

TEKRARLANAN DÖKÜM İŞLEMİNİN DENTAL ALAŞIMLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

THE EFFECT OF RECASTING ON MECHANICAL PROPERTIES OF DENTAL ALLOYS

Dt.Sevcan KURTULMUŞ*

Prof.Dr.A.Kevser AYDIN*

ÖZET

Dental laboratuvarlarda, ilk dökümden artan alaşımlar sıklıkla yeniden kullanılmakta ve yeni alaşım ilavesi ile başka restorasyonlar oluşturulmaktadır. Tekrarlanan döküm işlemi, alaşımın kimyasal bileşimini ve mikroyapısını değiştirebilir ve böylece mekanik özelliklerini etkileyebilir. Bu konuya ilişkin çalışma sonuçları özellikle Cu, Sn, Zn, Cr ve Ti miktarlarının azaldığına, tane boyutunun büyüdüğüne, özellikle poroziteler olmak üzere döküm defektlerinin ve kirliliklerin artmasına işaret etmiştir. Dental porselenin metal yapıya yeterli adezyonunda spesifik metal oksitleri önemli olduğu için, tekrarlanan döküm işleminin metal-porselen bağlantısı için de zararlı olması mümkündür. Yeni ve eski alaşımın optimal karıştırılma oranları tam olarak netleşmemiştir ve artık alaşımların mekanik özellikler üzerindeki etkisi tam olarak bilinmemektedir. Dental alaşımların tekrarlanan kullanımı için beyanda bulunulmadan önce, klinik bağlantılı mekanik özellikleri ve farklı alaşım sistemleri için metal-porselen bağlanma direnci incelenmeli ve bulgular, artık alaşımların bileşim- mikroyapı analizleri ve biyolojik özellikleri ile birlikte değerlendirilmelidir. Bu makalede, tekrarlanan dökümün dental alaşımların mekanik özellikleri üzerindeki etkileri ve artık alaşımların mekanik özelliklerini inceleyen çalışmalar değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Bileşim, dental döküm alaşımları, mekanik özellikler, mikroyapı, tekrarlanan döküm

SUMMARY

In the dental laboratories, surplus alloys are commonly reused from the initial casting, and with the addition of new alloy, produces other restorations. Recasting may change the chemical composition and microstructure of alloys and thus have an effect on the change of mechanical properties. The results about this subject have indicated that the amounts of the elements, especially Cu, Sn, Zn, Cr and Ti, were decreased; the grain size was increased; the casting defects, principally porosities, and the impurity contents were increased, and the mechanical properties were affected. Since particular metal oxides are critical for adequate adhesion of dental porcelain to metal structure, it is possible that repeated casting of metals could also be detrimental for metal-ceramic bonding. The optimal proportions of new and old alloys are not well known and the effect of reusing dental alloys on mechanical properties has not been completely understood. Before a definitive recommendation can be made for repeatedly using dental alloys, clinically relevant mechanical properties and bond strength of porcelain-to-metal for different alloy systems should be evaluated and considered along with compositional-microstructural analyses and biological properties of the remelted alloys. In this review article, the effects of recasting on mechanical properties of dental alloys and current issues relevant to these properties of recast alloys were presented.

Key words: Composition, dental casting alloys, mechanical properties, microstructure, recasting

GİRİŞ

Diş hekimliğinde kullanılan alaşımlar, yeterli klinik performans için en uygun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahip olmalıdır. Dental alaşımların klinik olarak uygunluklarını gösteren bu faktörler arasında, istenilen değerlerde fiziksel/mekanik özelliklere sahip olmaları koşulu oldukça önemli yer tutmaktadır. Titanyum-esaslı sistemler hariç olmak üzere temel metal alaşımları, soy veya yüksek soy alaşımlara oranla genellikle daha üstün mekanik özelliklere sahiptirler. Titanyum alaşımlarının fiziksel

özellikleri, alaşıma bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir.¹

Dental laboratuvarlarda ilk dökümden artan alaşımlar, ekonomik nedenlerle eritme ve döküm yoluyla yeniden kullanılmaktadırlar. Ancak tekrar eritme/döküm işleminin özellikle temel metal alaşımlarının mikroyapılarında büyük değişikliklere neden olduğu, bu değişikliklerin alaşımların fiziksel ve mekanik özelliklerinde bozulmaya yol açabileceği bildirilmiştir.² Tekrarlanan döküm işleminin dental alaşımlarda kimyasal bileşimi de değiştirebileceğine işaret edilmiştir.^{3,4} Bileşimdeki değişikliklerin de elde

* Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, ANKARA.

edilen dökümlerin bu tür özellikleri üzerinde etkili oldukları bilinmektedir.^{2,5}

