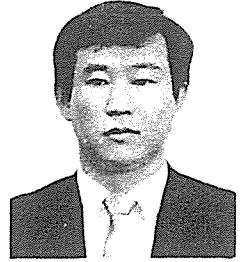


## IV. 치과주조용 금합금의 이용과 전망

경희대학교 치과대학 대우전임강사

임 호 남



주조용으로 사용되는 금합금은 그 성질에 따라 몇개의 군으로 분류할 수 있으며, 일반적으로 조성이 간단하고 금의 함량이 많은 것일수록 강도가 적고, 부드러운 성격을 가지게 되는 것으로 알려져 있다. 수복물의 형태와 종류가 다양해짐에 따라 이들 합금의 조성도 복잡해지게 되었고, 기계적인 성질 역시 다양한 것을 요구하게 되었다. 점차 복잡한 조성과 임상적 요구에 따른 정확한 기계적 성질이 요구되는바 본 장에서는 금합금을, 연질, 중질, 경질, 초경질 금합금으로 분류하고, 함께 백색 금합금과 도재용 금합금에 관하여 기술해 보고자 한다.

### ● 분 류

초기에 치과계에서 사용되었던 주조용 금합금은 미연방의 금화이었는데, 미연방 금화는 그 당시 매우 단순한 조성으로 90% 금과 10% 동을 합금한 것이었다고 한다. 이러한 조성은 22k 금합금에 해당하는 것으로서 각각 395와 240MN/m<sup>2</sup>의 인장강도를 보여 간단한 형태의 수복물을 제작하기 위하여 국한 사용되어 졌다고 전한다.

원래 치과주조용 금합금은 그의 용도에 따라 분류되어, 인레이용, 크라운용, 브릿지용, 의치제작용 등으로 분류되었으며, 이들이 서로 각기 다른 성질을 보임에 따라 미국치과의사협회 규격에서는 연질, 중질, 경질, 그리고 초경질 금합금으로 분류하게 되었고, 편의상 제1형, 제2형, 제3형, 그리고 제4형 금합금으로

명명하게 된 것이다. 따라서 이러한 금합금 분류는 지정된 용도에 필요한 기계적인 성질이 정의된 것이라고 할 수 있다.

### ● 종류와 선택

미국치과의사협회 규격에 정한 분류를 용도별로 다시 나누어 보면, 연질의 제1형 금합금은 하중을 적게 받는 단순한 형태의 인레이 제작에 사용되며, 그 단순한 형태의 정도를 직접법에 의한 납형을 제작할 수 있는 정도라고 되어 있다. 따라서 실제로 이러한 성격의 합금으로 인레이를 제작하는 경우는 그다지 많지 않다고 할 수 있다. 이에 비해 중질의 제2형 금합금은 임상적으로 거의 대부분의 인레이 제작에 타당하다고 되어있으며, 이 합금이 제3형에 비하여 적은 정도의 기계적 성질을 보이지만, 충분한 두께를 부여해 강도를 얻을 수 있는 경우에는 브릿지 용으로까지 그 용도를 넓힐 수 있으며, 이렇게 함으로서 변연의 적합성을 우수하게 할 수 있는 것으로 되어 있다.

제3형 경질 금합금은 매우 일반적인 개념의 크라운 제작용 합금으로서 두께가 얇은 3/4 크라운이나 하중을 많이 받게되는 형태의 인레이에 이르기까지 다양한 용도로 널리 사용되어진다. 초경질이라고 할 수 있는 제4형 금합금은 의치상용으로 사용토록 하는 것이 원칙이며, 그외에 버니싱등으로 변연을 적합시킬 필요가 적다고 생각되는 수복물의 제작에 사용될 수 있다.

금합금의 선택시 그 용도와 해당되는 종류는

그 합금이 가져야 하는 경도와 강도의 차이에 의해 결정된 것이라고 할 수 있다. 즉, 그 제품이 가지는 경도와 강도 자체를 선택의 기준으로 삼아야 하며, 제품에 표기되어 있는 형식

은 큰 의미를 가지지 않는다고도 할 수 있다. 한 제조업자가 동일한 형식의 제품을 여러가지 종류로 시판하는 것이 그러한 예에 해당한다고 할 수 있다.

