

## Farklı Laboratuvarlarca Dökümü Yapılmış Tek Parça Döküm Parsiyel Protezlerde Kullanılan Metal Alaşımların Sitotoksosite Yönünden Değerlendirilmesi

### Cytotoxicity Evaluation of Removable Partial Denture Alloys were Obtained From Different Laboratories

Onur Şahin, DDS, PhD,<sup>a</sup> Derya Özdemir Doğan, DDS, PhD,<sup>a</sup> Zübeyde Akın Polat, DDS, PhD<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Cumhuriyet Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi A.D

<sup>b</sup>Cumhuriyet Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Mikrobiyoloji A.D

Received: 16 September 2010 Accepted: 29 March 2011

#### ÖZET

**Amaç:** Bu araştırmanın amacı farklı laboratuvarlarca dökümü yapılmış tek parça döküm parsiyel protezlerde kullanılan metal alaşımların sitotoksosite yönünden değerlendirilmesidir.

**Gereç ve Yöntem:** Sivas'ta faaliyet gösteren 4 farklı laboratuvar, kumlama ve kumlama+cila işlemi uygulanmış 1 mm çapında, 1.5 mm kalınlıkta disk şeklindeki metal örnekler elde edildi. Hazırlanan metal örnekler etilen oksit gazıyla sterilize edildi ve L929 fibroblast hücre serisi kullanılarak elde edilen kültüre yerleştirildi. Agar overley testi kullanılarak sitotoksitenin belirlenmesinde ISO 2009 yılı 10993-5 numaralı protokolü takip edildi.

**Bulgular:** Hücrelerin lizis miktarına göre yapılan puanlama değerlerine göre 4 laboratuvar, 3 tanesinden elde edilen örnekler sitotoksik bulunmamışken, 1 tanesinden elde edilen örnekler orta derecede sitotoksik bulunmuştur. Ayrıca çalışmamızda tüm gruplarda kumlama ve kumlama+cila arasında sitotoksite açısından fark bulunmamıştır.

**Sonuçlar:** Laboratuvarlar artık metalleri yalnızca ekonomik nedenlerle değil, konu hakkında yeterince bilgi sahibi olmadıkları için de kullandıkları göz önüne alınırsa, tekrarlanan döküm işlemi ile biyolojik riskler arasındaki ilişki ve söz konusu riskin boyutları hakkında bu teknisyenlerin bilgilendirilmelerinin önemi ortaya çıkmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kobalt-krom alaşımları, döküm, sitotoksosite

#### ABSTRACT

**Objectives:** The aim of this study was assess cytotoxicity of removable partial denture alloys which were obtained from different laboratories.

**Methods:** 1 mm diameter, 1.5 mm thickness disc-shaped metal specimens which were applied sandblasting and sandblasting+polishing process were obtained from four different laboratories acting in Sivas. Specimens were performed in sterile with ethylene oxide gas and then placed on to the L929 fibroblast cell culture. According to the 2009 ISO 10993-5 protocols, cytotoxicity were determined by means of agar overley test.

**Results:** According to the lysis of the cells, specimens which were obtained from four laboratories, three of them were not cytotoxic while one of them was slightly cytotoxic. Moreover all groups in our study which applied sandblasting and sandblasting + polishing process, were no significant difference in cytotoxicity.

**Conclusions:** Laboratories use recasted metal alloys not only for economic reasons but also because of nesicence. The importance is emerging that technicians must be informed about the relationship between recasting process and biological risk and also size of the biological risk.

**Keywords:** Cobalt-Chromium alloys, casting, cytotoxicity.

Onur ŞAHİN  
Cumhuriyet Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi,  
Protetik Diş Tedavisi AD,  
Sivas  
e-mail :sonurs60@hotmail.com

#### GİRİŞ

Kobalt-krom alaşımları 1933 yılından beri bölümlü protezlerin döküm iskeletlerinin yapımında kullanılmaktadır.

