



2013년 2월 석사학위논문

서로 다른 연마 기구가 치과용 지르코니아 물성에 미치는 영향

조선대학교 대학원

え	의 학	과
0]	경	록

록

2013년 2월

석사학위논문

서로 다른 연마 기구가 치과용 지르코니아 물성에 미치는 영향

0]

경

서로 다른 연마 기구가 치과용 지르코니아 물성에 미치는 영향

Effects of Different Grinding Instruments on the Physical Properties of Zirconia

2013년 2월 25일

조선대학교 대학원

치의학과

이 경 록

서로 다른 연마 기구가 치과용 지르코니아 물성에 미치는 영향

지도교수 손미경

이 논문을 치의학 석사학위신청 논문으로 제출함

2012년 10월

조선대학교 대학원

치의학과

이 경 록

이경록의 석사학위 논문을 인준함

- 위원장 조선대학교 교수 최한철 (인)
- 위 원 조선대학교 교수 정재헌 (인)
- 위 원 조선대학교 교수 손 미 경 (인)

2012년 11월

조선대학교 대학원

讣

영둔	- 초록	iv
Ι.	서 론	1
Π.	연구 재료 및 방법	3
Ш.	연구성적	7
IV.	총괄 및 고찰	12
V .	결 론	15
참고	1문헌	16

표 목 차

Table 1. Relative amount of monoclinic zirconia(%) and TZD in $$\mu m$, $H(\Delta)$ for groups} ~~7$
Table 2. Mann-whiteny test with bonferroni correction-Xm &TZD
Table 3. Mann-whiteny test with bonferroni correction- $H(\Delta)$
Table 4. The mean roughness values (μ m) for groups
Table 5. Statistical analysis by Turkey HSD of roughness
Table 6. The mean biaxial flexural strength values for groups
Table 7. Statistical analysis by Turkey HSD of biaxial flexural strength

도목차

Fig.	1.	Grinding instruments used in this study 3
Fig.	2.	Biaxial flexural strength : ISO standard 6872 for dental ceramic 5
Fig.	3.	XRD peals of (111)t profile variation for groups 8
Fig.	4.	FE-SEM images of the specimen surface(x 15000) 10
Fig.	5.	FE-SEM image of the fracture surface(x 500) in Group A specimen

ABSTRACT

Effects of Different Grinding Instruments on the Physical Properties of Zirconia

Lee Kyung Rok D.D.S. Advisor : Prof. Son, Mee-Kyoung D.D.S., M.S.D., Ph.D. Department of Dentistry Graduate School of Chosun University

Purpose: Grinding and trimming with less stress on zirconia through proper selection of methods and instruments can lead to a long-term success of prosthesis. The purpose of this study is to compare and evaluate the prismal phase change and physical properties after zirconia surface grinding with 3 different grinding instruments.

Methods: Fourty specimens of Yttrium oxide-stabilized zirconium oxide(Prettau, Zirkonzahn, Italy) of a disc shape were fabricated. They had 14mm in diameter and 1.4mm in thickness. Each of these specimens was divided into 4 groups(n=10). Supremax ceramic stone(NTI, Kahla, Germany) was used in group A, Dura-dia Green stone(Shofu Inc, Kyoto, Japan) in group B, Dura green stone (Shofu Inc, Kyoto, Japan) in group C. The remaning 10 specimens were not grinded and used as a control group.

XRD analysis, surface roughness test, FE-SEM imaging, and biaxial flexural strength test were performed.

Results: In the result of XRD analysis, an phase change occurred in all experimental groups compared to that in the control group. Group A and B showed statistically significant increasing pattern of phase changes, followed by group C and the control group. In surface roughness test and FE-SEM images, group A and B had more increase in roughness compared to group C and the control group.

In the biaxial flexural strength test, all experimental groups showed lower average strength than control group. Especially, group C showed statistically significant decrease in strength compared to other groups.

Conclusions: After grinding of TZP, the amount of phase change from tetragonal to monoclinic and roughness increased in Group A and B compared to those in Group C and the control group.

