

IPS Empress 도재관의 파절강도 : 상악 견치에서 절단면 삭제량과 측면 경사도에 따른 영향

원광대학교 치과대학 치과보철학교실

신동국 · 강한중 · 박용석 · 박광수 · 동진근

I. 서 론

사람의 안면 심미성에 있어 치아가 차지하는 부분은 상당히 크다고 할 수 있다. 이러한 심미에 대한 욕구는 문화와 생활수준이 발달함과 동시에 점점 증대되었으며, 최근에는 치과치료에서 있어서 심미성은 보편적인 고려사항이 되었다.

현재 사용되고 있는 심미적으로 만족스러운 수복물 중의 하나인 전부도재관은 생체 적합성이 우수하고 자연치질과 유사한 투과성을 가져, 잘 제작된 전부도재관은 인접 자연치와 구별하기가 어렵다. 그러나 전부도재관은 자연치에 가까운 여러 가지 장점에도 불구하고 파절의 위험성이 크기 때문에¹⁾ 심미성이 요구되는 부위의 수복에 적극적으로 활용하지 못하였으나 이를 극복하기 위해 파절강도를 높이려는 노력이 지속적으로 이루어져 최근에는 만족할 만한 결과를 이루었다.

현재 일반적으로 많이 사용하는 도재제작 방법은 도재의 소성과정에서 발생하는 수축을 최소화하기 위한 방법으로 미리 결정화 시킨 glass ceramic을 열가압하여 성형하는 heat-press technique(IPS Empress)²⁾이 있으며, 또한 alumina로 형성된 core에 glass를 침투시켜 결정화시키는 기법(Vita In Ceram system)^{3,4)}이 임상적으로 응용되고 있고, 심미적인 장점과 더불어 안정된 파절강도 때문에 매우

긍정적으로 평가되고 있다.⁵⁻⁷⁾ 그 중 1990년 Ivoclar 회사에 의하여 소개된 IPS Empress system은 결정화된 도재를 가열 및 가압(heat-press)하여 수복물을 제작하므로 제작이 용이하고 변연 적합성이 우수하여 안정된 파절강도를 보인다.²⁾ 또한 도재 ingot의 색조를 각 환자의 치아 색에 맞추어 선택할 수 있기 때문에 색조의 재현성이 우수하다.

IPS Empress system이 안정된 파절 강도를 보이는 것은 제조사에서 미리 ingot상태로 만들기 위한 소결과정 중 형성된 약 40vol.%의 백류석 결정이 열가압 성형시 용융되고, 이것이 점액성 흐름으로 좁은 주입선을 통과할 때 결정들의 재분산과 더불어 최종 수복물의 완성을 위해서 가해지는 몇 차례의 열처리에 의한 백류석 강화가 주된 원인이 된다. 즉, 글라스기질 내에 백류석결정이 고르게 분산되면 균열편향이 찾아지면서 파절을 위해 더 많은 에너지가 필요하게 되고,⁸⁾ 몇 차례의 열처리에 의해 증가된 백류석결정이 글라스기질에 비해 상대적으로 더 높은 열팽창계수를 보유함으로써 해서 냉각시 더욱 빨리 수축되어 백류석 주변 기질에서 집선방향의 압축응력이 발생되고 이러한 압축응력은 균열에 대한 강한 저항력을 제공하게 된다.⁹⁾ 그러나 전부 도재관의 실제 임상 사용에 있어 도재의 파절강도에 영향을 미치는 요소로 삭제량 및 측면 경사도 등 다른 요인들도 고려할 수 있다. Friedlander 등¹⁰⁾은 변연 형성방

※ 이 논문은 2002년도 원광대학교의 교비 지원에 의해서 수행됨.

법과 측면 경사도가 Dicor 도재관의 파절강도에 미치는 영향에 대한 연구에서 1.2mm 폭의 shoulder 변연과 10°의 측면 경사도에서 가장 높은 파절강도를 얻었다고 보고하였으며 IPS Empress system에서는 전부도재관을 위한 치아 형성방법으로 교합면 삭제량은 1.5mm, 측면 경사각은 10°, 변연은 1mm 폭의 rounded shoulder가 추천되고 있다.²⁾

김 등¹¹⁾은 IPS Empress system을 이용한 도재관의 변연 형태에 따른 파절 강도를 연구하고 rounded shoulder의 파절강도가 가장 높게 나타났음을 보고하였다.

또한 각 치아에 대한 삭제량 및 경사도에 따른 도재관의 파절 강도에 대한 일련의 연구가 있었는데 최 등¹²⁾은 상악 제1대구치에서, 송 등¹³⁾은 상악 중절치에서, 김 등¹⁴⁾은 하악 제2소구치에서, 김 등¹⁵⁾은 하악 제1대구치에서, 남 등¹⁶⁾은 하악 중절치에서, 정 등¹⁷⁾ 하악견치에서 교합면 두께와 측면 경사도가 IPS Empress 도재관의 파절 강도에 미치는 영향을 보고하였다. 특히 동 등¹⁸⁾은 상악 제1소구치에서 교합면 두께와 측면 경사도에 따른 IPS Empress 도재관의 파절강도에 대한 연구에서 교합면 두께 2.5mm, 측면 경사도 12°인 경우가 630N으로 가장 높았으며, 교합면 두께 1.5mm, 측면 경사도 4°인 경우가 378N으로 가장 낮았음을 보고하였다.

