

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DIŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ
ANABİLİM DALI
DANIŞMAN: PROF.DR.MÜBİN SOYMAN

111715

FLUORÜRLERİN YALNIZ VE İZ ELEMENTLERLE
BİRLİKTE UYGULANMASININ SEMENT ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNE
ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

111715

Dr.HAŞMET ULUKAPI

T.C. 1 -

DOKÜMANIYON MÜHÜRÜ

İstanbul - 1993



Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu'nca desteklenmiştir.

Proje sayısı: 431/310590

Bu tezin hazırlanmasında her konuda bana yardımcı olan ve yönlendiren Sayın Hocam Prof.Dr.Mübin Soyman'a, fosfat ölçümleri yapabilmem için her türlü laboratuvar koşullarını hazırlayan Sayın Prof.Dr.Figen Gürdöl ve Doç.Dr.Yegane Güven'e, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr.Serdar Öztezcan'a ve çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan ve anlayış gösteren hocalarıma ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	1
GENEL BİLGİLER	3
AMAÇ	14
GEREÇ VE YÖNTEM	16
BULGULAR	24
TARTIŞMA	51
SONUÇLAR	64
ÖZET	66
RESUME	68
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	79

G İ R İ Ő

Diş çürükleri, diş sert dokularının birini ya da birkaçını birden etkileyebilen toplumdaki en yaygın hastalıklardan birisidir. Kuron çürükleri epidemiyolojileri, etyolojileri, patolojileri ve tedavi yöntemleri en çok incelenmiş diş çürüklerindedir.

Günümüzde genel tıbbın ilerlemesi ile ortalama insan ömrü artmış, "Koruyucu Dişhekimliği"nin kuron çürüklerini önlemedeki başarısı ile dişlerin ağızda kalma süreleri uzamıştır(83). Bütün bu olumlu gelişmeler sonucu toplumda ağızda dişleri bulunan yaşlı birey sayısı artmış, dişhekimliği yeni bir sorunla karşı karşıya kalmış ve "Geriatrik" dişhekimliği veya "Geriodontoloji" adı verilen yeni bir bilim dalı doğmuştur(19,81).

Yaşlı bireylerde periodontal hastalık veya senil dişeti atrofisi sonucu kök yüzeyleri açığa çıkmakta ve sement çürüğü oluşma riski yükselmektedir(36). Mine çürüklerinden korunmada yaygın olarak kullanılan fluorürlerin yaşlılıkta oluşan sement çürüklerinden korunmada da kullanılıp kullanılamayacağını bilmek için sementin fluorür alımı ve bundan sonra çözünmesindeki değişikliğin öncelikle bilinmesi gerekir. Epidemiyolojik çalışmalar sularında yüksek konsantrasyonda fluorür bulunan toplumlarda daha az sement çürüğü olduğunu göstermektedir(4,5,13,18,72,73).

Ayrıca çevrede bulunan iz elementler su, yiyecek ve deri yoluyla

organizmaya alınabilir ve diş sert dokularına bağlanabilir(43). Bu elementlerin sürme sonrası mine yüzeyinde oluşan fiziko-kimyasal olaylara yön verebildiği ve minenin fluorür alımını etkileyebildiği bildirilmiştir(57,58,69). İz elementlerin, açığa çıkmış kök yüzeylerinde de sementin fluorür alımını etkileyebileceği ve bu yüzeydeki fiziko-kimyasal olaylara yön verebileceği düşünülebilir.



GENEL BİLGİLER

İz elementlerin insan organizması üzerindeki etkileri uzun yıllardır araştırmacıların ilgisini çeken konulardan biri olmuştur. Toprakta ve sularda bulunan iz elementler genellikle sular ve besin yolu ile vücudumuza alınırlar. İçme sularındaki iz elementlerin konsantrasyonu oldukça düşüktür ve değişik bölgelerde bulunan sularda farklılık gösterirler(43).

Klinik ve patolojik pek çok bozukluğun, biyokimyasal ve enzimatik yolla açıklanamayan iz element eksiklikleri ve fazlalıklarına bağlı olduğu ileri sürülmüştür(80).

Bilindiği gibi dişlerin en önemli hastalıklarından biri veya birincisi diş çürükleridir. Hastalık-dokusal yapı ilişkisinin ne denli önemli olduğu gözönüne alınırsa diş sert dokularının kapsadığı iz elementlerin araştırılmasının güncelliği de anlaşılmış olur. Bu elementler içinde en önemlisinin fluorürler olduğu yadsınmaz bir gerçektir. Bu sebepten, diş dokularının kapsadığı gerek fluorür, gerekse iz element konsantrasyonları çeşitli araştırmalara konu olmuştur.

Diş minesini diş sert dokularının ağız ortamına açılan parçası olması nedeniyle araştırmacıların öncelikle ilgisini çekmiş ve üzerinde en çok çalışılan diş dokusu olmuştur. Dişlerin kök yüzeylerini kaplayan bir sert doku olan sementin yapısındaki fluorürler ve iz elementler ise çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir.

Son yıllarda, kök yüzeyi çürüklerinin giderek güncelleşmesi nedeni ile araştırmacılar sement çürüklerinin epidemiyolojisi üzerinde çalışmalar yapmışlar, ayrıca sularında farklı konsantrasyonda fluorür bulunan toplumların çürük sıklığını incelemişlerdir.

Fluorürlerin minenin çözünürlüğü üzerine etkilerini bilen araştırmacılar aynı olayın sementte de geçerli olabileceği savından yola çıkarak fluorürlerle sement yüzeyi çözünürlüğü ve çürükleri üzerine çok çeşitli laboratuvar ve klinik çalışmaları gerçekleştirmişlerdir.

A. Sement dokusunun içerdiği fluorürler ve iz elementler üzerine çalışmalar

Singer ve Armstrong (1962) insan iskeletinin değişik kemiklerinde ve diş sert dokularındaki fluorür miktarını karşılaştırmak amacıyla yaptıkları araştırmada mine, dentin, sement, mandibula, femur ve iliak kemikteki fluorür miktarını ölçmüşlerdir. Araştırmacılar diş sert dokularında en yüksek orandaki fluorürün sementte bulunduğunu, bunu dentin ve minenin izlediğini belirtmişlerdir(66).

Yardeni ve Ark. (1963) mine, sement ve bu dokular üzerine birikmiş diştaşlarında bulunan fluorür miktarı arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada sözü edilen sert doku ve oluşumları toz haline getirmiş ve analiz etmişlerdir. Araştırmacılar en yüksek fluorür içeriğinin sementte olduğunu belirtmişlerdir (732 ppm F). Bu yüksek fluorür konsantrasyonunun sementin yüksek geçirgenliğinden ve büyük ölçüde aktif olan yüzeyinden kaynaklandığını ve doku sıvısı ile kanın sement için en büyük fluorür kaynağı olduğunu bildirmişlerdir(86).

Gedalia ve Ark. (1964) 18 insan iskeletinin değişik sert dokularındaki fluorür miktarını saptamak amacıyla yaptıkları çalışmada, sementin fluorür içeriğinin en yüksek olduğunu (830 ppm F) ve günümüz insanının sementi ile karşılaştırıldığında anlamlı bir farkın ortaya çıkmadığını bildirmişlerdir(25).

Nakata ve Ark. (1972) periodontal tedavi görmüş ve görmemiş bireylerin dişlerinin kole bölgesindeki ve kök ucundaki sementin mineral içeriğini karşılaştırmak ve yaşlanmanın fluorür ve mineral dağılımına etkisini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada F, Ca, P ve Mg konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Araştırmacılara göre fluorür miktarı yaşla birlikte anlamlı olarak artmaktadır. Kole bölgesinde fluorür konsantrasyonu kök ucundakine oranla daha yüksektir. Periodontal tedavi görmüş dişler sağlıklı dişlere oranla aynı veya daha yüksek konsantrasyonda fluorür içermektedirler(53).

Hals ve Selvig (1977) normal sağlıklı sement ve başlangıç çürük lezyonu bulunan sementteki elementlerin dağılımını incelemek amacıyla yaptıkları araştırmada, kole bölgesinden elde ettikleri 30-80 μ m kalınlığındaki kesitlerde elektron mikroskopu yöntemiyle çeşitli elementlerin dağılımını incelemişlerdir. Fluorür konsantrasyonunun örnekten örneğe büyük değişimler göstermesine rağmen her örnekte yüzeyden derine doğru giderek azalmakta olduğu, bununla birlikte en yüksek konsantrasyonun yüzey altı tabakasında bulunduğunu bildirmişlerdir(28).

Nakagaki ve Ark. (1985) sementteki fluorür dağılımını incelemek amacıyla 30 μ m kalınlığında elde ettikleri sement tabakalarındaki fluorür ve fosfat konsantrasyonunu araştırmışlardır. Araştırmacıların bulgularına göre fluorür konsantrasyonu yüzeye doğru artmaktadır. En yüksek konsantrasyon yüzey altı tabakasında bulunmuştur. Yüzey tabakasında fluorür konsantrasyonu yüksek değildir. Araştırmacılar buradaki düşük konsantrasyonun nedenini oluşturan en yeni sement dokusu olarak açıklamışlardır. Sement-dentin sınırından yüzeye doğru olan bu artış düzenli değildir. Bazı bölgelerde konsantrasyon ani olarak artmaktadır. Yazarlar dağılım eğrisindeki bu ani yükselmelerin çevresel faktörlerden olabileceğini bildirmişlerdir(52).

Murakami ve Ark. (1987) sementteki fluorür dağılımının kişiden kişiye ve diştten dişe değişimini incelemek amacıyla yaptıkları in vitro çalışmada, çeşitli yaşlardaki kadavralardan elde ettikleri değişik gruptaki diş-

lerde iyon seçici elektrod kullanarak fluorür ölçümü yapmışlardır. Araştırmacıların bulgularına göre sementteki fluorür konsantrasyonu yaşla birlikte artmaktadır. Fluorür konsantrasyonu diş tipinden çok kişiye bağlı olarak değişmektedir. Araştırmacılar sementteki fluorür dağılımının her birey için tipik olduğunu belirtmişlerdir(48).

Nakagaki ve Ark. (1987) mine, dentin ve sementteki fluorür dağılımını incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada, sementteki fluorür miktarının yüzey altında en fazla olduğunu ve derin tabakalara doğru giderek azaldığını göstermişlerdir. Ancak bu azalma mine veya dentinde olduğu gibi düzenli değildir(51).

Nakagaki ve Ark. (1989) sementte yüzeyden derin tabakalara doğru artan fluorür konsantrasyonunu araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, sementteki gelişim çizgilenmeleri boyunca fluorür dağılımını aşındırma yöntemiyle incelemişlerdir. Araştırmacılar sementin gelişim çizgilerinde yüksek konsantrasyonda fluorür bulunduğunu gözlemişlerdir(50).

B. Sement çürükleri üzerinde yapılan epidemiyolojik araştırmalar

Yüzyılın başlarında dişhekimliği büyük gelişmeler göstermiş ve en önemli iki diş hastalığından birisi olan diş çürüklerinden korunmada büyük başarı sağlanmıştır. Diş çürüklerindeki azalma, özellikle koruyucu girişimlerin kolaylıkla kontrol edilebildiği, okul çağındaki çocuklarda gözlenmiştir. Bugün ise dişhekimliği biliminin ilgisi erişkin ve yaşlıların hastalıklarına doğru yönelmektedir. Bu değişimin bir sebebi de toplum istatistiklerine bağlıdır. Amerika Birleşik Devletlerinde son yıllarda yaşlı nüfusta % 6.5 oranında artış olmuştur ve 2030 yılında nüfusun % 78'inin 18 yaşından büyük olacağı sanılmaktadır. Ayrıca kişilerin dişhekimliği hizmetlerinden daha fazla yararlanmasıyla dişlerin ömürlerinin de uzadığı açıkça gözlenmektedir. Bu son durumda ise senil dişeti atrofileri sonucu kök yüzeyleri açığa çıkmakta ve kök çürüğü riski artmaktadır(59).

Kök çürüklerinin sıklığı ve bunları etkileyen faktörlerle ilgili

çeşitli araştırmalar yapılmıştır.

Schamschula ve Ark. (1974) izole toplumdaki (Lufa, Papua, Yeni Gine) kuron ve kök çürüklerinin yaygınlığını ve periodontal sağlığın, diş kaybının, ağız sağlığının durumunu belirlemek amacıyla yaptıkları epidemiyolojik çalışmada, 30-39 yaşlarındaki kişilerde kök çürüğü sıklığının kuron çürüklerinden çok daha fazla olduğunu ve periodontal hastalıklarla birlikte önem kazandığını belirtmişlerdir(63).

Banting ve Ark. (1980) kök yüzeyi çürüğü riski olan toplumlarda, bu çürüğün yaygınlığı, dağılımı ve oluşumuna etkili faktörleri araştırmak amacıyla yaptıkları epidemiyolojik çalışmada, ortalama yaşları 67.9 olan 59 hastadan 44'ünde kök yüzeyi çürüğü saptamışlardır. Araştırmacılar bu lezyonların çoğunlukla ön dişlerin ara yüzlerinde lokalize olduğunu bildirmişlerdir(3).

Stamm ve Banting (1980) sularında doğal olarak fluorür bulunan (1.6 ppm F) toplumla, bulunmayan toplumdaki kök yüzeyi çürüğü sıklığını karşılaştırmak için yaptıkları epidemiyolojik çalışmada, sularında fluorür bulunan toplumda kök yüzeyi çürüğü yaygınlığının anlamlı olarak daha az olduğunu belirtmişlerdir(72).

Katz ve Ark. (1982) kök çürüklerinin toplumdaki sıklığı ve ağız içindeki dağılımını incelemek amacıyla yaptıkları epidemiyolojik çalışmada, yaşları 20 ile 60 arasındaki 473 kişiyi incelemişler ve elde ettikleri bilgileri kök çürüğü indeksine (R.C.I) uygulamışlardır. Araştırmacıların bulgularına göre tüm toplumdaki kök çürüğü sıklığı % 11.4'tür. Yaş arttıkça çürük sıklığı da artmaktadır. Kök çürüğünün en sık görüldüğü diş grubu alt büyü-kazı dişleridir (R.C.I. % 40). En az kök çürüğü görülen diş grubu ise alt kesici dişlerdir (R.C.I. % 2)(36).

Vehkalahti ve Ark. (1983) Fin toplumunda yaşa ve cinsiyete bağlı olarak kök yüzeyi çürüğü sıklığını araştırmak amacıyla yaptıkları epidemiyolojik çalışmada, 5028 kişiyi incelemişlerdir. Araştırmacılar erkeklerde

% 21.6, kadınlarda % 14.5 oranında kök yüzeyi çürüğü saptamışlardır ve her iki cinste de yaşa bağlı olarak kök yüzeyi çürüğü sıklığının arttığını belirtmişlerdir(82).

Soyman ve Ark. (1986) Türk toplumunda kök çürüğü dağılımını incelemek amacıyla yaptıkları epidemiyolojik çalışmada, inceledikleri 151 hastanın 44'ünde (% 29) kök çürüğü saptamışlardır. Araştırmacılar kök çürüğüne en çok 40-59 yaşlarında, % 42 oranında rastladıklarını belirtmişlerdir(70).

Stamm ve Ark. (1990) sularında fluorür bulunan (1.6 ppm F) ve bulunmayan (0.2 ppm F) toplumlardaki kök yüzeyi çürüğü sıklığını karşılaştırmak amacıyla yaptıkları epidemiyolojik çalışmada, sularında fluorür bulunan toplumdaki akut kök çürüğü lezyonlarının anlamlı olarak az bulunduğunu ve her iki toplumda da yaşla birlikte kök yüzeyi çürüğünün arttığını bildirmişlerdir(73).

Beck (1990) kök çürükleri ile ilgili yapılan araştırmaları özetlerken bu hastalık olgusu ile ilgili bilgilerimizin sınırlı kaldığını, bunun sebebinin ise yapılan çalışmalar arasındaki karşılaştırmanın eksikliği ve incelenen toplumların geniş kitlelere yayılmaması olduğunu bildirmiştir(5). Bu konuda çalışan bilim adamlarının tümü sadece dişeti çekilmesi görülenlerde kök yüzeyi çürüğü riski olduğu düşüncesinde birleşmektedirler(2).

C. Sement yüzeyi çözünürlüğü ile fluorür ve iz element ilişkileri üzerine çalışmalar

Etkili bir koruyucu tedavi yöntemi geliştirilebilmesi için kök yüzeyinin, yani sementin asitler karşısında çözünürlüğünün araştırılması ve mine çürüklerinden korunmada artık etkisi kanıtlanmış fluorür ve değişik iz elementlerin sement çözünürlüğünü nasıl etkilediğinin incelenmesi üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır.

Furseth (1970) açığa çıkmış sağlıklı sementin ağız ortamındaki

reaksiyonlarını ve bu dokuya yerel NaF uygulandığı zaman oluşan değişiklikleri incelemek amacıyla domuzlar üzerinde yaptığı çalışmada gingivektomi yöntemiyle diş kök yüzeylerini açığa çıkarmış ve bunlardan bir kısmına pH sı 6.8'e ayarlanmış NaF çözeltisini uygulamıştır. Araştırmacı yerel fluorür uygulanmış dişlerin büyük bir çoğunluğunda hipermineralize yüzey tabakası oluştuğunu belirlemiştir. Sonuç olarak NaF uygulamasının kök yüzeyindeki mineral içeriğini değiştirdiğini, mineral içeriğindeki bu artışın, ortamdaki fluorürün apatit yapımını başlattığını bildirmiştir(22).

Banting ve Stamm (1979) sularında fluorür bulunan bölgelerde yaşın kök yüzeyindeki fluorür konsantrasyonuna etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar kök yüzeyinden asit biyopsisi ile alınan örnekte fluorür analizi yapmışlar ve çözünürlük saptamışlardır. Ortalama biyopsi derinliğinin 12,8 μm , fluorür konsantrasyonunun ise 3087,72 $\mu\text{g/g}$ olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar yaşın ve sularında fluorür bulunan bölgelerde yaşam süresinin birbirinden bağımsız olarak kök yüzeyindeki fluorür konsantrasyonunu etkilediğini belirtmişlerdir(4).

Tveit (1980) ağırlıkça % 0.7 oranında fluorür içeren "Fluor Protector" adlı lakın uygulanmasından sonra kavite duvarı, mine ve kök yüzeyinde biriken fluorür konsantrasyonunu ve dağılımını incelemek amacıyla yaptığı çalışmada, kontrol grubunda kök yüzeyinde 1.500-7.000 ppm düzeyinde, "Fluor Protector" uygulanmış deneklerde ise 3.000-25.000 ppm F bulunduğunu ve bu artan konsantrasyonun yüzeydeki 10-30 μm 'lik tabakada yoğunlaştığını bildirmiştir. Ayrıca bu büyük konsantrasyon artışının fluorür ürününün uzun süre bölgede kalabilmesinden doğan bir özellik olabileceğini belirtmiştir(78).

Hals ve Ark. (1981) yaptıkları in vitro çalışmada aynı pH değerindeki NaF, TiF_4 ve APF çözeltileri uygulamasından sonra kök yüzeyindeki fluorür miktarını ve fluorürün topografik dağılımını karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Araştırmacılar sementin aldığı fluorür miktarının APF de en yüksek düzeye ulaştığını (% 2.4), NaF de ise en düşük düzeyde (%)

0.4) kaldığını bildirmişlerdir. Mikroradyografide ise NaF ve TiF_4 uygulanan gruplarda kontrol grubuna göre fark görülmezken APF uygulanan grupta koyu radyolusent alan görüldüğüne işaret etmişlerdir. Araştırmacılar TiF_4 'ün yüzeyde yüksek konsantrasyonda fluorür biriktirmesi ve dokuda yarattığı düşük çözünürlükle en avantajlı bileşik olabileceğini belirtmişlerdir(29).

Tveit ve Ark. (1983) kök dentinine SnF_2 'nin etkisini ve bu bileşik ile TiF_4 'ün yüzeyde yarattığı kimyasal etkileşimleri açıklayabilmek için yaptıkları çalışmada, yüzeydeki Ca, P, F ve Sn elementlerini incelemiştir. Araştırmacılar kök yüzeyindeki sementi kaldırmak istemelerine rağmen bunda başarılı olamadıklarını ve yüzeydeki fluorür miktarının sementte bulunan normal sınırlarda kaldığını belirtmişlerdir. SnF_2 uygulanan deney grubunda fluorür konsantrasyonunun oldukça yüksek bulunduğu (% 10-40) aynı olayın APF bileşiklerinde de olduğu belirtilmiştir. TiF_4 'ün ise tüm diğer metal-F bileşikleri gibi yüzeyde bir tabaka oluşturduğunu ve bu yolla yüzeyin asitler karşısında direncinin arttığını bildirmişlerdir(79).

Al-Jaburi ve Koulourides (1984) periodontal hastalıklı dişlerin kök yüzeylerinin asitler karşısında çözünürlüklerini ölçmek amacıyla yaptıkları in vitro çalışmada, ağız ortamına açılmış kök yüzeylerinin, açılmamış kök yüzeylerine göre asitler karşısında daha az çözündüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca diştaşı temizliği uygulanmış kök yüzeylerinin kök düzeltmesi uygulanmış olanlara göre daha dirençli olduğunu ve bütün fluorür uygulamalarının lezyon gövdesi üzerinde yoğun ve kalın bir mineral tabaka oluşturduğunu böylece kök yüzeylerinin asitlere karşı dirençlerinin arttığını bildirmişlerdir(1).