Results of the flexural strength test in all specimens were over 500MPa, and those were clinically acceptable. However, flexural strength of group C was lower than those of other groups.

The adjustment amount needs to be minimized by exact occlusal bite taking and prosthodontics fabrication because surface grinding such as occlusal adjustment may decrease the strength and reliability of prosthodontics.

Keyworlds: 3Y-TZP, Phase transformation, XRD, Roughness, Biaxial flexural strength

I.서 론

지르코니아는 우수한 기계적 물성과 더불어 생체친화성 재료로 치과분야에서 임플란트 구조물, 크라운/ 브릿지, 교정용 재료등 광범위하게 응용, 사용되고 있 다.^{1,2)}

Garvie 등³⁾이 1975년 Nature지에 'Ceramic steel?' 이라는 논문을 발표 한 이후 지르코니아 물성 연구는 활발하게 이루어져 왔다.

지르코니아는 일반적으로 단사정(Monoclonal phase), 정방정(Tetragonal phase), 입방정(Cubic phase)과 같은 세 가지 동질이상을 가지며 그 외에 고 압 하에서는 사방정(Prismatic phase), 절삭 시에는 능면정상(Rhombohedral phase)이 나타날 수 있다고 알려져 있다.^{3.4)}

순수한 지르코니아는 상온에서 단사정상으로 존재하지만 온도 상승에 따라 정 방정으로 상변이가 발생하며 1170°C 이상 온도에서는 정방정상으로 안정하게 유지된다.⁵⁾

지르코니아는 고온 소결 후 실온으로 냉각시키는 과정에서 정방정상의 지르코 니아가 단사정상으로 상변이가 발생하고 이때 3~5%의 체적증가가 발생한다. 이때 발생된 응력이 탄성 및 파절한계를 넘어서면서 지르코니아 내에 균열 (Crack)이 초래된다.¹⁾ 따라서 MgO, CaO, 또는 T₂O₃와 같은 금속산화물을 첨가하여 단사정으로의 전이 온도를 실온 이하로 낮추어 상온에서도 정방정상으 로 준안정화 되도록 한다.¹⁾이를 TZP(Tetragonal zirconia polycrystals)라 부르며 3%정도의 Y₂O₃를 첨가한 3Y-TZP가 최근 많이 사용되고 있다.

TZP가 강한 인성과 강도를 갖는 이유는 하중이 발생했을 경우에 단사정에서 정방정으로 상변이에 의한 응력유기상 변태 현상(Transformation toughening) 때문이다. 이때 상변이는 균열선단이 가지고 있는 파괴에너지를 흡수하여 균열의 진행을 막을 뿐 아니라 상변이에 따른 부피팽창이 정방정상에 의해 억제됨으로써 균열선단에 압축응력이 가해지게 되면서 인성이 증가하게 되는 것이다.^{1.5,6)}

하지만 이러한 TZP의 장점에도 불구하고 과도한 상변이 및 그에 따른 체적 증가는 균열을 초래하고 그 결과 굴곡강도의 저하를 야기한다. TZP의 이러한 상변이에는 정방정상의 준안정성, 연마 시 발생하는 열, 연마 강도 등 여러 인자 들이 복합적으로 작용한다.7~9)

많은 연구에서 지르코니아 표면에 삭제나 연마를 시행할 경우 결함 및 응력층 이 형성되며, 심한 응력이 가해질 경우 결함의 크기는 증가하게 되고 응력층은 심부까지 침투하게 되어 굴곡강도의 감소를 야기한다고 보고하고 있다.^{2.5)}

지르코니아 보철물은 기공과정 또는 임상과정에서 보철물의 적합성 개선이나 교합조정 등을 위해 조정이 필요하다.

기존 세라믹 또는 콤포짓의 삭제 및 연마에는 silicone green stone이 많이 사용되고 있는 반면, 지르코니아 연마에는 지르코니아 전용 연마 기구 및 재료의 사용이 추천된다. 이들은 기존 silicone stone에 diamond grit를 식립하거나 silicone이 아닌 ceramic과 같은 재료로 제작되어 있어 더 나은 절삭력과 적은 열 발생을 도모한다. 이와 같이, 지르코니아 삭제 효율을 증가 시키고 응력 발생을 줄이고자 지르코니아 전용 연마 기구가 개발되고 사용이 추천되고 있지만 실제 전용 연마 기구의 사용에 의한 지르코니아의 물성 변화에 대한 연구는 미흡하다.