Dental materyallerle ilgili kitaplarda, soy metal alaşımlarının bileşimlerinde önemli bir değişiklik meydana gelmeksizin iki veya üç kez tekrar eritilebilecekleri belirtilmiştir.^{6,7} Ancak, artık metalin yeni alaşımla birlikte kaç kez kullanılabilmesi ve bu tür tekrarlanan dökümler sonrası, fiziksel ve biyolojik özellikler yönünden klinik olarak kabul edilebilir dökümlerin elde edilip edilmeyeceği konularında net bilgiler mevcut değildir.⁸ Önceden dökülmüş “artık” metal ile birlikte, bir miktar yeni metalin kullanılması yaygın bir uygulamadır. Bu sayede, alaşımların önceki döküm işlemleri sırasında kaybettiği veya zarar gören bileşenlerinin telafi edilmesi amaçlanmaktadır.⁹ Altın alaşımlarının tekrarlanan dökümüne ilişkin bilgiler sırası ile; dökümlerden uzaklaştırılan döküm konisi veya tıjrlere yeni metal eklenmemesinden^{3,4}, 1/3 oranında yeni metal eklenmesine¹⁰ ve 1/2 oranında yeni metal eklenmesine^{2-4,7,8,10} kadar çeşitlilik göstermektedir. Jochen ve ark,⁹ gümüş-palladyum alaşımı için en az 1/2 oranında yeni metal eklenmesini önermektedirler. (Tablo I)

Tablo I. Artık alaşımların yeniden eritilmesi sırasında, alaşım tipine göre yeni alaşımların eklenme oranlarına ilişkin literatür bilgileri.

Yazar/ Araştırmacı	Alaşım tipi	Yeni alaşım eklenme oranı
Leinfelder ve Lemons, 1988	Altın alaşımı	1/2
Phillips, 1991	Altın alaşımı	1/2
Anderson, 1976	Sarı altın alaşımı Beyaz altın alaşımı	1/3 1/2
Jochen ve ark., 1991	Ag-Pd alaşımı	1/2
Anusavice ve Cascone, 2003	Soy metal alaşımı	1/2
Zaimoğlu ve ark., 1993	Soy/temel metal alaşımı	1/2
Hesby ve ark., 1980	Temel metal alaşımı	1/2 veya 1/3
Henriques ve ark., 1997	Co-Cr alaşımı	1/2

Önceki dökümlerden artmış olan altın alaşımı, alaşımların tipine ve bileşimine göre ayrılmalı, yeniden eritme sırasında farklı tipteki veya markadaki alaşımların artık metalleri birbirine karıştırılmamalıdır. Farklı tipte alaşımlardan hazırlanan karışım, korozyon direnci düşük olan bir alaşım ile sonuçlanabilmektedir.⁶ Altın konisi tekrar eritilmeden önce, yapışmış revetman materyalinin uzaklaştırılması için kumlama yoluyla temizlenmelidir. Ayrıca büyük döküm konilerinin önceden küçük parçalara ayrılması tercih edilmektedir,

bu sayede erime daha hızlı bir şekilde meydana gelmektedir.¹⁰

Artık temel metal alaşımlarının yeniden kullanılması durumunda, dökümün tekrarlanma sayısı ve yeni metalin eklenme oranına ilişkin bilgilerin oldukça sınırlı ve birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Kobalt-krom alaşımı için eritme koşulları dikkatli bir şekilde kontrol edilirse, döküm konilerinin başka bir döküm için kullanılabilmesi; her eritmede bir miktar yeni alaşımların eklenmesi gerektiği belirtilmiştir.¹⁰ Konu ile ilgili literatürlerde, yeniden eritme sırasında temel metal alaşımlarına, 1/2¹¹⁻¹³ veya 1/3 oranında¹¹ yeni alaşım eklenebileceğine ilişkin bilgiler mevcuttur (Tablo I).

Tekrarlanan döküm işleminin dental alaşımlarda gerek bileşim ve gerekse mikroyapıda değişikliklere yol açarak mekanik özellikleri etkileyebileceğine işaret edilmektedir.⁵ Bu makalede eritme ve döküm işlemlerinin tekrarlanması ile bağlantılı olarak dental alaşımların mekanik özelliklerini etkileyen bu değişiklikler ayrı ayrı ele alınacak ve konuya ilişkin literatür bilgileri özetlenecektir.

Tekrarlanan Döküm İşleminin Alaşımların Bileşimine Etkisi

Tekrarlanan döküm işlemiyle birlikte, orijinal alaşım bileşiminde düşük yüzdelerde bulunan önemli bazı ikincil elementler, eritme sırasında buharlaşma ve/veya oksidasyon yoluyla azalabilir veya kaybolabilirler.^{3,4} Özellikle gaz-hava alevi kullanıldığında, her eritme sırasında, daha düşük sıcaklıkta eriyen bileşenler yanma ve/veya buharlaşma eğilimi gösterirler. Bileşimdeki fark edilir değişiklikler, sonuçta oluşan dökümün fiziksel/mekanik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.²

Tekrarlanan döküm işlemine ilişkin temel kitap bilgileri^{6,7,10,12} ve bu işlemin alaşımların bileşimine olan etkilerini inceleyen araştırmacıların^{4,5,14,15} bulguları derlenerek hazırlanan Tablo II’ de, tekrarlanan eritmeler sırasında azalan elementler görülmektedir:

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 azalmaktadır (Tablo II).

Tablo II. Tekrarlanan eritmeler sırasında farklı bileşimlerdeki alaşımlarda azalan elementler.