Katz ve Park (1984) fluorür içeren diş macunlarının kök yüzeyi çürüklerinden korunmadaki etkinliklerini incelemek amacıyla in vitro bir araştırma yapmışlardır. Çalışmada NaF-silika içeren bir diş macunu ve placebo kullanmışlar, stereo mikroskopta mine-sement bileşimindeki doku kaybını incelemiştir. Araştırmacıların bulgularına göre NaF içeren diş macunu uygulamasından sonra doku kaybı belirgin olarak azalmaktadır(38).

Hoppenbrouwers ve Ark. (1986) pH sı 5.0'a ayarlanmış tampon çözelti ve hidroksiapatite göre değişik doygunluk derecelerindeki çözeltilerin kök yüzeyinin demineralizasyonuna etkisini mine ile karşılaştırmışlardır. Araştırmacılara göre sement dokusunun demineralizasyonu deney koşullarında yüzeyde yumuşama şeklinde olurken mine yüzeyinde çürük lezyonu şeklinde gerçekleşmektedir. Ayrıca kök yüzeyinin mineye göre daha kolay demineralize olduğu ve kök yüzeyinin kritik pH değeri 6.2 iken bu değerinin mine için 5.2-5.5 bulunduğu belirtilmiştir(30).

Breuer ve Ark. (1987) çalışmalarında "Fluor Protector", APF, kalay fluorür ve "Duraphat" uygulamasından sonra sementin aldığı fluorür miktarını ölçmek ve bu uygulamalardan sonra çözünürlüğün değişip değişmediğini araştırmak amacıyla fosfat ve fluorür analizleri yapmışlardır. Birbirini takip eden üç asit biyopsisinden sonra "Fluor Protector"un diğer üç preparattan daha iyi sonuç verdiği bildirilmiştir(6).

Hoppenbrouwers ve Ark. (1987a) fluorürlerin tampon sıvılarla birlikte kullanıldığında kök yüzeyinde oluşturduğu değişiklikleri incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada, fluorür içermeyen çözelti uygulandığında çözünen sement hacminin sabit kaldığını, diğer çözeltilerde ise ilk 7 günde çözünen sement hacminde artma daha sonraki günlerde azalma olduğunu bildirmişlerdir(31).

Hoppenbrouwers ve Ark. (1987b) kök yüzeylerine kalsiyum ve fosfat içeren değişik pH daki çözeltileri uygulayarak kök yüzeyinde çürük oluşturabilecek kritik pH derecesini incelemişlerdir. Araştırmacıların bulgularına göre kök yüzeyi için kritik pH değeri 6.7'dir(32).

Hoppenbrouwers ve Ark. (1988), Chow ve Brown'ın geliştirdiği yöntemin(9) kök yüzeyindeki etkisini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada, deneklere önce doygun DCPD, daha sonra NaF çözeltisi uygulamışlar ve tampon çözeltilerde (asetat) çeşitli zaman süreçlerinde çözünen sement miktarını ölçmüşlerdir. Yazarlar bu uygulamadan sonra çözünürlük sabitinin düştüğünü, bunun çözeltiyi uygulama süresine bağlı olduğunu bildirmiş-

lerdir. Bunun sebebinin 30 dakikalık uygulamadan sonra en küçük değerler elde edilmesine bağlamışlardır(33).

Fine ve Ark. (1988) kuron çürüğü nedeniyle çekilmesi gereken 15 diş üzerinde yaptıkları çalışmada, hastalara beş değişik uygulama yapmışlar ve dişleri çekerek kök yüzeylerinin çözünürlüğünü incelemişlerdir. Araştırmacılar NaF jelinin diğer dört uygulamaya göre (fırçalama yapılmaması, fluorür içermeyen diş macunu kullanımı, fluorürlü diş macunu ve Na₂FPO₄ jeli uygulamaları) daha fazla çözünmeyi azalttığını bildirmişlerdir(20).

Derand ve Ark. (1989) NaF, SnF₂, TiF₄ ve Fe-Al-NaF çözeltileri ile yapılan yerel uygulamalardan sonra kök yüzeyinde çürük lezyonu oluşumunu incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada yüzeydeki 12 elementin konsantrasyonunu araştırmışlar ve TiF₄ uygulanmış yüzeylerde fluorür konsantrasyonunu en yüksek değerlerde bulmuşlardır. Mikroradyografide TiF₄ ve SnF₂ uygulanmış yüzeylerde radyoopak, diğerlerinde ise radyolüsent yüzey bölgeleri izlemişler ve çürük lezyon derinliğini kontrol grubuna kıyasla anlamlı olarak daha az bulmuşlardır(16).

Wallace ve Ark. (1989) şehirde yaşayan yaşlı kişilerdeki kök yüzeyi çürüğü şiddetini araştırmak amacıyla yaptıkları klinik çalışmada seçtikleri toplumu üç gruba ayırmışlar ve her gruba değişik sürelerle koruyucu tedavi programı uygulamışlardır. Tedavi programı sonucu her üç grupta çürük şiddeti anlamlı olarak değişmemiştir. Ancak araştırmacılar % 0.05'lik NaF gargarası kullanan grupta diğer iki gruba göre başlangıç çürüğü bulunan yüzeylerde bariz olarak azalma olduğunu belirtmişlerdir(84).

Skartveit ve Ark. (1989) kök yüzeyine farklı konsantrasyonlarda TiF₄ çözeltisi değişik sürelerde uygulandığında sementin fluorür alımındaki değişikliği incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada, % 1, % 3.4'lük TiF₄ çözeltilerini 10 saniye, 1, 2 ve 4 dakika süreyle sement yüzeyine uygulamışlardır. Araştırmacılar TiF₄'ün konsantrasyonunun ve uygulama süresinin azaltılmasında dahi sementin yüksek miktarda fluorür aldığını ve bu çözeltinin klinikte etkili bir ajan olabileceğini bildirmişlerdir(67).

Tagaki ve Ark. (1990) monokalsiyum fosfat monohidrat (MCPM) jelinin kök yüzeylerinin fluorür alımındaki etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar her gün 10 dakika süreyle MCPM uygulanan ve daha sonra 5 gün süreyle 1 ppm F çözeltisinde bekletilen kök yüzeylerinin daha çok fluorür içerdiğini bildirmişlerdir(76).

Stookey ve Ark. (1990) değişik fluorürlü diş macunları ve jellerin kök yüzeyi çürüğü oluşumuna etkisini incelemek amacıyla düzenledikleri çalışmayı fareler üzerinde yürütmüşlerdir. Araştırmacılar streptococcus mutans ve actinomyces viscosus suşları ile enfekte ettikleri farelere yedi hafta süreyle çeşitli gargara ve jeller uygulamışlardır. Araştırmacılar tüm terapötik maddelerin etkili olduğunu ancak NaF içeren diş macunlarının çok ileri derecede anlamlı olarak kök yüzeyi çürüğünü azalttığını ileri sürmüşlerdir(74).

Ogaard ve Ark. (1990) günlük fluorür gargaralarının kök yüzeyi çürüğünün gelişimine etkisini incelemek amacıyla ortodontik aparey taşıyan kişilerin apareyelerine sement parçaları yerleştirmişlerdir. Hastalar 3 hafta süre ile % 0.2'lik NaF gargarası kullanmışlar daha sonra sement parçaları çıkarılarak incelenmiştir. Araştırmacılar günlük fluorür gargaralarının kök yüzeyi çürüğü oluşumunu azalttığını bildirmişlerdir(56).

A M A Ç

Sularında fluorür bulunan bölgelerde yaşayan toplumlarda sement çürüğü sıklığının azaldığı(4,72,73) ve bu bölgelerde yaşayanların sement yüzeylerinde, sularında fluorür bulunmayan bölgelerde yaşayanlara göre daha fazla fluorür bulunduğu bildirilmiştir(37,53).

Diş minesinin çürükten korunması için yapılan çalışmalarda, minede daha fazla fluorür birikimi oluşturmak amacıyla; yüzeye uygulanan fluorür konsantrasyonu arttırılmış, fluorür çözeltisinin pH'sı düşürülmüş, uygulama süresi azaltılmış ve son olarak da fluorür iyonu ve apatit arasında köprü kurabilen, alüminyum, titanyum, dört değerli kalay, demir gibi katyonlar kullanılmıştır(26,29,47,57,58,76). Tüm bu uygulamalar az ya da çok mine çözünmesinin azalmasında etkili olmuştur.

Epidemiyolojik çalışmalarda çürük sıklığını azalttığı görülen stronsiyum ile de araştırmalar yapılmıştır(8,11,12,14,15,35,68).

Yaşlılıkta ya da dişeti hastalığı sonucu ağız ortamı ile ilişkiye giren sement dokusu çeşitli değişimler gösterebilir: sement ortadan kalkabilir, bazı bölgeleri hipermineralize olurken bazı bölgeleri demineralize olur ya da sement çürükleri oluşur(1). Çürüklerden korunmak için sement yüzeyine yerel fluorür uygulaması dokuda fluorür birikimine(29,78), yüzeyin çözünürlüğünün azalmasına ve demineralizasyon etkilerinin ortadan

kalkmasına neden olur(6).

Mine yüzeyi üzerinde yapılan çalışmalarda etkin rol oynadığı saptanan alüminyum ve stronsiyumun aynı etkiyi sement yüzeyinde oluşturabildikleri hakkında yapılmış detaylı çalışmalar yoktur.

Bu çalışmanın amacı, florürlerin yalnız ve farklı konsantrasyondaki iz elementlerle (alüminyum ve stronsiyum) birlikte uygulanması sonucu sement çözünmesindeki değişiklikleri, sementin florür alımını ve bu olayda iz elementlerin rolünü incelemektir.



GEREÇ VE YÖNTEM

Araştırma İstanbul ve çevresinde yaşayan kişilerin 49 adet sürmemiş, kök oluşumu tamamlanmış üçüncü büyükazı dişlerinde yürütülmüştür. Dişler İstanbul Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Ağız, Diş, Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Anabilim Dalı polikliniklerinde cerrahi yöntemlerle çıkartılmıştır. Dişlerin çekimi esnasında kuronda meydana gelen kırıklar, sadece kök yüzeylerinde inceleme yapıldığı için dikkate alınmamıştır.

Dişlerin saklanması

Toplanan dişlerin yüzeylerindeki artıklar bir gretuvarla kaldırılmış ve fırçalanarak temizlenmiştir. Dişler temizlendikten sonra herhangi bir koruyucu kimyasal madde içine konulmadan küçük şişeler içinde, şişelerin kapak altlarına nemlendirilmiş pamuk konularak saklanmıştır.

Dişlerin araştırmaya hazırlanması

Dişler kuron-kök sınırından bir separe yardımıyla kesilerek kuron kısımları atılmıştır. Kalan kök kısımları dişin uzun eksenine paralel üç parçaya bölünerek "biyopsi parçası" diyebileceğimiz kök yüzeyleri elde edilmiştir. Elde edilen bu parçalar, sement yüzeyine çeşitli konsantrasyonlarda fluorür ve iz element çözeltileri uygulandıktan sonra sement çözünürlüğü ve sement yüzeyi tarafından alınan fluorür miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır.

"Biyopsi parçalarına" çapı 1.05 mm olan etiketler kuron-kök sınırından 1 mm uzakta kalacak şekilde yapıştırılmıştır. Parçaların açıkta kalan diğer kısımları renksiz tırnak cilası ile kapatılmıştır. Tırnak cilası kuruduktan sonra etiketler çıkartılmış, böylece yüzeyde çapı 1.05 mm olan dairesel sement yüzeyi açıkta kalmıştır. Açıkta kalan sement yüzeyinde artık etiket parçası kalmışsa bu parçalar ince uçlu bir sond yardımıyla temizlenmiştir.

Araştırmada kullanılan fluorür, stronsiyum ve alüminyum bileşikleri ve kullanılan çözelti konsantrasyonları şöyledir:

Sudaki çözeltisi hazırlanan element	Kullanılan bileşik	Hazırlanan molar konsantrasyonlar
Fluor	NaF	1000 ppm ve 5000 ppm
Stronsiyum	$\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$1 \times 10^{-1}\text{M}$, $1 \times 10^{-2}\text{M}$ ve $1 \times 10^{-3}\text{M}$
Alüminyum	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	$1 \times 10^{-1}\text{M}$, $1 \times 10^{-2} \text{M}$ ve $1 \times 10^{-3} \text{M}$

İz element ve fluorür çözeltilerinin uygulanması için 21 grup oluşturuldu (Tablo 1). Her grupta 7 sement parçası vardı. Gruplardan biri kontrol grubu olarak ayrıldı ve bu gruba iz element ve fluorür uygulaması yapılmadı.

Sement yüzeylerine fluorür ve iz element çözeltilerinin uygulanması

Açıkta kalan sement yüzeylerine, hazırlanan çözeltiler pamuk peletler yardımıyla uygulandı. Bu uygulanmada istenen çözelti pamuk pellete emdirildi, iz element uygulanacaksa önce bu çözelti 1 dakika süreyle sement yüzeyinde bekletildi. Bu süre sonunda bir kurutma kağıdı ile yüzey kurulandı, daha sonra fluorür çözeltisi pamuk pellete emdirilerek bu defa 4 dakika süreyle sement yüzeyinde bekletildi. Sement yüzeyi yine kurutma kağıdı ile kurulandı, 15 saniye bidistile su ile yıkandı, yeniden kurutulan sement parçaları araştırma için hazır hale gelmiş oldu. Sadece fluorür çözeltisi uygulamalarında 4 dakika süreyle aynı işlem yapıldı.

Araştırma için hazırlanan sement parçaları, içinde 1 ml 0.5 M HClO_4 (perklorik asit) bulunan polietilen deney tüplerine ucu tırnak cilası ile kapatılmış bir presel yardımıyla daldırıldı ve 60 saniye süreyle küçük darbelerle çalkalandı. Bu işlem her sement parçası için iki ayrı deney tüpünde, iki kez tekrarlandı. Böylece fluorür ve iz element uygulanmış yüzeylerden 60 saniye süreli iki asit uygulaması ile iki ayrı biyopsi alınmış oldu.

Her çözelti 500 μl 'lik iki eşit parçaya bölündü. Bunlardan biri sementin çözünürlüğünün saptanması diğeri ise sementin aldığı fluorürün belirlenmesinde kullanıldı. Yüzeyin aldığı fluorür miktarı direkt fluorür ölçümleri yapılarak bulundu. Sement yüzeyine iz element ve fluorür uygulamasından sonra çözünürlüğünün değişip değişmediği ise çözeltideki fosfat tayini ile yapıldı.

Örneklerde fluorür tayini

McCann'ın (1968) fluorür iyon elektrodu ile fluorür tayini yöntemi(46) kullanıldı. Fluorür ölçümleri "Fischer Scientific" (U.S.A) fluorür iyon aktivite elektrodu ve "Fischer Scientific Accument 850" (U.S.A.) iyon analizörü ile gerçekleştirildi. Alet çözeltilerdeki iyon aktivitesini ölçmektedir. Çalkalama çözeltilerinden elde edilen iyon aktivitelerinden fluorür konsantrasyonunu bulabilmek için önce, 100 ml 0.5 M HClO_4 , 200 ml 1.0 M Na_3 -sitrata ve 10 mg F^- den oluşan 10 mg F^- /500 ml'lik ana stok çözelti hazırlandı. Ana stok çözelti seyreltilerek 0.01, 0.05, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4 $\mu\text{g F}^-$ /2.5 ml'lik standart çözeltiler hazırlandı. Bu seyreltilmiş çözeltilerin alette okunması ile elde edilen değerler kullanılarak bir eğri denklemi oluşturuldu. Bunu yapabilmek için 2.5 ml'deki fluorür (μg) miktarı "X", alette okunan fluorür iyon aktivitesi (mV) ise "Y" parametresi olarak alındı (Tablo 2). "X" parametresinin logaritmik değerleri alınarak yarı logaritmik grafik kağıdı yerine, normal bir grafik kağıdı kullanılarak azalan doğrusal fonksiyon elde edildi (Grafik 1). Standart çözeltilerin fluorür konsantrasyonları (Log X) ve alette okunan mV cinsinden iyon aktivitesi (Y) bilindiğinden ikisi arasında bir regresyon denklemi kuruldu. Standart çözeltilerin

hazırlanmasında bir hata olup olmadığı korelasyon katsayısının (r) anlamlı olmasına bağlı olduğu için önce "r" değeri hesaplandı ve anlamlı olduğu anlaşılınca "a" ve "b" değerleri bulundu. Böylece standart çözeltilerdeki fluorür miktarı ile fluorür iyon aktivitesinin matematiksel olarak ilişkisini gösteren doğrusal fonksiyon ve $Y = a \log X + b$ denklemi kurulmuş oldu.

Asit uygulaması ile sementten ayrılan fluorür miktarı, 500 μ l çalkalama çözeltilisine 2 ml 0.5 M Na_3 -sitrat ilave edilerek alette iyon aktivitesinin doğrudan okunması ile saptandı. Alette okunan değerler "Y" olduğuna göre daha önce elde edilen denklemde bu değerler yerine kondu ve bulunan "Log X"lerin antilogaritmaları alınarak gerçek fluorür konsantrasyonları, "X", hesaplandı.

Örneklerde fosfat tayini

Fosfat tayini Taussky ve Shorr yöntemine(77) göre yapıldı. Buna göre, çalkalama çözeltilisinden alınan 300 μ l örneğe 2 ml demir sülfat ve amonyum molibdat renk ayırıcı ilave edildi. 20 dakika oda ısısında beklendikten sonra ayıraç körüne karşı spektrofotometrede 700 nm'de okunarak hesaplandı.

Asit uygulamasından sonra sementte oluşan poröz derinliğin hesaplanması

Sementten çözülen fosforun bulunması ile sementte oluşan poröz derinlik matematiksel yolla hesaplanabilmektedir. Hesaplama basit olarak

$$\text{Kütle} = \text{Hacim} \times \text{Yoğunluk} (M = V \times d)$$

formülüne göre yapılmaktadır.

Sementin yoğunluğu sabit olup 2.03 g/cm³ tür(6). Sementin kütlelerinin % 13'ünün fosfor olduğu bilinmektedir(54). Çözünen sementin kütlesi gram olarak

$$M(g) = P(mg) \times 1/1000 \times 100/13$$

formülüne göre hesap edilmektedir.

Çözünen bölgedeki lezyon derinliği ise şöyle hesaplanmaktadır:

Meydana getirilen lezyonda hacim (V) = alan x derinliğe eşittir. Alan ise bizim tarafımızdan yüzeye etiket yapıştırılarak önceden hazırlanmıştır. Şu halde asitle dağlama sonucu sementte oluşturulan poröz derinlik aşağıdaki formüle göre hesap edilebilir.

$$a(\text{cm}) = \frac{\text{mgP} \times \frac{1}{1000} \times \frac{100}{13}}{\text{Lezyon alanı} \times 2.03 \text{ g/cm}^3}$$

Sonuçta elde edilen değerler 10.000 ile çarpılarak μm cinsinden gösterilmiştir.

Çözünen sement derinliğinde fluorür miktarlarının hesaplanması:

İz element konsantrasyonları ppm olarak belirtildiği için sementten ayrılan ppm F şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\text{ppm F} = F \mu\text{g} / \text{sement g}$$

Araştırmanın istatistiksel değerlendirmesinde t-testinden yararlanıldı.