Bu materyalin kullanılmasının nedeni düşük dansite, yüksek elastikiyet modülü gibi bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyi olması ve fiyatının ucuz olmasıdır.<sup>1-3</sup>

Kıymetli alaşımlara göre oldukça ucuz olmalarına rağmen ekonomik nedenlerden dolayı bu alaşımların tekrar kullanıldığı bilinmektedir. Metal alaşımlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinden başka biyolojik uyumluluğu da tartışılan bir konudur. Bu alaşımların içindeki elementlere karşı toksik, karsinojenik, allerjik reaksiyonlar görülebilmektedir.<sup>4</sup>

Tek parça bölümlü protezlerde kullanılan kobalt-krom alaşımlarında; 14 no'lu ANSI-ADA spesifikasyonuna göre krom kobalt nikel gibi temel alaşımların %85 ten az olmaması ve alaşımın en az % 20 krom içermesi gerekmektedir.<sup>5</sup>

Döküm alaşımların fiziksel özellikleri daha ziyade molibden, karbon, berilyum, çinko gibi düşük yüzdeli elementler tarafından etki altında tutulmaktadır. Alaşımın içeriğinde bulunan krom pasifleştirici etkisinden dolayı alaşıma lekelenme ve korozyon direnci sağlar. Kobalt alaşımın elastikiyet modülünü, dayanıklılık ve sertliğini artırır.<sup>1,6</sup>

Dental döküm alaşımlarının içeriğindeki elementlerin oranlarının alaşımın sadece fiziksel özelliklerini değil, aynı zamanda biyolojik uyumluluğunu da büyük ölçüde etkiledikleri bilinmektedir.<sup>7</sup>

Diş hekimliğinde kullanılan alaşımlar, yeterli klinik performans için en uygun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahip olmalıdır.<sup>8</sup> Diş hekimliğinde yaygın kullanım alanına sahip olan dental döküm alaşımları ağız epiteli, bağ dokusu, diş sert dokuları veya kemikle temas halinde olan uygulamalarda kullanıldıkları için biyoyumlulukları büyük önem taşır.<sup>9</sup> Alaşımın bileşimi ile mikroyapısı, korozyonu ve alaşımlardan element salınımı, döküm alaşımlarının biyoyumlulukla ilişki özellikleridir.<sup>10</sup> Alaşım ile dokular arasındaki etkileşimler

çeşitli şekillerde olmakla beraber, alaşımdan ağız boşluğuna elementlerin salınımı alaşımın biyoyumluluğundaki en önemli faktördür, çünkü en olumsuz biyolojik etkiler element salınımı ile ilişkilendirilmiştir.<sup>9</sup>

Döküm işlemi sırasında, revetman içerisindeki boşluğu doldurmak için gerekli olan miktardan daha fazla metalin eritilmesi gerekir. İşlem sonrası elde edilen dökümün hatalı veya eksik olabilmesi de mümkündür. Bu şekilde oluşan döküm artıkları ekonomik gerekçelerle yeniden kullanılabilir.<sup>11</sup> Birçok dental laboratuarda, maliyeti azaltmak için yüksek soy alaşımları ve soy alaşımların önceki dökümlerinden uzaklaştırılan döküm konileri ve tijler, üreticilerden alınan yeni metal ile birleştirilerek tekrar kullanılmaktadırlar.<sup>12-14</sup> Hatta artık temel metal alaşımlarının da ekonomik nedenlerle yeni metal ile birleştirilerek yeniden döküldükleri bilinmektedir.<sup>5,15,16</sup> Tekrar eritme işleminin özellikle temel metal alaşımlarının mikroyapılarında büyük değişikliklere neden olduğu, bu değişikliklerin alaşımların fiziksel ve mekanik özelliklerinde bozulmaya yol açabileceği bildirilmiştir.<sup>17</sup> Benzer olarak, bu tür alaşımlarda yeniden eritme işleminin kimyasal bileşimi de değiştirebileceğine işaret edilmiştir.<sup>18</sup> Artık temel metal alaşımlarının yeniden kullanılması durumunda, dökümün tekrarlanma sayısı ve yeni metalin eklenme oranına ilişkin bilgilerin oldukça sınırlı ve birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Konu ile ilgili literatürlerde, yeniden eritme sırasında temel metal alaşımlarına, 1/2 oranında<sup>11,16,19</sup> veya 1/3 oranında<sup>16</sup> yeni alaşım eklenebileceğine ilişkin bilgiler mevcuttur. Ancak, artık metalin yeni alaşımla birlikte kaç kez kullanılacağı ve bu tür tekrarlanan dökümler sonrası, fiziksel ve biyolojik özellikler yönünden klinik olarak kabul edilebilir dökümlerin elde edilip edilmeyeceği konularında net bilgiler mevcut değildir.<sup>20</sup> Tekrarlanan