이와 같이 전부도재관의 각 치아의 부위별로 치아 형성방법에 따른 파절강도에 관하여 많은 연구가 있었으며 앞선 연구에 이어, 본 연구는 IPS Empress

도재관의 상악 견치 부위에서의 치아형성 방법이 도재관의 강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 상악 견치의 절단면 삭제량과 측면 경사도를 달리한 도재관을 제작하고 파절 강도를 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 실험용 금속다이제작

기본 치아의 주모형 제작을 위해 경질 레진치(상악 견치, Columbia Co., USA)의 근단부를 레진에 포매한 뒤 다이를 만들어 2.0mm의 두께가 되도록 균일하게 삭제하고, 측면 경사각은 milling machine(PF-200, CM., Biel-Bienne, Switzerland)를 사용하여 4°가 되게 하였으며 변연은 1.0mm 폭의 rounded shoulder로 형성하여 백악-법랑경계의 1mm 상방에 위치시켰다.

실리콘 인상재(Exafine, GC Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 인상을 채득하고 다이제작용 레진(Polyurock, Metalor, Neuchatel, Switzerland)을 이용하여 기본 모형을 복제하였다.

기본 모형을 제외한 다른 모형들은 절단면은 각각 2.5mm, 3.0mm, 측면면은 각각 8°, 12°가 되도록 milling machine을 사용하여 추가로 삭제하여 모두 9개의 주모형을 제작하였다.(Fig. 1)

이상의 방법으로 제작된 각각의 주모형을 다시 인

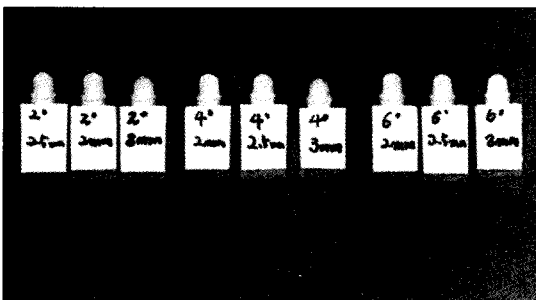


Fig. 1. Master models with different axial inclination and incisal reduction.

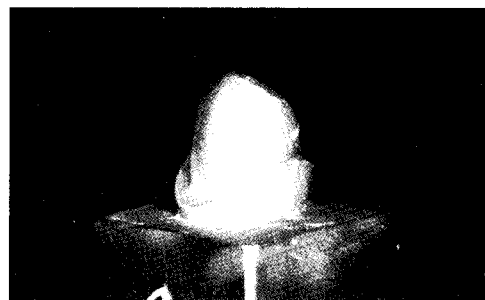


Fig. 2. A metal die with 4° axial inclination and 3.0mm incisal reduction.

상채득하고 납형을 얻어 니켈 크롬 합금(Rexillum III, Concilon dental materials, instrument & equipments, USA)으로 각 군당 10개씩 모두 90개의 실험용 금속다이를 제작하였다.(Fig. 2)

2. IPS Empress 도재관 제작

도재관의 제작을 위하여 실험용 금속다이로부터 실리콘 인상재와 초경석고를 이용하여 석고모형을 제작하였다. 석고모형에 die-spacer를 제조회사의 지시에 따라 바르고, 삭제하기 전의 상악 견치 외형을 기준으로 mold를 만들어 각각의 모형에 연화된 왁스를 부어 납형을 제작하였다. 이렇게 제작된 납형은 매몰하였고, 이때 납형간의 거리는 3mm 이상, 매몰링(paper ring)과 납형과의 거리는 10mm, 왁스 주입선의 직경은 3mm, 길이는 10mm가 되도록 하였고 주입선은 납형의 절단면과 치아장축이 평행하게 부착하였다.

매몰체의 혼합방법은 IPS Empress 매몰재액과 증류수 그리고 매몰재 분말의 비율이 30ml:12ml:200g이 되도록 정확한 양을 계측하여 진공혼합법으로 60초간 혼합하고 매몰링 하단부터 매몰재를 채웠다. 매몰재가 완전히 경화된 후 매몰링 기저부와 매몰링을 제거하고 매몰체의 기저부를 다듬었다. 매몰체와 ceramic ingot 그리고 alox plunger를 소환로에 넣고 실온에서부터 시작하여 분당 5℃씩 온도를 높여 250℃에서 30분간 계류시키고 다시 온도를 높여 850℃에서 90분간 계류시켰다. Press furnace(IPS Empress EP500 press furnace, Ivoclar, Liechtenstein)에서 staining법을 위한 프로그램을 선택하여 700℃까지 예열을 시행한 후 IPS Empress ceramic ingot(O1)과 alox plunger를 매몰체에 넣고 press furnace 중앙에 위치시킨 후 가열 및 가압과정을 시행하였다.

가압과정이 끝난 매몰체를 furnace 내에서 꺼내 실온까지 식힌 후, 50μm의 glass bead(Shofu Co., Japan)를 이용하여 펜 블라스터로 매몰재를 제거하였다. 도재관의 외형을 다듬은 후, 1회의 staining 과정과 2회의 glazing 과정을 거쳐 IPS Empress 도재관을 완성하였다.

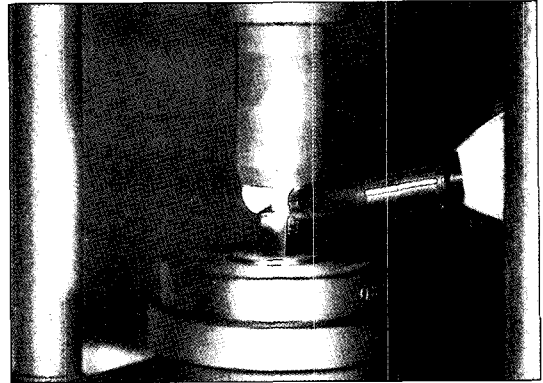


Fig. 3. Cementation of IPS Empress crown and metal die.