따라서, 본 연구의 목적은 세 가지 다른 연마 기구를 이용하여 연마를 시행했 을 때 지르코니아의 상변이 정도, 표면의 거칠기 변화, 굴곡강도를 비교, 평가하 고자 한다.

Ⅱ. 연구 재료 및 방법

1. 지르코니아 시편 제작

3Y-TZP 지르코니아 블록(Prettau, Zirkonzahn, Italy)을 이용하여 총 40개의 디스크 모양(14mm 직경, 1.4mm 두께)의 시편을 제작하였다.

각 시편을 임의로 10개씩 나누었으며 연마기구의 재료에 따라 4개의 그룹 (A,B,C 및 대조군)으로 분류하였다.

각 실험군의 연마는 Micromotor(NSK ultimate 500, Japan)를 이용하 여 시행하였으며 회전속도는 20,000 RPM으로 고정하였다. 각 절삭기구는 Cylinder shape type을 선택하였으며 1.4 mm 두께의 시편을 0.15 mm ±0.03 mm내에서 균일하게 삭제 하였다. 1.30±0.02g의 시편 중량을 0.18g± 0.01g 정도 삭제함으로써 균일한 절삭량이 되도록 하였다.

Group A는 Supremax ceramic stone(NTI, Kahla, Germany), group B는 Dura-dia Green stone(Shofu Inc, Kyoto, Japan), group C는 Dura green stone(Shofu Inc, Kyoto, Japan)을 사용하였으며(Fig. 1) 연마를 시행하지 않은 그룹을 대조군으로 설정하였다.



Fig. 1. Grinding instruments used in this study

2. XRD analysis

3개의 실험군과 대조군의 결정학적 상변이를 관찰하기 위해 X-ray diffractometer(X'pert powder, PANalytical, Almelo, Netherlands)를 사용 하였다.

조사 조건: Cu Ka radiation, 40kV, 30mA, 0.03°/step, 27~65 θ range

표면처리 후 상대적 단사정상 변이량(X_m)의 계산에 Garvie and Nicholson¹⁰⁾ 의 방법이 사용되었다. 이는 정방정에서 단사정으로 상변이된 양을 평가하는 방 법중 가장 일반적으로 사용되는 방법으로 다음과 같이 변이량을 산출하였다.

: X_m= (I_{-(111)m}+I_{(111)m}) / (I_{-(111)m}+I_{(111)m}+I_{(111)t}) (I: 해당 2θ에서 강도, (111)t: 정방정 peak, -(111)m&(111)m: 단사정 주요 peak)

상변이가 발생한 표면의 깊이(transformed zone depth:TZD)는 Kosmac 등¹¹⁾이 제시한 방법을 사용하여 계산하였다.

: TZD(μm) = sinθ/2μ ln(1/1-X_m) (θ = 반사각 15°, μ=침투깊이인 0.0642)

정방정상에서의 상변이 증가에 따라 (111)t peak의 비대칭성 및 퍼짐의 정도가 증가하는데 이를 정량화 하기 위해 H(△)를 계산, 평가하였다.⁶⁾

: $H(\Delta) =$ Full peak width at half maximum

3. 표면 거칠기 분석

Surfcorder SE1700 Rugosimeter(Kosaka Laboratory Ltd, Kosaka, Japan)가 거칠기 분석을 위해 사용되었으며 각 group당 10회의 검사가 시행 되었다.

실험 조건은 직경 5µm의 tip을 이용해 이동속도 0.5mm/s, 이동 거리 4mm 가 되도록 설정하였다.

4. 미세 구조 관찰

표면 미세구조 관찰을 위해 FE-SEM(Hitach S4700, japan)을 사용하였 다. 연마 후 표면 양상 및 파절면을 각각 x 500, x 5000배율로 관찰하였다.