döküm işlemiyle birlikte, orijinal alaşım bileşiminde düşük yüzdelere bulunan önemli bazı ikincil elementler, eritme sırasında buharlaşma veya oksidasyon yoluyla azalabilir veya kaybolabilirler.<sup>13,14</sup> Özellikle gaz-hava alevi kullanıldığında, her eritme sırasında, daha düşük sıcaklıkta eriyen bileşenler yanma ve/veya buharlaşma eğilimi gösterirler.<sup>17</sup> Tekrarlanan eritmeler sırasında soy metal alaşımlarından sırasıyla altın, bakır, çinko, demir,gümüş, indiyum ve kalay; temel metal alaşımlarından krom ve ticari olarak saf titanyumdan ise titanyum kayba uğramaktadır.<sup>14,21</sup>

Bu araştırmanın amacı Sivas'ta faaliyet gösteren farklı laboratuvarlarca dökümü yapılmış tek parça döküm parsiyel protezlerde kullanılan metal alaşımların sitotoksitate yönünden değerlendirilmesidir.

## **GEREÇ ve YÖNTEM**

### **Metal Örneklerin Hazırlanması**

Bu çalışmada Sivas'ta faaliyet gösteren dört farklı diş protez laboratuvarı seçildi. Laboratuvarlar A,B,C,D şeklinde isimlendirildi. Sitotoksitate test örnekleri, 1 mm çapında ve 1.5 mm kalınlıkta disk şeklinde mavi mumdan (Multiwax, Türkiye) toplam 56 örnek olacak şekilde (n=7) hazırlandı. Hazırladığımız mum örnekler laboratuvarlara verilerek rutin olarak parsiyel protezlerde kullandıkları alaşımlarla döküm yapılması istendi. Fosfat bağlayıcılı bir revetman ile (Megamix, Megadental, Germany) manşete alınmış ve açık hava asetilen-oksijen eritmeli santrifüj döküm sistemiyle dökümler gerçekleştirildi. Her bir laboratuvardan elde edilen 14 metal örnekten 7 tanesine sadece kumlama işlemi 7 tanesine ise kumlama+cila işlemi yapıldı. Kullanacağımız örneklerin sterilizasyonu etilen oksit gazı ile yapıldı.

### **Hücre Kültürü**

Çalışmada ŞAP Enstitüsü Hücre Kültür Koleksiyonuna (HÜKÜK) ait

L929 fibroblast hücre serisi kullanıldı. Hücre kültüründe kullanılacak besi yeri, Dulbecco's Modified Eagle's Medium (DMEM) içerisine penicilin streptomycin, L-glutamin ve Fetal bovine serum (FBS) ilave edilerek hazırlandı.

Hücreler, yapışarak çoğaldığı hücre kültür kabında (flask), alanın % 70-80'ini kapladıktan sonra hücreler steril Fosfat Buffer Saline (PBS) ile yıkandıktan sonra Tripsin-EDTA solüsyonu ile hücrelerin flask yüzeyinden ayrılması sağlandı. DMEM ilave edilerek hücre süspansiyonu oluşturuldu. Hazırlanan hücre süspansiyonu flaslara bölünerek pasajlandı. Hücre kültür kaplarındaki hücre çoğalması izlenerek bu işlem tekrarlandı ve hücre kültür serisinin devamlılığı sağlandı. Çalışmada, L929 fibroblast hücre serisinin 6 ile 11. Pasajları kullanıldı.

### **Sitotoksitenin Belirlenmesi**

Sitotoksitenin belirlenmesi için agar overlay testi yapıldı. Agar overlay testinde agar tabakası bariyer olarak kullanılarak metal örneklerden açığa çıkan sızıntı ürünlerinin, indirekt olarak oluşturabilecekleri toksik etkinin belirlenmesi amaçlandı.