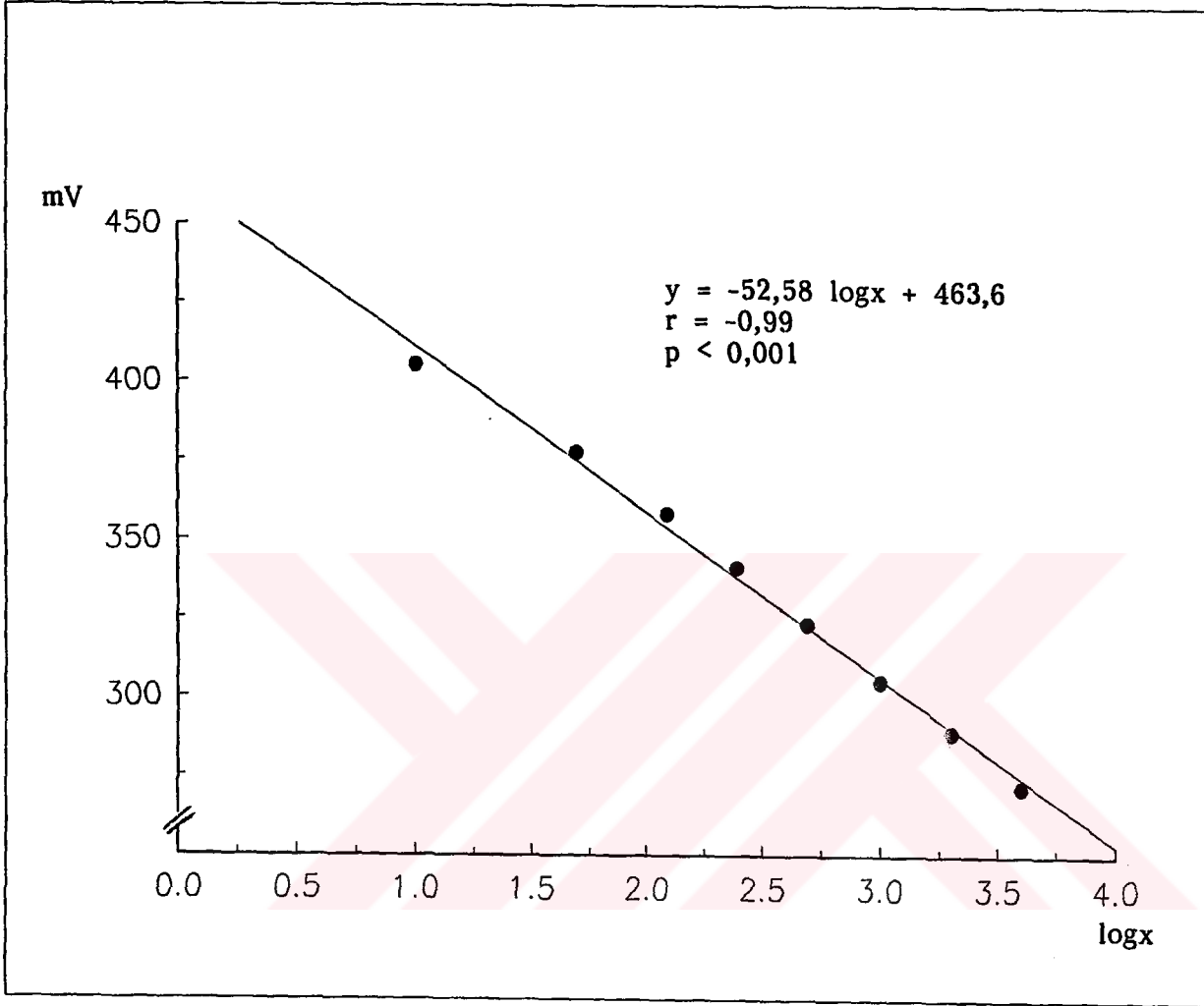
Tablo 1. Her grupta yapılan iz element ve fluorür uygulamaları

Grup No	Uygulamalar
1	5000 ppm F
2	1×10^{-1} M Al + 5000 ppm F
3	1×10^{-2} M Al + 5000 ppm F
4	1×10^{-3} M Al + 5000 ppm F
5	1×10^{-1} M Sr + 5000 ppm F
6	1×10^{-2} M Sr + 5000 ppm F
7	1×10^{-3} M Sr + 5000 ppm F
8	1×10^{-2} M Al + 1×10^{-2} M Sr + 5000 ppm F
9	1×10^{-1} M Al + 1×10^{-3} M Sr + 5000 ppm F
10	1×10^{-2} M Al + 1×10^{-3} M Sr + 5000 ppm F
11	1000 ppm F
12	1×10^{-1} M Al + 1000 ppm F
13	1×10^{-2} M Al + 1000 ppm F
14	1×10^{-3} M Al + 1000 ppm F
15	1×10^{-1} M Sr + 1000 ppm F
16	1×10^{-2} M Sr + 1000 ppm F
17	1×10^{-3} M Sr + 1000 ppm F
18	1×10^{-2} M Al + 1×10^{-2} M Sr + 1000 ppm F
19	1×10^{-1} M Al + 1×10^{-3} M Sr + 1000 ppm F
20	1×10^{-2} M Al + 1×10^{-3} M Sr + 1000 ppm F
21	Kontrol

Tablo 2. Fluorür çalışmasında standart çözeltilerin kullanılması ile "Y" ve "log X" değerlerinin elde edilmesi

Standart çözelti fluorür konsantrasyonları ($\mu\text{gF}^- / 2.5 \text{ ml}$) "X"	$\mu\text{g F}^- / 2500 \text{ ml}$ değerleri*	log X	Fluorür elektrodun verdiği değerler (mV) "Y"
0.01	10	1	405.3
0.05	50	1.69	377.3
0.125	125	2.09	358.1
0.25	250	2.39	341.1
0.5	500	2.69	323.1
1	1000	3	305.0
2	2000	3.3	288.8
4	4000	3.6	271.5

* "1" den küçük sayıların logaritmaları negatif olduğu için fluorür konsantrasyonları ve çözelti hacimleri 1000 ile çarpılarak hesaplar yapılmış, son değerlerden önce tüm sayılar 1000'e bölünmüştür.



Grafik 1. Standart çözeltiler kullanılarak florür iyon elektrodunun verdiği değerlerle (mV) elde edilen azalan doğrusal fonksiyon

B U L G U L A R

I. Sement Çözünürlüğüne İlişkin Bulgular

0.5 M HClO₄ ile 60 saniyelik iki ayrı uygulama sonucu sementte oluşan poröz derinlikler (7 diş ortalaması \pm standart sapma) Tablo 3 ve Grafik 2 ve 3'de gösterilmiştir. Tabloya genel olarak bakıldığında bütün gruplarda standart sapmaların yüksek olduğu görölmektedir. 4., 5., 6., 7., 8., 9., 11., 13., 15., 17., 19 ve 21. gruplarda ikinci asit uygulaması sonucu sementte oluşan poröz derinlikler birinci asit uygulamasına göre daha azdır. 1., 2., 10., 12., 18. ve 20. gruplarda ikinci asit uygulaması sonucu sementte oluşan poröz derinlikler birinci asit uygulamasına göre daha yüksektir. 3., 14. ve 16. gruplarda ise her iki asit uygulaması sonucu sementle oluşan poröz derinlikler aynı düzeydedir.

A. Birinci asit uygulaması sonucu sementte oluşan poröz derinlik değerlerinin karşılaştırılması

Kontrol grubu olarak alınan 21. grubun ortalama değerı ile florür ve iz element çözeltileri uygulanan deney gruplarının ortalama değerleri istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır (Tablo 4). Sement yüzeyine 5000 ppm F uygulandığında (Grup 1) sementin asit karşıısında çözünürlüğü anlamlı olarak azalmaktadır ($p < 0.05$) (Grafik 4). 1×10^{-1} M Al ve 5000 ppm F sement yüzeyine birlikte uygulandığında (Grup 2) çözünme anlamlı ola-

arak azalmaktadır ($p < 0.02$). Alüminyum konsantrasyonunun 1×10^{-2} M'a düşmesi (Grup 3) yine çözünmeyi anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.05$), ancak konsantrasyon 1×10^{-3} M olduğunda (Grup 4) sement çözünmesi değişmemektedir ($p > 0.05$) (Grafik 5).

Stronsiyum ve 5000 ppm F'ün birlikte uygulandığı gruplarda (Grup 5, 6, 7) asit karşısında sement çözünmesi değişmemektedir (Grafik 6).

1×10^{-2} M Al ve 1×10^{-2} M Sr'un 5000 ppm F ile birlikte uygulandığı 8. grupta sement çözünürlüğü anlamlı fark göstermemektedir ($p > 0.05$). Stronsiyum konsantrasyonu 1×10^{-3} M'a düştüğünde (Grup 10) çözünme anlamlı olarak azalmaktadır ($p < 0.01$). 1×10^{-1} M Al, 1×10^{-3} M Sr ve 5000 ppm F'ün birlikte uygulanması ile (Grup 9) sementin asit karşısında çözünmesi azalmaktadır ($p < 0.05$) (Grafik 7).

Sement yüzeyine 1000 ppm F uygulandığında (Grup 11) sementin asit karşısında çözünürlüğü farklılık göstermemektedir ($p > 0.05$) (Grafik 4). 1×10^{-1} M Al ve 1000 ppm F sement yüzeyine birlikte uygulandığında (Grup 12) çözünme değişmemektedir ($p > 0.05$). Ancak alüminyum konsantrasyonunun 1×10^{-2} M'a düşürüldüğü 13. grup ile 1×10^{-3} M'a düşürüldüğü 14. grupta sementteki çözünme anlamlı olarak azalmaktadır ($p < 0.05$ ve $p < 0.01$) (Grafik 8).

Stronsiyum ve 1000 ppm F'ün birlikte uygulandığı gruplarda durum alüminyum ve 1000 ppm F'ün birlikte uygulandığı gruplara benzerdir. 1×10^{-1} M Sr ve 1000 ppm F birlikte uygulandığı 15. grupta sementin asit karşısında çözünmesi değişmemekte ($p > 0.05$), stronsiyum konsantrasyonunun 1×10^{-2} M'a düştüğü 16. grup ve 1×10^{-3} M'a düştüğü 17. grupta çözünme anlamlı olarak değişmektedir ($p < 0.01$ ve $p < 0.05$) (Grafik 9).

1×10^{-2} M Al ve Sr'in 1000 ppm F ile birlikte uygulandığı 18. grupta sement çözünürlüğü anlamlı olarak azalmaktadır ($p < 0.05$). 1×10^{-1} M Al

ve 1×10^{-3} M Sr ve 1000 ppm F'ün birlikte uygulanması (Grup 19) ve bu üçlüde alüminyum konsantrasyonunun 1×10^{-2} M'a düşürüldüğü 20. grupta sementin asit karşısında çözünmesi anlamlı olarak azalmaktadır ($p < 0.01$) (Grafik 10).

Sement yüzeyine farklı konsantrasyonlarda florür ve iz element çözeltileri uygulandıktan sonra 60 saniyelik birinci asit uygulaması ile sementte oluşan poröz derinlik değerleri kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Tablo 5'de kendi aralarında karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark gösteren deney grupları görülmektedir. Sementin asit karşısında çözünmesini azaltan 5000 ppm F uygulaması (Grup 1) ile çözünmeyi değiştirmeyen 1000 ppm F uygulaması (Grup 11) arasında anlamlı fark yoktur ($p > 0.05$) (Grafik 4).

Alüminyum ve 5000 ppm F'ün birlikte uygulandığı 2., 3. ve 4. gruplar birbirleri ile karşılaştırıldığında anlamlı farklar bulunamamıştır (Grafik 5).

1×10^{-2} M Sr ve 1×10^{-3} M Sr'un 5000 ppm F ile birlikte uygulanması (Grup 6 ve 7), bunlardan daha yüksek konsantrasyonda olan stronsiyum çözeltilisinin (1×10^{-1} M) 5000 ppm F ile birlikte uygulandığı 5. gruba göre çözünmeyi anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.05$) (Grafik 6).

Alüminyum, stronsiyum ve 5000 ppm F'ün birlikte uygulandığı 8., 9. ve 10. gruplar arasındaki farklar anlamsızdır (Grafik 7).

1×10^{-3} M Al ve 1000 ppm F uygulaması (Grup 14), 1×10^{-1} M Al ve 1000 ppm F uygulamasına göre (Grup 12) sementin asit karşısında çözünmesini azaltmaktadır ($p < 0.05$). Alüminyum konsantrasyonu 1×10^{-2} M olduğunda (Grup 13) 1×10^{-3} M Al kullanılan gruba göre çözünme değişmemektedir (Grafik 8).

1×10^{-2} M Sr ile 1000 ppm F'ün birlikte uygulanması (Grup 16)

1×10^{-1} M Sr ve 1000 ppm F uygulanan 15. gruba göre çözünmeyi anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.01$). Ancak 1×10^{-3} M Sr ve 1000 ppm F ün birlikte uygulandığı 17. grup ile 1×10^{-1} M ve 1×10^{-2} M Sr'un 1000 ppm F ile birlikte uygulandığı 15. ve 16. grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunamamıştır (Grafik 9).

1×10^{-2} M Al, 1×10^{-3} M Sr ve 1000 ppm F uygulaması (Grup 20) stronsiyum konsantrasyonunun 10 kat yükseltildiği 1×10^{-2} M Al, 1×10^{-2} M Sr ve 1000 ppm F uygulamasına göre (Grup 18) sement çözünmesini azaltmaktadır ($p < 0.05$). 1000 ppm F ile birlikte değişik konsantrasyonlarda alüminyum ve stronsiyum uygulanan üçlü gruplar arasındaki diğer karşılaştırmalarda anlamlı sonuçlar alınamamıştır (Grafik 10).

1×10^{-1} M Al un 5000 ppm F ile birlikte uygulanması (Grup 2), 1000 ppm F ile birlikte uygulanmasına göre (Grup 12) çözünürlüğü azaltmaktadır ($p < 0.05$). 1×10^{-2} M ve 1×10^{-3} M Al, 5000 ppm F ve 1000 ppm F ile birlikte kullanıldığında aralarındaki farklar anlamsızdır.

1×10^{-1} M Sr, 1000 ppm F ile birlikte uygulandığında (Grup 15), 1×10^{-1} M Sr ve 5000 ppm F'ün birlikte uygulanmasına göre (Grup 5) sementin asit karşısında çözünmesini azaltmaktadır ($p < 0.02$). Stronsiyum konsantrasyonunun 10 kat düşürüldüğü 6. ve 16. gruplarda da durum aynıdır ($p < 0.001$), ancak konsantrasyon 100 kez düşürüldüğünde anlamlı fark oluşmamaktadır ($p > 0.05$).

5000 ppm F'un değişik konsantrasyonlarda alüminyum ve stronsiyumla birlikte uygulandığı 8., 9. ve 10. gruplar ile 1000 ppm F'un değişik konsantrasyonlarda alüminyum ve stronsiyumla birlikte uygulandığı 18., 19. ve 20. gruplar arasında yapılan istatistiksel karşılaştırmalarda anlamlı farklar bulunamamıştır.

1×10^{-1} M Al'un 5000 ppm F ile birlikte semente uygulanması (Grup 2) 1×10^{-1} M Sr'un 5000 ppm F ile birlikte uygulanmasına göre

(Grup 5) sement çözünmesini anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.01$). Aynı şekilde 1×10^{-2} M Al'un 5000 ppm F ile birlikte uygulanması (Grup 3) aynı konsantrasyondaki stronsiyumla birlikte uygulanmasına göre (Grup 6) çözünmeyi azaltmaktadır ($p < 0.05$). İz element konsantrasyonlarının 1×10^{-3} M'a düşürüldüğü 4. ve 7. gruplar arasında anlamlı fark bulunamamıştır.

1×10^{-2} M Sr'un 1000 ppm F ile birlikte semente uygulanması (Grup 16), 1×10^{-2} M Al'un 1000 ppm F ile birlikte uygulanmasına göre (Grup 13) sement çözünmesini anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.02$). Eser element konsantrasyonlarının 1×10^{-1} M ve 1×10^{-3} M olduğu 12., 14., 15. ve 17. gruplar arasında anlamlı farklar bulunamamıştır.

1×10^{-2} M Al, 1×10^{-3} M Sr ve 1000 ppm F'ün semente birlikte uygulanması (Grup 20) 1×10^{-2} M Al'un 1000 ppm F ile birlikte uygulanmasına göre (Grup 13) çözünmeyi anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.05$). 1×10^{-2} M Sr, 1000 ppm F ile birlikte uygulandığında (Grup 16) 1×10^{-2} M Al ve Sr'un 1000 ppm F ile birlikte uygulanmasına göre (Grup 18) sement çözünmesini anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.05$).

B. İkinci asit uygulaması sonucu sementte oluşan poröz derinlik değerlerinin karşılaştırılması

60 saniyelik ikinci asit uygulamasında, kontrol grubu olarak alınan 21. grubun poröz derinlik değerleri ile fluorür ve iz element çözeltileri uygulanan deney gruplarının ortalama değerleri istatistiksel olarak karşılaştırıldı (Tablo 6) (Grafik 3). Sement yüzeyine 5000 ppm F uygulandığında (Grup 1) sementin asit karşısında çözünürlüğü kontrol grubuna göre değişmemektedir ($p > 0.05$) (Grafik 4).

Aluminyum çözeltilerinin 5000 ppm F ile birlikte uygulandığı 2., 3. ve 4. gruplarda sement çözünmesi değişmemektedir ($p > 0.05$) (Grafik 5).

Stronsiyumun 1×10^{-1} M ve 1×10^{-2} M lik çözeltilerinin 5000 ppm F ile birlikte uygulanması (Grup 5 ve 6) kontrol grubuna göre sementteki çözünmeyi anlamlı olarak azaltmamıştır ($p > 0.05$). Ancak stronsiyum konsantrasyonunun 1×10^{-3} M'a düşürüldüğü 7. grupta çözünme anlamlı olarak azalmaktadır ($p < 0.05$) (Grafik 6).

8., 9. ve 10. gruplarda alüminyum, stronsiyum ve 5000 ppm F sement yüzeyine birlikte uygulanmıştır. Bu üç uygulama sementin asit karşısında çözünmesini anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.05$) (Grafik 7).

Sement yüzeyine 1000 ppm F uygulandığında (Grup 11) sementin asit karşısında çözünürlüğü farklılık göstermemektedir ($p > 0.05$) (Grafik 4). 1×10^{-1} M Al ve 1000 ppm F birlikte uygulandığında (Grup 12) çözünme yine değişmemektedir ($p > 0.05$). Ancak alüminyum konsantrasyonunun 1×10^{-2} M'a düşürüldüğü 13. grup ile 1×10^{-3} M'a düşürüldüğü 14. grupta sementteki çözünme anlamlı olarak azalmaktadır ($p < 0.05$ ve $p < 0.02$) (Grafik 8).

Stronsiyum ve 1000 ppm F'ün birlikte uygulandığı gruplarda (Grup 15, 16 ve 17) sementin asit karşısında çözünmesi anlamlı olarak azalmaktadır ($p < 0.05$, $p < 0.01$ ve $p < 0.05$) (Grafik 9).

1×10^{-1} M Al ve 1×10^{-3} M Sr'un 1000 ppm F ile birlikte sement yüzeyine uygulanması (Grup 19) asit karşısında çözünmeyi anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.01$). Alüminyum konsantrasyonunun 1×10^{-2} M'a düşürülmesi (Grup 20) çözünmeyi kontrol grubuna göre değiştirmemektedir ($p > 0.05$). 1×10^{-2} M Al ve Sr'un 1000 ppm F le birlikte uygulandığı 18. grupta sementin asit karşısında çözünmesini değiştirmemiştir ($p > 0.05$) (Grafik 10).

Sement yüzeyine farklı konsantrasyonlarda florür ve iz element çözeltileri uygulandıktan sonra 60 saniyelik ikinci asit uygulaması ile sementte oluşan poröz derinlik değerleri kendi aralarında karşılaştırılmış-

tır. Tablo 7’de kendi aralarında karşılaştırıldığında anlamlı fark gösteren deney grupları görülmektedir. Semente 5000 ve 1000 ppm F uygulamaları (Grup 1 ve 11) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır (Grafik 4).

Aluminyum ve 5000 ppm F’ün birlikte uygulandığı 2., 3. ve 4. gruplar birbirleriyle karşılaştırıldığında anlamlı farklar bulunamamıştır (Grafik 5).

1×10^{-2} M Sr ve 1×10^{-3} M Sr’un 5000 ppm F ile birlikte uygulanması (Grup 6 ve 7), bunlardan daha yüksek konsantrasyonda olan stronsiyum çözültisinin (1×10^{-1} M) 5000 ppm F ile birlikte uygulandığı 5. gruba göre çözünmeyi anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.05$ ve $p < 0.01$) (Grafik 6).

Aluminyum, stronsiyum ve 5000 ppm F’ün birlikte uygulandığı 8., 9. ve 10. gruplar arasındaki farklar anlamsızdır (Grafik 7).

1×10^{-2} M ve 1×10^{-3} M Al’un 1000 ppm F ile birlikte uygulandığı 13. ve 14. gruplar, 1×10^{-1} M Al ve 1000 ppm F uygulamasına göre (Grup 12) çözünmeyi azaltmaktadır ($p < 0.05$ ve $p < 0.02$) (Grafik 8).

Stronsiyum ve 1000 ppm F’ün birlikte uygulandığı 15, 16 ve 17 gruplar arasında yapılan karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunamamıştır (Grafik 9). Aluminyum, stronsiyum ve 1000 ppm F’ün birlikte kullanıldığı 18., 19. ve 20. gruplar arasındaki karşılaştırmalarda da anlamlı farklar bulunamamıştır (Grafik 10).

Aluminyum ile 5000 ve 1000 ppm F’ün birlikte uygulandığı 2., 3., 4., 12., 13. ve 14. gruplar arasındaki karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunamamıştır.

1×10^{-1} M Sr ve 1000 ppm F uygulaması (Grup 15), 1×10^{-1} M Sr ve 5000 ppm F uygulamasına göre sementte çözünmeyi anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.01$). 1×10^{-2} M Sr ve 1000 ppm F uygulaması (Grup 16)

1×10^{-2} M Sr ve 5000 ppm F uygulamasına göre (Grup 6) sementte çözünmeyi anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.001$). Ancak 1×10^{-3} M Sr un 5000 ve 1000 ppm F ile birlikte uygulanması (Grup 7 ve 17) arasında anlamlı fark yoktur.

1×10^{-1} M Al ile 5000 ppm F'ün birlikte uygulandığı 2. grup 1×10^{-1} M Sr ve 5000 ppm F uygulanan 5. gruba göre çözünmeyi anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.01$). İz element konsantrasyonlarının 1×10^{-2} ve 1×10^{-3} M'a düşürüldüğü 3., 4., 6. ve 7. gruplar arasında anlamlı farklar bulunamamıştır.

1×10^{-1} M Sr ve 1000 ppm F'ün birlikte uygulandığı 15. grup, 1×10^{-1} M Al ve 1000 ppm F uygulanan 12. gruba göre çözünmeyi azaltmaktadır ($p < 0.05$). İz element konsantrasyonlarının 1×10^{-2} M'a düşürüldüğü 13. ve 16. gruplar arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0.05$). Ancak iz element konsantrasyonunun 1×10^{-3} M'a düşürüldüğü 14. ve 17. gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır.

1×10^{-2} M Al, 1×10^{-2} M Sr ve 5000 ppm F'ün semente birlikte uygulanması (Grup 8) 1×10^{-2} Sr ve 5000 ppm F uygulamasına göre (Grup 6) çözünmeyi anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.02$). 1×10^{-1} M Al, 1×10^{-3} M Sr ve 1000 ppm F uygulaması (Grup 19), 1×10^{-1} M Al ve 1000 ppm F uygulamasına göre (Grup 12) çözünmeyi anlamlı olarak azaltmaktadır ($p < 0.05$).