5. 2축 굴곡강도 실험(Biaxial flexural strength)

Piston과 3개의 볼의 지지를 통한 2축 굴곡강도 실험을 통해 시편의 강도를 측정 하였으며 ISO standard 6872 for dental ceramic¹²⁾규격에 따라 시행 하였다.

직경 3.4mm의 3개의 볼을 120°도의 각도를 이루며 정삼각형으로 직경 10mm 의 지지 원에 배치하고 Universal testing machine (DSC-500, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)을 이용하여 1.4mm의 편평한 원형 단면을 가진 압인 체로 500g의 하중을 가하였으며 crosshead speed는 0.5mm/min로 설정하 였다(Fig. 2). 하중 분산을 위해 0.05mm 두께의 plastic sheet를 개재하였다.

최대 파절 강도(N)를 기록하였고 Poisson's ratio(0.25)을 사용하여 굴곡강도 (S)를 계산하였다.¹²⁾

$$\begin{split} \mathrm{S} &= - \ 0.2387 \mathrm{P}(\mathrm{X-Y}) \ / \ \mathrm{d}^2 \\ \mathrm{X} \colon \ (1 \ + \ v) \ \ln(\mathrm{r}_2 \ / \mathrm{r}_3)^{-2} \ + \ [(1-\ v)/\ 2] \ (\mathrm{r}_2 \ / \mathrm{r}_3) \\ \mathrm{Y} \colon \ (1 \ + \ v) \ [1 \ + \ \ln(\mathrm{r}_1 \ / \mathrm{r}_3)^{-2} \] \ + \ (1-\ v) \ (\mathrm{r}_1 \ / \mathrm{r}_3)^{-2} \end{split}$$

(S: Maximum tensile stress in MPa, P: Total load causing fracture in N *v*: Poisson's ratio, r₁: 지지원의 직경, r₂: 하중이 가해지는 영역의 직경, r₃: 시편 직경, d: 파절 기시 지점의 시편 두께)



Fig. 2. Biaxial Flexural Strength: ISO Standard 6872 for Dental Ceramic

6. 통계분석

상변이량 분석은 Kruskal wallis test를 사용하였으며 그룹별 통계분석을 위해 Mann-whitney test를 Boneferroni correction하에서 시행하였다.

거칠기 및 굴곡강도의 평가는 one way ANOVA로 분석 후 Turkey's test 로 사후검증 하였다. 통계적 유의수준은 0.05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. XRD analysis

대조군은 100% 정방정상으로 이루어 진 것으로 나타났으며 표면 연마 후 3개 의 실험군 모두에서 단사정상의 증가가 나타났다. 실험군에서 눈에 띄는 -(111)m의 peak 생성을 관찰할 수 있었다.

단사정상의 상대적 비율(X_m) 및 TZD는 대조군(group C(group A(group B 순으로 나타났으며(Table 1.) 4개의 실험군 모두 통계적 유의성 있는 차이를 보였다 (Table 2.).

11		5495				
	Relative amounts of monoclinic phase in % (X _m)		TZD	in µm	H(Δ)
	mean	sd	mean	sd	mean	sd
Group A	4.8%	0.4%	0.099	0.008	0.477	0.036
Group B	5.7%	0.7%	0.118	0.015	0.507	0.102
Group C	3.3%	0.6%	0.067	0.012	0.393	0.056
대조군	_	_	_	-	0.18	0.019

Table 1. Relative amount of monoclinic zirconia(%) and TZD in $\mu m,$ $H(\Delta)$ for groups

Table 2. Mann-whiteny test with bonferroni correction- Xm & TZD

	Group A	Group B	Group C	대조군
Group A		0.008*	0.000*	0.002*
Group B			0.002*	0.002*
Group C				0.002*
대조군				

^{*}Correlation is significant at the 0.0083 level (bonferroni correction)

	Group A	Group B	Group C	대조군
Group A		0.191	0.002*	0.002*
Group B			0.002*	0.002*
Group C				0.002*
대조군				

Table 3. Mann-whitney test with bonferroni correction- $H(\Delta)$

*Correlation is significant at the 0.0083 level (bonferroni correction)

순수한 결정상을 가질수록 해당 peak의 profile이 좁고 높게 나타나며, 상변 이가 발생함에 따라 profile의 퍼짐 및 비대칭성을 나타내는 성질을 이용하여 H(Δ)를 산출, 평가하였다(Fig. 3).