Agar overlay kullanılarak sitotoksitenin belirlenmesinde ISO 2009 yılı 10993-5 numaralı protokolü takip edildi. Yöntem özetle şu şekilde uygulandı: L929 hücreleri yapıştıkları yerden kaldırılarak hücre süspansiyonu hazırlandı. Çapı 3.5 cm olan hücre kültür petrilere  $2.5 \times 10^5$  hücre/ml hücre süspansiyonundan 2 ml ilave edildi. Hücrelerin bulunduğu petrilere  $37\text{ C}^0$  %5  $\text{CO}_2$ ' li etüvde 24-48 saat süresince inkübe edilerek hücrelerin petri tabanına yapışıp tutunmaları ve petri yüzeyini tamamen kaplayıncaya kadar çoğalmaları beklendi. Daha sonra FBS içermeyen DMEM ile %1'lik agar (Agar, AppliChem GmbH, Almanya) hazırlandı. Agar  $37-38\text{ C}^0$ ' ye soğuduktan sonra %20 oranında FBS eklenerek besiyeri aspire edilen petrilere 0.5 ml damlatıldı. Jel donduktan sonra orta kısmına metal

örnekleri yerleştirildi. Pozitif (toksik) örnek olarak fenol emdirilmiş, örnek diskler ile aynı çaplı filter kağıtları kullanılırken, negatif (non-toksik) kontrol olarak DMEM emdirilmiş filter kağıtları kullanıldı. 37 C<sup>0</sup>'de %5 CO<sub>2</sub>' li etüvde 24 saat inkübasyondan sonra hücreler mikroskopik ve makroskopik olarak değerlendirildi.

**Toksik Cevap:** İnkübasyon süresi sonunda sitotoksik cevap inverted mikroskopta değerlendirildi. Hücrelerin lizis miktarına göre puanlama yapıldı. Buna göre:

0 = belirlenebilen hücre lizis yok;

1 = hücrelerin %20'sinden azı lizis olmuş;

2 =%20 ile %40 hücre lizisi var;

3 = hücre lizisi 40% ile 60% arasında;

4= hücre lizisi 60% ile 80% arasında;

5 =%80'den fazla hücre lizis olmuş

Her örnek için yedi ölçümün ortalaması elde edildi. Sitotoksisite ise aşağıdaki şekilde sınıflandırıldı<sup>22</sup>:

0-0.5 = sitotoksik değil;

0.6-1.9 = orta derecede sitotoksik;

2.0-3.9 = makul derecede sitotoksik;

4.0- 5.0 = belirgin derecede sitotoksik.

## BULGULAR

Sitotoksisite testi için kullanılan örneklerin göstermiş olduğu maksimum ve minimum lizis indeks değerlerinin ortalamaları alınıp sitotoksik değerleri belirlendi. Lizis indeks değeri pozitif kontrol grubunda 5, negatif kontrol grubunda 0 bulunmuştur Metal örneklerin lizis indeks değerleri ve gösterdikleri sitotoksik etkilerinin dereceleri Tablo 1 de belirtilmiştir.

Bu bulgulara göre çalışığımız dört laboratuvaradan gelen örneklerden üç laboratuvara ait kumlama ve kumlama+cila işlemi görmüş örneklerin sitotoksik olmadığı, B laboratuvarından gelen kumlama ve kumlama+cila işlemi görmüş örneklerin orta derecede sitotoksik olduğu bulunmuştur. Ayrıca çalışmamızda tüm gruplarda kumlama ve kumlama+cila arasında sitotoksisite açısından fark bulunamamıştır. Laboratuvarlara kullandıkları metal alaşım markaları sorulmuş hepsinin aynı firmaya ait alaşımı kullandıkları tesbit edilmiştir.

**Tablo 1.** Test gruplarının Lizis indeks degerleri ve gösterdikleri sitotoksik etkilerinin dereceleri.

Laboratuvarlar	Kumlama		Kumlama+Cila	
	Lizis İndeks	Sitotoksik Etki	Lizis İndeks	Sitotoksik Etki
A	0	Sitotoksik değil	0	Sitotoksik değil
B	1	Orta Derecede Sitotoksik	1	Orta Derecede Sitotoksik
C	0	Sitotoksik değil	0	Sitotoksik değil
D	0	Sitotoksik değil	0	Sitotoksik değil

## TARTIŞMA

Metal alaşımlarının sitotoksik özellikleri konusunda kesin bir fikir birliği yoktur. Diş hekimliğinde kullanılan kıymetsiz alaşımların sitotoksik etkisi olmadığını savunan araştırmacılar<sup>23-25</sup> olduğu gibi çeşitli derecelerde sitotoksik etkisi olduğunu ileri süren araştırmacılar<sup>26-31</sup> mevcuttur. Farklı testler uygulanması ve çok çeşitli alaşımların kullanılmış olması bu sonucu neden olabileceğini düşünmekteyiz.