**Table 1.** Composition, mechanical properties, and fusion temperature of gold casting alloys

Type	Precious metal Min %	V H N (Kg/mm <sup>2</sup> )			Yield strength (MN)		Elongation		Melting range, °C	
		soft		hard Min.	soft Min.	hard Min.	soft Min.	hard Min.	solidus Min.	liquidus Min.
		Min.	Max.							
I	83	50	90	—	—	—	18	—	800	1050
II	78	90	120	—	140	—	12	—	800	1050
III	78	120	150	—	200	—	12	—	800	1050
IV	75	150	—	220	340	500	10	2	800	1050

**Table 2.** Range of composition and mechanical properties of Type I to IV alloys

Type	Au	Pt	Pd (%)	Yield strength (MN/m <sup>2</sup> )		Tensile Strength (MN/m <sup>2</sup> )		Elongation (%)		VHN (kg/mm <sup>2</sup> )	
				Soft	Hard	Soft	Hard	soft	hard	soft	hard
I	81-83	—	0.2-4.5	100-110	100-110	285-315	285-315	25-30	25-30	60-70	60-70
II	76-78	—	1-3	150-185	150-185	315-375	315-420	26-35	26-35	95-100	95-140
III	73-77	—	2-4	200-240	290-310	400-450	510-550	30-40	12-22	120-150	150-170
IV	71-74	0-1	2-5	275-310	480-510	470-520	750-790	30-35	5-7	150-170	220-250

● 조 성

치과주조용 금합금은 반드시, 금, 은, 동의 삼원계 합금으로 이루어지며, 여기에 소량 합금원소로서 팔라듐, 백금, 그리고 아연이 첨가된다. 치과주조용 금합금이 이러한 구성성분을 가지게된 중요한 이유는 구강내에서의 변색 저항과 용융온도를 낮추기 위한 것이었다. 즉 치과주조용 금합금에는 충분한 양의 귀금속을 합금하여 구강내 조건에서 부식과 변색이 나타나지 않도록 하며, 저온용융원소들을 사용함으로써 대기중에서 용융이 가능하고, 석고계 매물재를 사용할 수 있도록 하고자 하였다.

표2에서 보면 제4형 금합금으로 갈수록 금의 함량이 감소하고 있으며, 상대적으로 동의 함

량이 증가하고 있는 것을 의미한다. 일반적으로 동의 함량이 증가함에 따라 아연의 함량도 증가하게 되는데, 제4형 금합금이 아연의 함량이 가장 많은 것으로 알려져 있다.

제1형 금합금에서는 백금을 전혀 사용하지 않지만 소량의 팔라듐은 반드시 넣어 주도록 하고 있으며, 최근의 연구에 따르면, 미국치과 의사협회 규격에 통과한 금합금을 분석한 결과 모든 종류에서 5내지 6% 미만의 백금이나 팔라듐을 사용하고 있는 것으로 나타났다고 한다.

표1에 보이는 바와 같이 귀금속의 함량은 75 내지 80% 이상으로 되어있는데, 이는 금, 백금, 그리고 팔라듐의 양을 모두 합한 양이다. 이러한 조성의 목적은 구강내에서의 변색

외에도, 주조과정중에 주조체의 내부에 산화물질이 생기지 않도록 하기 위함이다. 동과 아연의 함량이 많아질 수록 주조과정중에 산화 경향이 증가하게 되고, 이것은 합금의 화학적 성질에 영향을 미쳐 부식을 증식시키는 외에, 열수축량 변화로 인해 주조체의 적합도에까지 영향을 미치는 것으로 되어 있다. 물론 이러한 문제점과 현상은 주조시의 환원적 조건 부여와 용제를 이용하여 산화의 가능성을 감소시킬 수 있는 것으로 되어 있으나, 그 만큼의 특별한 주의를 기울여야 하는 것이므로, 실패의 가능성이 커지게 되는 것이라고 할 수 있다.

