

SR-Ivocap resin system의 물리적 특성과 체적 안정성에 관한 연구

조선대학교 치과대학 보철학교실

은성식 · 권혁신 · 정재현

I. 서 론

1930년대 치과에 처음 소개된 아크릴릭 레진 PMMA (poly-methylmethacrylate)는 비교적 만족할 만한 물리적 성질, 우수한 심미성과 생체적 합성, 간편한 조작성 및 경제성 등으로 인하여 현재까지 의치상 재료로 가장 널리 사용되고 있다³⁷⁾. 그러나 수분이나 타액의 흡수로 인한 의치의 팽창과 중합시 발생하는 수축은 의치의 고경을 변화시켜 교합, 의치의 적합도 등이 불량하게 되므로 이를 해결하려는 많은 시도가 있어 왔으며 그 결과 현재는 다양한 의치상 재료와 중합법이 소개되어 임상에서 이용되고 있다.

이상적인 의치상 재료는 생체 친화적이고 기능적으로 유용하며 경제적이여야 한다. 또한 임상적으로는 유연하면서도 강도가 커야하고 높은 열전도율과 구강 내 환경에서 열팽창율, 색 안정성이 우수하며 물흡수성이 낮아야 한다³⁸⁾. 임상에서 사용되는 의치상 재료로는 금속, 나일론, 에폭시 레진, 폴리카보네이트, 아크릴 레진 등이 있다. 금속의치상은 열전도율이 우수한 반면 수리가 용이하지 못하고 경제적이지 못하다. 나일론으로 제작된 의치상은 구강 내 환경에서 저항성이 낮고, 에폭시 레진 의치상은 물흡수가 많아 만족스럽게 사용할수 없다. 폴리카보네이트를 이용하여 의치를 제작시에는 특수 장비가 필요하므로 가공과정이 복잡한 단점이 있다. 임상에서 의치상 재료로 널리 사용되고 있는 아크릴 레진은 열전도율이 낮고, 금속의치상에

비하여 낮은 파절 저항성, 가열 소독이 불가능하다는 단점 외에도 중합수축의 발생이 임상적 문제점으로 지적되고 있다³⁷⁾. 아크릴 레진을 이용한 의치상 제작은 일반적으로 의치함에 중량체와 단량체를 혼합하여 가압 전입 후 일정한 온도의 온수조 속에서 중합시키는 열 중합형이 가장 널리 사용되고 있는데³⁹⁾ 이러한 열 중합 레진은 중합 수축에 의한 의치상의 변형으로 인하여 의치의 적합이 불량한 경우를 흔히 볼 수 있다. 이와같은 의치상 레진의 변형 요인은 레진 단량체의 중합 수축, 수분 흡수^{23,24,34)}, 가열^{23,34)}, 건조¹⁶⁾, 내부 기포²³⁾, 내부 응력의 유리²³⁾ 및 의치상 레진의 구조²⁶⁾ 등의 요인에 의한다.

의치상 성형법으로는 마이크로파 성형법^{10,25,32,33)}, 가압 성형법, 주입 성형법¹⁹⁾, 주사주입 성형법^{5,34)} 및 지속적 가압 주사식 성형법 등²²⁾이 있으며 이러한 성형법들은 각기 다른 특성을 가지며 그에 따라 다양한 의치상 재료가 개발되었다. 마이크로파를 이용한 성형법은 중합 시간의 단축, 용이한 납 제거, 의치의 색상 변화와 파절이 적고, 균일한 병상화와 병상에 도달하는 시간이 절약되며, 가공과정을 간단하고 깨끗하게 할 수 있다는 장점이 있다^{34,35)}. 반면 금속성 의치함을 사용할 경우 의치함이 마이크로파를 반사시키는 단점이 있으며, 온성 후 기포 발생이 많아 기능하중 시 응력집중과 변형 및 인장강도 저하의 원인이 되며, 음식물 침착이나 세균 증식을 촉진시켜 구취, 착색, 치석 침착 등의 심미적 손상이나 구내염을 일으킬 수 있다^{11,23,29,35)}. 가압 성형법은 특별한 장치가 요구되지 않고 비교적 간단한 가공

