlerden Elde Edilen Dentin Disklerinin Geçirgenliğinin Ölçülmesi .....	63
3-1.2.1 Dentin Disklerinin Hazırlanması .....	63
3-1.2.2 Dentin Disklerinin Hidrolik İletimlerinin Ölçüleceği Sistemin Hazırlanması .....	71
3-1.2.3 Dentin Disklerinin Geçirgenliğinin Hidrolik İletimlerinin Ölçümü Yoluyla Belirlenmesi .....	73
3.2 Kullanılan İstatistiksel Analiz Yöntemleri .....	75
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>76</b>
4.1 Flor analizi .....	76
4.2 Dentin Geçirgenliği .....	80
<b>5. TARTIŞMA ve SONUÇ .....</b>	<b>87</b>
<b>ÖZET .....</b>	<b>107</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>108</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>109</b>

**KABUL VE ONAY**

Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürlüğü'ne;  
Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü **Pedodonti Anabilim Dalı Doktora Programı** çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 12 / 12 / 2006

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zuhâl KIRZIOĞLU – Süleyman Demirel Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. M. Üstün GÜLDAĞ – Süleyman Demirel Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. M. Şenol TÜZÜM – Süleyman Demirel Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Şaziye ARAS- Ankara Üniversitesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Çiğdem KÜÇÜKEŞMEN – Süleyman Demirel  
Üniversitesi

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

Prof. Dr. Halis KÖYLÜ  
Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

*Çok özenli, titiz ve uzun bir çalışma periyodu sonunda doktora tez çalışmamı tamamlamış olmanın ve S.D.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi'nde doktor unvanını alan ilk doktora öğrencisi olmanın derin mutluluğunu ve haklı gururunu yaşıyorum.*

*Öncelikle doktora eğitimim ve tez çalışmasındaki sonsuz desteği için danışmanım, sevgili hocam Prof. Dr. Zuhâl Kırcıoğlu'na sevgi ve teşekkürlerimi sunuyorum.*

*Tüm imkânlarını kullanarak tez çalışmamda kullandığım 'Elektronik Fotosensörlü Hidrolik İletim Ölçüm Cihazı'nın yapımını gerçekleştiren S.D.Ü. Bilgisayar Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürü Doç. Dr. Suat Özkorucuklu'ya, teknik yardımlarından dolayı Hüseyin Altun'a ve tüm BAUM çalışanlarına teşekkür ediyorum.*

*Tezimde yer alan flor analizi çalışmasında gereken laboratuvar ortamı ve cihazlarını kullanmam için yardımlarını esirgemeyen S.D.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. A. Güleren Alsancak'a ve Öğretim Görevlisi Sabriye Perçin'e teşekkür ediyorum.*

*Anabilim Dalımızda doktora programının açılmasında emeği geçen fakültemiz yöneticilerine, doktora programına destek veren Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti A.D. öğretim üyelerine ve programın açılması için beraber uğraştığımız hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.*

*S.D.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne mali desteği için teşekkür ediyorum.*

*Çalışmada kullandığım dişlerin toplanmasında yardımcı olan S.D.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti, Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Anabilim Dallarıma, rahat bir çalışma ortamı sağladıkları için Anabilim Dalında birlikte görev yaptığımız bütün çalışma arkadaşlarıma ve tez çalışmasında dolaylı olarak emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunuyorum.*

*Ayrıca, bu zorlu ve yorucu dönemde, sonsuz destekleri için sevgili eşime ve canım kızım SİL'A'ma, gösterdikleri sabır, anlayış ve her türlü maddi-manevi desteklerinden ötürü sevgili aileme sonsuz teşekkürler.*

*M. Semra ÖZAYERTÜRK*

## **SİMGELER VE KISALTMALAR**

A	açık dentin yüzey alanı
BMP-2	kemik morfogenetik protein-2
Ca <sup>+2</sup>	kalsiyum iyonu
Ca-Al-Fe	kalsiyum-aluminyum-demir
CaF <sub>2</sub>	florit
Ca <sub>10</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> F <sub>2</sub>	floroapatit
CFA	Kronolojik Florozis Değerlendirme İndeksi
cm	santimetre
cm <sup>2</sup>	santimetrekare
cm H <sub>2</sub> O	santimetre su
DFPDI	Süt Dişleri için Dental Florozis İndeksi
dk	dakika
DPP	dentin fosfoproteini
DSP	dentin sialoproteini
EDTA	etilendiaminetetraasetik asit
F	flor iyonu
FGF	fibroblast büyüme faktörü
FRI	Florozis Risk İndeksi
GAG	glikozaminoglikan
g	gram
g/cm <sup>3</sup>	santimetreküp başına gram
HF	hidrojen florür
Jv	sıvı akım oranı
Lp	hidrolik iletim
Lp1	asitle pürüzlendirme öncesi hidrolik iletim
Lp2	asitle pürüzlendirme sonrası hidrolik iletim
ml	mililitre
mm	milimetre
mm <sup>2</sup>	milimetrekare
mg F/kg	kilogram başına miligram flor
mg	miligram
mg/l	litrede miligram

mg/kg	kilogramda miligram
NaOCl	sodyumhipoklorit
Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	kriyolit
nm	nanometre
OH <sup>-</sup>	hidroksil iyonu
ort,SS	ortalama, standart sapma
$\Delta P$	hidrostatik basınç
ppm	milyonda bir kısım
psi	inçkare başına basınç
SECM	taramalı elektrokimyasal mikroskop
SEM	taramalı elektron mikroskobu
SiC	silikon karbit
s	saniye
t	zaman
TF	Thylstrup-Fejerskov
TFI	Thylstrup-Fejerskov'un Dental Florozis İndeksi
TSIF	Florozis için Diş Yüzey İndeksi
tübül/mm <sup>2</sup>	milimetrekare başına tübül
VEGF	vasküler endotelial büyüme faktörü
$\mu\text{l dk}^{-1}$	dakikadaki mikrolitre
$\mu\text{m}$	mikron
$\mu\text{M}$	mikromolar
$\mu\text{mol/l}$	litrede mikromol



## ŞEKİLLER

<b>Şekil 1.</b> Kalibrasyon grafiği .....	62
<b>Şekil 2.</b> Dentin kesitleri elde edilen sağlıklı daimi diş grubundan örnek (0 TFI skoru) .....	64
<b>Şekil 3.</b> Dentin kesitleri elde edilen hafif florozisli daimi diş grubundan örnekler (1-2 TFI skoru) .....	64
<b>Şekil 4.</b> Dentin kesitleri elde edilen orta florozisli daimi diş grubundan örnekler (4-5 TFI skoru) .....	65
<b>Şekil 5.</b> Dentin kesitleri elde edilen şiddetli florozisli daimi diş grubundan örnekler (7-8 TFI skoru) .....	65
<b>Şekil 6.</b> Dentin kesitleri elde edilen sağlıklı süt dişi grubundan örnekler (0 TFI skoru).....	66
<b>Şekil 7.</b> Dentin kesitleri elde edilen hafif florozisli süt diş grubundan örnekler (1-2 TFI skoru) .....	66
<b>Şekil 8.</b> Dentin kesitleri elde edilen orta florozisli süt dişi grubundan örnekler (4-5 TFI skoru) .....	67
<b>Şekil 9.</b> Dentin kesitleri elde edilen şiddetli florozisli süt dişi grubundan örnekler (7-8 TFI skoru) .....	67
<b>Şekil 10.</b> Şeffaf ortodontik akrilik rezine gömülen daimi dişlerden örnekler .....	69
<b>Şekil 11.</b> Şeffaf ortodontik akrilik rezine gömülen süt dişlerinden örnekler .....	69
<b>Şekil 12.</b> Pleksiglas halkaya yapıştırılmış daimi diş dentini kesitinin ön (pulpal) ve arka (okluzal) yüz görünümü .....	70
<b>Şekil 13.</b> Pleksiglas halkaya yapıştırılmış süt dişi dentini kesitinin ön (pulpal) ve arka (okluzal) yüz görünümü .....	71

<b>Şekil 14.</b> Hidrolik iletim ölçüm cihazı ve deney düzeneği .....	72
<b>Şekil 15.</b> Hidrolik iletim ölçüm cihazı .....	72
<b>Şekil 16.</b> Daimi dişlerde farklı florozis gruplarında okluzal dentin dokusundaki flor miktarlarının dağılımı .....	77
<b>Şekil 17.</b> Süt dişlerinde farklı florozis gruplarında okluzal dentin dokusundaki flor miktarlarının dağılımı .....	78
<b>Şekil 18.</b> Daimi dişlerde farklı florozis gruplarında asitle pürüzlendirme öncesi (Lp1) ve sonrası (Lp2) hidrolik iletim değerleri.....	82
<b>Şekil 19.</b> Süt dişlerinde farklı florozis gruplarında asitle pürüzlendirme öncesi (Lp1) ve sonrası (Lp2) hidrolik iletim değerleri.....	83
<b>Şekil 20.</b> Süt dişlerinde ve daimi dişlerde farklı florozis gruplarında Lp1 ve Lp2 değerlerinin dağılımı .....	84

## **ÇİZELGELER**

<b>Çizelge 1.</b> Bazı yiyecek ve içeceklerde bulunan flor miktarı(mg/100 gr).....	4
<b>Çizelge 2.</b> Yetişkinler tarafından farklı yiyecek ve içecek gruplarından alınan tahmini flor oranları.....	4
<b>Çizelge 3.</b> Bazı doku ve doku sıvılarında bulunan flor iyonu oranı .....	5
<b>Çizelge 4.</b> Dean'in Dental Florozis İndeksi .....	18
<b>Çizelge 5.</b> TF İndeksi.....	19
<b>Çizelge 6.</b> TSIF İndeksi .....	20
<b>Çizelge 7.</b> CFA İndeksi.....	21
<b>Çizelge 8.</b> TF İndeksinin çalışmamızda kullanılmak üzere modifiye edilmiş şekli .....	60
<b>Çizelge 9.</b> Dişlerin okluzal bölümündeki dentin dokusunun flor analizinin yapılması öncesinde dişlerin gruplandırılması .....	60
<b>Çizelge 10.</b> Dentin geçirgenliği ölçümleri öncesinde dişlerin gruplandırılması .....	68
<b>Çizelge 11.</b> Farklı florozis gruplarında bulunan okluzal dentin örneklerinin içerdikleri ortalama flor miktarları .....	76
<b>Çizelge 12.</b> Flor içeriği analiz edilen örneklerin kuru ağırlıkları ve içeriğinin gruplara göre dağılımı.....	79
<b>Çizelge 13.</b> Daimi dişlerde ve süt dişlerinde farklı florozis gruplarında ölçülen ortalama hidrolik iletim değerleri.....	8

## 1. GİRİŞ

Dünyada doğal olarak florlanmayan bölgeler dahil olmak üzere giderek artan bir florozis riski olduğu rapor edilmektedir (1,2). Isparta, Türkiye'deki endemik florozis bölgelerinden biridir ve bölgede halen çocukların dişlerinde farklı seviyelerde florozis görülmektedir. Bu hastalarda materyallerin dişe bağlanması ve pulpa cevabı konusunda problemler yaşanmaktadır (3).

Dentin, diş kütlesinin büyük bir kısmını oluşturan heterojen, geçirgen mineralize bir dokudur. Pulpadan mine-dentin yada sement-dentin birleşimine uzanan mikrotübüller içermektedir. Dentin, sıklıkla çürük yada restoratif işlemler nedeniyle diş ortamına açılır. Açığa çıktığında dentin çok hassas olabilir ve tübüllerdeki sıvı miktarı restoratif materyallerin bağlanma özelliklerini etkileyebilir.

Dişin mine dokusundan farklı olan dentin, bu özelliklerinden dolayı restoratif materyallerin dişe bağlanmasında problemlerle karşılaşılmasına neden olmaktadır. Dentin geçirgenliği Pashley ve arkadaşlarının (4) tanıtmış olduğu hidrolik iletim ölçme düzeneği ile ölçülebilmektedir. Bu düzenekte, sabit basınç altında mikroşırınga yardımıyla sisteme verilen hava kabarcığının hareketi kapiller boruda gözle izlenmektedir. Dentin geçirgenliğinin daha hassas ve güvenilir bir şekilde ölçülebilmesi için, klasik yöntemlere göre çok daha hassas ölçüm yapabilen elektronik hidrolik iletim ölçüm sistemlerinin arayışı ve bu konudaki çalışmalar devam etmektedir.

Dentinin geçirgenliği, materyallerin dişe bağlanmasında ve yapılan restorasyonun klinik başarısında büyük önem taşımaktadır. Ulaşılabilir kaynaklarda, florozisli dişlerde dentin geçirgenliğinin belirlenmesiyle ilgili çalışmaya rastlanamamıştır. Florozisli dişlerle, sağlıklı dişler arasında dentin geçirgenliği açısından farklılık olup olmadığının bilinmesi, restoratif işlemler sırasında klinisyenin dentinin özelliklerine göre materyal seçebilmesine, daha sağlıklı ve uzun ömürlü restorasyonlar yapabilmesine olanak tanıyacaktır.

Çalışmamızın amacı, florozisli süt ve daimi dişlerde okluzal dentinin içerdiği flor miktarının belirlenmesi, dentin geçirgenliğinin elektronik

fotosensörlü hidrolik iletim ölçüm sistemi yardımıyla hassas bir şekilde ölçülmesi ve elde edilen verilerin sağlıklı dişlerle karşılaştırılmasıdır. Ayrıca, süt ve daimi dişler arasındaki flor miktarı ve dentin geçirgenliği ile ilgili farklılıkların karşılaştırılması da amaçlanmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2-1 Flor İyonu

Flor, vücut üzerindeki etkilerinden dolayı uzun yıllardan beri araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Florun etkileri, etki mekanizmaları, flor alım kaynakları, alım süreleri birçok araştırmanın konusu olmuştur.

#### 2-1.1 Florun Doğada Bulunuşu ve Flor Kaynakları

Flor iyonu halojen ailesindedir. Açık yeşilimsi sarı renkte bir gazdır ve kimyasal yönden aktif bir ametaldir. Bu nedenle doğada moleküler halde değil de, bileşikler halinde bulunur. Atom numarası 9 ve simgesi 'F'dir. İyonik çapının küçük olması sebebiyle kimyasal reaksiyonlara kolayca girebildiği gösterilmiştir. Tüm elementlerin en elektronegatif ve en aktiftir. Bilinen flor içeren yaklaşık 150 mineralden en çok görülenler fluorspar (florit,  $\text{CaF}_2$ , %49 F), fluoroapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ , %3,4 F) ve kriyolit ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , %54 F) tir. Flor atmosfere volkanik aktiviteler sonucu, toprak ve su partiküllerinin rüzgarın etkisiyle sürüklenmeleri sonucu girer (5).

Flor iyonu doğada serbest halde görülmemektedir. Özellikle kayalık bölgelerde ve bu bölgelerin kaynak sularında, atmosferde, bitkilerde bulunmaktadır. Deniz suyu 1,2-1,4 ppm arası flor içermektedir. Suların flor konsantrasyonu, suyun flor içeren mineralleri çözmesi ve bulundurması, suyun geçtiği bölgedeki kayaların gözenekliliği, sıcaklık, Ph, Ca-Al-Fe gibi diğer florla reaksiyona girebilen element bulundurması ve suyun dinlenme zamanı gibi faktörlerden doğrudan etkilenmektedir. Volkanik aktiviteye bağlı olarak sıcak suların flor içeriği artmaktadır. Kömür 500 ppm'e kadar flor içerebilmektedir. Bundan başka süt, sebzeler ve bir çok gıdada 0,5 ppm oranında flor bulunmaktadır. Flor, bitkilerde organik ve inorganik bileşikler halinde olup, en fazla çay yapraklarındadır. Bir bardak çayda bulunan flor

miktarı 0,19-0,31 mg'dır. Suları florlu olan yerlerde günlük olarak çayla alınan bu miktar 8-10 mg'a yükselebilmektedir (5,6).

Gıdalar arasında en fazla flor 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 flor miktarı (5) Çizelge 1'de, yetişkinler tarafından total alınan flor miktarının yiyecek ve içecekler arasında dağılımı (6) Çizelge 2'de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.** Bazı yiyecek ve içeceklerde bulunan flor miktarı (mg/100 g)

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

**Çizelge 2.** Yetişkinler tarafından farklı yiyecek ve içecek gruplarından alınan tahmini flor oranları

Yiyecek/içecek grubu	Flor alımı (total flor miktarının %si)
Su ve süt ürünleri dışındaki içecekler	75
Yeşil sebzeler ve tahıllar	7
Et, balık ve tavuk	6
Diğer tüm gıdalar	12

Diğer flor kaynakları ise, florlu diş macunları, ağız gargaraları, flor tabletleri, florlu sularla sulanan sebze, meyveler ve bu sularla hazırlanmış yiyecek, içecek, meyve suları ve bebek mamaları olarak sıralanabilir (7-10).

## 2-1.2 Florun İnsan Vücudunda Bulunuşu ve Metabolizması

İnsan vücudu için gerekli olan flor iyonu vücuda girdikten sonra; bir kısmı kemiklerde, dişlerin mine ve dentin dokularında, bir kısmı da yumuşak dokularda, tiroide ve damar duvarlarında birikir. Küçük çocuklarda günlük alınan miktarın %30-50 kadarı iskeletsel dokular tarafından tutulmaktadır. Yetişkinlerde ise sadece %2-10'u tutulabilmektedir (5,6).

Flor iyonu insan vücudunda çoğunlukla kalsiyum içeriği yüksek olan, kemiklerde ve dişlerde bulunmaktadır. Sert dokular dışında kalpte, karaciğerde, böbreklerde, tiroid bezinde ve damarların yapısında görülmektedir. Bu element sert dokularda floroapatit halinde bulunmaktadır (11).

İnsan vücudunda mineralizasyon ve kalsifikasyon olaylarını etkileyen flor iyonu, bir çok enzimatik olaya katılır ve bu özelliklerinden dolayı yaşam için gereklidir. Bazı doku ve doku sıvılarında bulunan flor iyonu oranı Çizelge 3'de verilmiştir (6).

**Çizelge 3.** Bazı doku ve doku sıvılarında bulunan flor iyonu oranı

DOKU	F ORANI
Kemik	100-9700 mg/kg
Diş	90-16.000 mg/kg
Plazma	0,7-2,4 $\mu\text{mol/l}$
Tükürük	< 1 $\mu\text{mol/l}$
Anne sütü	0,4 $\mu\text{mol/l}$

Flor iyonu, ağız yoluyla vücuda alınır ve mide-bağırsak kanalından emilir. Emilim işlemi pasif difüzyonla gerçekleşir. Ağızla alınan flor iyonu miktarının yaklaşık %10'u feçesle atılır. Atılan bu kısım emilmeyen flordur. Florun kalsiyum iyonunca zengin diyetle alınması halinde, florun kalsiyum ve



diğer di- ve trivalent katyonlarla birleşmesi nedeniyle dışkıyla atılan flor miktarı artar (12,13). Sodyum florür tableti ile alınan florda emilim neredeyse %100 iken, bir bardak süt ile birlikte alınan aynı doz florun emilim oranı %60'a düşmektedir. Flor iyonu, kemik tarafından iyon değıştirme mekanizması ile alınıp, böbrekler tarafından hızla atılır. Florun büyük bir kısmı gençlerde kemik tarafından tutulur. Yaşlılıkta ise kemikteki flor konsantrasyonu artar ve daha fazla miktarda flor iyonu idrarla atılır. Flor iyonu, kemik tarafından alınması ve böbreklerden süzülme hızının çok yüksek olması bakımından diğer halojenürlerden ayrı özelliktedir (6,11).

Vücuda giren flor iyonunun çok az bir kısmı da tükürük, anne sütü ve ter yoluyla atılmaktadır. Plazmadaki florun %10-20 kadarı serbest iyon halinde bulunmaktadır. Flor iyonunun yüksek miktarda alınmasıyla plazma düzeyi yükselmektedir. Fakat fazla florun böbrekler yoluyla atılması sonucu bu düzey tekrar normal değerine ulaşmaktadır. Vücuda böbreklerden hemen atılmayacak kadar flor alındığında, plazmadaki flor düzeyinin normal konsantrasyon içinde kalabilmesi için kemiklerdeki tutulma olayı artmaktadır. Genel sağlık ve diş çürüğünden korunma açısından ideal günlük flor alım dozu 1 litre içme suyunda 1 mg'dır (5,11).

### **2-1.3 Diş Sert Dokularındaki Flor Konsantrasyonu**

Yapılan çalışmalarda (14-16) dentin ve sementin flor konsantrasyonlarının, mineden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bu durum, bu dokuların daha pöröz yapıda olmalarına ve doku sıvılarından flor alabilecekleri sürenin daha uzun olmasına bağlanmıştır.

Dentin, sement ve kemik gibi mezenşimal bir dokudur. Ektodermal olan minenin aksine, mezenşimal dokular kollajen matriks içerirler ve bu matriks mineralizasyon sırasında da tutulur. Apatit kristalleri, minedekine göre oldukça küçüktür ve daha az kristalizedir. Bu nedenle, daha yüksek derecede doku hidrasyonu, tübüler yapı ve kristallerin artmış yüzey alanı sonucu dentinin flor alım kapasitesi çok daha fazladır. Dentin aynı zamanda

metabolik olarak aktiftir ve dişin yaşamı boyunca gelişmeye devam eder (17,18).

Daimi dişlerde dentindeki ortalama flor konsantrasyonu yaklaşık 40 yaşına kadar artar ve çevredeki flor konsantrasyonuna bağlı olan bir seviyede kalır. Dokunun pulpal yüzeyler gibi yüzey sınırlarında yada bu bölgelere yakın yerlerde en yüksek flor konsantrasyonları gözlenir (19). Bu bölgelerde flor emilmeye devam eder ve muhtemelen yaşam boyunca konsantrasyonu artar. Çünkü dentin oluşmaya devam eder ve mineralizasyon sırasında büyümeyle birlikte flor depolar. Burada alış-veriş en st düzeydedir. Primer yada sekonder yeni oluşan dentinin florla birleşme zamanının kısıtlı olması, daha düşük flor konsantrasyonu sergilemesine neden olmaktadır. Bu, elementin birikimi için çok az zaman olduğu için sekonder dentinde neden flor konsantrasyonlarının düşük olma eğiliminde olduğunu açıklamaktadır. Bunun aksine, sabit dentin yüzeyi pasif bir Şekilde çok yüksek miktarlarda fluoru absorbe eder ve depolar. Çünkü alış-veriş yoluyla flor depolamak için yeterli süre mevcuttur (6,11).

Flor iyonu hidroksiapatit kristalindeki OH<sup>-</sup> iyonunun yerini aldığında, OH<sup>-</sup> iyonununa göre kalsiyum atomlarına daha fazla yaklaşır ve bunun sonucu da daha kuvvetli bir elektrostatik bağ oluşur. Flor iyonunun OH<sup>-</sup> iyonunun yerini almasıyla birlikte apatit kristali daha stabil bir hal alır ve çözünmeye karşı da daha dirençlidir (20,21). Dentindeki apatit kristalleri minedekilere göre daha kk olduğu için çalışılması daha güç olmaktadır. Kk kristalitler, zayıf kristalin, düşük kalsiyum içeriğine sahip apatit ve yüksek oranda karbonattan oluşmuştur. Bunun sonucu olarak, çözünürlüğü daha fazladır ve flor iyonuyla olduğu gibi, iyonik değişimlere daha fazla izin vermektedir (22).

Flordan etkilenmeyi tam olarak yansıtan (rn; içme suyunda) süt dişi dentinindeki flor dağılımı özelliği, fizyolojik düşme öncesinde oluşan fizyolojik rezorbsiyon işlemi tarafından komplike hale getirilir. Bunun sonucu olarak süt dişi dentininin pulpal yüzeyindeki flor konsantrasyonu kök oluşum süresi boyunca yükselir, fakat rezorbsiyon periyodu sırasında düşer (23). Bu tüm süt dişlerinde görülür, fakat flor konsantrasyonundaki en büyük artış ve

azalışlar çok köklü dişlerin pulpal yüzeylerinde gözlenir, çünkü bu dişlerin hem oluşumu hem rezorbsiyonu uzun zaman alır (6,23).

#### **2-1.4 Diş Sert Dokularındaki Flor Konsantrasyonunun Ölçülmesi**

Diş sert dokularındaki flor konsantrasyonunun analiz edilmesinde flor seçici elektrot en çok kullanılan, en geçerli analitik metottur (6,14-16,24-35). Bu metot, sert doku örneklerinde, abrazyiv mikro örnek alma (14-16,26,29-32), abrazyiv biyopsi (36,37) ve asitle pürüzlendirme (27,33,34,38-40) vb tekniklerle beraber uygulanmaktadır.

Flor seçici elektrot serbest flor iyonlarına cevap verir, fakat demir, alüminyum, magnezyum vb metal iyonlarıyla bileşik halindeki flor iyonlarına cevap vermez. Mineralize doku örneklerinde flor analizi yapılırken, flor elektrodu ile sadece solüsyonlardaki flor konsantrasyonunun ölçülebilmesi nedeniyle, mineralize doku örneklerinin eritilerek çözülmesinde, dokuların içerdiği florun bağlı olduğu bileşiklerden ayrıştırılmasında ve konsantre edilmesinde genellikle güçlü asitler kullanılmaktadır (24,35,41-45). Perklorik asit (14,16,26,27,30,31,33-36,38,39,41-45), nitrik asit (24,28,29), hidroklorik asit (46), bu amaçla en çok kullanılan asitlerdir. HF zayıf bir asittir. Düşük pH'da flor iyonize olmayan HF olarak bulunur ve bu maddeye flor elektrodu cevap vermez. PH 5'in üzerinde flor tam olarak iyonize edilir. Fakat elektrot aynı zamanda hidroksit konsantrasyonu, flor konsantrasyonunun 10 katından fazla olduğunda karışıklık yaratan hidroksit iyonlarına da cevap verir. Bu gerçek, flor elektroduyla yapılacak ölçümlerde test solüsyonunun pH'sının ideal olarak 5-6 arasında tutulması gerektiğini ortaya koymaktadır (47). Flor iyonu aktivitesi ortamdaki iyonik konsantrasyona bağlı olarak değişir ve örnekteki ve standart solüsyonlardaki iyonik gücün ve kompozisyonun temelde aynı olması şarttır. Bu gereklilikler, standartlara ve örneklere flor elektrodu ile ölçüm öncesinde total iyonik gücü ayarlama tamponu (TISAB) eklenmesiyle karşılanır. TISAB, aynı zamanda floru kompleks yaptığı metal

iyonlarından ayırtmak ve uygun pH'yı sağlamak için belirteçler de içerir (6,47,48).

Ulaşılabilir kaynaklarda bildirilen, diş sert dokularında flor analizi yaparken flor seçici elektroda göre daha az kullanılan diğer metotlar ise nötron aktivasyon analizi (49-53), proton mikroprob analizi (54,55), enerji dağıtıcı spektrometre (56), X-ışını mikrotomografisi (57), kolorimetrik metot (58) ve elektron prob mikroanalizi (59,60) olarak bildirilmektedir. Bu yöntemlerden proton mikroprob analizinin noktasal alanların mineral içeriğini belirlediğinden dolayı, farklı alanların mineral içeriği farklı olabileceğinden hatalı sonuçlar verebileceği bildirilmektedir (60). Kolorimetrik metot, ucuz olmasına karşılık daha az duyarlı bir metottur ve elde edilen sonuçların gerçeğe daha az yakın olduğu bildirilmektedir (6,60). Diğer yöntemlerin en önemli dezavantajı ise, çok pahalı ve komplike yöntemler olmalarıdır.

## 2-2 Dental Florozis

İçme suları ve yiyeceklerle sağlanan florun düşük salya konsantrasyonları pek çok insanda çürüğe karşı koruyuculuk sağlamaktadır (6). Fakat florun olumlu etkilerinin yanı sıra, aşırı alımı sonucu oluşabilecek komplikasyonlar da göz önüne alınmalıdır.

Dişlerin gelişimi sırasında aşırı flor alımı, bir tür mine ve dentin mineralizasyon bozukluğu olan diş florozisine neden olmaktadır (61).

Florozis klinik görünümü diş yüzeyi boyunca uzanan beyaz opak çizgilerden, minenin tüm bölümlerinde gözlenen tebeşirimsi beyaz görünüme kadar değişebilmektedir. İleri safhalarda ise, mine pöröz (mineralizasyonu bozuk) bir hal alır, minenin yüzeyel tabakasının üst kısmı sürme sonrası kırılır ve açığa çıkan, yüzeyin altındaki pöröz mine lekelenip, renklenir. Dental florozis daha şiddetli formlarında sürmeyi takiben, minenin yüzeyel tabakasının büyük bir kısmı hızlı bir şekilde aşınmaktadır. Bu durum alttaki çabuk renklenen pöröz minenin açığa çıkmasına neden olur (6,62). Sürme sonrası etkilenme, sürme anındaki şiddetin derecesine bağlı olarak zamanla

artabilir, yıllarla beraber ilerler, sonuç olarak daha ileri yaşlarda şiddetli mine değişiklikleri gözlenebilir. Bu durum dental florozisin şiddetinin, toplumlar arasındaki karşılaştırmasının, yalnızca aynı yaş grubundaki bireyler arasında yapılabileceğini göstermektedir (63,64).

Florozisin hafif formundaki ince beyaz çizgiler, iyi gözlem şartlarında, ancak deneyimli bir gözlemci tarafından görülebilir. Florozis, daha belirgin formunda, diş yüzeyinde beyaz nokta şeklinde sahalardan, geniş opak alanlara kadar farklı şekillerde gözlenir. Minede kahverengi çukurcuklar da oluşabilir. En şiddetli formunda minenin kırılarak dökülmesi söz konusudur. Genel olarak oluşan lekeler, pörözitenin derecesine bağlıdır. Fakat bireyin diyet alışkanlıkları da burada etkili olacaktır. Bu yüzden renklenme tek başına şiddetin derecesini belirlemez (62,64). Dental florozisin çok şiddetli formlarında, diş ağız boşluğuna tebeşirimsi beyaz şekilde sürer. Dişteki pörözitenin derecesi minenin fiziksel kuvvetini azaltır ve minenin yüzeyel tabakası kırılır. Diş minenin bazı kayıpları kesici kenar ve tüberkül tepeleri boyunca yer alır. Daha ileri olgularda okluzal yüzeylerin hızlı bir şekilde aşınması gözlenir (6,64,65).

Süt dişlenmesindeki florozis, genellikle daimi dişlerden daha nadir yada hafif şiddette görülmektedir. Süt dişlerindeki florozis daimi dişlerdeki florozise benzer görünümündedir. Fakat süt dişi florozisi bir dereceye kadar dantela tarzında, tüysü yada bulutlu gibi görünüm verir. Süt dişi minesindeki florotik sahalardan perikimatik çizgileri takip etmez (65). Bunun bir nedeni, perikimatanın süt dişlerinde genellikle olmaması yada daha az yer almasıdır (66). Bu florotik sahalardan özellikle doğumdan önce oluşur. Ayrıca bazı süt dişleri, etkilenen ve etkilenmeyen ayrı mine bölgeleri çok yakın olduğundan mermerimsi yada girdap gibi dönen bir görünümündedir (62).

Süt dişi florozisi genel olarak daimi diş florozisindeki kadar opak olarak gözlenmez. Büyük bir olasılıkla bunun nedeni, süt dişi minesinin daimi diş minesine göre daha ince ve tipik olarak daha beyaz olmasıdır. Bu yüzden etkilenen ve etkilenmeyen sahalardan arasındaki sınır, süt dişinde daimi diş göre daha az belirgindir. Süt dişi florozisi sıklıkla süt azılarının bukkal yüzlerinin servikal kısımlarında gözlenmektedir. Süt azılarının okluzal

yüzeylerindeki florozis, marjinal sırt ve daha az oranda da transvers sırtları takip eder. Fakat kar şapkası görünümü olarak tanımlanan görünüm, genellikle daimi küçük ve büyük azıların okluzal yüzlerinde görülür ve süt dişi tüberkül tepelerindeki aşınmadan dolayı daha az belirgin olarak gözlenebilmektedir (65). Süt azılarının bukkal ve lingual yüzlerinin gingival kısımlarındaki diş florozisi, bazen aktif yada aktif olmayan beyaz nokta şeklindeki çürük lezyonlarına benzerlik gösterebilmektedir. Süt dişi florozisi, çürüğe bağlı demineralizasyondan, yumuşak doku kenarına yakınlığı ile ayırılabilir. Beyaz nokta lezyonları yumuşak doku kenarını yakın takip eden ince bantlar olarak görülür ve plak birikimi olan sahalarla ilişkilidir. Fakat süt dişi florozisi genellikle ince bantlar şeklinde sınırlanmış değildir ve sıklıkla yumuşak doku kenarından krona doğru uzanır. Ayrıca birinci süt molarları, sıklıkla bukkal yüzlerinde görülen, dişin renginden daha beyaz, farklı bir tümsek yada çıkıntıya sahiptir ve bu florozisi taklit eden bir görüntü oluşturur. Buna rağmen, süt dişi florozisi bu çıkıntının beyazlığından ayırt edilebilir. Çünkü florozis renk açısından daha farklı bir görünüme sahiptir ve genellikle çıkıntının bulunduğu bölgenin dışında yer alır (67).

Warren ve ark. (65) süt dişi florozisinin karakteristiğini şu şekilde belirlemişlerdir:

- Süt dişi florozisi genellikle daimi diş florozisinden daha nadir ve hafif şiddette görülen ve yeterli ışık kaynağı olmaksızın belirlemenin zor olabileceği bir durumdur.
- Süt dişi florozis oranı ve şiddeti doğrudan su flor seviyeleriyle ilişkilidir.
- Yüksek su flor seviyelerine sahip bölgelerde süt dişi florozisi tüm dişlerde gelişebilir, fakat süt molarlarda diğer süt dişlerine göre daha şiddetli ve sık gözlenir.
- Normal veya normalin altında su flor seviyelerine sahip bölgelerde süt dişi florozisi genellikle süt azılarında sınırlanmıştır.
- Flor içeren ürünlerin erken kullanımı da süt dişi florozis ile bağlantılı olabilmektedir.
- Düşük flor seviyesine sahip bölgelerdeki prenatal flor alımı süt dişi florozisi gelişimi üzerinde tam etkili değildir.

Bu karakteristiklere göre çok yüksek su flor seviyesine sahip bölgeler haricinde, süt dişlerinde florozis gelişimi çoğunlukla postnatal bir durum olarak değerlendirilmiştir. Süt dişlerinde daimi dişlere göre daha ılımlı florozis formlarının görülmesinin nedeni, anneden bebeğe florun geçişinde plasentanın bariyer görevi görmesine bağlanmıştır (68). Sanılanın aksine, flor geçişinde plaseenta sınırlı bir bariyer şeklinde görev yapmaktadır. Fakat fetüsün kanındaki flor konsantrasyonu, anneninkinden genellikle daha düşüktür. Bir dişin dış mine tabakasındaki florun çoğu sürme öncesinde mine olgunlaşması periyodu sırasında birikmektedir. Bu gelişimsel periyot süt dişlerinde sadece 1-2 yıl sürerken, daimi dişlerde 4-5 yıl gibi uzun bir süreyi kapsamaktadır. Süt dişlerinde dental florozisin daha nadir ve ılımlı görülmesinin nedeni, süt dişlerinin daimi dişlere göre daha kısa süren mine formasyonu ve olgunlaşması periyotları, buna ilaveten prenatal gelişimleri sırasında karşılaştıkları daha düşük fetal kan flor konsantrasyonlarıdır (61).

İhmal edilebilir düzeyde ve optimal seviyede florlanan bölgelerdeki toplumlarda, dental florozis yaygınlığının giderek arttığı belirlenmiştir (1,2). Aynı su kaynağından flor alımı olmasına rağmen florozis şiddetinde farklılıklar görülmesi; diyetle, alınan flor miktarına, iklime, bireysel, fizyolojik ve metabolik faktörlerin varlığına dayandırılmaktadır (62,63).

Floroziste ağız kavitesindeki değişikliklerin simetrik bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir (62). Florozisten etkilenen dişlerin kesici kısımlarının, orta ve kole kısımlarına göre daha şiddetli değişiklikler gösterdikleri bildirilmiştir (69).

### **2-2.1 Dental Florozisin Etiyolojisi**

Epidemiyolojik bulgular, bireylerin diş gelişimi boyunca 0,1 mg/l'nin üzerinde flor iyonu konsantrasyonuna sahip içme suyu kaynaklarını kullanmalarıyla, yüksek çeşitlilikte dental florozis dağılımının olduğunu göstermektedir. Bu çeşitlilik ilk olarak kullanılan suyun flor seviyesine ve iklim koşullarına, diğer flor kaynaklarının alınmasına, flor metabolizmasındaki

bireysel çeşitliliğe bağlanmıştır. Ayrıca kesici dişlerdeki florozisin, kısa bir üst dudak yada ön açık kapanış sonucunda açığa çıkan minenin kronik olarak kurumması ile daha belirgin hale geldiği gözlemlenmiştir (69). Bir çok etken alınan florun miktar ve sıklığını etkileyebilmekte, bireysel duyarlılığın da belirgin etkisi olabilmektedir (63).

Sıcaklığın dental florozisin şiddet ve sıklığına, günlük su tüketimindeki farklılıkların sonucu olarak etkili olduğu birleşilen bir görüştür. Florlu diş macunları da başka bir flor kaynağıdır. Diş macunlarından alınan florun, özellikle boş mideye alınırsa etkili olduğu, yemek sonrası alındığında ise etkisinin %50 düştüğü bildirilmektedir (7). Gün boyunca yiyecek alımının sıklığı ve miktarı, gelişmiş ülkelerdeki çocuklarla, gelişmekte olan ülkelerdeki çocuklar arasında karşılaştırılmış; ikinci gruptaki çocukların günün büyük bir kısmını daha az miktarda yemekle geçirdikleri belirlenmiştir. Beslenme bozukluğunun, bireylerin dental florozise yatkınlıkları üzerine etkisi incelenen bir konudur (62).

Florlu diş macunları gibi kaynakların yüzeyel olarak kullanımı amaçlanırken, okul öncesi yaştaki çocuklar tarafından macunun büyük bir kısmının yutulduğu belirlenmiştir. Çocukların toplam aldıkları flor miktarının %64-72 kadarını diş macunundan aldıkları bildirilmiştir (6,7).

Sürekli olarak yada aralıklarla kullanılan flor tabletlerinin, diş macunlarının ve farmakolojik ürünlerin neden olduğu florozis dikkati çekmiştir (63).

Florlanan toplumlarda tüketilen yiyecek ve içeceklerin florlanmamış toplumlarda da tüketilmesinin, florlanmamış toplumdaki bireylerin flor alımını anlamlı şekilde artırabileceği (halo etkisi) bildirilmiştir. Yiyeceklerin çoğu flor alımına çok az katkıda bulunurken, bazı içecekler çocukların artan tüketimi nedeniyle flor bakımından geniş bir şekilde analiz edilmiştir. Flor seviyesinin yüksek olduğu sularla hazırlanan bebek maması, meyve suyu gibi ürünler ek flor kaynakları olarak karşımıza çıkmaktadır (6-10).

Bunun yanı sıra pişirmede kullanılan araçlar da yiyeceğin flor içeriğini etkileyebilmektedir. Teflon kaplı tencerelerin flor açığa çıkardığı, alüminyumların ise pişirme sırasında floru absorbe ettiği bulunmuştur.



1mg/kg flor içeren suyun 15 dakika paslanmaz çelik ya da ısıya dayanıklı cam kapta kaynatılmasıyla flor içeriğinde çok az değişim olduğu gözlenmiştir. Teflon (polytetrafloroetilen) kaplı kaplarda, flor içeriğinin 3 mg/kg kadar arttığı, aliminyum kaplarda ise 0.3 mg/kg azaldığı gözlenmiştir (70).