이미 알려진 바와 같이, 합금의 용융온도에 비해 60내지 70도 정도 높은 온도에서 주조하는 것이 바람직하며, 그 이상의 온도에서 주조하여 합금내에 산화체의 유발이나, 매물재와 반응에 의해 주조체 표면적하의 기포가 발생되지 않도록 하여야 한다.

### ● 결정립의 크기

최근의 연구에서는 치과주조용 금합금에 소량합금 원소소를 첨가한 경우 그것이 주조체의 결정립 크기에 미치는 효과에 관하여 많은 연구가 이루어 졌다. 과거에는 대부분의 합금이 매우 크기가 큰 결정립을 보였으나, 최근에는 50ppm 정도의 극소량원소로 이리듐이나 루티움을 첨가하여 미세한 결정립을 가지는 금합금을 개발 시판하고 있다. 이러한 원소들의 기능은 그것이 합금이 경화되는 동안에 응고핵으로 작용하여 결정립의 수를 증가시키므로써 최종 결정립의 크기를 적게 하는 것이라고 할 수 있으며, 이와함께 어느 정도의 합금 미세조직의 정화기능을 가지는 것으로 알려져 있다.

미세 결정립을 가지는 합금은 동일한 조성에서 그렇지 않은 금합금에 비하여 인장강도와 연신율이 30% 정도 현저히 증가하게 되어, 귀금속의 함량을 증가시키면서도 필요로 하는 충분한 기계적 성질을 얻을 수 있다는 장점을 가지게 되는 것이다. 이러한 합금은 매우 균질한 양상의 미세조직을 가지게 되는데, 따라서 동일한 성질의 주조체를 항상 얻을 수 있다는 장

점을 가지게 된다. 그러나 경도와 항복강도는 이러한 조직의 변화에 의해 거의 영향을 받지 않는 것으로 보고되어 있다.

### ● 치과주조용 금합금의 성질

표1에 있는 바와 같이 치과주조용 금합금의 기계적 성질을 논할때는 주로 항복강도, 인장강도, 연신율 그리고 비커스 경도등 네가지 성질이 대표적으로 적용된다.

일반적으로 제1형에 비하여 4형으로 갈수록 항복강도와 인장강도 그리고 경도가 증가하며, 연신율은 감소하는 것으로 되어 있다. 통상 항복강도라는 것은 물체가 변형되기 시작할 때의 강도이므로 변형을 이용하여 측정하는 경도수치와는 거의 정비례 관계를 가지며, 연성과 취성은 이와 반비례의 관계를 보이게 된다.

표2에 있는 바와 같이 일반적으로 치과주조용 합금은 제1형과 2형처럼 120미만의 비커스 경도를 가지는 경우 열처리에 의해 현저한 경도의 증가는 없는 것으로 알려져 있으며, 제3형과 4형과 같이 120이상의 비커스 경도를 보이는 경우는 열처리로 이경도를 더욱 증가시킬 수 있는 것으로 되어 있다. 이러한 효과는 합금의 성분을 이루는 것중 금과 동의 비율로 설명이 되고 있으며, 제3형과 4형에서는 이 비율이 합금의 조직내에 석출물을 형성할 수 있기 때문인 것으로 밝혀졌다.

제1형 연질 금합금 : 비커스 경도 50내지 90의 것을 연질 금합금으로 하며, 손으로 만져보아 이들은 매우 부드럽다는 것을 느낄 수 있을 정도이다. 이 합금의 연신율은 25내지 30% 정도이며, 항복강도는 제3형에 비하여 절반에 지나지 않아 매우 변형되기 쉽고, hand instrument를 이용하여 쉽게 적합을 시킬 수 있는 합금을 의미한다.