Vazar/Araştırmacı	Alaşım tipi	Element
Tuccillo ve ark., 1974	Altın alaşımı (%75 Au, %11.2 Cu, %12.8 Ag, %4 Pd) Porselen altın alaşımı (%87.5 Au, %6 Pt, %6.5 Fe)	Bakır (Cu), Gümüş (Ag) Demir (Fe)
Ayad, 2002	Altın alaşımı (%75 Au, %4 Pd, %11.5 Ag, %9.5 Cu)	Altın (Au), Gümüş (Ag), Bakır (Cu), Çinko (Zn)
Horasawa ve Marek, 2004	Gümüş-palladyum-bakır-altın alaşımı (%52 Ag, %20 Pd, %12 Au, %14 Cu, %4.4 Zn)	Altın (Au), Bakır (Cu), Çinko (Zn)
Phillips, 1984	Soy metal alaşımları	Çinko (Zn)
Phillips, 1991	Soy metal alaşımları	Çinko (Zn), İndiyum (In), Kalay (Sn), Demir (Fe)
Anderson, 1976	Soy metal alaşımları Co-Cr alaşımları	Çinko (Zn) Krom (Cr)
Peraire ve ark., 2007	Yüksek soy alaşımı Nikel esaslı alaşım spTi	Çinko (Zn), Kalay (Sn) Krom (Cr) Titanyum (Ti)
Zaimoğlu ve ark., 1993	Soy metal alaşımları Temel metal alaşımları	Çinko (Zn) Krom (Cr)

Bu elementlerden *bakır, çinko, demir, gümüş, indiyum, kalay, krom* ve *titanyumun* alaşımın fiziksel/mekanik özellikleri üzerinde etkileri vardır. *Bakır*^{2,6,16} ve *titanyum*¹⁷ alaşımın sertliğini artırır ve yapısını güçlendirir. *Krom*, özellikle kobalt varlığında sertliğe katkıda bulunur.² *İndiyumun* yapıyı kuvvetlendirici bir etkisi vardır. *Çinko*, palladyum ile birlikte sertliği artırır.¹⁶ Ağızdaki uygulamalar için yeterince sert olmayan Au-Pt sistemlerine sertleştirici olarak *çinko* eklenmektedir.¹⁷ *Demir* ve *kalay* sertliği artırır;¹⁶ *gümüş* sertliğin yanı sıra çekme direncini de artırır.² Mekanik özellikler üzerinde etkisi olan elementlerden *bakır*^{2,6,16}, *demir, indiyum, krom, kalay*¹⁶ ve *çinko*¹⁸ porselen bağlantısı için oksit oluşumuna da yardım ederler.

Metal-porselen restorasyonlar için alaşımlar yeniden eritildiklerinde, zaten eser miktarda bulunan bu tür elementlerden Fe, In, Sn ve Zn miktarlarındaki azalmanın metal-porselen bağlantısı üzerinde etkili olduğuna işaret edilmiştir.¹⁸ Bilindiği gibi porselenin alaşıma kimyasal bağlanması, alaşım yüzeyindeki oksit tabakası aracılığıyla olur. Oksit tabakasının bileşim ve kalınlığı porselenin uzun dönemdeki başarılı bağlantısı için çok önemlidir. Bu tabaka, temel metal alaşımlarında doğal olarak oluşur. Yüksek soy ve bazı soy alaşımlara ise yeterli oksit tabakası oluşturması amacıyla Ga, In, Sn vb. elementler az miktarlarda eklenir.¹⁹ Araştırmalar, genellikle, kalın oksit tabakasının metal-porselen bağlantısında başarısızlık riskini arttırdığını göstermiştir. En kalın oksit tabakası Ni- ve Co- esaslı alaşımlarda oluşur; çünkü bu

alaşımlar ön oksidasyon aşamasında (opak porselen fırınlanmadan önce) kolaylıkla oksitler oluşturan elementler içerirler. Au ve Pd, soy karakterleri sebebiyle çok daha ince oksit tabakası oluştururlar. Oksit oluşumu için spesifik elementler eklenmesini gerektiren Au- ve Pd- esaslı alaşımlarda, bu tür ilavelerde bile, oksit tabakası temel metal alaşımlarındakine oranla daha incedir. Birinci döküm işleminden dolayı oksit oluşturan elementlerin azalması nedeniyle, metal-porselen restorasyonlar için Au- esaslı alaşımların yeniden eritilmesi sırasında bu özellik göz önünde bulundurulmalıdır. Yanlış uygulamalarda güvenilir bir porselen bağlantısı için yeterli oksit tabakasının oluşmayacağı bilinmektedir.¹

Tekrarlanan Döküm İşleminin Alaşımların Mikroyapısına Etkisi

Tekrarlanan eritme işleminin özellikle temel metal alaşımlarının mikroyapılarında, mekanik özelliklerinde bozulmaya sebep olacak kadar önemli değişiklikler oluşturabileceğine işaret edilmiştir.² Bir materyalin fiziksel özelliklerindeki değişiklik, mikroyapısında değişim olduğunun kuvvetli bir göstergesidir. Metallerin fiziksel/mekanik özellikleri, metalik kristal yapı ve metalik bağlarla ilişkilidir.¹⁷

Alaşımlar kristal bir yapıya sahiptirler. Katı bir alaşım mikroskop altında incelenirse, bu kristaller (taneler) net olarak görülebilir. Tanelerin boyutu alaşımın özellikleri için önemlidir ve genellikle küçük tane boyutu tercih edilir.¹⁹ Yeniden döküm işlemi ile erime ve katılaşma olayları tekrarlanmakta ve yeni tane boyutu, ilk dökümdesine oranla farklı olabilmektedir.⁵ Dökümlerdeki *ince tane yapısının* mekanik özelliklerden çekme direnci ve uzama değerleri üzerinde önemli oranda ve olumlu yönde etkilere sahip olduğu; sertlik ve gerilme direnci üzerinde ise daha az etkili olduğu belirtilmektedir.^{1,17} *Faz yapısının* direnç/dayanıklılık üzerindeki etkisi karmaşıktır. Bu etki ikinci fazın yapısına, bileşimine ve diğer fazlar boyunca dağılımına bağlıdır.¹