Dental florozisin derecesinin içme suyundaki flor konsantrasyonuyla yakından ilişkisi olduğu ve endemik florozis bölgelerindeki florozisin flor taşıyan tozların solunmasından kaynaklandığı bildirilmektedir (6). Havadan alınan flor gibi, flor içeren trankilizanlar (benzothiadiazinler, florosteroidler, fenothiasinler ve florobutyrophenonlar), flor içeren anestetikler (metoksifluran, enfluran ve halotan) veya diğer flor içeren ilaçlar da alınan toplam flor miktarına çok az katkıda bulunmaktadır (5).

Volkanik alanlardaki yer altı sularının ve krater gölü sularının, buradaki volkanik kayalardan köken alan yüksek flor seviyelerine sahip olabildikleri bildirilmiştir (71). Bu gibi volkanik alanlardan çıkan sularda flor oranı fazla olduğu için, bu bölgelerde yaşayan insanlarda endemik flor zehirlenmeleri yada diğer bir deyişle endemik florozis gözlenmektedir. Isparta (merkez) ve Ağrı (Doğubayezit) yerleşim birimleri, ülkemizdeki endemik florozis bölgeleri olarak bildirilmiştir (72-74).

### **2-2.2 Dental Florozis İndeksleri**

Dental florozisin bir popülasyon yada birey için prevalans ve şiddetini tanımlamak amacıyla, duyarlı, kesin ve geçerli olan bir sınıflama sistemi gereklidir. Bu amaçla farklı dental florozis indeksleri geliştirilmiştir (75-81).

### 2-2.2.1 Dean'in Dental Florozis İndeksi (The Community Fluorosis Index)

Dean'in (75) 1934 yılında, bireyleri 0.0 (normal)'dan 4.0 (şiddetli)'e kadar farklı derecelerle farklı kategorilerde sınıflandırdığı florozis indeksidir (Çizelge 4). Bu indeks daha sonraları modifiye edilmiş olup, Dean'in ılımlı dental florozis formlarında tüm diş yüzeyinin etkilendiğini gözardı ettiği, 'çok hafif' ve 'orta' florozis derecelerini etkilenen diş yüzeylerine dayanarak yaptığı ve Dean'in 'şüpheli' florozis derecesinin karışıklığa yol açabileceği şekilde eleştiriler almıştır. Bu nedenle indeks 'açık ve net değil', 'yeterince hassas değil' şeklinde nitelendirilmiştir (6). Dean indeksi dental florozinin estetik görünümü üzerinde durmaktadır. Dean indeksinin, sularında yüksek flor içeren (3 ppm ve üzeri) bölgelerdeki dental florozis şiddetinin farklı görünümünü ayırmada başarılı olmadığı ve yetersiz kaldığı bildirilmektedir. Flor konsantrasyonunun yüksek olduğu bölgelerde geniş bir aralıkta yer alan florozis formları, Dean indeksinde sadece iki kategoride, 'orta' ve 'şiddetli' olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle Dean indeksinin, şimdi yapılan çalışmalardaki prevalansla 1930-1940'lı yıllarda saptanan prevalansın karşılaştırılmasında kullanılmasının uygun olacağı bildirilmiştir (76,77).

### 2-2.2.2 Thylstrup&Fejerskov İndeksi (TFI)

Thylstrup ve Fejerskov (78) tarafından, Dean'in Dental Florozis İndeksi'ni modifiye etmek, iyileştirmek ve genişletmek amacıyla 1978 yılında geliştirilmiştir. Dean'in çalıştığı bölgelerdeki içme suyu flor oranından daha yüksek flor oranlarına sahip bölgeler için daha hassas bir sınıflama sistemi oluşturmak amaçlanmıştır. Dental florozinin biyolojik etkilerine dayanmaktadır. Bu indekste bireyler florozinin gözle inceleme derecesine göre histolojik görünümüyle ilişkili olarak on kategoride sınıflandırılmaktadır (Çizelge 5). Orijinal sınıflamada bukkal, okluzal ve lingual yüzeyler incelenmektedir (76,78). TF indeksi Dean indeksiyle karşılaştırıldığında, çok

daha hassas ve tekrar edilebilir olduğu rapor edilmiştir (79). Dean'in 'şiddetli' kategorisi bu indekste 5 kategoriye ayrılmaktadır. Böylece içme suyunda yüksek flor oranına sahip bölgelerde yaşayan kişilerin dişlerinde gözlenen çok çeşitli klinik değışikliklerin kaydedilmesi daha kolay olmaktadır. TF indeksinin, klinik çalışmalarda ve analitik epidemiyolojik çalışmalarda kullanılmasının uygun olacağı belirtilmiştir (6, 77).

### **2-2.2.3 TSIF (Tooth Surface Index of Fluorosis) İndeksi**

1980'de hazırlanan indekste (76), restore edilmemiş her diş yüzeyi için bölümlü bir değer verilmektedir (Çizelge 6). Muayene öncesinde diş yüzeyleri kurutulmamaktadır. Bunun nedeni de dişlerin doğal hallerinin değerlendirilmesidir. Ön dişler için iki değer (labial ve lingual yüzeyler için), arka dişler için de üç değer (bukkal, lingual ve okluzal yüzeyler için) belirlenmiştir. TSIF, yüzeye özel bir florozis belirleme yöntemi olduğu için, toplumsal sağlık etkilerini belirlemede daha uygun olduğu düşünülmektedir. Flor seviyesinin çok yüksek olduğu bölgelerde, Dean indeksinin eksikliğini gidermek amacıyla TSIF kullanılmaktadır. Bu nedenle TSIF'in, olguyu tanımlamak için estetiğin temel alındığı çalışmalarda ve risk faktörlerinin tanımlandığı durumlar ile dişlerin temizlenemeyip kurutulamadığı durumlarda kullanılmasının uygun olacağı bildirilmiştir (77).

### **2-2.2.4 Florozis Risk İndeksi (FRI)**

Pendrys (80) tarafından analitik epidemiyolojik çalışmalarda kullanılmak üzere geliştirilmiş bir indekstir. Yaşla ilişkili flor kaynaklarından etkilenme ile dental florozis gelişimi arasındaki ilişkiyi doğru bir şekilde belirlemeye olanak tanımayı amaçlamaktadır. Bu indekste daimi dentisyonda mine yüzeyleri iki gelişimle ilişkili yüzey bölgesi grubuna bölünmüştür. Sınıflama I'e yaşamın 1. yılında oluşuma başlama, Sınıflama II'ye ise

yaşamın 3-6. yılları arasında oluşuma başlama dahil edilmiştir. Yaşamın 2. yılında oluşuma başlayan mine yüzeyleri iki sınıflamaya da dahil edilmemiştir. Bu, iki sınıflama grubuna dahil olan mine yüzeylerini birbirinden tamamen ayırabilmek için yapılmıştır. FRI mine florozisi için risk faktörlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır (76,80).

### **2-2.2.5 CFA (Chronological Fluorosis Assesment) İndeksi**

Yeni geliştirilmiş olan ve dental florozisin kronolojik tayininde kullanılan bir indekstir (69). Özellikle florozis riskinin azalmasını değerlendirilmesinde çok hassas olduğu görülen CFA indeksi, üst santral dişin, daimi dişler arasında ilk süren ve estetik açıdan önemli olan bir diş olması nedeniyle, bu dişlerin labial yüzeylerinde diş florozisinin tayini için geliştirilmiştir. Buna göre, dişin ön yüzeyinin kole, orta ve kesici üçlülere altı kategoriden oluşan bir florozis skalasıyla sınıflandırılmaktadır (Çizelge 7).

### **2-2.2.6 Süt Dişleri İçin Dental Florozis İndeksi (DFPDI- Dental Fluorosis for Primary Dentition Index)**

Süt dişlenmesinde görülen florozis, daimi diş florozisinden farklı olduğu için geliştirilen bir indeks olup, süt dişlenmesi için geliştirilen tek indekstir (81).

DFPDI indeksinde sınıflama şu şekilde yapılmaktadır:

0= Normal mine

1= Diş yüzeyinin %25'inde etkilenmiş, lekeli mine yüzeyi

2= Diş yüzeyinin en çok %50'sinde etkilenmiş, lekeli mine yüzeyi

3= Diş yüzeyinin %50'sinden fazlasında etkilenmiş, lekeli mine yüzeyi

4= Diş yüzeyinde benekler ve buna eşlik eden minenin devamlılığının bozulması.

DFPDI indeksinde değerlendirmeler arka dişlerin üç yüzeyinde (vestibuler, okluzal ve lingual/palatinal), n dişlerin ise iki yüzeyinde (vestibuler, lingual/palatinal) yapılmaktadır. Her yarı çenede; arka dişler için en yüksek puan 12 (2 süt moları x 12 = 24), n dişler için en yüksek puan ise 8'dir (3 n grup süt dişi x 8 = 24). Her yarı çene için toplam puan 48, her çene için 96 ve tüm ağız için 192'dir. Hastanın florozisten etkilenme derecesi puanlar toplanarak belirlenir: [Normal (0), çok hafif (1-38), Hafif (39-76), Orta (77-114), şiddetli (115-152), çok şiddetli (153-192)]

Daimi diş florozis indekslerinden TF indeksi, süt dişlerinde florozisin sınıflamasında en çok kullanılan ve diğer indekslerle karşılaştırıldığında süt dişleri için en uygun bulunan indeks olduğu belirtilmiştir (79). Süt dişlerindeki florozisin tespitinde TF ve Dean indeksleriyle değerlendirmeler yapıldığında, iki sınıflandırma sisteminin de benzer prevalans gösterdiği, fakat şiddet derecesinin daha çok çeşitlilik gösterdiği için, TF indeksinin Dean indeksinden daha yüksek bir değer sergilediği gözlenmiş ve TF indeksi daha detaylı ve hassas olarak nitelendirilmiştir (76,79).

#### Çizelge 4. Dean'in dental florozis indeksi

<b>Normal (0.0)</b>	Düz, camsı, krem-beyaz yarı saydam yüzey
<b>şüpheli (0.5)</b>	Birkaç beyaz leke yada beyaz nokta
<b>ok hafif (1.0)</b>	Diş yüzeyinin %25'inden az bir alanı kapsayan, küçük opak, kağıt beyazı alanlar
<b>Hafif (2.0)</b>	Diş yüzeyinin %50'sinden az bir alanı kapsayan, opak, beyaz alanlar
<b>Orta (3.0)</b>	Tüm diş yüzeyleri etkilenmiş; kahverengi lekelenme; ısırma yüzeylerinde belirgin aşınma
<b>şiddetli (4.0)</b>	Tüm diş yüzeyleri etkilenmiş; kahverengi lekelenme; göze çarpan, birleşmiş çukurcuk oluşumu

**Çizelge 5. TF İndeksi**

0. Yüzeyin silinip kurulanmasından sonra camsı krem-beyaz minenin normal yarı saydam gözlenmesi.
1. Dış yüzeyi boyunca enine beyaz opak çizgilerin gözlenmesi. Çizgiler perikimataların pozisyonuyla ilişkilidir ve bazı olgularda tüberkül tepelerinin ve kesici kenarların belirgin karşıpkası görünümü de gözlenebilir.
2. Beyaz opak çizgiler daha belirgin gözlenir ve tüm yüzeye yayılmış olan bulutumsu opasite alanlarına uzanır. Tüberküllerin ve kesici kenarların karşıpkası görünümü sıktır.
3. Beyaz çizgilerin birleştiği ve bulutumsu opasite alanlarının tüm yüzeyin büyük bir kısmına yayıldığı gözlenir. Bulutumsu alanların arasında beyaz çizgiler yine gözlenebilir.
4. Tüm yüzey belirgin bir opasite yada tebeşirimsi beyaz görüntü sergiler. Atrizyonla yada aşınmayla karşı karşıya kalan yüzey kısımları daha az etkilenmiş gibi gözlenir.
5. Tüm yüzey opaktır ve çapları 2 mm'den az olan yuvarlak çukurcuklar (dış minenin lokal kaybı) mevcuttur.
6. Küçük çukurcukların opak mine içinde, vertikal yükseklikleri 2 mm'den az olan bantlar oluşturacak şekilde birleştikleri gözlenir. Minenin tüberkül eğimlerinin aşındığı ve oluşan hasarın vertikal boyutunun 2 mm'den az olduğu vak'alar da bu gruba dahildir.
7. En dış mine tabakasının düzensiz alanlar şeklinde kaybı gözlenir. Yüzeyin yarısından azı etkilenmiştir. Kalan sağlam mine opaktır.
8. En dış mine tabakasının kaybı yüzeyin yarısından fazlasında gözlenir ve kalan sağlam mine opaktır.
9. En dış mine tabakasının büyük bir kısmının kaybedilmesi sonucu dışın yüzey anatomisinin değiştiği gözlenir. Sıklıkla opak mineden oluşan servikal bir çerçeve gözlenir.

**Çizelge 6. TSIF indeksi**

0. Minede florozis belirtisi yok
1. Opak beyaz lekeler diş yüzeyinin 1/3'ünü geçmeyecek şekildedir. Kesici dişlerin kesici kenarlarında ve azı dişlerinin tüberkül tepelerinde beyaz lekeler mevcuttur.
2. Opak beyaz lekeler, görünen diş yüzeyinin 1/3'ü ile 2/3'ü arasında bir alanı kaplamaktadır.
3. Opak beyaz lekeler yüzeyin en az 2/3'ünü kaplamaktadır.
4. Minede açık kahverengiden, koyu kahverengiye kadar değişebilen belirgin renklenmeler vardır.
5. Mine yüzeyinde çukurcuklar mevcuttur. Çukurcuk kendisini çevreleyen mineden renk olarak farklıdır. Sağlam minede renklenme yoktur.
6. Hem çukurcuklar hem de sağlam mine renklenmiştir.
7. Çukurcuklar mine yüzeyinde karışık bir durumdadır. Minede defektlerden dolayı kayıp söz konusudur ve dişin anatomik formu bundan etkilenmiştir. Koyu kahverengi lekeler mevcuttur.

### Çizelge 7. CFA indeksi

- |    |  |
|----|--|
| 0. | Mine normal görünümüne sahiptir.   |
| 1. | Dental florozisin belirtilerinden olan opasitelerin diş yüzeyindeki düzensiz dağılımı, minenin %10'undan daha az bir bölümünü etkilemiştir.                                  |
| 2. | Minenin %10-49 arası bölümü etkilenmiştir.   |
| 3. | Minenin %50-89 arası bölümü etkilenmiştir.   |
| 4. | Minenin %90'ından fazlası etkilenmiştir.   |
| 5. | Mine yüzeyinde florotik kaynaklı çukurcukların varlığı söz konusudur.  |
| X. | Sürmeye bağlı yada düzgün bir değerlendirmeyi önleyen bir defektin varlığına bağlı olarak yüzey değerlendirmesinden çıkarılmıştır (Tetrasiklin renklenmesi veya çürük gibi). |

### 2-2.3 Dental Florozisin Histopatolojisi

Florozisli insan minesindeki değişiklikler ışık ve elektron mikroskobu kullanılarak tanımlanmıştır. TF indeksi dokudaki patolojik değişikliklere karşılık florozisin farklı derecelerinin klinik görünümle ilişkisini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Diş oluşumu sırasında artmış flor alımı mine pörözitesinde artışa neden olmaktadır (6).

Polarize ışık mikroskobunda TF indeksinin 1 skorunda, diş mine yüzeyindeki Retzius çizgileri boyunca artmış pörözite görülmektedir. TF indeksinin 2 skorunda ise, Retzius çizgileri daha belirgin olmakla beraber, mine yüzeyi boyunca devamlı, dar bir pörözite alanı gözlenmiştir. Bu olgularda Retzius çizgilerinde por hacmi ortalama % 5 civarındadır. TFI 1 ve 2 skorunu alan dişlerde aynı zamanda ince servikal mine ve tüberkül uçları/insizal kenarlar gözlenir (82,83).

TFI 3 skoru alan diş kesitlerinde por hacminin %5'i aştığı 80-100 µm'lik bir pöröz yüzeyaltı bölgesi gözlenir (6,82).



TFI 4 skoru alan dişler çok geniş pöröz mine lezyonları sergilerler (por hacmi %10 veya daha fazladır). Bu geniş mine lezyonları iyi mineralize olmuş yüzey tabakasının altında 50 µm kalınlığında lokalize olmuştur. Lezyonların derinliği ve pörözite derecesi flor alım miktarına bağlı olarak değişir. Çok ciddi şekilde etkilenen dişlerin yüzeyaltı por hacimleri sürme sırasında %25'i aşar ve lezyonlar servikal alanlarda mine-dentin birleşimine kadar neredeyse uzanır (83).

Histolojik olarak TFI skorları 5 ve 6'daki çukurcuklar SEM'de mikroradyograflarda mine yüzeyindeki zımbayla delinmiş alanları simgelemektedir. Mikroradyograflarda ağız ortamına açılmış minede önemli değişiklikler ve sağlam mine yüzeyi kaldırıldığında önemli mineral kazancı olduğu gözlenir (82,83).

7-9 TFI skorlarında tüm pöröz mine ağız ortamına açılmıştır ve bu yüzey tabakasının kırılmasına bağlıdır. Bunun sonucu olarak kalan minede çok fazla düzensiz mineral dağılımı oluşur. Aynı zamanda da kristal boyutu ve şeklinde de düzensizlikler mevcuttur (6,84).

Diş florozisinin ılımlı formlarında, minede sadece histolojik değişiklikleri kaydetmek mümkündür, fakat şiddetli olgularda dentin de etkilenmektedir. Bu değişiklikler Von Ebner çizgilerinde genişleme şeklinde gözlenir ve bu özellikle de net bir şekilde hipomineralize olan pulpal dentin kısmında belirgindir. Şiddetli florozisi olan insan molarından alınan mikroradyograflarda, hipomineralizasyon bantları sonucu pulpaya doğru genişlemiş olan dentindeki tabakalı özelliğin oldukça arttığı gözlenmiştir (83).

#### **2-2.4 Dental Florozisin Kimyasal ve Biyokimyasal Yönleri**

Flor iyonlarının hidroksiapatit kristalleri içine alındığında ve fluoroapatite çevrildiğinde genellikle mineralizasyonu hızlandırdığı bilinmektedir (85). Fakat yapılan laboratuvar çalışmalarında (86,87) farklı konsantrasyonlarda florun kristal büyüme hızına olan etkileri çalışılmış ve 105.3 µM

konsantrasyonun altındaki florun kristalizasyon oranını azalttığı, fakat daha yüksek konsantrasyonların oranı hızlandırdığı gözlenmiştir.

Klinik açıdan şiddetli florozis olgularında dişlerde hem yüzeyel mine tabakalarında, hem de daha derin minede artmış flor konsantrasyonları bulunmuştur. Sürme sonrası şiddetli yüzey harabiyeti sergileyen dişlerde oldukça düzensiz flor konsantrasyonları gözlenmesi, bu pöröz dokular tarafından ağız ortamından sürme sonrası flor alımını gösterir (6).

İlımlı dental florozis vak'alarında en dış minedeki flor içeriğini araştıran bir çalışmada (88), içme suyunda 1.5-2.0 ppm flor bulunan bir bölgede doğan ve büyüyen çocuklar, içme suyunda 0.7 ppm'den az flor bulunan bölgede yaşayan çocuklarla karşılaştırılmış, üst dişlerin tüm bukkal yüzeylerinden mine biyopsisi alınmış ve TF indeksine göre bukkal yüzeyler derecelendirilmiştir. TFI skorunda 1-3 arasında, artışla birlikte yüzeyel minenin flor içeriğinde de artış gözlenmiştir. Üst çenedeki tüm diş tipleri incelenmiş ve yüzeyel flor konsantrasyonunun diş tipleri için değişmediği, fakat aynı florozis derecesinin gözlendiği küçük azı ve 1. azılar karşılaştırıldığında, 1. azıların küçük azılara göre çok daha yüksek flor seviyeleri içerdiği gözlenmiştir. Bu veriler, artan florozis dereceleri ile yüzey ve toplam mine içeriğindeki artış arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır.

Süt ve daimi dişler için salgılama ve erken olgunlaşma dönemlerinin, yüksek flor konsantrasyonundan etkilenen en hassas diş gelişim dönemleri olduğu bildirilmektedir (61,64,89,90). Kesici dişler için 1-3 yaşları arası periyot, 4-5 yaş arası periyoda göre dental florozis gelişimi açısından daha riskli ve hassas bir dönemdir. Özellikle, mine formasyonunun olgunlaşma safhasının florozis gelişimi için daha riskli olduğu bildirilmektedir (91). Fakat yüksek konsantrasyonda flor, hem salgılama safhasında hem de sonrasında alındığında, oluşacak dental florozisin şiddeti daha çok artmaktadır (64,91). Dental florozis doza bağımlı bir durumdur. Florozisin şiddeti alınan florun dozuna ve etkilenme süresine bağlı olarak değişmektedir. Düşük konsantrasyonda sürekli flor alımının (0,03 µg/kg) da hafif dereceli florozise neden olabileceği bildirilmektedir (91). Florun patojenik etkilerinin, hücrel

ve/veya sistemik metabolizmadan çok, mineralize dokular üzerine olan lokal etkilerine bağlı olduğu bilinmektedir. Gelişimsel dönemler sırasında ne kadar çok flor alınır, oluşacak dental florozisin şiddeti de o kadar fazla olmaktadır (6,61). Florozisli mine normal mineye göre pöröz dokuda daha fazla protein içermektedir. Amelogenезisin olgunlaşma safhası sırasında, florozisli mine tarafından enamelinlere göre daha az amelogeninler kaybedilmektedir. Flor, bir nonkollajenöz mine proteini olan amelogeninin proteolitik azalmasını ve ortadan kaldırılmasını geciktirmektedir. Amelogeninin kaldırılması uygun mineralizasyon için şarttır. Sonuçta oluşan florozisli mine oldukça yüksek oranda olgunlaşmamış matriks proteinleri içerir. Bu nedenle de florozisli minenin amelogenin içeriği normal olgun mineye oranla daha fazladır. Fakat florun amelogenin metabolizmasını hangi yolla etkilediği kesinlik kazanmamıştır (6,91,92).

Florozisli dişlerde minedeki biyolojik değişikliklerle ilgili bir çok çalışma olmasına karşılık, bu dişlerde dentindeki histopatolojik değişikliklerle ilgili çok az sayıda çalışma ve bilgi mevcuttur (93,94). Deneysel diş florozisi çalışmalarında, bireylerin normalde aldığı flor dozajından çok daha yüksek dozajlar uygulanması sonucu dentinde görülen anomaliler, hipoplastik defektler, hipomineralize interglobüler boşluklar, çizgilenmeler ve dentinin dış sınırında büyük deformasyonlar olarak rapor edilmiştir (95). 1994'te Fejerskov ve ark. (96), florun mezenşimal yada ektodermal kökenli mineralize dokulardaki biyomineralizasyonu etkileyebildiğini ve sonuçta da insanda florozisli dentinde hipomineralizasyona yol açabileceğini rapor etmiştir.

McCann ve Bullock (97), florun mineralize dokular üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlayan çalışmalarında, içme suyuyla 100 ppm flor alan sıçanların sert dokuları, kontrol grubundaki sıçanların dokularıyla karşılaştırmış ve florun dokuların kalsiyum ve fosfor içeriğine çok az etkisi olurken, asıl etkisinin karbondioksit ve magnezyum içeriği üzerine olduğunu gözlemişlerdir. Dokuya florun katılımı, florun magnezyuma afinitesinden dolayı, daha fazla magnezyum adsorbsiyonuyla sonuçlanmaktadır. Kristalin ana kısmını oluşturan kalsiyum ise bu şekilde etkilenmemektedir. Flor

içeriğinin artmasıyla beraber kalsiyum içeriğinin etkilenmediği, magnezyum içeriğinin ise arttığı gösterilmiştir (98).

Normal dentinle kıyaslandığında florozisli dentindeki biyokimyasal değişikliklerle ilgili kesin sonuçları bildiren herhangi bir çalışma mevcut değildir. Florozisin insan ve sıçan dentininin proteoglikan yapı kompozisyonunda değişikliklere yol açtığı gösterilmiş olup, bu bulguların anlamlılığı belirsizdir (6).

Flor mine dokusunda olduğu gibi dentin formasyonunu da olumsuz yönde etkilemektedir. Dentin, minenin aksine mezenşimal kökenli olmasına rağmen, dentin florozisinin, dentinin ekstraselüler matriksinde oluşan lokal rahatsızlıklar sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Dentinogenezis, bir kollajenöz yapı oluşturmak için, başlıca tip I kollajen ve birkaç non-kollajenöz proteinin salgılanmasını içerir. Daha sonra karbonatapatit kristaller varolan yapıda biriktirilir. Dentin fosfoproteini (DPP) ve dentin sialoproteini (DSP) iki tip dentin non-kollajenöz matriks proteindir. Bu proteinler kemik dokusunda da bulunmaktadır. DSP'nin kemikteki konsantrasyonu dentininden 400 kat daha azdır. DSP'nin diş oluşumundaki rolü tam olarak bilinmemektedir. Fakat DSP'nin hidroksiapatit formasyonunda sınırlı etkiye sahip olduğu ve dentin yapımında düzenleyici bir rol oynadığı düşünülmektedir (20,99). DPP dentinin nükleasyon ve mineralizasyonundan sorumlu ana non-kollajenöz dentin spesifik matriks proteini olarak bilinmektedir. Maciejewska ve ark. (92), 2006 yılında yaptıkları çalışmalarında, florun DPP'nin fosforilasyonunu anlamlı derecede azalttığını, fakat DPP'yi doğrudan etkilemediğini rapor etmişlerdir. Flor bu etkisini, DPP fosforilasyonunda görev yapan iki enzimin, kazein kinaz II ve alkalın fosfatazın aktivitesini engelleme yoluyla gerçekleştirmektedir. DPP fosforilasyonundaki azalma, dentinin  $Ca^{+2}$  bağlama yeteneğinde azalmaya ve hipomineralizasyona neden olmaktadır.

Florun, dentin oluşumu sırasında oluşan konnektif doku mineralizasyonunda görev alan kazein kinaz II ve alkalın fosfataz aktivitesi üzerine etkilerinin incelendiği 2001 yılında yapılan *in vitro* bir çalışmada (100), florun kazein kinaz II ve alkalın fosfataz aktivitesi üzerine engelleyici etkileri nedeniyle, dentin fosfoproteininin fosfat içeriğinin azaldığı,

fosforilasyon oranlarının değiştiği ve sonuçta da mineralizasyonun ilerleme oranında azalma meydana geldiği bildirilmektedir. Bu iki enzim de magnezyum-bağımlı enzimlerdir. Flor, magnezyuma afinitesi olduğu için ortamdaki magnezyumla şelat oluşturmakta ve bunun sonucu olarak da bu enzimlerin aktiviteleri engellenmektedir. Kazein kinaz II dentin fosfoproteinini (DPP) de içeren farklı bir çok proteindeki serin ve treonin artıklarının fosforilasyonunda katalizör görevi görür. Alkalın fosfataz, mineralize dokuların ekstraselüler matriksindeki proteinlerden fosfatı uzaklaştırmaktadır ve aynı zamanda kazein kinaz II aktivitesini sınırladığı da bilinmektedir. Alkalın fosfatazın mineralizasyondaki rolü konusunda fikir ayrılığı olmasına rağmen, alkalın fosfataz aktivitesi sayesinde mineralizasyonun başında bırakılan inorganik fosfat artmakta ve sonuçta ilk kalsiyum fosfat mineral komplekslerinin oluşumu başlatılmaktadır. Ortamda yüksek alkalın fosfataz bulunması sayesinde manto dentininin oluşumu ve ekstraselüler matriksin olgunlaşması gerçekleşmektedir. Buna ilaveten alkalın fosfataz, sonraki kristal büyümesini önleyen, bilinen bir mineralizasyon inhibitörü olan pirofosfatı ortadan kaldırmaktadır (66). Bu nedenle ortamda farklı konsantrasyonlarda bulunan florun, alkalın fosfatazın bu aktivitesini azaltarak mineralizasyondaki bu önemli görevlerini engellediği düşünölmektedir (100).

Florun, odontoblastların sülfat transportu üzerine etkilerinin incelendiği Milan ve ark. (101) tarafından yapılan bir *in vitro* alışmada ise, flor varlığında, mineralizasyonda önemli rolleri olan, dentin/predentindeki başlıca sülfatlı proteinler olan dekorin ve biglikan içeren kondroitin sülfat ve dermatan sülfatın oranlarında değişikliklerin, daha kısa aniyonik glikozaminoglikan (GAG) zincirlerinde artışın, disakkarit oranlarında değişikliklerin ve dermatan sülfat oranda artışın gözlendiği bildirilmiştir. Sonuç olarak, flor varlığında odontoblast membranının sülfat transportu kısmen inhibe olmaktadır, fakat bu doza bağlı değildir. Bu durum florozis sırasında değişen mineralizasyon özelliklerinde önemli bir role sahip olabilir.

Hall ve ark. (102) ise *in vivo* alışmalarında, florun dentin/predentinde bulunan karakteristik proteoglikanlar üzerine olan etkisini gelişmekte olan sıçan kesici dişleri üzerinde göstermiştir. Kronik flor alımı dentin ve kemikte

bulunan proteoglikanlarda yapısal değişikliklere yol açmaktadır. Dentin proteoglikanları kemikteki yapıca benzerlik gösterir. Bunların lözinden zengin moleküller olduğu, ya tek bir GAG zinciri (dekorin) yada çift zincir proteoglikan (biglikan) içerdiği bilinmektedir. Bu gibi makromoleküller dental dokularda oldukça çok görülmektedir (99). Tek bir NaF dozunun dentin proteoglikanlarıyla sülfatın birleşmesini engellediği gösterilmiştir. Bu çalışmada rapor edilen verilere göre, *in vivo* şartlarda florun ortamda bulunması sonuçta oluşan proteoglikanların GAG zincir karakteristiklerini etkilemektedir. Flor almayan aynı yaş ve cinsiyetteki kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında daha aniyonik ve daha kısa GAG zincirlerinin olduğu gözlenmiştir. Buna ek olarak, florozisli dokuda GAG türlerinde değişiklik ve dermatan sülfatta artış rapor edilmiştir. Ekstraselüler matriksin karakteristiklerindeki değişikliklerin, mineralize dokuların inorganik fazındaki değişikliklerden sorumlu olduğu bildirilmiştir (102).

2003 yılında Moseley ve ark. (103), 14 gün boyunca 6 mM sodyum florid'e maruz bırakılan kültüre edilmiş Wistar sıçanlarının kesici dişlerine ait kesitlerde dentin-pulpa kompleksinde önemli bir değişiklik gözlememişlerdir. Odontoblastların sentezleme aktivitelerinde florun etkisiyle oluşan azalmanın predentin genişliğinde herhangi bir değişikliğe neden olmadığı bildirilmiştir. Dentin-pulpa kompleksinin gelişimi sırasında, olgun dentin-pulpa kompleksine oranla flora karşı daha hassas olduğu rapor edilmiştir.

Florun mine oluşumu üzerine etkileri daha açık ve net ortaya konulmuş olmasına rağmen, dentin ve sement mineralizasyonu üzerine etkileri tamamen bilinmemektedir ve incelenmeye devam edilmektedir.

### **2-3 İnsan Dentininin Yapısı ve Fizyolojisi**

Pulpa-dentin organının mineralize bileşeni farklı çaplı tübüller tarafından oluşturulmuş kendine özgü pöröz bir dokudur. Dentin, kısmen mineralize olmuş (mineral fazı yaklaşık hacimsel olarak %30) kollajen bir matriks içinde, yüksek oranda mineralize olmuş (mineral fazı yaklaşık

hacimsel olarak %95) peritübüler dentinle çevrelenmiş mikroçaplı tübüllerin gömüldüğü heterojen, biyolojik bir kompozit gibidir (20). Bu mineralize matriks, gelişimsel olarak, mine-dentin birleşiminde kollajen salgılamaya başlayan ve daha sonra odontoblast uzantılarını sürüklerken merkezi olarak ilerleyen odontoblastlar tarafından oluşturulmuştur. Dişin ana kütlesi dentin tarafından oluşturulmaktadır (66).

Dentin kütlesinin kimyasal kompozisyonu ağırlık olarak %70 mineral, %20 organik ve %10 su olarak rapor edilmiştir (20). Dentinin 2,05-2,30 g/cm<sup>3</sup> arasında değişen yüksek yoğunluğuna bağlı olarak, ağırlık yüzdesi hacim yüzdesinden çok daha fazladır (104). Bu oran hacimsel olarak ise, %50 mineral (kalsiyumdan fakir, karbonattan zengin apatit), %30 organik madde (büyük çoğunluğu Tip I kollajen) ve %20 plazmaya benzer sıvı olarak bildirilmektedir (22). Dentinin mineral fazı, kalsiyumdan fakir, karbonattan zengin apatit ve tabak şeklindeki kristallerle birlikte 50-60 nm uzunluğunda ve 10,3±0,3 nm kalınlığındaki intertübüler dentindir (105). Minedeki büyük apatit kristallerine göre, dentindeki bu küçük kristal boyutunun dentinin 6,7'lik yüksek kritik pH'sından sorumlu olduğu düşünülmektedir. Bu kristal boyutu klinik olarak da önemlidir, çünkü mine demineralizasyonu için gereken hidrojen iyon konsantrasyonunun %10'undan azı kök dentinini demineralize edebilmektedir. Bu da, dentinin açığa çıktığında mineye göre çok daha çürüğe hassas hale geldiğini gösterir. Dentinde eser elementler de mevcuttur (98,106). Dentin matriksinin organik kısmının yaklaşık %90'ını tip I kollajen oluşturur. Kalanını ise nonkollajenöz protein büyüme faktörleri ve proteoglikanlar oluşturmaktadır. Dentinin su içeriği lokalizasyonla birlikte değişmekle beraber, su içeriğinin %8-16 arasında olduğu rapor edilmektedir. Bu suyun çoğu da 120°C'de ısıtma ile uzaklaştırılabilen bağlı olmayan sudur. Suyun muhtemelen %1'den daha az olan çok küçük bir yüzdesi apatit kristalleri ve kollajenle birlikte (20).

Primer dentin, sekonder dentin ve tersiyer dentin olmak üzere 3 tip dentin vardır. Dişin sürmesinden önce oluşturulan orijinal tübüller dentin primer dentindir. Primer dentinin dış tabakası manto dentin olarak adlandırılır ve merkezden uzaktaki dentine göre ortalama %4 daha az mineralizedir.

Manto dentin yeni farklılaşmış odontoblastlar tarafından ilk oluşturulan dentin tabakası olup, yaklaşık olarak 150 µm genişliğindedir. Bu hücreler tam olarak farklılaşmamış olabilirler yada ideal mineralizasyondan daha az mineralizasyona neden olacak şekilde daha kısa odontoblast uzantılarına sahip olabilirler (66). Sekonder dentin primer dentin gibi pulpa çevresindeki dentindir, fakat sekonder dentin kök oluşumunun tamamlanmasından sonra oluşturulmaktadır. Primer ve sekonder dentin arasındaki en büyük farklılık, sekonder dentinin primer dentine göre oldukça yavaş salgılanmasıdır. Her iki tip dentini de aynı odontoblastlar oluşturduğu için, tübüllerin devamlılığı korunur. Yıllar boyunca, pulpa odasının tavanında ve tabanında çok fazla miktarda sekonder dentin oluşturulması sonucu pulpa odası giderek daralır. Benzer bir şekilde, sekonder dentin formasyonu kök kanalının yaşla birlikte daralmasına neden olur (20). İrritasyon dentini, irregüler sekonder dentin, reaksiyonel dentin yada reparatif dentin olarak da bilinen üçüncü tip dentin tersiyer dentindir ve bu tip dentin sadece travma yada iritasyondan etkilenmiş dentinde görülür (107).

Bir dişin kron yada kökünün çevresel bölümünün çevresi, dişin pulpa odasının yada kök kanal boşluğunun çevresinden daha büyük olduğu için, dentin oluşturulmaya devam ederken, odontoblastlar birbirine yaklaşmaya zorlanır ve bu şekilde özellikle pulpa boynuzları üzerinde, koronal pulpada sütun şeklinde katlı bir tabaka oluştururlar (108). Kök kanalında küboidal ve apeks yakınında da düz şekildedirler. Dentin tübüllerinin pulpaya doğru birbirine yaklaşması dentinin kendine özgü yapısal organizasyonunu yaratır ve bu durum çok önemli fonksiyonel sonuçlar doğurmaktadır. Tübüllerin yoğunluğundaki bu artışın koronal dentinde 5:1 oranında, kök dentininde ise 2:1 oranında olduğu tahmin edilmektedir (109).

Dişin koronal kısmındaki dentin tübülleri mineden pulpaya uzanır ve 2,5-3,5 mm uzunluğundadır. Her bir dentin tübülü en geniş boyutu pulpada, en küçük boyutu mine-dentin birleşiminde olan ters çevrilmiş koni gibidir. Odontoblastik uzantıyı barındırarak prosesin kalıntılarını ve doku sıvısını içerirler. Tübüller uzunluklarının büyük bir kısmı boyunca, peritübüler dentin (intratübüler dentin) denilen yüksek oranda mineralize olmuş sınıra



sahiptirler. Peritübüler dentin, pulpayı çevreleyen koronal dentinin ana kısmını oluşturur (66). Yeni sürmüş dişlerde dentinin pulpal kısmının büyük bir bölümünde yüksek oranda mineralize olmuş peritübüler dentin bulunmaz. Bu özellik restoratif diş hekimliğinde önemlidir, çünkü genç bir bireyde derin kesilmiş bir dişin ana kısmı, mineralize dentin matriksinden çok sitoplazmik madde içerir. Gerçekte bir kavitenin pulpal duvarının %80'i tübüler açıklıklardan oluşmuş olabilir. İntraglobüler dentinde de peritübüler dentin bulunmaz (21).

Yüksek oranda mineralize olmuş peritübüler dentin, dentinin diğer mineralize bileşeni olan intertübüler dentinden kolayca ayrılabilir. Peritübüler dentin çok az kollajen içermesine karşın, intertübüler matriks yoğun bir kollajen matriks içermektedir. Peritübüler dentin minerali küçük, kalsiyumdan zayıf, karbonattan zengin hidroksiapatit kristalleri şeklindedir ve daha fazla kristalleşme sergiler (22,66). Peritübüler dentin apozisyonunun biyolojik kontrol mekanizması hakkında çok az şey bilinmektedir. Çok yavaş bir işlem olmasına karşın, okluzal abrazyon ve diğer pulpal irritasyon şekillerinde hızlandığı bilinmektedir. Süt dişlerinde de daimi dişlere göre daha hızlı oluşmaktadır. Bunun sonucu olarak peritübüler dentin, intertübüler dentinden neredeyse 5 kat daha serttir. İntertübüler matriks, tübüllerden değişik boyutlarda birçok dal tarafından kuşatılmıştır. Dallar arasında anastamozlar da oluşur. Milimetrekare başına düşen tübül sayısı ve dallanma, koronal dentinin lokalizasyonuna bağlı olarak değişir. Tübüller ne kadar birbirinden uzaksa, dallanma da o kadar çoktur (107).

Peritübüler dentinin kademeli gelişimi, primer bir yapı olarak gelişmediği bölgelerde (örneğin yeni sürmüş dişlerde koronal dentinin pulpal kısmının büyük bir bölümünde) oluşur. Dentinin ana kütledeki peritübüler dentinin, yaşla bağlantılı bir değişiklik olarak yada restoratif işlemler vb diğer nedenlere bağlı olarak devam eden büyümesi, tübüllerin tıkanmasına yol açar (22). Sinir lifleri krondaki birçok tübülün periodontoblastik boşluğuna doğru kısa bir mesafede uzanır. Bu sinir lifleri dentinin hassasiyet reaksiyonlarında çok önemli rol oynar ve peritübüler dentinin büyümesinde düzenleyici bir fonksiyona sahiptir. Buna ek olarak, periodontoblastik boşluk,

restoratif işlemlerle ilişkili primer dentinde oluşan herhangi bir fizyolojik değişikliğin muhtemel yeridir. Periferal dentindeki tübüllerdeki doku sıvısı oluşacak fizikokimyasal reaksiyonlarda rol oynayacaktır (21,22).