İn vitro testlerin her zaman in vivo testlerle desteklenmemesi tartışılmalıdır. Ağızda metal ile temas eden dokunun çok katlı yassı epitel olması ve tükürük salgısında epitelyal büyüme faktörü bulunması metallerin in vivo etkisini hafifletebilir.<sup>4</sup>

Kullanılan dental materyallerin biyouyumluluklarını değerlendirmede birçok yol bulunmaktadır. In vitro sitotoksikite test yöntemleri, kolay olması, tekrar edilebilmesi, maliyetinin düşük olması ve dental ölçü maddelerinin temel biyolojik özelliklerinin değerlendirilmesi için uygun olması nedenleriyle sıklıkla kullanılmaktadır.<sup>32</sup> Bu yöntemlerde, L929 fibroblast hücreleri en çok tercih edilen doku tipi olarak karşımıza çıkmaktadır.<sup>33-35</sup>

Çalışmamızda dört farklı laboratuvarın, aynı firmaya ait döküm alaşımı kullanmasına rağmen sadece tek bir laboratuvarın örneklerinin orta derecede sitotoksik bulunması dikkat çekicidir. Bu durum sitotoksikitenin her zaman kullanılan metale bağlı olarak gelişmediğini, kullanılan döküm yönteminde sitotoksikiteyle ilgili olabileceğini düşündürmektedir.

Tekrarlanan döküm işleminin alaşımların biyolojik özellikleri üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalarda test edilen alaşım gruplarının, inceleme yöntemlerinin, artık metalin önceki eritilme sayısının, yeni alaşım katılması durumunda eklenme oranının, dökümün tekrarlanma sayısının ve yüzey bitirme işlemlerinin aynı

olmaması nedeniyle, birbirinden farklı bulgular elde edilmektedir. Ancak sonuçların genellikle tekrarlanan döküm işleminden kaçınılması üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir.<sup>36</sup>

Döküm alaşımının biyolojik güvenilirliği ile en fazla ilişkili özelliği korozyonudur. Artık alaşım kullanılmasının alaşımların korozyon davranışı üzerine etkisini inceleyen araştırmalarda, farklı alaşım ve/veya farklı işlemler uygulandığı için farklı sonuçlar alınmakla beraber, bulgular genellikle tekrarlanan dökümlerle birlikte korozyon direncinin azaldığına işaret etmektedir.<sup>37-39</sup> Konuya ilişkin literatürde artık alaşım kullanılmasıyla alaşımların bileşim ve mikroyapılarının değişebileceğine, korozyon direncinin azalabileceğine, element salınımı ve sitotoksikitede artış olabileceğine işaret edilmiştir.<sup>36</sup>

Yüzey şeklinin element salınımı sitotoksik etkisini inceleyen çalışmalar incelendiğinde cila işleminin sitotoksik etkiyi azalttığı belirtilirken bizim yaptığımız çalışmada kumlama ve kumlama+cila grupları arasında sitotoksikite açısından fark bulunmamıştır.<sup>40,41</sup>

Bizim yaptığımız çalışmada farklı laboratuvarlardan elde ettiğimiz örneklerin kaç kere döküme uğramış alaşımdan oluştuğunu bilmediğimiz için laboratuvarlar arası farklılığı tekrarlanan döküm işlemine bağlı olabileceğini düşünmekteyiz.

Alaşım tipine göre artık metalin yeniden kullanılıp kullanılmayacağına, kullanılabilir ise dökümün kaç kez tekrarlanabileceğine ve her tekrarlanan dökümde hangi oranda yeni metal ekleneceğine dair kesin verilerin olmaması; buna karşılık tekrarlanan döküm sonrası genellikle korozyon direncinde azalma, element salınımında artma,<sup>36-38</sup> temel metal alaşımlarında ise element salınımındaki artışın yanında potansiyel sitotoksik etkide artma olduğunun<sup>15,36</sup> belirlenmesi nedeniyle

linik diş hekimliğinde özellikle temel metal alaşımlarının tekrarlanan dökümlerinden kaçınılmalıdır.

