

ORTODONTİK ARK TELLERİNİN FARKLI pH SEVİYELERİNDE İYON SALINIMLARININ İN-VİTRO OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Yrd.Doç.Dr. Bülent BAYDAŞ*

Yrd.Doç.Dr. İbrahim YAVUZ*

Arş.Gör.Dt. Ali KİKİ**

IN VITRO EVALUATION OF ION RELEASE FROM ORTHODONTIC ARCH WIRES IN VARIOUS pH LEVELS

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, sabit ortodontik tedavilerde kullanılan ark tellerinde bulunan Ni, Cr ve Co elementlerinin farklı pH ortamlarındaki iyon salınımlarının atomik absorpsiyon spektrofotometre ile değerlendirilmesidir.

Çalışmada 3 cm uzunluğunda NiTi, paslanmaz çelik, çok sarımlı paslanmaz çelik ve TMA ark telleri, alt sağ 1.molar bandı ve premolar braketine ligatüre edilerek benzer şartlar altında 4, 5.5 ve 7'lik pH' larda hazırlanan yapay tükürük içinde bekletilmiştir. 30. 60. ve 90. günlerde alınan yapay tükürük örnekleri atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazında değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler varyans ve çoklu karşılaştırma analizleriyle karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın sonuçları, ark tellerinden en fazla iyon salınımının pH 4 seviyesinde olduğunu, iyon salınımının hızının üçüncü ayda en düşük düzeyde olduğu fakat salınımın devam ettiğini göstermiştir. Ni iyonları en fazla salınımı gösterirken en az salınım Cr elementinden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ark telleri, pH, yapay tükürük, iyon salınımı, atomik absorpsiyon spektrofotometre.

ABSTRACT

The purpose of the present study is to evaluate the releases of Ni, Cr and Co ions from various arch wires used in fixed orthodontic treatments at various pH levels by means of atomic absorption spectrophotometer.

NiTi, stainless steel, multistranded stainless steel and TMA arch wires of 3 cm length ligated to a lower right first molar band and a premolar bracket were kept in artificial saliva prepared at 4, 5.5, 7 pH levels under similar conditions for 30th 60th and 90th days. At 30th, 60th and 90th days, the samples taken from artificial saliva were evaluated with the atomic absorption spectrophotometer. The data obtained were compared by means of variance analysis and multi comparison analysis.

The results of the study showed that the highest level of ion release was at pH 4 level and lowest within the third month, however it was continuing. Ni ions were found out to be released into saliva to the largest extent, whereas Cr ions were the lowest.

Key words: Archwires, pH, artificial saliva, ion release, atomic absorption spectrophotometer

GİRİŞ

Diş hekimliğinin her alanında, özellikle de ortodontide çeşitli metal alaşımlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Başlangıçta ortodontik apareylerin tel ve kroşelerinde, sabit

tedavilerde kullanılan bantların ve ligatürlerin yapımında altın (Au) materyalinden faydalanılmasına rağmen¹, 1930'lu yıllardan 1960 yıllara kadar geçen süre içinde altın yerini neredeyse tamamen paslanmaz çelik alaşımlara bırakmıştır.^{2,3} Bu yıllarda bonded

* Atatürk Üniv. Diş hek. Fakültesi Ortodonti A.D. Öğretim üyesi

** Atatürk Üniv. Diş hek. Fakültesi Ortodonti A.D. Araştırma görevlisi

braketlerle birlikte krom kobalt alaşımları da kullanılmaya başlanmıştır. Daha hafif kuvvetlerle daha uzun süreli çalışma imkanı veren ve yaklaşık olarak % 50 Nikel ve %50 Titanyumdan oluşan Nitinol telleri 1972 yılında kullanıma sunulmuştur.⁴ Daha sonra 1977 yılında Titanyumun beta fazı oda ısısında stabilize edilince Titanyum-Molibdenyum (TMA) alaşımları,³ ardından 1986 yılında süper elastik NiTi teller^{5,6} ve 1994 yılında Cu NiTi teller⁷ klinikte ortodontistlerin hizmetine sunulmuştur.

Altın (Au), Paladyum (Pd), gümüş (Ag) gibi soy ve yarı soy metallere Ni, Ti, Cr, Co, Cu gibi baz metal alaşımlara geçişle beraber hastaların bu metallere uzun süre ağızlarında buldurmasına bağlı olarak oluşan korozyon ürünleri ve bu ürünlerin etkileri de araştırılmaya başlanmıştır. Ortodontik metaller tükürük aracılığı ile elektrogalvanik bir akım oluşturarak ağız ortamına metal iyonlarının salınımına sebep olurlar. Ni iyonlarının bu şekilde geçişi hipersensitivite, astım, kontak dermatit gibi alerjik reaksiyonlara sebep olabilir⁸⁻¹⁰. Kızlarda daha fazla olmak üzere nikel allerjisi popülasyonun %4.5-28.5 inde görülmektedir.^{11,12} Sabit apareylerle beraber uygulanan NiTi tellerin ağızda mukoza teması veya direkt oral alınımı ile alerjik reaksiyonlar oluşturduğu, ağız mukozasında yanma ile beraber geniş eritematöz maküler lezyonlara sebep olduğu bildirilmiştir.¹³ Ayrıca Ni'in karsinojenik¹⁴⁻¹⁶, mutajenik¹⁷ ve sitotoksik¹⁸ olabileceği iddia edilmiştir. Bununla beraber yapılan çalışmalarda¹⁹⁻²² sabit apareylerden salınan Ni miktarının su ve besinlerle alınan günlük miktarın altında olduğu da gösterilmiştir. Son yıllarda yapılan araştırmalar dikkate alınarak Ni