Dentin sıvısının tam olarak kompozisyonunun bilinmemesine rağmen, muhtemelen kalsiyum fosfatın formlarının ürün çözünürlük sabitlerine yaklaşık yada onun üzerinde kalsiyum ve fosfat iyon ürünü içermektedir (20). Dentin sıvısının kompozisyonu normal şartlar altında odontoblastlar tarafından kontrol edilmektedir. Fakat dentinin açığa çıkması yada diş çürüğü gibi etkenler dentin sıvısının kompozisyonunda değişikliklere yol açabilmektedir. Açığa çıkmış dentinden sızan dentin sıvısı bol miktarda albumin içermektedir (110). Bu sıvı dentin tübüllerinde farklı formlarda depozitleri oluşturma eğilimindedir. Dentin sıvısının dışa doğru hareketi, tıkaçlanmış tübüllerde diffüzyon yoluyla oluşandan daha çok miktarda mineral iyonlarını tübül duvarlarına taşır (20,110).

Dentinal skleroz denilen tıkanmış dentin tübüleri, etkilenmemiş dentine göre asitle pürüzlendirmeye farklı tepki verecektir. Bu durum, asitle karşılaştığında kollajen ağda farklılıklara yol açar. Kollajen ve rezinin uygun bir hibrid tabakasını oluşturabilmek için asitleme süresi modifiye edilebilir (22,111). Hibrid tabakanın ıslaklığı rezinin kollajen ağ içine geçmesinde önemlidir. Tübül-intertübül oranındaki farklılıklar ve aynı şekilde kesilmiş yüzeyin tübüllerinde farklı tıkanma dereceleri nedeniyle oluşan ıslaklıktaki farklılıklar klinik olarak kontrol edilememektedir (21,111).

Dentinin geçirgenliği, bakterilerin veya bakteri ürünlerinin, toksik ajanların ve alerjik komponentlerin pulpaya ulaşabilme kolaylığını belirleyerek, çoğu klinik durumda pulpal reaksiyonların genişliğini etkileyen önemli bir özelliktir (20). Düzensiz, sıklıkla tübülsüz dentinden oluşan fizyolojik sekonder ve tersiyer dentin arasındaki ara yüz, bir bariyer görevi görür. Bu bariyer, etkilenmiş dentinin geçirgenliğini azaltır veya onu geçirmez yapar. Çünkü, primer dentinden gelen tübüller ara yüzdeki dentini geçemez. Bu tip reaksiyon pulpanın korunmasında önemlidir (21).

Koronal dentinin bazı alanları tübüllerin yapısında belirgin değişiklikler sergiler. Örneğin; yeni süren dişlerde, pulpal dentinin büyük bir kısmındaki

tübüller onları sınırlayan iyi mineralize olmuş peritübüler dentin içermezler, fakat dentinin ana kütlelerinde daha düzenlidir ve peritübüler dentinle sınırlanmıştır (20,22).

Yapılan çalışmalarda, belirli bir alandaki tübüllerin sayısının dentin içindeki yerleşimlerine bağlı olarak değiştiği ve koronal dentinde 8.000-58.000 tübül/mm<sup>2</sup> arasında olduğu bildirilmektedir (112-118). Bu farklılıklar dentin geçirgenliğinde ve restoratif işlemlere karşı oluşan biyolojik reaksiyonların değerlendirilmesinde önemlidir. En az sayıda tübül periferel bölgede, özellikle de okluzal fissürlerin altındaki alanlarda, en çok sayıda tübül ise pulpa boynuzlarında ve okluzal yüzün altındaki pulpal yüzeyde bulunur (20-22). Açığa çıkan dentinin ıslaklık derecesi de tübül-intertübül oranına bağlıdır. Milimetrekare başına ne kadar çok açık tübül varsa, dentin o kadar çok ıslaktır (110). Bu ilişki rezinin dentin adezyonunda önemlidir. Milimetrekare başına düşen tübül sayısındaki bu farklılıkların birkaç klinik sonucu vardır. Bir preparasyonun pulpal duvarındaki tübüllerin intertübüler dentine oranı derin ve sığ kaviterlerde oldukça farklıdır, sonuç olarak pulpanın hassasiyeti de bu durumda değişecektir. Bu oran, aynı zamanda dişin yaşından da etkilendiği için, peritübüler dentin büyümesi sonucu tübüllerin tıkanması tübüllerin lümenlerini azaltacak, hatta yok edecektir (21,108,119).

Kesim sonucu açığa çıkan tübül alanının toplam alanın %80'i (genç bireylerin dişlerinde açılan derin kaviterlerde) ile %4'ü (herhangi bir yaş grubundaki bireylerin dişlerinde periferel dentinde açılan kaviterlerde) arasında değiştiği bildirilmektedir. Bu geniş aralık, dentinin değişik kısımlarındaki alan başına düşen tübül sayısındaki farklılıklara ve peritübüler dentindeki normal varyasyonlara bağlıdır (108). Kesilmiş yüzeylerin yapısındaki bu büyük farklılıkların herhangi bir işleme karşı oluşan pulpal reaksiyonlarda önemli etkisi olduğu düşünülmektedir (107).

Dentin derinliğindeki artışla birlikte dentinin su içeriği de artmaktadır. Mine-dentin sınırına komşu bölgede dentinin su içeriği hacimsel olarak %1 civarındadır. Pulpa yakınlarında ise bu oran 20 kat artarak %22'lere ulaşır. Derin dentin bölgesinde yaşanan bağlanma problemleri kısmen bu yüksek su içeriğine bağlıdır. Yüksek su oranı, resin monomerlerle kollajen lif yüzeyleri

için yarışmaktadır. Endodontik tedavi görmüş dişlerde, canlı olmayan dentinde su içeriğini kontrol etmek mümkün olduğundan bağlanma daha kolay olur (20).

Mjör ve Nordahl (107), dentin tübüllerinin dallanmasının diş içindeki yerleşime bağlı olarak değiştiğini rapor etmiştir. Dentin tübüllerinin dallanması mine-dentin birleşiminde en fazla görülürken, orta dentin bölgesinde en azdır ve pulpa yakınında ise neredeyse hiç dallanma gözlenmez. Buna ek olarak tübül dallanması apikal bölgede en fazla iken, koronal bölgede en azdır. Koronal dentinde en karakteristik dallanma periferal 250 µm'de bulunur ve bu bölgede tipik Y-şekilli terminal dallar vardır. Bu dallar daha geniştir ve çap olarak 0,5-1 µm'ye ulaşır. Koronal dentinde bulunan diğer tip dallar mikrodallardır. Mikrodalların çapları 50-100 nm arasındadır. Bu, dentindeki fizyolojik değişiklikler için önemlidir. 300-700 nm çaplı dallar daha çok kök dentininde bulunur. Fakat, tübül yoğunluğunun düşük olduğu herhangi bir yerde de, örneğin küçük azı ve azı dişlerinin fissürlerinin hemen yakınında ve dişin boyun bölgesinin altında yada boyun bölgesindeki servikal dentinde bulunabilirler (21).

Pulpa çevresindeki koronal dentin kütlesi homojen bir şekilde oldukça iyi mineralize olmuştur. İki bölge diğerlerine göre daha az mineralizedir:

1. Mineye komşu manto dentin
2. Dentin-predentin sınırından farklı uzaklıktaki 150-200 µm genişliğinde bir alan.

Bu alan, dişin yaşına ve fizyolojik sekonder dentin kalınlığına bağlı olarak değişir, koronal dentinle sınırlıdır. Dişin yaşamı boyunca varlığını sürdürür. Manto dentinin düşük dereceli mineralizasyonu, mine-dentin birleşimindeki çürüğün muhtemel yayılmasında, klinisyenin göz önünde bulundurması gereken bir durumdur (120).

Mjör (121), genç bireylerin dişlerinin demineralize kesitlerini glikozaminoglikanlar için boyadığında, predentin yakınındaki daha az mineralize alanla ilişkili olarak farklı bir boyanma özelliği gözlediğini bildirmiştir. Dentin iki alanda ana dentin kısmına göre çok daha yoğun boyanır. Predentin sınırındaki boyanmış alan, intertübüler matriksin daha

koyu boyanmasına bağlıdır ve fizyolojik sekonder dentin oluşumu sırasında intertübüler alanın mineralizasyonunu yansıtır olabilir. Predentin yanındaki boyanmış alan değişkendir ve muhtemelen mineralizasyonun tabakalı özelliğini yansıtmaktadır. Daha geniş boyanmış daha periferdeki alan, mikroradyograflarda görülen karanlık, daha az mineralize alanın dış kısmıyla ilişkilidir. Dentin tübüllerinin içerikleri bu bölgede oldukça çok boyanmıştır. Bu, oldukça mineralize peritübüler dentinin sekonder yapıları oluşturacağı bölgedeki tübüllerin içindeki aktiviteyi yansıtır (21).

Yeni sürmüş dişlerin koronal dentinlerinde iki mineralizasyon grubu bulunur. Birisi, dentin-predentin arayüzündedir, sekonder ve muhtemelen de tersiyer dentin oluşumuyla ilişkilidir. Daha periferde bulunan mineralizasyon grubu ise, dentin-predentin sınırındaki kadar iyi tanımlanmamıştır. Erişkin dişlerinde bu iki koyu boyanmış alan beraber görülür. Bu, fizyolojik sekonder dentin oluşumunda peritübüler dentinin mineralizasyonunun, predentin sınırındaki intertübüler matriksinkinden daha geride kalamadığını gösterir (121).

Koronal pulpadan daha kısa bir mesafede konumlanmış olan daha az mineralize dentin bandının yapısı ve önemi tam olarak açıklığa kavuşmamıştır. Diş sürmesi öncesinde, çene içinde kaldığı dönemde kron tam olarak oluşuktan sonraki 3-4 yıl boyunca oluşan dentini simgeliyor olabilir. Bu daha az mineralize intertübüler dentin bandı, primer yapılar olan tübülleri çevreleyen, oldukça iyi mineralize olmuş peritübüler dentinden yoksundur (22). Bu, özellikle genç bireylerde restoratif işlemler sırasında dentinin hassas kısmı olabilir, çünkü tübül-intertübül oranı yüksektir. Aynı zamanda bu alan yüksek su içeriği nedeniyle, kısmen reaktif bir alandır ve adeziv restoratif tekniklerle hibrit tabaka oluşumu sırasında kontrolü zor olabilir. Daha az mineralize alanın çevresel kısmı süt dişlerinde bir mineralizasyon bölgesini temsil eder (120).

Diş sürdükten sonra, normal bir mineralizasyon derecesiyle birlikte fizyolojik sekonder dentin, yüksek mineralize peritübüler dentin olmadan yavaşça oluşur. Fakat primer peritübüler dentin, yaşla ilişkili bir değişiklik olarak, çürük veya restoratif işlemler sonucu daha sonra da oluşabilir (21).

Süt dişlerinde interglobüler alanlar zayıf mineralize olmuş yada hiç mineralize olmamış adalardır ve koronal dentinde her yerde olabilirler. Sıklıkla manto dentinden kısa bir mesafede, çukur ve fissürlerin komşuluklarında bulunurlar. Bunların önemi tam olarak bilinmemekte olup, dentin içinde besinlerin taşınmasını, dokuda çürük lezyonunun reaktivitesini veya ilerlemesini etkileyebilirler (66).

Dentinin tüberkül ve kesici kenarların altında kalan alanları, bazı karakteristik yapısal özelliklere sahiptir. Mineralize olmamış merkezi bölgeler, bu alanlarda kendine özgü mikroradyografik görünüme neden olabilir. Tüberkülün içinden alınan kesitin durumuna bağlı olarak, genç bireylerdeki sağlam dişlerde bile, bu dentin hipomineralize dentinle sınırlandırılmış ve hipermineralize şekilde gözlenebilir. Bu özel yapısal karakteristikler, pulpa boynuzlarının tüberkül tepelerine veya kesici alana doğru iz bırakan genişlemesini temsil edebilir. Bunlar yapıdaki normal farklılıklardır ve atrizyonun neden olduğu değişikliklerle ilişkili değildirler (122).

Yapılan çalışmalarda (123,124), dentin matriksi sentez edilirken, salgılanırken ve mineralize olurken birkaç büyüme faktörünün de yapısına girdiği bildirilmiştir. Bu çalışmalarda ayrıca, kemik morfogenetik protein-2 (BMP-2), fibroblast büyüme faktörü (FGF), epidermal büyüme faktörü, insülin benzeri büyüme faktörü-1, transforme edici büyüme faktörü- $\beta$ , vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF) ve bunun gibi bir çok büyüme faktörünün mineralize dentin matriksi içine karışmış olabileceği ve klinik işlemler sonucu veya çürük lezyonlarının gelişimi sırasında bu büyüme faktörlerinin açığa çıkmasının, iyileşme olayında işaret molekülleri olarak hareket ederek önemli biyolojik etkilere sahip olabileceği rapor edilmektedir.

Büyüme faktörleri, aynı zamanda dentindeki çürük lezyonlarıyla ilişkili olarak oluşan demineralizasyon sırasında da serbest bırakılmış olabilirler. Büyüme faktörlerinin serbest kalması pulpaya difüzyonlarına izin vererek, burada odontoblastların üzerindeki kendi reseptörlerine bağlanarak, onarım işlemlerini başlatacak uygun genleri aktive edebilmelerine olanak tanımaktadır (20,123,124).

## 2-4 Süt Dişi ve Daimi Diş Dentini Arasındaki Histolojik Farklılıklar

Süt ve daimi dişlerde en önemli dentin yapı karakteristiği tübüler özelliklerle ilgilidir. Tübüler dentin komponenti, yapı ve kompozisyon olarak önemli farklılıklar sergilemektedir ve bunun sonucu olarak da oldukça karmaşık bir yapıdadır. Dentinin tübüler özelliklerinin iyi bilinmesi, dentine uygulanan adeziv sistemlerinin davranışlarını anlamada ve dentin geçirgenliği çalışmalarında çok önemlidir (112).

Dentin yoğunluğu ve tübüler çap arasındaki ilişki çok önemli bir araştırma alanı olmuş ve bu konuda birçok araştırma yapılmıştır. Literatürde dentin yoğunluğu ve tübüler çap arasındaki ilişkiyi ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (112-118).

2002'de Ruschel ve ark.'nın (112) süt 1. ve 2. azı dişlerinde yaptıkları SEM çalışmasında, tübül çapının ve yoğunluğunun 2. azılarda daha yüksek çıktığı (tübül çapı: ortalama  $1 \pm 0,225 \mu\text{m}$ , tübül yoğunluğu: ortalama  $25.211 \pm 8.111 \text{ tübül}/\text{mm}^2$ ) ve bunun istatistiksel olarak anlamlı olduğu (tübül çapı için  $p=0.0002$ , tübül yoğunluğu için  $p=0.007$ ) rapor edilmiştir.

1994'te Koutsi ve ark. (113) SEM'de süt azılarının tübüler yoğunluk ve çaplarını mineden pulpaya doğru 4 farklı dentin derinliğinde gözlemlemişlerdir. Buldukları tübüler yoğunluk değerleri, yüzeysel dentinde  $17.433 \text{ tübül}/\text{mm}^2$ , dış dentinde  $18.075 \text{ tübül}/\text{mm}^2$ , orta dentinde  $20.433 \text{ tübül}/\text{mm}^2$  ve derin dentinde  $26.391 \text{ tübül}/\text{mm}^2$ 'dir. Tübül çapı değerleri ise yüzeysel, dış, orta ve derin dentin bölgelerinde sırasıyla  $0,96$ ,  $1,08$ ,  $1,10$  ve  $1,29 \mu\text{m}$  olarak rapor edilmiştir.

1976'da Garberoglio ve Brännström (114) daimi dişlerin koroner dentininde farklı derinliklerde tübül çapı ve yoğunluğundaki farklılıkları ortaya koymuş ve pulpaya yakın bölgede tübüler yoğunluğun  $45.000 \text{ tübül}/\text{mm}^2$  ve tübül çapının da  $2,5 \mu\text{m}$  olduğunu rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada orta dentin bölgesinde yoğunluk  $29.500 \text{ tübül}/\text{mm}^2$  ve tübül çapı  $1,2 \mu\text{m}$  iken, mineye komşu dentin bölgesinde ise yoğunluk  $20.000 \text{ tübül}/\text{mm}^2$  ve çap ise  $0,9 \mu\text{m}$  olarak bildirilmiştir.

Fosse ve ark. (115) küçük azı dişlerde pulpaya göre 3 farklı dentin derinliğinde tübüler yoğunluğu incelemişler, derin ve orta dentin bölgelerinde yoğunluğu sırasıyla 39.819 tübül/mm<sup>2</sup> ve 51.177 tübül/mm<sup>2</sup> olarak rapor etmişlerdir.

Schilke ve ark. (116), süt 1. ve 2. azılarda ve sürmemiş daimi 3. azılarda derin ve orta dentin bölgelerindeki tübül sayısı ve yoğunluğunu inceledikleri çalışmalarında, süt dişi dentininde derin ve orta dentin bölgelerinde tübül yoğunluğunu ve çaplarını sırasıyla 24.162±5338 tübül/mm<sup>2</sup>, 18.243±3845 tübül/mm<sup>2</sup>, 2,82±0,28 µm ve 2,55±0,16 µm olarak rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada, daimi dişlerde ise bu değerler sırasıyla 21.343±7290 tübül/mm<sup>2</sup>, 18.781±5855 tübül/mm<sup>2</sup>, 2,90±0,22 µm ve 2,65±0,19 µm'dir.

Süt ve daimi dişlerde benzer dentin derinliklerindeki değerler karşılaştırıldığında, daimi dişlerde dentinin tübül çapı ve yoğunluğunun süt dişlerine göre daha fazla olduğu bildirilmektedir (112-116).

Kaga ve ark. (117), farklı olarak süt azılarında tübüler yoğunluğun daimi küçük azıların 2 katı olduğunu bildirmişlerdir. Burrow ve ark.'nın (118) çalışmasında da SEM'de süt dişi dentininde tübül sayısının daha fazla olduğu rapor edilmektedir. Diğer çalışmalar (112-116) bunun aksi yönünde sonuç bildirmektedir. Araştırmacılar bu farklılığa bir sebep gösterememişlerdir. Hirayama ve ark.'nın (125) yaptığı bir SEM çalışmasında, süt dişlerinde peritübüler dentinin daimi dişlere göre daha kalın olmasının süt dişlerinde dentin tübüllerinin daha küçük çaplı olmasına neden olduğu bildirilmiştir. Aynı araştırmacılar, süt dişi peritübüler dentininin daimi dişlere oranla 2-5 kat daha kalın olduğunu gözlemiştir.

1994'te Dourda ve ark. (126), dentin tübül yoğunluğu ve çapıyla ilgili farklılıkların, bu dokunun geçirgenliğinde ve ağrının iletilmesinde klinik olarak anlamlı olduğunu rapor etmişlerdir. Sumikawa ve ark. (127), süt dişi dentininin daimi diş dentiniyle karşılaştırıldığında mikroyapı bakımından yapısal farklılıklar sergilediğini, iyi bir dentin adezyonu elde etmede mineralize dentin miktarının önemli bir faktör olduğunu bildirmişlerdir. Süt ve daimi diş dentinlerinin adezyon testlerine verdikleri cevaplar farklı araştırmacılar



tarafından incelenmiştir (117,128-134). Bağlanma gücünün dentinin sertliğine, geçirgenliğine ve mineralizasyon derecesine bağlı olduğu ve süt-daimi diş dentini arasındaki dentinin bu özellikleriyle ilgili faktörlerin, bağlanma gücünü etkiledikleri bulunmuştur. Bağlanma gücü süt dişi dentininde daimi diş dentinine göre daha azdır. Hosoya ve ark. (129) süt dişlerinde dentinde daha yüksek bağlanma gücü gözlemişlerdir. Bağlanma gücünün süt ve daimi dişlerde istatistiksel olarak farklılık göstermediği de rapor edilmiştir (134). Fakat bu konuda yapılan çalışmaların çoğunluğunda, daimi dişlerle karşılaştırıldığında süt dişlerinde anlamlı derecede daha düşük bağlanma gücü olduğu rapor edilmiştir (117,130-133). Düşük bağlanma gücünden süt ve daimi dişler arasındaki kimyasal, fizyolojik ve mikromorfolojik farklılıkların sorumlu olduğu düşünülmektedir. Daimi diş dentininin süt dişi dentinine göre çok daha iyi mineralize olduğu gözlenmiştir. Süt dişlerinin mikromorfolojik analizlerinde daimi diş dentinine göre daha az yoğun ve daha küçük çaplı dentin tübüllerine sahip oldukları bulunmuştur. Süt dişi dentininde bağlanma için gerekli olan uygun dentin alanı, daimi dişlere göre belirgin derecede daha azdır (127).

Dentin yüzeyine mineral bileşeni eritmek için uygulanan asitle pürüzlendirme işlemi de süt dişlerinde farklı etki yaratır. Yaptıkları SEM çalışmasına dayanarak, Nör ve ark. (135) süt dişi dentininin daimi diş dentinine göre asitle pürüzlendirmeye karşı daha reaktif olduğunu gözlemlemiştir. Bu nedenle, süt dişine bağlanmada dentin dokusunda daha kısa süre asitle pürüzlendirmeyi içeren farklı bir protokol önerilmiştir. Süt dişi dentininin asitle pürüzlendirmeye karşı daha hassas olmasının sebebi de süt ve daimi diş dentinlerinin mineral miktarı ve dağılımı arası farklılıktan kaynaklanmaktadır. Süt dişlerinde daha fazla organik madde ve daha az mineral tuz vardır. Süt dişleri asitle pürüzlendirmeye karşı daha hassas oldukları için hibrit tabaka belirgin derecede daha kalındır ve bağlanma gücü daha azdır. Koutsi (113), süt dişlerinde daha az dentin tübülü olduğu için asidin dilüe edilmesi gerektiğini önermiştir. Fakat Sumikawa ve ark.'nın (127) bir çalışmasında daimi diş dentinine göre süt dişi dentininde geniş çaplı tübüllerin sayısının daha fazla olduğu gösterilmiştir. Nör ve ark. (135) süt

dişlerinde oluşan hibrit tabakanın daimi dişlerdekinden %25-30 daha kalın olduğu sonucuna varmışlardır. Ölmez (136) daha sonra bu sonuçları %37'lik fosforik asit kullanarak doğrulamıştır. Bu olayın nedenleri anlaşılamamıştır, fakat süt ve daimi diş dentinlerinin kimyasal kompozisyonu yada mikromorfolojik özellikleri arasındaki farklılıklara bağlı olabileceği bildirilmektedir (129,131).

Süt dişlerinde dentinin mikromekanik özelliklerinin, mine-dentin birleşimiyle pulpa arasında farklılık sergilediği gözlenmiştir (128). Mekanik özelliklerinden dentinin inorganik bileşeni sorumludur. Dentinin sertliğinin ve gücünün dentinin kireçlenme durumuyla ilişkili olduğu gösterilmiştir. Pulpaya yaklaştıkça, dentinin sertlik ve elastisite modülü gibi mikro mekanik özellikleri anlamlı derecede azalmaktadır ve pulpaya en yakın bölgede en düşük değerlerdedir. Mikromekanik özelliklerde gözlenen bu farklılıklar süt dişi dentininin inorganik içeriği ve histolojik yapısıyla ilişkili olmakla birlikte, yapısının homojen olmamasına da bağlıdır (127,128). Dentin peritübüler ve intertübüler dentinle çevrelenmiş tübüllerden oluşmuştur ve her biri farklı mekanik özelliklere sahiptir. Mine-dentin sınırındaki ve orta bölümdeki dentin homojen olmayıp, oldukça farklı yapıdadır. Dentinin bu farklılığı, diş oluşumu ve kireçlenmesi sırasında floridan etkilenme gibi bireysel farklılıklara bağlı olabilir. Aynı şekilde çocuğun yaşı da bunu etkilemektedir, çünkü dentin mineralizasyonu devam eden canlı bir yapıdır. Daimi diş dentininin orta bölgesi, süt dişi dentininin orta bölgesine göre daha iyi mekanik özelliklere sahiptir ve bu mine-dentin birleşimine doğru azalmaktadır. Süt dişi dentininin sertliği ve elastisite modülü daimi diş dentinine göre belirgin derecede daha düşüktür (127-130).

Bu bulguların klinik önemi kavite preparasyonu ve adezyon gücünde kendini gösterir. Restoratif materyallerin adezyonunun yüzeyel dentinde daha iyi olduğu ve derinlere gidildikçe daha azaldığı gözlenmiştir, bunun bu bölgedeki mineralizasyon derecesinin bir göstergesi olduğu belirtilmiştir (117).

## 2-5 Dentin Geçirgenliğinin Tanımı ve Önemi

Bir materyalin geçirgenliği, içinden bir çözücü yada bir solüsyonun geçmesine izin verme kapasitesi olarak tanımlanabilir. Bir membranın su geçirgenliği tam olabilir, yani tüm su içinden geçebilir. Diğer taraftan, sudaki erir maddeler membranın por büyüklüğüne göre, büyüklüklerindeki farklılığa bağlı olarak membrandan geçemeyebilir. Refleksiyon katsayısı terimi, bir membrandan erir madde partiküllerinin geçme miktarını belirlemek için kullanılmaktadır. Hiç partikül geçmiyorsa, 1.0 sayısal değeri ile, tüm partiküller geçiyor ise 0.0 sayısal değeri ile ifade edilir (137).

Dentin geçirgenliğine olan ilgi, kısmen dentin hassasiyetinin hidrodinamik hipotezinden ortaya çıkmıştır. Dentin uyarıldığında tübüllerin içinde oluşan sıvı hareketi, tübüllerin daha iç tarafındaki sinir uçlarını uyarmaya yetecek kadar hızlıdır. Dentin içinde sıvı hareketi olduğunun *in vivo* (138,139) ve *in vitro* (140,141) kanıtları mevcuttur.

Dentinden maddelerin geçişinin ilk kez tanımlanması 1914 yılında yapılmış ve dentinin geçirgenliği ve topografyası arasındaki ilişki de araştırılmıştır (137). Refleksiyon katsayısının tersi olan geçirgenlik katsayısı, kütsel sıvı hareketi olmadan kimyasal bir eğime doğru membranlardan erir maddelerin difüze olabilme kolaylığını ölçer. Bu terimler fizyolojiden alınmış olup, dentin geçirgenliği çalışmalarına en çok Pashley ve ark. (4,141-143) tarafından dahil edilmiştir. Dentinde glukozun, sukrozun ve dekstranın, molekül ağırlıkları ve içsel diffüze olabilme güçlerindeki farklılıklar nedeniyle, geçirgenlik katsayıları da farklıdır (4). Geçirgenlik katsayıları ve akım oranları, pulpa boynuzları bölgesinde en yüksek ve okluzal dentinin merkezinde en düşük olmak üzere çok fazla farklılıklar göstermektedir (143). Dentinin geçirgenliği su gibi küçük moleküller için çok yüksektir. Fakat albumin ve immünglobulinler gibi daha büyük moleküller için ve endotoksinler gibi,  $10^6$ 'nın üzerinde molekül ağırlığına sahip moleküller için düşüktür (20).

Dentin geçirgenliği tüm alanlarda aynı değildir, özellikle tübüllerin sadece %30'unun pulpayla ilişkide olduğu okluzal yüzeylerde çok değişkenlik gösterir. Pulpayla ilişkide olan tübüller pulpa boynuzları üzerinde bulunur,

merkezi dentin bölgesi ise daha az geçirgendir (143). Kollajen lifler ve mineralize birikimler gibi intratübüler materyallerin, tübüllerin periferal ve merkezi uçları açık olduğunda bile, sıvı hareketini kısıtladığı bilinmektedir. Mikroskopik olarak, herhangi bir 100x100 µm'lik alanda bile periferden pulpaya kadar sadece birkaç tübül açıktır. Aksiyal dentin okluzal dentinden çok daha fazla geçirgendir. Gingival taban, proksimal kutu kaviteler yada kron preparasyonlarının bitim çizgileri genellikle yüksek dentin geçirgenliği gözlenen bölgelerde bulunmaktadır (20).

Dentin tübülleri maddelerin pulpaya giriş çıkışını sağlayan yollardır. Tübüller dentinin tüm kalınlığı boyunca uzanırlar ve pulpadan dışarıya doğru eğilimlidirler. Bunun sonucu olarak da tübüllerin yoğunluğu ve boyutları dentinin farklı bölgelerinde değişiklikler sergiler. Dentin geçirgenliği dişin yaşıyla, tübüllerin mineralizasyon derecesiyle, dentindeki doku değişiklikleriyle, dentindeki yerleşimleriyle, tübül-intertübül oranıyla ve tübüllerin içindeki sıvıların iletkenliğini azaltan herhangi bir durumla birlikte değişiklik gösterir (113,119,144 ,145).

Dentinde, çekilmiş dişlerin saklandığı solüsyon (146-149), saklama süresi (150,151), dentinin kalınlığı ve pulpadan uzaklığı (144,145), dentinin derinliği (113), hidrostatik basınç (152), sıcaklık (150,153), pulpal komponentlerin varlığı (154), kesim aletleri (155,156), açık dentin yüzey alanı (157) gibi bir çok değişkenin geçirgenlik üzerine etkisi farklı araştırmacılar tarafından çalışılmıştır.

Orchardson ve Cadden (158) dentin geçirgenliğini etkileyen ek faktörleri şöyle sıralamıştır:

- Tübüllerin açıklığı
- Dentin kalınlığı (tübül uzunluğu)
- Dentin alanı (tübül sayısı)
- Konsantrasyon değişim ölçüsü
- Difüzyon katsayısı (materyalin doğası)
- Dentin sıvı akımı
- Odontoblast bariyerinin geçirgenliği

Materyallerin dentinden geçişi dentinin yüzey alanı arttıkça artar (157) ve dentinin kalınlığı arttıkça azalır (144,145). Bu gerçekler restoratif diş hekimliğinde önemlidir. Çünkü potansiyel olarak iritan materyaller kesik dentin yüzeyine yerleştirilmektedir. Bu durum, sedatif etkili kaide materyallerinin derin kavitelere kullanımını gerektirmektedir. Dentin ve adeziv materyaller arasındaki bağlanma gücü kavite derinliğinden etkilenmektedir. Pulpaya yakın dentinde tübüller, yüzey alanının büyük bir kısmını kapsar. Derin dentinin yüzeyel dentine göre daha nemli olması hidrofobik materyallerin bağlanmasını etkileyebilir (158).

Materyallerin dentinden geçişini etkileyen diğer faktörler de; dentin sıvı akımı, erir maddelerin moleküler boyutları ve konsantrasyon değişim ölçüleridir (159). Bu duruma örnek olarak lokal anestezi lidokain gösterilebilir (160). %2'lik standart lidokain solüsyonu dış dentine uygulandığında dentin hassasiyetinde hiçbir etkiye sahip değildir, çünkü diş içindeki sinirlerdeki aktiviteyi engelleyebilecek yeterli miktarda lidokain pulpaya geçemez. Fakat lidokainin konsantrasyonu %10'un üzerine çıkarıldığında intradental sinirlerdeki aktiviteyi engellemeye yetecek miktarda lidokain geçişi gerçekleşir. Benzer bir etki %2'lik lidokainin pozitif basınç altında uygulanmasıyla da sağlanır. Fakat bu prosedür klinik uygulama için henüz uygun değildir.

Tübül sayısındaki büyük farklılık ve koronal dentinin farklı bölgelerindeki dallanmanın tipi de geçirgenlikte önemli farklılıklara neden olmaktadır. Dentin tübüllerinin yoğunluk ve çaplarının mine-dentin birleşiminden pulpaya doğru gidildikçe artması, dentindeki bölgesel geçirgenlik farklılıklarında önemli bir faktördür. Dentin geçirgenliği mine-dentin birleşiminde en düşük, pulpal kenarda ise en yüksektir (4). Koronal dentin kök dentinine göre daha geçirgendir (21). Dentin geçirgenliği dentin tübüllerinin fonksiyonel çapı ile ilişkilidir. Fonksiyonel çap ne kadar büyükse, akım hızı ve geçirgenlik derecesi de o kadar büyük olacaktır. Dentin geçirgenliği tübül çapı ve sayısı ile orantılı olarak arttığı için, pulpaya ulaşıldığında geçirgenlik hızla artar (hidrolik iletim artar). Merkezdeki dentinin pulpa üzerindeki dentine oranla daha düşük geçirgenliğe sahip olması da bu

bölgede kesitsel alanda birim başına daha az sayıda tübül olmasına bağlıdır. Aynı zamanda, bu alandaki tübüller pulpadan uzakta oldukları için daha küçük çaplıdır. Her diş kendine özgü geçirgenlik özelliklerine sahiptir ve aynı zamanda farklı yaş gruplarında da geçirgenlik farklılıkları mevcuttur (150).

Koutsi ve ark. (113), 9-11 yaş grubundaki çocukların çekilmiş süt azılarında geçirgenlik, çap ve tübül yoğunluğunu çalışmış ve servikal üçlüdeki dentin geçirgenliğinin daha yüksek olduğunu gözlemişlerdir.

Ghazali (137), intratübüler birikim yoluyla dentin geçirgenliğinin azalmasına neden olan faktörleri şöyle sıralamaktadır:

1. Peritübüler dentinin normal apozisyonel büyümesi
2. Kalsiyum fosfat kristallerinin birikimi
3. Yeni kesilmiş dentinin hemen altındaki tübüllerde pulpal kan damarlarından gelen plazma proteinlerinin (fibrin) koagülasyonu
4. Mineral depozitler, kollajen fibriller, proteoglikanlar ve bakteri gibi intratübüler materyallerin patolojik birikimi
5. Dentinin kesimi sırasında kesik yüzeyde smear tabakasının oluşumu.

Dentindeki akım organik materyallerin, hücresel elementlerin varlığından ve mevcut dentin sıvısından etkilenmektedir. Dentin yüzeylerine uygulanan buharlaştırıcı, termal ve osmotik uyarıların sıvı hareketini uyardığı gösterilmiş ve kaybedilen sıvının pulpal damarlardan gelen doku sıvısı ile desteklendiği savunulmuştur. İnsanlarda geçirgenlik ve geçirgenliğin odontoblastik tabakanın yapısı üzerine olan etkisi tam olarak bilinmemektedir (137).

Tübüllerdeki sıvı hareketinin temel özellikleri çok uzun zaman önce belirlenmiştir (161,162). Dentindeki sıvı akımını etkilediği düşünülen faktörler şöyle özetlenmektedir (4):

1. Konsantrasyon ve elektriksel değişimi içeren difüzyon
2. Hidrostatik basınç değişimine doğru filtrasyon akımı
3. Kapiller kuvvetler
4. Buharlaşma
5. Osmotik basınç

Son yıllarda tübüler sıvı akımını detaylı bir şekilde araştırma çabaları göze çarpmaktadır. Sıvı hareketini konu alan *in vitro* çalışmalar (163-188) dentinden kimyasalların diffüzyonu hakkında ön bilgi sağlayarak, dentinde yapılacak olan klinik çalışmaların daha güvenli bir şekilde yapılabilmesine olanak tanımaktadır.

Brannstroms ve Johnson (162), pulpayı çıkararak pulpa boşluğunu fizyolojik salinle doldurmuş ve kronu su ile ısıtıp soğutarak, ısıyla birlikte pulpa boşluğundaki sıvının dişten dışarı yönde, soğutmayla birlikte sıvının dişe doğru hareketini gözlemişlerdir. Dişin ısıtılması tübüllerde pulpaya doğru (merkezcil) sıvı hareketini başlatırken, dişin soğutulması ise dışa doğru (merkezkaç) sıvı hareketine neden olmaktadır.

Bir dokunun hidrolik iletimi, sabit basınç altında birim zamanda birim yüzey alanından sıvının geçebilme kolaylığını belirtmektedir. Değişim hidrostatik yada osmotik kuvvetler tarafından oluşturulabilir. *In vitro* hidrolik iletim ölçümleri dentin geçirgenliği ve tübüler sıvı hareketlerini etkileyen fiziksel faktörler hakkında bilgiye ulaşmamızı sağlamaktadır. Dentinin hidrolik iletimi, dentinden geçen sıvı, basınç, dentin tübüllerinin uzunluğu, sıvının viskozitesi ve tübüllerin çapı gibi birçok değişken tarafından belirlenmektedir. 1974'te Outhwaite ve ark. (189) dentinin hidrolik iletimini ölçmek için ilk *in vitro* metotlarını geliştirmişlerdir. Ölçümler çekilmiş insan 3. molar dişlerinden alınan 1 mm'lik koronal dentin kesitlerinin konulduğu bölümlü örnek koyma aracı (split chamber device) yardımıyla yapılan deneyler sonucu elde edilmiştir. Bu dentin kesitleri, bir ucu hidrostatik basınç kaynağına bağlı olan pleksiglas üzerine yerleştirilmiş, diğer uç ise akım oranını ölçebilmek için sıvıyı toplamada kullanılmıştır. Daha sonra bu düzenek, sıvı akımını aktive etmek için kullanılan bir basınç ayarlayıcı yardımıyla, aktif basınç altında dentinden diffüzyonu çalışmak amacıyla modifiye edilmiştir.

Çekilmiş dişlerde ve dentin disklerinde birçok dentin geçirgenliği çalışması yapılmıştır (153,161,190,191). Basınç altında kron segmentlerinde sıvı hareketine karşı oluşan direncin pulpal direnç, intratübüler direnç ve yüzey direnci (smear tabakası) olmak üzere 3 kısımdan oluştuğu (4), smear tabakasının toplam direncin %86'sından sorumlu olduğu ve hidrolik iletim

üzerinde dentinin biyolojik değişkenliğinin doğrudan etkisi olduğu bildirilmiştir (192).

Dentin, kalınlığına, yaşına ve diğer değişkenlere bağlı olarak, hem bir bariyer hem de geçirgen bir yapı olarak düşünülebilir. Dentinin tübüler yapısı onun çok pöröz olmasına neden olmaktadır (107). Travma yada diş kesimi nedeniyle açığa çıktığında, bu tübüller yüzeyden pulpaya uzanan diffüzyon kanalları halini alır. Materyalin dentinden pulpaya diffüzyon akım oranı, dentinin kalınlığına ve hidrolik iletimine bağlıdır. İnce dentin, kalın dentine göre çok daha fazla diffüzyonel akıma izin verebilir. Açık tübülleri olan vital dentinde, dışa doğru olan sıvı iletimi materyallerin içe doğru diffüzyonel akımıyla yarışmaktadır. Bu yarış, koruyucu bir fonksiyon olarak görev görmektedir (20).

Semptomsuz bir dişte, çürük dentinin altında oluşabilen sklerotik ve tersiyer dentinin geçirgenliği merak konusu olmuştur. Sklerozis ister fizyolojik ister patolojik olsun, sklerotik dentinin geçirgenliği oldukça düşüktür (119). Çünkü sklerotik dentinde tübüller mineral birikimlerle doldurulmaktadır. Çürük kristallerinin varlığının da tübüllerdeki sıvı hareketini engellemede etkili olduğu düşünülmektedir. Sklerotik dentin varlığı, dentinin bariyer olma görevini kolaylaştırmaktadır. Düzensiz tip reperatif dentinin, geçirgenliği ve sıvı akımını azalttığı ve böylece tübüllerin pulpal uçlarını bloke ederek dentin hassasiyetini azalttığı bilinmektedir. Düzenli sekonder dentin ise, diffüzyon mesafesini artırarak geçirgenliği etkilemektedir (21).

Bakteriyolojik çalışmalar (193,194) dentinin bakteriyel işgale karşı etkili bir bariyer olarak görev yaptığını göstermiştir. Açığa çıkmış dentinde, zararlı maddelerin içeri diffüze olmalarına karşı ilk savunma hattı tübüllerdeki dışa doğru sıvı akımıdır. İkinci koruyucu reaksiyon yeni kesilmiş dentinde oluşur. Canlı dişlerde kavite açılmasından sonra dentinin geçirgenliği azalmaktadır. Fibrinojenin, özellikle tübüllerin pulpal uçlarında fibrine polimerize olarak dentinde geçirgenlik azalmasına yol açabileceği düşünülmektedir (20).