Tekrarlanan döküm işlemiyle birlikte *tane boyutunun büyümesi, döküm defektlerinin*^{3,5} ve *inklüzyonların*⁵ artması gibi olumsuz mikroyapısal değişiklikler alaşımların mekanik özelliklerini etkileyebilmektedir. Az miktardaki mikroporozite, uzama değerlerini önemli ölçüde azaltırken gerilme direnci, elastisite modülü ve çekme direnci değerleri üzerinde daha sınırlı etki göstermektedir. Porozitelerdeki artış yorulma direncini azaltmaktadır.¹⁷

Hareketli bölümlü protezlerde metal alt yapıda kullanım sırasında oluşan kırılma olayının sebepleri arasında yer alan bükülme yorulmasında, inklüzyon ve porozitelerin önemli rol oynadığı bilinmektedir.¹³

Tekrarlanan döküm işleminin dental alaşımların mekanik özellikleri üzerine etkisini ele alan çalışmalarda bu özelliklerden daha ziyade çekme direnci (*tensile strength*), gerilme direnci (*yield strength*), baskı direnci (*compressive strength*), uzama yüzdesi (*percentage of elongation*), elastisite modülü (*modulus of elasticity*), yorulma direnci (*fatigue strength*) ve sertlik (*hardness*) değerleri incelenmiş; sertlik ölçümlerinde Vickers, Rockwell ve Brinell testlerinden yararlanılmıştır. Konuya ilişkin çalışmalarda bu tür bir işlemin metal-porselen restorasyonlarda porselen bağlantısına etkisi de incelenmiştir.

Bazı mekanik özellikler, dental alaşımların yeterli klinik performansı için önemlidir.¹ Alaşımın dayanıklılığı *çekme direnci* veya *gerilme direnci* ile ölçülebilmektedir.¹⁷ Çekme direnci, bir yapının çekme kuvvetlerine karşı deformasyon öncesi direnci; gerilme direnci de, uygulanan belirli bir kuvvet karşısında cismin plastik deformasyona uğramaksızın gösterdiği direnç olarak ifade edilmektedir.²⁰ Dental dökümlerde daimi deformasyon istenmediği için gerilme direnci, dental uygulamalarda maksimum direnç için daha uygun bir göstergedir.¹⁷ Bir restorasyonun uygun fonksiyon görmesi için, çiğneme kuvvetlerine yeterince karşı koyacak kadar sağlam, bükülmez/rijit ve sertlikte olması gerekir. *Elastisite modülü* ne kadar yüksek ise materyal o kadar rijittir.²¹ Hareketli bölümlü ve uzun sabit bölümlü protezlerde elastisite modülü yüksek olan alaşımlar tercih edilmektedir, bu sayede bükülme halinde yüklendiklerinde hareketli sistemde okluzal kuvvetler, kalan dişler veya diğer dokulara daha etkili olarak iletilmekte; sabit sistemde ise üstte bulunan porselen yapıda kırılma oluşması önlenmektedir. Alaşımın *sertliği*, karşıt dişleri aşındırmadan okluzal kuvvetlere karşı koyacak kadar yeterli olmalıdır.¹ Sertlik, bir alaşımın okluzal yük altında lokal daimi deformasyona karşı koyma yeteneğinin iyi bir göstergesidir. Özelliklerarası ilişkiler karmaşık olmakla beraber sertlik, gerilme direnci ile bağlantılı olarak bilinir, şöyle ki sertliği yüksek alaşımların gerilme dirençleri de genellikle yüksektir.¹⁷ *Uzama* ve *baskı yüzdesi*, sırası ile çekilebilirlik (*ductility*) ve dövülebilirlik (*malleability*) özelliklerini değerlendirme

yönünden önemlidir.¹⁹ *Baskı direnci*, yapının baskı kuvvetleri karşısında kırılmaya karşı olan direnç miktarıdır. Materyalin esneme limitinin üstüne çıkan yükler ya da tekrarlayan hareketlerin sonucunda çatlayıp kırılması *yorulma*; dönüşümlü yüklenmeler sonucu en üst gerilim direnci noktası altında kırılması da *yorgunluk kırılması (fatigue failure)* olarak tanımlanır.²⁰ *Yorulma direnci*, bir materyalin tekrarlanan yükleme altında kırıldığı andaki stres değeridir. Bu nedenle tekrarlanan veya sıklık yükleme altındaki kırılma, kuvvetin büyüklüğüne ve yükün tekrarlanma sayısına bağlıdır.¹⁷ Döküm alaşımından hazırlanan bölümlü protezler üzerinde gerek fonksiyon ve gerekse yerleştirilip çıkartılma sırasında dönüşümlü yükler söz konusudur. Tekrarlanan yüklerden dolayı ortaya çıkan *yorulma* sonucu oluşan kırılmalar önemli bir problemdir.²²

Tekrarlanan Döküm İşleminin Alaşımın Mekanik Özelliklerine Etkisini İnceleyen Çalışmalar

Tekrarlanan döküm işleminin alaşımların mekanik özellikleri üzerine etkilerini inceleyen çalışmalarda farklı özelliklerin değerlendirildiği, deneysel protokol kapsamındaki koşulların aynı olmadığı, test alaşımı olarak genellikle temel metal alaşımlarının seçildiği, mekanik özelliklerle birlikte bileşim ve mikroyapıdaki değişikliklerin analizine ise daha az yer verildiği görülmektedir.