정방정상 (111)t peak에서 H(△)는 대조군〈group C〈group A〈group B 순서로 나타났다(Table 1.). Group A와 B간의 유의적 차이는 발견되지 않았 으나 나머지 실험군간 통계적 유의성 있는 차이를 보였다(Table 3.).



Fig. 3. (111)t peak profile variation for groups

2. 표면 거칠기 분석

연마 처리 후 거칠기를 평가한 결과, 대조군과 group C 사이에는 유의적 차 이가 없었지만 group A,B/대조군,group C 간에는 통계학적 유의성 있는 차이 가 나타났다(Table 4,5.).

Table 4. The mean roughness values for $groups(\mu m)$

	Mean	Std.
Group A	1.967	.414
Group B	1.735	.246
Group C	1.098	.172
대조군	.877	.189

Table 5. Statistical analysis by Turkey HSD of roughness

Group	NT	Subset for alpha = 0.05		
	IN	1	2	
대조군	10	.877		
Group C	10	1.098		
Group B	10		1.735	
Group A	10		1.967	
Sig.		.418	.376	

3. 미세 구조 관찰

대조군의 표면 형태는 소결 상태 그대로 결정구조를 보인다. Group A는 기 구에 의한 표면의 소착가공형태를 보였으며 기계적으로 가공된 거친 양상을 보인 다. Group B는 기계적으로 발생한 스크래치 양상을 보이며 이는 식립된 diamond grit에 의한 것으로 생각된다. Group C는 평활한 표면 양상을 보이 고 있다(Fig. 4).

Group A 시편 파절면의 FE-SEM 촬영 결과 파절 기시부위에 존재하는 균 열선을 관찰 할 수 있다(Fig. 5).







Fig. 5. FE-SEM image of the fracture surface(x 500) in group A specimen (arrow points indicate crack line)

4. 2축 굴곡강도 실험(Biaxial flexural strength)

3개의 실험군 모두 대조군에 비해 저하된 평균 굴곡강도 양상을 보였다. Group C는 group A 및 대조군에 비해 저하된 굴곡강도를 보였다.

다른 실험군간 통계적으로 유의성 있는 차이는 보이지 않았다(Tables 6 and 7.).

Table 6. The mean biaxial flexural strength values for groups

		Mean	Std.	Min.	Max.
	Group A	873.77	65.69	766.33	942.54
굴곡강도	Group B	803.36	124.13	676.90	1002.62
(Mpa)	Group C	723.25	134.25	574.88	944.57
	대조군	908.18	74.69	758.03	1029.06

Table 7. Statistical analysis by Turkey HSD of biaxial flexural strength

Group	N	Subset for a	lpha = 0.05
	IN	1	2
Group C	10	723.25	
Group B	10	803.36	803.36
Group A	10		873.77
대조군	10		908.18
Sig.		.428	.207

Ⅳ. 총괄 및 고찰

Y-TZP 지르코니아는 일반적인 보철물의 제작 및 조정 과정중의 절삭 및 연마 에 의해 상변이, 응력, 결함, 변형이 야기될 수 있다.^{5,7)} 응력 및 온도상승에 의 해 발생하는 상변이 양이 과도할 경우 표면 거칠기의 증가 및 microcraters, grain pull out의 발생으로 지르코니아 보철물의 강도 및 신뢰도에 악영향을 미칠 수 있다.¹³⁾ 연마에 의한 지르코니아 상변이는 주로 준안정화된 정방정상이 단사정으로 변이하는 것으로 알려져 있으며 일반적으로 Y-TZP의 물성 저하는 대부분 이러한 상변이의 결과에 기인한다.^{1.5)}

본 연구에서 지르코니아 상변이의 분석 및 평가를 위해 XRD analysis를 사용하였다. 이는 시편에 X-ray를 조사한 후 굴절되는 각을 측정, 결정구조를 파악하는 방법이다. 절대적 결정구조 판단은 어렵지만 기존 데이터를 바탕으로 상대적 결정구를 판단하기 용이한 방법으로 상변이 관찰에 일반적으로 사용한다. 지르코니아 XRD 분석에서는 주로 28~32θ 부근에서 대표적 정방정상 peak 및 단사정상 peak를 이용하여 상변이 양상을 관찰한다.