Kesilmiş, açık dentin yüzeyinde, smear tabakasının varlığının dentin tübülleri içine mikroorganizmaların girişini engellediği düşünülmektedir, fakat



çalışmalar (193,194) smear tabakası yokken ve mikroorganizmaların tübüllere girmesi mümkünken bile ilerlemelerinin durdurulduğunu göstermektedir. Mikroorganizmalar, tübüllerin değişken şekil ve açılanmaları nedeniyle, dentinin tüm kalınlığı boyunca ilerlemekte büyük güçlükler yaşamaktadır. Bakteriler dentin tübüllerinde ilerleyebilmelerine rağmen, vital dentinde, muhtemelen dışa doğru hareket eden dentin sıvısı immünoglobulinleri içerdiği için çok hızlı ve çok uzağa ilerleyememektedirler. Dentin sıvısının içerdiği albumin, globulinler gibi plazma proteinleri bazı yabancı maddeleri bağlayıp yapıştırarak koruyucu bir rol üstlenmektedir. Dentinden sıvı akımları oluşabilir, fakat çoğu mikroorganizmanın boyutundan daha küçük boyutlara sahip tübüllerin içinde, birçok kısıtlama yaratan mineral ve kollajen fibrillerin intratübüler birikimlerinin varlığı nedeniyle, sıvı neredeyse sterildir. Okluzal koronal dentindeki dentin tübüllerinin %65'inin büyük kollajen lifler içerdiği gözlenmiştir. Bu, sıvı tübüllerde ilerlerken bakterilerin yakalanmasını kolaylaştırmaktadır. Dentin tübüllerinde yakalanmış mikroorganizmaların fiziksel varlığının dentin geçirgenliğini düşürmek için olduğu düşünülmektedir. Çürük kristalleri ve sklerotik dentin yapımı da dentin geçirgenliğinde azalmayla sonuçlanmaktadır (119). Dentin tübüllerinin geçirgenlik özellikleri de, gerçek mikroskop boyutlarından fonksiyonel olarak çok daha küçük boyutlara sahip olduklarını göstermektedir. Micheliç ve ark. (195), bu görüşe paralel olarak, dentinin ortalama 0,5 µm çapındaki bakteri süspansiyonunun (streptokok) %99,8'ini uzaklaştırabildiğini rapor etmişlerdir. Bu çalışmada solüsyona basınç uygulanmıştır.

Açık dentinden, materyallerin pulpaya geçme oranı ile pulpal mikrodolaşım ve lenfatik damarlar yoluyla materyallerin doku sıvısından temizlenme oranı arasında bir denge mevcuttur. Pulpal sempatik sinirlerin uyarılması, lokal anestetiklerle birlikte vazokonstriktör ajanların uygulanması gibi pulpal kan akımını azaltan işlemler bu dengeyi altüst etmektedir (160). Bu gibi durumlarda, normal kapiller akım varlığında oluşandan daha fazla yabancı madde içeren doku sıvısı konsantrasyonları oluşur. Pulpal kan akımını uyarıcı girişimler, pulpal mikrokranlanma tarafından artırılmış

temizlenme ve dentin tübüllerinin azalmış geçirgenliğine bağlı olarak materyallerin hücre içi seviyelerinde azalmaya yol açabilir.

Vongsavan ve Matthews (196), kedilerde, inferior alveoler sinirin elektriksel uyarılmasının, pulpal kan akımında artışa ve dışa doğru dentin sıvı hareketine neden olduğunu göstermiştir. Bu artış, iç-dış akım dengesini ters yönde değiştirerek materyallerin pulpal seviyelerinde azalmaya neden olmakta, pulpal kan akımındaki değişiklikler de, dentin sıvı akışını değiştirerek dentin tübüllerinden maddelerin diffüzyonunu etkilemektedir.

Dentinde, çekilmiş dişlerin saklandığı solüsyon (147-150), saklama süresi (150,151), dişin yaşı ve çürük varlığı (119), dentinin kalınlığı ve pulpadan uzaklığı (144,145), dentinin derinliği (113), hidrostatik basınç (152), sıcaklık (150,153), pulpal bileşenlerin varlığı (154), kesim aletleri (155,156), açık dentin yüzey alanı (157) gibi bir çok değişkenin geçirgenlik üzerine etkisi farklı araştırmacılar tarafından çalışılmıştır.

Dentinde yapılan diğer geçirgenlik çalışmalarında (197-199), kompleks matematik kullanılmıştır. Bunlara örnek olarak impedans tekniği, elektrokimyasal teknik ve alternatif akım impedans tekniği verilebilir.

Dentin geçirgenliği araştırmalarında son gelişmelere bakıldığında, dentin geçirgenliği ölçümlerinin oldukça özelleşmiş olduğu görülmektedir. SECM (Scanning Electro-chemical Microscopy) kullanılarak, bireysel dentin tübüllerinden sıvı akımının ölçülebileceği gösterilmiştir (160). SECM yeni bir kimyasal görüntüleme tekniğidir. Flodec cihazıyla yapılmış dentin geçirgenliği çalışmaları da literatürde mevcuttur (141,177,180,151,200-202). Flodec (de Marco Engineering, Switzerland) cihazı, kapiller bir tüpün içindeki merceğin pozisyonunu tüpün dışına yerleştirilmiş bilgisayara bağlı optik sistem yardımıyla izlemek üzere hazırlanmış bir cihazdır. Oruçoğlu ve ark. (203,204) ise, yaptıkları yeni bir bilgisayarlı sıvı filtrasyon ölçüm cihazı ile farklı kök kanal patlarının apikal sızıntısını incelemişlerdir.

*In vivo* dentin geçirgenliği çalışmaları da yapılmıştır (188,161,205). Pashley ve ark. (161) köpek dişlerinde hidrolik iletimi ölçtükleri çalışmalarında, köpek ve azı dişlerinin açığa çıkarılmış dentinlerine pozitif yada negatif hidrostatik basınç uygulamışlardır. Basınç, dentine yapıştırılan

bir konik halka yardımıyla uygulanmıştır. Halkanın bir ucu bir mikropipet yardımıyla Dulbecco'nun fosfat tamponlu saliniyle dolu bir rezervuara tutturulmuştur. Rezervuarın, dış seviyesinin yukarısına kaldırılmasıyla pozitif basınç ve altına indirilmesiyle de negatif basınç oluşturulmuştur. Sıvı hareketi mikropipetin içindeki hava kabarcığının hareket etmesi ile gözlenmiştir. Pozitif basınçta kabarcık dişe doğru hareket ederken, negatif basınç uygulandığında aksi yöne hareket etmiştir. Bu, sıvının dentinin içinde hareket ettiğini göstermektedir ve canlı bir hayvanda dentindeki sıvı hareketini gösteren ilk çalışma olması nedeniyle önemlidir. Aynı zamanda bu araştırmacılar dentinin hidrolik iletimini ölçmüş ve benzer dentin kalınlıklarında bile, azılarda köpek dişlerine göre oldukça yüksek değerler elde etmişlerdir. Aynı araştırmacılar canlı köpeklerde dentinin geçirgenliğinin zamanla azaldığını gözlemiştir. Bu durumun, plazma proteinlerini içeren iltihabi ürünlerin ve fibrinin tübüllerde birikimine bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Yapılan *in vivo* çalışmalarda (188,161,205), dentin kesildiğinde odontoblastların kolayca dağılıp bozulabildiği ve dentinde daha derin kaviteler açıldığında bu hasarın daha fazla olduğu gözlenmiştir. Odontoblastların arasında sıkı bağlantılardan oluşan geçirgenlik bariyerinin olduğu düşünüldüğünde, bariyer bozulmadan dentinde nasıl böyle hızlı sıvı hareketi oluştuğunu anlamak güçtür.

### **2-5.1 Dentin-Pulpa Geçirgenlik Bariyeri**

Odontoblastlar arasındaki sıkı birleşimler, seçici geçirgen bir bariyer oluşturur. Bu bariyer, pulpa ve dentin tübülleri arasındaki sıvıların ve besinleri de içeren erir maddelerin hareketini düzenler (206). Sağlam dişlerde bariyer suya ve küçük iyonlara karşı geçirgendir, fakat daha büyük metal iyonlara karşı geçirgen değildir. Dentinde açılan kavitelerden toplanan sıvı, fibrinojen ve albumin gibi plazma proteinlerini içerir (110). Fakat, bu proteinlerin varlığının, pulpal hasarı simgeleyip simgelemediği yada pulpanın doku sıvısında normalde de bulunup bulunmadığı bilinmemektedir. Odontoblast

tabakasının ve onun hücreler arası birleşimlerinin, kesim işlemleri tarafından harap edilmesi mümkündür. Pulpa ve tübüler boşluk arasında hareket eden materyal, odontoblastik tabakayı geçmek zorundadır. Materyallerin odontoblastların içinden mi (transselüler), arasından mı (interselüler) yada her iki yoldan mı geçtiği kesinlik kazanmamıştır. Odontoblastlar tarafından oluşturulan bariyer tübüllerin içinde lokalize bir mikro-çevre sağlayabilir (207). Bu, dentin matriksinin depozisyonunu ve sonraki mineralizasyonu kolaylaştırır. Sinirler, çevrelerindeki sıvıların kompozisyonlarına karşı oldukça hassastır ve intratübüler sinirlerin uyarılabilirliğini, tübül sıvısının potasyum iyonu konsantrasyonunun etkilemesi mümkündür. Bu, potasyum içeren dentin hassasiyet giderici ajanların etki mekanizmasını açıklayabilir (158).

Bariyer aynı zamanda, çürük lezyonlarında bakterilerin yada restorasyonun tabanından yayılan toksik materyallerin pulpaya girişlerini engelleyerek, pulpayı koruyucu bir role de sahiptir. Fakat bariyer, dentine uygulanan ve pulpaya etki etmesi beklenen kortikosteroidler vb ilaçların geçişini de engelleyebilir (20).

Byers ve ark. (208), sıçan azılarında açılan derin kaviteletin odontoblastların ve sinirlerin aspirasyonuna neden olduğunu bildirmişlerdir. Daha sığ kavitelelerde, odontoblastların bariyer özelliklerini azaltacak şekilde, aralarındaki birleşim komplekslerinde hasarlar oluşmaktadır. Sıçan azılarının, kavite hazırlanması sırasında hasar görmesinden sorumlu mekanizma tam olarak bilinmemektedir, fakat kavite hazırlığı sırasında buharlaşan suyun kaybına karşılık dentin sıvısının hızlı, dışa doğru hareketinin buna neden olabileceği düşünülmektedir.

Odontoblastlar arasındaki birleşimlerin hasar görmesi, odontoblastların koordine, eş zamanlı kollajen matriks salgılamalarını engelleyebilmektedir. Birleşimleri yapan proteinlere 'konnesin' adı verilmektedir (209). Odontoblastların bu birleşimleri ne kadar sürede tekrar kurabildikleri de bilinmemektedir. Subodontoblastik kapillerler odontoblastik tabakanın içinden geçtiği için, tabakanın bozulması, mikrokanamalara neden olacak şekilde odontoblastları destekleyen kapillerlerde de doğrudan hasarların oluşmasına yol açacaktır. Dentin sıvısıyla ilişkide olan doku

boşluklarına, fibrinojen gibi plazma proteinlerini sızdıracaklar ve bu fibrinojen sızıntısı da kavite açılmasından sonra gözlenen dentin geçirgenliğinde azalmayı hızlandıracaktır (161).

## 2-5. 2 Dentin Geçirgenliği ve Dentin Adezyonu

Dentin geçirgenliği ve dentin adezyonu arasındaki ilişki her zaman çok açık ve belirgin olmamıştır. İlk bağlayıcı ajanlar smear tabakasının üzerine uygulanmıştır ve dentine iyi geçemedikleri için düşük bağlanma direnci sonuçları elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak da smear tabakasının varlığı gösterilmiştir. Bağlayıcı ajanların daha hidrofilik yapılmasıyla bağlanma kuvvetleri iyileştirilmiştir. Böylece hidrofilik dentin yüzeylerine daha iyi yayılabilmiş ve smear tabakasının daha derinlerine ulaşabilmişlerdir (210).

Rezinin bağlanmasını modifiye edebilen içsel dentin değişkenleri (i) Dentinin derinliği, (ii) Pulpal basınç, (iii) Dentinin yüzey ıslaklığının derecesi, (iv) Çevresel nem olarak sıralanmaktadır (160).

İntertübüler rezin infiltrasyonu ve intratübüler rezin penetrasyonu dentin bağlanmasını elde etmede çok önemlidir. Eğer rezin, demineralize kollajen ağa uygun şekilde geçmezse, düşük bağlanma gücü ve açığa çıkmış kollajen liflerin hassasiyeti gerçekleşir. Resin açık tübüleri kapatıp, onları tıkamazsa, gevşek rezin çıkıntılarının çevresinde dentin tübüllerinin içinden pulpaya doğru bakteri ürünlerinin sızıntısı sonucu oluşan pulpal irritasyon ve dentin hassasiyeti oluşma riski artar (211,212). Bu nedenle, bir adeziv sistemin bağlayıcı ajanının dentindeki etkinliği, dentin yüzeylerine ne kadar iyi bağlandığı ve tıkaçladığı ölçülerek belirlenebilir. Fakat dentinin yapısının ve yüzeylerinin homojen olmaması, bağlanma gücü ve tıkaçlama kapasitesinde çok değişken sonuçların bulunmasına katkıda bulunur (212).

Dentin geçirgenliğinin 2 şekli vardır (20,210):

**1. Transdental geçirgenlik;** hidrodinamik uyaranlara cevap olarak oluşan sıvı akımları gibi, maddelerin dentin tübüllerinden hareketidir.

**2. Intradental geçirgenlik;** intertübüler dentinin asitle demineralize edilmesiyle veya rezinin bağlanması sırasında demineralize dentin yüzeylerine hidrofilik adeziv rezinlerin infiltrasyonu ile beraber oluşan dışsal maddelerin, intertübüler dentine hareketidir.

Hidrodinamik teoriye göre mine kaybedilerek dentin açığa çıktığında, dışsal uyaranlar dentinde sıvı akımına neden olup, bu akım pulpal sinirleri uyarak ağrıya neden olur. Tübüllerdeki sıvı hareketi 'transdental geçirgenlik' olarak adlandırılmıştır. Transdental geçirgenlik aynı zamanda pulpadan dışarı sıvı hareketine bağlı olarak açığa çıkan dentin yüzeylerinin ıslaklığından da sorumludur.

Adeziv rezin monomerlerin, yüzeyden tübül lümenine geçmesi 'intradental geçirgenlik' olarak adlandırılmaktadır. Bu, transdental geçirgenliğin bir alt grubudur. Rezinlerin dentinden pulpaya hareket etmeleri gerekli değildir. Bunun yerine, tübül duvarlarına bağlandığında, tübülleri tıkamak ve rezin retansiyonuna katkıda bulunan rezin çıkıntıları oluşturmak için sadece birkaç mikron geçmesi yeterlidir (213).

Dentinin asitle pürüzlendirilmesi, dentin tübüllerindeki smear tıkaçlarının ve smear tabakasının kaldırılmasına bağlı olarak, transdental geçirgenliğin artmasına neden olmakla birlikte, ortalama 2-7 µm derinliğindeki intertübüler dentinin mineral içeriğini de ortadan kaldırır. Suyla durulandıktan sonra, kollajen lifler etrafındaki rezinin hibrit tabakasını oluşturmak için diffüze etmesi gereken boşluklar su ile doldurulur (214). İntertübüler dentinin demineralizasyonu, dentine rezinin bağlanması için yeni bir yol yaratır. Bu, intertübüler geçirgenlik olarak adlandırılır (20). İyi bir bağlanma ve dentin tıkaçlanması sağlanması ve sırasıyla rezin çıkıntıları, düzenli ve devamlı bir hibrit tabakasının oluşturulması için, rezin hem intratübüler hem de intertübüler dentine geçmelidir. Rezinin intratübüler infiltrasyonu rezin çıkıntıları oluşturacaktır. Böylelikle tübül duvarlarına bağlanmış, tübülleri tıkamış, mikrosızıntıyı, hassasiyeti önlemiş, ve rezin retansiyonunu sağlamış olacaktır (210).

Hem intratübüler hem de intertübüler geçirgenlik, dentin yüzeylerinin tıkanmasında ve en yüksek bağlanma gücünün elde edilmesinde kritik önem

taşır. Rezinin hem dentin tübüllerine hem de intertübüler dentine geçebilme yeteneği birkaç değişken tarafından etkilenir. Derin dentine göre daha az sayıda tübül içeren yüzeyel dentinde rezinin intertübüler dentine geçmesi, bağlanma gücünün büyük bir kısmından sorumludur. Derin dentinde dentin tübülleri daha çok sayıda olduğu için, rezinlerin intratübüler geçirgenliği toplam retansiyon ve tıkaçlamanın büyük bir kısmından sorumlu olacaktır. Rezinlerin dentin tübüllerine geçmesiyle (intratübüler geçirgenlik) ilgili güçlükler genellikle dentin sıvısının varlığıyla, pulpal basınçla ve sklerotik dentindeki mineral birikimiyle ilişkilendirilmiştir (211,212). İntertübüler dentine rezinin geçmesi, asitle pürüzlendirme sonrasında oluşan yüzeyel pöröziteye oldukça fazla bağlıdır. Genellikle demineralize dentine rezinin geçişinin doğrudan pürüzlendirilmiş yüzeyden olduğu kabul edilmektedir (22).

## **2-6 Dentin Smear Tabakası**

### **2-6.1 Dentinde Smear Tabakasının Oluşumu**

Mine ve dentin yüzeyi el aletleri veya frezlerle kesildikten sonra incelendiğinde, yüksek büyütmede bile kesik dentin tübülleri yada mine prizmaları görülemez, çünkü bu detaylar, mineralize dokulardan gelen debrislerin oluşturduğu bir kaplayıcı tabaka nedeniyle gizlenmiştir. Bu öğütülmüş debris, mine ve intertübüler, peritübüler matriksin ana bileşenleri olan inorganik ve organik maddelerden, su, dentin sıvısı ve sıklıkla da tükürükle karışmış dentin tübüllerinin içeriğinden oluşur. 1-5 µm kalınlığındaki bu tabaka 'smear tabakası' olarak adlandırılmaktadır (215). Bu tabaka açığa çıkan tübülleri ve intratübüler alanları kaplayan bir halı gibidir ve SEM'de ince beyaz bir tabaka olarak gözlenebilmektedir. Alttaki dentine güçlü bir şekilde yapışmıştır. Kavite hazırlanmasından sonra kesik dentin tübüllerinin ağızlarında dentin debrisinden oluşan tıkaçlar olduğu gözlenmiştir. Bu tıkaçlara smear tıkaçı denmektedir. Smear tıkaçları dentin tübüllerine değişen

uzunluklarda girmektedir ve genellikle smear tabakasının kalınlığından daha uzundurlar (216).

Smear tabakası partikülleri boyut olarak çok değişkenlik gösterir ve boyutları 0,05-10  $\mu\text{m}$  arasında değişmektedir. Düzensiz şekilli olmalarına rağmen, büyük partiküller tabak benzeri şekle sahiptir. Bu düzenlenme onların nadiren 1  $\mu\text{m}$ 'den kalın olan bir tabaka içinde sabit kalmalarını sağlar. Bu partiküllerin içerikleri oluşturuldukları yapılarınkine benzer. Dentin smear tabakası partikülleri, oluşturuldukları normal dentin matriksiyle aynı oranda mineral ve kollajen içerir (175).

Smear tabakasının kompozisyonu hem etkilenen dişe, hem de kullanılan frezin tipine bağlı olarak değişir. Eğer yüksek hızlı diş hekimliği cihazları kullanıldıysa, smear tabakası kesilmiş yüzeyde oldukça parlak bir şekilde yapışmış olarak gözlenecektir. Smear tabakası bir su spreyi yardımıyla yada ovularak tam olarak ortadan kaldırılamaz. Fakat, asitle pürüzlendirme işlemleri sırasında çözünür. Asitle pürüzlendirme sırasında, kesilmiş yüzeydeki smear tabakası, peritübüler ve intertübüler dentin demineralize edilmektedir. Pürüzlendirme sonrasında tübüller açık bir şekilde gözlenmektedir (21,216).

Dentin yaşa bağlı değişiklikler, çürük, dentin sklerozu ve restoratif işlemler sonucu farklılık gösterdiği için, smear tabakasının içeriği de değişiklikler sergileyebilir. Eğer, kesilmiş dentin yüzeyi açık tübüllere sahipse, küçük debris tıkaçları açık dentin tübüllerinin içine doğru uzanabilir. Smear tabakası, dentindeki sıvı akımını azaltarak dentin geçirgenliğinde azalmaya neden olur. Smear tabakasının kaldırılmasıyla dentinde sıvı geçiş oranı artmaktadır (21,137,217). Bazı durumlarda, smear tabakasının varlığının akım oranını, sıfıra kadar indirdiği bildirilmiştir (218). Dentinin geçirgenliğinin smear tabakası varlığında %35 oranında azaldığı (192), yapılan diğer çalışmalarda (4,219) ise, dentin disklerinin her iki yüzünde smear tabakasının bulunmasıyla birlikte sıvı akımının sırasıyla %72 ve %86 oranlarında azaldığı rapor edilmiştir. Diskin bir yüzünde smear tabakası oluşturulduğunda dentinin geçirgenliğinde %40 azalma meydana gelmektedir (136).



Smear tabakasının geçirgenlik özellikleri çok fazla çalışılmamıştır. Pashley (217), smear tabakası kaplı dentinin geçirgenliğini ölçmek için hidrolik iletimi kullanmıştır. Hidrolik iletim gerçekten de smear tıkaçı/smear tabakası biriminden suyun geçebilme kolaylığının bir ölçütüdür. Çoğu smear tabakaları sadece 1µm kalınlığında oldukları için, smear tabakasının rezin içine penetrasyonunu çalışmak zordur.

Smear tabakasının oluşumu fizyolojik bir olaydır. Smear tabakasının sınırlı gücüne bağlı olarak rezinin dentine bağlanma gücünü artırmada iki seçenek; smear tabakasının kaldırılması yada alttaki dentin matrikse smear tabakasını geçerek geçebilen bağlayıcı ajanların geliştirilmesidir. Her iki işlem de başarıyla uygulanmıştır (220,221). Stabil bir yapı olmaması nedeniyle de, diş yapıları ve restoratif materyaller arasındaki en yüksek kimyasal ve mekanik bağlantıyı oluşturabilmek için kaldırıldığında, bu demineralizasyon, rezinin hem tübüllere ve dallarına hem de asitle açılan tübül duvarlarındaki kollajen ve intertübüler matriksin kollajen ağına geçişine izin verir. Aynı zamanda bu durum, rezinin tübül duvarlarına bağlanmasını engelleyebilecek dentin sıvısının dışarı hareketine de neden olmaktadır (20,22).

Normal dentinin geçirgenliği asitle pürüzlendirme işlemi sonucu artmaktadır. Fakat, asitle pürüzlendirilmiş ekskave edilmiş çürük dentinde, geçirgenliğin sıfıra indiği gözlenmiştir (137). Tagami ve ark. ekskave edilmiş çürük dentinde oldukça düşük geçirgenlik değerleri elde etmişlerdir (119).

Smear tabakasının varlığı dentindeki sıvı akımının azalmasına ve sonuçta dentin geçirgenliğinde azalmaya neden olması nedeniyle fiziksel olarak faydalı olabilir. Azalmış sıvı akımı pulpal doku üzerinde koruyucu etkiye sahip olabilir. Smear tabakası aynı zamanda bakterilerin kesik dentin tübüllerine girişini engelleyebilir. Mineralize dental dokulara bağlanma için smear tabakasının kaldırılmasına ek olarak, onun adeziv sistemin bir parçası olarak olaya dahil edilmesi de diğer bir alternatif yoldur. Bu gibi bağlanma tekniklerine uygun materyaller piyasada mevcuttur (21,220).

Asitle pürüzlendirmeyi içermeyen rutin restoratif işlemler smear tabakasını yerinde bırakarak uygulanırlar. Rubber dam uygulansa bile steril bir teknik kullanılmadığı için, smear tabakasında bakteri bulunabilir. Bu

durum, restorasyon öncesinde açılan kaviteleri sterilize etme ihtiyacına yönelik soruların ortaya çıkmasına yol açmıştır. Kesilmiş yüzeylere uygulanan herhangi bir antibakteriyel tedavi de pulpal reaksiyonlara yol açabilecek ve adezyon için uygun durumu değiştirebilecektir. Birçok kaide ve yapıştırma simanı antibakteriyel özelliğe sahiptir. Aynı zamanda adeziv restoratif teknikte kullanılan asitle pürüzlendirme işlemi de antibakteriyel etkiye sahiptir (222).

### **2-6.2 Dentinde Smear Tabakasının Kaldırılma Yöntemleri**

Smear tabakası kesilmiş yüzeye pomza uygulamasıyla kaldırılabilir. Bu işlem smear tabakasını kaldırmakla birlikte, smear tıkaçlarının tübül açıklıklarındaki yerlerinde kalmalarına neden olur. Leidal ve Eriksen (223), kavite temizliği için etilendiaminetetraasetik asit (EDTA) ve sodyumhipoklorit (NaOCl) kullanmışlar, EDTA uygulamasından sonra smear tıkaçlarının yerlerinde kaldığını ve seçici bir smear tabakası kaldırılmasının gerçekleştiğini gözlemişlerdir. NaOCl uygulamasının ise smear tabakasını kaldıramadığı, çünkü organik bileşenin çoğunun minerallerle maskelendiğini bildirmişlerdir. Mineral kısmın EDTA yada asitle kaldırılmasından sonra, NaOCl organik kısmı kaldırabilmektedir.

Smear tabakasının kaldırılması için farklı konsantrasyonlarda, farklı kimyasal maddeler, değişik sürelerle uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır (130,224-226).

Wang ve Spencer (224), 2004'te yaptıkları çalışmada insan daimi azı dişlerinde dentinde 600 gritlik silikon karbit (SiC) aşındırıcı disklerle smear tabakası oluşturmuş ve dişleri gruplara ayırarak farklı sürelerde (10, 15, 30 ve 60 s) %35'lik fosforik asit uygulamışlardır. 10 s'lik sürenin dentinde smear tabakasını kaldırmada yetersiz olabileceğini ve 15 s'lik fosforik asit uygulamasının dentinde daha uygun olduğunu rapor etmişlerdir.

Ayad (225) ise, çekilmiş daimi azı dişlerinde yaptığı çalışmada frezlerle smear tabakası oluşturmuş ve dişleri 5 ayrı gruba ayırmıştır. Her bir

gruba sırasıyla %25'lik poliakrilik asit, %10'luk fosforik asit, %10'luk sitrik asit, %20'lik laktik asit ve %32'lik fosforik asiti 10'ar saniye uygulamıştır. %25'lik poliakrilik asit uygulanan dişlerde smear tabakasının kısmen kaldırıldığını ve dentin tübüllerindeki tıkaçların kaldığını, %10'luk fosforik asit ve %10'luk sitrik asit uygulanan gruplarda da, %25'lik poliakrilik asit grubuna göre daha fazla olmakla beraber, yine smear tabakasının kısmen kaldırılmasının gerçekleştiğini gözlemiştir. %20'lik laktik asitin oldukça iyi asitlenmiş yüzeye ve en alt seviyede demineralizasyona neden olduğunu ve %32'lik fosforik asit ile de smear tabakasının tam olarak kaldırıldığını ve dentinde tübül çaplarında artış olduğunu bildirmiştir.

Luz ve ark. (226), insan daimi azılarında oluşturulan smear tabakasını kaldırmak için farklı diş gruplarında dentin dokusuna, %37'lik fosforik asiti 15 s, %5'lik tannik asiti 15 s, %0,2'lik lauril sodyum sülfat biyolojik deterjanı 15 s, %0,5'lik sodyum hipokloriti 15 s uygulamışlar, 15 s'lik fosforik asit uygulamasının dentinde tübül yapının varlığını koruyarak smear tabakasını tam olarak ortadan kaldırdığını gözlemişlerdir. Bu çalışmada tübüllerin açık ve genişlemiş şekilde gözlemlendiği ve peritübüler dentinin çok ince olduğu yada hiç bulunmadığı bildirilmiştir. Sonuç olarak, fosforik asitin diğer ajanlara göre çok daha başarılı olduğu ve smear tabakasını tam olarak kaldırdığı rapor edilmiştir. Fosforik asitin dentinin yapısı ve geçirgenliği üzerindeki tehlikeli etkileri nedeniyle, düşük konsantrasyonlarda ve kısa süreli uygulamalarının bu etkileri en aza indireceği ve adezyon reaksiyonlarını sağlayacağı önerilmiştir.

Minedeki smear tabakasının kompozisyonu dentindekinden farklıdır. Çünkü minenin mineral konsantrasyonu dentinden daha fazladır. Bu nedenle asitle pürüzlendirme süresi dentinde daha kısa olmalıdır (226).

2000 yılında Rontani ve ark. (131) süt dişlerinde yaptıkları bir çalışmada, oluşturulan smear tabakasını 15 s'lik benzalkonyum klorid içeren %32'lik fosforik asit uygulaması, %35'lik fosforik asit uygulaması, alkolik solüsyonda %2'lik benzalkonyum klorid uygulaması ve alkolik solüsyonda %3'lük benzalkonyum klorid uygulaması ile kaldırmaya çalışmış ve

benzalkonyum klorid içeren %37'lik fosforik asitin smear tabakasını kaldırmada en etkili olduğunu rapor etmişlerdir.

### **3. MATERYAL VE METOT**

#### **3-1 Deney Kurgusu**

Bu çalışma iki bölümde gerçekleştirildi. Bunlar;

- Süt ve daimi dişlerden elde edilen dentin dokusunda flor analizi yapılması,
- Süt ve daimi dişlerden elde edilen dentin disklerinin geçirgenliğinin ölçülmesi.

#### **3-1.1 Süt ve Daimi Dişlerden Elde Edilen Dentin Dokusunda Flor Analizi Yapılması**

Bu aşama;

- Örneklerin hazırlanması,
- Flor analizlerinin yapılması olarak iki alt başlıkta yürütüldü.

##### **3-1.1.1 Örneklerin Hazırlanması**

Çalışmada, 28 adet daimi küçük azı dişi ve 28 adet süt 2. azı dişi (toplam 56 diş) kullanıldı. Daimi küçük azı dişleri, ortodontik amaçlı çekim endikasyonu konulmuş, kök gelişimini tamamlamış dişleri olan, 13-15 yaşları arasındaki, süt 2. azı dişleri ise çekim endikasyonu konulmuş, kök rezorpsiyonu 1/3'ü geçmemiş süt azıları olan, 9-10 yaşları arasındaki, geçmiş tıbbi anamnezinde dikkati çeken sistemik problemi olmayan hastalardan elde edildi. Her iki grupta da dişler 21'i florozisli ve 7'si sağlıklı olacak şekilde gruplandırıldı.

Çalışma öncesinde, Etik Kurul'dan (Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu, 02/12 sayılı karar), çalışma grubundaki hastalar ve ebeveynlerinden, çekilen dişlerin çalışmada kullanılacağı konusunda bilgilendirme yapılarak, gerekli onaylar alındı. Çekim endikasyonu konulmuş, Isparta ilinde yüksek su flor oranına (>0,79 mg/l) sahip olduğu bildirilen (72) semtlerde oturan, farklı derecelerde florozisli dişleri olan ve aynı şekilde Isparta dışından, suları flor yönünden fakir olduğu bilinen (<0.3 ppm) çevre yerleşim bölgelerinden gelen, sağlıklı dişleri olan hastalar belirlenerek, tüm hastaların çekilen dişleri biriktirildi. Hem çalışma hem kontrol grubundaki hastaların doğduğundan beri aynı yerleşim bölgesinde oturuyor olmasına dikkat edildi.

Çekim endikasyonu konulmuş daimi dişlerde farklı derecelerde diş bulma güçlüğü göz önüne alınarak ve çekilmiş süt dişlerinde yakın derecelerde yanılma olasılığı nedeniyle dişlerin florozis şiddetine göre sınıflandırılmasında, Thylstrup-Fejerskov'un dental florozis indeksinin (TFI) (78) modifiye edilmiş şekli kullanıldı (Çizelge 8). Hafif florozis grubu için TFI 1 ve 2, orta florozis grubu için TFI 4 ve 5, şiddetli florozis grubu için TFI 7 ve 8 dental florozis derecesi sergileyen dişler çalışmaya dahil edildi. Çalışma dizaynı Çizelge 9'da görülmektedir.

Analiz öncesinde çürük, restorasyon, kırık, çatlak içermeyen dişler, yumuşak eklemleri temizlendikten sonra, +4°C'de, polietilen kaplara konulan distile su içinde bekletildi ve hemen kullanıldı. Dişlerin okluzal yüzlerindeki dentin kısmı elmas disklerle çıkartıldı ve elde edilen okluzal dentin örnekleri 80°C'de 1 saat kurutuldu (24). Her bir örneğin kuru ağırlığı 0.0001 g hassasiyetinde ölçüm yapabilen hassas terazide (Acculab ALC 80.4, Avrada, Colorado, USA) tartılarak kaydedildi ve diş örnekleri hem analiz öncesi çözünme süresince hem de analiz sırasında 20 ml'lik polietilen kaplarda tutuldu.

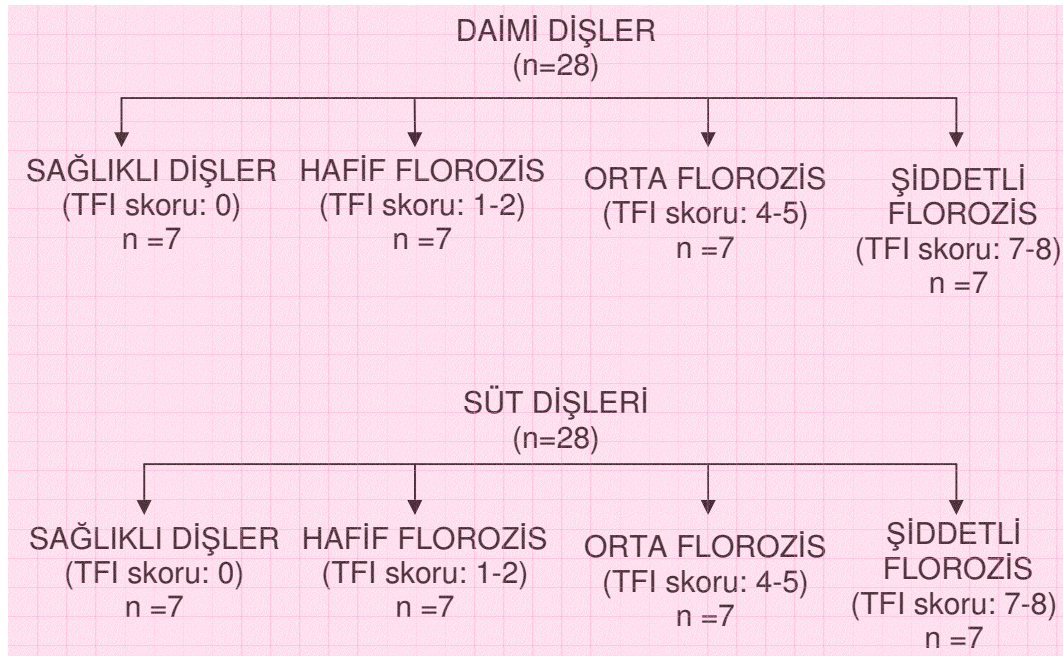
Ağırlıkları bilinen okluzal dentin örnekleri 0,1 ml %65'lik nitrik asit (Merck KGaA Darmstadt, Germany) ve 0,04 ml %30'luk hidrojen peroksit (Merck KGaA Darmstadt, Germany) içinde bekletilerek çözüldü (24). Süt ve daimi dişlerden elde edilen okluzal dentin parçalarını homojen bir şekilde

eritebilecek minimum nitrik asit ve hidrojen peroksit miktarları yapılan ön laboratuvar çalışmaları sonucunda belirlendi. Örneklerin çözünmesi için, daimi diş dentini 2 gün, süt dişi dentini 1,5 gün solüsyon içinde bekletildi ve bu sürelerin sonunda hiçbir katı partikül kalmaksızın homojen çözünme oluşmasına dikkat edildi. Çözünme sonrasında örnek solüsyonu bekletilmeden hemen analiz edildi.

**Çizelge 8.** TF İndeksinin çalışmamızda kullanılmak üzere modifiye edilmiş şekli

0 TFI skoru	→ Sağlıklı diş dokusu
1-2 TFI skorları	→ Hafif florozis
4-5 TFI skorları	→ Orta dereceli florozis
7-8 TFI skorları	→ Şiddetli florozis

**Çizelge 9.** Dişlerin okluzal bölümündeki dentin dokusunun flor analizinin yapılması öncesinde dişlerin gruplandırılması

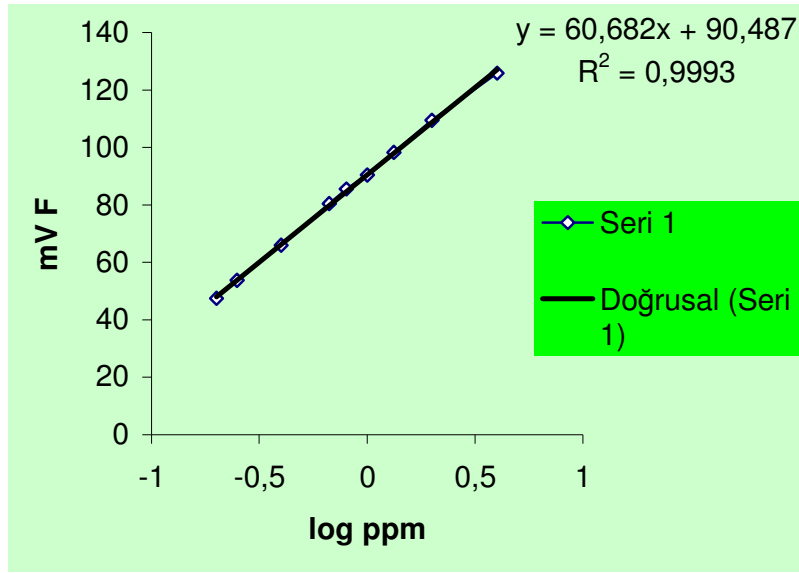


### 3-1.1.2 Flor Analizlerinin Yapılması.

Analiz öncesinde kullanılacak pHmetre (Mettler Toledo MA235 pH Ion Analyzer, US), pH elektrodu (Mettler Toledo In Lab 412 Electrolyte 9823, US) ve flor elektrodu (Orion 9609BN, Thermo Electron Corporation, Beverly, MA) kalibre edildi. Flor elektrodunun kalibrasyonunda 1000 mg/l standart NaF solüsyonu (Merck KGaA Darmstadt, Germany) ve Isparta'nın endemik florozis bölgesi olduğu dikkate alınarak, analiz sonuçlarının etkilenmemesi için, hem örnek solüsyonlarının elde edilmesinde hem de yıkama solüsyonu olarak, flor içermeyen hazır içme suyu (Sandras, Köyceğiz, Muğla) distile edilerek kullanıldı.

Yapılan ön laboratuvar çalışmaları sayesinde, flor elektroduyla ölçüm yapılabilmesi için çözünmüş diğ örneklerine eklenmesi gereken, pH'nın istenilen aralığa ulaşmasını, sağlıklı ve gerçeğe yakın flor miktarlarının okunmasını sağlayacak en düşük distile su ve TISAB solüsyonu miktarları elde edildi. Bu çalışmalar göz önüne alınarak, çözünmüş diğ örneklerine 8 ml distile su ve 8,14 ml TISAB solüsyonu (Merck KGaA Darmstadt, Germany) eklendi, pH'sı 5,2 olan bir örnek solüsyonu elde edildi. Flor elektrodu yardımıyla ölçülen flor miktarları mV olarak belirlendi ve kaydedildi. Her bir örneğin flor içeriği Şekil 1'deki kalibrasyon grafiği yardımıyla 'ppm Flor' olarak hesaplandı.