içermeyen braket ve tellerin üretimine hız verilmiştir. Sabit ortodontik apareylerden salınan Cr ve Co karsinojenik etkilerinin olabileceği de bildirilmiştir.^{23,24}

Özellikle sabit mekaniklerden salınan Ni ve Cr iyonlarının incelendiği in vivo^{22,25-28} ve in vitro^{19-21,29-34} çalışmalar mevcuttur. Ancak, ağızdaki pH değişimlerini göz önüne alarak farklı pH seviyelerindeki iyon salınımlarını araştıran sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.^{20,21,30,32}

Bu çalışmanın amacı, sabit ortodontik tekniklerde kullanılan çeşitli ark tellerindeki Ni, Cr ve Co elementlerinin farklı pH ortamlarında ve değişik sürelerdeki iyon salınımlarının atomik absorpsiyon spektrofotometre ile değerlendirilmesidir.

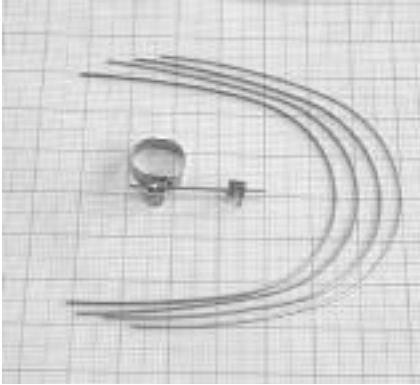
MATERYAL VE METOD

Bu çalışmanın materyalini GAC International Inc.(NY,USA) firmasının dikdörtgen kesitli 4 farklı ortodontik ark teli ve sabit ortodontik apareyleri taklit etmek amacıyla bu tellere ligatürlenmiş tüplü alt azı bantları ve alt premolar braketleri oluşturmaktadır.

Çalışmada kullanılan ortodontik ark telleri şunlardır:

- 0,016×0,022 inç Neo Sentalloy NiTi arch wire (Ovt neo accuform, LW/MD,160 gr., 02-523-622)
- 0,016×0,022 inç Preformed stainless steel arch wire type (304 VAR steel, Ovt ss acu, LW/MD, 03-622-642)
- 0,016×0,022 inç Multi-Strand Wire (Multibraid arches) (304 VAR steel, Eight strand, braided, accuform LW 03-622-44)
- 0,016×0,022 inç Resolve Beta Titanium arch wire (accuform, LW, 03-622-94)

Tüm ark telleri aynı kesici ile 3 cm uzunluğunda kesilmiştir. Her bir tele ağız ortamını taklit etmek amacıyla bir molar bant ve bir premolar braketleri (OmniArch Roth 0,018 inç, 77-451-10) ligatür teli ile bağlanmıştır (Şekil 1). Ölçüm hatalarını elimine etmek amacıyla her örnekten ikişer adet hazırlanmıştır. Örnekler, üzerlerindeki yabancı maddelerden arındırılmak amacıyla ultrasonik temizleyicide temizlenip, steril suyla yıkanmış ve kurutulmuştur. Daha sonra kapaklı polietilen kaplarda Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Laboratuvarında üç farklı pH (4 - 5,5 - 7) da hazırlanan 10 ml yapay tükürük içinde 37 °C de kapalı ortamda bekletilmiştir.



Şekil 1. Ark teli (3 cm.) ve üzerindeki bant ve braketler ve kullanılan teller

Kapaklı kaplarda bulunan örneklerden 30. 60. ve 90. günlerde steril şartlarda sıvı alınarak ölçümler yapılmıştır. Analiz işlemlerinde bir grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrofotometre (GFAAS) (Perkin-Elmer A Analyst 700®, Perkin-Elmer, Überlingen, Germany) cihazı kullanılarak, Ni, Cr ve Co miktarları µg/L (ppb) cinsinden ölçülmüştür.

İstatistiksel Değerlendirme

İstatistiksel değerlendirme için SPSS (SPSS for Windows ver.10.0) paket programı kullanılmıştır. Gruplar arası farklılıkları karşılaştırmak için tek yönlü Varyans (ANOVA) analizinden ve farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için ise LSD çoklu karşılaştırma analizinden yararlanılmıştır.