Tablo 3. 0.5 M HClO₄ ile 60 saniyelik iki ayrı uygulama sonucu sementte meydana gelen poröz derinlikler

Grup No ^a	60 saniyelik birinci asit uygulama sonunda sementte saptanan poröz derinlikler(μm) ^b	60 saniyelik ikinci asit uygulama sonunda sementte saptanan poröz derinlikler (μm) ^b
1	16.62±9.84	17.75±8.18
2	9.81±3.35	14.20±10.39
3	15.39±13.26	15.05±10.85
4	20.96±17.82	18.67±13.55
5	72.06±43.53	44.33±21.19
6	30.48±7.97	23.41±6.43
7	29.54±21.82	15.40±7.32
8	19.64±15.68	11.00±9.62
9	17.91±8.39	14.45±5.04
10	11.20±7.17	13.10±9.92
11	23.66±16.14	18.70±9.37
12	24.97±12.65	26.44±12.46
13	16.34±8.24	13.83±6.02
14	11.14±9.09	11.00±7.43
15	20.55±10.99	13.67±7.95
16	7.25±2.82	7.19±3.43
17	14.37±11.46	12.63±8.77
18	18.19±11.02	27.52±23.51
19	12.25±3.69	10.02±2.10
20	8.73±3.12	14.99±10.11
21	40.13±23.03	27.94±12.71

^a Her gruptaki uygulama Tablo 1'de gösterilmiştir.

^b 7 örnek ortalaması ± standart sapma

Tablo 4. 60 saniyelik birinci asit uygulaması sonunda deney gruplarında saptanan poröz derinlik değerlerinin kontrol grubu değerleri ile istatistiksel olarak karşılaştırılması

Karşılaştırılan gruplar ^a	t-değeri	Anlamlılık
Grup 1-Kontrol	2.483	p<0.05
Grup 2-Kontrol	2.882	p<0.02
Grup 3-Kontrol	2.313	p<0.05
Grup 4-Kontrol	1.737	p>0.05
Grup 5-Kontrol	1.715	p>0.05
Grup 6-Kontrol	1.047	p>0.05
Grup 7-Kontrol	0.882	p>0.05
Grup 8-Kontrol	1.945	p>0.05
Grup 9-Kontrol	2.397	p<0.05
Grup 10-Kontrol	3.172	p<0.01
Grup 11-Kontrol	1.465	p>0.05
Grup 12-Kontrol	1.526	p>0.05
Grup 13-Kontrol	2.572	p<0.05
Grup 14-Kontrol	3.096	p<0.01
Grup 15-Kontrol	2.029	p>0.05
Grup 16-Kontrol	3.690	p<0.01
Grup 17-Kontrol	2.477	p<0.05
Grup 18-Kontrol	2.273	p<0.05
Grup 19-Kontrol	3.161	p<0.01
Grup 20-Kontrol	3.573	p<0.01

^aHer gruptaki uygulama Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 5. 60 saniyelik birinci asit uygulaması sonunda, deney grupları arasında poröz derinlik değerlerinin karşılaştırılmasında anlamlı farklılık gözlenen gruplar

Karşılaştırılan Grup No ^{a,b}	t-değeri	Anlamlılık
6-5	2.487	p<0.05
7-5	2.309	p<0.05
14-12	2.300	p<0.05
16-15	3.099	p<0.01
20-18	2.185	p<0.05
2-12	2.581	p<0.05
15-5	3.034	p<0.02
16-6	7.269	p<0.001
2-5	3.146	p<0.01
3-6	2.530	p<0.05
16-13	2.760	p<0.02
20-13	2.286	p<0.05
16-18	2.543	p<0.05

^a Her gruptaki uygulama Tablo 1'de gösterilmiştir.

^b Karşılaştırmalarda ilk belirtilen rakamlar daha az çözünürlük gözlenen grupları göstermektedir.

Tablo 6. 60 saniyelik ikinci asit uygulaması sonunda deney gruplarında saptanan poröz derinlik değerlerinin kontrol grubu değerleri ile istatistiksel olarak karşılaştırılması

Karşılaştırılan Gruplar ^a	t-değeri	Anlamlılık
Grup 1- Kontrol	1.683	p>0.05
Grup 2- Kontrol	2.109	p>0.05
Grup 3- Kontrol	2.04	p>0.05
Grup 4- Kontrol	1.319	p>0.05
Grup 5- Kontrol	1.754	p>0.05
Grup 6- Kontrol	0.841	p>0.05
Grup 7- Kontrol	2.216	p<0.05
Grup 8- Kontrol	2.281	p<0.05
Grup 9- Kontrol	2.611	p<0.05
Grup 10- Kontrol	2.435	p<0.05
Grup 11- Kontrol	1.549	p>0.05
Grup 12- Kontrol	0.223	p>0.05
Grup 13- Kontrol	2.655	p<0.05
Grup 14- Kontrol	3.044	p<0.02
Grup 15- Kontrol	2.519	p<0.05
Grup 16- Kontrol	3.857	p<0.01
Grup 17- Kontrol	2.624	p<0.05
Grup 18- Kontrol	0.042	p>0.05
Grup 19- Kontrol	3.681	p<0.01
Grup 20- Kontrol	2.109	p>0.05

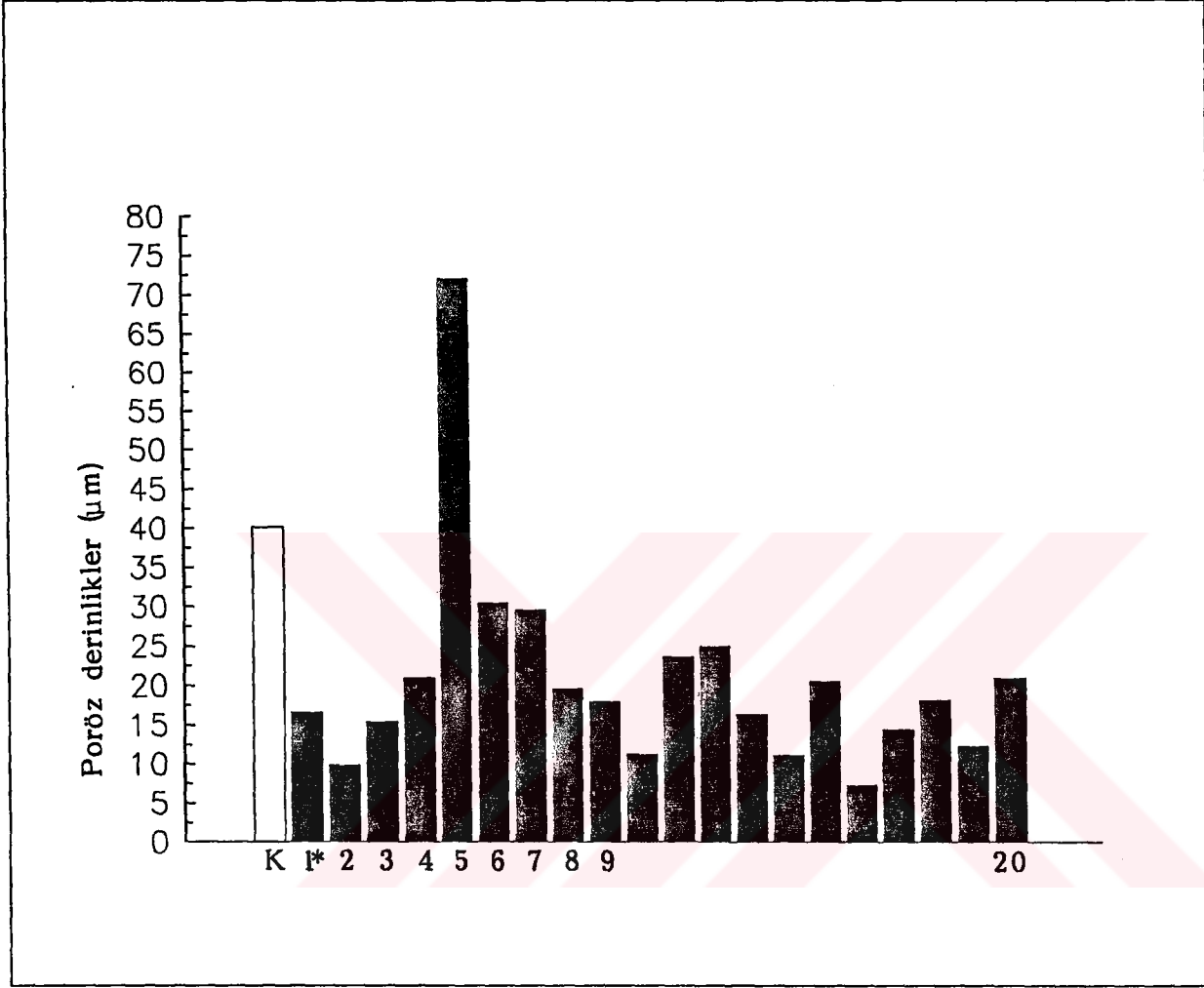
^a Her gruptaki uygulama Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 7. 60 saniyelik ikinci asit uygulaması sonunda, deney grupları arasında poröz derinlik değerlerinin karşılaştırılmasında anlamlı farklılık gözlenen gruplar

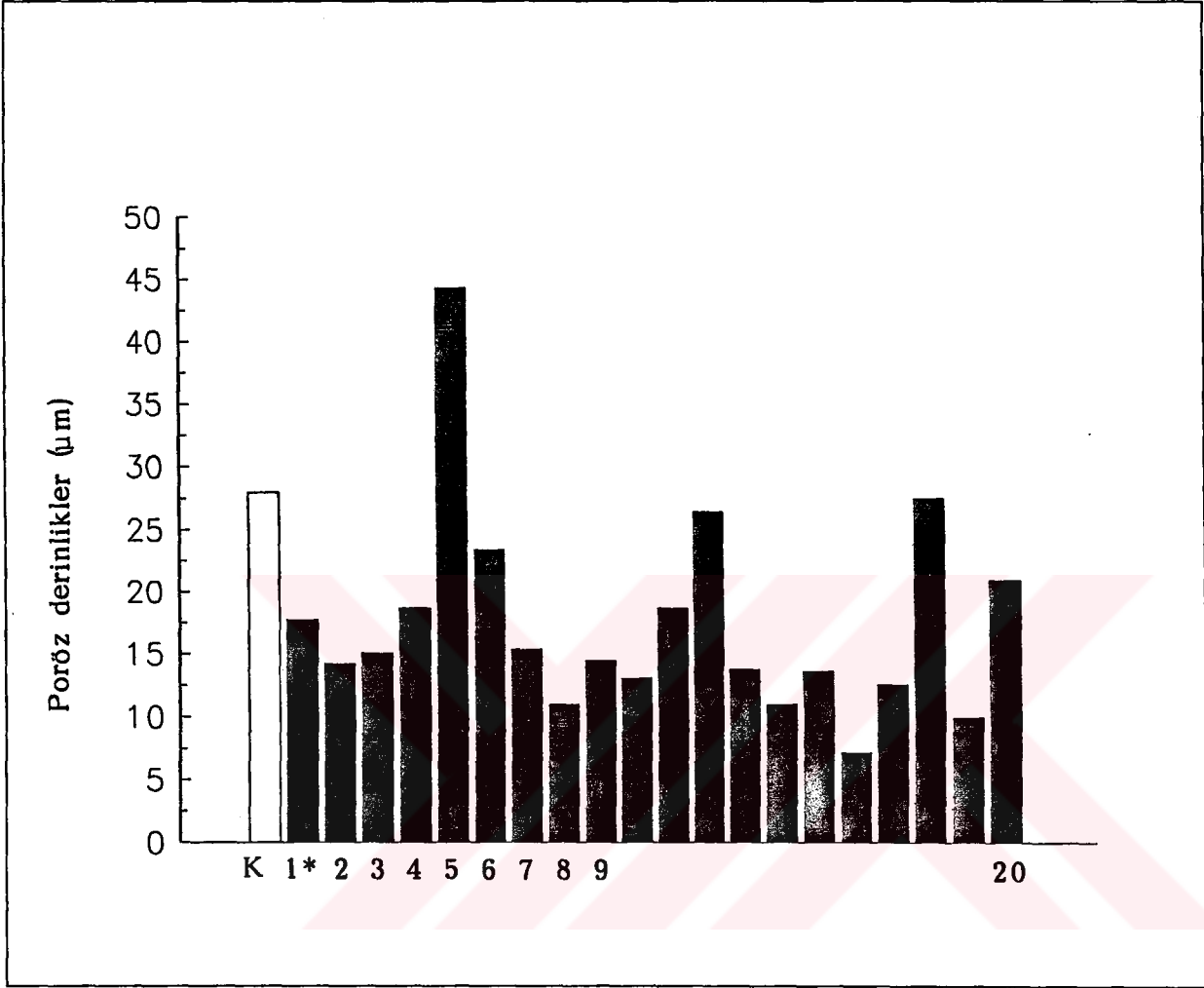
Karşılaştırılan Grup No ^{a,b}	t-değeri	Anlamlılık
6-5	2.498	p<0.05
7-5	3.168	p<0.01
13-12	2.410	p<0.05
14-12	2.814	p<0.02
15-5	3.583	p<0.01
16-6	5.514	p<0.001
2-5	3.157	p<0.01
15-12	2.285	p<0.05
16-13	2.377	p<0.05
8-6	2.836	p<0.02
19-12	3.436	p<0.05

^a Her gruptaki uygulama Tablo 1'de gösterilmiştir.

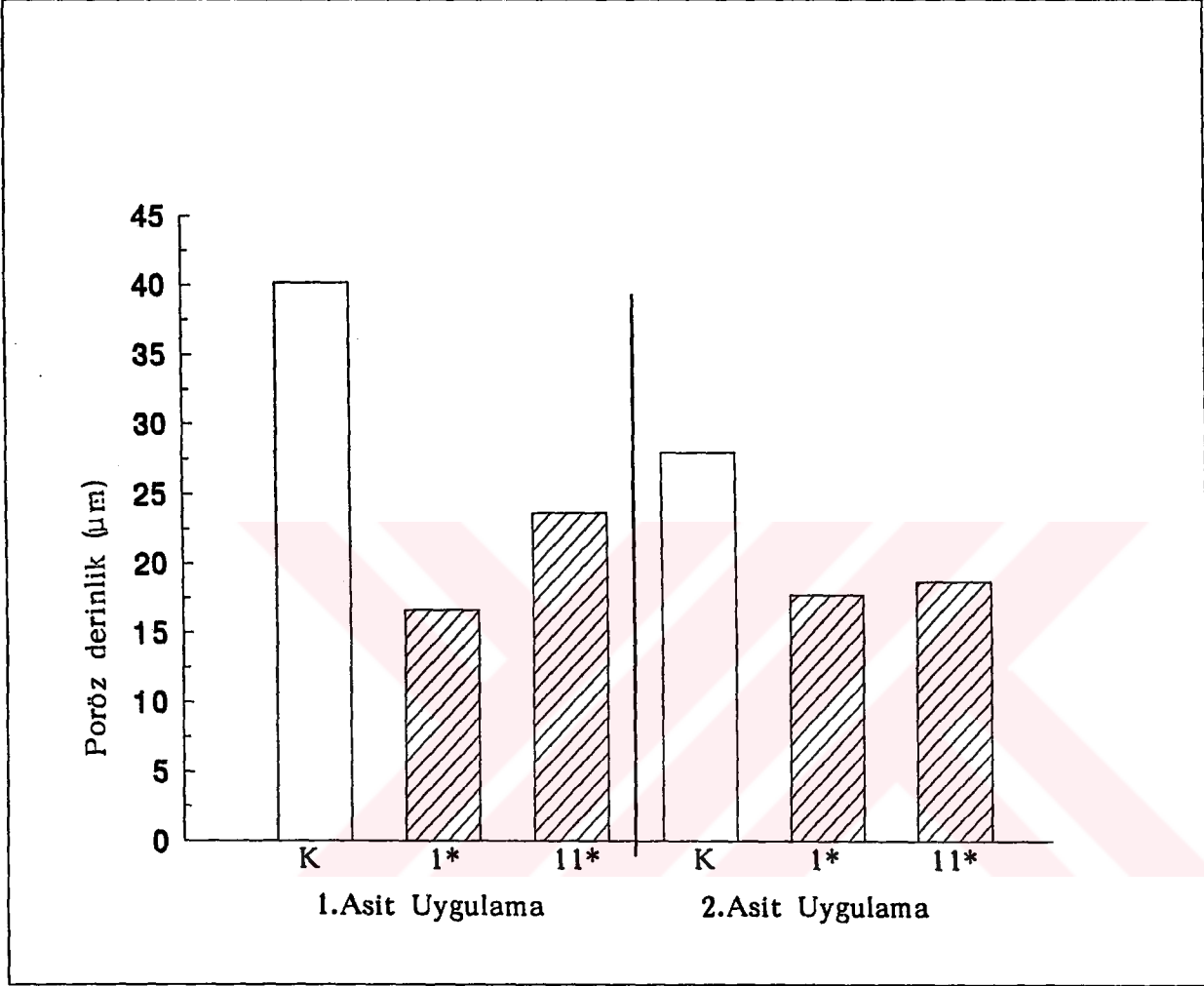
^b Karşılaştırmalarda ilk belirtilen rakamlar daha az çözünürlük gözlenen grupları göstermektedir.



Grafik 2. Çeşitli konsantrasyonlardaki iz element ve fluorür uygulamalarından sonra 60 saniyelik birinci asitleme sonucu sementte oluşturulan poröz derinlikler (K: Kontrol grubu, *Grup No)



Grafik 3. Çeşitli konsantrasyonlardaki iz element ve fluorür uygulamalarından sonra 60 saniyelik ikinci asitleme sonucu sementte oluşturulan poröz derinlikler (K: Kontrol grubu, *Grup No)



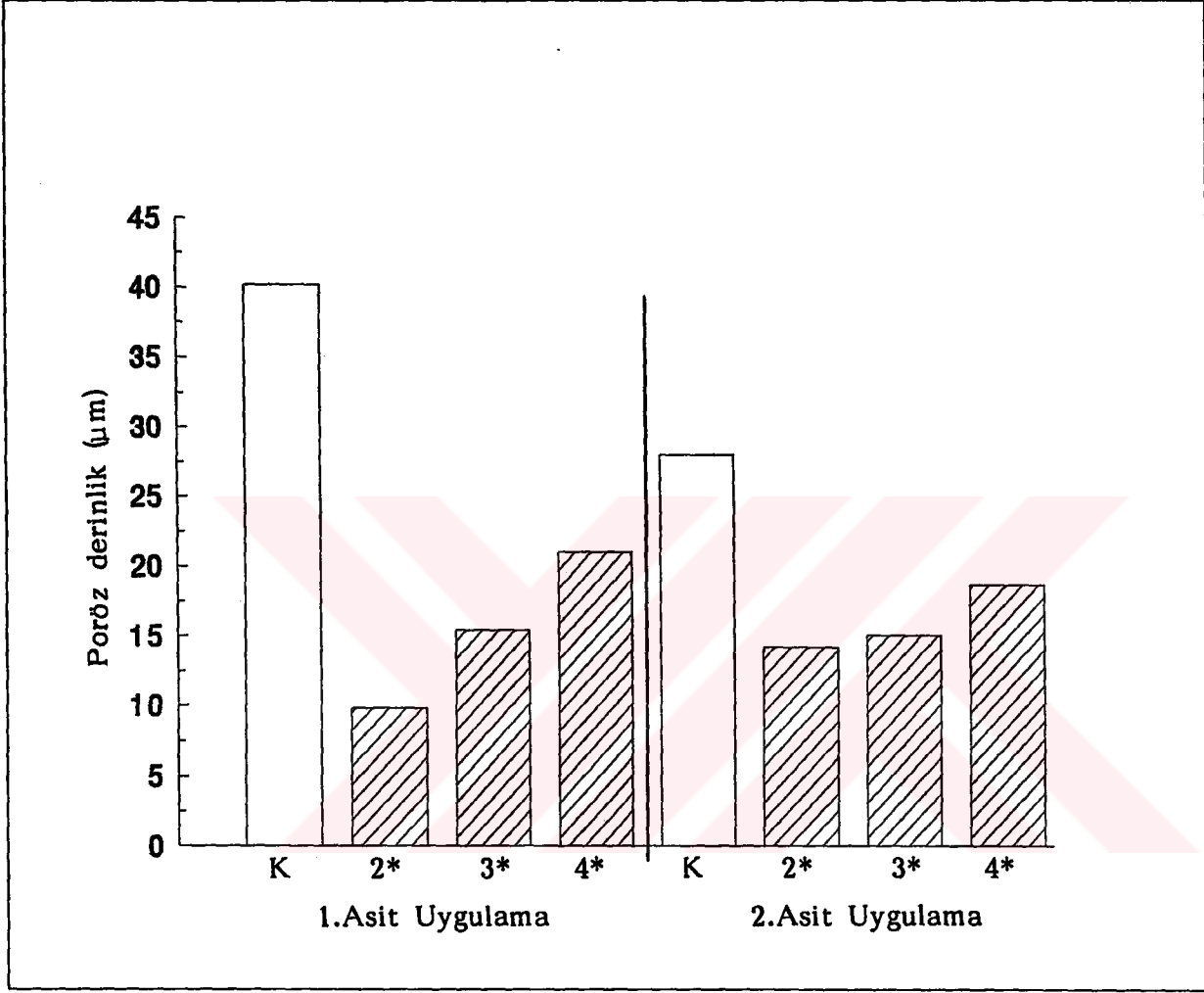
Grafik 4. 5000 ppm F ve 1000 ppm F'lik çözeltilerin uygulanmasından sonra asitleme ile sement yüzeyinde oluşturulan poröz derinlikler

K: Kontrol grubu

*** Grup No**

Grup 1: 5000 ppm F

Grup 11:1000 ppm F



Grafik 5. 5000 ppm F ve farklı konsantrasyonlarda Alüminyum çözeltileri uygulanmasından sonra asitleme ile sement yüzeyinde oluşturulan poröz derinlikler