### SONUÇ

Birçok teknisyenin döküm işlemi esnasında artık metalleri ekonomik nedenlerin yanı sıra, konu hakkında yeterince bilgi sahibi olmadıkları için de kullandıkları düşünülürse, tekrarlanan döküm işlemi ile biyolojik riskler arasındaki ilişki ve söz konusu riskin boyutları hakkında diş teknisyenlerinin bilgilendirilmelerinin önemi ortaya çıkmaktadır.

### KAYNAKLAR

1. Çalikkocaoğlu S. Bölümlü Protezler 3. Baskı. İstanbul: İ.Ü.Basımevi ve Film Merkezi, 1996
2. Craig R, Ward ML: Restorative Dental Material. 11 th ed. Mosby-Year Book Inc St Louis, 2001
3. Dharmar S, Rathnasamy J, Swaminathan TN. Radiographic and metallographic evaluation of porosity defect and grain structure of cast chromium cobalt removable partial dentures. J Prosthet Dent. 1993;69:369-373
4. Ateş M, Şakar O, Aydın Z, Beyli MS. Kıymetsiz metal alaşımlarının tekrar dökülmesinin sitotoksitesite yönünden incelenmesi 2. Bölüm. Akademik Dental 1999;165-169
5. Nalbant D, Yaluğ S, Gürbüz R. Tekrarlanan dökümün tek parça bölümlü protez alaşımlarının mekanik özelliklerine etkisi. GÜ Dişhek Fak Derg 2002;19:9-14.
6. Carr AB, Brown DT. Mc Cracknes Removable Partial Prosthodontics 12 th ed. The CV. Mosby Co St Louis, 2010
7. Kılıçarslan MA, Kedici PS, Gökdemir K. Tekrarlanan döküm işleminin dental alaşımların yüzey yapısı ve bileşimi üzerine etkileri. AÜ Diş Hek Fak Derg 1998;25:81-86.
8. Wataha JC. Alloys for prosthodontic restorations. J Prosthet Dent 2002;87:351-363.
9. Wataha JC, Messer RL. Casting alloys Dent Clin. North Am 2004;48:499-512
10. Wataha JC, Biocompatibility of dental casting alloys A review. J Prosthet Dent 2000;83:223-234
11. Zaimoğlu A, Can G, Ersoy AE, Aksu L. Diş Hekimliğinde Maddeler Bilgisi. Ankara Üniv. Basımevi, Ankara, Bölüm 19, 1993.
12. Jochen DG, Caputo AA, Matyas J. Reuse of silver-palladium ceramic metal. J Prosthet Dent 1991;65:588-591.
13. Reisbick MH, Brantley WA. Mechanical property and microstructural variations for recast low-gold alloy. Int J Prosthodont 1995;8:346-350.
14. Ayad MF. Compositional stability and marginal accuracy of complete cast crowns made with as-received and recast type III gold alloy. J Prosthet Dent 2002;87:162-166.
15. Al-Hiyasat AS, Darmani H. The effects of recasting on the cytotoxicity of base metal alloys. J Prosthet Dent 2005;93:158-163.
16. Hesby DA, Kobes P, Garver DG, Pelleu GB. Physical properties of a repeatedly used nonprecious metal alloy. J Prosthet Dent 1980;44:291-293.
17. Leinfelder KF, Lemons JE. Clinical Restorative Materials and Techniques. Lea and Febiger, Philadelphia, Chapters 4, 11, 1988.
18. Nelson DR, Palik JF, Morris HF, Comella MC. Recasting a nickel-chromium alloy. J Prosthet Dent 1986;55:122-127
19. Henriques GEP, Consani S, de Almeida Rollo JMD, e Silva FA. Soldering and remelting influence on fatigue strength of cobaltchromium