3. IPS Empress 도재관과 금속다이의 합착

제작된 도재관과 각각의 금속모형은 복합 레진 시멘트(Bistite II, Tokuyama Co., Japan)를 사용하여 합착하였다. 합착에 앞서 도재관의 내면을 IPS Empress etchant를 이용하여 1분간 산 부식시키고, 증류수 내에서 초음파 세척기로 수세를 시행하였고 silane(Ceramic primer, Tokuyama Co., Japan)을 도포하였으며 금속모형의 피착면은 샌드 블라스터를 이용하여 50μm의 알루미나 입자로 표면처리하였다. 동일한 양의 레진 시멘트를 제조회사의 지시대로 혼합하여 도재관 내면과 금속모형에 골고루 바르고 압접한 후 여분의 시멘트를 붓으로 제거하였다. 일정한 힘을 가하기 위하여 10kg의 정하중기를 사용하였으며, 레진 시멘트의 경화를 위해 30초간 광증합을 시행하였고 접착이 완료된 도재관은 37℃의 증류수에서 24시간 보관하였다.(Fig. 3)

4. 파절강도 측정

시편은 만능시험기(Z020, Zwick, Germany)를 사용하여 강도를 측정하였다. 치아의 장축이 30° 경사진 상태로 유지될 수 있도록 금속 지그를 제작하여 설축이 위로 향하도록 금속다이를 넣고, 끝이 평평한 단면을 지닌 금속 기구를 이용하여 도재관의 설축 절단면 부위에 하중이 가해지도록 하였다. 만능시험기의 시험 속도는 분당 1mm로 도재관이 파

절될 때까지 하중을 가했다.(Fig. 4) 시편의 최대 파절강도는 만능시험기와 연결된 컴퓨터를 이용하여 측정하였으며 측정치는 MINITAP 14 program을 이용하여 이원분산분석과 분산이 큰 파절강도의 다양성을 확률 통계적으로 분석하기 위하여 Weibull 분석을 실시했다.

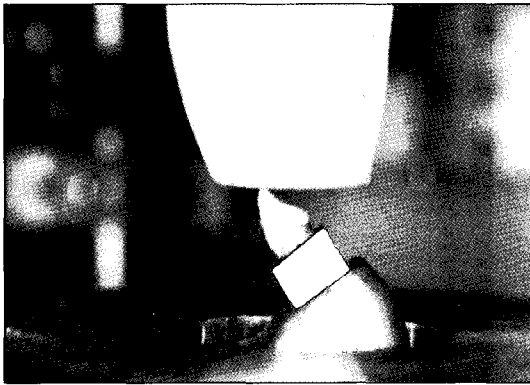


Fig. 4. Fracture strength test of IPS Empress crown.

Ⅲ. 연구 성적

1. 파절강도

IPS Empress 도재관의 평균 파절강도는 절단연 삭제량 3.0mm, 측면 경사도 12°의 경우가 839N으로 가장 높게 나타났으며, 절단연 삭제량 2.0mm, 측면 경사도 12°인 경우가 559N으로 가장 낮게 나타났다.(Table I, Fig. 5) 이원분산분석(Two-way ANOVA)을 시행한 결과 절단연 삭제량은 파절강도에 유의한 영향을 주었으나($p < 0.05$), 측면 경사도는 파절강도에 유의하게 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.($p > 0.05$) 한편 파절강도에 미치는 두 인자의 상호작용의 유의성은 없었다. 따라서 일정한 절단연 삭제량에서 측면경사도는 IPS Empress 도재관의 파절강도에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.(Table II) 한편 Weibull 분석 결과 파절강도의 분포는 큰 차이를 보이지 않았다.(Table I)

Table I. Mean fracture strength and result of Weibull analysis according to the incisal reduction and axial inclination

Axial inclination(°)	Incisal reduction(mm)	Mean	SD	m-value	σ_0
4	2.0	649	100	7.17	690.4
	2.5	675	94	7.75	715.7
	3.0	741	111	7.82	784.0
8	2.0	609	159	3.94	671.9
	2.5	759	105	7.90	883.8
	3.0	805	124	7.13	856.2
12	2.0	559	131	5.17	604.7
	2.5	659	162	4.71	717.0
	3.0	839	143	7.13	892.0

Table II. Analysis of variance of fracture strength affected by axial inclination and incisal reduction

	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean Square	F	P
Taper	2	27632.846	13816.423	.847	.432
Thickness	2	536810.8	268405.4	16.457	.000
Taper × thickness	4	120572.2	30143.049	1.848	.128
Residual	81	1321062			

2. 파절 양상

IPS Empress 도재관의 파절 양상은 절단면 삭제량과 측면 경사도 차이에 관계없이 유사한 형태로 하중이 가해진 설측 절단면의 중앙부위 직하방으로 수직적인 파절이 일어나 협측면이 완전 박리되었다. (Fig. 6) 도재관의 파절은 변연 부위까지 일어났다.