과정을 통하여 의치를 제작할 수 있으나 의치온성 중 중합 수축이 발생하고 의치의 체적 안정성이 매 물체에 의하여 많은 영향을 받는다는 단점이 있다^{14,15,21}. Civjan⁹⁾은 주입 성형법에 사용되는 레진 중량체의 입자가 작아 의치 중합 시 가압 성형법보다 체적 안정성이 우수하다고 하였다. 그러나 Grant와 Atkinson 등⁹⁾은 온성시 치아의 움직임이 가압 성형법보다 크다고 주장하였으며 Krant⁹⁾는 중합중 발생하는 수축으로 인하여 구치부와 구개 중앙, 상악의 잔존치조제의 구개측 경사면에서 적합성이 떨어지며, 전치부가 접촉되게 되고 전방부 잔존치조제에 외상과 골 흡수를 유발할 수 있다고 주장하였다. 주사식 주입 성형법은 사용되어지는 중량체와 관계없이 체적의 변화가 크며 정확도가 낮다하였다. 지속적인 가압 주사식 성형법의 경우 의치의 온성이 주사관에서 가장 멀리 떨어진 부위에서 부터 중합이 일어나고 온성 중 발생하는 중합 수축을 지속적으로 보상할 수 있다는 장점³⁰⁾ 있는 반면, 중합 후 의치를 석고모형으로 부터 분리하기 전의 교합고경의 변화가 다른 중합법에 비하여 더 크며, 인장강도가 낮고 고가의 장비가 필요하다는 단점이 있다³¹⁾.

일반적으로 열 중합법을 이용한 의치상 제작이 임상에서 널리 사용되고 있는데 열 중합법은 부가 반응으로서 1400°F 이상의 발열 반응에서 자유기를 발생시키면서 온도 상승이 급격해지면 2130°F에서 단량체가 끊어서 레진 내 기포를 형성하게 된다³²⁾. 임상에서 손쉽게 사용되는 열 중합법을 이용한 의치상 제작은 의치의 팽창과 중합 시 발생하는 수축으로 인하여 의치의 고경을 변화시켜 교합 및 의치의 적합도를 불량하게 할 수 있다. 이러한 임상적 문제점을 해결하고자 하는 노력이 지속적으로 진행되어 왔고 그 결과 현재는 다양한 의치상 재료와 성형 방법이 소개되어 임상에서 이용되고 있으나 어느 방법도 완벽하게 만족할 만한 결과를 제공하지 못하고 있다. 따라서 가공과정 중에 발생할 수 있는 오차를 치료실에서 조절하기 위한 부가적인 노력이 요구되고 있는 형편이다.

의치상 레진의 물리적 특성을 개선하기 위한 노력이 활발히 진행되어 오던 중 1970년대 초에 개발된 SR-Ivocap system(SR-Ivocap, Ivoclar, AG, Schaan Liechtenstein)은 미리 계량되어 기계적으로 혼합된 단량체와 중량체를 압력에 의해 지속적인

로 의치함(flask) 내에 주사하면서 주사관에서 가장 먼곳 부터 중합이 일어나도록 하므로써 중합 시 일어나는 수축을 보상하여 줄 수 있는 지속적 가압 주사식(continuous pressure injection technique) 성형법으로써³⁷⁾ 임상에서의 이용이 가능하게 되었다. 그 후 지속적 가압 주사식 열중합 레진에 대한 연구가 많이 진행되었으며 Schmidt³⁸⁾는 SR-Ivocap 주사식 레진의 표면 구조를 전자현미경으로 관찰하였고 Trage³¹⁾, Anderson^{6,7)}, Strohaber²⁷⁾ 등은 주사법에 의해 주사된 SR-Ivocap 레진의 중합 수축에 대하여 연구보고 하였다.