- alloys. *J Prosthet Dent* 1997;78:146-152.
20. Anusavice KJ, Cascone P. Dental casting and soldering alloys. In: Phillips' Science of Dental Materials. Ed. Anusavice KJ. 11th ed. WB Saunders Co. St. Louis, p: 578, 2003.
21. Tuccillo JJ, Lichtenberger H, Nielsen JP. Composition stability of gold base dental alloys for different melting techniques. *J Dent Res* 1974;53:1127-1131.
22. International Standard ISO 10993-5. 2009. Biological evaluation of medical devices- Part 5: Tests for in vitro cytotoxicity. Geneva: International Organization for Standardization.
23. Faleiro C, Godinho I, Reus U, de Sousa M. Cobalt-chromium-molybdenum but not titanium-6aluminum-4vanadium alloy discs inhibit human T cell activation in vitro. *Biometals* 1996;9(4):321-326.
24. Kansu G, Aydın AK. Evaluation of the biocompatibility of various dental alloys in terms of their toxic potentials Part I. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 1996;4(3):129-36
25. Butcher EO, Sarna R, Klingsberg J. Effects of restorative materials on the palatal mucosa of the rat *J Prosthet Dent* 1964;14:682-686.
26. Şakar O, Beyli MS, Aydın Z. Kıymetsiz metal alaşımlarının tekrar dökülmesinin sitotoksite yönünden incelenmesi. Bölüm 1 *Dışhek Derg* 1998;30:227-231.
27. Berstein A, Bernauer I, Marx R, Geurtsen W. Human cell culture studies with dental metallic materials. *Biomaterials* 1992;13(2):98-100.
28. Wataha JC, Lockwood PE, Khajotia SS, Turner R. Effect of pH on element release from dental casting alloys. *J Prosthet Dent* 1998;80:691-698.
29. McCabe JF. Walls A.W.G. Applied Dental Materials. 8th ed. Oxford: Blackwell Scientific Pub. 1998:67.
30. Wataha JC, Craig RG, Hanks CT. Precision of and new methods for testing in vitro alloy cytotoxicity. *Dent Mater* 1992;8(1):65-70.
31. Craig RG, Hanks CT. Reaction of fibroblasts to various dental casting alloys. *J Oral Pathol* 1988;17(7):341-347.
32. Liu CM, Huang FM, Yang LC, Chou LSS, Chou MY. Cytotoxic effects of gingival retraction cords on human gingival fibroblast in vitro. *J Oral Rehabil* 2004;31:368-372.
33. Wataha JC, Hanks CT, Craig RG. The effect of cell monolayer density on the cytotoxicity of metal ions which are released from dental alloys. *Dent Mater* 1993;9(3):172-176.
34. Bumgardner JD, Lucas LC. Cellular response to metallic ions released from nickel-chromium dental alloys. *J Dent Res* 1995;74(8):1521-1527
35. Schedle A, Samorapoompichit P, Rausch-Fan XH, Franz A, Füreder W, Sperr WR, Sperr W, Ellinger A, Slavicek R, Boltz- Nitulescu G, Valent P. Response of L-929 fibroblasts, human gingival fibroblasts, and human tissue mast cells to various metal cations. *J Dent Res* 1995;74(8):1513-1520.
36. Aydın A.K., Kurtulmuş S. Tekrarlanan döküm işleminin dental alaşımların biyouyumluluğuna etkisi. *SÜ Dışhek Fak Derg* 2008;17:155-163
37. Aksoy G, Örgen EK, Bıçakçı MA. Döküm ürünlerinde oluşan elektriksel değişimlerin fiziko-kimyasal yöntemlerle incelenmesi. *GÜ Dışhek Fak Derg* 1993;10:91-104.
38. Wataha JC, Malcolm CT, Hanks CT. Correlation between cytotoxicity and the elements released by dental

- casting alloys. Int J Prosthodont 1995;8:9-14.
39. Ameer MA, Khamis E, Al-Motlaq M. Electrochemical behaviour of recasting Ni-Cr and Co-Cr non-precious dental alloys. Corros Sci 2004;46:2825-2836
40. Akpınar GG, Can G, Aydın A, Sayal A. Dental döküm alaşımlarından hücre kültürü ortamında element salınımı. AÜ Diş Hek Fak Derg 2003;30:149-158.
41. Akpınar GG. Dental döküm alaşımlarından element salınımı ve sitotoksik etkilerinin hücre kültüründe değerlendirilmesi. AÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Protetik Diş Tedavisi AD Doktora Tezi 2001.