제2형 중질 금합금 : 비커스 경도 90내지 120인 합금을 중질 금합금으로 하며, 실질적인 연신율은 제1형 금합금과 거의 유사하다. 그러나 항복강도는 제1형 금합금에 비해 크기때문에,

적합을 위해서 더 큰 힘을 필요로 하지만 그 결과는 제1형 합금에서 만큼을 얻어 낼 수 있다. 일반적으로 제2형 금합금은 경화열처리가 되지 않는 것으로 알려져 있으나, 미량의 코발트를 첨가하여 최종 연마작업 후 경화열처리를 시행하여 환자의 치아에 접착을 시켜 줄 수 있도록 하기 위한 연구가 진행되고 있다.

**제3형 경질 금합금 :** 비커스 경도 120내지 150 합금이 여기에 해당하며, 이미 밝힌 바와 같이 열처리가 가능하기 때문에 soldering이나, 연마작업을 통하여 용이하게 경화처리가 되도록 하기 위한 연구가 진행되고 있다.

**제4형 초경질 합금 :** 열처리 효과가 가장 우수하며 비커스 경도는 연화처리시 150부터 경화처리를 통하여 250까지 얻어낼 수 있는 것으로 되어 있다. 특히 경화열처리를 통하여 항복강도는 500 MN/m<sup>2</sup> 이상도 얻어낼 수 있어 가철성 보철물 제작에만 아니라 고정성 보철물의 경우도 크기가 큰 경우 적용하고 있다. 그러나 clasp의 탄성을 결정짓는 탄성율은 열처리를 이용하여도 거의 증가하지 않아 이 부분이 앞으로의 연구방향이 되고 있다.

● 용융온도 범위

치과주조용 금합금은 순수 금속이 아니기 때문에 일점의 온도에서 액상으로 변화하는 melting point를 가지지 못하고 어느 정도의 온도 범주내에서 용융되기 시작하여(고상온도, solidus temperature) 그보다 높은 온도에서 완전히 용해되게 된다(액상온도, liquidus temperature). 따라서 표 1에 있는 것은 규격에 정해진 최소치이므로 모두 동일하게 규정이 되어 있고 실제의 합금은 제1형이 1,005내지 1,070도 정도, 제2형이 900내지 970도, 제3형과 4형이 875내지 1,000도 정도의 용융온도 범위를 보이고 있다. 이러한 온도범위들은 순수한 금의 용해온도가 1,063도 라는 것을 감안할 때 어느 정도의 용융온도 감소효과를 얻은 것이며, 제4형으로 갈수록 미약하나마 용융이 쉽

다. 일반적으로 치과주조용 합금으로 제작된 시판 합금들은 60도 정도의 용융온도 범위를 가지는 것으로 알려져 있다.

금의 함량이 비교적 많은 것으로 되어 있는 시판 합금들은 대개의 경우 이 온도 범주에서 용융이 이루어진다고 생각할 수 있으나, 금의 함량이 적고 대신 은과 팔라듐 그리고 백금으로 이루어진 저카라트 합금으로 갈수록 용해온도가 금합금에 비하여 높아지며, 그 범주도 매우 커지게 된다. 이 이유는 주로 많이 첨가되는 팔라듐이 금이나 은과는 매우 큰 용해온도의 차이를 보여 그의 함량에 따라 합금의 용융온도가 높아지기 때문이며, 공정형성경향을 보이지 않아 합금을 통한 용해온도 감소효과를 얻을 수 없기 때문이다.

따라서 저카라트 합금으로 갈수록 용융온도가 1,100도 전후로 증가하게 되며, 이 온도는 석고계 매물재와 인산염계 매물재의 적용온도에 해당하여, 자칫 매물재의 잘못된 선택이 이루어질 수 있고, 경우에 따라 이들 합금 표면의 광택이나 변색도가 만족스럽지 못하게 얻어지기도 하는 것이다.