IV. 총괄 및 고찰

도재가 성공적으로 임상에 이용되기 위해서는 몇 가지를 만족시켜야 한다. 우선 구강내에서 발생하는 교합력에 견딜 수 있는 적절한 강도를 가져야 한다.¹⁹⁾

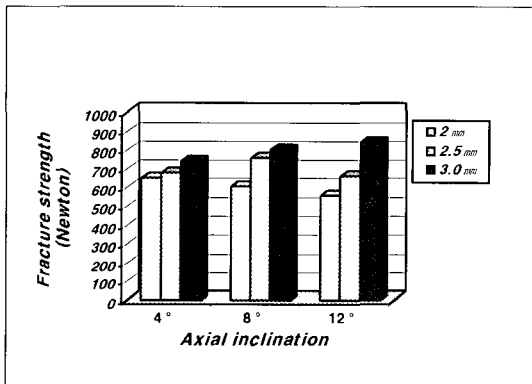


Fig. 5. Fracture strength according to the incisal reduction and axial inclination.

즉, 저작이나 비기능운동시 발생하는 반복된 하중과 음식물에 의한 급속한 열적 변화가 항상 젖어 있는 수복물에 응력을 가하게 되므로 이에 견딜 수 있는 물성이 요구된다. 또한 수복물은 변연 누출이나 2차 우식을 방지할 수 있도록 치질과의 적합성이 좋아야 한다.

도재는 생체적합성, 심미성, 화학물질에 대한 저항성²⁰⁾ 그리고 치태침착의 최소화 등의 특성²¹⁾으로 인해서 오래전부터 사용되어 왔다. 백금박을 사용하는 전통적인 도재전장관이 Land²²⁾에 의해 소개된 이후 우수한 임상결과를 얻기 위해 계속적으로 발전되어 왔지만 파절에 대한 저항성의 부족으로 종종 수복물이 파절되는 단점을 보였다.²³⁾

근래에 개발된 대부분의 도재관은 이러한 치아의 교합력을 견딜 수 있는 충분한 강도를 지녔으며, 심미적이고 제작 과정이 간단한 방법으로 개발되어 임상에서 좋은 결과를 얻고 있다.¹⁹⁾ In-Ceram은 알루미늄으로 형성된 코어에 유리를 침투시켜 결정화하는 유리침투 도재계(glass infiltration ceramic system)로서 강도가 증가되어 전치부위 고정성 국소의 치료 사용이 가능하게 되었다.^{24,25)} Hi-ceram, Optec, Vintage²⁶⁾ 등은 도재를 내화모형상에서 축성하여 소성하는 내화모형계(refractory die system)로 특수한 장비가 필요하지는 않지만 제작과정이 복잡하다. Dicar²⁵⁾, Cerapearl²⁷⁾, Olympus castable ceramics 등은 납형을 매몰하고 소환시키고 유리를 주조하여 제작하는 주조형 유리도재계(castable ceramic sys-

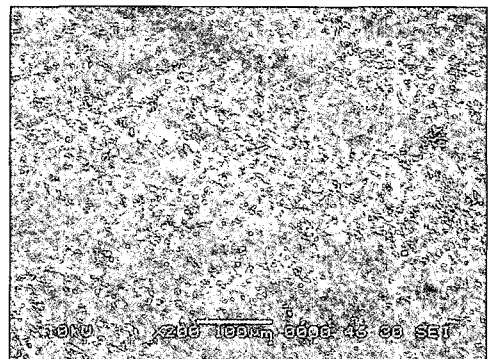
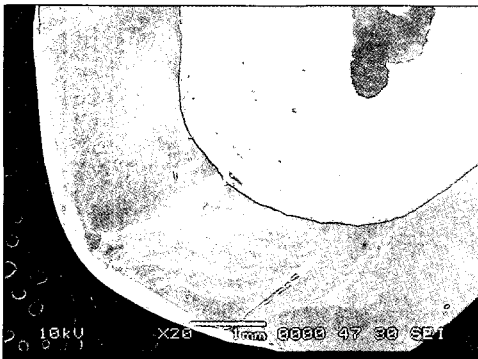


Fig. 6. SEM photograph of the fractured surface of the IPS Empress crown. Fracture initiated from the crown-die interface just below the loading site.

tem)로 비교적 제작방법이 간편하다. IPS-Empress system은 납형을 매몰하고 소환시킨 후 미리 결정화시킨 유리-세라믹을 열가압, 성형하는 시스템으로 약 10년 이상을 성공적으로 사용 하고 있다.

도재의 파절은 도재내부의 기포나 표면의 미세한 균열 등 흠집에서 시작되는 빠르고 연속적인 파절(propagation)에 의한다. 그러나 현실적으로는 이러한 흠집을 완벽하게 제거하기 어렵기 때문에 도재는 일반적으로 낮은 인장강도를 가지게 된다. 이러한 단점을 보강하기 위해 금속기질과 용착시킨다. 또 균열의 확장을 막기 위해 작은 crystal을 도재 구조물 내에 첨가하거나 생성시키는 등 여러 가지 도재 강화기법을 이용한다.

Hi-ceram 등은 고강도 알루미늄이나 유리 속에 분산시켜 도재를 강화시키고 Dicor ceramic은 유리를 주조한 후에 열처리 과정을 통한 결정화로 도재를 강화시키고 In-ceram은 저융점의 유리를 높은 온도에서 소결된 알루미늄이나 코아에 침적시켜 도재를 강화한다.²⁸⁻³⁰⁾

본 연구에서 사용한 IPS Empress는 종래의 금속관 제작방법과 같이 왁스를 소환하여 얻어진 치아 몰드 내로 높은 열로써 도재를 점액성으로 녹인 후 강한 압력으로 압출 성형시키는 열가압 제작법(heat-press technique)을 활용하게 된다.³⁴⁾ 즉, 미리 납형을 원하는 형태로 만들어 이를 매몰하고 예열시킨 뒤, 미리 색상화 되어 있으면서 예열에 의해서 백류석(leucite)이 더욱 강화되는 ingot 형태의 도재를 녹여 EP500 소성로에서 열 가압시킨 후, 적절한 냉각을 거쳐 매몰재를 제거하고 내면과 외형을 다듬어서, 심미성과 형태가 우수한 수복물을 동시에 얻게 되는 간편한 술식이다.