Hesby ve ark.,¹¹ önceden bir kez eritilmiş Co-Cr alaşımını yeni metal eklenmeksizin 3 kez tekrar dökmüşlerdir. Çekme direnci, uzama yüzdesi ve sertliği (Rockwell Sertliği) inceleyen araştırmacılar, tekrarlanan dökümün bu özellikler üzerinde önemli bir fark oluşturmadığını ve Co-Cr alaşımının en az 4 kez art arda eritilebileceğini belirtmişlerdir.

Nelson ve ark.,²³ Ni-Cr alaşımını her eritmede %50 oranında yeni metal ekleyerek 10 kez tekrar dökmüşlerdir. Gerilme direnci, son çekme direnci, elastisite modülü, uzama yüzdesi ve mikrosertliği (Vickers Sertliği) inceleyen araştırmacılar, tekrarlanan dökümün fiziksel özellikler üzerinde olumsuz yönde belirgin bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar test alaşımının mikroyapısının da tekrarlanan döküm işleminden önemli derecede etkilenmediğine işaret etmişlerdir.

Türköz ve Can,²² tekrarlanan dökümün Co-Cr alaşımının yorulma özelliğine olan etkisini incelemişlerdir. Co-Cr alaşımını yeni metal ekmeden

ikinci kez dökülen araştırmacılar, 1. ve 2. döküm sonrası tel örnekleri yorulma deneyine tabi tutmuşlardır. Araştırma sonucunda, tekrarlanan dökümden elde edilen tel örneklerin ilk dökümden elde edilenlere göre daha kolay kırıldıkları saptanmıştır.

Önceden eritilmiş Co-Cr alaşımını 2 kez tekrar dökülen Türköz,²⁴ Hesby ve arkadaşlarına¹¹ ek olarak, basma direnci ve kılma yüzdesi değerlerini de incelemiştir. Araştırma sonucunda, eritme sayısı arttıkça yüzey sertliğinin (Rockwell Sertliği) azaldığı bulgulanmış, ancak incelenen özellikler yönünden klinik önemi bulunan bir farklılaşmanın ortaya çıkmadığı ifade edilmiştir. Araştırmacı, incelenen alaşımın üç kez art arda kullanılabilmesini belirtmekle beraber, yeni eritmelerin metal bileşiminde ve mikroyapısında ne gibi değişikliklere yol açtığına araştırılması gerektiğine de dikkat çekmiştir.

Reisbick ve Brantley,³ yeni metal eklenmeksizin 3 kez tekrarlanan döküm işleminin, tip III altın alaşımında gerilme direnci ve uzama yüzdesi değerlerinde azalmaya neden olduğunu; çekme direncinde ise herhangi bir değişiklik oluşturmadığını bildirmişlerdir. SEM incelemesi tekrarlanan dökümle birlikte döküm defektlerinin, özellikle porozite miktarının arttığını, çekme kırılması olayında porozitelerin etkili olduğunu ortaya koymuş ve araştırma sonunda, tekrarlanan döküm işlemi ile alaşımın mekanik özelliklerinde ortaya çıkan değişim, bu tür döküm defektleri ile ilişkilendirilmiştir.

Henriques ve ark.,¹³ Co-Cr alaşımının lehimlenmesinin yanı sıra tekrar eritilmesinin yorulma direnci üzerine etkisini inceledikleri çalışmada; yeni metalden (çekirdek alaşım, %100 yeni metal) ve %50 yeni+ %50 önceden kullanılmış metal karışımından elde edilen örnekleri karşılaştırmışlar, artık Co-Cr alaşımının yarı yarıya yeni metal ilavesi ile tekrar kullanılabilmesini ifade etmişlerdir.

Cr-Co-Mo alaşımını, yeni ve artık alaşım oranları farklı olacak şekilde (%100 yeni, %75 yeni alaşım + %25 ikinci kez dökülen alaşım, %50 yeni alaşım + %50 ikinci kez dökülen alaşım) tekrar dökülen Nalbant ve ark.,²⁵ çekme direnci, gerilme direnci, uzama yüzdesi ve yüzey sertliğini (Vickers Sertliği) incelemiştir. Araştırma sonucunda, artık alaşım miktarı arttığında, incelenen özelliklere ait değerlerin düştüğü; %100 yeni alaşım ve %75 yeni alaşım + %25 ikinci kez dökülen alaşım kullanıldığında mekanik özellik ortalama

değerlerinin uygun sınırlar içerisinde kaldığı belirlenmiştir.