BULGULAR

Farklı pH ve sürelerde, dört farklı ark tellinden ve bağlı oldukları bant ve braketlerden salınan Ni, Cr ve Co iyonlarına ait verilerin (µg/L) ortalama ve standart sapma sonuçları Tablo 1’de gösterilmiştir.

Farklı pH düzeyleri, materyalin yapay tükürük içinde bekletilme süreleri ve yapay tükürüğe geçen iyon miktarları arasındaki ilişkiyi veren Varyans analizi ve grup içindeki farklılıkları gösteren LSD çoklu karşılaştırma analizi sonuçları Tablo 2’de gösterilmiştir. Farklı ark tellerine ait Varyans ve Tukey analiz sonuçları ise Tablo 3’te verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre pH ($p<0.001$), süre ($p<0.01$) ve salınan metal iyonları ($p<0.001$) arasında önemli farklılıklar bulunurken, ark telleri arasında iyon salınımı açısından istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir.

pH'a bağlı oluşan değişimler:

Varyans analizi sonuçları, iyon salınımında pH seviyesinin etkili olduğu göstermiştir. LSD analizi sonucunda en fazla salınımın pH 4 seviyesinde olduğu, en düşük salınımında pH 7 lik hazırlanan yapay tükürükte olduğu ve pH arttıkça salınımın azaldığı belirlenmiştir. pH'a bağlı olarak elementlerin iyon salınımını veren grafikler Şekil 2 ve 3'te görülmektedir.

Tablo 1, Farklı ark tellerinin iyon salınımına ait dağılım tablosu ($\mu\text{g/L}$)

pH	Süre (ay)	NiTi						Paslanmaz Çelik						Çok Sarımlı Pas. Çelik						TMA					
		Ni		Cr		Co		Ni		Cr		Co		Ni		Cr		Co		Ni		Cr		Co	
		Ort.	S.Sp	Ort.	S.Sp	Ort.	S.Sp	Ort.	S.Sp	Ort.	S.Sp	Ort.	S.Sp	Ort.	S.Sp	Ort.	S.Sp	Ort.	S.Sp	Ort.	S.Sp	Ort.	S.Sp	Ort.	S.Sp
4	1	19,5	2,12	0,0	0,0	1,0	0,15	30,64	43,33	0,0	0,0	0,0	0,0	40,21	33,64	0,62	0,88	2,01	2,84	0,0	0,0	0,68	0,96	3,13	4,42
	2	45,09	10,26	0,02	0,02	2,83	2,52	64,15	41,15	0,04	0,09	0,71	0,99	75,02	68,84	0,06	0,08	5,96	2,74	74,40	4,59	0,17	0,24	6,55	0,24
	3	47,73	1,35	3,32	0,59	3,27	1,58	66,07	47,55	2,35	0,24	1,58	1,68	94,94	86,08	3,63	2,51	8,16	3,87	94,21	9,04	2,71	1,06	7,19	1,64
5	1	11,50	16,26	0,0	0,0	0,55	0,78	15,28	21,61	0,0	0,0	0,0	0,0	9,31	4,38	0,08	0,11	0,0	0,0	53,45	1,92	0,19	0,11	0,0	0,0
	2	34,06	2,99	0,0	0,0	1,76	1,36	20,46	7,69	0,11	0,14	0,38	0,54	46,10	50,69	0,60	0,67	1,41	1,99	53,76	11,72	0,03	0,02	10,75	14,74
	3	40,17	4,89	1,26	0,71	2,68	0,68	16,88	1,65	1,50	0,66	10,01	0,78	56,31	68,02	2,48	1,78	1,41	1,99	62,65	5,76	2,39	0,05	11,71	14,24
7	1	0,75	0,40	0,0	0,0	0,0	0,0	19,91	1,83	0,25	0,35	0,12	0,16	0,08	0,11	0,0	0,0	0,0	0,0	10,85	13,09	0,20	0,28	0,22	0,31
	2	5,03	1,14	0,39	0,08	0,0	0,0	0,98	1,39	0,16	0,05	0,0	0,0	3,83	3,30	0,43	0,09	0,0	0,0	3,54	1,09	0,23	0,23	0,0	0,0
	3	4,24	0,17	0,30	0,15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,29	0,22	0,0	0,0	8,02	10,62	0,17	0,01	0,0	0,0	2,74	1,13	0,19	0,27	0,0	0,0

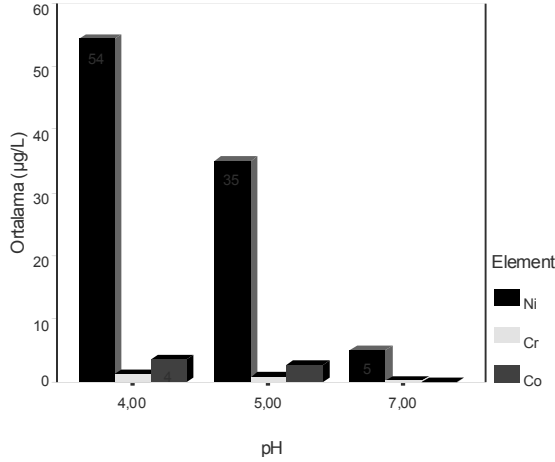
Tablo 2. Farklı pH, süre ve elementlere ait Varyans ve LSD çoklu karşılaştırma analizi sonuçları ($\mu\text{g/L}$)