IPS Empress는 도재를 강화시킬 목적으로 백류석이 사용되는데, Dong 등³¹⁾은 IPS Empress 도재는 가열 및 가압 과정에서 굽힘도가 증가되고 staining 과정과 glazing 과정에서 도재의 강도가 추가로 증가된다고 보고하였다. 위의 과정에서 얻어지는 부가적인 강도의 증가는 glass와 crystal의 서로 다른 열팽창 계수에 기인하는 것으로 보인다.³²⁾

또한 이 시스템의 장점은 첫째, 기본재료인 ingot이 자연치와 유사한 투명도를 갖고, 각 개인의 상아질 색상에 맞게 색상화되어 있는 도재코어를 사용하며,

반복 채색작업이 가능하고, 치관 외형의 복제가 가능함으로써 심미성이 매우 우수한 점이고 둘째, 높은 압력으로 응축되므로 내부구조가 치밀해지고 기포가 적어 유리-도재계 보다 높은 굴곡 강도를 갖는다는 점이며 셋째, 미리 부분적으로 결정화된 ingot을 열 가압함으로써 소성으로 인한 수축이 최소화되고, 변연을 왁스로 직접 마무리하는 왁스 소환법을 이용함으로써 변연의 적합성이 우수한 점이다. 또한 기본재료인 ingot과 glazing 재료가 자연치아와 유사한 마모도를 보유하고 있으며^{24,33,34)} 착색법을 활용할 경우, 도재 축성 대신에 전체적인 외형을 갖춘 납형을 만들어 왁스 소환법으로 얻게 된 치아 몰드 내로 용융된 ingot을 주입시켜 적절한 형태의 수복물을 일시에 얻게 되어 제작이 용이하다.

Drummond와 King³⁵⁾은 lithium disilicate가 포함된 도재와 leucite로 강화된 4개의 도재를 비교하였는데 lithium disilicate가 포함된 도재가 훨씬 높은 굴곡 강도와 fracture toughness를 나타냈다고 보고하였다. Chai와 Takahashi³⁶⁾는 4가지 전부 도재관(In-Ceram, CEREC 2, IPS Empress, Procera)의 파절강도를 상악 중절치에서 비교하였는데 거의 비슷한 결과를 보였다고 보고하였다.

Höland와 Schweiger³⁷⁾는 최근에 나온 IPS Empress2와 IPS Empress의 미세구조와 성질을 비교하였는데 IPS Empress2는 유리기질 내에 lithium disilicate 결정이 박혀있어서 결정화 정도가 높아서 IPS Empress보다 기계적 성질들이 향상되었다고 보고하였다. 이와 같은 이유로 해서 IPS Empress2는 3 unit bridge까지 제작이 가능하다고 사료된다.

임상적으로 도재의 강도는 교합력, 적절한 합착재의 선택과 사용, 올바른 치아 형성과 강도가 높은 도재의 선택 등이 중요한 요소로 작용한다.

도재관의 파절강도는 힘이 가해지는 방향에 따라 차이가 있는데 전치부 도재관의 치관 장축에 수직방향으로 하중을 가한 경우 staining 제작법을 통해 제작된 IPS Empress 도재관의 파절강도는 814N, layering 제작법으로 제작된 경우는 750N이었고 In-ceram 도재관은 964N이었으며, 도재관을 경사지게 놓고 힘을 가한 경우는 파절강도가 낮게 나타났다.³⁸⁾ 본 연구에서는 실험 대상 치아가 상악 전치이므로 치아장축이 30° 경사진 상태에서 도재관의 설

축절단면 부위에 하중이 가해지도록 하였다. 도재관 파절의 구조적 원인은 도재관에 생긴 기공에 의한 것으로 밝혀졌는데, 도재관에 생긴 기공과 도재관 파절과의 관계에 대하여 Anusavice와 Hojatie³⁹⁾는 도재관의 기공이 있는 곳이나 결합 부위에 응력이 집중된다고 하였다. Kelly 등⁴⁰⁾은 도재관 파절의 원인에 대하여 내면의 특정 부위에 인장응력이 과도하게 집중되거나 제작과정의 오류로 인하여 도재관 내면에 결합부위가 발생되어 일어나는 것으로 분석하였으며, 따라서 성공적인 도재관의 제작을 위해서는 응력의 집중을 줄이고 결합이 없도록 해야 한다.