지르코니아 상변이에 대한 일부 연구에서는 절삭 후 단사정상 peak의 부재를 보고하면서 단사정상 보다는 능면정상으로의 상변이가 관찰된다고 보고하기도 하 였지만⁶⁾ 본 연구에서는 대조군에서 100% 정방정상의 분포를 보였으며 실험군 에서는 단사정상 피크가 명확하고 재현성 있게 발견되어 단사정상으로의 변이를 확인할 수 있었다.

또한, 단사정상의 상대적 비율(X_m) 및 상변이층의 깊이(TZD)는 group B에 서 가장 크며 group A〉 group C〉 대조군 순으로 통계적 유의성 있는 차이를 보였다(P〈0.0083). 정방정상에서의 peak 퍼짐 정도(H(Δ))는 group A, group B간 차이가 없게 나타났으나(P〉0.0083) 나머지 그룹간 통계적 유의성 있는 차이를 보였고 수치가 group A,group B〉 group C〉 대조군 순으로 위 의 단사정상 변이량과 유사한 양상을 보였다(P〈0.0083).

일반적으로 상변이에 기여할 수 있는 인자로는 연마시 발생하는 열, 응력등을 생각할 수 있으며 발생하는 응력은 연마기구의 종류, grit size, motor speed, 연마시 적용되는 힘 등에 영향을 받는다.²⁾ 즉, 복합적인 변수들이 상변 화에 영향을 미칠 수 있다.

본 연구에서 group A,B는 제조사에서 추천하는 지르코니아 전용 연마 기구 를 사용하였으며 제조사는 연마 효율의 증대 및 열발생의 감소를 지르코니아 전 용 기구의 장점으로 보고하고 있다. Group C는 높은 열의 발생 및 낮은 연마 효율로 인해 많은 연마 시간을 가했음에도 불구하고 적은 상변이량을 보였다. 이 는 100~400°C 정도의 온도에서 단사정상으로의 상변이가 증가한다는 이전의 연구들과 다른 결과를 보인다.⁷⁾

하지만 Swain 등¹⁶⁾은 Ce-TZP에서 심하게 연마를 시행한 시편에 비해 손으 로 연마를 시행한 시편에서 5배 정도의 단사정상 비율이 나타난다 하였으며, 다 른 연구에서도 과도한 연마를 시행한 그룹에서 단사정상의 감소를 보고한 바 있 다.^{17,18)} 또 Kosmac 등⁸⁾은 350°C 이상으로의 온도 상승시 단사정상의 급격한 감소가 발생한다고 보고하였다. 따라서 온도 상승에 따른 상변이량의 정도는 아 직까지도 논쟁이 있지만 과도한 연마에 의해 국소적으로 상승한 온도 및 spark 의 발생이 고온에서 좀 더 안정된 상태인 정방정상으로의 역변이를 야기한다고 생각할 수 있다.⁷⁾

연마, 절삭 등의 표면 처리 후 거칠기는 일반적으로 증가한다.¹⁴⁾ 본 연구에서 도 group A,B에서 group C, 대조군에 비해 유의적 차이 있는 거칠기 증가 양 상이 보였다(P(0.01). 하지만 group C는 대조군과 유의성 있는 차이를 보이지 않았다(P)0.05). 일부 연구에서 작은 grit size를 가진 연마 기구 또는 sandblast로 표면 처리시 거칠기의 변화가 없거나 오히려 감소되는 양상을 보 이는데 이는 milling trace의 제거 등의 요인에 의해 야기될 수 있다고 하였 다.⁵⁾ Group C는 fine sillcone으로 구성된 grit의 특성으로 인해 오랜시간 연 마가 필요한 반면 평활한 면을 형성하는 것으로 생각할 수 있다.