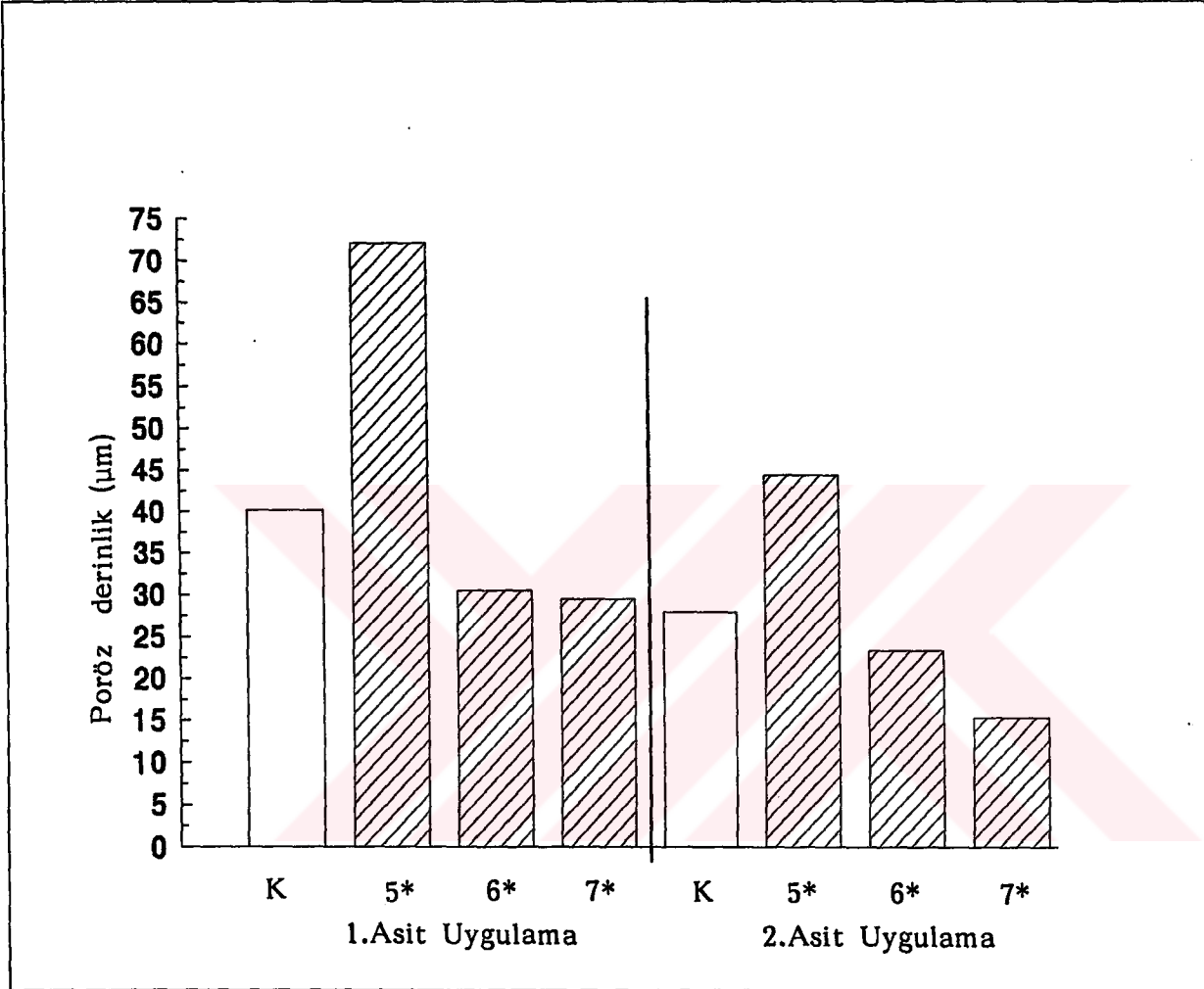
K: Kontrol grubu

*Grup No

Grup 2: 1×10^{-1} M Al + 5000 ppm F

Grup 3: 1×10^{-2} M Al + 5000 ppm F

Grup 4: 1×10^{-3} M Al + 5000 ppm F



Grafik 6. 5000 ppm F ve farklı konsantrasyonlarda stronsiyum çözeltileri uygulanmasından sonra asitleme ile sement yüzeyinde oluşturulan poröz derinlikler

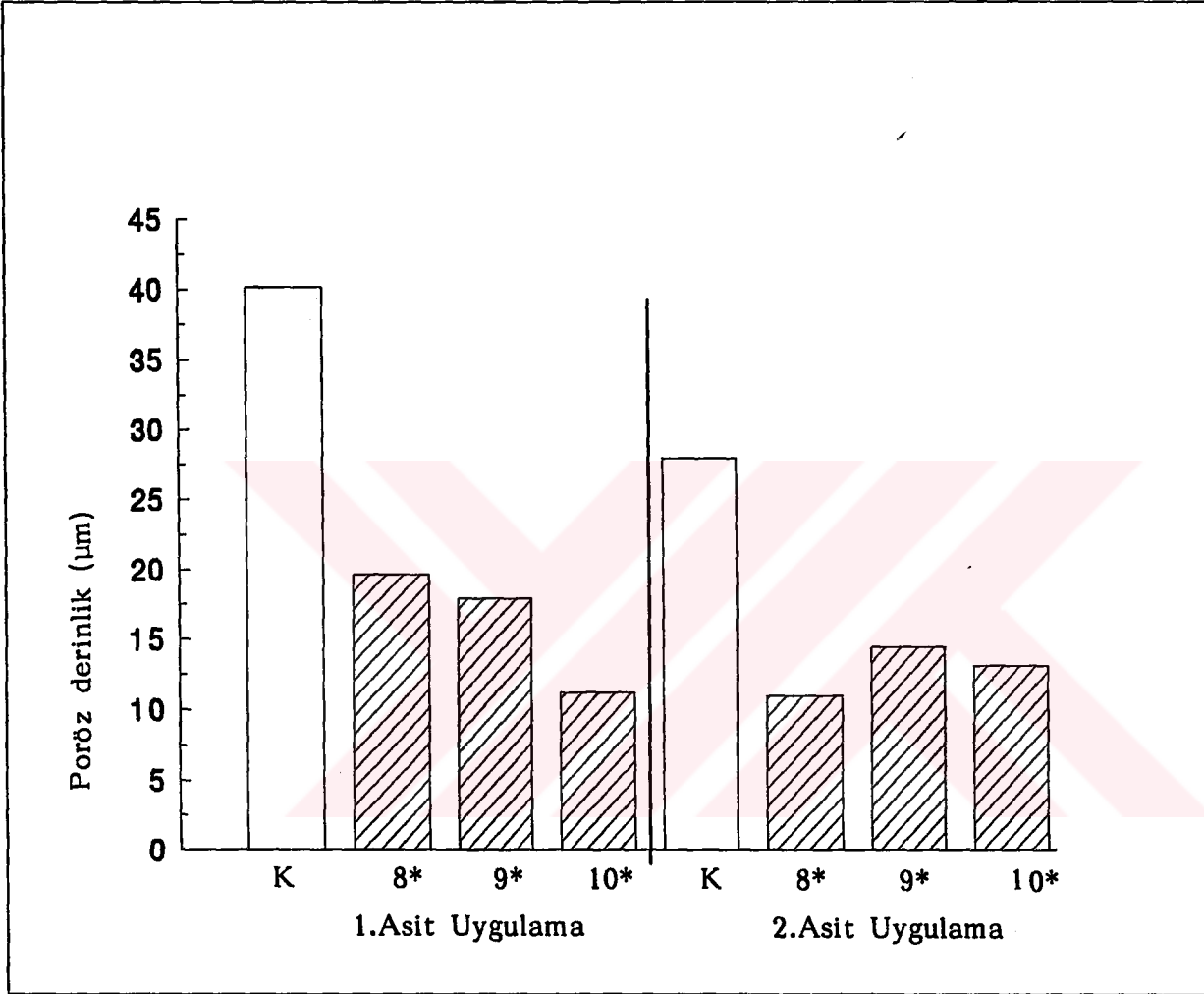
K: Kontrol grubu

***Grup No**

Grup 5: 1×10^{-1} M Sr + 5000 ppm F

Grup 6: 1×10^{-2} M Sr + 5000 ppm F

Grup 7: 1×10^{-3} M Sr + 5000 ppm F



Grafik 7. 5000 ppm F ile farklı konsantrasyonlarda alüminyum ve stronsiyum çözeltileri uygulanmasından sonra asitleme ile sementte oluşturulan poröz derinlikler

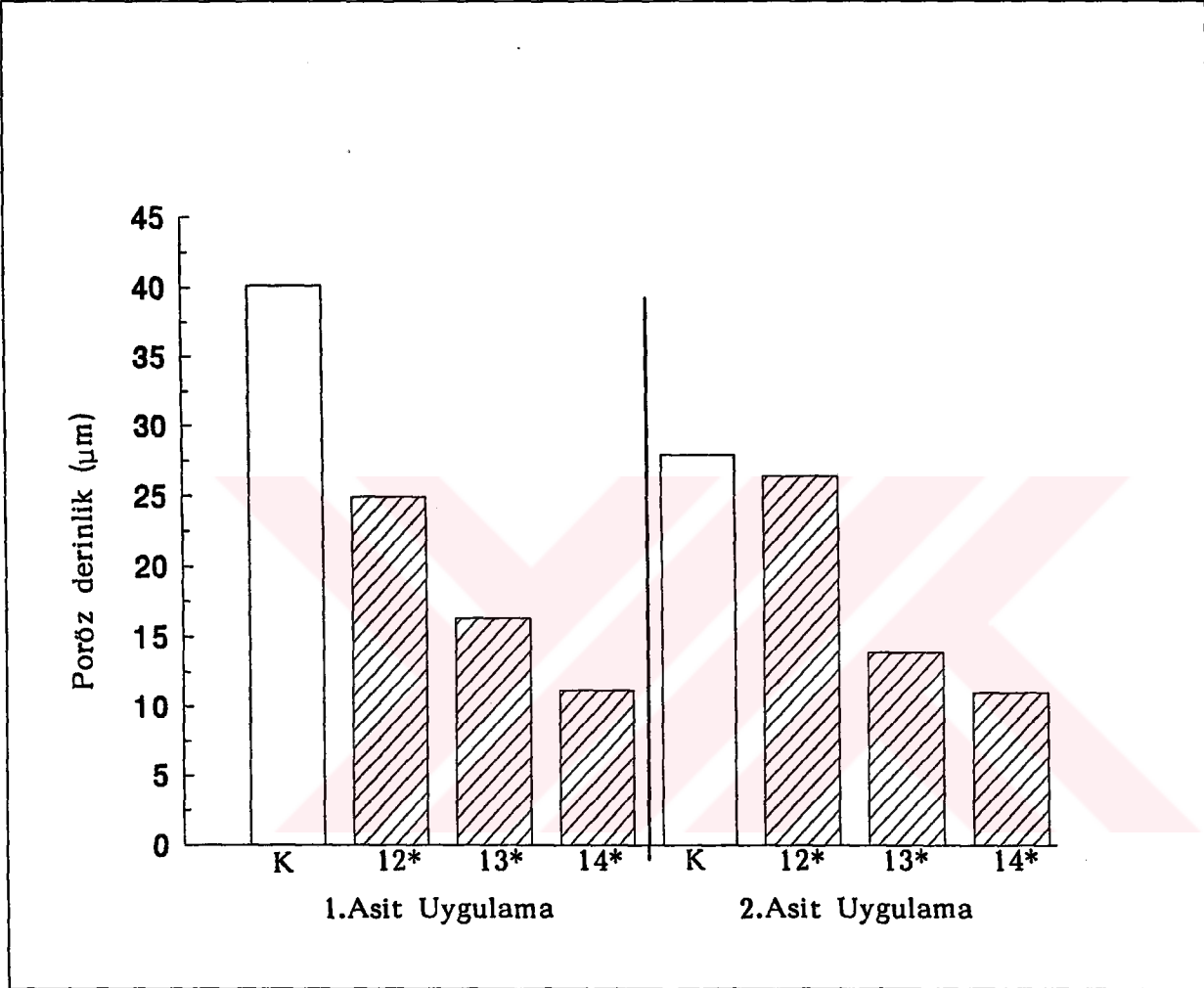
K: Kontrol

***Grup No**

Grup 8: 1×10^{-2} M Al + 1×10^{-2} M Sr + 5000 ppm F

Grup 9: 1×10^{-1} M Al + 1×10^{-3} M Sr + 5000 ppm F

Grup 10: 1×10^{-2} M Al + 1×10^{-3} M Sr + 5000 ppm F



Grafik 8. 1000 ppm F ve farklı konsantrasyonlarda alüminyum çözeltileri uygulanmasından sonra asitleme ile sementte oluşturulan poröz derinlikler

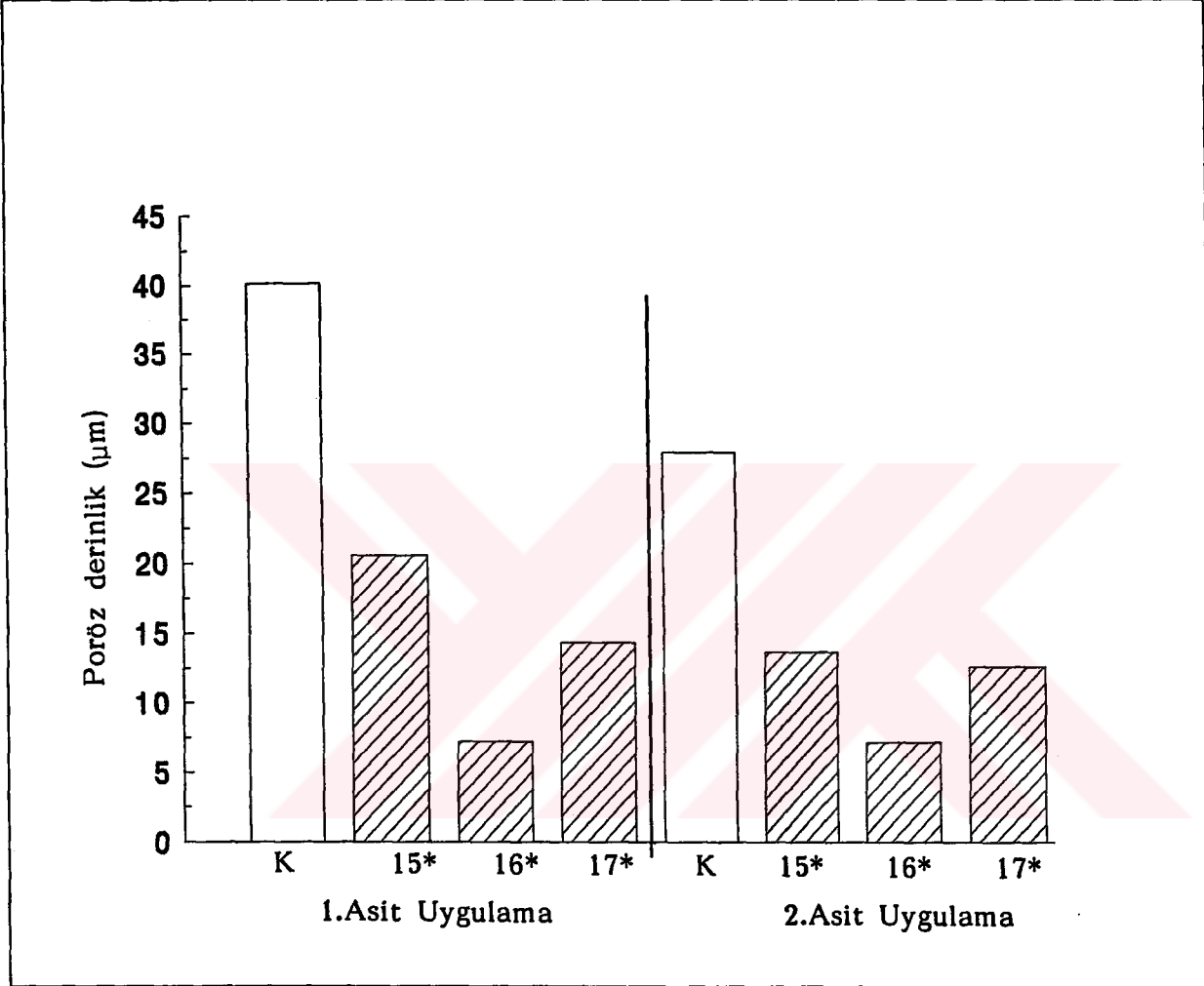
K: Kontrol grubu

***Grup No**

Grup 12: 1×10^{-1} M Al + 1000 ppm F

Grup 13: 1×10^{-2} M Al + 1000 ppm F

Grup 14: 1×10^{-3} M Al + 1000 ppm F



Grafik 9. 1000 ppm F ve farklı konsantrasyonlarda stronsiyum çözeltileri uygulanmasından sonra asitleme ile sementte oluşturulan poröz derinlikler

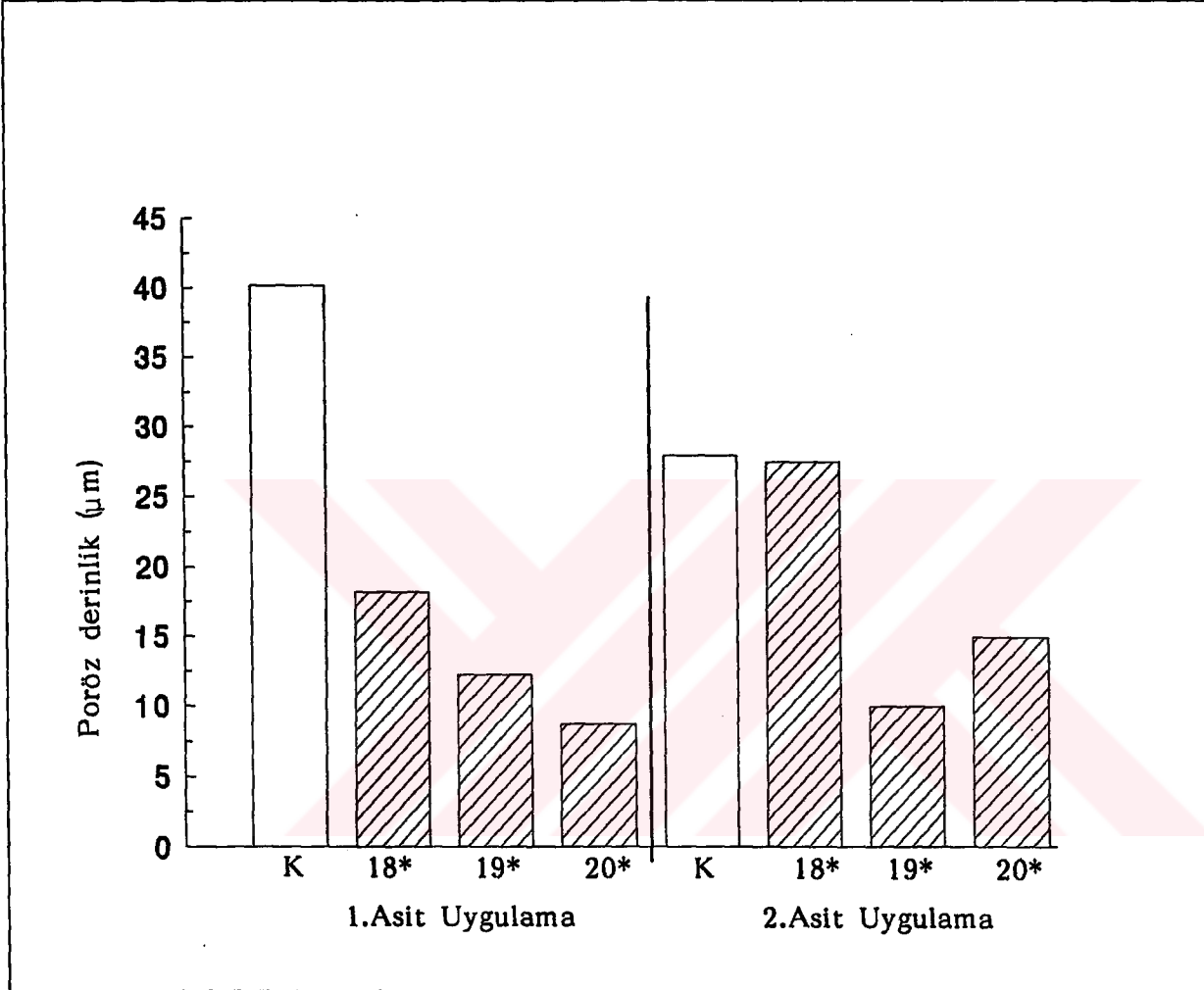
K: Kontrol grubu

***Grup No**

Grup 15: 1×10^{-1} M Sr + 1000 ppm F

Grup 16: 1×10^{-2} M Sr + 1000 ppm F

Grup 17: 1×10^{-3} M Sr + 1000 ppm F



Grafik 10. 1000 ppm ile farklı konsantrasyonlarda alüminyum ve stronsiyum çözeltileri uygulanmasından sonra asitleme ile sementte oluşturulan poröz derinlikler

K: Kontrol grubu

***Grup No**

Grup 18: 1×10^{-2} M Al + 1×10^{-2} M Sr + 1000 ppm F

Grup 19: 1×10^{-1} M Al + 1×10^{-3} M Sr + 1000 ppm F

Grup 20: 1×10^{-2} M Al + 1×10^{-3} M Sr + 1000 ppm F

II. Sementteki fluorür birikimine ilişkin bulgular

0.5 M HClO₄ ile 60 saniyelik iki ayrı uygulama sonucu sementten ayrılan fluorür miktarları Tablo 8'de gösterilmiştir. Tabloya genel olarak bakıldığında standart sapmaların yüksek olduğu görülmektedir. Kontrol grubu olarak alınan 21. grupta ikinci asit uygulamasıyla daha yüksek konsantrasyonda fluorür ayrılmıştır. Aynı şekilde 5., 6., 7., 8., 9., 11., 13., 15., 16., 18. ve 19. gruplarda ikinci asit uygulaması ile sementten ayrılan iyon miktarı daha fazladır. Diğer gruplarda birinci asit uygulaması ile daha fazla iyon sementten ayrılmıştır.