Horasawa ve Marek,⁵ yeni metal eklenmeksizin döküm işlemi 4 kez tekrarlanan Ag-Pd-Cu-Au alaşımının sertliğinde (Brinell Sertliği), tekrarlanan dökümle birlikte genellikle artış olduğunu bulgulanmışlardır. Test edilen alaşımında, tekrarlanan dökümün sayısı arttıkça mikroyapısal değişiklik olarak tane boyutunun büyüdüğü, kirlilik ve başta mikrobüzülme porozitesi olmak üzere döküm defektlerinin arttığı bulgulanmıştır. Kütle bileşimi olarak Cu ve Zn miktarlarının azaldığı, yüzey yapısında ise 3. ve özellikle 4. kez tekrarlanan dökümlerde Au miktarında azalma olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, özellikle 4. kez tekrarlanan döküm sonrası korozyon direncinde ortaya çıkan azalmanın, gerek yüzeyden Au azalması ve gerekse mikroyapısal değişikliklerle ilgili olabileceğine işaret eden araştırmacılar, bu tip dental alaşımlarda yeniden döküm işleminin fazla tekrarlanmaması gerektiğini vurgulamışlardır.

Peraire ve ark.,¹⁵ üç döküm alaşımında (yüksek soy alaşımı, soy alaşım, nikel esaslı alaşım) ve Ti (derece III ticari olarak saf Ti, cpTi) yeni metal eklenmeden 7 kez tekrarlanan dökümler sonucu mikrosertlik (Vickers Sertliği), kimyasal değişim, mikroyapı ve element salınımlarında olan değişiklikleri incelemiştir. Araştırma sonucunda tekrarlanan dökümün soy alaşım ve nikel esaslı alaşımın mikrosertliği üzerinde önemli bir fark oluşturmadığı; yüksek soy alaşımı ve cpTi' un mikrosertliğinin ise 5. kez tekrarlanan döküm sonrası arttığı belirlenmiştir. Araştırmacılar, Ti metalini daha kırılabilir hale getiren bu değişimin klinik olarak önemli olabileceğini vurgulamışlardır. Yüksek soy alaşımında Zn ve Sn miktarlarının önemli oranda azaldığı, Ni esaslı alaşımında ise Cr da azalma eğilimi olduğu bulgulanmıştır. Araştırmacılar cpTi için, miktar olarak fazla olmamakla beraber Ti' da ortaya çıkan azalmanın klinik olarak önemli olduğuna ve yeniden dökülmemesine işaret etmişlerdir. Test edilen metallerde tane boyutunda değişiklik olmadığı ve döküm defekti bulunmadığı belirtilmiştir. Araştırma sonucunda element salınımlarının soy alaşımında ve özellikle yüksek soy alaşımında olduğu belirlenmiştir.

Tekrarlanan döküm işlemi ile bağlantılı olarak, metal-porselen restorasyonlarda oksit tabakasının bileşim ve kalınlığındaki değişiklikler dolayısı ile porselen bağlantısının etkilenebileceği belirtilmiştir.^{18,26}

Bu kapsamdaki çalışmalarda sırası ile bileşim ve kalınlık yönünden oksit tabakasının, başarısızlık tipinin, porselen adezyon ve bağlanma direncinin incelendiği görülmektedir.

Hong ve ark.,²⁶ tekrarlanan döküm işleminin palladyum-gümüş porselen alaşımında (Pd, Ag, Sn, In, Au, Pt, Cu) bileşim ve kalınlık yönünden oksit tabakası üzerine etkisini incelemişlerdir. 1. grupta önceki seriye ait artık metale yeni alaşım eklenmeden ve 2. grupta ise her seferinde %50 oranında yeni metal eklenerek eritme işlemi 4 kez tekrarlanmıştır. Yüzeyde oluşan oksitlere dikey olarak elde edilen kesit yüzeylerindeki oksidasyon bölgesinde elementlerin dağılımı x-ışınları mikroprob analiz yöntemi (XMA) ile belirlenmiştir. Araştırma sonucunda bulgular, yeni alaşım eklenmesine karşın oksidasyon bölgesindeki kalay, gümüş ve oksijen yoğunluklarının tekrarlanan döküm sayısı ile birlikte dereceli olarak arttıklarını göstermiştir. Yeni alaşım eklenmediğinde, tekrarlanan döküm sayısı arttıkça oksidasyon bölgesi giderek kalınlaşmış, internal oksidasyon bölgesindeki mikropöröziteler ise artmış ve boyut olarak büyümüştür. Araştırmacılar, tekrarlanan döküm işleminin oksit tabakası üzerinde etkili olan unsurlardan kimyasal bileşim ve/veya mikroyapıyı etkileyebileceğine işaret ederek bu unsurların yanı sıra, fiziksel özellikler, porselen rengi ve porselen bağlanma direncindeki değişimleri de inceleyen geniş kapsamlı çalışmaların önemini vurgulamış ve palladyum-gümüş porselen alaşımının tekrar kullanımı konusunun henüz tartışmalı olduğunu belirtmişlerdir.

Rasmussen ve Doukoudakis,²⁷ artık metal kullanmanın porselen ile altın-palladyum alaşımı arasındaki bağlanmaya etkisini incelemek için fraktografik teknikten yararlanmışlardır. Dökümü art arda 4 kez gerçekleştiren araştırmacılar, %50, %75, %85 ve %100 oranında artık metal kullanmışlar ve baskı kuvveti ile elde edilmiş olan kırılma yüzeylerini ışık mikroskobu ve tarama elektron mikroskobu (SEM) ile incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, %85 ve bundan daha fazla oranda artık metal kullanıldığında ara yüzeydeki boşlukların boyut ve miktarında artış olduğu bulgulanmış ve bu boşlukların metal-porselen bağlantısında başarısızlık ihtimalini arttırabileceği belirtilmiştir. Örneklerde genellikle koheziv başarısızlık görülmüş; bazı örneklerde belirlenen adeziv başarısızlık ile artık metal yüzdesi arasında bir ilişki bulunamamıştır.