의치상 레진의 구조 및 물리적 특성을 평가하여 파절강도 및 중합 수축을 측정하는 방법으론 전자현미경을 이용한 레진의 표면구조 분석법과, 충격 시험(impact test)을 통한 파절강도 측정법, 시차 주사 열량계법 및 동적 기계적 열분석법을 이용한 레진의 체적 안정성을 측정하는 방법 등이 있다. 그러나 지금까지의 많은 연구가 의치의 온성 중이나 보관 중 발생하는 체적 변화를 측정하기 위하여 모형과 의치상의 적합도나 치아의 이동을 측정하는 방법을 주로 사용하였다.

이에 본 연구에서는 QC-20 아크릴 레진과 SR-Ivocap 레진을 다양한 성형법, 즉 일반적으로 임상에서 널리 사용되는 가압 성형법과 지속적인 압력을 가하며 열판 위에서 중합하는 Mark press 건열 성형법(TOHC Dental Co.) 및 지속적 가압 주사식 성형법인 SR-Ivocap system 성형법을 이용하여 시편을 제작하여 충격 시험을 한 후 파절에 대한 내충격성, 변형, 강인함을 비교 분석하였고, 이 시편을 주사 전자현미경(SEM)을 이용한 파단면의 관찰을 통해 성형 시 분자들의 배향 효과를 고찰하였다. 또한 시차 주사 열량계법(DSC)에 의하여 전이(transition)와 완화(relaxation) 거동을 통하여 체적 안정성을 분석하였고, 동적 기계적 열분석법을 통해서 저장 탄성률과 $\tan\delta$ (손실탄성률/저장탄성률)의 온도 의존성을 통해 분자들의 배향성에 기인한 체적 안정성을 조사하였다.

II. 연구재료 및 연구방법

1. 연구재료

표1은 본 연구에 사용된 재료와 그 성형 방법을

보여준다. 일상적으로 가압 성형법에서 널리 이용되는 QC-20 아크릴 레진과 지속적 가압 주사식 성형법에서 이용되는 SR-Ivocap 레진을 연구에 적합하도록 3가지 성형 방법 즉, 가압 성형법과, Mark press 건열 성형법 및 지속적 가압 주사식 성형법을 이용해 각각의 시편을 제작하여 사용하였다.

2. 연구방법

(1) 의치상 레진의 전자현미경적 관찰

본 연구에서 사용된 두 종류의 레진을 표1과 같이 성형 방법을 달리하여 6가지 실험 시편을 액체 질소 하에서 snapping한 후 절단면의 표면을 금으로 주사 코팅하여 시편을 sample plate에 고정시킨 뒤 30KV의 전압과 10mV의 전류로 Ni-filtered CuK α radiation을 이용한 주사전자현미경(JEOL JSM-840A)를 사용하여 파쇄된 절단면을 관찰하였다. 이때 5°에서 50° (2 θ)까지 주사하였으며 주사속도는 1°/min으로 하였다. 의치상 레진의 구조는 저배율에서 전체 구조를 관찰한 후 1500배율에서 사진을 얻었다.

(2) 파절에 대한 저항성 측정

1) 시편의 제작

가압 성형법에서 널리 이용되는 QC-20 아크릴 레진의 중량체 23g과 단량체 10ml를 혼합하여 3가지 성형 방법 즉, 가압 성형법과, Mark press 건열 성형법 및 지속적 가압 주사식 성형법을 이용해 각각 10개씩의 시편을 ASTM D256의 규정에 따라 가로 길이는 62.3mm, 세로 길이는 12mm, 폭은 3mm로 제작하였고 가로의 중앙부에 1.5×1.5mm 폭으로 홈을 형성하였다(그림 1). 또한 지속적 가압 주사식 성형법에 이용되는 SR-Ivocap 레진은 중

량체 20g과 단량체 30ml를 용기 내에서 5분간 자동 혼합 후 이를 지속적 가압 주사식 성형법으로 10개의 시편을 제작하였고, 가압 성형법과 Mark press 건열 성형법을 이용한 경우는 혼합된 레진을 용기 밖으로 꺼내어 적용하는 방법으로 역시 각각 10개씩의 시편을 제작하였다.