	(1)	(2)	(3)			1-2	1-3	2-3
	pH 4	pH 5.5	pH 7	F				
pH	19,67	12,78	1,76	22,38	***	*	***	***
	1.ay	2.ay	3.ay					
Süre	6,13	12,75	15,33	6,18	**	**	***	-
	Ni	Cr	Co					
Element	31,44	0,70	2,07	82,71	***	***	***	-

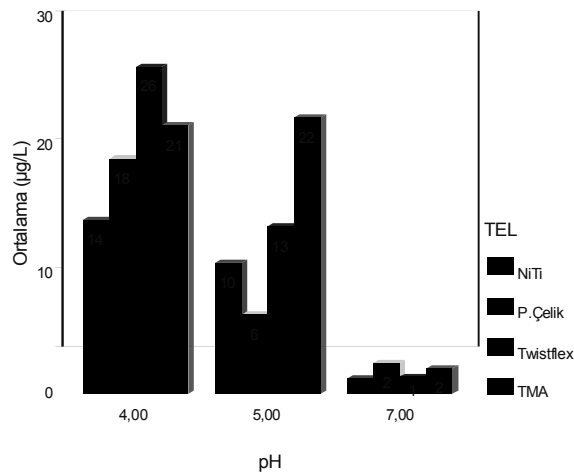
* $P < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Tablo 3. Farklı ark tellerine ait Varyans ve Tukey çoklu karşılaştırma analiz sonuçları ($\mu\text{g/L}$) .

	(1)	(2)	(3)	(4)			1-2	1-3	2-3	1-4	2-4	3-4
	NiTi	P.Ç	Ç.P.Ç	TMA	F							
Ark Tel	8,36	8,99	13,36	14,89	2,13	-	-	-	-	-	-	-



Şekil 2. pH ve elementler arasındaki ilişkiyi veren grafik.



Şekil 3. pH ve ark telleri arasındaki ilişkiyi veren grafik.

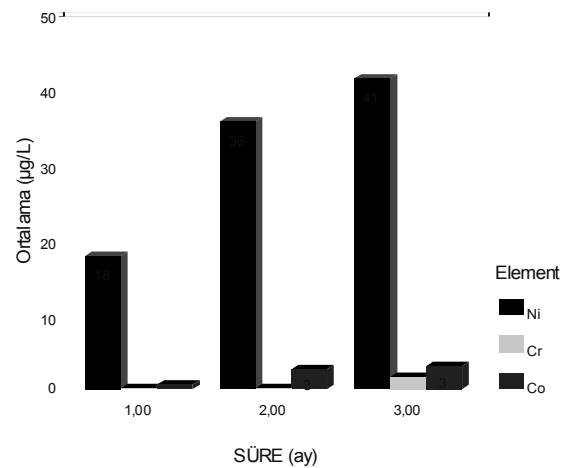
Süreye bağlı değişimler:

Ark teli, bant ve braketlerin içinde bulunduğu yapay tükürükten 30. 60. ve 90'ıncı günlerde alınan örneklerden yapılan ölçümler için uygulanan varyans analizi sonucunda sürenin iyon salınımında önemli olduğu gösterilmiştir. En az salınım 3. ayda olmuş, 1. ve 2.

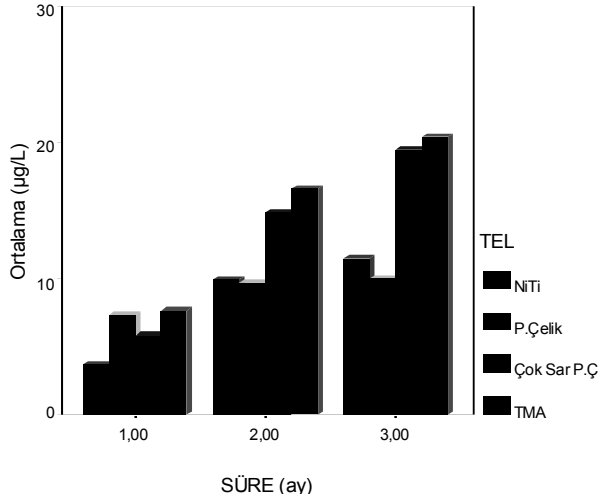
aylarda hemen hemen eşit oranda salınım gerçekleşmiştir. İkinci ve 3. aylardaki toplam iyon miktarları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır. Bu da iyon salınımının zamanla yatay bir seyir izlediğini göstermektedir. Süreye bağlı olarak elementlerin iyon salınımını gösteren grafikler Şekil 4 ve 5' te gösterilmiştir.