합착재의 종류도 도재관의 강도에 영향을 준다. Grossman과 Nelson⁴¹⁾은 도재관과 치아의 접착시 광중합이나 자가중합형 레진 시멘트를 이용하여 도재관 내면을 산 부식시키고 silane 처리를 시행하면 좀 더 높은 강도를 얻을 수 있다고 하였다. 이러한 접착 방법이 강도를 증가시키는 원인은 산 부식과정에서 도재 내면에 생긴 결합부위의 굴곡을 넓게 하여 응력의 분산을 도모하고, silane bonding agent와 레진 시멘트가 결합부위를 감싸는 피막을 형성하여 응력을 줄이고 저작시 내면의 결합부위를 따라 일어나는 도재관의 변형을 감소시키기 때문이다.³⁹⁾ 광중합에 의해 활성화되는 레진 시멘트는 광중합이 되려면 세라믹을 통과해야 하므로 두께가 2mm 이상 되는 수복물을 합착할 때는 적절한 광중합이 이루어지기 힘들기 때문에 자가중합형 레진 시멘트나 dual-cure 시멘트를 사용해야 한다. 레진 시멘트의 또 다른 장점은 징크포스페이트 시멘트나 글래스아이오노머 시멘트등의 시멘트보다 빛의 투과성이 뛰어나 훨씬 심미적이라는 점이다. 본 연구에서는 이러한 점을 감안하여 도재관 내면을 산부식시키고 silane 처리 후 합착재로서 Bistite II 레진 시멘트를 사용하였다.

치아 형성 방법이 도재관의 강도에 영향을 주는 요소로는 교합면과 측면의 삭제량, 측면 경사도, 그리고 변연의 형태 등을 들 수 있겠다. 전부 도재관을 위한 치아 형성법은 각 제품에 따라 차이가 있으나 일반적으로 측면 경사도는 6°에서 8°, 변연 형태는 shoulder나 rounded shoulder를 추천하고 있으며 교합면의 삭제량에 있어서는 Cerapearl crown은 2.0mm, Dicor crown과 Cerestore crown은 1.5mm에서 2.0mm를 추천하고 있으며 IPS Empress는

1.5mm를 추천하였다.^{2,25,42,43)}

김 등¹¹⁾은 상악 제1소구치에서 IPS Empress system을 이용한 도재관의 변연 형태에 따른 파절 강도를 연구하고 변연 형태가 rounded shoulder인 경우 484N로 가장 높고, bevel이 357N, rounded shoulder with bevel이 341N, shoulder with bevel이 300N, shoulder가 280N으로 나타났음을 보고하였다. 절단면 삭제량과 측면경사도에 따른 일련의 연구에서 송 등¹³⁾은 상악중절치에서 절단면 두께 2.5mm, 측면 경사도 8°인 경우가 965N으로 가장 높게 나타났으며, 절단면 두께 2.0mm, 측면 경사도 4°인 경우가 714N으로 가장 낮게 나타났다고 보고하였고, 정 등¹⁷⁾은 하악 견치에서 절단면 두께 3.0mm, 측면 경사도 12°인 경우가 1377N으로 가장 높게 나타났으며, 절단면 두께 2.0mm, 측면 경사도 4°인 경우가 731N으로 가장 낮게 나타났다고 보고하였다.

본 연구에서는 상악견치 교합면 삭제량을 2.0mm, 2.5mm, 3.0mm 그리고 측면 경사도는 각각 4°, 8°, 12° 등 모두 9개의 실험군을 설정하고 IPS Empress 도재관을 제작하여 파절강도를 비교함으로써 IPS Empress 도재관 제작에 있어서 가장 적합한 치아 형성법을 알아보려 하였다.

본 연구의 결과에서 교합면 두께가 3.0mm, 측면경사도 12°인 경우가 839N으로 가장 높게 나타났고 교합면 두께가 2.0mm, 측면경사도 12°인 경우가 559N으로 가장 낮게 나타났다. 절단면 삭제량이 증가함에 따라서 강도가 증가하는 것은 과거의 실험결과와 같이 예상되는 결과이지만 측면 경사도와 파절 강도와의 관계는 측면 경사도가 증가 할수록 파절 강도가 증가하지는 않았다. 즉, 절단면 삭제량이 같은 실험군 간에서는 통계학적으로 측면 경사도에 따른 파절강도의 유의한 차이를 보이지 않았으나 측면 경사도가 같고 절단면 삭제량이 다른 경우에는 파절 강도에 유의한 차이를 보였다. 이와 같은 실험 결과는 강도를 증가시키기 위해서는 측면 경사도를 증가시키는 것보다는 절단면의 삭제량을 증가시키는 쪽이 도움이 된다는 사실을 시사한다고 할 수 있다. 그러나 치아 삭제량이 많아지면 치수에 대한 위해성이 증가하고 유지력이 저하된다. 따라서 성공적인 도재관 제작을 위해서는 해당 치아의 대합치와의 최대 교합력, 사용될 도재의 강도, 치수의 크기 등을 고려

한 적절한 치아 형성이 중요하다고 하겠다. 본 실험의 결과와 일반적인 치아의 정상 평균 교합력⁴⁴⁾과 비교할 때(대구치에서는 565 N, 소구치에서는 288 N, 견치에서는 208 N, 전치에서는 155 N) 모든 실험군에서 500N 이상의 평균 파절 하중을 나타내었다. 그러나 치수에 대한 유해성과 유지력 측면을 고려하여 치질의 삭제가 적고 충분한 유지력을 얻을 수 있는 치아 형성법을 선택해 치아 및 보철물의 수명을 최대한 연장해야 할 것이다. 이러한 관점에서 볼 때, 본 실험의 결과 상악 견치 치아 형성에 있어서 측면 경사도에 상관없이 절단면 두께 2.0mm인 경우에도 임상적용에 별 무리가 없으리라 생각된다.