A. Birinci asit uygulaması sonucu sementten ayrılan fluorür iyon konsantrasyonlarının karşılaştırılması

5000 ppm F uygulanan gruplarda 60 saniyelik birinci asit uygulaması sonucu 9 µm ile 21 µm arasında poröz derinliği olan deney gruplarının fluorür iyon konsantrasyonları kendi aralarında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır (Tablo 9). Semente 5000 ppm F'ün yalnız uygulanması (Grup 1) ile 1x10⁻¹ M Al ile birlikte uygulanması (Grup 2) arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsızdır. Aluminyum konsantrasyonu 1x10⁻² M ve 1x10⁻³ M'a düşürüldüğünde (Grup 3 ve 4) sementteki fluorür birikimi 5000 ppm F'ün yalnız uygulanmasına göre anlamlı olarak azalmaktadır. Semente 5000 ppm F'ün 1x10⁻¹ M Al ile birlikte uygulanması ile 1x10⁻² M Al ve 1x10⁻³ M Al ile birlikte uygulanması arasındaki fark anlamsızdır.

Aluminyum, stronsiyum ve 5000 ppm F'ün birlikte uygulandığı 8., 9. ve 10. gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamsızdır.

1000 ppm F uygulanan gruplarda 60 saniyelik birinci asit uygulaması sonunda 11 µm ile 25 µm arasında poröz derinliği olan deney gruplarının fluorür iyon konsantrasyonları kendi aralarında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır (Tablo 10). Semente 1000 ppm F'ün yalnız uygulanması (Grup 11) ile 1x10⁻¹ M Al veya 1x10⁻² M Al ile birlikte uygulanması (Grup 12-13) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. 1x10⁻³ M Al ile 1000 ppm F'ün birlikte uygulanması (Grup 14), 1000 ppm F'ün yalnız uygulanmasına göre sementteki fluorür birikimini arttırmaktadır. 1000 ppm F'ün 1x10⁻¹ M Al ve 1x10⁻² M Al ile birlikte uygulanması arasında

istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. Semente 1×10^{-3} M Al ve 1000 ppm F'ün birlikte uygulanması (Grup 14) 1×10^{-1} M Al ve 1000 ppm F'ün birlikte uygulanmasına (Grup 12) göre yüzeyde fluorür birikimini anlamlı olarak artırmaktadır.

Aluminyum, stronsiyum ve 1000 ppm F'ün birlikte uygulandığı 18., 19. ve 20. gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamsızdır.

B. İkinci asit uygulaması sonucu sementten ayrılan fluorür iyon konsantrasyonlarının karşılaştırılması

5000 ppm F uygulanan gruplarda 60 saniyelik ikinci asit uygulaması sonucu $11 \mu\text{m}$ ile $19 \mu\text{m}$ arasında poröz derinliği olan deney gruplarının fluorür iyon konsantrasyonları kendi aralarında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır (Tablo 11). Semente 5000 ppm F'ün yalnız uygulaması (Grup 1), 1×10^{-1} M Al, 1×10^{-2} M Al ve 1×10^{-3} M Al ile 5000 ppm F'ün birlikte uygulanmasına göre (Grup 2, 3 ve 4) fluorür birikimini anlamlı olarak artırmaktadır. 1×10^{-1} M Al'un 5000 ppm F ile birlikte uygulanması ile 1×10^{-2} M Al'un 5000 ppm F ile birlikte uygulanması arasındaki fark anlamsızdır. 1×10^{-3} M Al, 5000 ppm F ile birlikte uygulandığında 1×10^{-1} M Al ve 5000 ppm F'ün birlikte uygulanmasına göre sementte anlamlı olarak daha fazla fluorür birikmektedir.

Aluminyum, stronsiyum ve 5000 ppm F'ün birlikte uygulandığı 8., 9. ve 10. gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamsızdır.

1000 ppm F uygulanan gruplarda 60 saniyelik ikinci asit uygulaması sonunda $11 \mu\text{m}$ ile $28 \mu\text{m}$ arasında poröz derinliği olan deney gruplarının fluorür iyon konsantrasyonları kendi aralarında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır (Tablo 12). Semente 1000 ppm F'ün yalnız uygulanması (Grup 11) ile değişik konsantrasyonlarda aluminyum ile birlikte uygulanması (Grup 12, 13 ve 14) arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamsızdır. Semente 1×10^{-2} M Al ve 1×10^{-3} Al 1000 ppm F ile birlikte uygulandığında 1×10^{-1} M Al'un 1000 ppm F ile birlikte uygulanmasına göre sementte anlamlı olarak daha fazla fluorür birikmektedir.

Aluminyum, stronsiyum ve 1000 ppm F'ün birlikte uygulandığı 18., 19. ve 20. gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamsızdır.

Tablo 8. 0.5 M HClO₄ ile 60 saniyelik iki ayrı uygulama sonucu sementten ayrılan florür miktarları.

Grup No ^a	Birinci asit uygulaması sonunda sementten ayrılan miktarı (ppm F) ^b	İkinci asit uygulaması sonunda sementten ayrılan miktarı (ppm F) ^b
1	3916±1753	3072±1311
2	3029±2022	1645±960
3	2029±1275	1703±883
4	2071±871	1750±717
5	355±210	437±255
6	674±256	773±232
7	665±405	1203±743
8	871±634	968±685
9	549±228	605±253
10	990±529	885±440
11	530±339	591±320
12	485±304	387±161
13	618±225	678±224
14	1038±459	971±410
15	254±153	392±242
16	576±188	614±277
17	400±189	391±154
18	262±136	276±199
19	320±87	354±66
20	470±213	422±338
21	961±479	1144±518

^a Her gruptaki uygulama Tablo 1'de gösterilmiştir.

^b 7 örnek ortalaması ± standart sapma.

Tablo 9. 5000 ppm F uygulanan gruplarda 60 saniyelik birinci asit uygulaması sonucu sementten ayrılan fluorür iyon konsantrasyonlarının istatistiksel olarak karşılaştırılması (lezyon derinliği 9-21 μm)

Karşılaştırılan Grup No ^{a,b}	t-değeri	Anlamlılık
1-2	0.837	p>0.05
1-3	2.244	p<0.05
1-4	2.307	p<0.05
2-3	1.106	p>0.05
2-4	1.072	p>0.05
4-3	0.068	p>0.05
8-9	1.225	p>0.05
10-9	2.030	p>0.05
10-8	0.382	p>0.05

^a Her gruptaki uygulama Tablo 1'de gösterilmiştir.

^b Karşılaştırmalarda ilk belirtilen rakamlar daha çok fluorür birikimi gözlenen grupları göstermektedir.

Tablo 10. 1000 ppm F uygulanan gruplarda 60 saniyelik birinci asit uygulaması sonucu sementten ayrılan fluorür iyon konsantrasyonlarının istatistiksel olarak karşılaştırılması (lezyon derinliği 11-25 μm)

Karşılaştırılan Grup No ^{a,b}	t-değeri	Anlamlılık
11-12	0.025	p>0.05
13-11	0.056	p>0.05
14-11	2.234	p<0.05
13-12	0.931	p>0.05
14-12	2.659	p<0.05
14-13	2.172	p>0.05
19-18	0.948	p>0.05
20-19	1.719	p>0.05
20-18	2.171	p>0.05

^a Her gruptaki uygulama Tablo 1'de gösterilmiştir.

^b Karşılaştırmalarda ilk belirtilen rakamlar daha çok fluorür birikimi gözlenen grupları göstermektedir.

Tablo 11. 5000 ppm F uygulanan gruplarda 60 saniyelik ikinci asit uygulaması sonucu sementten ayrılan florür iyon konsantrasyonlarının istatistiksel olarak karşılaştırılması (Lezyon derinliği 11-19 μm)

Karşılaştırılan Grup No ^{a,b}	t-değeri	Anlamlılık
1-2	2.323	p<0.05
1-3	2.291	p<0.05
1-4	2.340	p<0.05
3-2	0.117	p>0.05
4-2	0.230	p<0.05
4-3	0.107	p>0.05
8-9	1.312	p>0.05
8-10	0.270	p>0.05
10-9	1.453	p>0.05

^a Her gruptaki uygulama Tablo 1'de gösterilmiştir.

^b Karşılaştırmalarda ilk belirtilen rakamlar daha çok florür birikimi gözlenen grupları göstermektedir.

Tablo 12. 1000 ppm F uygulanan gruplarda 60 saniyelik ikinci asit uygulaması sonucu sementten ayrılan florür iyon konsantrasyonlarının istatistiksel olarak karşılaştırılması (lezyon derinliği 11-28 μm)

Karşılaştırılan Grup No ^{a,b}	t-değeri	Anlamlılık
11-12	1.513	p>0.05
13-11	0.584	p>0.05
14-11	1.929	p>0.05
13-12	2.793	p<0.02
14-12	3.562	p<0.01
14-13	1.659	p>0.05
18-19	0.979	p>0.05
20-18	0.984	p>0.05
20-19	0.525	p>0.05

^aHer gruptaki uygulama Tablo 1'de gösterilmiştir.

^bKarşılaştırmalarda ilk belirtilen rakamlar daha çok florür birikimi gözlenen grupları göstermektedir.

T A R T I Ő M A

Bugün için diş sert dokularının içerdiği fluorür miktarı ile çürüğe karşı direnç arasındaki iliőki bilinmektedir. Özellikle mine yüzeyinde bulunan fluorür'ün çok önemli olduğu anlaőıldıktan sonra dokudaki fluorür konsantrasyonunu arttırabilmek amacıyla değişik konsantrasyonlarda farklı fluorür bileşikleri veya fluorürlerle birlikte iz elementler mine yüzeyine uygulanmıştır. Bu yollarla minenin asitlere karşı direnci arttırılabilmektedir(26,34,57,58,68,69). Ancak patolojik ya da fizyolojik olarak yaşlılıkta ağız ortamına açılan sement dokusunun aynı yöntemlerle çürükten korunup korunamayacağı henüz kesin olarak bilinmemektedir. Çünkü mine ve sementin biyokimyasal ve histolojik yapıları birbirinden çok farklıdır.

Minede F, Zn, Pb, Fe, Sn, Cl ve U konsantrasyonu mine diş yüzeyinden, mine-dentin sınırına doğru azalmakta, CO_3^{-2} , Mg ve Na ise diş yüzeyden i tabakalara doğru artmaktadır(7). Sementte Ca, P, S ve Na yatay çizgilenmeler şeklinde yođunlaőmakta, Ca ve P konsantrasyonunun arttığı bölgelerde Na konsantrasyonu azalmaktadır(28). Her iki dokunun mineralizasyon dereceleri farklıdır. Sementin genellikle aynı dişin dentin dokusundan daha az kalsifiye olduğu, sementosit, Sharpey lifleri ve gelişim çizgilenmeleri etrafında kireçlenmiő odaklar bulunduğu bildirilmiştir(24,50). Sementin inorganik/organik oranı da mineden farklıdır. Mine- nin ağırlıkça % 95'ini, sementin ise % 61'ini inorganik yapı oluőurmaktadır(26).

Yabancı iyonların sert dokuya birikimi adsorbsiyon veya apatit yapıda heteroionik değişimlerle olmakta ve kristal büyüklüğü iyonların ağ yapıya girmesini veya sadece yüzeyde birikmesini etkilemektedir(40). Bu nedenle dokuların yabancı iyonlara karşı davranışları da farklı olmakta ve dolayısıyla çözünürlükleri de farklılık göstermektedir.

Diş sert dokularının asitler karşısında çözünürlüğünün iz elementlerle değiştirilebilmesi üzerine ilk çalışma Buonocore ve Bibby tarafından 1945 yılında mine üzerinde gerçekleştirilmiştir(8). Daha sonraları elementlerin inorganik yapı ile ilişkileri olduğu düşüncesiyle hidroksiapatit kristalleri üzerinde bu iyonların etkileri incelenmiştir. Polivalent metal iyonlarının, F - metal-PO₄ bağı ile hidroksiapatite fluorür biriktirebileceği, olayın tamamen metalin değerine (valansına) bağlı olduğu bildirilmiştir(47). Çalışmamızda kullandığımız alüminyum diş minesine Al-PO₄ bağı ile birikir. Alüminyum apatitte hem kalsiyum hem de fosfor ile yer değiştirebilir(21). Stronsiyum ise apatit yapıya kalsiyum ile izomorf yer değişimi yaparak girer(35). Ancak stronsiyum birikiminin bir iyon yer değişimi değil bir adsorbsiyon olduğunu bildiren yazarlar da vardır(27). Stronsiyum'un mineye birikiminin çözelti konsantrasyonu ve pH tarafından etkilendiği(68) ve yüzeyde Ca-Sr şeklinde apatit kompleks yapısı meydana getirdiği öne sürülmüştür(39).

Fluorür iyonları, apatit yapı içinde hidroksil iyonları ile yer değiştirerek fluorapatit oluşturabilirler(85). Bu yapının asitlere karşı daha dirençli olduğu bilinmektedir. Ancak yapılan bir çalışmada, klinik olarak diş çürüklerine karşı direnci ilk sağlayan yapının fluorapatit değil yüzeydeki yüksek konsantrasyonlu CaF₂ olduğu savunulmuştur(49).

Bu araştırmada sodyumfluorür'ün yalnız veya alüminyum ve stronsiyum ile birlikte semente uygulanması sonunda sementin asitler karşısındaki çözünürlüğü ve sementteki fluorür birikimi incelenmiştir. Çalışmada çözünürlük yüzeyden ayrılan inorganik fosfatın saptanması ve oluşan poröz derinlikle gösterilmiştir. Burada inorganik yapının yıkımı esas alınmaktadır. Şüphesiz sementin önemli bir bölümünü organik yapı oluşturmak-

tadır. Ancak doku bütünlüğü inorganik/organik yapıların bir arada bulunması ile gerçekleştiği için inorganik yapının dağılması sementin de yıkılması anlamına gelmektedir.

A. Fluorürlerin uygulanması ile sement çözünürlüğü arasındaki ilişkilerin irdelenmesi

Daha önce de belirtildiği gibi sularında fazla miktarda fluorür bulunan bölgelerde yaşayan toplumlarda kök çürüğü yaygınlığı azdır(72,73). Çalışmamızda NaF'in 5000 ppm F ve 1000 ppm F'lik çözeltilerini kullanarak sement çözünürlüğünü azaltmayı amaçladık. Bulgularımıza göre 1000 ppm F uygulaması sement çözünürlüğünü azaltmada etkili olmamıştır (Tablo 4 ve 6). Fluorür konsantrasyonu 5000 ppm'e yükseltildiğinde birinci 60 saniyelik asitleme sonunda sement çözünürlüğü anlamlı olarak azalmıştır (Tablo 4). Mine yüzeyinde olduğu gibi sement yüzeyinde de fluorürlerin tek başlarına uygulanmaları sonucu yüksek konsantrasyondaki fluorürlerin çözünmeyi azalttığı izlenmektedir. Bu beklenen bir durum olup artan konsantrasyonla azalan çözünürlük görüşünün sadece minede değil sementte de geçerli olduğu kanıtlanmaktadır. Al-Joburi ve Koulourides (1984), Derand ve Ark. (1989) uyguladıkları tüm fluorür çözeltilerinin sement çözünürlüğünü azalttığını bildirmişlerdir(1,16). Hoppenbrouwers ve Ark. (1987b), yaptıkları araştırmada sement çözünmesinin ortamdaki fluorür konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak azaldığını bildirmişlerdir(53). Bu araştırmalarla çalışmamızın bulguları uyum içindedir.

5000 ppm F uygulamasının ikinci 60 saniyelik asitleme sonunda sement çözünürlüğüne etki etmediği görülmektedir (Tablo 6). Bu durum, bu konsantrasyondaki fluorürün sementin derin tabakalarına ulaşmadığını, yüzey tabakalarında biriktiğini göstermektedir. Alt tabakalarda azalan fluorür konsantrasyonu sebebi ile çözünürlüğün anlamlı bir değişiklik göstermemesi de normaldir. Bununla birlikte olayın bir başka yorumu şöyle yapılabilir: Bazı araştırmacılara göre fluorürler, sementin yüzey altı tabakalarında yüzeye göre daha yüksek konsantrasyonda bulunurlar(51,52). Kontrol grubunda birinci asit uygulamaya göre ikinci asit uygulama sonucu daha az

çözünme oluşu bu olayı kanıtlamaktadır. Eğer durum gerçekten böyle ise yüzeye uygulanan fluorürlerin sementin alt tabakalarına büyük bir etkisi yoktur. İkinci asit uygulama sonucu çözünürlüğün kontrol grubuna göre anlamlı olarak değişmemesi uygulanan fluorürün etkisi olmayıp sementin kendi histolojik yapısı ve dinamiğinin bir sonucu olabilir. Ancak bu bulgularımız Ogaard ve Ark.nın (1989, 1990) yaptıkları in vivo çalışmalarla çatışmaktadır. Araştırmacılar % 2'lik NaF gargaralarının yüzeydeki mineral kaybını % 70 oranında azalttığını ancak uygulanan fluorürün çözünme dentine ulaştığında etkili olabildiğini bildirmişlerdir(55,56). Bununla beraber çalışmamızda kullandığımız konsantrasyonun 5000 ppm F, bu yazarların uyguladıkları konsantrasyon ise çok yüksek (% 2 NaF) olduğu göz önüne alınırsa derin tabakalarda farklı sonuçların çıkmasını yadırgamamak gerekir.

Yapılan çalışmalarda fluorürlerin, sodyumdan başka, kalay ve titanyum ile yaptığı bileşiklerde kullanılmakta ve başarılı sonuçlar alınabilmektedir. Ancak bu uygulamalarda etki mekanizmasının çok değişik olduğu yeni kompleks yapıların meydana geldiği(17), bazılarında ise organometalik köprüler oluştuğu(16,29,79) belirtilmiştir. Bu sebepten bu araştırmalarla bizim çalışmamızı karşılaştırmak mümkün değildir.

B. Fluorür ve iz elementlerin birlikte uygulanmaları ile sement çözünürlüğü arasındaki ilişkilerin irdelenmesi

Diş sert dokularının çözünürlüğünü azaltmak için kullanılan yöntemlerden birisi de fluorürlerden önce bir iz element çözültüsü uygulamaktır. Biz de çalışmamızda alüminyum ve stronsiyum kullanarak sement çözünürlüğünü azaltmayı amaçladık.

Bulgularımıza göre 5000 ppm F ve yüksek konsantrasyonda alüminyum uygulaması ile birinci 60 saniyelik asitleme sonunda sement çözünmesi azalmaktadır (Tablo 4). Alüminyumun buradaki etkisi yadsınamaz. Hernekadar istatistiksel olarak anlamsız ise de Grafik 2 ve Tablo 3 incelendiğinde rakamsal ve sütun olarak farklılıklar görülmektedir. Bu durumda alüminyum 1×10^{-1} M gibi yüksek konsantrasyonda fluorürlerle birlikte

uygulandığında, sadece fluorür uygulamasına kıyasla da çözünmeyi azaltabileceği düşünülebilir. Ayrıca alüminyum konsantrasyonunun düşürülmesi ile etki de yavaşlamaktadır (Tablo 3 ve 4). Yüksek konsantrasyondaki alüminyumun $F-Al-PO_4$ bağı yaparak fluorürleri apatit kristaline bağladığı fikri(47) bu bulgularla tamamen paraleldir. Bu sonuçlar artan alüminyum konsantrasyonu ile artan fluorür bağlanması düşüncesini doğrulamaktadır.

1000 ppm F ile birlikte kullanılan düşük konsantrasyonda alüminyum ise sementteki çözünmeyi azaltmaktadır. Bu uygulamada alüminyum konsantrasyonunun yükseltilmesi çözünürlüğü etkilememektedir. Bir başka deyişle fluorür ve alüminyum konsantrasyonlarının ikisi birlikte düşürüldüğünde ya da yükseltildiğinde sement çözünmesi azalmaktadır. Kanımızca düşük konsantrasyonlarda alüminyum görevini yapmaktadır. Ancak burada bağlanabilecek fluorür miktarı bir öncekinden beş kat daha azdır. Bu durum sonucu iki şekilde etkileyebilir: a) Bağlanan fluorür dışında, serbest kalan alüminyum artan konsantrasyonlarında çözünmeyi arttırmaktadır (Grup 12 ve 14). Yapılan çalışmalar iz elementlerin (bunlara alüminyum ve stronsiyum da dahildir) tek başlarına uygulandıklarında çözünmeyi arttırıcı rol oynadığını göstermiştir(69). Birinci ve ikinci asit uygulaması sonunda 1000 ppm F ile birlikte 1×10^{-2} M veya 1×10^{-3} M Al birlikte uygulandığında sement çözünmesi kontrol grubuna göre anlamlı olarak azalmaktadır. Ancak 1×10^{-3} M Al kullanılan grupta anlamlılık daha belirgindir. Bu da alüminyum ile fluorürlerin ancak bu konsantrasyonlarda artık bırakmadan belirtilen köprüyü yapabildiklerini göstermektedir. Ayrıca kontrol grubu ile anlamlı olmasa da artan alüminyum konsantrasyonlarında çözünürlük artmaktadır (Grafik 2 ve 8). Uygulanan fluorür konsantrasyonunun düşük olması fluorürlerin bu konsantrasyonlarda yüksek konsantrasyonlu alüminyumun zararlı etkisini dengeleyemediğini göstermektedir. b) Bir diğer olasılık düşük alüminyum ve fluorür konsantrasyonunda yüzeyde iyon birikimi daha az olduğu için difüzyon yolları açık kalmakta, belki de fluorürler sementte daha rahatlıkla girebilmekte ve çözünmeyi azaltmaktadır. Bu çalışma minede yapılıyorsa, bu dokuda yüzeyden derine doğrusal bir fluorür dağılımı olduğu için olayın gözlenmesi mümkün olabilirdi. Ancak sementteki fluorür dağılımı, kişiden kişiye hatta diştten dişe farklılık gös-

terdiği için bunun kanıtlanması oldukça zordur.