Elementlere bağlı değişimler:

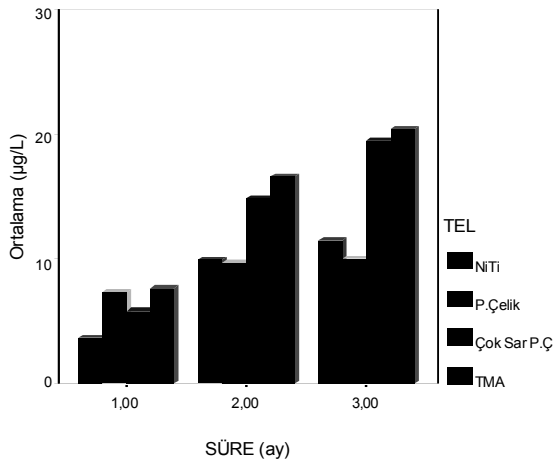
Çalışmamızda kullanılan ark telleri ve üzerlerindeki bant ve braketlerde bulunan Ni, Cr ve Co elementlerinin yapay tükürükte bekletilmeleri sonucunda uğradıkları korozyona bağlı olarak oluşan iyon salınımlarının Varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak farklılık gösterdiği bulunmuştur. Çoklu karşılaştırma (LSD) analizi sonucunda yapay tükürüğe en fazla geçen iyon Ni olurken, en az geçişin Cr elementinden olduğu bulunmuştur. Cr ve Co elementlerinin iyon salınımları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır. Tellerden salınan elementlerin dağılımını veren grafik Şekil 4 gösterilmiştir.



Şekil 4. Süre ve elementler arasındaki ilişkiyi veren grafik.



Şekil 5. Süre ve ark telleri arasındaki ilişkiyi veren grafik.

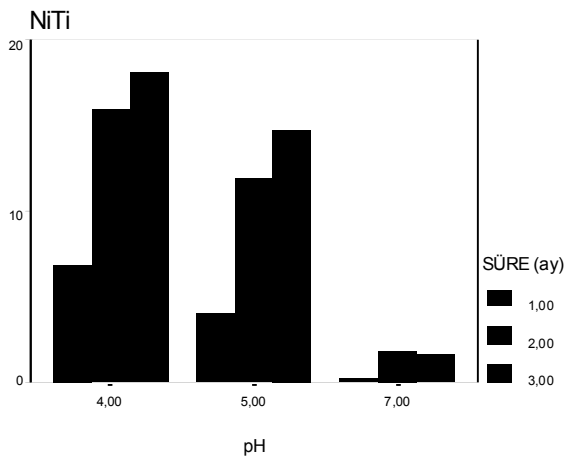


Şekil 6. Ark telleri ve elementler arasındaki ilişkiyi veren grafik

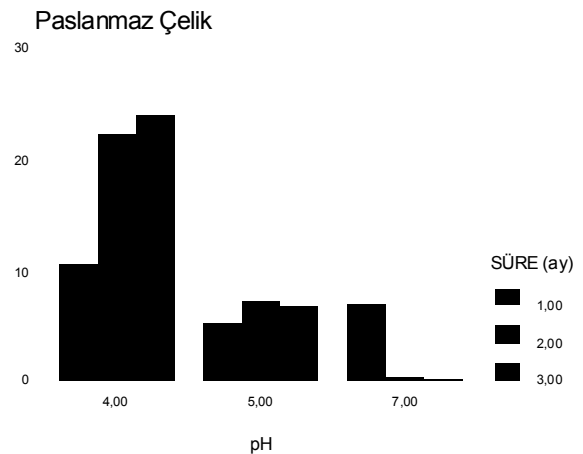
Ark tellerine bağlı değişimler:

Dört farklı ark teli ve üzerlerindeki bant ve braketlerin yapısındaki elementlerin iyon salınımları Varyans analizi ile değerlendirildiğinde teller arasında iyon salınımı açısından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunama-

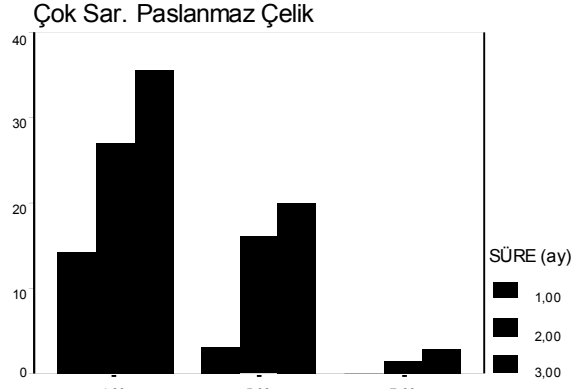
mıştır (Tablo 3). En az salınımın NiTi ve paslanmaz çelik telden olduğu en fazla salınımın ise çok sarımlı paslanmaz çelik tel ve TMA telden gerçekleştiği belirlenmiştir (Şekil 6). Her bir tele ait pH ve süreye bağlı iyon salınımını gösteren grafikler Şekil 7-10' da gösterilmiştir.