● 저카라트 금합금

경제성을 지닌 저카라트 금합금은 그 조성범위나 그 합금이 보이는 성질이 매우 차이가 심해 체계적인 분류가 어려우며 경우에 따라 금의 함량으로 분류하거나, 혹은 색상, 또는 금합금 규격에 의거 나타내는 성질로 분류하기도 한다. 기계적 성질을 고려할 때 제품에 따라서는 미국치과의사협회 규격에 부합되는 것도 있으나, 귀금속 함량이 75% 미만이기 때문에 문제를 보이는 것으로 되어 있다. 금함량이 75% 미만이라는 것은 구강내 조건에서의 부식과 변색이라는 문제점외에 미세부위의 주조능이 떨어지는 것으로 되어 있다. 그 이유는 금합금에서 금의 함량이 감소할 수록 합금의 비중이 적어지기 때문에 원심주조기 사용시 주조압의 감소효과가 나타나기 때문인 것으로 알려져 있다.

현재 사용되고 있는 저카라트 금합금을 조성

에 따라 분류하면 표3과 같이 분류할 수 있다. type A는 비교적 금과 팔라듐의 함량이 많은 것으로서 그들의 합계가 50내지 60%에 이르며, type B는 금을 10내지 20%로 하고 나머지는 팔라듐으로 한 경우이다. type C는 귀금속이 모두 팔라듐으로만 이루어지고, 금은 합금되지 않으며, 나머지는 은으로 이루어진 소위 은-팔라듐 합금이 여기에 해당한다.

이들 합금의 용융온도는 서로 아주 상이하다. type A는 1,000°C 정도에서 용융이 가능하여 통상의 불꽃으로 용해시킬 수 있으며, 큰 무리없이 석고계 매물재를 사용할 수 있다. 그러나 type B와 C는 산소가스를 섞어서 용해시켜야 하며, 가능한 인산염매물재를 사용해야 한다. 변색 저항도 역시 은-팔라듐 합금인 type C가 가장 적은 것으로 되어있다.

저카라트 합금의 기계적 성질은 제3형과 4형 금합금의 것에 필적한다. 그러나 이들 합금은 경도가 너무 크고, 금합금에 비하여 연신율이 절반 정도로 적기 때문에, 합금의 취급과 조작성이 좋지 않으며, burnishing을 이용한 수복물의 적합은 기대하기 어렵다. 항복강도의 관점에서 볼 때, type A와 B는 제4형 금합금에 비해서 더 크고, type C는 제3형 금합금과 유사한 정도의 수치를 보여, 이 합금이 관심의 대상이 되어 왔다. 그러나 type C 합금은 열처리 효과가 미약하며, 현저한 열처리 효과를 얻기 위해서는 동의 함량이 증가해야 하는 것으로 밝혀졌다.

금합금과 비교하여 볼 때 가장 비중이 적은 것은 type C 합금으로서 제3형 금합금에 2/3에 지나지 않는다. 이와 같은 고찰은 임상적으

로도 관찰이 되고 있는데, 주조체의 체적 수축이 다른 합금에 비해 심하여 적합도가 금합금에 비해 불량한 것으로 알려져 있다. 그러나 비중이 적다는 것은 동일한 크기의 보철물을 주조할 때 소요되는 합금의 양이 줄게 되므로 경제성이 있다는 장점을 가질 수 있다.

#### ● 금합금의 열처리

일반적으로 알려진 바와 같이 금합금을 700°C 가까이 가열한 뒤 급냉시키면 연화열처리가 이루어지며, 425°C 이하의 온도에서 가열하면 경화열처리가 이루어 지는데, 이는 금-동 평형상태도를 이용하여 설명하고 있다. 한편 이러한 효과는 주조후 주조체를 냉각시키는 방법이나, soldering시에도 바라지 않은 열처리가 나타날 수 있으며, 근래에는 정확한 조건으로 일정한 열처리를 하여 합금의 성격을 원하는 바대로 변화시키기 위하여 연구가 진행되고 있다.

규격에 정해진 바에 따르면, 연화열처리는 700°C에서 10분간 가열한 뒤 실온의 수중에 급냉하도록 하고 있으며, 경화열처리는 450°C에서 2분간 처리한 뒤, 30분간에 걸쳐 250°C까지 균등속도로 냉각시키고 그후 급냉하도록 되어 있다.