Şekil 1. Kalibrasyon grafiği

### **3-1.2 Süt ve Daimi Dişlerden Elde Edilen Dentin Disklerinin Geçirgenliğinin Ölçülmesi**

Bu aşama;

- Dentin disklerinin hazırlanması,
- Dentin disklerinin hidrolik iletimlerinin ölçüleceği sistemin hazırlanması,
- Dentin disklerinin geçirgenliğinin hidrolik iletimlerinin ölçümü yoluyla belirlenmesi olarak üç alt başlıkta yürütüldü.

#### **3-1.2.1 Dentin Disklerinin Hazırlanması**

Çalışmanın bu kısmında ise, yine aynı yaş gruplarındaki hastalardan elde edilmiş 40 adet süt 2. azı dişi ve 40 adet daimi küçük azı dişi kullanıldı. Her iki grupta da çürük, restorasyon, kırık, çatlak içermeyen dişler, modifiye edilen TF indeksi yardımıyla 30'u florozisli ve 10'u sağlıklı olacak şekilde gruplandırıldı, yumuşak eklentileri temizlenerek %10'luk formalin içine konuldu ve 6.-8. hafta içinde kesildi.

Florozis derecelerine göre sınıflandırılmış diş gruplarından örnekler Şekil 2-9'da, çalışma dizaynı ise Çizelge 10'da görülmektedir.



**Şekil 2.** Dentin kesitleri elde edilen sağlıklı daimi diş grubundan örnek (0 TFI skoru)



**Şekil 3.** Dentin kesitleri elde edilen hafif florozisli daimi diş grubundan örnekler (1-2 TFI skoru)



**Şekil 4.** Dentin kesitleri elde edilen orta florozisli daimi diş grubundan örnekler (4-5 TFI skoru)



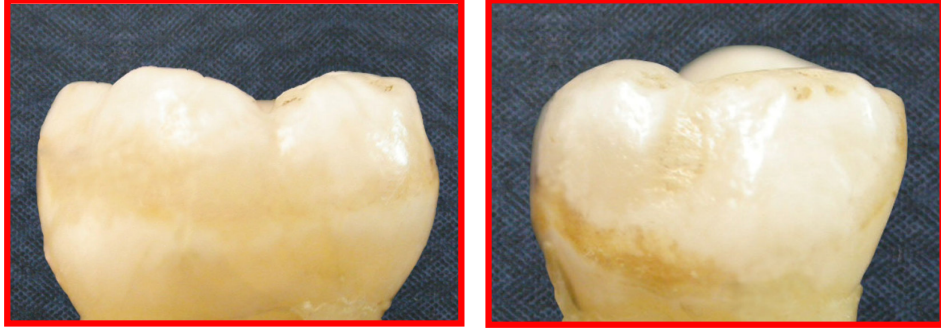
**Şekil 5.** Dentin kesitleri elde edilen şiddetli florozisli daimi diş grubundan örnekler (7-8 TFI skoru)



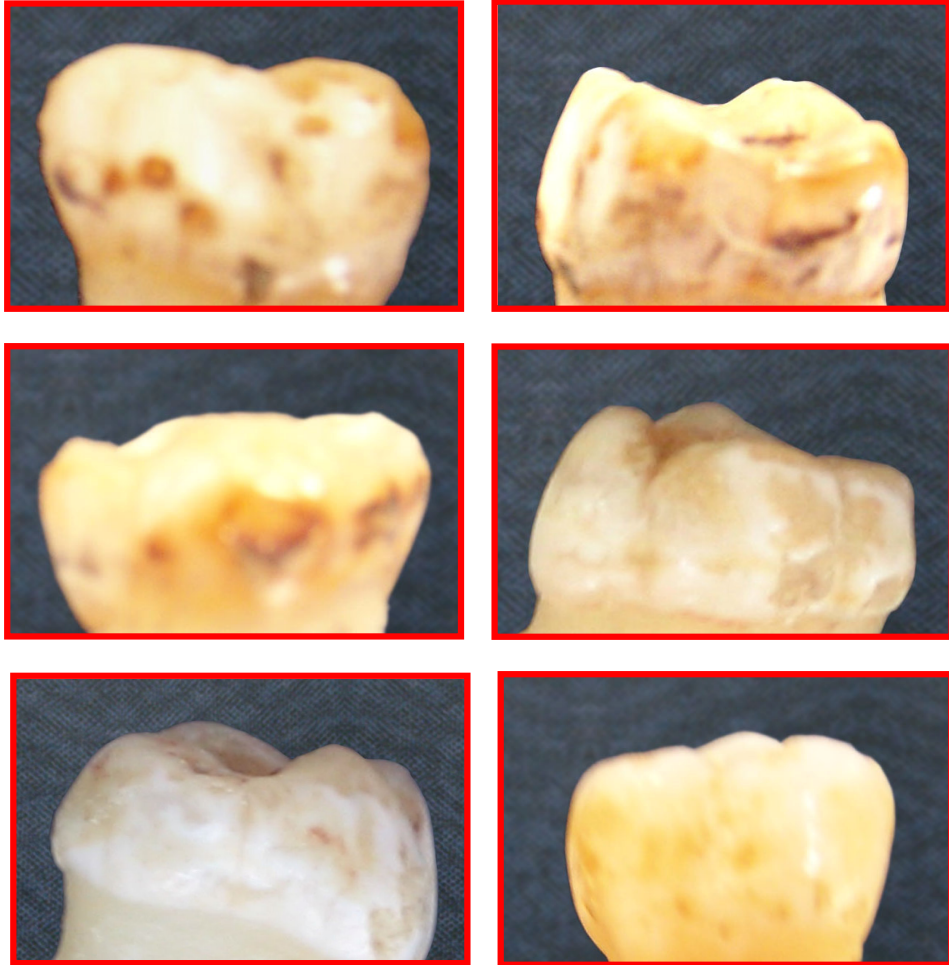
**Şekil 6.** Dentin kesitleri elde edilen sağlıklı süt dişi grubundan örnekler  
(0 TFI skoru)



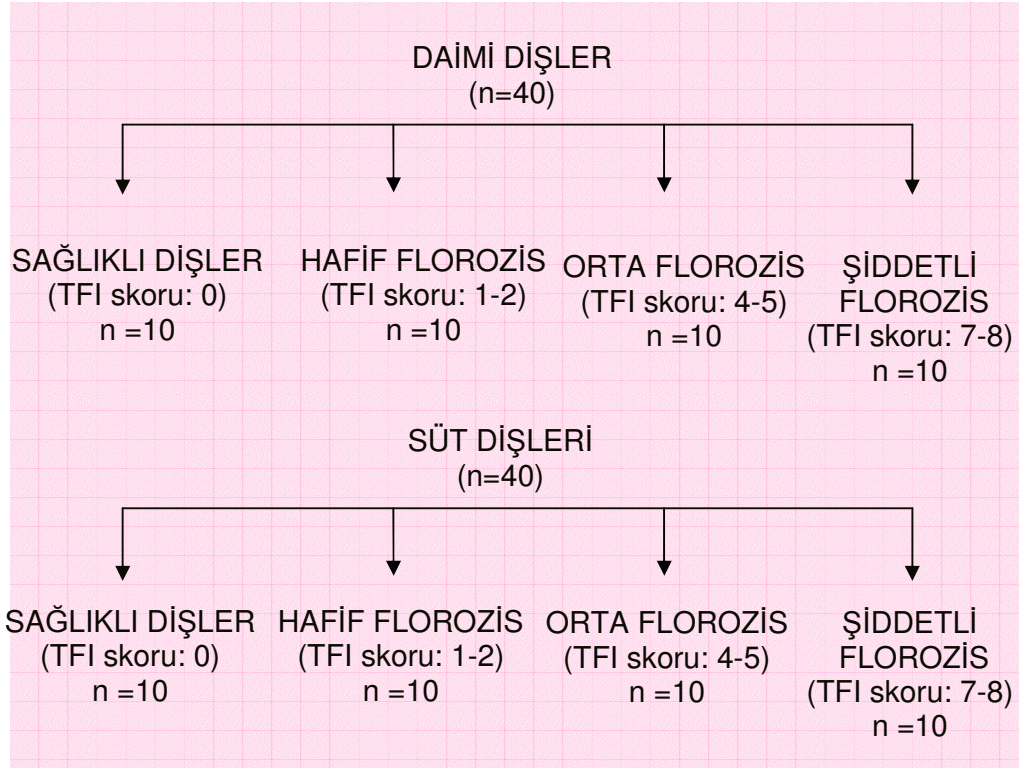
**Şekil 7.** Dentin kesitleri elde edilen hafif florozisli süt dişi grubundan örnekler  
(1-2 TFI skoru)



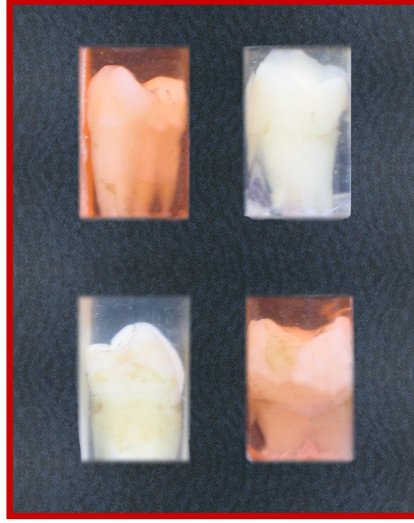
**Şekil 8.** Dentin kesitleri elde edilen orta florozisli süt dişi grubundan örnekler (4-5 TFI skoru)



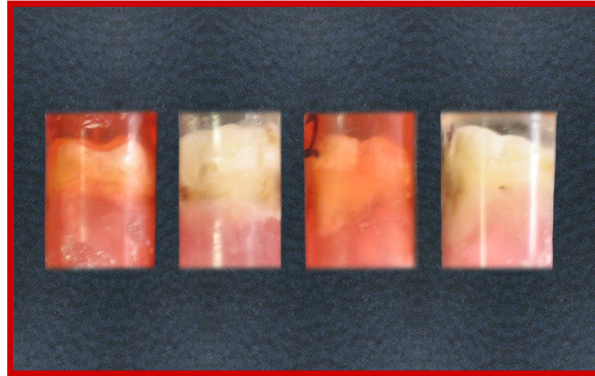
**Şekil 9.** Dentin kesitleri elde edilen şiddetli florozisli süt dişi grubundan örnekler (7-8 TFI skoru)

**Çizelge 10.** Dentin geçirgenliği ölçümleri öncesinde dişlerin gruplandırılması

Kesit alımı öncesinde dişlerden alınan radyograflar yardımıyla pulpa boynuzlarının yeri belirlenerek dişler üzerinde suya dayanıklı kalemle işaretlendi. Tüm dişlerin bukkal ve mesial yüzlerine mine dokusunda, su soğutması altında, yüksek devirli tur ve fissür frez yardımıyla iki rehber oluk açıldı ve süt dişlerinin kökleri kesildi. Dişler standart silindirik bloklar içinde şeffaf ortodontik akrilik rezine gömüldü. Kesitlerin bukkal, mesial, okluzal yüzlerini ayırt edebilmek ve ölçümlerde her bir dişin aynı yüzünden ölçüm yaparak standardizasyonu sağlayabilmek için alt-üst dişler farklı renk şeffaf akrilik rezine gömüldü (Şekil 10, 11).



**Şekil 10.** Şeffaf ortodontik akrilik rezine gömülen daimi dişlerden örnekler

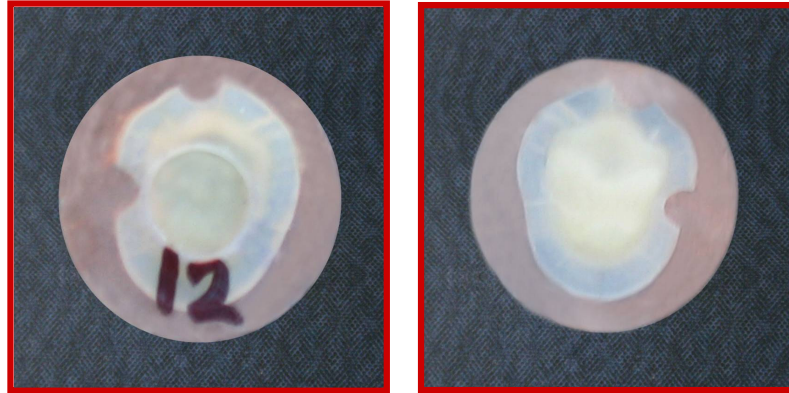


**Şekil 11.** Şeffaf ortodontik akrilik rezine gömülen süt dişlerinden örnekler

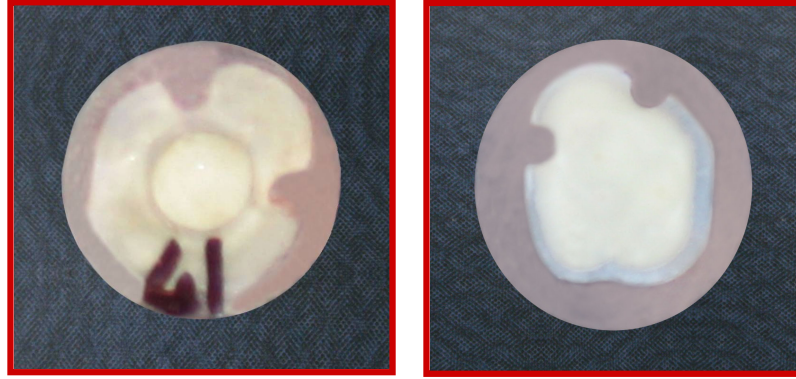
Dişlerin kron kısımlarından yapılan ilk kesim sabit basınç ve hızda, dişlerin gömülü olduğu standart silindirik akrilin cihaz üzerindeki yerine yerleştirilmesinden sonra, dişin uzun aksına dik ve okluzal yüze paralel olacak şekilde işaretlenen yerden yapıldı. Pulpanın hemen üzerindeki derin dentin dokusundan diskler elde etmek amacıyla, dişlerin koronalinden 2. kesim işlemi yapıldı. Elde edilen dentin disklerinin her iki yüzü, standart smear tabakası elde etmek amacıyla, polisaj cihazına (Ecomet 5, Buehler,



Germany) takılan 240 ve 600 grit SiC kâğıt aşındırma diskleri (Buehler, Germany) yardımıyla, su soğutması altında 15'er saniye aşındırılarak parlatıldı. Daha sonra düz dentin yüzeyleri 2 dk su ile durulandı. Son kalınlığı  $1.00 \pm 0.05$  mm olan disklerin pulpal yüzünde pulpa boynuzlarının izinin, okluzal yüzünde ise mine kalıntılarının kalmadığı gözlemlendi. Disklerin kalınlığı 0.001 mm hassasiyetle ölçüm yapabilen bir elektronik dijital mikrometre (40 EX Digital micrometer, Mahr Federal Inc., USA) yardımıyla ölçüldü. Bu diskler, geçirgenliği ölçülecek dentin alanının sabitlenebilmesi ve basınç uygulaması sırasında dentinin deformasyonunu engellemek amacıyla  $0,125 \text{ cm}^2$ 'lik merkezi dentin bölgesini açıkta bırakacak şekilde ortasında deliği olan, 1 mm kalınlığındaki, 11 mm dış çaplı pleksiglas halkalara, pulpal yüzlerinden siyanoakrilat adezivle (Pattex, Henkel KGaA, Düsseldorf) yapıştırıldı (Şekil 12, 13).



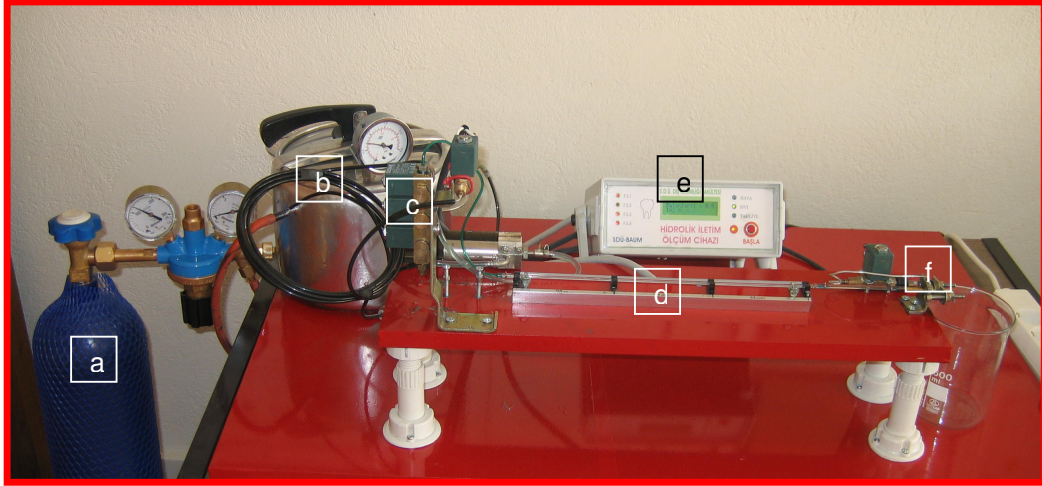
**Şekil 12.** Pleksiglas halkaya yapıştırılmış daimi diş dentini kesitinin ön (pulpal) ve arka (okluzal) yüz görünümü



**Şekil 13.** Pleksiglas halkaya yapıştırılmış süt dişi dentini kesitinin ön (pulpal) ve arka (okluzal) yüz görünümü

### 3-1.2.2 Dentin Disklerinin Hidrolik İletimlerinin Ölçüleceği Sistemin Hazırlanması

Dentin geçirgenliğinin hidrolik iletim ölçümü yoluyla belirlenmesi öncesinde, Pashley ve arkadaşlarının (4) tanıtmış olduğu hidrolik iletkenlik düzeneği temel alınarak, bu düzeneğe Süleyman Demirel Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde (S.D.Ü. BAUM) 0.001 s hassasiyetle ölçüm yapabilen elektronik fotosensörlü ölçüm sistemi eklendi. Elektronik fotosensörlü hidrolik iletim ölçüm cihazı, gerekli basıncı sağlayan basınç tüpü ve buna bağlı basınç kabı, oluşan basıncın dentin diskine iletilmesini sağlayan polietilen boru, disk içinden geçen sıvı miktarının takip edildiği cam kapiller boru, oluşturulan hava kabarcığını takip ederek dentin diski içinden geçiş hızını ölçen fotosensörlü elektronik ölçüm sistemi ve dentin diskinin yerleştirildiği parçalı disk geçirgenlik apareyi (*split chamber device*) elemanlarından oluşmaktaydı (Şekil 14,15).



**Şekil 14.** Hidrolik iletim ölçüm cihazı ve deney düzeneği

- a. Hidrostatik basınç kaynağı,
- b. Basınç kabı,
- c. Hava kabarcığını oluşturan selenoid valfler,
- d. Dört adet fotosensör içeren cam kapiller boru,
- e. Fotosensörlerin bağlı olduğu Hidrolik İletim Ölçüm Cihazı,
- f. Parçalı disk geçirgenlik apareyi.



**Şekil 15.** Hidrolik İletim Ölçüm Cihazı

İki adet çıkışı olan basınç kabı içine distile su dolduruldu. Basınç tüpünün sağladığı basınç tencere içine verildi ve içerdeki suyun ikinci çıkıştan sisteme girmesi sağlandı. Distile suyun görevi, hidrolik basıncın polietilen boruyu geçerek dentin diskine iletilmesini sağlamaktır. Polietilen borunun bir bölümüne cam kapiller boru ve bu kapillerin üzerine 4 ayrı noktada hava kabarcığının hareketini takip eden, elektronik ölçüm cihazına bağlı olan fotosensörler yerleştirildi. Hava kabarcığı oluşturmak ve hava kabarcığının pozisyonunu ayarlamak için sisteme selenoid valfler eklendi. Polietilen borunun diğer ucu, iki adet halka şekilli kauçuk esaslı sızdırmazlık elemanı (*O ring*) ve iki adet sızdırmaz pirinç kapaktan oluşan parçalı disk geçirgenlik apareyine bağlanarak sonlandırıldı. Sızdırmazlık elemanlarının ortasında kalan boşluk 0.4 cm çapa ve 0,125 cm<sup>2</sup> alana sahipti. Sızdırmazlık elemanları, herhangi bir sıvı kaçımasını engellemek için, parçalı disk geçirgenlik apareyine silikonla yapıştırıldı. Sızdırmazlık kontrolü için, dentin disklerinin yerleştirilmesi öncesinde, parçalı disk geçirgenlik apareyine ortasında boşluk içermeyen düz bir pleksiglas yuvarlak levha yerleştirilerek herhangi bir sıvı kaçıışı olup olmadığı test edildi ve cihazın ölçüm yapmaya hazır olduğu gözlemlendi.

### **3-1.2.3 Dentin Disklerinin Geçirgenliğinin Hidrolik İletimlerinin Ölçümü Yoluyla Belirlenmesi**

Elektronik fotosensörlü hidrolik iletim ölçüm cihazının kalibrasyonu için sabit basınç altında distile suyu geçirme hızı bilinen 0,45 µm'lik selüloz asetat bir filtre (Sartorius) kullanıldı. Ölçümler öncesinde, dentin tübüllerinin tıkanmasını ve bu nedenle hatalı sonuçların elde edilmesini engellemek için, kullanılacak olan distile su, 0,2 µm'lik membrandan (Schleicher & Schuell FP30/0,2 CAS, Dassel, Germany) geçirilerek filtre edildi. Ölçümler arasında dentin diskleri de, +4°C'de aynı şekilde filtre edilmiş distile su içinde saklandı.

Dentin disklerinin geçirgenliğinin bu yöntemle belirlenebilmesi için, oksijen tüpü açıldı. 10 psi'lik (690 cmH<sub>2</sub>O) sabit basınç, distile suyun basınç tenceresinden polietilen boruya iletilmesini sağladı. Su basıncının sabitliği basınç kabına bağlı olan basınç göstergesi yardımıyla kontrol edildi. Dentin diski, sızdırmazlık elemanlarının arasına, pulpal yüzden okluzal yüze doğru basınç uygulanacak şekilde, sıkıca yerleştirildi. Elektronik fotosensörlü hidrolik iletim ölçüm cihazı çalıştırılarak, otomatik olarak tüm sisteme su dolması için beklendi. Sistemin akış hızının, cihaz tarafından sistemde oluşturulan hava kabarcığının fotosensörden geçiş hızına oranının, kapiller borunun hacminin hava kabarcığının hacmine oranına eşit olması prensibinden yola çıkılarak, sistemde oluşturulan hava kabarcığının hacmi bu orantıdan hesaplandı ve aynı hava kabarcığının dentin diski içinden geçerek, cam kapiller boruda aldığı yol fotosensörler tarafından takip edilerek belirlendi. Bu şekilde dentin diski içinden dakikada geçen sıvı hacmi 'µl' cinsinden hesaplanmış oldu.

Dentin geçirgenlik değerleri Reeder ve arkadaşları (157) tarafından tanıtılan yöntemle belirlendi. Bu yöntemle göre, her dentin diskinden ardı ardına 3 ayrı ölçüm yapıldı ve bu 3 ölçümün ortalaması alınarak her bir diş için dakikadaki sıvı geçiş miktarı (µl/dk) bulundu. Ölçümler arası dikkati çeken farklılıklar bulunan örnekler, çalışma dışında tutuldu. Çıkan değer, su basınç değerine (690 cmH<sub>2</sub>O) ve dentin yüzey alanına (0,125 cm<sup>2</sup>) bölünerek ilk Lp (Lp1) değeri hesaplandı.

Hidrolik iletkenlik şu formülle hesaplandı:

$$L_p = \frac{J_v}{A \cdot t \cdot \Delta P}$$

**J<sub>v</sub>:** Sıvı akım oranı (µl dk<sup>-1</sup>)  
**A:** Açık dentin yüzey alanı (cm<sup>2</sup>)  
**t:** zaman (dk)  
**Δ P :** Hidrostatik basınç (cm H<sub>2</sub>O)  
**L<sub>p</sub>:** Hidrolik iletim (µl. cm<sup>-2</sup>. dk<sup>-1</sup>. cm H<sub>2</sub>O)

Her bir örnek için ilk ölçümler yapıldıktan sonra, kesit alma işlemi sırasında oluşan smear tabakasının kaldırılması için dentin disklerinin

her iki yüzüne %34,5'lik fosforik asit (Vococid, Voco, Cuxhaven, Germany) 15 s uygulandı. Daha sonra diskler 30 s distile su ile durulandı ve smear tabakasının kaldırılmasından sonra, her bir disk için 3 ayrı hidrolik iletim ölçümü daha yapılarak elde edilen veriler kaydedildi. Bu ikinci 3 ölçümün ortalaması alınarak, her bir diş için smear tabakasının kaldırılmasından sonraki dakikada geçen sıvı miktarı ( $\mu\text{l}/\text{dk}$ ) bulundu. Bu değer, tekrar su basınç değerine ( $690 \text{ cmH}_2\text{O}$ ) ve dentin yüzey alanına ( $0,125 \text{ cm}^2$ ) bölünerek her bir diş için ikinci Lp (Lp2) değerleri hesaplandı.

Tüm ölçümler sabit sıcaklık altında ve standart ışık özelliklerine sahip ortamda yapıldı. Ayrıca her bir disk için ölçümler yapıldıktan sonra, disk çıkartılıp tekrar yerleştirilerek son bir ölçüm daha yapıldı ve ölçümlerin tutarlılığı ve diskin doğru yerleştirildiği doğrulandı.

### **3.2 Kullanılan İstatistiksel Analiz Yöntemleri**

Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS istatistik programı (Statistical Package for Social Science, 10.0 versiyonu) kullanıldı. Veriler, ortalama  $\pm$  standart sapma şeklinde özetlendi. Gruplara ait ortalamaların karşılaştırılmasında, parametrik koşulların sağlandığı durumlarda, T- testi kullanıldı.

Grup ortalamalarının homojen dağılmadığı durumlarda ise nonparametrik Kruskal-Wallis varyans analizi ve Mann Whitney U testinden yararlanıldı. 0.05'ten küçük p değerleri anlamlı kabul edildi.

## 4. BULGULAR

### 4.1 Flor Analizi

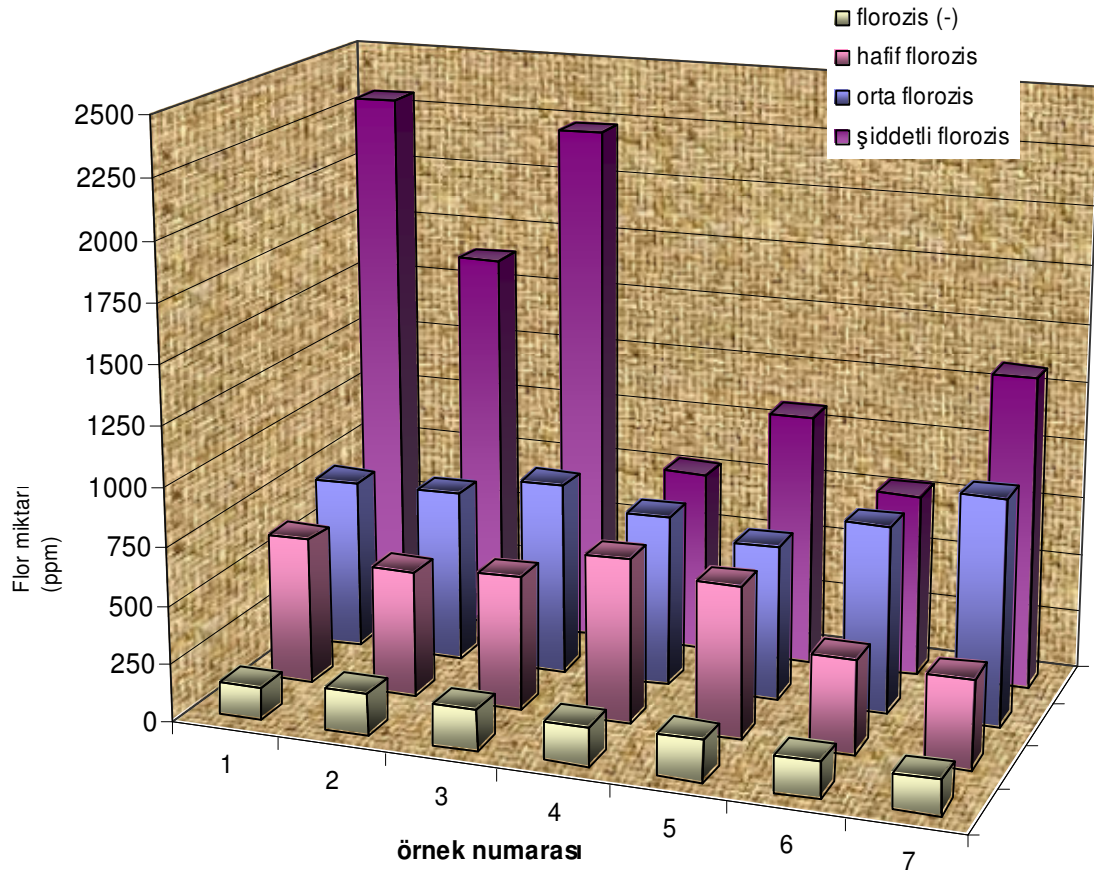
Çalışmanın ilk kısmında, florozisli ve sağlıklı dişlerin okluzal dentin dokusunda flor analizi yapılmıştır.

Çizelge 11’de daimi dişlerde ve süt dişlerinde farklı florozis gruplarının ortalama flor içerikleri (ppm) gösterilmektedir.

Florozis derecesinin artmasıyla beraber, hem daimi dişlerde hem de süt dişlerinde okluzal dentin dokusundaki flor miktarında da artış olduğu ve süt dişlerinin tüm diş gruplarında daimi dişlere oranla daha fazla flor içerdikleri görülmüştür (Şekil 16, 17).

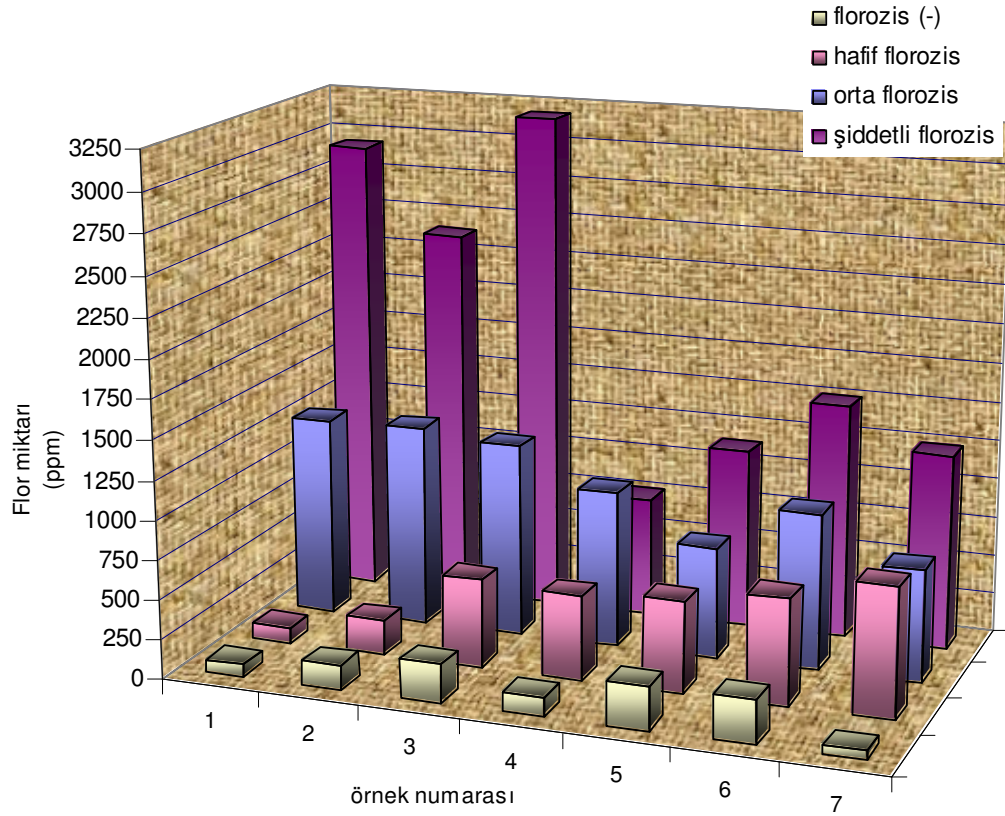
**Çizelge 11.** Farklı florozis gruplarında bulunan okluzal dentin örneklerinin içerdikleri ortalama flor miktarları

DIŞ TIPI	FLOROZİS DERECEİ	FLOR MİKTARI (ppm) (ort,SS)
DAİMİ DIŞLER	Florozis (-)	161,023 ± 13,945
	Hafif florozis	551,138 ± 123,728
	Orta florozis	779,570 ± 99,134
	Şiddetli florozis	1453,540 ± 636,027
	Toplam	736,318 ± 569,272
SÜT DIŞLERİ	Florozis (-)	170,705 ± 92,691
	Hafif florozis	498,894 ± 251,750
	Orta florozis	1030,810 ± 248,139
	Şiddetli florozis	1881,760 ± 947,177
	Toplam	895,542 ± 814,217



**Şekil 16.** Daimi dişlerde farklı florozis gruplarında okluzal dentin dokusundaki flor miktarlarının dağılımı





**Şekil 17.** Süt dişlerinde farklı florozis gruplarında okluzal dentin dokusundaki flor miktarlarının dağılımı

Çizelge 12’de ise flor analizi yapılan daimi dişlerin ve süt dişlerinin okluzal dentin dokusu örneklerinin kuru ağırlıkları ve kalibrasyon grafiği yardımıyla belirlenen flor miktarları verilmiştir.

Hem daimi diş grubunda hem de süt dişi grubunda tüm grupların karşılaştırılması sonucu ileri derecede istatistiksel anlamlılık olduğu ( $p=0,000$ ;  $p=0,000$ ) gözlenmiştir. Bunun üzerine her iki grupta da alt grupların ikili karşılaştırmaları yapılmıştır.

**Çizelge 12.** Flor içeriği analiz edilen örneklerin kuru ağırlıkları ve flor içeriğinin gruplara göre dağılımı

		KURU ÖRNEK AĞIRLIĞI (g)	ÖLÇÜLEN MV DEĞERİ	FLORİD İÇERİĞİ (ppm)
<b>DAİMİ DİŞLER</b>	FLOROZİS (-) KONTROL GRUBU	0,0443	133,2	144,094
		0,0399	130,6	176,569
		0,0440	129,1	169,470
		0,0368	134,8	163,242
		0,0499	124,7	176,602
		0,0436	132,4	150,886
	HAFİF FLOROZİS	0,0372	137,4	146,301
		0,0287	106,0	624,286
		0,0439	98,7	538,392
		0,0323	105,2	571,795
		0,0418	93,0	701,974
		0,0448	104,4	647,185
	ORTA DERECELİ FLOROZİS	0,0393	109,7	396,189
		0,0494	104,9	378,146
		0,0454	89,7	732,556
		0,0468	88,8	735,335
		0,0318	96,0	823,444
		0,0459	89,3	735,653
	ŞİDDETLİ FLOROZİS	0,0489	90,5	659,792
		0,0391	91,3	800,477
		0,0449	82,6	969,730
		0,0413	61,9	2312,475
		0,0388	72,6	1640,081
		0,0376	65,3	2232,599
<b>SÜT DİŞLERİ</b>	FLOROZİS (-) KONTROL GRUBU	0,0442	88,7	781,548
		0,0410	82,1	1082,324
		0,0369	93,3	786,223
		0,0402	77,0	1339,539
		0,0317	158,0	78,561
		0,0338	138,6	153,855
	HAFİF FLOROZİS	0,0351	125,3	245,410
		0,0382	141,9	120,120
		0,0409	118,5	272,606
		0,0370	121,2	271,980
		0,0393	163,0	52,403
		0,0290	153,7	101,069
	ORTA DERECELİ FLOROZİS	0,0376	126,0	223,083
		0,0329	105,2	561,367
		0,0349	104,9	535,256
		0,0453	96,1	575,873
		0,0374	97,0	674,082
		0,0230	104,6	821,526
	ŞİDDETLİ FLOROZİS	0,0189	98,2	1274,547
		0,0371	80,2	1285,500
		0,0389	80,0	1235,353
		0,0330	90,0	996,424
		0,0420	92,6	709,353
		0,0339	89,3	996,061
ŞİDDETLİ FLOROZİS	0,0329	98,7	718,401	
	0,0444	53,8	2925,011	
	0,0387	62,7	2394,016	
	0,0438	51,9	3186,728	
	0,0366	94,3	763,122	
	0,0259	92,6	1150,302	
	0,0322	79,8	1503,776	
	0,0398	79,1	1249,390	

Daimi dişlerde sağlıklı-hafif florozis ( $p=0,002$ ), sağlıklı-orta florozis ( $p=0,002$ ), sağlıklı-şiddetli florozis ( $p=0,002$ ), hafif florozis-orta florozis ( $p=0,003$ ), hafif florozis-şiddetli florozis ( $p=0,002$ ) ve orta florozis-şiddetli florozis diş grupları ( $p=0,018$ ) arasındaki farklılığın anlamlı olduğu görölmüştür.

Süt dişlerinde ise; sağlıklı ve hafif florozis, sağlıklı ve orta florozis, sağlıklı ve şiddetli florozis, hafif ve orta florozis, hafif ve şiddetli florozis grupları arasında anlamlı farklılık olduğu ( $p=0,035$ ;  $p=0,002$ ;  $p=0,002$ ;  $p=0,004$ ;  $p=0,003$ ), fakat orta ve şiddetli florozis grupları arasında anlamlı istatistiksel farklılık bulunmadığı ( $p=0,064$ ) gözlenmiştir.

Sağlıklı ve florozisli diş gruplarında, süt ve daimi dişlerin karşılaştırılması sonucu tüm gruplarda farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur ( $p=0,949$ ;  $p=0,749$ ;  $p=0,110$ ;  $p=0,406$ ).

Süt ve daimi diş gruplarının toplamalarının karşılaştırılması T-testi ile yapılmış ve her iki grupta da farklılığın anlamlı olmadığı ( $p>0,05$ ) görölmüştür.

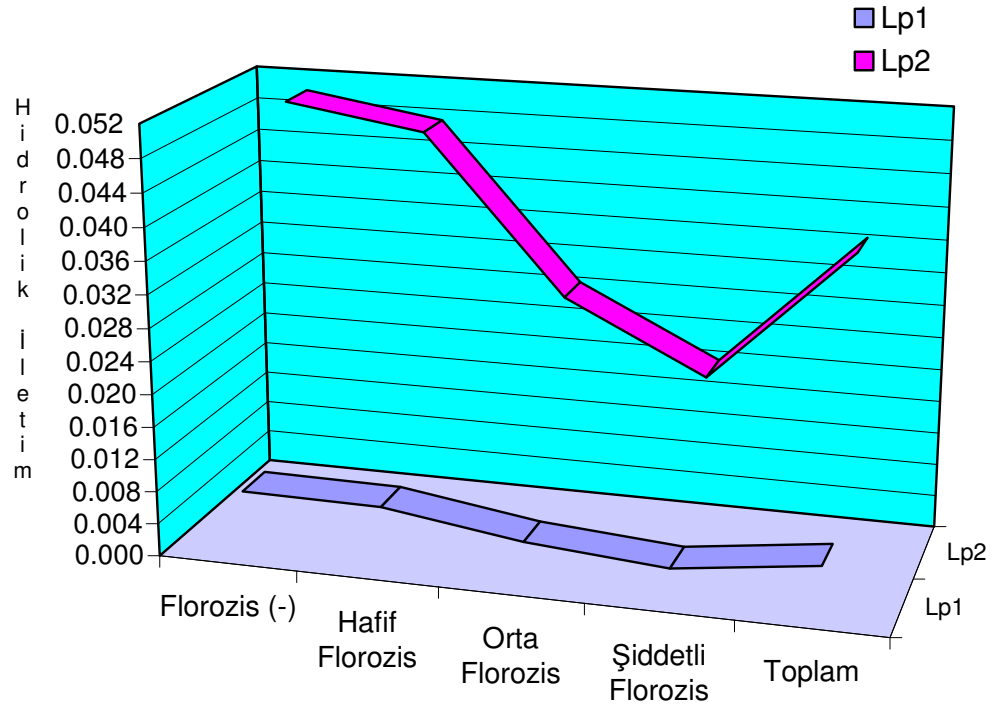
#### **4.2 Dentin Geçirgenliği**

Çalışmanın bu kısmında ise, çekilmiş sağlıklı ve florozisli süt ve daimi dişlerden elde edilen dentin disklerinin dentin geçirgenlikleri elektronik fotosensörlü hidrolik iletim ölçüm cihazı yardımıyla ölçölmüş ve her bir örnekten elde edilen Lp1 (asitle pürüzlendirme öncesi hidrolik iletim değer) ve Lp2 (smear tabakasının kaldırılmasından sonraki hidrolik iletim değer) değerleri kaydedilerek istatistiksel analiz yapılmıştır. Tüm diş gruplarında, smear tabakasının asitle pürüzlendirme sonucu kaldırılmasından sonra hidrolik iletim değerlerinde (Lp2) artış gözlenmiştir. Artış oranı daimi dişlerde  $6,80\pm 0,97$  kat, süt dişlerinde ise  $2,70\pm 0,88$  kattır. Çizelge 13'de tüm gruplara ait Lp1 ve Lp2 değerleri, artış oranı (kat) ve p değerleri verilmektedir.