이상에서 언급한 바와 같이 본 연구는 상악견치를 대상으로 치아 형성 방법이 IPS Empress 도재관의 파절강도에 미치는 영향에 대해 실험한 논문이다. 본 연구는 구강내의 환경과 같은 조건을 만들기 위한 침수실험은 하지 않았고, 금속 시편을 이용하여 전부도재관의 파절강도를 알아보았다. 그러나 실제 구강환경에서는 치아는 타액에 항상 침수된 상태이고, 치질은 금속과 탄성계수가 다르므로 실제 자연 치아에서는 다른 결과가 나올 수 있겠으나, 본 연구의 결과가 IPS Empress 도재관의 임상 활용에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다.

도재관의 임상적사용에 있어 최소의 삭제량으로 충분한 강도를 얻는 것은 매우 중요한 일이다. 앞으로 더 적은 치질 삭제량으로 충분한 강도와 심미성을 나타낼 수 있는 재료의 개발과 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 상악 견치에서 치아 형성방법이 도재관의 강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 IPS Empress system을 이용하여 절단면 삭제량과 측면 경사도를 달리한 도재관을 제작하고 파절강도를 측정하였다. 절단면의 삭제량은 2.0mm, 2.5mm, 3.0mm, 그리고 측면 경사도는 각각 4°, 8°, 12° 등 모두 9개의 실험군을 설정하였다. 금속다이와 IPS Empress 도재관을 제작한 후 레진 시멘트를 이용하여 합착하고 만능시험기상에서 치아 장축이 30° 경사지게 하여 도재관의 설측 절단면 부위에 하중을

가해 파절강도를 측정한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. IPS Empress 도재관의 파절강도는 절단면 삭제량 3.0mm, 측면 경사도 12°인 경우가 839N으로 가장 높게 나타났으며, 절단면 삭제량 2.0mm, 측면 경사도 12°인 경우가 559N으로 가장 낮게 나타났다.
2. 절단면 삭제량은 파절강도에 유의한 영향을 주었으나, ($p < 0.05$) 측면 경사도는 파절강도에 영향을 주지 않았다. ($p > 0.05$)
3. IPS Empress 도재관의 파절 양상은 절단면 삭제량이나 측면 경사도에 상관없이 하중이 가해진 절단면 중앙부위에서 치아 장축으로 수직적인 파절상을 보였다.

참고문헌

1. Southan DE, Jörgensen KD. Faulty porcelain jacket crowns. Aust Dent J 1973;18:152-156.
2. Beham G. IPS-Empress. A new ceramic technology. Ivoclar-Vivadent report 1990; 6:1-13.
3. Pröbster L, Diehl J. Slip-casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. Quintessence Int 1992;23(1):25-31.
4. Sadoun M. All ceramic bridges with the slip casting technique. Presented at the 7th International Symposium on Ceramics, Paris, September, 1988.
5. Pröbster L. Survival rate of In-Ceram restorations. Int J Prosthodont 1993;6:259-263.
6. Pröbster L. Four year clinical study of glass-infiltrated, sintered alumina crowns. J Oral Rehabil 1996;23(3):147-151.
7. Studer S, Lehner C, Brodbeck U, Schörer P. Short-term results of IPS-Empress inlays and onlays. J Prosthodont 1996; 5(4):277-287
8. Oh SC, Choi DG, Woo YH, Choi BB. A

- study on the flexure strength and microstructure of IPS Empress ceramics according to the sprue types. *Kyunghee Dent J* 1997;19:391-418.
9. Mutobe Y, Maruyama T, Kataoka S. In harmony with nature. Esthetic restoration of a nonvital tooth with IPS-Empress all-ceramic material. *QDT* 1997;83-85.
 10. Friedlander LD, Munoz CA, Goodacre CJ, Doyle MG, Moore BK. The effect of tooth preparation design on the breaking strength of Dicor crowns. *Int J Prosthodont* 1993;3:159-168.
 11. Kim HS, Ju TH, Oh SC, Dong JK. A study on the fracture strength of the IPS Empress ceramic crown according to margin type. *J Korean Acad Prosthodont* 1997;35:296-307.
 12. Choi TR, Lee HH, Dong JK. Fracture Strength of the IPS Empress Crown : The effect of occlusal depth and axial inclination on upper first molar. *J Korean Acad Prosthodont* 2001;39:171-183.
 13. Song BK, Lee HH, Dong JK. Fracture Strength of the IPS Empress Crown : The effect of occlusal depth and axial inclination on upper central incisor. *J Korean Acad Stomato Function and Occlusion* 2000;16:237-244.
 14. Kim HJ, Lee HH, Nam YS, Dong JK. Fracture Strength of the IPS Empress Crown : The effect of occlusal depth and axial inclination on lower second premolar. *J Korean Acad Prosthodont* 2002;40:441-450.
 15. Kim SH, Lee JH, Kim YL, Dong JK. Fracture Strength of the IPS Empress Crown : The effect of occlusal depth and axial inclination on lower first molar. *J Korean Acad Prosthodont* 2003;41:48-59.
 16. Nam YS, Dong JK. Fracture Strength of the IPS Empress Crown : The effect of incisal reduction and axial inclination on lower central incisor. *J Korean Acad Stomato Function and Occlusion* 2003;19:207-217.
 17. Jung YC, Shin DK, Park EJ, Kim MJ, Dong JK. Fracture Strength of the IPS Empress Crown. The effect of incisal reduction depth and axial inclination on lower canine. *J Korean Acad Stomato Function and Occlusion* 2004;20:20-29.
 18. Dong JK, Oh SC, Kim SD. Fracture Strength of the IPS Empress Crown : The effect of occlusal depth and axial inclination on upper first premolar crowns. *J Korean Acad Prosthodont* 1999;37:127-133.
 19. Pröbster L. Compressive strength of two modern all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont*. 1992;5:409-414.
 20. Anusavice KJ. Degradability of dental ceramics. *Adv Dent Res* 1992;6:82-89.
 21. Chan C, Weber H. Plaque retention on teeth restored with full-ceramic crowns : a comparative study. *J Prosthet Dent* 1986;56:666-671.
 22. Land CH. A new system of restoring badly decayed teeth by means of an enamelled metallic coating. *Independent Practitioner*, 1886;7:407-408.
 23. Southan DE, Jörgensen KD. An explanation for the occurrence of internal faults in porcelain jacket crowns. *Aust Dent J*. 1973 Jun;18(3):152-156.
 24. Sorensen JA, Fanuscu MI, Choi C, Mifo W. Status of clinical trial on Empress crown. *J Dent Res* 1995;74:159-162.
 25. Dicor laboratory manual. Densply international,. York., Pa, 1987.
 26. Vintage manual. Shofu Co. Tokyo, Japan.