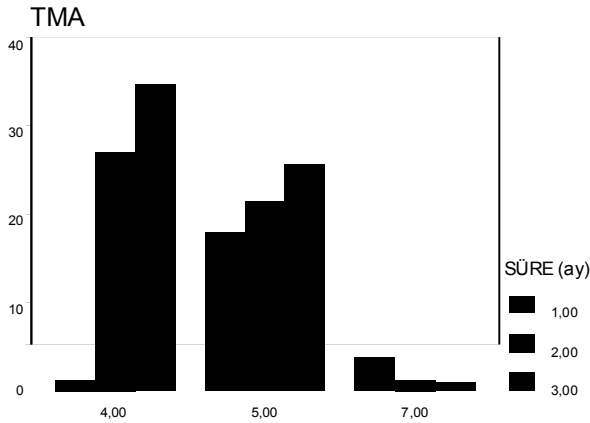
Şekil 7. NiTi ark teline ait pH ve süreye bağlı iyon salınımını gösteren grafik.



Şekil 8. Paslanmaz çelik ark teline ait pH ve süreye bağlı iyon salınımını gösteren grafik.



Şekil 9. Çok sarımlı paslanmaz çelik ark teline ait pH ve süreye bağlı iyon salınımını gösteren grafik.



Şekil 10. TMA ark teline ait pH ve süreye bağlı iyon salınımını gösteren grafik.

TARTIŞMA

Ağızdaki sabit ortodontik apareylerden kişinin dolaşımına katılan günlük metal iyonu miktarı oldukça önemlidir. Metaller tükürük aracılığıyla oral kaviteye salınır ve bu salınım tükürüğün yüksek klorür içeriğinden veya

düşük pH'lı yiyeceklerden etkilenir. Barret ve ark.³⁴ tükürüğün pH sınır (yaklaşık 6,5), enzimatik aktivitesinin, organik asit ve bakteri florasının ağızdaki metallere korozyonun oluşmasında etkili olan faktörler olduğunu belirtmişlerdir. Genelde in vivo çalışmalarda, sabit apareylerin uygulanmasını takiben Fe, Ni ve Cr gibi iyonların tükürükteki seviyelerinin arttığı, yaklaşık 1 ay sonra ise bu salınımın yavaşladığı hatta sabit aparey öncesi seviyeye düştüğü bulunmuştur.^{22,25,26,28} Diğer yandan en yoğun iyon geçişinin ilk ay içerisinde olduğunu fakat bu salınımın hızı azalsa da aylar boyunca devam ettiğini gösteren in vitro çalışmalar mevcuttur.^{20,30,31} Çalışmamızda da benzer şekilde 1. ve 2. aylarda salınım hızının yüksek olduğu, son ölçümlerin yapıldığı 3. ayda ise metal iyon salınımının daha az olduğu, ancak devam ettiği görülmüştür.

Ağız ortamında oluşan pH değişimleri de ortamdaki metallere iyon salınımını etkilemektedir. Özellikle Ni bazlı alaşımların asit ortamında iyon salınımını artırmaktadır.³⁵ Huang ve arkadaşları^{20,30} yeni ve yakılmış braketler kullanarak yaptıkları çalışmalarında pH 4,2'deki iyon salınımının her zaman pH 7'den daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Yine Staffolani ve arkadaşları,²¹ braket ve ark tellerinden salınan Ni, Cr ve Cu iyonlarının pH 6,5'te pH 3,5'a göre daha az salındığını belirtmişlerdir. NiTi ark tellerinin değişik asiditelerdeki iyon salınımını inceleyen Huang ve arkadaşları³² pH 2,5'ta Ni ve Ti iyon salınımının arttığını göstermişlerdir. Bizim çalışmamızda da yukarıda bahsedilen çalışmalarla uyumlu olarak, salınan iyon miktarının pH 4'te en fazla, pH 7'de ise en az olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda incelenen iyonlar içinde tüm ark teli kombinasyonlarında, tüm pH larda ve incelenen tüm zamanlarda en fazla salınan iyonun Ni olduğu bulunmuştur. Diğer birçok çalışmada da Ni salınan en belirgin iyon olarak karşımıza çıkmaktadır.^{19,30,33,34,36} Çünkü Ni, NiTi tellerin % 50 sini oluşturmakla kalmayıp çelik ark telleri, bantlar ve braketlerin yapısında da bulunmakta ve ortama salınmaktadır.³⁶