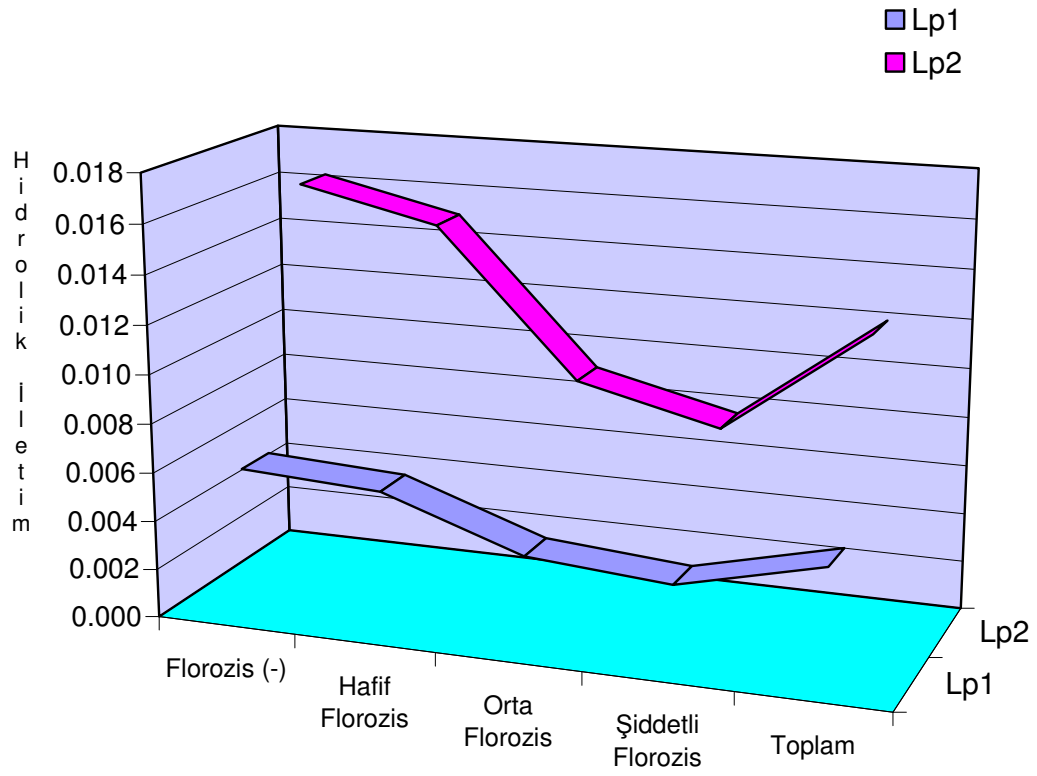
**Çizelge 13.** Daimi dişlerde ve süt dişlerinde farklı florozis gruplarında ölçülen ortalama hidrolik iletim değerleri ( $\mu\text{l. cm}^{-2} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{cm H}_2\text{O}$ )

	<b>FLOROZİS DERECEŚİ</b>	<b>Lp1 (ort±std sapma)</b>	<b>Lp2 (ort±std sapma)</b>	<b>p</b>	<b>Artış oranı (kat)</b>
<b>DAİMI DİŞLER</b>	Florozis (-)	0,00710 ± 0,00146	0,05050 ± 0,01210	<0,05	7,12 ± 0,97
	Hafif florozis	0,00693 ± 0,00144	0,04780 ± 0,01310	<0,05	6,91 ± 1,18
	Orta florozis	0,00444 ± 0,00099	0,02890 ± 0,00656	<0,05	6,55 ± 0,84
	Şiddetli florozis	0,00311 ± 0,00076	0,02050 ± 0,00544	<0,05	6,61 ± 0,88
	<b>Toplam</b>	<b>0,00539 ± 0,00206</b>	<b>0,03700 ± 0,01590</b>	<b>&lt;0,05</b>	<b>6,80 ± 0,97</b>
<b>SÜT DİŞLERİ</b>	Florozis (-)	0,00598 ± 0,00154	0,01640 ± 0,00578	<0,05	2,86 ± 0,98
	Hafif florozis	0,00566 ± 0,00180	0,01510 ± 0,00584	<0,05	2,72 ± 0,69
	Orta florozis	0,00369 ± 0,00118	0,00918 ± 0,00283	<0,05	2,69 ± 0,95
	Şiddetli florozis	0,00323 ± 0,00098	0,00779 ± 0,00283	<0,05	2,54 ± 0,97
	<b>Toplam</b>	<b>0,00464 ± 0,00182</b>	<b>0,01210 ± 0,00577</b>	<b>&lt;0,05</b>	<b>2,70 ± 0,88</b>

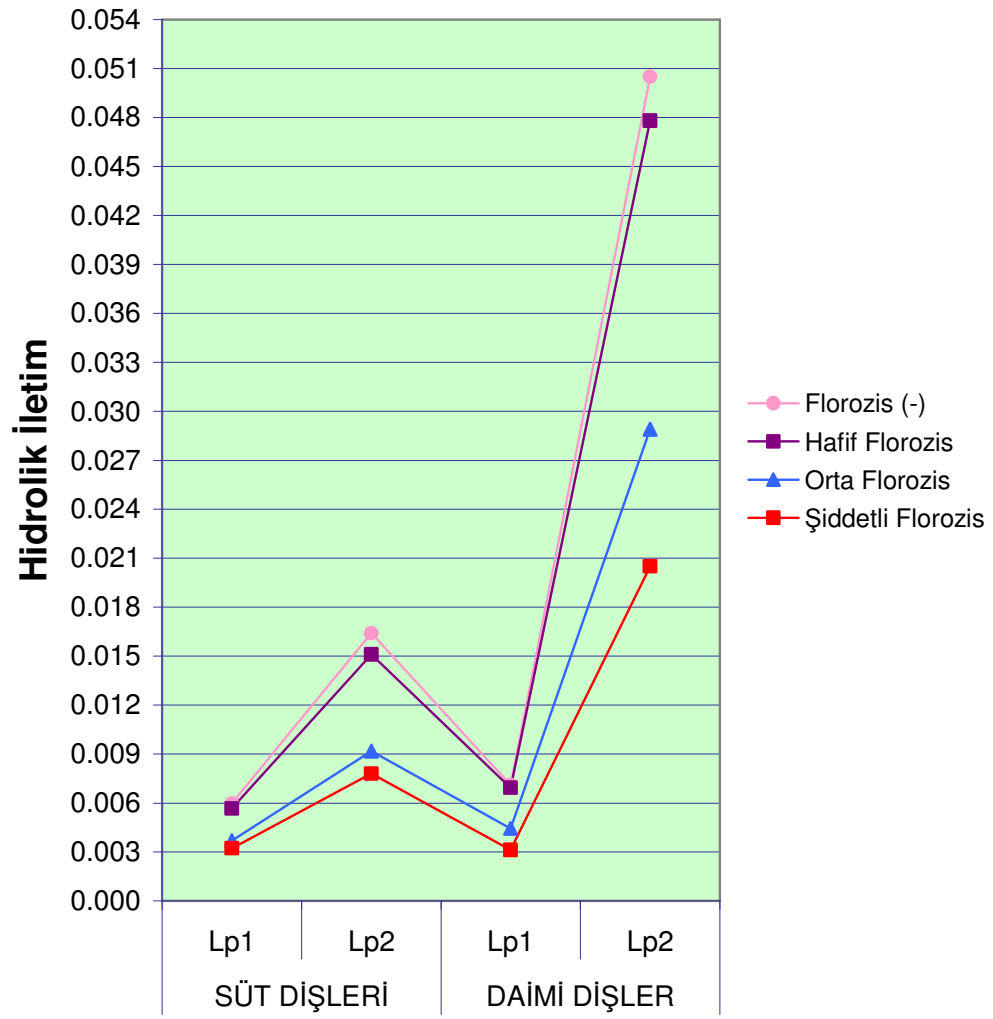
Her iki diş grubunda da florozisin şiddetinin artmasıyla beraber dentin geçirgenliğinin azaldığı ve bu azalmanın süt dişlerinde, daimi dişlere göre daha az olduğu gözlenmiştir (Şekil 18-20).



**Şekil 18.** Daimi dişlerde farklı florozis gruplarında asitle pürüzlendirme öncesi (Lp1) ve sonrası (Lp2) hidrolik iletim değerleri ( $\mu\text{l. cm}^{-2} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{cm H}_2\text{O}$ )



**Şekil 19.** Süt dişlerinde farklı florozis gruplarında asitle pürüzlendirme öncesi (Lp1) ve sonrası (Lp2) hidrolik iletim değerleri ( $\mu\text{l. cm}^{-2} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{cm H}_2\text{O}$ )



**Şekil 20.** Süt dişlerinde ve daimi dişlerde farklı florozis gruplarında Lp1 ve Lp2 değerlerinin ( $\mu\text{l. cm}^{-2} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{cm H}_2\text{O}$ ) dağılımı

Hem daimi dişlerde hem de süt dişlerinde, Lp1 değerleri için tüm grupların karşılaştırılması Kruskal-Wallis testi ile yapılmış, ileri derecede istatistiksel anlamlılık olduğunun ( $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ) gözlenmesi üzerine, Mann-Whitney U testi ile grupların ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Daimi dişlerde; sağlıklı ve hafif florozis grupları arasında farklılık gözlenmezken ( $p = 0,940$ ), sağlıklı-orta florozis, sağlıklı-şiddetli florozis, hafif florozis-orta florozis, hafif florozis-şiddetli florozis ve orta florozis-şiddetli florozis grupları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $p = 0,002$ ;  $p = 0,000$ ;  $p = 0,001$ ;  $p = 0,000$ ;  $p = 0,007$ ) görülmüştür. Süt dişlerinde ise; sağlıklı ve hafif florozis grupları arasında, orta ve şiddetli florozis grupları arasında farklılık olmadığı ( $p = 0,571$ ;  $p = 0,226$ ), fakat sağlıklı-orta florozis, sağlıklı-şiddetli florozis, hafif florozis-orta florozis, hafif florozis-şiddetli florozis grupları arasında anlamlı istatistiksel farklılık olduğu ( $p = 0,002$ ;  $p = 0,001$ ;  $p = 0,034$ ;  $p = 0,003$ ) bulunmuştur.

Hem daimi dişlerde hem de süt dişlerinde, tüm grupların karşılaştırılması Lp2 değerleri için yapılmış ve ileri derecede istatistiksel anlamlılık olduğu ( $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ) gözlenmiştir. Bunun üzerine, grupların ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Daimi dişlerde; sağlıklı ve hafif florozis grupları arasında farklılık gözlenmezken ( $p = 0,597$ ), sağlıklı-orta florozis, sağlıklı-şiddetli florozis, hafif florozis-orta florozis, hafif florozis-şiddetli florozis ve orta florozis-şiddetli florozis grupları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $p = 0,001$ ;  $p = 0,000$ ;  $p = 0,002$ ;  $p = 0,000$ ;  $p = 0,010$ ) görülmüştür. Süt dişlerinde ise; sağlıklı ve hafif florozis grupları arasında ve orta ve şiddetli florozis grupları arasında farklılık olmadığı ( $p = 0,496$ ;  $p = 0,226$ ), fakat sağlıklı-orta florozis, sağlıklı-şiddetli florozis, hafif florozis-orta florozis, hafif florozis-şiddetli florozis grupları arasında anlamlı istatistiksel farklılık olduğu ( $p = 0,002$ ;  $p = 0,001$ ;  $p = 0,013$ ;  $p = 0,003$ ) gözlenmiştir.

Sağlıklı ve florozisli diş gruplarında süt ve daimi dişlerin karşılaştırılması sonucu, tüm gruplarda farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

Lp1-Lp2 artış oranı açısından; süt ve daimi diş gruplarının toplamalarının karşılaştırılması T-testi ile yapılmış, her iki grupta da farklılığın



anlamli olduğu ( $p<0,05$ ) görülmüştür. Aynı zamanda sağlıklı ve florozisli diş gruplarında sü t ve daimi dişlerin karşılaştırılması yapılmış, Lp1-Lp2 artış oranlarının tüm gruplarda anlamli istatistiksel farklılık sergilediği ( $p<0,001$ ) gözlenmiştir.

Lp1-Lp2 artış oranı açısından; hem daimi dişlerde hem de sü t dişlerinde florozis grupları arasında karşılaştırma yapılmış ve farklılığın istatistiksel olarak anlamsız olduğu ( $p=0,427$ ;  $p=0,909$ ) gözlenmiştir.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Florun diş çürüklerinden korunmada çok önemli bir role sahip olduğu bilinmektedir. Fakat bunun yanı sıra flor, dişlerin gelişim dönemleri sırasında, güvenli dozun üzerinde uzun süreli alındığında diş florozisine neden olmaktadır. Diş florozisinin görülme sıklığının hem doğal yolla florlanan hem de flordan fakir bölgelerde giderek arttığı rapor edilmekte ve bu konuda önlemler alınması gerektiği bildirilmektedir. Artış nedeninin artan flor kaynaklarına bağlı olduğu düşünülmektedir (1,2,5,7-10). Doza bağımlı bir durum olan diş florozisinin oluşmaması için günlük güvenli flor dozunun ne kadar olduğu konusunda farklı görüşler mevcuttur. Burt ve arkadaşları (227) bu dozun 0,05-0,07 mg F/kg arasında olduğunu bildirmiştir. Bunun yanı sıra günlük 0,02 mg F/kg flor dozunun bile, daimi dişlerde diş florozisiyle sonuçlanabileceği rapor edilmektedir (6).

Türkiye'deki endemik florozis bölgelerinden biri olan Isparta ilinde halen bazı mahallelerde içme suyu kaynağındaki flor oranlarına bağlı olarak çocuklarda farklı derecelerde dental florozis görülmektedir. 1996 yılında Kır (72), Isparta içme suyu kaynaklarını gruplandırmış ve Gölcük krater gölü, Eğirdir gölü ve Andık deresi olarak 3 farklı su kaynağı belirlemiştir. Bunların yıllık en düşük ve en yüksek flor seviyelerini sırasıyla, 0,79 ve 1,55 mg/l (ort,SS: 1.12±0.29), 0,14 ve 0,35 mg/l (ort,SS: 0.22±0.077) ve 2,55 ve 3,40 mg/l (ort,SS: 2.96±0.31) olarak rapor etmiştir. Usmen ve ark.'nın (73) 1997 yılında, ülke genelinde 71 il 26 ilçe su kaynaklarından aldıkları örneklerde flor konsantrasyonlarını tespit ettikleri çalışmalarında, Isparta Bölge Merkez su kaynağında flor seviyesi 0,15-2,16 ppm olarak bulunmuştur. Bu çalışmanın sonuçlarına göre Türkiye'de Isparta Bölge Merkez kaynağından yararlanan bölgeler ve Kars ili dışındaki tüm bölgeler flor fakiri bölgeler olarak tanımlanmıştır. 2003 yılında Türkiye'nin su flor haritasının çıkarıldığı bir çalışmada (74) ise, Isparta merkezde su flor konsantrasyonunun 0,15-1,90 mg/l arasında olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmalardan en kapsamlı olanı, mevsimsel değişiklikler göz önüne alınarak, Isparta'daki tüm semt ve su

kaynaklarının aylara göre flor içeriklerinin ayrı ayrı belirlendiği Kır (72) tarafından yapılan çalışmadır.

Çalışmamızda, kullanılan çekilmiş dişlerin florozis şiddetine göre sınıflandırılmasında Thylstrup-Fejerskov'un Dental Florozis İndeksi (TFI) kullanılmıştır. Bu indeksin seçilme nedeni, hassas ve detaylı bir indeks olması ve oldukça fazla tekrar edilebilir olmasıdır. Bu özelliklerinden dolayı klinik ve laboratuvar çalışmaları için en uygun indeks olduğu bildirilmektedir (6,77). Süt dişlerinde florozis daimi diş florozisine göre daha nadir ve ılımlı görülmektedir. TF indeksi, daimi dişler için tasarlanmış olmasına rağmen, süt dişlerinde florozisin sınıflamasında en çok kullanılan ve diğer indekslerle karşılaştırıldığında süt dişleri için en uygun bulunan indeks olduğu için (79,228,229), çalışmamızda da süt dişlerinin florozis şiddetine göre sınıflandırılmasında kullanılmıştır. Süt dişlenmesi için geliştirilen tek indeks olduğu bildirilen (81) Süt Dişleri İçin Dental Florozis İndeksi (DFPDI) ise, yaygın olarak kullanılmadığı, diğer çalışmalarla ve çalışma içinde süt ve daimi dişler arasında elde edilen sonuçları karşılaştırma olanağı olmadığı için tercih edilmemiştir.

Daimi dişlerde ve özellikle süt dişlerinde yakın derecelerde yanılma payı olabileceğinden, ayrıca daimi dişlerde yakın derecelerde kriterlere uygun, yeterli sayıda diş bulma güçlüğü nedeniyle TF indeksi modifiye edilerek kullanılmıştır. Dişlerin TF indeksine göre gruplandırılmasında eşit dağılımın oluşmasına dikkat edilerek, hafif florozis grubunda 1 ve 2, orta florozis grubunda 4 ve 5, şiddetli florozis grubunda 7 ve 8 TFI skorunda birbirine yakın/eşit sayıda diş bulunması sağlanmıştır.

TF indeksi, diğer tüm diş florozis indeksleri gibi mine dokusundaki değişikliklere dayanarak oluşturulmuş bir indekstir. Çalışma alanımız olan dentin dokusu için, klinik bulgulara dayalı hazırlanmış bir florozis indeksi mevcut olamayacağı için, TF indeksi, yukarıda belirtilen özelliklerinden dolayı çalışmamızda tercih edilmiştir. 2004 yılında Vieira ve ark.'nın (230) yaptıkları bir çalışmada, florozis şiddeti açısından TF indeksine göre sınıflandırılmış dişlerin mine ve dentin dokularında flor analizi yapılmış ve dentinin mineye göre dental florozis açısından daha iyi bir belirteç olduğu rapor edilmiştir.

Aynı çalışmada diş florozisi ile dentinin flor konsantrasyonu arasında bir korelasyon görülürken, minenin flor konsantrasyonu arasında korelasyon gözlenmediği bildirilmiştir.

Çalışmamızda kullanılan farklı florozis seviyeleri gözlenen çekilmiş süt ve daimi dişler, doğduğundan beri Isparta'da içme suyu flor oranı yüksek olduğu bildirilen mahallelerde ( $>0,79$  mg/l) sürekli oturmuş olan, yemeklerde ve içme suyu olarak evin musluk suyunu kullanan çocuklardan elde edilmiştir.

Çürüksüz florozisli dişlerin, ortodontik çekim endikasyonu dışında çok sınırlı çekim endikasyonu olması nedeniyle, *in vitro* çalışmalarda kullanılacak dişlerin bulunmasında güçlükler yaşanmaktadır. Ayrıca çekimsiz ortodontik tedavinin giderek daha tercih edilir olması, bu durumu daha da zorlaştırmaktadır. Çalışmamızda beslenme şekli birbirine yakın olan çocuklar seçilmiş olup, çürüksüz, çekilmiş farklı florozis seviyeleri sergileyen diş bulmada yaşanan güçlükler nedeniyle, beslenme ile ilgili detayların bir kısmı gözardı edilmek zorunda kalmıştır.

Bireylerin florozisten etkilenme dereceleri bireysel yatkınlık, beslenme şekli, ek flor kaynaklarının alımı, sudaki flor seviyesinin mevsimsel değişiklikler sergilemesi gibi nedenlerden dolayı farklı olabileceğinden, diş bulma güçlüğü'nün yaşandığı *in vitro* flor çalışmalarında bireylerin flor alımının standardizasyonu mümkün olamamaktadır. Ayrıca çalışmamızda ek flor kaynaklarından faydalanmamış, beslenme şekli birbirine yakın olan, herhangi bir sistemik problemi olmayan, sağlıklı çocukların seçilmiş olmasına karşın, dişlerin mineralizasyon dönemleri sudaki flor seviyesinin düşük olduğu kış aylarında yada yüksek flor seviyesinin gözleendiği yaz aylarında gerçekleşmiş olabilir. Bunun gibi kontrol edilmesi mümkün olmayan bireysel faktörlerin deney sonuçlarını az da olsa etkilemiş olması mümkündür.

Flor seçici elektrodun, dentinde flor konsantrasyonunun analiz edilmesinde en çok kullanılan, en geçerli analitik metot olduğu bildirilmektedir (6,14-16,24-35). Diş sert dokularında flor analizi yaparken flor seçici elektroda göre daha az kullanılan diğer metotlar ise nötron aktivasyon analizi (49-53), proton mikroprob analizi (54,55), enerji dağıtıcı spektrometre (56), X-ışını mikrotomografisi (57), kolorimetrik metot (58) ve elektron prob

mikroanalizi (59,60) olarak bildirilmektedir. Bu yöntemlerden proton mikroprob analizinin noktasal alanların mineral içeriğini belirlediğinden dolayı, farklı alanların mineral içeriği farklı olabileceğinden hatalı sonuçlar verebileceği rapor edilmiştir (60). Kolorimetrik metodun, ucuz olmasına karşın daha az duyarlı olduğu ve elde edilen sonuçların gerçeğe çok yakın olmadığı bildirilmektedir (6,60). Diğer yöntemlerin ana dezavantajı ise çok pahalı ve komplike yöntemler olmalarıdır. Bu yöntemlerin çoğu yüzeysel flor analizinde kullanılmaktadır. Diğer yöntemlerin bahsedilen dezavantajları göz önüne alınarak, diş sert dokularının flor konsantrasyonlarının belirlenmesinde araştırmacılar tarafından en çok tercih edilen yöntem olması nedeniyle, çalışmamızın flor analizi kısmında flor seçici elektrot tercih edilen yöntem olmuştur.

Flor elektrodu ile sadece solüsyonlardaki flor konsantrasyonunun ölçülebilmesi nedeniyle, mineralize doku örneklerinin eritilerek çözülmesinde, dokuların içerdiği florun bağlı olduğu bileşiklerden ayrıştırılmasında ve konsantre edilmesinde genellikle perklorik asit, nitrik asit, hidroklorik asit gibi güçlü asitler kullanılmaktadır (24,35,41-45). Çalışmamızda, flor elektrodu yardımıyla flor analizinin yapılması öncesinde, okluzal dentin parçalarının eritilerek solüsyon haline getirilmesinde 0.1 ml %65'lik nitrik asit ve 0.04 ml %30'luk hidrojen peroksit karışımı kullanılmıştır. Süt ve daimi dişlerden elde edilen okluzal dentin parçalarını homojen bir şekilde eritebilecek minimum nitrik asit ve hidrojen peroksit miktarları yapılan ön laboratuvar çalışmaları sonucu belirlenmiştir. Bu sayede hatalı sonuç elde etme ihtimali azaltılmıştır. Ayrıca flor elektrodunun flor miktarını gerçeğe en yakın ölçebilmesi için solüsyon pH'sının 5-6 arasında olma gerekliliği dikkate alınarak, ölçüm öncesinde örnek solüsyonların pH'sının bu aralıkta (pH=5,2) olması sağlanmıştır.

İnsan vücudunda dentin, normal şartlarda daimi dişlerde rezorbsiyona uğramaması, kemikten daha kolay elde edilebilir olması, hücre dışı sıvıları geçirmesi ve yaşam boyu floru depolamaya devam etmesi gibi özelliklerinden dolayı, kronik flor alımının en iyi göstergesi olarak kabul edilebilir. Bireyin aldığı flor miktarını en iyi dentindeki flor konsantrasyonu temsil etmektedir.

Bu nedenle çalışmamızda da dişlerin flor konsantrasyonlarının belirlenmesinde, geçirgenlik ölçümünü yapacağımız dentin dokusu tercih edilmiştir.

Çalışmamızda sağlıklı süt dişi ve daimi dişlerin okluzal dentin dokusunda ölçülen ortalama flor miktarları sırasıyla  $170,705 \pm 92,691$  ve  $161,023 \pm 13,945$  ppm'dir. Florozis şiddetinin artmasıyla beraber dentin dokusunun flor içeriği de artmaktadır. Bu artış süt dişlerinde daimi dişlere göre daha fazladır, fakat sağlıklı ve florozisli diş gruplarında süt ve daimi dişler karşılaştırıldığında tüm gruplarda farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur. Orta ve şiddetli florozis gruplarında, daimi dişlerle karşılaştırıldığında süt dişlerinde okluzal dentin dokusunun daha fazla flor içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. Yapılan çalışmalarda da sudaki flor içeriğinin artmasıyla birlikte, dental florozis şiddetinin ve dişlerin içerdikleri flor miktarının arttığı gözlenmiştir (26,31,38,41,45,54,56,231).

Aynı florozis skoruna sahip diş örneklerinin flor miktarlarının bazı gruplarda birbirinden farklılıklar sergilemesinin nedeni, florozisten etkilenmede bireylerarası gözlenen farklılıklara, minenin klinik görünümüne dayanarak belirlenen florozis derecesinin, dentinin florozis derecesini yansıtmamış olma ihtimaline ve az sayıda örnek sayısına bağlı olabilir. Bu nedenle, çalışmanın daha çok sayıda diş örneğiyle yapılması yararlı olabilir.

Süt dişlerinde dentinin içerdiği flor miktarının fizyolojik kök rezorbsiyonuna bağlı olarak değiştiği bilinmektedir (23). Flor konsantrasyonu, süt dişi dentininde kök oluşum periyodunda artarken, fizyolojik kök rezorbsiyonunun başlamasıyla birlikte, pulpal yüzeydeki yüksek flor içeriğine sahip dentinin osteoklastlar tarafından rezorbe edilmesi sonucu azalmaktadır. Ayrıca, rezorbsiyon periyotlarının daha uzun sürmesi nedeniyle çok köklü dişlerde, tek köklü dişlere göre pulpal yüzde daha fazla flor konsantrasyonunda azalma olduğu bilinmektedir. Bu nedenle çalışmamızda kullanılan süt molarların kök rezorbsiyonu 1/3'ü geçmemiş dişler olmasına dikkat edilmiştir.

Dental floroziste, dentinin mineye göre daha fazla flor içerdiği ve florozis şiddetinin artmasıyla birlikte flor içeriğinin de arttığı bilinmektedir (14-

16). Florun magnezyuma afinitesi vardır ve dentinin magnezyum içeriği minenin magnezyum içeriğinin neredeyse iki katıdır (98). Florun dokuların kalsiyum ve fosfor içeriğine çok az etkisi olurken, asıl etkisinin karbondioksit ve magnezyum içeriği üzerine olduğu bildirilmiştir (97). Flor içeriğinin artmasıyla beraber kalsiyum içeriği bundan etkilenmezken, magnezyum içeriği ise artmaktadır. Florozisli dokuda flor, magnezyumu bağladığı için magnezyum artışına sebep olmaktadır (98). Florozisli dentinin mineye göre daha fazla flor içermesinin ve florozis şiddetinin artmasıyla beraber dentinin flor içeriğinin artmasının sebebi, dentinin mineye göre daha fazla magnezyum içermesi olabilir. 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 flor iyonu olduğu gibi, iyonik değişimlere daha fazla izin verdiği bildirilmektedir (22). Dentindeki daha fazla doku hidrasyonu ile beraber bu kristallerin artmış yüzey alanları dentinin flor alım kapasitesini artırmaktadır. Florozisli dentinin mineye göre daha fazla flor içermesinin diğer bir sebebi de budur.

Süt dişi dentininin daimi diş dentinine göre daha fazla flor konsantrasyonuna sahip olması, süt dişi dentininin daimi diş dentininden daha fazla magnezyum içermesine bağlıdır. Süt dişlerinin daimi dişlere göre dentin dokusunda daha yoğun ve homojen magnezyum dağılımı sergilediği bildirilmektedir (98,232).

İçme suyunda farklı oranlarda flor içeren bölgelerde oturan hastalardan elde edilen dişlerin mine ve dentin dokularının içerdikleri flor konsantrasyonunun, mine ve dentin apatit kristallerinin boyutları (uzunluk ve genişlik) üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (231), sudaki flor konsantrasyonunun artmasıyla birlikte dişlerin mine ve dentin dokularındaki flor konsantrasyonunun arttığı, flor konsantrasyonunun mine kristalit boyutuyla korelasyon gösterirken, dentin kristalit boyutunda herhangi bir değişikliğe neden olmadığı bildirilmiştir. Buna neden olarak dentindeki kristalit büyüme regülasyonunun, florun kristal büyümesi üzerine olan doğrudan

etkisinden daha güçlü olması ve dentin kristallerinin mine kristallerinden daha küçük olması gösterilmiştir.

Dışleri restore etmede kullanılan operatif işlemler genellikle dentini de kapsamaktadır. Bu nedenle, restorasyonların uzun ömürlü olmasında dentin çok önemli rol oynamaktadır. Dentin kendi nemlilik derecesini hızla değiştirebilme yeteneğine sahip, dinamik, heterojen bir dokudur. Dışin mine dokusundan bu özellikleriyle ayrılan dentin, restoratif materyallerin dişe bağlanmasında problemlerle karşılaşılmasına neden olmaktadır. Dentin dokusunun geçirgenlik özelliklerinin ve bunu etkileyen faktörlerin tam olarak anlaşılması sayesinde sıvı akımı değerlendirilebilecek, ağrı, hassasiyet, restoratif başarısızlık, pulpal hasar gibi komplikasyonlardan sorumlu mekanizmaların anlaşılması mümkün olabilecektir. Dentinin geçirgenliği mikrosızıntı problemi için de çok önemli bir özelliktir. Çünkü bu biyolojik özellik, kontrol edilebildiği takdirde mikrosızıntının etkilerini sınırlamada kullanılabilir. Dentin geçirgenliği hidrolik iletimin ölçülmesi yoluyla en uygun şekilde belirlenmektedir. Dentinin hidrolik iletimindeki değişiklikler, hassasiyet giderici ajanların, kaide materyallerinin, bağlayıcı ajanların, restoratif maddelerin, beyazlatma ajanlarının, smear tabakasını kaldırmada kullanılan ajanların etkinliğinin belirlenmesinde bir metot olarak başarıyla kullanılabilir.

Dentin geçirgenliği sekonder, sklerotik yada tersiyer dentin varlığından, ölü alanların ve smear tabakasının varlığından etkilenmektedir. Aynı zamanda tübül sayısı ve çaplarıyla orantılıdır ve pulpaya olan uzaklıkla ters orantılıdır (233). Bu nedenle çalışmalarda yaş da önemli bir faktördür.

Pashley ve arkadaşlarının (4) tanıtmış olduğu hidrolik iletim ölçme düzeneği yardımıyla dentin geçirgenliği ölçülebilmektedir. Bu düzenek, gerekli basıncı sağlayan basınç kaynağı ve buna bağlı basınç kabı, oluşan basıncın dentin diskine iletilmesini sağlayan polietilen boru, disk içinden geçen sıvının takip edildiği kapiller boru, oluşturulan hava kabarcığının pozisyonunu ayarlamaya yardımcı olan mikroşırınga ve dentin diskinin yerleştirildiği parçalı disk geçirgenlik apareyi birimlerinden oluşmaktadır. Bu klasik yöntemde, hava kabarcığının kapiller boruda dakikada aldığı yol,



kapiller borunun altına yerleştirilen milimetrik cetvel yardımıyla gözle ölçülmektedir. Dentin geçirgenliğinin ölçülmesinde kullanılan klasik yöntemin, gözle ölçüme dayalı olduğu için subjektif bir yöntem olması ve farklı okumalar oluşma ihtimali gibi dezavantajları vardır. Ayrıca bu düzende hava kabarcığı oluşturmak ve konumunu ayarlamak otomatik olarak yapılmadığı için deney sırasında güçlükler yaşanmasına yol açabilir. Bu nedenle çalışmamızda daha hassas ve güvenilir sonuçlar elde edebilmek amacıyla, klasik yöntemin çalışma prensiplerine sadık kalınarak, hava kabarcığının otomatik bir şekilde sistem tarafından oluşturulup fotosensörlerle takip edildiği elektronik fotosensörlü hidrolik iletim ölçüm cihazı dizayn edilmiş ve kullanılmıştır. Cihaz, içerdiği selenoid valfler sayesinde hava kabarcığını kendisi üretmektedir. Sistemin akış hızının, oluşturulan hava kabarcığının fotosensörden geçiş hızına oranının; kapiller borunun hacminin, hava kabarcığının hacmine oranına eşit olması prensibinden yola çıkılarak, sistemde oluşturulan hava kabarcığının hacmi bu orantıdan hesaplanmış ve aynı hava kabarcığının dentin diski içinden geçerken, cam kapiller boruda aldığı yol fotosensörler tarafından takip edilerek, geçen süre belirlenmiştir. Mikrolitre hacminde kabarcık oluşturmanın zorluğundan ve yüksek maliyetinden dolayı, her bir dentin diski için ölçüm yaparken oluşturulan hava kabarcıklarının hacimleri, birbirine çok yakın olmakla birlikte, eş hacimli değildir. Bu, sistemimizin zayıf yönü olarak görülebilir. Çünkü, büyük hacimli hava kabarcığı, daha küçük hacimli bir hava kabarcığına oranla kapillerden daha fazla sıkışarak geçiyor olabilir. Standart hacimli hava kabarcığı oluşturabilen benzer sistemlerin oluşturulmasına ihtiyaç vardır.

Dentin disklerinin geçirgenliğini belirlemede kullandığımız elektronik fotosensörlü hidrolik iletim ölçüm cihazı fotosensörler içerdiği için ışığa karşı hassas bir sistemdir. Ayrıca dentin geçirgenliğinin ortamın ısı değişikliklerinden etkilendiği ve hidrolik iletim ölçümlerinin sabit ısı altında yapılmasının hatalı sonuçlar elde edilmemesi açısından önemli olduğu bildirilmektedir (150,153). Çalışma yapılırken, cihazın bu özelliği göz önüne alınarak, ölçümler standart ışık özelliklerine sahip ortamda sabit sıcaklık

altında gerçekleştirilmiştir. Böylelikle, ışık ve sıcaklık değişimleri nedeniyle oluşabilecek hatalı ölçümler önlenmiştir.

*In vitro* dentin geçirgenliği çalışmalarında birçok farklı saklama solüsyonları ve saklama süreleri uygulanmıştır (33,137,146-150). Dişlerin -180°C'de dondurularak saklanması dentin geçirgenliği yada mikrosızıntı değerlerini etkilemediği (148,149), saklama solüsyonunun tipinin dentin geçirgenliğini etkilediği gözlenmiştir. Hazırlanan dişleri yada dentin disklerini saklamak için belirlenmiş standart bir protokol henüz bildirilmemiştir. 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 olduğu gözlenmiştir (146). Saklama solüsyonunun tipine bağlı olarak oluşan geçirgenlik azalması, dentinde mineral yada organik bileşenlerin çözülerek tübüllerin lümenlerinde yeniden birikmesine bağlıdır. Su ve fosfat tamponlu salin gibi saklama solüsyonlarında saklanan dişlerin en büyük geçirgenlik değişiklikleri sergiledikleri ve formalin gibi fiksatiflerin kullanımının düşük fakat tutarlı geçirgenlik değerleri verdiği bildirilmiştir (145,147). Tübüllerdeki odontoblast uzantısı ve kollajen gibi materyallerin korunmasına bağlı olarak fikse edilmiş dentinin çok az geçirgenlik farklılıkları sergilediği bilinmektedir. %10'luk formalin zamanla dişte meydana gelen geçirgenlik değişimini sınırlayan en etkili saklama solüsyonu olarak rapor edilmiş ve bunu sırasıyla %70'lik etanol, su ve fosfat tamponlu salin izlemiştir (146).

Ayrıca dentin geçirgenliğinin, diş çekiminden 1 saat-1 gün arasında oldukça fazla arttığı rapor edilmiştir (150,151). *In vitro* dentin geçirgenliğindeki bu artışın sebebi çekimden sonra zaten azalmaya başlamış olan tübüllerin zayıf bağlı organik içeriklerinin ayrılmasıdır. Sonraki 3-4 hafta boyunca fazla bir değişim olmamaktadır ve bu da geçirgenlikte kararlı bir faza erişildiğini göstermektedir. *In vitro* dentin geçirgenliği çalışmalarında bu durağan fazın oluşması beklenmeden ölçümler yapıldığında hatalı sonuçların elde edilebileceği, bu nedenle de örneğin kalınlığına bağlı olarak hızlı geçirgenlik artışı seviyesinin aşılması amacıyla dişlerin bir süre bekletilmesinin (0,5 mm kalınlığından fazla dentin kesitleri için en az 4 hafta)

uygun olacağı bildirilmiştir (151). Ayrıca buharla sterilizasyonun dentin geçirgenliğini etkilemediği bildirilmektedir (142). Fakat antiseptiklerle birlikte buzdolabında saklamak, odontoblast uzantıları yada intratübüler kollajen lifler gibi organik bileşenlerin yada mineral bileşenlerin tübüllerin içine çökmesi nedeniyle dentin geçirgenliğinde değişikliğe neden olmaktadır (172). Bu nedenle çalışmamızda da, saklama koşullarına bağlı hatalı sonuçların elde edilmesini önlemek amacıyla, dentin geçirgenliği ölçümünde kullanılacak dişler kesit alma işlemine kadar %10'luk formalin içinde 6-8 hafta saklanmıştır. Kesit alma işlemi sonrasında ise dentin diskleri, ölçümler arası geçen sürelerde 0,2 µm'lik membrandan geçirilerek filtre edilmiş florsuz distile su içinde +4°C'de saklanmıştır.