5000 ppm F ve 1000 ppm F ile birlikte alüminyum uygulamaları birbirleriyle istatistiksel olarak karşılaştırıldığında (Tablo 5) 5000 ppm F ve 1×10^{-1} M Al uygulamasının (Grup 2) 1000 ppm F ve 1×10^{-1} M Al uygulamasına göre (Grup 12) sement çözünmesinde daha etkili olduğu görülmektedir. Diğer karşılaştırmalarda anlamlı farklar bulunamamıştır. Buna karşılık 1000 ppm F ile birlikte 1×10^{-1} M ve 1×10^{-3} M Al uygulanan 12. ve 14. gruplar arasında anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 5). Bu olay yukarıda da belirtildiği gibi sementin derin tabakalarının düşük konsantrasyonla florür ve alüminyum uygulaması sonunda yüzeydeki iyon yoğunluğunun azalması ile açıklanabilir ve sementte oluşan yeni biyokimyasal bağların daha kuvvetli olabileceğini düşündürmektedir.

5000 ppm F ile birlikte stronsiyum uyguladığımız 5., 6. ve 7. gruplarda birinci asitleme sonunda elde edilen poröz derinlik değerleri kontrol grubuna göre anlamsızdır (Tablo 4). Bununla birlikte Tablo ve Grafiklere (Tablo 3, Grafik 6) biraz daha dikkatli bakılırsa stronsiyumun artan konsantrasyonlarda çözünmeyi hızlandırdığı da görülebilir. Özellikle florür ile birlikte 1×10^{-1} M Sr uygulaması rakam ve grafik olarak çözünmeyi arttırmaktadır. Kanımızca, bu konsantrasyondaki uygulamalarda standart sapmanın (doğal olarak saçılımın) fazla olması (Grup 5, Derinlik (μm) birinci asit uygulama 72.05 ± 43.54 , ikinci asit uygulama 44.33 ± 21.19) çözünmenin anlamlı olarak fazla çıkmamasının bir sebebidir.

Bu durumda ortaya bir ikilem çıkmaktadır. Alüminyum artan konsantrasyonlarda florürlerle birlikte çözünmeyi azaltmakta, buna karşın stronsiyum aynı konsantrasyonlarda florürlerle birlikte çözünmeyi arttırmaktadır. Stronsiyum azalan konsantrasyonlarda etkilidir. Hatta 1×10^{-3} M Sr ve 5000 ppm F uygulaması (Grup 7) ikinci 60 saniyelik asitleme sonunda çözünmeyi azaltmaktadır (Tablo 6). Bu durumun teorik olarak açıklanması gerekir. Olay kanımızca alüminyum ve stronsiyumun farklı kimyasal etkileşimlerle hareket ettiğini göstermektedir.

Aluminyum çok değerli (polivalent) bir metaldir. Yapılan araştırmalarda hem apatit kristalinin fosfatına bağlanabileceği hem de fluorür bağlanabileceği varsayılmakta ve bu fluorürün çözünmeyi azaltacağı ileri sürülmektedir(26,47,57,58). Çözünme bu mekanizma ile azalırken bir yandan da artan bir iyon yığılmasının (agregasyon) asidin diffüzyon yollarını tıkayarak çözünmeyi azalttığı da ileri sürülebilir.

Ancak stronsiyum için durum böyle değildir. Stronsiyumun hem apatite, hem de fluorürlere bağlanma olasılığı yoktur. Stronsiyum apatit yapıda kalsiyum ile yer değiştirerek, iyon yer değişimini gerçekleştirdiği bildirilmiştir(15,42). Ancak olay kristal içinde gerçekleştiği için bu bölgeye ayrıca fluorür birikemez. Zira kristalde iyon yer değişimi için belirli kurallar vardır. Apatit kristalinde belli bölgelerde belli iyonlar yer değiştirebilir. Ayrıca yer değiştiren iyon yarıçaplarının arasında belirli bir oran bulunması gerekir(60,65). Bunların dışındaki olaylarda kristalde distorsiyon olur(41). Bu durumda stronsiyum artan konsantrasyonlarda fluorürlerle birlikte apatit yüzeyine birikmektedir. Bunun sonucunda yüzeyde stronsiyum ve fluorür iyonları birleşir, SrF_2 çökeltisi ortaya çıkar. SrF_2 nin suda ki çözünürlüğü çok düşüktür (0.01 gr/100 cc). Tüm bu kimyasal etkileşimler sonucu fluorürler bağlandığı ve çözünmediği için sementte fluorür biriktirilememektedir. Bu durumda fluorürler bir etki göstermezken, bağlanmayan stronsiyumun artan konsantrasyonlarda etkisi ortaya çıkacaktır. Stronsiyumun tek başına uygulanması sonucu mine çözünmesini arttırıcı bir rol oynadığı bilinmektedir(69). Sementte de ihtimal ki böyle olmaktadır. Fluorür etkisi görünmezken stronsiyum artan konsantrasyonda çözünmeyi hızlandırabilir.

Stronsiyum ile yüksek konsantrasyonlu fluorür arasında bu etkileşim görülürken düşük konsantrasyonda olay farklı gelişmektedir. 1000 ppm F ile birlikte 1×10^{-1} M Sr uygulandığında (Grup 15) birinci asitleme sonunda sement çözünürlüğünün değişmediği, ikinci asitlemede ise çözünürlüğün azaldığı gözlenmektedir. Stronsiyum uygulanan diğer iki grupta ise (Grup 16 ve 17) her iki asitleme sonucu oluşan poröz derinlik kontrol grubuna göre anlamlı olarak azalmaktadır (Tablo 4 ve 6). Bu verilerin ışığı altında

stronsiyumun ve fluorürlerin düşük konsantrasyonlarda etkili olduğu söylenebilir. Deney grupları kendi aralarında poröz derinlik değerleri açısından istatistiksel olarak karşılaştırıldığında (Tablo 5 ve 7) 15. gruptaki uygulama 5. gruptaki uygulamaya, 16. gruptaki uygulama ise 6. gruptaki uygulamaya göre anlamlı olarak etkilidir. Bu bulgularımızda düşük konsantrasyondaki stronsiyum ve fluorür uygulamalarının yüksek konsantrasyonlardaki uygulamalara göre sement çözünmesinde daha etkili olduğunu göstermektedir.

Kanımızca, düşük konsantrasyonda ani SrF_2 çökeltisi olamamaktadır. Apatit kristali içinde stronsiyumun kalsiyumla, fluorürlerin hidroksillerle yer değiştirdiğini biliyoruz(75,87). Önce düşük konsantrasyonda stronsiyum, sonra fluorür uygulandığı için bu iyon yer değişimi sağlanabilir ve ani SrF_2 çökeltisi oluşamaz. Apatit kristalinde stronsiyumun dört kalsiyumla yer değiştirmesi sonucu oluşan Ca-Sr apatitin çözünmeye dirençli olduğu gösterilmiştir(15). Düşük konsantrasyonlarda bu gerçekleşikten sonra fluorür uygulaması ile kristal daha da dirençli hale geçebilir. Burada fluorürler, stronsiyumdan tamamen bağımsız olarak hidroksillerle yer değiştirebilirler. Böylece en etkili uygulamanın düşük konsantrasyonda stronsiyum ve fluorür olabileceği düşünülmelidir. Yıllarca önce Dedhiya ve Ark. (1974) yaptıkları laboratuvar çalışmasında 1×10^{-3} M Sr ve 1 ppm F uygulaması ile apatit çözülmesinin in vitro olarak tamamen durdurulabileceğini ileri sürmüşlerdir(14).

Gerek birinci, gerekse ikinci asit uygulamada, sadece bir uygulama dışında (Grup 15, birinci asitleme) 1000 ppm F ile çözünme kontrol grubuna göre anlamlı olarak azalmıştır. Bu konudaki yorumumuz alüminyum ile 1000 ppm F in birlikte uygulamasını destekler niteliktedir. Daha önce de belirttiğimiz gibi yüzeyde iyon agregasyonu azalmakta ve fluorürler semente daha iyi girebilmektedir. Her iki durumda sementin yüksek konsantrasyonlu çözeltiler yerine düşük konsantrasyonlulardan daha iyi yararlanabildiğini göstermektedir (Farklı bir mekanizma içeren yüksek konsantrasyonlu alüminyum ve yüksek konsantrasyonlu fluorür uygulaması bu olayın dışındadır). Koruyucu dişhekimliğinde minede yapılan uygulama-

larda uzun süreli düşük konsantrasyonlu fluorürlerin etkili olması(34) sementte de aynı durumun oluşabileceğini açığa çıkarmaktadır. İlginç bir sonuç 1×10^{-2} M Sr ve 1000 ppm F uygulamasında (Grup 16) oldukça başarılı sonuçlar alınmasıdır. Ancak stronsiyum ve fluorür etkileşimleri üzerine yapılan çalışmalar olayın ne denli karmaşık olduğunu göstermektedir. Bu çalışmaların ışığı altında şu yorum da yapılabilir. Epidemiyolojik çalışmalar stronsiyum konsantrasyonu yüksek suları içeren bölgelerde yaşayan toplumlarda daha az çürük olduğunu göstermektedir(10,11,12). İhtimal ki uzun süreli belirli düzeyde alınan stronsiyum kristal çözünmesini azaltmaktadır. Fluorür bundan bağımsız olarak çözünmeyi ayrıca etkilemektedir. Ancak ikisinin artan konsantrasyonlarda birlikte bulunmasının bir yarar sağlamaz.

C. Alüminyum, stronsiyum ve fluorürlerin birlikte uygulanmaları ile sement çözünürlüğü arasındaki ilişkilerin irdelenmesi

Curzon ve Crocker (1978), insan dişlerindeki elementler ile diş çürüklerinin ilişkisini karşılaştırırken yaptıkları multipl regresyon analizlerinde alüminyum, stronsiyum ve fluorürlerin birlikte uygulanmasının diş çürüklerini azalttığını ileri sürmüşlerdir. Yazarlara göre alüminyum ve stronsiyumun birlikte bulunması ise diş çürüklerini arttırmaktadır(12). Araştırmamızda alüminyum, stronsiyum ve fluorürün birlikte uygulanması sadece bir uygulama dışında (Grup 8, birinci asit uygulama) fluorürlerin 5000 ppm konsantrasyonu ile birlikte uygulanmasında her iki asit uygulamada; buna karşın 1000 ppm konsantrasyonu ile birlikte uygulanmasında ise sadece birinci asit uygulamada çözünmeyi anlamlı olarak azaltmıştır (Tablo 5 ve 7). Bu durumda özellikle 5000 ppm F ile üçlü uygulamanın çözünmeyi azaltıcı bir rol oynadığı düşünülebilir. Burada da birinci asit uygulamada çözelti konsantrasyonlarının düşürülmesi ile çözümler azalmaktadır (Tablo 4). Daha önce belirtildiği gibi fluorürlerin diffüzyon yollarının açılması anlamlı bir yorum olabilir. Üçlü uygulamaların ilginç bir yanı şudur: Stronsiyum konsantrasyonunun yüksek olduğu 8. grupta (1×10^{-2} M Al + 1×10^{-2} M Sr + 5000 ppm F) kontrol grubuna göre çözünme azalmamıştır. Bu durum 5000 ppm F ve yüksek konsantrasyonda stronsi-

yum uygulamasında olduğu gibi yorumlanabilir. Bir diğer deyişle yükselen stronsiyum konsantrasyonu olumlu etkiyi bozmakta, sementin çözünmesini arttırmaktadır. Daha önce minede yapılan bir çalışmada da bu üçlü uygulama yapılmış ve alüminyum ile florürün birlikte uygulanmasının, alüminyum-stronsiyum ve florürün birlikte uygulanmasına göre çözünmeyi daha fazla azalttığı yani stronsiyumun etkileşimi bozduğu gösterilmiştir(69). Bu durumda mine ve sementin birden fazla element uygulanmasında aynı tepkiyi gösterdikleri ileri sürülebilir.

Alüminyum ve düşük konsantrasyonlu florür uygulamalarına yine düşük konsantrasyonlu stronsiyum ilavesi sement çözünmesini azaltmaktadır (Tablo 5, 7). Zira 1000 ppm F ve 1×10^{-1} M Al ile yapılan uygulama (Grup 12) sement çözünmesini etkilemezken bu ikiliye stronsiyum ilavesi (Grup 19) sementte çözünmeyi azaltmıştır. Yapılan istatistik analizde (Tablo 5) birinci asitleme sonunda 20. gruptaki uygulamanın 18. gruptaki uygulamaya göre anlamlı olarak fark göstermesi bu düşüncüyü desteklemektedir.

D. İz element ve florürlerin birlikte uygulanması sonrasında sement yüzeyine florür birikiminin irdelenmesi

Sementteki florür dağılımı dokunun gelişimi ve histolojik yapısı ile ilgilidir(30). Bu nedenle dokunun gelişimi ve histolojisini kısaca hatırlamak yerinde olacaktır.

Sement gelişimi sırasında ilk olarak kök dentini ile deyimde bulunan serbest bağ dokusu hücreleri, sementoblastlara farklılaşır. Bundan sonra sementoblastlar sementoid dokuyu oluşturur ve sementoid doku kalsifiye semente dönüşür. Bu olayın ardından sement ritmik olarak tabaka tabaka oluşmaya devam eder. Her tabakanın oluşumundan sonra gelişim çizgileri denilen ara tabaka oluşur. Bu tabakada mineral ve ara madde oranı fazla olup kollagen lifler azdır. Bu çizgilenmelerden başka hücreli ve hücresiz olmak üzere iki tip sement dokusu ayırd edilebilir(45,61,64).

Diş sert dokuları içerisinde total fluorür miktarı olarak en yüksek konsantrasyonda fluorür sementte bulunmaktadır(85). Bunun, dokunun yavaş gelişimi, yüksek geçirgenliği, aktif dış yüzeyi ve vücut sıvıları ile özellikle kan ile daha sıkı ilişkide olmasından ve anatomik yüzeyinin genişliğinden kaynaklandığı bildirilmiştir(25,28,53,66,86). Yaşla birlikte kalınlığı arttıkça sementteki total fluorür miktarı da artmakta, fluorür dağılımı ise diştten dişe ve kişiden kişiye değişmektedir. Sementteki fluorür dağılımı kişiye özgüdür(48). Sementteki fluorür dağılımını araştırmak amacıyla yapılan çalışmalarda en yüksek konsantrasyonda fluorürün yüzey altı tabakasında olduğu, bu bölge dışında konsantrasyonun sabit kaldığı ancak bazı bölgelerde yükseldiği, fluorür konsantrasyonu yüksek olan bölgelerin gelişim çizgilerine rastladığı, ayrıca hücreli sementteki konsantrasyonun hücreli semente göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir(22,50,51,52).

Bu çalışmada semente, fluorür, alüminyum ve stronsiyum değişik konsantrasyonlarda uygulanmış ve fluorür birikiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Ancak yukarıda açıklandığı gibi sementte fluorür dağılımı özellikle derin tabakalarda oldukça düzensizdir. Yapılan iz element uygulamalarından sonra elde edilen fluorür birikiminin ve bu birikimin sement içindeki dağılımını hangi konsantrasyondaki uygulamaya bağlı olduğunu belirlemek oldukça zordur. Zira araştırmada sınırlı karşılaştırmalar yapılabilmektedir. Sementte fluorür miktarı, minede olduğu gibi yüzeyden derin tabakalara doğru düzenli olarak azalmadığı(71) için ancak belirli derinliklerde gruplamalar yapılarak karşılaştırma yapılabilmektedir. Belirli derinlik aralıkları ancak alüminyum ve fluorür ile alüminyum, stronsiyum ve fluorür uygulamalarında elde edilebildiğinden bu gruplar karşılaştırılmış, stronsiyum ve fluorür uygulamalarında derinlik farklılığı ortaya çıktığı için bir karşılaştırma yapılamamıştır. Fluorür birikimini karşılaştırabilmek için dokunun belirli derinliklerindeki fluorür konsantrasyonlarının daha önceden bilinmesi gerekmektedir. Bununla birlikte belirli derinlik aralıklarındaki fluorür konsantrasyonları karşılaştırıldığında da çarpıcı sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Birinci asit uygulama sonucu elde edilen bulgulara göre sement,

5000 ppm F'ün yalnız uygulanması ile, düşük konsantrasyonda alüminyum ve 5000 ppm F'ün birlikte uygulanmasından daha fazla florür alabilmektedir (Tablo 9). NaF ile 1×10^{-1} M Al ve 5000 ppm F arasında florür alımında anlamlı bir fark yoktur. Ancak birinci asit uygulaması sonrasında çözünmenin azalması 1×10^{-1} M Al ve 5000 ppm F uygulamasında daha azdır. Bu durum biriken florür miktarı değişmese de PO_4 -Al-F yolu ile yüzeyde tutulan florürlerin çözünme üzerine daha fazla etkili olabildiklerini göstermektedir. İhtimalki NaF'den alınan florür konsantrasyon olarak farklı olmasa da, daha zayıf bağlanmakta ve sement bu florürden yeteri kadar yararlanamamaktadır. Benzeri durum diğer alüminyum konsantrasyonlarında farklı bir şekilde ortaya çıkmakta, bu kez NaF'den daha fazla florür alınmasına karşın çözünmelerin karşılaştırmasında bir farklılık izlenmemektedir. Bu sonuçlar bile alüminyumun element olarak yararını ve daha güçlü bağlanma kapasitesini ortaya koymaktadır. Alüminyum konsantrasyon olarak yetersiz kalsa bile güçlü bağlayabildiği florürlerle çözünmeyi dengede tutmaktadır.

1000 ppm F kullanıldığı zaman ise sement düşük konsantrasyonlu alüminyum uygulamalarında daha fazla florür alabilmektedir. Bu durum birinci ve ikinci asit uygulamalarının her ikisi için de geçerlidir (Tablo 10, 12). Çözünme olayları incelenirken düşük konsantrasyonlu alüminyumla 1000 ppm F kullanılmasında çözünmenin azalma sebebinin yüzeyde iyon birikiminin azalmasından kaynaklandığı belirtilmiş, difüzyon yollarının açılması ile florürlerin sementte birikerek bu yolla etkili olabileceği ancak bunun kanıtlanmasının zor olduğu açıklanmıştı. Belirli derinlik aralıklarında olsa bile düşük konsantrasyonlu alüminyumun, 1000 ppm F ile daha fazla florür biriktirebilmesi, azalan çözünmenin açıklanmasındaki düşünceleri doğrulamaktadır.

Sementteki organik yapı oranının yüksekliği göz önüne alınarak bir miktar florürün organik yapıya da bağlanabileceği ileri sürülebilir. Florür iyon aktivite elektrodu ile miktarı saptanabilen, asitleme sonucu dokudan ayrılabilen florürdür. Minede yapılan çalışmalarda organik yapıya bağlı florürün, yapılan asitleme sonucu dokudan ayrılmasının zor oldu-

ğu bildirilmiştir(44). Bu araştırmada belirlenen fluorür konsantrasyonlarının sadece inorganik yapıya bağlı fluorür konsantrasyonu olduğu, sementin fluorür biriktirme yeteneğinin çok daha fazla olabileceği ve bu nedenle uzun sürede organik yapıdan çözülebilecek fluorürün sement çözünmelerini etkileyebileceği düşünölmelidir.

Bu araştırmadan elde edilen bulgularla fluorür ve iz element, uygulamalarından sonra sement içinde fluorür dağılımının nasıl olduğu konusunda bilgi vermek zordur. Bu konuda farklı yöntemlerle yapılacak yeni çalışmalara ihtiyaç vardır. Bununla birlikte klinik açıdan önemli olan sement çözünlüğünün azaltılmasıdır. Minede olduğu gibi sementte de fluorür ve iz element çözültisi uygulamalarının etkili olduğu gözlenmektedir. Klinikte bu çözültilerin başarıyla uygulanabileceği düşünölebilir. Ancak ideal konsantrasyonlara varabilmek için yeni araştırmalar yapılması gerekmektedir.



SONUÇLAR

Tüm bu yorumların ışığı altında sement çözünürlüğü üzerine fluorür ve iz elementlerin etkileri şöyle özetlenebilir:

- 1- Bir iz element kullanmaksızın yüksek konsantrasyonda fluorür uygulanması sementte çözünmeyi azaltmaktadır.
- 2- Alüminyum ve fluorürün yüksek konsantrasyonlarda birlikte uygulanması sementte çözünmeyi azaltmaktadır.
- 3- Yüksek konsantrasyondaki alüminyum ve fluorürün birlikte uygulanması sement çözünürlüğünün azaltılmasında sadece fluorür uygulamasına göre daha etkili olabilir.
- 4- Düşük konsantrasyondaki fluorürlerin, düşük konsantrasyonda alüminyum veya stronsiyumla birlikte uygulanması sement çözünürlüğünü azaltmaktadır.
- 5- Sement çözünürlüğünün azaltılması için uygulanan üçlü etkileşimlerde, yüksek konsantrasyonda kullanılan stronsiyum, alüminyum ve fluorürlerin birlikteki etkisini bozmaktadır.
- 6- Üçlü etkileşimlerde tüm elementlerin düşük konsantrasyonda kullanılması sement çözünürlüğünü azaltmaktadır.