Her ne kadar istatistiksel olarak diğerlerinden farklı olmasa da çalışmamızda en fazla iyon salınımı yapan kombinasyonun; bant + braket + TMA tel olması ilginçtir. Çünkü Beta titanyum alaşımları (TMA) yapılarında önemli miktarda titanyum olması nedeniyle korozyona karşı oldukça dirençlidir.^{37,38} Ancak bu çalışmalarda ark telleri tek başına değerlendirilmiş olup^{37,38}, literatürde gerek TMA teli gerekse de çok sarımlı paslanmaz çelik teli bant ve braketlere tespit ederek iyon salınımı yönüyle inceleyen çalışmaya rastlanmamıştır. Diğer yandan Hunt ve arkadaşlarının³⁹ yaptıkları bir çalışmada TMA telin yüzeyinin NiTi, stainless steel ve Co-Cr tellerin hepsinden daha pürüzlü olduğu ortaya konmuştur. Benzer şekilde Nishio ve arkadaşları⁴⁰, beta titanyum telin en fazla sürütünme kuvvetine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bahsedilen bu pürüzlü yüzey ile tüp ve braket slotu arasında fretting (aşınma) korozyonunun meydana gelmiş olması muhtemeldir. Aynı durum çok sarımlı paslanmaz çelik tel içinde geçerli olabilir. Ayrıca Hwang ve arkadaşları³¹ NiTi tel bant ve braketlere yerleştirildiğinde Ni salınımının telin kendisinden daha çok bant ve tel arasındaki galvanik korozyon nedeniyle oluştuğunu belirtmişlerdir. Ni içermeyen TMA tel için de ben-

zer şekilde bant ve braketlerle arasında galvanik korozyon oluşması, bu tel kombinasyonundaki artmış iyon salınımını açıklayabilir.

Ortodontide kullanım alanı bulan ve ağız içinde uzun süre değişik pH ortamlarına maruz kalan materyallerin biouyumluluklarının yüksek olması önemlidir. Ancak bu farklı tür materyallerin aynı ortamda bulduklarında aralarında oluşan etkileşimlerin de göz önüne alınması gereklidir.

SONUÇLAR

1. Ağız ortamında bulunan ortodontik aygıtlardaki metallerin korozyonunu tükürüğün pH sı etkilemektedir. Metallerin iyon salınımı asidik pH ortamında daha fazla olmaktadır.

2. Metallerden iyon salınımı ilk aylarda daha yüksek olurken ilerleyen aylarda salınım azalarak devam etmektedir.

3. Ortodontik ark tellerinden ve üzerlerindeki bant ve braketlerden en fazla salınan Ni elementi iyonları, en az salınan ise Cr elementi iyonları olmuştur.

4. Çalışmamızda kullanılan ark telleri ve üzerlerindeki bant ve braketlerden salınan iyonlar genel olarak göz önüne alındığında istatistiksel olarak aralarında bir farkın bulunmadığı belirlenmiştir.

5. TMA ve çok sarımlı paslanmaz çelik tel ile üzerlerindeki bant ve braketlerden Ni iyonlarının salınımının diğer tellere göre daha yüksek olması, yüzeyleri pürüzlü bu ark tellerinin korozyonu arttırarak iyon salınımının artışında etkili olduğunu düşündürmektedir.

KAYNAKLAR

1. Lindquist JT. The edgewise appliance. In: Graber TM, Swain BF, eds. *Orthodontics: Current Principles and Techniques*. Chapter 9. Mosby, St Louis, 1985:565-71.
2. Thurow RC. *Edgewise Orthodontics*. 3rd ed. Mosby, St Louis, 1972: 22-34.
3. Kusy RP. Basic properties and characteristics of archwires. *Pract Rev Orthod*. 1995: 142- 51.
4. Andreasen GF, Morrow RE. Laboratory and clinical analyses of nitinol wire. *Am J Orthod*. 1978; 73(2): 142-51
5. Miura F, Mogi M, Ohura Y, Hamanaka H. The super-elastic property of the Japanese NiTi alloy wire for use in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986; 90:1-10.
6. Burstone CJ. Chinese Ni-Ti wire: a new orthodontic alloy. *Am J Orthod* 1985; 87:445-52.
7. Brantley WA, Eliades T. *Orthodontic Materials: Scientific and Clinical Aspects*. Thieme, Stuttgart, Germany, 2001;84-97.
8. Block GT, Yeung M. Asthma induced by nickel. *JAMA* 1982;247:1600-2.
9. Fisher JR, Rosenblum GA, Thomson BD. Asthma induced by nickel. *JAMA* 1982;248:1065-6.
10. Romaguera C, Grimalt F, Vilaplana J. Contact dermatitis from nickel: an investigation of its sources. *Contact Dermatitis* 1988;19:52-7
11. Peltonen L. Nickel sensitivity in the general population. *Contact Dermatitis* 1979;5:27-32.
12. Peltonen L. Nickel sensitivity: an actual problem. *Int J Dermatol*1981;20:352-3.
13. Dunlap CL, Vincent SK, Barker BF. Allergic reaction to orthodontic wire: report of case. *J Am Dent Assoc*. 1989;118(4):449-50.
14. Kasprzak KS, Bialkowski K. Inhibition of antimutagenic enzymes, 8-oxo-dGTPases, by carcinogenic metals. Recent developments. *J Inorg Biochem* 2000;79(1-4):231-6
15. Zhou D, Salnikow K, Costa M. Cap43, a novel gene specifically induced by Ni²⁺ compounds. *Cancer Res* 1998;58(10):2182-9.
16. Lee YW, Broday L, Costa M. Effects of nickel on DNA methyltransferase activity and genomic DNA methylation levels. *Mutat Res* 1998;415(3): 213-8.
17. Lloyd DR, Phillips DH. Oxidative DNA damage mediated by copper(II), iron(II) and nickel(II) fenton reactions: evidence for site-specific mechanisms in the formation of double-strand breaks, 8-hydroxydeoxyguanosine and putative intrastrand cross-links. *Mutat Res* 1999;424(1-2):23-36.
18. Kawata Y, Shiota M, Tsutsui H, Yoshida Y, Sasaki H, Kinouchi Y. Cytotoxicity of Pd-Co dental casting ferromagnetic alloys. *J Dent Res* 1981; 60(8): 1403-9.
19. Park HY, Shearer TR. In vitro release of nickel and chromium from simulated orthodontic appliances. *Am J Orthod* 1983;84(2):156-9.
20. Huang TH, Yen CC, Kao CT. Comparison of ion release from new and recycled orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120(1): 68-75.
21. Staffolani N, Damiani F, Lilli C, Guerra M, Staffolani NJ, Belcastro S, Locci P. Ion release from orthodontic appliances. *J Dent* 1999;27(6): 449-54.
22. Agaoglu G, Arun T, Izgi B, Yarat A. Nickel and chromium levels in the saliva and serum of patients with fixed orthodontic appliances. *Angle Orthod* 2001;71(5):375-9.
23. IARC Working Group. Chromium and chromium compounds. In: *IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to man*, vol. 49. Lyon: IARC; 1990:49-256.
24. IARC Working Group. Cobalt and cobalt compounds. In: *IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to man*, vol. 52. Lyon: IARC; 1992:363-473.
25. Kocadereli L, Atac PA, Kale PS, Ozer D. Salivary nickel and chromium in patients with fixed orthodontic appliances. *Angle Orthod* 2000;70(6):431-4.
26. Kerosuo H, Moe G, Hensten-Pettersen A. Salivary nickel and chromium in subjects with different types of fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111(6):595-8.
27. Jensen CS, Lisby S, Baadsgaard O, Byrialsen K, Menne T. Release of nickel ions from stainless steel alloys used in dental braces and their patch test reactivity in nickel-sensitive individuals. *Contact Dermatitis* 2003;48(6):300-4.