Dentin diskinin, dentinin hassasiyetini ve geçirgenliğini incelemeye faydalı bir model olabileceği bildirilmiştir (167,234). Fakat dentin, içerdiği tübüllerin sayısı, çapı, yoğunluğu, doğrultusu vb özellikleri açısından homojen bir yapı sergilemediğinden ve yüzey morfolojisindeki doğal farklılıklardan dolayı, dentin diski kullanılarak yapılan *in vitro* çalışmalarda, kesim işlemleri çok dikkatli uygulanmalı ve birbirini izleyen ölçümlerde, aynı dentin diskinin hep aynı yüzü ve aynı bölgesi kaydırılmadan ölçülmelidir. Çok az bir kaymada tübüllerin doğrultusu ve büyüklüğü değişeceğinden, aynı diş için farklı ve hatalı sonuçlar elde edilebileceği bildirilmektedir (234). Ölçüm yapılacak dentin diski örneğinin ölçüm alanının standardizasyonu bu tip çalışmalarda büyük önem taşımaktadır. Çalışmamızda kesit alma işlemi sonrasında muhtemel karışıklığı önlemek ve ölçüm yapılacak dentin alanını standardize edebilmek amacıyla dişler, alt-üst lokalizasyonuna göre farklı renklerde akrilik rezine gömülmüş ve kesit alma işlemi öncesinde bukkal ve mesial mine yüzeylerine tam orta hatta olacak şekilde su soğutması altında, yüksek devirli tur ve fissür frez yardımıyla oluklar açılmıştır. Dentin diskleri, parçalı disk geçirgenlik apareyine yerleştirilirken de, apareyin kapiller boruya bağlı olan sabit kısmında bulunan işaret çizgisinin bukkal olukla tam olarak çakışmasına dikkat edilmiştir. Bu sayede aynı diskin aynı yüzeyinden tekrarlayan ölçümler yapılabilmiş ve hatalı ölçüm yapma ihtimali azaltılmıştır. Ayrıca ölçümler sonrasında, aynı gün içinde disk sistemden çıkartılıp, tekrar

yerleştirilerek, sabit ışık ve sıcaklık altında son bir ölçüm daha yapılmış ve diskin doğru yerleştirildiği ve ölçümlerin tutarlılığı doğrulanmıştır.

Yapılan *in vitro* dentin geçirgenliği çalışmalarında, çoğunlukla dişler rezine gömülmeden elde edilen dentin diskleri, parçalı disk geçirgenlik apareyine lastik halkaların arasında doğrudan yerleştirilmektedir (4,142,153,165-172,180,181,190). Bazı çalışmalarda ise, dişler kesit alma işlemi öncesinde rezin (149,173) gibi materyallere gömülmüş ve kesildikten sonra elde edilen diş kesitleri, ayrıca pleksiglas (177), polikarbonat (185,186) yada resin (149,173) disklerle kuvvetli yapıştırıcılarla yapıştırılmıştır. Bu uygulamada amaç, diş kesitini desteklemek ve uygulanacak basınç altında dentinde oluşabilecek deformasyonu önlemektir. Çalışmamızda kullanılan dişler de, bu amaçla, kesit alma öncesinde hazırlanan standart silindirik bloklar içinde şeffaf ortodontik akrilik rezine gömülmüştür. Kesit alma işlemi sonrasında koruyucu rezin içindeki diş kesitleri, 0,125 cm<sup>2</sup>'lik merkezi dentin bölgesini açıkta bırakacak şekilde ortasında sabit çaplı deliği olan, 1 mm kalınlığında ve 11 mm dış çaplı pleksiglas halkalara pulpal yüzlerinden siyanoakrilat adezivle yapıştırılmıştır. Bu uygulama yardımıyla, hem ölçüm yapılacak dentin yüzeyi sabitlenmeye, hem de basınç altında oluşabilecek dentin dokusunun deformasyonu en aza indirilmeye çalışılmıştır.

Bu konuda yapılan çalışmalarda, dentinin hidrolik iletiminin, uygulanan basınç, dentin kesitinin kalınlığı, açık dentin yüzey alanı, sıcaklık, smear tabakasının varlığı, dentin kesitinin alındığı dentin bölgesi gibi değişkenlerden doğrudan etkilendiği bildirilmiştir. Dentin kesitinin kalınlığının azalması (144,150,157) ve açık dentin yüzey alanının artması (150,157) ile birlikte dentinin hidrolik iletimi artarken, smear tabakasının varlığında (157,173) dentinin hidrolik iletimi azalmaktadır. Uygulanan basıncın artırılması ise, hidrolik iletimin artmasına neden olmaktadır (152). Pulpaaya olan uzaklığın artmasıyla birlikte (113,144,145,202) tübül sayısındaki ve çapındaki azalmaya bağlı olarak hidrolik iletimin de azaldığı bildirilmiştir. Ayrıca bu çalışmalarda kullanılan dişlerin tipi, dişlerin gelişimsel evreleri, saklama koşulları ve süreleri de elde edilen hidrolik iletim değerlerini etkilemektedir (146-151). Sonuç olarak dentin geçirgenliği, bir çok farklı değişken tarafından

doğrudan etkilenen bir özelliktir. Bu konuda yapılan çalışmalarda değişik hidrolik iletim değerlerinin bulunmasının nedeni de çalışmalarda farklı metodolojinin uygulanmasıdır.

Çalışmamızda sağlıklı daimi dişlerde ortalama hidrolik iletim değerleri, smear tabakasının varlığında  $0,00710 \pm 0,00146 \mu\text{l. cm}^{-2} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{cm H}_2\text{O}$ , asitleme sonrasında ise  $0,05050 \pm 0,01210 \mu\text{l. cm}^{-2} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{cm H}_2\text{O}$  olarak ölçülmüştür. Aynı değerler sağlıklı süt dişlerinde ise sırasıyla  $0,00598 \pm 0,00154$  ve  $0,01640 \pm 0,00578 \mu\text{l. cm}^{-2} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{cm H}_2\text{O}$ 'dir. Süt dişlerinde ölçülen hidrolik iletim değerleri daimi dişlerde ölçülen değerlerden daha düşüktür. Süt dişlerinde okluzal derin dentin dokusunun, daimi diş dentinine göre daha az geçirgen olduğu gözlenmiştir. Bulgularımız süt dişlerinde bu konuda yapılmış olan, ulaşılabilen çok az sayıdaki çalışmayla paraleldir (113,235).

Koutsi ve ark. (113) daimi küçük azı ve süt azılarıyla yaptıkları çalışmada smear tabakası varlığında her iki tip dentinde hidrolik iletim birbirine yakın ( $0,001-0,003 \mu\text{l. cm}^{-2} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{cm H}_2\text{O}$  arasında) olduğunu ve smear tabakasının kaldırılmasından sonra da dentin geçirgenliğinin anlamlı derecede arttığını, daimi diş dentininin süt dişi dentinine göre çok daha fazla geçirgenlik artışı gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Kahvecioğlu (235) ise, sürmemiş daimi 3. azı ve aşırı derecede kök rezorbsiyonu olan, mobil süt 2. azı dişlerini kullandığı çalışmada, smear tabakasının kaldırılmasından sonra daimi dişler ve süt dişleri için hidrolik iletim değerlerini sırasıyla  $0,020 \pm 0,012$  ve  $0,014 \pm 0,010 \mu\text{l. cm}^{-2} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{cm H}_2\text{O}$  olarak rapor etmiştir. Bu çalışmalarda da sisteme uygulanan basınç çalışmamızdaki gibi 10 psi'dir. Kahvecioğlu (235), çalışmamızda olduğu gibi, dişlerden elde ettiği  $1,00 \pm 0,05$  mm kalınlığındaki diskleri sisteme yerleştirerek ölçüm yapmış, Koutsi ve ark. (113) ise, çalışmamızda uygulanan yöntemden farklı olarak, dişlerden kesit almayarak, sisteme pulpası çıkarılmış dişlerin kronlarını yapıştırıp, bukkal yüzeyde mineyi kaldırdıktan sonra ölçüm yapmışlardır. Çalışmalarda farklı diş tiplerinin yada farklı kök gelişim seviyesine sahip dişlerin kullanılması, farklı yöntemlerin uygulanması sonuçlardaki farklılıkları da açıklamaktadır.

Çalışmamızda, daimi küçük azı ve süt 2. azı dişleri kullanılmıştır. Literatürde, daimi küçük azı ve süt 2. azı dişlerinin çalışma alanımız olan derin dentin bölgesinde tübül çaplarının sırasıyla 2,10  $\mu\text{m}$ , 1,29  $\mu\text{m}$  ve tübül yoğunluklarının ise 42.000 tübül/ $\text{mm}^2$ , 26.391 tübül/ $\text{mm}^2$  olduğu rapor edilmiştir (113). Daimi küçük azı dişlerinin tübül çapı ve yoğunluğu süt 2. azı dişlerinininkinden daha büyüktür. Süt dişlerinde hidrolik iletim değerlerinin daimi diş dentinine göre daha az olmasının bir nedeni de, süt dişlerinde tübül çaplarının ve tübül yoğunluğunun, daimi dişlerdeki benzer dentin derinliklerinde, daha küçük ve az olmasına bağlıdır (113-116).

Sağlıklı daimi dişlerle yapılan dentin geçirgenliği çalışmalarında, smear tabakası kaldırılmadan önce, 0,0015-0,0089  $\mu\text{l. cm}^{-2} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{cm H}_2\text{O}$  arasında geçirgenlik sonuçları bildirildiği gözlenmiştir (149,151,153,157). Çalışmamızda da, aynı diş grubunda asitleme öncesinde ölçülen ortalama  $L_p$  değeri  $0,00710 \pm 0,00146 \mu\text{l. cm}^{-2} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{cm H}_2\text{O}$  olup, bu aralık arasındadır.

Çalışmamızda, asitleme öncesinde florozis şiddetinin artmasıyla birlikte dentin geçirgenliğinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu gözlenmiştir. Yapılan bir çalışmada (171), dentin disklerine flor uygulanmış, uygulama öncesi ve sonrasında geçirgenlik ölçümleri yapılmıştır. Flor uygulamasının dentin geçirgenliğinde azalmaya neden olduğu, fakat farklılığın istatistiksel olarak anlamsız olduğu rapor edilmiştir. Dentin geçirgenliğindeki azalmaya neden olarak, kalsiyum florit ve kalsiyum fosfat kristallerinin dentin tübüllerine çökmesi gösterilmiştir. Florozisli diş dentininde de, benzer bir mekanizmanın geçirgenlikte azalmada etkili olabileceği düşünülebilir.

Literatür gözden geçirildiğinde, dentin dokusunda smear tabakasını kaldırmak için, farklı ajanların farklı sürelerde uygulandığı görülmektedir. Bu amaçla en çok kullanılan ajanlar arasında farklı konsantrasyonlarda (%32-37) fosforik asit (151,152,156,177-181,185,200-202,236), %50 sitrik asit (4,144,157,166,168,237), %6 sitrik asit (143,145,153,155,170,190,191, 235,238), farklı konsantrasyonlarda (0,1-1 M) EDTA (113,146,149,171,184) ve farklı konsantrasyonlarda (0,25-0,5 M) maleik asit (173) bulunmaktadır. Araştırmalarda, bu ajanların uygulama süreleri de farklılıklar sergilemektedir.

Örneğin; %37 fosforik asit 10 s (181), 15 s (201), 30 s (177) ve 120 s (156) gibi farklı sürelerde smear tabakasını ortadan kaldırmak amacıyla dentin disklerine uygulanmıştır. Yapılan bu çalışmalarda, fosforik asitin smear tabakasını kaldırmada diğer ajanlara göre daha başarılı olduğu ve smear tabakasını tam olarak kaldırdığı rapor edilmiştir. Fosforik asitin dentinin yapısı ve geçirgenliği üzerindeki tehlikeli etkileri nedeniyle, düşük konsantrasyonlarda ve kısa süreli uygulamalarının bu etkileri en aza indireceği ve adezyon reaksiyonlarını sağlayacağı önerilmiştir (226). Bu nedenle çalışmamızda, dentin disklerinin smear tabakasının kaldırılmasında, % 34,5'lik fosforik asitin 15 s'lik uygulaması tercih edilmiştir. Smear tabakasını kaldırmak için bu ajanın seçilmesinde diğer bir etken de, klinik uygulamalara paralellik sağlanma isteğidir.

Uygulanan ajanın tipine ve uygulama süresine bağlı olarak, dentin geçirgenliğinde smear tabakasının kaldırılmasından sonra rapor edilen artış miktarı, çalışmalar arasında farklılıklar sergilemektedir. Sitrik asit kullanılan çalışmalarda, diğer asitlerin kullanıldığı çalışmalara göre, dentin geçirgenliğinde daha fazla artış rapor edilmektedir. Daimi dişlerde dentinin geçirgenliğinin, %50 sitrik asitin 120 s kullanımından sonra 32 kat (158,238) ve %6 sitrik asitin aynı süre kullanımından sonra 20 kat (238) oranında arttığı bildirilirken, %37 fosforik asitin 20 s'lik uygulamasında 2,7 kat artış olduğu (236) ve 0,5 M maleik asitin 30 s'lik uygulamasında da 5 kat artış olduğu (173) bildirilmiştir.

Çalışmamızda % 34,5 fosforik asit 15 s uygulandıktan sonra dentin geçirgenliğinde, florozisi olmayan daimi dişlerde 7,12 kat, florozisi olmayan süt dişlerinde ise 2,86 kat artış olduğu gözlenmiştir. Koutsi ve ark. (113) smear tabakasını kaldırmak için 0,5M EDTA solüsyonunu 2 dk uygulamış ve çalışmamıza paralel olarak dentin geçirgenliğinin daimi dişlerde süt dişlerine göre daha fazla arttığını rapor etmişlerdir. Fakat artış oranları bizim çalışmamızdakilerden yüksektir. Dentin geçirgenliği, bir çok faktör (dentin kesit kalınlığı, açık dentin yüzey alanının büyüklüğü, sistemde uygulanan hidrostatik basınç miktarı, diş tipi, diş yaşı vs) tarafından etkilenebildiği için, bu faktörlerin farklılığı çalışmalarda elde edilen sonuçları da etkilemektedir.

Smear tabakasını kaldırmak için çalışmamızda klinik uygulamalara paralel bir şekilde %34.5'lik fosforik asit kullanılmasına karşın, Kahvecioğlu (235) ise 2 dk'lık %6 sitrik asit uygulamasını tercih etmiştir. Fakat bu çalışmada smear tabakasını kaldırmadan önce herhangi bir hidrolik iletim ölçümü yapılmadığı için, smear tabakasının kaldırılmasından sonra ne kadar bir geçirgenlik artışı olduğu bildirilmemiştir.

Asitle pürüzlendirme ile smear tabakasının mineral bileşeni birkaç saniyede çözülebilmekte ve bu, asitin  $PK_a$  değerine, pH'sına, kimyasal konsantrasyonuna ve viskozitesine bağlı olarak değişmektedir. Asitin pH'sı azaldıkça pürüzlendirme oranı artmaktadır (218). Bir asitin gücünü, asit çözünme sabiti ( $pK_a$ ) değeri belirlemektedir.  $pK_a$  değeri küçük olan asit, kuvvetli olarak çözünür, kuvvetli asittir. Dentinde smear tabakasını kaldırmak için kullanılan zayıf asitler farklı  $pK_a$  değerlerine sahiptir. Yukarıda bahsedilen zayıf asitler  $pK_a$  değerlerine göre, zayıftan kuvvetliye doğru, sitrik asit ( $pK_a=3.1$ ), fosforik asit ( $pK_a=2.1$ ) ve maleik asit ( $pK_a=1.8$ ) şeklinde sıralanabilirler (239,240). Sitrik asit, smear tabakasının kaldırılmasında kullanılan zayıf asitler arasında en zayıf olanıdır. Buna rağmen sitrik asit kullanılan çalışmalarda (157,237,238), diğer asitlerin kullanıldığı çalışmalara göre dentin geçirgenliğinde daha fazla artış olduğu bildirilmektedir. Bu, sitrik asitin diğer asitlerden farklı olarak, uygulandığı dişte bileşikler oluşturmasıyla açıklanabilir (241).

Marshall ve ark. (242) yaptıkları *in vitro* çalışmada, farklı konsantrasyonda ve pH'da fosforik asit ve sitrik asitin dentin dokusunu pürüzlendirme etkilerini karşılaştırmış ve sitrik asitin aynı pH'da fosforik asite göre daha hızlı ve daha etkili pürüzlendirme yaptığını bildirmişlerdir. Bunun nedenini ise sitrik asitin, hidroksiapatitle karşılaştığında basit çözünmenin yanısıra kalsiyum sitrat bileşikleri oluşturmasına ve oluşan kalsiyum sitrat kristallerinin sitrik asitle pürüzlendirilmiş diş yüzeyine yavaşça çökmesine bağlamışlardır.

Goes ve ark. (243) ise, fosforik asit ve maleik asit uygulamalarının mine ve dentin üzerindeki mikromorfolojik etkilerini karşılaştırmış, fosforik asitin smear tabakasını kaldırdığını ve bu uygulama ile dentin tübüllerinin



ağızlarının açıldığını, maleik asit uygulanan dentinde ise smear tabakasının artıklarının kaldığını rapor etmişlerdir.

Asit dentine uygulandığında, kollajen ağı açığa çıkaracak şekilde dentinin mineral bileşeni kısmen ortadan kaldırılmaktadır. Güçlü asitlerin uzun süreli uygulanmasıyla, smear tabakası ve smear tıkaçlarının tamamen kaldırıldığı, peritübüler ve intertübüler dentinin aşırı demineralizasyonunun olduğu bildirilmektedir (244). Bu durumda hidrofilik primer, kollajen fibril ağını orijinal seviyeye kadar onaramamakta ve sonuçta bağlanma gücü tehlikeye girmektedir. Diğer taraftan, mineralizasyonu bozulmuş alan çok aşırı derin olduğunda, primer ve adeziv rezinin tüm açığa çıkmış lifler boyunca akamaması ve onları tam olarak kapatamaması sonucunda, hibrit tabakasının altında daha güçsüz olan bir mineralizasyonu bozuk alan kalmaktadır. Hibrit tabakasının tabanındaki bu alan tam olarak adezivle doldurulmadığında, mikrosızıntının oluşabileceği bir yol haline gelebilmektedir (218). Bu gerçeklere dayanarak, etkili bağlanmada dentinin hazırlanma safhasının çok önemli olduğu söylenebilir. Asidik solüsyonun uygulama süresi, konsantrasyonu ve kompozisyonu dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir. Çalışmamızda daha hızlı, etkili pürüzlendirme yaptığı ve daha eroziv olduğu bildirilen, klinik uygulamalarda kullanmayı tercih etmediğimiz sitrik asit bu nedenle kullanılmamıştır.

Kavitenin hazırlanmasında kullanılan farklı aletler farklı smear tabakaları oluşturmaktadır (203). Çalışmamızda olduğu gibi, dentinin elmas bıçakla kesilmesi ve SiC kağıt aşındırma diskleri ile standart smear tabakası oluşturulması, klinik olarak elde edilen yüzeyi sergilemiyor olabilir. Ayrıca, *in vitro* dentin geçirgenliği çalışmalarında (145,151-153,181,184,185,187, 194,202) genellikle dentin diskinin her iki yüzeyi de asitle pürüzlendirilmektedir. Çalışmamızda da asitin her iki yüze de uygulanmış olması asitin pürüzlendirme etkisini artırmış olabilir. Klinik uygulamalarda ise dentin tek taraflı olarak asitle pürüzlendirilmektedir. *In vivo* dentin geçirgenliği çalışmalarının insanlar üzerinde yapılmasının mümkün olmaması nedeniyle, *in vitro* çalışmalardaki değişik ortam ve uygulamaların gerçeği tam olarak yansıtması beklenemez.

Florozisi olmayan süt ve daimi dişlerde asitleme sonrası gözlediğimiz dentin geçirgenliği artışının, süt dişlerinde daimi dişlere göre daha az olması süt ve daimi dişler arasındaki kimyasal, fizyolojik ve mikromorfolojik farklılıklara bağlı olabilir. Süt dişlerinde dentin dokusunda peritübüler dentinin daimi dişlere göre 2-5 kat daha kalın olması sonucu süt dişlerinde dentin tübülleri daha küçük çaplıdır. Süt ve daimi dişlerin asitle pürüzlendirme yöntemiyle smear tabakasının kaldırılmasına verdikleri değişik reaksiyonlar aralarındaki bu farklılıklarla açıklanabilir.

Ayrıca çalışmamızda, hem daimi diş hem süt dişi gruplarında, florozisli dişlerde asitleme sonrasında hidrolik iletim değerlerinde gözlenen artış oranının florozisin şiddetinin artmasıyla beraber azaldığı, fakat bu azalmanın istatistiksel olarak anlamsız olduğu gözlenmiştir. Süt dişlerinde yada daimi dişlerde, florozisli dentinde smear tabakasının asitle pürüzlendirme yöntemiyle kaldırılmasıyla ve bunun florozisli dentindeki etkileriyle ilgili çalışma mevcut değildir. Aynı zamanda, ulaşılabilir kaynaklarda, florozisli daimi dişlerde yada süt dişlerinde dentin geçirgenliğinin belirlenmesiyle ilgili bir çalışmaya da rastlanmadığından veriler karşılaştırılamamıştır. Bu yönden çalışmamız bu konuda yapılan ilk çalışma olup, literatüre yeni bilgiler eklemeyi hedeflemektedir.

Florozisli dişler üzerinde yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğu mine dokusunu kapsamaktadır. Mine dokusunda, hipermineralize yüzey tabakasındaki fluoroapatit bulunması nedeniyle, bu dişlerin sağlıklı dişlerdeki hidroksi apatite göre asit çözünmesine karşı daha dirençli olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle florozisli minenin asitle pürüzlendirme süresinin florozisin şiddetinin artmasıyla birlikte artırılması önerilmektedir. Hafif florozisli dişlerde sağlıklı dişlerle aynı süre asitlemenin yeterli olacağı, fakat florozisin şiddetinin artmasıyla birlikte, orta dereceli floroziste sürenin iki katına çıkarılması gerektiği, şiddetli florozisli dişlerde ise ya bu hipermineralize tabaka kaldırıldıktan sonra asitleme yapılması gerektiği yada asitleme süresinin 60-90 s'ye kadar uzatılması gerektiği bildirilmiştir (245). Ulaşılabilen kaynaklarda florozisli diş dentininde asitle pürüzlendirmenin etkileri ve süresi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Fakat

dentinde de florozisin şiddetinin artmasıyla beraber gözlenen değişiklikler sonucu, asitle pürüzlendirme işlemine mine dokusundakine benzer reaksiyon gözleniyor olabilir. Bu konuda daha çok çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır.

Florun dentin mineralizasyonu, diş kalitesi ve dentin tübül sayısı üzerine olan etkilerinin çalışıldığı bir dizi araştırmada (49-52), mine flor içeriği ile dentin flor içeriği, TFI skoru, dentin tübül çapı, dentin tübül yoğunluğu arasında herhangi bir korelasyon bulunmazken, dentin flor içeriği ile TFI skoru, dentin tübül çapı, dentin tübül yoğunluğu arasında anlamlı pozitif korelasyon gözlemlendiği bildirilmiştir. Birbirinin devamı olan bu çalışmalarda, TFI skoru 0-4 arasında olan, ortalama 1,1 TFI skoruna sahip sürmemiş, kök gelişimini tamamlamış yada tamamlamak üzere olan daimi 3. azı dişlerinde tübül çapı ortalama 2,08 µm, tübül yoğunluğu ise ortalama 58.000 tübül/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Ayrıca 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 azalttığı rapor edilmiştir. Bu sonuçlar bizim çalışma sonuçlarımızın aksi yönündedir. Florozis şiddetinin artmasıyla birlikte rapor edilen bu tübül çapı artışının, dentin geçirgenliğinde de artışa neden olması beklenirdi. Çünkü tübül çapı ile hidrolik iletim doğru orantılı olarak artmaktadır. Bunun aksine, çalışmamızda florozis şiddetinin artmasıyla birlikte hem daimi dişlerde, hem de süt dişlerinde dentin geçirgenliğinin azaldığı gözlenmiştir. Bunun nedeni, bu araştırmacıların çalışmalarında kullandıkları çekilmiş daimi 3. azı dişlerinin, 0,2-1 ppm su flor seviyesine sahip olan yerleşim bölgelerinde oturan hastalardan elde edilmiş oldukları için ortalama TFI skorlarının 1,1 olması olabilir. Bu çalışmaya sadece hafif florozisli dişler dahil edilmiş olup, orta dereceli ve şiddetli florozisli dişler değerlendirilmemiştir. Çalışmamızda, bu araştırmacıların çalışma grubunun karşılığı olan hafif florozis grubu ile sağlıklı diş grubu arasında dentin geçirgenliği açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Fakat, florozis şiddetinin artmasıyla beraber dentin geçirgenliği açısından dişler arasında anlamlı bir farklılığın oluştuğu gözlenmiştir.

Su flor seviyesi, dental florozis ve çürük sayısı arasındaki ilişkinin araştırıldığı çalışmalarda (246-258), su flor seviyesinin artmasıyla dental florozisin şiddetinin arttığı (246-258), dental florozis ile çürük sayısı arasında ise negatif bir ilişki olduğu (246-254) rapor edilmiştir. Dişlerde florozis derecesinin artmasıyla birlikte çürük sayısı azalmaktadır. Bunun yanı sıra az sayıda olmakla beraber, dental florozisle çürük arasında herhangi bir anlamlı ilişki olmadığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (255-258). Teotia ve Teotia (13), flor olmadan diyetle kalsiyum alımının artmasının çocuklarda çürük sayısının azalmasında etkili olduğunu, diş çürüğünün özellikle yüksek flor ve düşük kalsiyum alımının ve bu ikisinin etkileşimlerinin sonucu oluştuğunu rapor etmiştir. Diş çürüğü, bir çok etkenin birbirleriyle etkileşimi sonucu oluşan bir çok faktöre bağlı enfeksiyöz bir hastalıktır. Bu faktörler, çürük-flor ilişkisi hakkında yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar bildirilmesini açıklamada yardımcı olabilir.

Florun, sağlıklı diş minesindeki apatit kristallerini çürüğe karşı dirençli hale getirdiği gibi, çürük başlangıcı döneminde de diş minesini remineralize ederek çürük oluşumunu durdurduğu yada geciktirdiği bilinmektedir. Flor açığa çıkmış dentin dokusu üzerine uygulandığında, asitlere dirençli apatit kristalleri oluşturarak remineralizasyon yoluyla dentin çürüğünün ilerlemesini yavaşlatıcı etkiler göstermektedir. Ayrıca flor sayesinde dentin kanallarının kalsiyum fosfatla tıkanması hızlı olmakta ve tübülleri tıkayan oktakalsiyumfosfatlar hidroksiapatite dönüşmektedir. Flor iyonunun kristal yapısına katılmasıyla, bu kristallerin asitler karşısında çözünürlüğü daha da azalmaktadır. Florun dentin üzerindeki diğer bir etkisi de, açık dentine uygulandığında odontoblastlar üzerinde dentin yapımını hızlandırıcı etki yapmasıdır. Flor sağlıklı ve çürük dentine uygulandığında bu yararlı etkileri sayesinde, dentin çürüğünün ilerlemesini durdurabildiği gibi pulpayı da muhtemel iritanlardan ve oluşabilecek komplikasyonlardan korumaktadır (6). Çalışmamızda gözlenen florozis şiddetinin artmasıyla beraber dentin geçirgenliğinin hem süt dişlerinde hem de daimi dişlerde azalması bulgusu, florun çürük ilerlemesinde gösterdiği geçirgenliği azaltma ve çürük ilerlemesini yavaşlatma yada durdurma etkisine benzer bir mekanizma

sayesinde oluşuyor olabilir. Bu konuda yapılacak çalışmalar sayesinde muhtemel mekanizmalar daha iyi anlaşılacaktır.

Sonuç olarak, dentin geçirgenliğinin florozisli dişlerde az olması pulpanın korunması açısından olumlu bir özellik olarak düşünülebilir. Estetik problemlere yol açmayacak ve dentin geçirgenliğinde azalmaya neden olacak, alınması gereken uygun flor dozu yapılacak çalışmalar sonucunda belirlenmelidir. Çalışma alanımız olan derin dentinde dentin tübülleri daha çok sayıda olduğu için, tübüllerin tıkaçlanması ve rezinin dentine bağlanmasında güçlükler yaşanmaktadır. Ayrıca dişleri restore etmede kullandığımız materyallerin pulpa üzerine olan sitotoksik etkileri de bilinmektedir. Dentin geçirgenliğinin az olması, restoratif materyallerin sitotoksik etkilerini sınırlayarak pulpayı muhtemel komplikasyonlardan koruyabilir. Özellikle süt dişlerinde kavite sığ ve restore edilecek diş kütlesi daimi dişlere göre daha küçük olduğu için, restorasyon sırasında yaşanan güçlüklerin, dentin geçirgenliğinin az olduğu bu dişlerde daha az sayıda restoratif materyal kullanılarak çözülebileceği ve hastalarımız çocuk oldukları için bu özelliğin, dolgu yapma süresinin kısılmasını sağlayarak, hem hasta hem de hekim açısından olumlu sonuçlar elde edilmesini sağlayabileceği düşünülebilir. Bununla birlikte, dentinin yapısına giren florun 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.

Literatür gözden geçirildiğinde, bu konudaki bilgi eksikliği ve daha çok çalışma yapılma gerekliliği dikkat çekmektedir.

## ÖZET

### Florozisli ve Sağlıklı Süt ve Daimi Dişlerde Flor Miktarının ve Dentin Geçirgenliğinin *in vitro* Karşılaştırılması

Isparta Türkiye'deki endemik florozis bölgelerinden biridir, bölgede halen çocukların dişlerinde farklı seviyelerde florozis görülmektedir. Bu hastalarda materyallerin dişe bağlanması ve pulpa cevabı konusunda problemler yaşanmaktadır. Geçirgen, heterojen bir mineralize doku olan dentinin geçirgenliğinin daha hassas ve güvenilir bir şekilde ölçülebilmesi için, klasik yöntemlere göre daha hassas ölçüm yapabilen elektronik hidrolik iletim ölçüm sistemlerinin arayışı ve bu konudaki çalışmalar devam etmektedir. Ulaşılabilir kaynaklarda, florozisli dişlerde materyallerin dişe bağlanması ve bu dişlerin dentin geçirgenliğinin belirlenmesiyle ilgili çalışmaya rastlanamamıştır.

Çalışmamızın amacı, florozisli süt ve daimi dişlerde dentinin içerdiği flor miktarının belirlenmesi, dentin geçirgenliğinin Elektronik Fotosensörlü Hidrolik İletim Ölçüm Sistemi yardımıyla hassas bir şekilde ölçülmesi ve elde edilen verilerin sağlıklı dişlerle karşılaştırılmasıdır. Ayrıca, süt ve daimi dişler arasındaki flor miktarı ve dentin geçirgenliği ile ilgili farklılıkların karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmada çekim endikasyonu konulmuş, çürük, restorasyon, kırık, çatlak içermeyen, florozisli ve sağlıklı 28 adet kök gelişimini tamamlamış daimi küçük azı ve 28 adet, kök rezorpsiyonu 1/3'ü geçmemiş süt 2. azı dişinin pulpa üzerindeki derin dentin dokularında flor seçici elektrod yardımıyla flor analizi yapılmıştır. Ayrıca aynı seçim kriterlerini sağlayan 40 daimi küçük azı ve 40 süt 2. azı dişinin, Elektronik Fotosensörlü Hidrolik İletim Ölçüm Sistemi yardımıyla dentin geçirgenlikleri ölçülmüştür. Dişler florozis şiddetine göre, modifiye edilmiş Thylstrup-Fejerskov'un Dental Florozis İndeksi yardımıyla gruplandırılmıştır. Dişlerden elde edilen dentin disklerinden sabit basınç altında, dakikada geçen sıvı miktarı smear tabakası kaldırılmadan ve kaldırıldıktan sonra ölçülmüş ve flor analizi yapılan dişlerden elde edilen verilerle birlikte istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Sonuç olarak florozis derecesinin artmasıyla birlikte hem süt hem daimi dişlerde okluzal dentin dokusunun flor içeriğinin arttığı ve dentin geçirgenliğinin azaldığı gözlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Daimi dişler, dental florozis, dentin geçirgenliği, elektronik fotosensörlü hidrolik iletim ölçüm sistemi, flor analizi, süt dişleri.

## **SUMMARY**

### ***In vitro* Evaluation of Fluoride Content and Dentin Permeability of Primary and Permanent Teeth with Fluorosis**

Isparta is one of the endemic fluorosis areas in Turkey and dental fluorosis with different severities can still be observed in children's teeth. There are problems in bonding of the materials to these teeth and pulp response to the materials. There are researches on electronic hydraulic conductance measurement systems which can give more precise and reliable results of permeability of dentine -a heterogen mineralized tissue- than the classical system. To the authors' knowledge, there are no studies on bonding properties of restoratives to fluorotic teeth and dentine permeability of those teeth in the literature.

The aims of this *in vitro* study was to determine the fluoride content of deep dentin just over the pulp tissue, to measure the permeability of dentine of fluorotic primary and permanent teeth precisely by Electronic Hydraulic Conductance Measurement System with Photosensors, and to compare the data with healthy teeth.

A total of 28 fluorotic and healthy permanent premolar teeth with complete root formation and 28 fluorotic and healthy primary 2<sup>nd</sup> molar teeth with 1/3 root resorption, which were extracted for orthodontic purpose and with no caries, restoration, fracture or crack were selected and used in this study. Forty fluorotic and healthy permanent premolar and 40 fluorotic and healthy primary 2<sup>nd</sup> molar teeth with the same inclusion criteria were used for dentin permeability measurements. Teeth were classified according to the modified form of Dental Fluorosis Index of Thylstrup&Fejerskov. Dentine discs were placed in the Electronic Hydraulic Conductance Measurement System with Photosensors designed for the measurement of dentine permeability. The amount of distilled water passed through each dentin disk in a minute under a constant pressure was determined. Fluoride content and dentin permeability data of the fluorotic and healthy teeth were recorded and analyzed statistically.

It was observed that fluoride content of occlusal dentin increases and dentine permeability decreases, while dental fluorosis severity increases both in permanent and primary teeth.

**Key words:** Dental fluorosis, dentine permeability, electronic hydraulic conductance measurement system, fluoride analyse, permanent teeth, primary teeth.

## KAYNAKLAR

1. Jackson RD, Brizendine EJ, Kelly SA, Hinesley R, Stookey GK, Dunipace AJ. The fluoride content of foods and beverages from negligibly and optimally fluoridated communities. *Commun Dent Oral Epidemiol* 2002;30(5):382-91.
2. Paiva SM, Lima YBO, Cury JA. Fluoride intake by Brazilian children from two communities with fluoridated water. *Commun Dent Oral Epidemiol* 2003 Jun;31(3):184-91.
3. Kırzioğlu Z, Özay Ertürk MS, Karayılmaz H, Orhan H. Effects of dental fluorosis and salivary contamination on microleakage of four different restorative materials in primary molars. *Fluoride* 2006;39(3):220-7.
4. Pashley DH, Livingstone MJ, Greenhill JD. Regional resistance to fluid flow in human dentine *in vitro*. *Arch Oral Biol* 1978;23(9):807-10.
5. Akyüz S. Dünden bugüne flor. İstanbul: Cem Ofset, 1997;9-20.
6. Fejerskov O, Ekstrand J, Burt BA. Fluoride in dentistry. Copenhagen: Munksgaard, 1996;69-152.
7. Martinez-Mier EA, Soto-Rojas AE, Ureria-Cirett JL, Stookey GK, Dunipace AJ. Fluoride intake from foods, beverages and dentifrice by children in Mexico. *Commun Dent Oral Epidemiol* 2003;31(3):221-30.
8. Malde MK, Zerihun L, Julshamn K, Bjorvatn K. Fluoride intake in children living in a high-fluoride area in Ethiopia- intake through beverages. *Int J Paediatr Dent* 2003;13(1):27-34.
9. Rahul P, Hedge AM, Munshi AK. Estimation of the fluoride concentrations in human breast milk, cow's milk and infant formulae. *J Clin Pediatr Dent* 2003;27(3):257-60.
10. Buzalaf MA, Granjeiro JM, Damante CA, de Ornelas F. Fluoride content of infant formulas prepared with deionized, bottled mineral and fluoridated drinking water. *ASDC J Dent Child* 2001;68(1):37-41.
11. Mellberg JR, Ripa LW, Leske GS. Fluoride in preventive dentistry theory and clinical applications. U.S.A.: Quintessence Publishing Co., Inc., 1983;81-102.
12. Tsuchida M, Yanagisawa F. Effects of fluoride on rabbits fed low calcium diet. *Fluoride* 1985;18(1):41-6.
13. Teotia SPS, Teotia M. Dental caries: a disorder of high fluoride and low dietary calcium interactions (30 years of personal research). *Fluoride* 1994;27(2):59-66.
14. 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.
15. Ishiguro K, Nakagaki H, Takeuchi K, Mukai M, Yoshioka I, Miyauchi K, Robinson C, Weatherell JA. Distribution of fluoride in the dental tissues and their supporting mandibular bone from the same individual. *Arch Oral Biol* 1994;39(69):535-37.
16. Nakagaki H, Koyama Y, Sakakibara Y, Weatherell JA, Robinson C. Distribution of fluoride across human dental enamel, dentine and cementum. *Arch Oral Biol* 1987;32(9):651-4.
17. Elliott CG, Smith MD. Dietary fluoride related to fluoride content of teeth. *J Dent Res* 1960;39(1):93-8.
18. Singer L, Armstrong WD. Relation between the fluoride contents of rat calcified tissues. *J Dent Res* 1969;48(5):947-50.
19. Sugimoto M. Distributions of fluoride and magnesium in the human dentin as revealed by electron microprobe. *Jap J Oral Biol* 1981;23(2):790-808.



20. Hargreaves KM, Goodis HE. Seltzer and Bender's Dental Pulp. China: Quintessence Publishing Co., Inc., 2002;63-93.
21. Mjör IA. Pulp-dentin biology in restorative dentistry. China: Quintessence Publishing Co., Inc., 2002;1-37.
22. Marshall Jr GW, Marshall SJ, Kinney JH, Ballooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent* 1997;25(6):441-58.
23. Weatherell JA, Hargreaves JA. Effect of resorption on the fluoride content of human deciduous dentine. *Arch Oral Biol* 1966;11(8):749-56.
24. Birghila S, Dobrinas S, Popescu V, Matei N, Soceanu A. Determination of fluoride in teeth with a fluoride ion-selective electrode. *Adnan Menderes University 4th Agean Analytic Chemistry Days (AACD) Congress Proceedings Book* 2004:284-6.
25. Foreman PC, Soames JV. Comparative study of the composition of primary and secondary dentine. *Caries Res* 1989;23(1):1-4.
26. Takeuchi K, Nakagaki H, Toyama Y, Kimata N, Ito F, Robinson C, Weatherell JA, Stosser L, Kunzel W. Fluoride concentrations and distribution in premolars of children from low and optimal fluoride areas. *Caries Res* 1996;30(1):76-82.
27. Arends J, van der Zee Y. Fluoride uptake in bovine enamel and dentin from a fluoride releasing light curing composite. *Quintessence Int* 1990;21(7):541-544.
28. Meryon SD, Jakeman KJ. Uptake of zinc and fluoride by several dentin components. *J Biomed Mater Res* 1987 Jan;21(1):127-35.
29. Attin T, Schaller HG, Hellwig E. Fluoride uptake in dentin with and without simulating dentinal fluid flow. *Clin Oral Invest* 1997;1(3):125-30.
30. 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 or non-vital pulps. *Arch Oral Biol* 1994;39(3):191-6.
31. 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. *Arch Oral Biol* 2003;48(5):369-76.
32. Weatherell JA, Robinson C, Strong M, Nakagaki H. Micro-sampling by abrasion. *Caries Res* 1985;19(2):97-102.
33. 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. *Arch Oral Biol* 1996;41(12):1169-78.
34. Speirs RL. The relationship between fluoride concentrations in serum and in mineralized tissues in the rat. *Arch Oral Biol* 1986;31(6):373-81.
35. Sapov K, Gedalia I, Grobler S, Lewinstein I, Roman I, Shapira L, Hirschfeld Z, Teotia S. A laboratory assessment of enamel hypoplasia of teeth with varying severities of dental fluorosis. *J Oral Rehabil* 1999;26(8):672-7.
36. Hirose MN, Tange T, Igarashi S, Hirose Y, Nakagaki H. In vivo fluoride profiles at different sites of buccal and lingual enamel surfaces obtained by enamel biopsy of human maxillary first permanent molars in young adults. *Arch Oral Biol* 1996;41(12):1187-90.
37. Chow LC, Beaudreau GM, Brown WE. Enamel Fluoride profile construction from biopsy data. *Caries Res* 1985;19(2):103-12.
38. Grobler SR, Louw AJ. Enamel fluoride levels in deciduous and permanent teeth of children in high/ medium and low fluoride areas. *Arch Oral Biol* 1986;31(7):423-26.
39. Grobler SR, van Zyl JF, Stander I, Kotze TJ. Alkali-soluble and insoluble fluoride in erupted and unerupted human enamel from a high fluoride area with a low fluorosis score. *Arch Oral Biol* 1994;39(8):679-84.