27. Hobo S, Iwata T. Castable apatite: a new biocompatible material for prostheses. I: Theoretical views. *Quintessenz*. 1986; 37(11):1865-1875.
28. Claus H. Hi-Ceram methods. Metal-free crowns on a ceramic framework. *Dent Labor* 1987;35(4):479-482.
29. Optec Hsp laboratory technique manual. Jeneric / Pentro Inc Wallingford CN January 1988.
30. Schwickerath H. Die In-Ceram Aluminiumoxid-Keramiken Innovativer dentalke-lamischer Werkstoff. *Dent Labor* 1989; 37:1597-1599
31. Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Scharer P. Heat-pressed ceramics: Technology and strength. *Int J Prosthodont*. 1992;5:9-16.
32. Machert JR, Russel C. Leucite crystallization of a heat-pressed dental ceramic. *Int J Prosthodont* 1996;9:261-265.
33. Krejci I, Krejci D, Lutz F. Clinical evaluation of a new pressed glass ceramic inlay material over 1.5 years. *Quintessence Int* 1992;23:181-186.
34. Tidehag P, Gunne J. A 2-year clinical follow-up study of IPS Empress ceramic inlay. *Int J Prosthodont* 1995;8:456-460.
35. Drummond JL, King TJ. Mechanical property evaluation of pressable restorative ceramics. *Dental Materials* 2000; 16:226-233.
36. Chai J, Takahashi Y. Probability of fracture of all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 2000;13:420-424.
37. Höland W, Schweiger S. A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. *J Biomed Mater Res* 2000;53 (4):297-303.
38. Schwickerath H. Was der Zahntechniker beachten sollte Herstellung von vollkeramischem Zahnersatz. *Dent Labor* 1992; 40:1501-1506
39. Anusavice KJ, Hojatie B. Tensile stress in glass-ceramic crowns : Effect of flaws and cement voids. *Int J Prosthodont* 1992; 5:351-354.
40. Kelly JR, Giordano R, Prober R, Gima MJ. Fracture surface analysis of dental ceramics: Clinically failed restorations. *Int J Prosthodont* 1990;3: 430-434.
41. Grossman DG, Nelson JW. The bonded Dicor crown. [abstract] No. 800 *J Dent Res* 1987;66:206.
42. Hobo S, Iwata T. Castable apatite ceramics as a new biocompatible restorative material. 1. Theoretical considerations. *Quintessence Int* 1985;16:135-141.
43. Sozio RB, Riley EJ. Shrink free ceramic. *Dent Clin North Am* 1985;29:705-717.
44. Craig RG. *Restorative dental materials*, pp65, St Louis, CV Mosby, 1989.

Reprint request to:

Jin-Keun Dong, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
 Dept. of Prosthodontics, School of Dentistry, Wonkwang University
 344-2, Shinyong-dong, Iksan, Jeonbuk, 570-749, South Korea
 dong@wonkwang.ac.kr

ABSTRACT

FRACTURE STRENGTH OF THE IPS EMPRESS CROWN : THE EFFECTS OF INCISAL REDUCTION AND AXIAL INCLINATION ON UPPER CANINE

Dong-Kuk Shin, D.D.S., M.S.D., Han-Joong Kang, D.D.S., M.S.D., Yong-Suck Park, D.D.S., M.S.D.,
Kwang-Soo Park, D.D.S., M.S.D., Jin-Keun Dong, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Dept. of Prosthodontics, School of Dentistry, Wonkwang University

Purpose. The purpose of this study was to compare the fracture strength of the IPS Empress ceramic crown according to the incisal reduction (2.0mm, 2.5mm, 3.0mm) and axial inclination (4° , 8° , 12°) of the upper canine.

Material and methods. After 10 metal dies were made for each group, the IPS Empress ceramic crowns were fabricated and each crown was cemented on each metal die with resin cement. The cemented crowns mounted on the testing jig were inclined 30 degrees and the universal testing machine was used to measure the fracture strength.

Results.

1. The fracture strength of the ceramic crown with 3.0mm depth and 12° inclination was the highest (839N). Crowns of 2.0mm depth and 12° inclination had the lowest strength (559N).
2. There was no significant difference in the fracture strength by axial inclination in the same incisal reduction group.
3. The fracture mode of the crowns was similar. Most of fracture lines began at the loading area and extended through proximal surface perpendicular to the margin irrespective of incisal reduction.

Key words : Fracture Strength, IPS Empress Crown, Incisal Reduction, Axial Inclination, Upper Canine