#### ● 도재용 금합금

도재용 금합금은 금-백금-팔라듐 합금과 금-팔라듐 합금으로 나뉘어지며, 금-팔라듐 합금은 은이 합금된 경우와 그렇지 않은 경

Table 3. Composition and mechanical properties of some crown and bridge alloys

Alloy Type	Noble metal %	Yield strength (MN/m <sup>2</sup> )	Tensile strength (MN/m <sup>2</sup> )	Elongation (%)	VHN <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	Density (gm/cm <sup>3</sup> )	Melting range °C
III	78-80	200-240	400-450	30-40	120-150	15.5	875-1000
IV	75-78	275-310	470-520	30-35	150-170	15.2	875-1000
A	52-65	400-450	550-590	15-20	170-200	12.5-13.0	900-1025
B	35-45	400-450	550-590	10-15	170-200	11.0-11.5	1080-1150
C	22-30	200-240	400-450	15-20	140-160	10.3-10.7	1100-1150

우로 분류되어 진다.

● 금-백금-팔라듐 합금

금-백금-팔라듐 합금은 1950년대부터 사용되어 왔으며, 80내지 88%의 금을 주성분으로 하고 있고, 나머지 10% 가량이 백금과 팔라듐으로 이루어져 있다. 이러한 조성의 합금은 큰 무리 없이 현재까지 사용되어 오고 있으며, 구조능과 적합도 역시 우수한 것으로 알려져 있다. 더우기 도재와의 결합력도 다른 비귀금속 합금에 비해 우수하여 도재와 금속간의 파절시 결합되었던 부위는 깨어지지 않고, 도재층에서 파절이 되는 응집성 파절을 일으키는 것으로 되어 있다.

그러나 이 합금은 용해온도가 도재용 합금중에서 가장 낮기때문에, 고온에서 도재의 소성시 금속 구조체의 변형을 야기하기 쉬운 것으로 되어 있고, 따라서 구조체의 디자인이 매우 중요한 요인으로 작용하는 것으로 되어 있다. 항복강도 역시 비교적 낮기때문에 보철물의 길이가 길거나 하중을 받게되는 경우 변형을 유

발 도재의 파절을 일으킬 수 있다. 이에 현재에는 도재의 탄성율을 이 합금에 맞도록 개선키 위한 노력이 있다.

이러한 문제점 때문에 구조체의 두께가 얇아져야만 하는 도재전장관의 경우 three unit 이상의 경우에는 사용하지 않도록 하고 있다.

● 금-팔라듐 합금

금-팔라듐 합금은 표4에 보이는 바와 같이 은이 첨가된 경우와 그렇지 않은 경우로 나뉘어지며, 금의 함량이 50내지 55% 정도로 금-백금-팔라듐 합금에 비하여 경제성을 증진시킨 합금이라고 할 수 있다. 은이 첨가되지 않는 경우도 금의 함량은 거의 유사하며 팔라듐의 양이 증가하게 된다.

이러한 금-팔라듐 합금은 주로 유럽계에서 많이 사용되고 있는데, 구조능과 적합도, 도재와의 결합력이 우수하며 용해온도가 높아 도재소성시 변형의 가능성이 적고, 항복강도가 크다는 장점을 보이고 있다.

Table 4. Metal-ceramic gold alloy by per cent composition

Alloy	Au	Pt	Pd	Ag
Au-Pt-Pd	87.5	4.5	6.0	1.0
Au-Pd				
Containing Ag	52.5		27.0	16.0
No Ag	51.5		38.5	

Table 5. Physical properties of metal-ceramic gold alloys

	Au-Pt-Pd	Au-Pd-Ag	Au-Pd
Density	18.3	13.8	13.5
Casting temperature (°C)	1260	1320	1350
Hardness after firing	180	220	220
Yield strength (kg/m <sup>2</sup> )	4500	5600	5800