7- Minede yüzeyden derin tabakalara doğru belirli ve azalan bir fluorür konsantrasyonu izlenmesine rağmen sementte böyle olmayışı ve sementte fluorür dağılımının kişiden kişiye, hatta diştten dişe değişmesi sebebiyle fluorür ve iz element uygulaması sonucu elde edilen fluorür birimleri ancak belirli derinlik aralıklarında karşılaştırılabilmektedir.

8- Yüksek konsantrasyonda alüminyum ve fluorür uygulamaları ile alınan fluorürler sadece fluorür uygulanması ile alınan fluorürlere kıyasla çözünme üzerine daha etkilidir.

9- Alüminyum konsantrasyonunun düşürülmesi ile sement düşük konsantrasyonlu fluorür çözeltilerinden daha fazla fluorür almaktadır.

10- Sementte bulunan yüksek orandaki organik yapıya fluorürlerin bağlanabileceği ve uzun süreçte çözünmeyi etkileyebilecekleri düşünülmalıdır.

Ö Z E T

Bu çalışmanın amacı, fluorürlerin yalnız ve farklı konsantrasyondaki iz elementlerle birlikte uygulanması sonucu sement çözünmesindeki değişiklikleri, sementin fluorür alımını ve bu olayda iz elementlerin rolünü incelemektir.

Araştırma, çekilmiş üçüncü büyük kazı dişlerinin sementleri üzerinde yürütülmüştür. Pencere yöntemi ile araştırmaya hazırlanan sement yüzeylerine, NaF, SrCl₂ ve AlK (SO₄)₂ bileşiklerinden hazırlanan farklı konsantrasyondaki çözeltiler uygulandıktan sonra yüzeyden birbirini takip eden iki asitleme biyopsisi alınmıştır. Uygulamalar sonunda sement çözünürlüğü asitleme biyopsisinde fosfat tayini yapılarak incelenmiştir. Sementteki fluorür birikimi ise yine asitleme biyopsisinde fluorür iyon elektrodu ile direkt fluorür ölçümleriyle araştırılmıştır.

Bulgularımıza göre, semente yalnız yüksek konsantrasyonda fluorür uygulaması, yüksek konsantrasyonlu fluorürlerle birlikte yüksek konsantrasyonda alüminyum uygulaması ve düşük konsantrasyonlu fluorürlerle birlikte düşük konsantrasyonlu stronsiyum veya alüminyum uygulaması sementin asitler karşısında çözünmesini azaltmaktadır.

Yüksek konsantrasyonda alüminyum ve fluorür uygulamaları ile alınan fluorürler, sadece fluorür uygulaması ile alınan fluorürlere göre

Çözünme üzerine daha etkilidirler. Düşük konsantrasyonlu fluorürlerle birlikte kullanılan alüminyumun konsantrasyonlarının düşürülmesi ile sement daha fazla fluorür alabilmektedir.

Araştırmanın sonunda kullandığımız iz elementlerin klinikte sement çürüklerinden korunmak için kullanılabilceği, ancak ideal konsantrasyonları bulabilmek için yeni çalışmalar yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.



RESUME

Le but de cette recherche est de observer la solubilité de la cément dentaire, et la retention des fluorures après l'application des fluorures et des éléments rares qui ont des concentrations differentes.

La recherche est réalisée sur les céments des troisième molaires extractées. Les surfaces des céments sont préparés à la recherche par la méthode de fenetre et on a appliqué des solutions de NaF, SrCl₂, AlK(SO₄)₂ de différents concentrations. Après l'application des éléments rares et de fluorure on a prit deux biopsies successive de l'acide. On a observé la solubilité du cément dentaire avec la titration de phosphate et la retention de fluorure est analysé par la mesurement direct de fluorure avec l'électrode d'ion spécifique.

On a constaté que l'application seul des fluorures concentré, l'application des fluorures concentré avec d'aluminium concentré et l'application des solutions diluée de fluorures avec des solutions diluée de la strontium et de l'aluminium sont effective sur la diminution de la solubilité de cément dentaire. L'application d'aluminium avec la fluorure concentré est plus effective que l'application seul des fluorures.

On a conclu qu'on peut appliquer cettes éléments dans les pratiques de medecine dentaire, mais il faut faire des nouveaux recherches pour trouver des concentrations idéale.

KAYNAKLAR

- 1- Al-Joburi, W. ve Koulourides, T.: Effect of fluoride on in vitro root surface lesions, *Caries Res.*, 18:33-40, 1984.
- 2- Banting, D.W.: Epidemiology of root caries, *Gerodontology*, 5:5-11, 1986.
- 3- Banting, D.W., Ellen, R.P. ve Fillery, E.D.: Prevalance of root surface caries among institutionalized older persons, *Community Dent. Oral Epidemiol.*, 8:84-88, 1980.
- 4- Banting, D.W. ve Stamm, J.W.: Effect of age and length of residence in a fluoridated area on root surface fluoride concentration, *Clinical Preventive Dentistry*, 1:7-10, 1979.
- 5- Beck, J.: The epidemiology of root surface caries, *J Dent Res.*, 60:1216-1221, 1990.
- 6- Brewer, K.P., Retief, D.H., Wallace, M.C. ve Bradley, E.L.: Cementum-fluoride uptake from topical fluoride agents, *Gerodontology*, 3:212-214, 1987.

- 7- Brudevold, F. ve Söremark, R.: Chemistry of the mineral phase of enamel. A.E.W. Miles, Structural and chemical organization of teeth, Vol.II, Academic Press, New York and London, 1967.
- 8- Buonocore, M.G. ve Bibby, B.G.: The effect of various ions on enamel solubility, J Dent Res., 24:103-108, 1945.
- 9- Chow, L.C. ve Brown, W.E.: Reaction of dicalcium phosphate dihydrate with fluoride, J Dent Res., 52:1220-1227, 1973.
- 10- Curzon, M.E.J. ve Losee, F.L.: Strontium content of enamel and dentin caries, Caries Res., 11:321-326, 1977a.
- 11- Curzon, M.E.J. ve Losee, F.L.: Dental caries and trace element composition of whole human enamel in Eastern United States, J. Am. Dent. Assoc., 94:1146-1150, 1977b.
- 12- Curzon, M.E.J., Spector, P.C. ve Iker, H.P.: An association between strontium in drinking water supplies and low caries prevalence in man, Archs. Oral Biol., 23:317-321, 1978.
- 13- Davies, B.E. ve Anderson, R.J.: The epidemiology of dental caries in relation to environmental trace elements. Experientia, 43:87-92, 1987.
- 14- Dedhiya, M.G., Young, F., Hefferren, J.J. ve Higuchi, W.I.: The inhibition of hydroxyapatite dissolution by Sr^{++} and Mg^{++} under partial saturation conditions in solutions containing F^{-} , J Dent Res., 53, Special issue Abstract No. 204, 1974.
- 15- Dedhiya, M.G., Young, F. ve Higuchi, W.I.: Mechanism for the retardation of the acid dissolution rate of hydroxyapatite by strontium, J Dent Res., 52:1097-1109, 1973.

- 16- Derand,T., Lodding,A. ve Petersson,L.G.: Effect of topical F⁻ solutions on caries-like lesions in root surface, *Caries Res.*, 23:135-140, 1989.
- 17- Doss,S.K.: Surface properties of hydroxyapatite: I the effect of various inorganic ions on the electrophoretic behavior, *J Dent Res.*, 55:1067-1075, 1976.
- 18- Elwood,P.: Epidemiology and trace elements. *Clin Endocrin and Metabolism*, 14:617-628, 1985.
- 19- Fédération Dentaire Internationale (FDI) Technical Report No.30: The impact of changing disease trends or dental education and practice, *Int. Dent. J.*, 37:127-130, 1987.
- 20- Fine,D.H., Chilton,N.W., Mendieta,C. ve Greco,M.: Experimental human cemental caries. II Clinical studies, *Caries Res.* 23:126, Abstract No.132, 1989.
- 21- Fisher,D.J. ve McConnell,D.: Aluminum-rich apatite, *Science*, 164:551-553, 1969.
- 22- Furseth,R.: A study of experimentally exposed and fluoride treated dental cementum in pigs, *Acta Odontol Scand.* 28:833-850, 1970.
- 23- Furseth,R. ve Johansen,E.: A microradiographic comparison of sound and carious human dental cementum. *Archs oral Biol.* 13:1197-1206, 1968.
- 24- Furseth,R. ve Johansen,E.: The mineral phase of sound and carious human dental cementum studied by electron microscopy, *Acta Odontol Scand.*, 28:305-322, 1970.

- 25- Gedalia,I., Nathan,H., Schapira,J., Haas,N. ve Felldman,J.: Fluoride concentration of surface enamel, cementum, lamina dura, and subperiosteal bone from the mandibular angle of hebrews, *Archs oral Biol* 9:331, 1964.
- 26- Gerhardt,D.E. ve Windeler,A.S.: Fluoride uptake in natural tooth surfaces pretreated with aluminum nitrate, *J Dent Res.*, 51:870, 1972.
- 27- Glas,J.E. ve Logergren,C.: Strontium fixation in the mineral phase of bone, *Biochim. Biol. Sperimentale*, 1:25-28, 1961.
- 28- Hals,E. ve Selvig,K.A.: Correlated electron probe microanalysis and microradiography of carious and normal dental cementum, *Caries Res.*, 11:62-75, 1977.
- 29- Hals,E., Tveit,A.B., Tötdal,B. ve Isrenn,R.: Effect of NaF, TiF₄ and APF solutions on root surfaces in vitro, with special reference to uptake of F, *Caries Res.*, 15:468-476, 1981.
- 30- Hoppenbrouwers,P.M.M., Driessens,F.C.M. ve Borggreven,J.M.P.M.: The vulnerability of unexposed human dental roots to demineralisation, *J Dent Res.*, 65:955-958, 1986.
- 31- Hoppenbrouwers,P.M.M., Driessens,F.C.M. ve Borggreven,J.M.P.M.: The mineral solubility of human tooth roots, *Archs oral Biol.* 32:319-322, 1987a.
- 32- Hoppenbrouwers,P.M.M., Driessens,F.C.M. ve Borggreven,J.M.P.M.: The demineralization of human dental roots in the presence of fluoride, *J Dent Res.*, 66:1370-1374, 1987b.
- 33- Hoppenbrouwers,P.M.M., Groenendijk,E., Tewaric,N.R. ve Driessens,F.C.M.: Improvement of the caries resistance of human dental roots by a two-step conversion of the root mineral into fluoridated hydroxyapatite, *J Dent Res.*, 67:1254-1256, 1988.

- 34- Ingram,G.S. ve Nash,P.F.: A mechanism for the anticaries action of fluoride, *Caries Res.*, 14:298-303, 1980.
- 35- Johnson,A.R., Armstrong,W.D. ve Singer,C.: Strontium incorporation into dental enamel, *Science*, 153:1396-1397, 1966.
- 36- Katz,R.V., Hazen,S.P., Chilton,N.W. ve Mumma,R.D.: Prevalance and intraoral distribution of root caries in an adult population, *Caries Res.*, 16:265-271, 1982.
- 37- Katz,R.V. ve Meskin,L.H.: The epidemiology of oral diseases in older adults, Holme-Pedersen,P. ve L oe,H., *Geriatric Dentistry, A Textbook of Oral Gerodontology*. Munksgaard, Copenhagen, 1986.
- 38- Katz,S. ve Park,K.K.: Further studies on root caries formation and prevention IADR Abstracts, Abstract No.620, 1984.
- 39- Kun,L.: Etude biophysique des modifications des tissus dentaires provoqu es par l'application locale de strontium, *Schweiz. Mschr. Zahnmed*, 86:661-676, 1976.
- 40- Lazzari,E.P.: Fluoride, E.P. Lazzari, *Dental Biochemistry*, 2.edition, Lea and Febiger, Philadelphia, 1976.
- 41- Legeros,R.Z., Miravite,M.A., Quirolgico,G.B. ve Curzon,M.E.J.: The effect of some trace elements on the lattice parameters of human and synthetic apatites, *Calc Tiss Res.*, 22, Supplement, 362-367, 1977.
- 42- Likins,R.C., McCann,H.G., Posner,A.S. ve Scott,D.B.: Comparative fixation of calcium and strontium by synthetic hydroxyapatite, *The J. of Biol. Chem.*, 235:2152-2156, 1960.
- 43- Losee,F.C. ve Ludwig,T.G.: Trace elements and caries, *J Dent Res.* 49:1229-1235, 1970.

- 44- Lussi,A., Fridell,R.A., Crenshaw,M.A. ve Bawden,J.W.: Absence of in-vitro fluoride-binding by the organic matrix of developping bovine enamel. Archs oral Biol. 33:531-533, 1988.
- 45- Manisalı,Y. ve Koray,F.: Sement dokusu, Ağız-Diş Embriyolojisi ve Histolojisi, Yenilik Kitabevi, İstanbul, 1982.
- 46- McCann,H.G.: Determination of fluoride in mineralized tissues using the fluoride ion electrode, Archs oral Biol., 13:475-477, 1968.
- 47- McCann,H.G.: The effect of fluoride complex formation on fluoride uptake and retention in human enamel, Archs Oral Biol., 14:521-531, 1969.
- 48- Murakami,T., Nakagaki,H., Sakakibara,Y., Weatherell,J.A. ve Robinson,C.: The distribution pattern of fluoride concentrations in human cementum, Archs oral Biol., 32:567-571, 1987.
- 49- Mühlemann,H.R.: Post-eruptive fluoridation, Brit. Dent J, 114:216-222, 1963.
- 50- Nakagaki,H., Izu,S., Weatherell,J.A. ve Robinson,C.: Fluoride distribution and the incremental line in human cementum, Caries Res., 23:454, Abstract No.107, 1989.
- 51- Nakagaki,H., Koyama,Y., Sakakibara,Y., Weatherell,J.A. ve Robinson,C.: Distribution of fluoride across human dental enamel, dentin and cementum, Archs oral Biol., 32:651-654, 1987.
- 52- Nakagaki,H., Weatherell,J.A., Strong,M. ve Robinson,C.: Distribution of fluoride in human cementum, Archs oral Biol., 30:101-104, 1985.

- 53- Nakata,T.M., Stepnick,R.J. ve Zıpkın,I.: Chemistry of human dental cementum: The effect of age and fluoride exposure on the concentration of ash, fluoride, calcium, phosphorus and magnesium, J. Periodont. 43:115-124, 1972.
- 54- Neiders,J.E.: Electron probe microanalysis of cementum and underlying dentin in young permanent teeth, J Dent Res., 51:122-126, 1972.
- 55- Ogaard,B., Arends,J. ve Rolla,G.: Action of F on development of root surface caries in vivo, Caries Res., 23:429, Abstract No.8, 1989.
- 56- Ogaard,B., Arends,J. ve Rolla,G.: Action of fluoride on initiation of early root surface caries in vivo (short communication), Caries Res., 24:142-144, 1990.
- 57- Regolati,B., Schait,A., Schmid,R., Marthaler,T.M. ve Mühlemann,H.R.: Effects of aluminum and fluoride on caries, fluorine content and dissolution of rat molars, Helv. Odont. Acta., 13:59-64, 1969.
- 58- Regolati,B., Schait,A., Schmid,R. ve Mühlemann,H.R.: The effect of titanium, aluminum and fluoride on rat caries, Helv. Odont. Acta., 18:92-96, 1974.
- 59- Ripa,L.W. ve Leske,G.S.: Introduction: Root surface caries symposium, Gerodontology, 5:3-5, 1986.
- 60- Saleeb,F. ve DeBruyn,P.L.: Surface properties of alkaline earth apatites, J. Electroanal Chem., 37:99-118, 1972.
- 61- Sandallı,P.: Periodontoloji, Erler Matbaası, İstanbul, 1981.
- 62- Schroeder,H.E.: Oral Structurbiologie, George Thieme Verlag, Stuttgart, 1976.

- 63- Shamschula,R.G., Barmes,D.E., Keyes,P.H. ve Gulbinat,W.: Prevalance and interrelationships of root surface caries in Lufa, Papua New Guinea, Community Dent. Oral Epidemiol, 2:295-304, 1974.
- 64- Sicher,H. ve Bhaskar,S.N.: Orban's Oral histology and embriology, 7.edition, The C.V.Mosby Company, Saint Louis, 1972.
- 65- Simpson,D.R.: Problems of the composition and structure of the bone minerals, Clin. Ortop., 86:260-286, 1972.
- 66- Singer,L. ve Armstrong,W.D.: Comparison of fluoride contents of human dental and skeletal tissues, J Dent Res., 41:154-157, 1962.
- 67- Skartveit,L., Tveit,A.B., Totdal,B. ve Selvig,K.A.: Effect of TiF_4 solutions on root surfaces in vitro after different application periods. Acta Odontol Scand., 47:25-30, 1989.
- 68- Soyman,M.: Stronsiyumun hidroksiapatit kristallerine birikmesi, Doktora tezi, İ.Ü.Dişhekimliği Fakültesi, İstanbul, 1977.
- 69- Soyman,M.: İz elementlerin mine çözünürlüğü florid birikimi ve yüzeysel yapı değişimleri üzerine etkilerinin incelenmesi, Doçentlik tezi, İ.Ü.Dişhekimliği Fakültesi, İstanbul, 1981.
- 70- Soyman,M., Küçükay,S. ve Onan,U.: Kök çürükleri dağılımının incelenmesi, Ön çalışma, E.D.F.D., 7:43-53, 1986.
- 71- Spörri,St., Belser,U. ve Mühlemann,H.R.: The precision of tree enamel biopsy methods for fluoride determination, Helv. Odont. Acta., 19:65-68, 1975.
- 72- Stamm,J.W. ve Banting,D.W.: Comparison of root caries prevalance in adults with life-long residence in fluoridated and non-fluoridated communités, IADR Abstracts, Abstract No.552, 1980.

- 73- Stamm, J.W., Banting, D.W. ve Imrey, P.B.: Adult root caries survey of two similar communities with contrasting natural water fluoride levels, *J.A.D.A.*, 120:143-149, 1990.
- 74- Stookey, G.K., Rodlun, C.A., Warrick, J.M. ve Miller, C.H.: Effect of fluoride on root caries in hamsters, *Caries Res.*, 23:429, Abstract No.9, 1989.
- 75- Sudarsanan, K. ve Young, R.A.: Structure of strontium hydroxide phosphate, $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, *Acta Cryst.*, B28:3668-3671, 1972.
- 76- Tagaki, S., Chow, L.C. ve Schreiber, C.T.: Enhanced root fluoride uptake by monocalcium phosphate monohydrate gels, *Caries Res.*, 29:18-22, 1990.
- 77- Taussky, H.H. ve Shorr, E.: A microcolorimetric method for determination of inorganic phosphorus, *J. Biol. Chem.*, 202:675-685, 1953.
- 78- Tveit, A.B.: Fluoride uptake by enamel surfaces, root surfaces and cavity walls following application of a fluoride varnish in vitro, *Caries Res.*, 14:315-323, 1980.
- 79- Tveit, A.B., Hals, B.Y., Isrenn, R. ve Totdal, B.: Highly acid SnF_2 and TiF_4 solutions effect on and chemical reaction with root dentin in vitro, *Caries Res.*, 17:412-418, 1983.
- 80- Underwood, E.J.: Trace elements in human and animal nutrition, 4. edition, Academic Press, New York, San Francisco, London 1977.
- 81- Vallée, R., Miquel, J.L. ve Ferran, P.: Médecine dentaire et gérodonologie. *J Canad Dent Assn.*, 1:83-85, 1986.
- 82- Vehkalahti, M., Rajala, M., Tuominen, R. ve Paunio, I.: Prevalance of root caries in the adult Finnish population, *Community Dent Oral Epidemiol.* 11:188-189, 1983.

- 83- Wagg,B.J.: Root surface caries: A review, *Community Dental Health*, 1:11-19, 1984.
- 84- Wallace,M.C., Retief,D.H. ve Bradley,E.L.: The incidence of root caries in an urban geriatric population on a 24-Month preventive program, *Caries Res.*, 23, Abstract No.5, 1989.
- 85- Weatherell,J. ve Robinson,C.: Fluoride in tooth and bone. Ekstrand,J., Fejerskov,O. ve Silverstone,L.M. *Fluoride in Dentistry*. Munksgaard, Copenhagen, 1988.
- 86- Yardeni,J., Gedalia,I. ve Kohn,M.: Fluoride concentration of dental calculus, surface enamel and cementum, *Arch oral Biol.*, 8:697-701, 1963.
- 87- Young,R.A.: Implications of atomic substitutions and other structural detail in apatites, *J Dent Res.*, 53 Supplement to No.2:193-203, 1974.

ÖZGEÇMİŞ

1962 yılında Üsküdar'da doğmuşum. Annem ev hanımı Ayser Ulukapı, babam İç Hastalıkları Uzmanı Dr.Hasan Ulukapı'dır. İlk öğrenimimi Konya Mümtaz Kuru İlkokulu'nda, orta öğrenimimi ise Saint Benoit Fransız Erkek Lisesi'nde tamamladım. 1982 yılında başladığım yüksek öğrenimimi İ.Ü.Dişhekimliği Fakültesi'nden 1987 yılında mezun olarak tamamladım ve aynı yıl Fakültenin Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, Konservatif Diş Tedavisi Bilim Dalı'nda doktora eğitimine başladım. Halen İ.Ü.Dişhekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak çalışmaktayım.

Meslektaşım Dr.Işın Ulukapı ile evliyim, Hasan Bora adında bir oğlum var.