28. Gjerdet NR, Erichsen ES, Remlo HE, Evjen G. Nickel and iron in saliva of patients with fixed orthodontic appliances. *Acta Odontol Scand* 1991;49(2):73-8.
29. Gursoy S, Acar AG, Sesen C. Comparison of metal release from new and recycled bracket-archwire combinations. *Angle Orthod* 2005;75(1):92-4.
30. Huang TH, Ding SJ, Min Y, Kao CT. Metal ion release from new and recycled stainless steel brackets. *Eur J Orthod* 2004;26(2):171-7.
31. Hwang CJ, Shin JS, Cha JY. Metal release from simulated fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120(4):383-91.
32. Huang HH, Chiu YH, Lee TH, Wu SC, Yang HW, Su KH, Hsu CC. Ion release from NiTi orthodontic wires in artificial saliva with various acidities. *Biomaterials* 2003;24(20):3585-92.
33. Kerosuo H, Moe G, Kleven E. In vitro release of nickel and chromium from different types of simulated orthodontic appliances. *Angle Orthod* 1995;65(2):111-6.
34. Barrett RD, Bishara SE, Quinn JK. Biodegradation of orthodontic appliances. Part I. Biodegradation of nickel and chromium in vitro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993 ;103(1):8-14.
35. Wataha JC, Lockwood PE, Khajotia SS, Turner R. Effect of pH on element release from dental casting alloys. *J Prosthet Dent* 1998;80(6):691-8.
36. Eliades T, Pratsinis H, Kletsas D, Eliades G, Makou M. Characterization and cytotoxicity of ions released from stainless steel and nickel-titanium orthodontic alloys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125(1):24-9.
37. Kim H, Johnson JW. Corrosion of stainless steel, nickel-titanium, coated nickel-titanium, and titanium orthodontic wires. *Angle Orthod* 1999;69(1):39-44.
38. Speck KM, Fraker AC. Anodic polarization behavior of Ti-Ni and Ti-6Al-4V in simulated physiological solutions. *J Dent Res* 1980;59(10):1590-5.
39. Hunt NP, Cunningham SJ, Golden CG, Sheriff M. An investigation into the effects of polishing on surface hardness and corrosion of orthodontic archwires. *Angle Orthod* 1999 ;69(5):433-40.
40. Nishio C, da Motta AF, Elias CN, Mucha JN. In vitro evaluation of frictional forces between archwires and ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125(1):56-64.

Yazışma Adresi _____ :

Yrd.Doç.Dr. Bülent BAYDAŞ
Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak.
Ortodonti A.D.
ERZURUM

Tel: 0 442 2311383
Fax: 0 442 2312270
e-mail: bbaydas@atauni.edu.tr