40. Huang A, Nakagaki H, Tsuboi S, Ji H, Ohno N, Chen R, Nguyen TT, Kim JB. Fluoride profiles of perikymata in enamel surfaces of human premolars. *Arch Oral Biol* 1998;43(9):669-77.
41. Iijima Y, Katayama T. Fluoride concentration in deciduous enamel in high- and low-fluoride areas. *Caries Res* 1985;19(3):262-5.
42. Nakagaki H, Weatherell JA, Strong M, Robinson C. Distribution of fluoride in human cementum. *Arch Oral Biol* 1985;30(2):101-4.
43. Kato K, Nakagaki H, Weatherell JA, Robinson C. Distribution of fluoride in the cementum of human deciduous canines. *Caries Res* 1991;25(6):406-9.
44. Prostack KS, Seifert P, Skobe Z. Serum fluoride level and fluoride content of enameloid. *J Dent Res* 1991 Sep;70(9):1266-71.
45. Richards A, Likimani S, Baelum V, Fejerskov O. Fluoride concentrations in unerupted fluorotic enamel. *Caries Res* 1992;26(5):328-332.
46. Leblebicioğlu A, Eronat N. Topikal flor uygulamasından sonra minenin yapısına giren florun tayini (*in vitro* çalışma). *Ege Diş Hek Fak Der* 1991;12:33-6.
47. Vogel GL, Carey CM, Chow LC, Ekstrand J. Fluoride analysis in nanoliter- and microliter-size fluid samples. *J Dent Res* 1990;69: Spec No:522-8; discussion 556-7.
48. Ophaug R. Determination of fluorine in biological materials: reaction paper. *Adv Dent Res* 1994;8(1):87-91.
49. Vieira APGF, Hancock R, Dumitriu M, Limeback H, Grynpas MD. Fluoride's effect on human dentin ultrasound velocity (elastic modulus) and tubule size. *Eur J Oral Sci* 2006;114(1):83-8.
50. Vieira APGF, Hancock R, Eggertsson H, Everett ET, Grynpas MD. Tooth quality in dental fluorosis: genetic and environmental factors. *Calcif Tissue Int* 2005;76(1):17-25.
51. Vieira APGF, Hancock R, Dumitriu M, Schwartz M, Limeback H, Grynpas M. How does fluoride affect dentin microhardness and mineralization? *J Dent Res* 2005;84(10):951-7.
52. Vieira APGF, Mousny M, Maia R, Hancock R, Everett ET, Grynpas MD. Assessment of teeth as biomarkers for skeletal fluoride exposure. *Osteoporos Int* 2005;16(12):1576-82.
53. Derise NL, Ritchey SJ, Furr AK. Mineral composition of normal human enamel and dentin and the relation of composition to dental caries: I. Macrominerals and composition of methods of analyses. *J Dent Res* 1974;53(4):847-52.
54. Cutress TW, Coote GE, Shu M, Pearce EI. Fluoride content of enamel and dentin of human premolars prior to and following the introduction of fluoridation in New Zealand. *Caries Res* 1996;30(3):204-12.
55. Angmar-Mansson B, Lindh U, Whitford GM. Enamel and dentin fluoride levels and fluorosis following single fluoride doses: a nuclear microprobe study. *Caries Res* 1990;24(4):258-62.
56. Giambro NJ, Prostack K, Den Besten PK. Characterization of fluorosed human enamel by color reflectance, ultrastructure and elemental composition. *Caries Res* 1995;29(4):251-7.
57. Anderson P, Elliott JC, Bose U, Jones SJ. A comparison of the mineral content of enamel and dentin in human premolars and enamel pearls measured by x-ray microtomography. *Arch Oral Biol* 1996;41(3):281-90.
58. Venkateswarlu P. Evaluation of analytical methods for fluorine in biological and related materials. *J Dent Res* 1990;69(Spec Iss):514-21.
59. Venkateswarlu P. Determination of fluorine in biological materials: a review. *Adv Dent Res* 1994;8(1):80-6.

60. Hietala EL, Larmas MA. Mineral content of different areas of human dentin in hypophosphataemic vitamin D-resistant rickets. *J Biol Buccale* 1991;19(2):129-34.
61. National Research Council, Commission on Life Sciences. Health effects of ingested fluoride. Washington D.C.: National Academy Press, 1993;19-49.
62. Fejerskov O, Manji F, Baelum V. The nature and mechanism of dental fluorosis in man. *J Dent Res* 1990;69Spec No:692-700;discussion 721.
63. Cutress TW, Suckling GW. Differential diagnosis of dental fluorosis. *J Dent Res* 1990;69Spec No:714-20;discussion 721.
64. Den Besten PK. Mechanism and timing of fluoride effects on developing enamel. *J Public Health Dent* 1999;59(4):247-51.
65. Warren JJ, Kanellis MJ, Levy SM. Fluorosis of the primary dentition: What does it mean for permanent teeth? *JADA* 1999;130(3):347-56.
66. Ten Cate AR. Oral Histology Development, Structure and Function. 4th edition, St. Louis: Mosby Year Book, 1994;169-217.
67. Thylstrup A. Distribution of dental fluorosis in the primary dentition. *Commun Dent Oral Epidemiol* 1978;6(6):329-37.
68. Gedalia I, Shapira L. Effect of prenatal and postnatal fluoride on the human deciduous dentition. A literature review. *Adv Dent Res* 1989;3(2):168-76.
69. Evans RW. An epidemiological assessment of the chronological distribution of dental fluorosis in human maxillary central incisors. *J Dent Res* 1993;72(5):883-90.
70. Full CA, Parkins FM. Effect of cooking vessel composition on fluoride. *J Dent Res* 1975;54(1):192.
71. Güler Ç, Çobanoğlu Z. Su Kalitesi. *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi* 1997;43:78-9.
72. Kır E. Isparta ili içme suyu kaynaklarında nitrat, fosfat ve florür dağılımının araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı 1996;16-28.
73. Usmen E, Altay N, Ölmez S, Ataç A, Batırbaygil Y. Türkiye genelinde sulardaki flor seviyeleri. *TDBD* 1997;39:42-3.
74. 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;185.
75. Dean HT. Classification of mottled enamel diagnosis. *JADA* 1934;21():1421-6.
76. Rozier RG. Epidemiologic indices for measuring the clinical manifestations of dental fluorosis: overview and critique. *Adv Dent Res* 1994;8(1):39-55.
77. Pereira AC, Moreira BW. Analysis of three dental fluorosis indexes used in epidemiologic trials. *Braz Dent J* 1999;10(1):1-6.
78. Thylstrup A, Fejerskov O. Clinical appearance of dental fluorosis in permanent teeth in relation to histological changes. *Commun Dent Oral Epidemiol* 1978;6(6):315-28.
79. Burger P, Cleaton-Jones P, du Plessis J, de Vries J. Comparison of two fluorosis indices in the primary dentition of Tswana children. *Commun Dent Oral Epidemiol* 1987;15(2):95-7.
80. Pendry DG. The fluorosis risk index: a method for investigating risk factors. *J Public Health Dent* 1990;50(5):291-8.
81. Layola-Rodriguez JP, Pozos-Guillen AJ, Hernandez-Guerrero JC, Hernandez-Sierra JE. Fluorosis in primary dentition in a region with endemic water fluoride. *Salud Publica Mex* 2000;42(3):194-200.
82. Thylstrup A, Fejerskov O. A scanning electron microscopic and microradiographic study of pits in fluorosed human enamel. *Scand J Dent Res* 1979;87(2):105-14.

83. Fejerskov O, Thylstrup A, Larsen MJ. Clinical and structural features and possible pathogenic mechanisms of dental fluorosis. *Scand J Dent Res* 1977;85(7):510-34.
84. Yanagisawa T, Takuma S, Tohda H, Fejerskov O, Fearnhead RW. High resolution electron microscopy of enamel crystals in caries of human dental fluorosis. *J Electron Microsc* 1989;38(6):441-8.
85. Arends J, Ruben JL, Christoffersen J, Jongebloed WL, Zuidgeest TG. Remineralization of human dentine *in vitro*. *Caries Res* 1990;24(6):432-5.
86. Meyer JL, Nancollas GH. Effect of stannous and fluoride ions on the rate of crystal growth of hydroxyapatite. *J Dent Res* 1972;51(5):1443-50.
87. Saito T, Toyooka H, Schuito I, Crenshaw MA. *In vitro* study of remineralization of dentin: effects of ions on mineral induction by decalcified dentin matrix. *Caries Res* 2003;37(6):445-9.
88. Larsen MJ, Kirkegaard E, Poulsen S, Fejerskov O. Enamel fluoride, dental fluorosis and dental caries among immigrants to and permanent residents of five Danish fluoride areas. *Caries Res* 1986;20(4):349-55.
89. 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):268-76.
90. Levy SM, Hillis SL, Warren JJ, Broffitt BA, Mahbulul Islam AKM, Wefel JS, Kanellis MJ. Primary tooth fluorosis and fluoride intake during the first year of life. *Commun Dent Oral Epidemiol* 2002;30(4):286-95.
91. Aoba T, Fejerskov O. Dental fluorosis: chemistry and biology. *Crit Rev Oral Biol Med* 2002;13(2):155-70.
92. Maciejewska I, Spodnik JH, Wojcik S, Domaradzka-Pytel B, Bereznowski Z. The dentin sialoprotein (DSP) expression in rat tooth germs following fluoride treatment: an immunohistochemical study. *Arch Oral Biol* 2006;51(3):252,61.
93. Smalley JW, Embery G. The influence of fluoride administration on the structure of proteoglycans in the developing rat incisor. *Biochem J* 1980;190(2):263-72.
94. Waddington RJ, Embery G, Hall RC. The influence of fluoride on proteoglycan structure using a rat odontoblast *in vitro* system. *Calcif Tissue Int* 1993;52(5):392-8.
95. Ermiş RB, Gökay N. Effect of fluorosis on dentine shear bond strength of a self-etching bonding system. *J Oral Rehabil* 2003;30(11):1090-4.
96. Fejerskov O, Larsen MJ, Richards A, Baelum V. Dental tissue effects of fluoride. *Adv Dent Res* 1994;8(1):15-31.
97. McCann HG, Bullock FA. The effect of fluoride ingestion on the composition and solubility of mineralized tissues of the rat. *J Dent* 1957;36(3):391-8.
98. Derise NL, Ritchey SJ, Furr AK. Mineral composition of normal human enamel and dentin and the relation of composition to dental caries. I. Macrominerals and comparison of methods of analyses. *J Dent Res* 1974;53(4):847-52.
99. Goldberg M, Septier D, Rapoport O, Iozzo RV, Young MF, Ameye LG. Targeted disruption of two small leucine-rich proteoglycans, biglycan and decorin, exerts divergent effects on enamel and dentin formation. *Calcif Tissue Int* 2005;77(5):297-310.
100. Milan AM, Waddington RJ, Embery G. Fluoride alters casein kinase II and alkaline phosphatase activity *in vitro* with potential implications for dentine mineralization. *Arch Oral Biol* 2001;46(4):343-51.
101. Milan AM, Waddington RJ, Smith PM, Embery G. Odontoblast transport of sulphate—the *in vitro* influence of fluoride. *Arch Oral Biol* 2003;48(5):377-87.
102. Hall RC, Embery G, Waddington RJ. Modification of the proteoglycans of rat incisor dentin-predentin during *in vivo* fluorosis. *Eur J Oral Sci* 1996;104(3):285-91.

103. Moseley R, Sloan AJ, Waddington RJ, Smith AJ, Hall RC, Embery G. The influence of fluoride on the cellular morphology and synthetic activity of the rat dentine-pulp complex *in vitro*. *Arch Oral Biol* 2003;48(1):39-46.
104. Manly RS, Hodge HC. Density and refractive index studies of dental hard tissues. *J Dent Res* 1939;18(2):133-41.
105. Johansen E. Microstructure of enamel and dentin. *J Dent Res* 1964;43(6):1007-20.
106. Nakajima M, Kitasako Y, Mamiko O, Foxton RM, Tagami J. Elemental distributions and microtensile bond strength of the adhesive interface to normal and caries-affected dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2005;15;72(2):268-75.
107. Mjör IA, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Arch Oral Biol* 1996;41(5):401-12.
108. Couve E. Ultrastructural changes during the life cycle of human odontoblasts. *Arch Oral Biol* 1986;31(10):643-51.
109. Walton RE, Outhwaite WC, Pashley DF. Magnification--an interesting optical property of dentin. *J Dent Res* 1976;55(4):639-42.
110. Özok AR, Wu MK, Ten Cate JM, Wesselink PR. Effect of dentinal fluid composition on dentin demineralization *in vitro*. *J Dent Res* 2003;83(11):849-53.
111. Tay FR, Kwong SM, Itthagarun A, King NM, Yip HK, Moulding KM, Pashley DH. Bonding of a self-etching primer to non-cariou cervical sclerotic dentin: interfacial ultrastructure and microtensile bond strength evaluation. *J Adhes Dent* 2000;2(1):9-28.
112. Ruschel HC, Chevitarese O. Density and diameter of dentinal tubules of first and second human primary molars-comparative scanning electron microscopy study. *J Clin Pediatr Dent* 2002;26(3):297-304.
113. Koutsi V, Noonan RG, Horner JA, Simpson MD, Matthews WG, Pashley DH. The effect of dentin depth on the permeability and ultrastructure of primary molars. *Pediatr Dent* 1994;16(1):29-35.
114. Garberoglio L, Brannström M. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol* 1976;21(6):355-62.
115. Fosse G, Saele PK, Eide R. Numerical density and distributional pattern of dentin tubules. *Acta Odontol Scand* 1992;50(4):201-10.
116. Schike R, Lisson JA, Baub O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Arch Oral Biol* 2000;45(5):355-61.
117. Kaga M, Hashimoto M, Oguchi H. Bond strength of dentinal adhesives in primary molars and premolars. *J Dent Res* 1997;76:188.
118. Burrow MF, Nopnakeepong U, Phrukkanon S. A comparison of microtensile bond strengths of several dentin bonding systems to primary and permanent dentin. *Dent Mater* 2002;18(3):239-45.
119. Tagami J, Hosoda H, Burrow MF, Nakajima M. Effect of aging and caries on dentin permeability. *Proc Finn Dent Soc* 1992;88(1):149-54.
120. Björndal L, Thylstrup A. A structural analysis of approximal enamel caries lesions and subjacent dentin reactions. *Eur J Oral Sci* 1995;103(1):25-31.
121. Mjör IA. Stainability of decalcified human coronal dentine. *Arch Oral Biol* 1966;11(12):1293-305.
122. Tronstad L. Optical and microradiographic appearance of intact and worn human coronal dentine. *Arch Oral Biol* 1972;17(5):847-58.
123. Roberts-Clark DJ, Smith AJ. Angiogenic growth factors in human dentine matrix. *Arch Oral Biol*. 2000;45(11):1013-6.

124. Magloire H, Joffre A, Bleicher F. An in vitro model of human dental pulp repair. *J Dent Res* 1996;75(12):1971-8.
125. Hirayama A, Yamada M, Miake K. Analytical electron microscobic studies on the dentinal tubules of human primary teeth. *J Dent Res* 1985;64:743.
126. 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. *Int Endod J* 1994;27(4):184-9.
127. Sumikawa DA, Marshall GW, Gee L, Marshall SJ. Microstructure of primary tooth dentin. *Pediatr Dent* 1999;21(7):439-44.
128. Angker L, Swain MV, Kilpatric N. Micro-mechanical characterization of the properties of primary tooth dentine. *J Dent* 2003;31(4):261-7.
129. Hosoya Y, Kawashita Y, Yoshida M, Suefuji C, Marshall Jr GW. Fluoridated light-activated bonding resin adhesion to enamel and dentin: primary vs. permanent. *Pediatr Dent* 2000;22(2):101-6.
130. Agostini FG, Kaaden C, Powers JM. Bond strength of self-etching primers to enamel and dentin of primary teeth. *Pediatr Dent* 2001;23(6):481-6.
131. Rontani RMP, Ducatti CH, Garcia-Godoy F, De Goes MF. Effect of etching agent on dentinal adhesive interface in primary teeth. *J Clin Pediatr Dent* 2000;24(3):205-9.
132. Salama FS, Tao L. Comparison of gluma bond strength to primary vs. permanent teeth. *Pediatr Dent* 1991;13(3):163-6.
133. Bordin-Aykroyd S, Sefton J, Davies EH. *In vitro* bond strengths of the current dentine adhesives to primary and permanent teeth. *Dent Mater* 1992;8(2):74-8.
134. Fagan T, Crall J, Jensen M, Chalkley Y, Clarkson B. A comparison of two bonding agents in primary and permanent teeth. *Pediatr Dent* 1986;8(3):144-6.
135. Nör J, Feigal R, Dennison J, Edwards C. Dentin bonding: SEM comparison of the resin-dentin interface in primary and permanent teeth. *J Dent Res* 1996;75(6):1396-403.
136. Ölmez A, Öztaş N, Başak F, Erdal S. Comparison of the resin-dentin interface in primary and permanent teeth. *J Clin Pediatr Dent* 1998;22(4):293-8.
137. Ghazali FBC. Permeability of dentin. *Malaysian J Med Sci* 2003;10(1):27-36.
138. Vongsavan N, Matthews B. Fluid flow through cat dentine *in vivo*. *Arch Oral Biol* 1992;37(3):175-85.
139. Vongsavan N, Matthews B. The permeability of cat dentine *in vivo* and *in vitro*. *Arch Oral Biol* 1991;36(9):641-6.
140. Vongsavan N, Matthews RW, Matthews B. The permeability of human dentine *in vitro* and *in vivo*. *Arch Oral Biol* 2000;45(11):931-5.
141. Pashley DH, Matthews WG, Zhang Y, Johnson M. Fluid shifts across human dentine *in vitro* in response to hydrodynamic stimuli. *Arch Oral Biol* 1996;41(11):1065-72.
142. Pashley DH, Matthews WG. The effects of outward forced convective flow on inward diffusion in human dentin *in vitro*. *Arch Oral Biol* 1993;38(7):577-82.
143. Pashley DH, Andringa HJ, Derkson GD, Derkson ME, Kalathoor SR. Regional variability in the permeability of human dentine. *Arch Oral Biol* 1987;32(7):519-23.
144. Fogel HM, Marshall FJ, Pashley DH. Effects of distance from the pulp and thickness on the hydraulic conductance of human radicular dentin. *J Dent Res* 1988;67(11):1381-5.
145. Maroli S, Khera SC, Krell KV. Regional variation in permeability of young dentin. *Oper Dent* 1992;17(3):93-100.
146. Goodis HE, Marshall GW Jr, White JM. The effects of storage after extraction of the teeth on human dentin permeability *in vitro*. *Arch Oral Biol* 1991;36(8):361-6.

147. DeWald JP. The use of extracted teeth for *in vitro* bonding studies: a review of infection control considerations. *Dent Mater* 1997;13(2):74-81.
148. Camps J, Baudry X, Bordes V, Dejou J, Pignoly C, Ladeque P. Influence of tooth cryopreservation and storage time on microleakage. *Dent Mater* 1996;12(2):121-6.
149. Camps J, Martin P, Ladeque P, Rieu R, Fuseri J. Influence of tooth cryopreservation on human dentin permeability, *in vitro*. *Dent Mater* 1994;10(3):210-14.
150. Outhwaite WC, Livingston MJ, Pashley DH. Effects of changes in surface area, thickness, temperature and post-extraction time on human dentine permeability. *Arch Oral Biol* 1976;21(10):599-603.
151. Özok AR, Wu MK, Wesselink PR. The effects of post extraction time on the hydraulic conductance of human dentin *in vitro*. *Arch Oral Biol* 2002;47(1):41-6.
152. Camps J, Giustiniani S, Dejou J, Franquin JC. Low versus high pressure for *in vitro* determination of hydraulic conductance of human dentin. *Arch Oral Biol* 1997;42(4):293-8.
153. Pashley DH, Thompson SM, Stewart FP. Dentin permeability: effects of temperature on hydraulic conductance. *J Dent Res* 1983;62(9):956-9.
154. Puapichartdumrong P, Ikeda H, Suda H. Influence of the pulpal components on human dentine permeability *in vitro*. *Int Endod J* 2005;38(3):152-9.
155. Sekimoto T, Derkson GD, Richardson AS. Effect of cutting instruments on permeability and morphology of the dentin surface. *Oper Dent* 1999; 24(3):130-6.
156. Boyer DB, Svare CW. The effect of rotary instrumentation on the permeability of dentin. *J Dent Res* 1981;60(6):966-71.
157. Reeder Jr OW, Walton RE, Livingston MJ, Pashley DH. Dentin permeability: Determinants of hydraulic conductance. *J Dent Res* 1978;57(2):187-93.
158. Orchardson R, Cadden SW. An update on the physiology of the dentine-pulp complex. *Dent Update* 2001;28(4):200-9.
159. Stead WJ, Orchardson R, Warren PB. A mathematical model of potassium diffusion in dentinal tubules. *Arch Oral Biol*. 1996;41(7):679-87.
160. Shimono M, Maeda T, Suda H, Takahashi K. Dentin/pulp complex. Proceedings of the International Conference of Dentin/Pulp Complex 1995 and the International Meeting on Clinical Topics of Dentin/Pulp Complex. Japan: Quintessence Publishing Co., Inc., 1996;11-21.
161. Pashley DH, Kehl T, Pashley E, Palmer P. Comparison of *in vitro* and *in vivo* dog dentin permeability. *J Dent Res* 1981;60(3):763-8.
162. Brannstroms M, Johnson G. Movements of the dentine and pulp liquid on application of thermal stimuli. An *in vitro* study. *Acta Odontol Scand* 1970;28:59-70.
163. Hanks CT, Wataha JC, Parsell RR, Strawn SE, Fat JC. Permeability of biological and synthetic molecules through dentin. *J Oral Rehabil* 1994;21(4):475-87.
164. Pashley DH, Livingston MJ, Outhwaite WC. Rate of permeation of isotopes through human dentin, *in vitro*. *J Dent* 1977;56(1):83-8.
165. Puapichartdumrong P, Ikeda H, Suda H. Facilitation of iontophoretic drug delivery through intact and caries-affected dentin. *Int Endod J* 2003;36(10):674-81.
166. Greenhill JD, Pashley DH. The effects of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin *in vitro*. *J Dent Res* 1981;60(3):686-98.
167. Kolker JL, Vargas MA, Armstrong SR, Dawson DV. Effect of desensitizing agents on dentin permeability and dentin tubule occlusion. *J Adhes Dent* 2002 Fall;4(3):211-21.
168. Tung MS, Bowen HJ, Derkson GD, Pashley DH. Effects of calcium phosphate solutions on dentin permeability. *J Endod* 1993;19(8):383-7.

169. Cherng AM, Chow LC, Takagi S. Reduction in dentin permeability using mildly supersaturated calcium phosphate solutions. *Arch Oral Biol* 2004;49(2):91-8.
170. Pashley DH, Kalathoor S, Burnham D. The effects of calcium hydroxide on dentin permeability. *J Dent Res* 1986;65(3):417-20.
171. Kazemi RB, Sen BH, Spangberg LS. Permeability changes of dentin treated with titanium tetrafluoride. *J Dent* 1999;27(7):531-8.
172. Barbosa SV, Safavi KE, Spangberg SW. Influence of sodium hypochlorite on the permeability and structure of cervical human dentine. *Int Endod J* 1994;27(6):309-12.
173. Camps J, Saradell JM, Dejou J, Pignoly C, Jacquot B. Influence of concentration and application time of maleic acid on dentin permeability. *Dent Mater* 1995;11(3):177-81.
174. Schaller HG, Weihing T, Strub JR. Permeability of dentine after Nd:YAG laser treatment: an *in vitro* study. *J Oral Rehabil* 1997;24(4):274-81.
175. Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Horner JA. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int* 1993;24(9):618-31.
176. Youngson CC, Jones JC, Fox K, Smith IS, Wood DJ, Gale M. A fluid filtration and clearing technique to assess microleakage associated with three dentin bonding systems. *J Dent* 1999;27(3):223-33.
177. Abou Hashieh I, Franquin JC, Cosset A, Dejou J, Camps J. Relationship between dentin hydraulic conductance and the cytotoxicity of four dentin bonding resins *in vitro*. *J Dent* 1998;26(5-6):473-7.
178. Camps J, Tardieu C, Dejou J, Franquin JC, Ladaique P, Rieu R. *In vitro* cytotoxicity of dental adhesive systems under simulated pulpal pressure. *Dent Mater* 1997;13(1):34-42.
179. Elgalaid TO, Youngson CC, McHugh S, Hall AF, Creanor SL, Foye RH. *In vitro* dentin permeability: the relative effect of a dentin bonding agent on crown preparations. *J Dent* 2004;32(5):413-21.
180. Yiu CKY, Hiraishi N, Chersoni S, Breschi L, Ferrari M, Prati C, King NNM, Pashley DH, Tay FR. Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerisation. II. Differential permeability reduction with an oxalate desensitiser. *J Dent* 2006;34(2):106-16.
181. Duran I, Şengün A, Yıldırım T, Öztürk B. *In vitro* dentine permeability evaluation of HEMA-based (desensitizing) products using split-chamber model following *in vivo* application in the dog. *J Oral Rehabil* 2005;32(1):34-8.
182. Öztürk B, Özer F, Belli S. An *in vitro* comparison of adhesive systems to seal pulp chamber walls. *Int Endod J* 2004;37(5):297-306.
183. Özok AR, Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Effect of dentin perfusion on the sealing ability and microtensile bond strengths of a total-etch versus an all-in-one adhesive. *Dent Mater* 2004;20(5):479-86.
184. Pereira JC, Segala AD, Gillam DG. Effect of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin subjected to different surface pre-treatments-an *in vitro* study. *Dent Mater* 2005;21(2):129-38.
185. Gregoire G, Guignes P, Millas A. Effect of self-etching adhesives on dentin permeability in a fluid flow model. *J Prosthetic Dent* 2005;93(1):56-63.
186. Gregoire G, Joniot S, Guignes P, Millas A. Dentin permeability: self etching and one-bottle dentin bonding systems. *J Prosthet Dent* 2003;90(1):42-9.
187. Schmalz G, Hiller KA, Nunez LJ, Stroll J, Weis K. Permeability characteristics of bovine and human dentin under different pretreatment conditions. *J Endod* 2001;27(1):23-30.



188. Chersoni S, Supa P, Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Yiu C, Huang C, Prati C, Breschi L, Ferrari M, Pashley DH, Tay FR. *In vivo* and *in vitro* permeability of one-step self-etch adhesives. *J Dent Res* 2004;83(6):459-64.
189. Outhwaite WC, Mackenzie DM, Pashley DH. A versatile split-chamber device for studying dentin permeability. *J Dent Res* 1974;53(6):1503.
190. Pashley DH, Stewart FP, Galloway SE. Effects of air-drying *in vitro* on human dentin permeability. *Arch Oral Biol* 1984;29(5):379-8.
191. Pashley DH, Galloway SE. The effects of oxalate treatment on the smear layer of ground surfaces of human dentine. *Arch Oral Biol* 1985;30(10):731-7.
192. Dippel HW, Borggreven JMPM, Hoppenbrouwers PMM. Morphology and permeability of the dentinal smear layer. *J Prosthet Dent* 1984;52(5):657-62.
193. Nagoaka S, Miyazaki Y, Liu H, Iwamoto Y, Kitano M, Kawagoe M. Bacterial invasion into dentinal tubules of human vital and nonvital teeth. *J Endod* 1995;21(2):70-3.
194. Puapichartdumrong P, Ikeda H, Suda H. Outward fluid flow reduces inward diffusion of bacterial lipopolysaccharide across intact and demineralised dentine. *Arch Oral Biol* 2005;50(8):707-13.
195. Michelich VJ, Schuster GS, Pashley DH. Bacterial penetration of human dentin, *in vitro*. *J Dent Res* 1980;59(8):1398-403.
196. Vongsavan N, Matthews B. Changes in pulpal blood flow and fluid flow through dentine produced by autonomic and sensory nerve stimulation in the cat. *Proc Finn Dent Soc* 1992;88(1): 491-7.
197. Pradelle-Plasse N, Wenger F, Colon P. Effect of conditioners on dentin permeability using an impedance method. *J Dent* 2002;30(5-6):251-7.
198. Levinkind M, Vandernoot TJ, Elliott JC. Electro-chemical impedance characterization of human and bovine enamel. *J Dent Res* 1990;69(12):1806-11.
199. Levinkind M, Vandernoot TJ, Elliott JC. Evaluation of smear layers on serial sections of human dentine by means of electrochemical impedance measurements. *J Dent Res* 1992;71(3):426-33.
200. Özok AR, Wu MK, ten Cate JM, Wesselink PR. Effect of perfusion with water on demineralization of human dentin *in vitro*. *J Dent Res* 2002;81(11):733-7.
201. De La Macorra JC, Escribano NI. Comparison of two methods to measure permeability of dentin. *J Biomed Mater Res (Appl Biomater)* 2002;63(5):531-4.
202. Özok AR, Wu MK, Wesselink PR. Comparison of the *in vitro* permeability of human dentin according to the dentinal region and the composition of the simulated dentinal fluid. *J Dent* 2002;30(2-3):107-11.
203. Oruçoğlu H, Şengün A, Yılmaz N. Apical leakage of resin based root canal sealers with a new computerized fluid filtration meter. *J Endod* 2005;31(12):886-90.
204. Oruçoğlu H, Şengün A, Yılmaz N, Kont Çobankara F. Yeni bir bilgisayarlı sıvı filtrasyon ölçüm cihazının güvenilirlik analizi. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2005;8(2):98-104.
205. Turner D, Marfurt C, Sattelburg C. Demonstration of physiological barrier between pulpal odontoblast and its perturbation following routine restorative procedures. A horseradish peroxidase tracing study in rat. *J Dent Res* 1989;68(8):1262-8.
206. Turner DF, Marfurt CF, Sattelburg C. Demonstration of physiological barrier between pulpal odontoblasts and its perturbation following routine restorative procedures. A horseradish peroxidase tracing study in the rat. *J Dent Res* 1989;68(18):1262-8.
207. Bishop MA, Yoshida S. A permeability barrier to lanthanum and the presence of collagen between odontoblasts in pig molars. *J Anat.* 1992;181(1):29-38.
208. Byers MR, Narhi MV, Mecifi KB. Acute and chronic reactions of dental sensory nerves to hydrodynamic stimulation or injury. *Anat Rec* 1988;221(4):872-83.

209. Geoge CH, Kendall JM, Ewans WH. Intracellular trafficking pathways in the assembly of connexins into the gap junctions. *J Biol Chem* 1999;274(2):8678-85.
210. Pashley DH, Carvalho RM. Dentin permeability and dentin adhesion. *J Dent* 1997;25(5):355-72.
211. Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SHY. Structural evidence of a sealed tissue interface with a total-etch wet-bonding technique *in vivo*. *J Dent Res* 1994;73(3):629-36.
212. Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SHY. Variability in microleakage observed in a total-etch wet-bonding technique under different handling conditions. *J Dent Res* 1995;74(5):1168-78.
213. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Carvalho RM, Russel CM. Bond strenght versus dentine structures: a modelling approach. *Arch Oral Biol*. 1995;40(12):1109-18.
214. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. Promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 1982;16(3):265-73.
215. Eick JD, Wilko RA, Anderson CH, Sorenson SE. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J Dent Res* 1970;49(6):1359-68.
216. Pashley DH. Smear layer: Overview and structure. *Proc Finn Dent Soc* 1992;88(1):215-24.
217. Pashley DH, Michelich V, Kehl T. Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent* 1981;46(5):531-7.
218. Pashley DH. The effects of acid etching on pulpo-dentine complex. *Oper Dent* 1992;17(6):229-42.
219. Stevansson TS. Fluid movement in human dentine. *Arch Oral Biol* 1965;10(6):935-44.
220. Loguercio AD, Reis A, Bortoli G, Patzlaft R, Kenshima S, Rodrigues Filho LE, Accorinte Mde L, van Dijken JW. Influence of adhesive systems on interfacial dentin gap formation *in vitro*. *Oper Dent* 2006;31(4):431-41.
221. Hashimoto M, de Gee AJ, Kaga M, Feilzer AJ. Contraction stress in dentin adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* 2006;85(8):728-32.
222. Mjör IA. Bacteria in experimentally infected cavity preparations. *Scand J Dent Res* 1977;85(7):599-605.
223. Leidal TI, Eriksen HM. A scanning electron microscopic study of the effect of various cleansing agents on cavity walls *in vitro*. *Scand J Dent Res* 1979;87(6):443-9.
224. Wang Y, Spencer P. Effect of acid etching time and technique on interfacial characteristics of the adhesive-dentin bond using differential staining. *Eur J Oral Sci* 2004;112(3):293-99.
225. Ayad MF. Effects of rotary instrumentation and different etchants on removal of smear layer on human dentin. *J Prosthet Dent* 2001;85(1):67-72.
226. Luz MAAC, Gareno Netto N, Arana-Chavez VE, Sobral MAP, Singer JM. Evaluation of chemical and/or mechanical treatments of the smear layer as revealed by scanning electron microscopy-a blind comparative study. *Presq Odont Bras* 2000;14(2):101-6.
227. Burt BA. The changing patterns of systemic fluoride intake. *J Dent* 1992;71(Spec Iss):1228-37.
228. Conway DI, MacPherson LM, Stephen KW, Gilmour WH, Petersson LG. Prevalence of dental fluorosis in children from non-water-fluoridated Halmstad, Sweden: fluoride toothpaste use in infancy. *Acta Odontol Scand* 2005;63(1):56-63.
229. Ruan JP, Wang ZL, Yang ZQ, Bardsen A, Astrom AN, Bjorvatn K. Dental fluorosis in primary teeth: a study in rural schoolchildren in Shaanxi Province, China. *Int J Pediatr Dent* 2005;15(6):412-9.

230. Vieira AP, Hancock R, Limeback H, Maia R, Grynypas MD. Is fluoride concentration in dentin and enamel a good indicator of dental fluorosis? *J Dent Res* 2004;83(1):76-80.
231. Vieira APGF, Hancock R, Limeback H, Grynypas MD. How does fluoride concentration in the tooth affect crystal size? *J Dent Res* 2003;82(11):909-13.
232. Knychalska-Karwan Z, Pawlicki R, Karwan T. Ultrastructural analysis and quantitative distribution of macro-and microelements in young hard tissues by the use of an X-ray microanalyser. *Folia Histochem Cytochem (Krakow)* 1981;19(2):87-91.
233. Larson T. The clinical significance and management of microleakage. *Northwest Dent* 2005;84(1):23-5.
234. Mordan NJ, Barber PM, Gillam DG. The dentine disc: A review of its applicability as a model for the *in vitro* testing of dentine hypersensitivity. *J Oral Rehabil* 1997;24(2):148-56.
235. Kahvecioğlu F. Süt ve daimi dişlerden elde edilen dentin disklerinin hidrolik iletkenliklerinin ve bu disklere uygulanan restoratif sistemlerin bağlanma dayanımlarının belirlenmesi (Doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Pedodonti Anabilim Dalı 2005; 42-58.
236. Hansen SE, Swift EJ, Krell LKV. Permeability effects of two dentin adhesive systems. *J Esthet Dent* 1992;4(5):169-72.
237. Merchant VA, Livingstone MJ, Pashley DH. Dentin permeation: Comparison of diffusion with filtration. *J Dent Res* 1977;56(10):1161-4.
238. Pashley EL, Tao L, Derkson G, Pashley DH. Dentin permeability and bond strengths after various surface treatments. *Dent Mater* 1989;5(6):375-78.
239. Acid dissociation constant. [http://wikipedia.org/wiki/Acid\\_dissociation\\_constant](http://wikipedia.org/wiki/Acid_dissociation_constant)
240. Breschi L, Gobbi P, Mazzotti G, Falconi M, Ellis TH, Stangel I. High resolution SEM evaluation of dentin etched with maleic and citric acid. *Dent Mater* 2002;18(1):26-35.
241. Misra DN. Interaction of citric acid with hydroxyapatite: surface Exchange of ions and precipitation of calcium citrate. *J Dent Res* 1996;75(6):1418-25.
242. Marshall GW Jr, Inai N, Magidi IW, Balooch M, Kinney JH, Tagami J, Marshall SJ. Dentin demineralization: effects of dentin depth, pH and different acids. *Dent Mater* 1997;13(6):338-43.
243. Goes MF, Sinhoreti MAC, Consani S, Silva MA. Morphological effect of the type, concentration and etching time of acid solutions on enamel and dentin surfaces. *Braz Dent J* 1998;9(1):3-10.
244. 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):1530-40.
245. Al-Sugair MH, Akpata ES. Effect of fluorosis on etching of human enamel. *J Oral Rehabil* 1999;26(6):521-8.
246. Szpunar SM, Burt BA. Dental caries, fluorosis and fluoride exposure in Michigan schoolchildren. *J Dent Res* 1988;67(5):802-6.
247. Künzel W, Fischer T. Caries prevalence after cessation of water fluoridation in La Salud, Cuba. *Caries Res* 2000;34(1):20-5.
248. Angelillo IF, Torre I, Nobile CGA, Villari P. Caries and fluorosis prevalence in communities with different concentrations of fluoride in the water. *Caries Res* 1999;33(2):114-22.
249. Stephen KW, Macpherson LMD, Gilmour WH, Stuart RAM, Merrett MCW. A blind caries and fluorosis prevalence study of school-children in naturally fluoridated and nonfluoridated townships of Morayshire, Scotland. *Commun Dent Oral Epidemiol* 2002;30(1):70-9.

250. Kırzioğlu Z, Özay Ertürk MS, Karayılmaz H. Evaluation of dental caries and nursing caries prevalence in pre-school children living in a high fluoride area of Turkey. *Fluoride* 2004;37(4):278-90.
251. Whelton H, Crowley E, O'Mullane D, Donaldson M, Cronin M, Kelleher V. Dental caries and enamel fluorosis among the fluoridated population in the Republic of Ireland and non fluoridated population in Northern Ireland in 2002. *Commun Dent Health* 2006;23(1):37-43.
252. Meyer-Lueckel H, Paris S, Shirkhani B, Hopfenmuller W, Kielbassa AM. Caries and fluorosis in 6- and 9-year-old children residing in three communities in Iran. *Commun Dent Oral Epidemiol* 2006;34(1):63-70.
253. Ruan JP, Yang ZQ, Wang ZL, Astrom AN, Bardsen A, Bjorvatn K. Dental fluorosis and dental caries in permanent teeth: rural schoolchildren in high-fluoride areas in the Shaanxi province, China. *Acta Odontol Scand* 2005;63(5):258-65.
254. Acharya S. Dental caries, its surface susceptibility and dental fluorosis in South India. *Int Dent J* 2005;55(6):359-64.
255. Rwenyonyi CM, Birkeland JM, Haugejorden O, Bjorvatn K. Dental caries among 10- to 14-year-old children in Ugandan rural areas with 0.5 and 2.5 mg fluoride per liter in drinking water. *Clin Oral Invest* 2001;5(1):45-50.
256. Birkeland JM, İbrahim YE, Ghandour IA, Haugejorden O. Severity of dental caries among 12-year-old Sudanese children with different fluoride exposure. *Clin Oral Invest* 2005;9(1):45-50.
257. Ermiş RB, Koray F, Akdeniz BG. Dental caries and fluorosis in low- and high-fluoride areas in Turkey. *Quintessence Int* 2003;34(5):354-60.
258. Budipramana ES, Hapsoro A, Irmawati ES, Kuntari S. Dental fluorosis and caries prevalence in the fluorosis endemic area of Asembagus, Indonesia. *Int J Paediatr Dent* 2002;12(6):415-22.