미세구조 관찰을 위한 전자현미경(FE-SEM)촬영 결과 대조군에서 균일한 결 정상들이 관찰되며 실험군에서는 연마기구의 흔적 및 잔유물들이 나타나는 양상 을 보였다. Group C는 보다 평활한 연마면 양상을 보였다. 파절면의 관찰 결과 일부 시편에서 파절이 표면의 결함과 연결된 균열선(crack)에서 기시되는 것을 볼 수 있었다.

지르코니아 표면의 연마가 굴곡강도의 저하를 야기할 수 있다는 것은 이전의

여러 연구에서 알려져 왔다.^{7,8)} 단사정상으로의 과도한 상변이에 의한 체적증가, 응력층의 형성 등에 의한 균열 형성, 표면 결함의 생성 등에 의해 TZP의 강도 저하가 발생 할 수 있다. 세라믹 재료의 굴곡 강도는 치명적 결함의 위치 및 양 상, 균열이 파절기시부에 포함 되었는지 여부에 따라 그 변이량이 크게 발생할 수 있다.

Albakry 등¹⁹⁾은 깨지기 쉬운 세라믹 재료의 굴곡강도 실험의 경우 실험값의 비대칭성, 비개연성을 보이기 쉽다고 하였고 Kosmac등⁷⁾은 균열 기시부의 결함 크기가 강도에 큰 영향을 미친다고 하였다. 2축 굽힘 강도 실험은 이러한 재료의 강도 시험에 유용하며 응력이 중앙에 집중되어 변연부 파절을 방지할 수 있다.⁵⁾

이 실험에서 표면 연마를 시행한 세 개의 실험 군 모두 대조군에 비해 저하된 평균 굴곡 강도를 보였다. Group C에서 가장 낮은 평균 굴곡 강도 및 넓은 굴 곡 강도 분포를 보였으며 group A 및 대조군에 비해 낮은 굴곡강도 양상을 보 였다(P(0.05). 하지만 다른 그룹간 통계적 유의성 있는 차이는 발견되지 않았다 (P)0.05). 본 실험의 결과를 보면 group C에서 지르코니아의 강도 및 신뢰성 감소 가능성이 존재한다. Group C는 시편 처리시 낮은 절삭력으로 1.5~2배 정도의 연마 시간이 소요되었는데 장시간의 응력노출은 균열 형성 인자를 증가시 켰을 가능성이 있다. 비록 group A,B에서 group C에 비해 많은 상변이 양상 이 관찰되었으나 상변이 양이나 그룹간 차이가 크지 않아 강도에 절대적 영향을 미쳤을 것으라 생각하기 어렵다. 이는 연마가 정방정상에서 단사정상으로 상전이 에 많은 영향을 미치지 못한다는 이전의 연구 결과들과 일치한다.^{5,8)} Group A,B의 연마 기구 사용은 절삭력이 향상 되었으나 표면의 거칠기를 증가시키며 치명적 결함을 형성하여 굴곡강도 저하를 야기할 수 있다.

적당량의 상변이는 TZP의 변태 강화 기전에 의해 강도의 저하를 방지하거나 오히려 강도를 증가시킬 수 있다.⁵⁾ 하지만 연마에 의해 표면에 발생한 균열, 결 함 및 응력층은 대부분 강도의 저하에 기여한다.

강도에 영향을 미치는 요인은 매우 다양하여 평균 굴곡강도만을 가지고 강도 및 신뢰성을 평가하기는 어려울 수 있다. 이러한 경우 와이블 분포(Weibull distribution)에 의한 평가가 용이할 수 있으며 이에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.^{5.7)}

V. 결 론

3Y-TZP의 표면을 각기 다른 연마기구를 이용하여 연마 후 물성변화를 관찰 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 시편 연마 후 정방정에서 단사정으로의 상변이는 모든 실험군에서 관찰되었다.
 다. 특히 지르코니아 전용 연마 기구인 group A,B에서 상변이량이 높게 발생하였다.
- 2. 시편의 연마 후 지르코니아 전용 연마 기구인 group A,B에서 거칠기의 증 가 양상을 보였다.
- 모든 실험시편에서 500MPa 이상의 굴곡강도를 보여 임상적으로 허용 할만 한 수준이였다. 하지만 지르코니아 전용 연마 기구가 아닌 silicone green stone을 사용한 경우가 다른 군에 비해 낮은 굴곡강도를 보였다.