Papazoglou ve ark.,¹⁸ yüksek palladyum alaşımları (3 Pd-Cu-Ga, 1 Pd-Ga) için çeşitli laboratuvar değişkenlerinin porselen bağlantısına olan etkisini inceledikleri çalışmalarının tekrarlanan dökümle ilgili kısmında, içerikleri farklı 4 yüksek palladyum alaşımını yeni metal eklemeksizin 2 kez tekrar eritmişlerdir. Metal-porselen örnekler biaksial bükülme ile kırılmış ve ayrılma sonrası her örnekte porselen ile kaplı kalan kırılma alanı, standart bir spektrometrik teknik ile hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda bütün alaşımların tekrarlanan döküm işleminden aynı şekilde etkilenmediği bulgulanmış, tekrarlanan döküm sonrası bazı alaşımların porselen bağlantısında azalma olmaması, bu alaşımların oksit oluşuma yardım eden elementleri halen yeterli miktarda içermeleri ile ilişkilendirilmiş ve bu konuda ileri araştırmalara gerek olduğu belirtilmiştir.

Tekrarlanan döküm işleminin porselen ile bir gümüş-palladyum alaşımı (Pd, Ag, Sn, In) arasındaki bağlantı direnci üzerine etkisini inceleyen Jochen ve ark.,⁹ 3 farklı test grubu oluşturmuşlardır. 1. grupta sadece yeni alaşım; 2. grupta farklı oranlarda (%100, %75, %50 ve %25) önceden sadece bir kez dökülmüş artık alaşım; 3. grupta ise farklı oranlarda (%100, %75, %50 ve %25) önceden kaç kez döküldüğü bilinmeyen artık alaşım kullanılmıştır. Test edilen alaşımlar için porselen bağlantıları değerlendirildiğinde, en yüksek bağlantı direncinin sadece yeni metal ve %25 oranında ve %50 oranında önceden bir kez dökülmüş artık metal kullanılan örneklerde olduğu tespit edilmiştir. %50' den daha fazla oranda artık metal (önceden bir kez dökülmüş) kullanıldığında, porselen bağlanma direncinin belirgin derecede bir düşüş gösterdiği bulgulanmıştır. Önceden kaç kez döküldüğü bilinmeyen artık metal kullanılan alaşımlar için porselen bağlanma direncinin, %50' den daha fazla oranda ve bir kez dökülmüş artık metal kullanılan örneklerdekine benzer olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonucunda test edilen Ag-Pd alaşımında ideal bağlanma direnci için bir kez kullanılmış alaşıma %50 oranında yeni alaşım eklenmesi, önceden kaç kez döküldüğü bilinmeyen metallerin ise kullanılmaması gerektiği öne sürülmüştür.

Özetle, dental alaşımlar yeterli klinik performans için, fiziksel/mechanik özelliklerin yanı sıra en uygun kimyasal ve biyolojik özelliklere de sahip olmalıdır.¹ Tekrarlanan döküm işleminin alaşımların biyolojik özellikleri üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalarda

artık alaşım kullanılmasıyla alaşımların bileşim ve mikroyapılarının değişebileceğine, korozyon direncinin azalabileceğine, element salınımı ve sitotoksitede artış olabileceğine işaret edilmiştir.²⁸

SONUÇ

Tekrarlanan döküm işleminin dental alaşımların fiziksel/mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalarda alaşım sistemleri, laboratuvar işlemleri ile ilgili deneysel koşullar ve incelenen özellikler yönünden farklılıklar olması dolayısıyla değişik sonuçlar alınmakla beraber bulgular, genellikle tekrarlanan döküm işleminden kaçınılması gerektiğine işaret etmektedir. Konuya ilişkin araştırmalarda, tekrarlanan döküm işleminin bu özellikler üzerinde etkili olan elementlerden Cu, Sn, Zn, Cr ve Ti'un azalması şeklinde *bileşime* ve tane boyutunda büyüme, kirlilik ve başta mikroporoziteler olmak üzere döküm defektlerinde artma şeklinde *mikroyapıya* yönelik değişimler ile mekanik özellikleri olumsuz yönde etkileyebileceği belirtilmiştir. Bu tür bir işlem, metal-porselen alaşım sistemlerinde oksit tabakası oluşturmada rolü olan elementlerden Cu, Sn, Zn ve Cr miktarlarında azalma; porozitelerde (miktar ve boyut olarak) ve oksit tabakası kalınlığında artma olması ile bağlantı direnci üzerinde etkili olabilmektedir. Tekrarlanan döküm işlemi konusunda farklı alaşım sistemleri için yeni ve artık alaşımların kabul edilebilecek karıştırılma oranları ve/veya böyle bir işlemin alaşımların klinik bağlantılı mekanik özellikleri üzerindeki etkileri henüz tam olarak netleşmemiştir. Artık alaşımların kullanılmasına ilişkin önerilerde bulunulmadan önce, bu tür alaşımların tipik mekanik özellikleri, farklı metal-porselen sistemleri için bağlantı direnci, bileşim-mikroyapı analizleri ve biyolojik özellikleri ile birlikte değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Wataha JC. Alloys for prosthodontic restorations. J Prosthet Dent 2002; 87: 351-63.
2. Leinfelder KF, Lemons JE. Clinical Restorative Materials and Techniques. Philadelphia: Lea and Febiger; 1988. p. 119-121, 136, 270.
3. Reisbick MH, Brantley WA. Mechanical property and microstructural variations for recast low-gold alloy. Int J Prosthodont 1995; 8: 346-50.

4. 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: 162-6.
5. Horasawa N, Marek M. The effect of recasting on corrosion of a silver palladium alloy. Dent Mater 2004; 20: 352-7.
6. Phillips RW. Elements of Dental Materials. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders Co; 1984. p. 247-257.
7. Phillips RW. Skinner's Science of Dental Materials. 9th ed. Philadelphia: WB Saunders Co; 1991. p. 382.
8. Anusavice KJ, Cascone P. Dental casting and soldering alloys. In: Phillips' Science of Dental Materials. Ed. Anusavice KJ. 11th ed. St. Louis: WB Saunders Co; 2003. p. 578.
9. Jochen DG, Caputo AA, Matyas J. Reuse of silver-palladium ceramic metal. J Prosthet Dent 1991; 65: 588-91.
10. Anderson JN. Applied Dental Materials. 5th ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1976. p. 88, 89, 94.
11. Hesby DA, Kobes P, Garver DG, Pelleu GB. Physical properties of a repeatedly used nonprecious metal alloy. J Prosthet Dent 1980; 44: 291-3.
12. Zaimoğlu A, Can G, Ersoy AE, Aksu L. Diş Hekimliğinde Maddeler Bilgisi. Ankara: Ankara Üniv. Basımevi; 1993. s. 461.
13. Henriques GEP, Consani S, de Almeida Rollo JMD, e Silva FA. Soldering and remelting influence on fatigue strength of cobalt-chromium alloys. J Prosthet Dent 1997; 78: 146-52.
14. Tuccillo JJ, Lichtenberger H, Nielsen JP. Composition stability of gold base dental alloys for different melting techniques. J Dent Res 1974; 53: 1127-31.
15. Peraire M, Martinez-Gomis J, Anglada JM, Bizar J, Salsench J, Gil FJ. Effects of recasting on the chemical composition, microstructure, microhardness, and ion release of 3 dental casting alloys and titanium. Int J Prosthodont 2007; 20: 286-8.
16. Naylor WP. Introduction to Metal Ceramic Technology. Chicago: Quintessence Publishing Co; 1992. p. 36-8.
17. Powers JM, Sakaguchi RL. Craig's Restorative Dental Materials. 12th ed. St. Louis: CV Mosby Co; 2006. p. 57-70, 133-5, 363- 93.
18. Papazoglou E, Brantley WA, Johnston WM, Carr AB. Effects of dental laboratory processing variables and in vitro testing medium on the porcelain adherence of high-palladium casting alloys. J Prosthet Dent 1998; 79: 514-9.
19. Craig RG, Powers JM, Wataha JC. Dental Materials Properties and Manipulation. 8th ed. St. Louis: CV Mosby Co; 2004. p. 27, 238, 247.
20. Yavuzylmaz H, Ulusoy M, Kedici PS, Kansu G. Protetik Diş Tedavisi Terimleri Sözlüğü. Türk Prosthodonti ve İmplantoloji Derneği Ankara Şubesi Yayınları Sayı:1 Ankara: Özyurt Matbaacılık; 2003. s. 126, 305, 321.
21. Gladwin M, Bagby M. Clinical Aspects of Dental Materials. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000. p. 36, 38.

22. Türköz Y, Can G. Direkt tutucu metallerinde yorulma özelliğinin incelenmesi. AÜ Diş Hek Fak Derg 1988; 15: 167-71.
23. Nelson DR, Palik JF, Morris HF, Comella MC. Recasting a nickel-chromium alloy. J Prosthet Dent 1986; 55: 122-7.
24. Türköz Y. Bir iskelet protez döküm metalinde mükerrer eritmelerin fiziki özellikler üzerindeki etkileri. AÜ Diş Hek Fak Derg 1989; 16: 13-7.
25. Nalbant D, Yaluğ S, Gürbüz R. Tekrarlanan dökümün tek parça bölümlü protez alaşımının mekanik özelliklerine etkisi. GÜ Dişhek Fak Derg 2002; 19: 9-14.
26. Hong JM, Razzoog ME, Lang BR. The effect of recasting on the oxidation layer of a palladium-silver porcelain alloy. J Prosthet Dent 1988; 59: 420-5.
27. Rasmussen ST, Doukoudakis AA. The effect of using recast metal on the bond between porcelain and a gold-palladium alloy. J Prosthet Dent 1986; 55: 447-52.

28. Aydın AK, Kurtulmuş S. Tekrarlanan döküm işleminin dental alaşımların biyouyumluluğuna etkisi. SÜ Dişhek Fak Der 2008;17:155-63.

Yazışma Adresi:

Prof. Dr. A.Kevser AYDIN

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Beşevler 06500 ANKARA

Tel : 0 312 296 57 00

Faks : 0 312 212 39 54

E-posta : aaydin@dentistry.ankara.edu.tr