본 연구 결과, 지르코니아 전용 연마 기구의 사용이 연마시간을 줄이고 지르코 니아 강도에 큰 영향을 미치지 않아 추천되지만, 표면 상변이 및 거칠기 증가에 대한 고려를 위해 제조사의 추천에 따른 미세 연마과정이 동반되어야 할 것이다. 또한 절삭 및 연마등의 표면처리가 지르코니아 보철물의 강도 및 신뢰성 감소 를 야기 할 수 있으므로 정확한 교합 채득 및 보철물의 제작을 통해 조정량을 최 소화 하려는 노력이 필요하다.

참고문헌

- 1. Kim DJ. Transformation of tetragonal zirconia. Science and technology of ceramic materials 1993:8:157-65.
- İşeri U, Özkurt Z, Yalnız A, Kazazoğlu E. Comparison of different grinding procedures on the flexural strength of zirconia. J Prosthet Dent 2012:107:309-15.
- Garvie RC, Hannink RH, Pascoe RT. Ceramic steel? Nature 1975;258:703-4.
- Sakuma T, Yoshizawa YI, Suto H. The rhombohedral phase produced in partially-stabilized zirconia. J of Materials Science Letters 1985:4:29-30.
- Karakoca S, Yılmaz H. Influence of surface treatments on surface roughness, phase transformation, and biaxial flexural strength of Y-TZP ceramics. J Biomed Mater Res 2009: 91B:930-37.
- Denry I, Holloway JA. Microstructural and crystallographic surface changes faer grinding zirconia-based dental ceramics J Biomed Mater Res 2006;76B:440-48.
- Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. Dental Materials 1999:15:426-33.
- Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. Strength and reliability of surface treated Y-TZP dental ceramics. J Biomed Mater Res 2000;53:304-13.
- 9. Gupta TK. Strengthening by surface damage in metastable tetragonal zirconia. J Am Ceram Soc 1980;63:117.
- 10. Garvie RC, Nicholson PS. Phase analysis in zirconia systems.

J Am Ceram Soc 1972:55:303-5.

- Kosmac T, Wagner R, Claussen N. X-Ray determination of transformation depths in ceramics containing tetragonal ZrO₂. J Am Ceram Soc 1981:64:c72-3.
- International Organization for Standardization ISO 6872: 1995(E). Dental Ceramics, 2nd ed. Geneva, Switzerland: ISO: 1995.
- Kao HC, Ho FY, Yang CC, Wei WJ. Surface machining of fine-grain Y-TZP. J Eur Ceram Soc 2000;20:2447-55.
- Kou W, Molin M, Sjögren G. Surface roughness of five different dental ceramic core materials after grinding and polishing. J Oral Rehabil 2006;33:117-24.
- 15. Sato T, Ohtaki S, Shimada M. Transformation of yttria partially stabilized zirconia by low temperature annealing in air. Journal of Materials Science 1985;20:1466-70.
- 16. Swain MV, Hannink RHJ. Metastability of the martensitic transformation in a 12 mol% ceria-zirconia alloy: II, grinding studies. J Am Ceram Soc 1989;72:1358-64.
- 17. Gross V, Swain MV. Mechanical properties and microstructure of sintered and hot isostatically pressed yttria partially stabilized zirconia(Y-PSZ). J Aust Ceram Soc 1986;22:1-12.
- Urabe K, Nakajima A. Characteristic microstructure of CeO₂-Y₂O₃ doped tetragonal zirconia polycrystals. Adv Ceram 1988;24:345-55.
- Albakry M, Guazzato M, Swain MV. Biaxial flexural strength, elastic moduli, and X-ray diffraction characterization of three pressable all-ceramic materials. J Prosthet Dent 2003:89: 374-80.