2) 충격시험(impact test)

각 의치상 레진 시편의 파절에 대한 내 충격성, 강인성 및 변형과 파괴 에너지를 측정하기 위하여 ITR-2000 Instrumented Impact Tester를 사용하여 상온에서 측정하였다. 이미 제작된 각각의 10개의 시편을 충격 시험 장치의 고정구에 장착한 후 정해진 순간력을 가하여 그 측정값의 평균값을 취하여 각 시편들의 파절에 대한 저항성을 비교 분석하였다.

(3) 체적 안정성 분석실험

본 실험에서는 체적 안정성을 분석하기 위하여

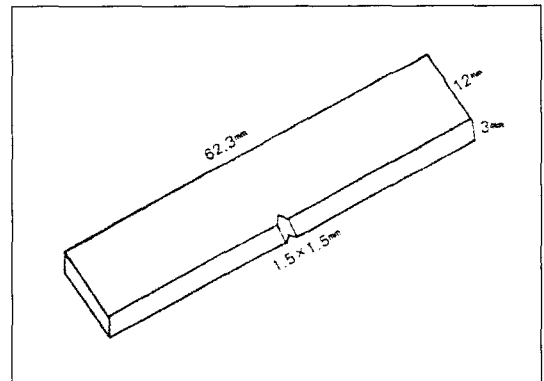


Fig. 1. Sample size for Impact test(by ASTM D256).

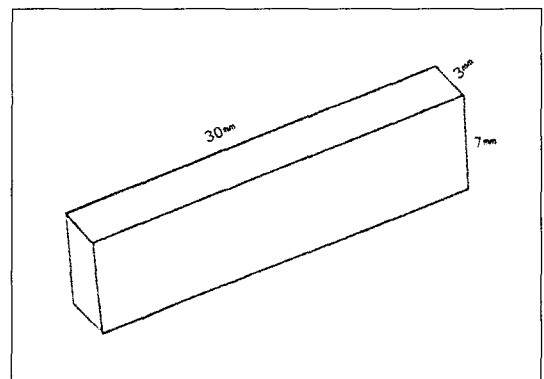


Fig. 2. Sample size for DMTA(Dynamic Mechanical Thermal Analysis).

Table1. Used resins and processing techniques

Material	Processing technique	Sample
QC-20	Pack and press	Sample A
Acrylic Resin (Dentsply)	Mark press	Sample B
	Continuous pressure injection	Sample C
SR-Ivocap Resin (Ivoclar)	Pack and press	Sample D
	Mark press	Sample E
	Continuous pressure injection	Sample F

물질의 물리적 변수(physical parameter)를 온도의 함수로 나타낼 수 있는 열 분석 방법 중에서 정적인 방법 즉, 시차 주사 열량계법과 동적 기계적 열 분석법을 이용하여 각 시편의 유리전이 온도 (Tg), 저장 탄성률을 측정하여 비교 분석하였다.

1) 시차 주사 열량계법(DSC:Differential Scanning Calorimetry)

각 시편에서 약 4mg의 의치상 레진을 채취한 후 액체 질소 하에서 30°C에서 250°C까지 20°C/min으로 승온시키면서 유리전이 온도를 dupont TA 2000을 사용하여 측정하였다.

2) 동적 기계적 열분석법(DMTA:Dynamic Mechanical Thermal Analysis)

그림 2와 같이 가로 30mm, 세로 7mm, 높이 3mm의 시편을 제작하여 0.3, 1, 3, 10, 30 Hz의 진동수를 변화시켜 bending mode에서 2°/min으로 승온시키면서 열을 가하여 유리전이 온도와 저장 탄성률 즉, 재료의 점탄성 물성을 Polymer Lab MK II를 이용하여 측정 후 성형 방법에 따른 의치상 레진의 저장 탄성률과 체적 안정성을 평가하였다.

III. 연구성적

1. 의치상 레진의 주사 전자현미경적 관찰

그림 3-8은 의치상 레진을 이용하여 3가지 성형 방법을 이용하여 제작한 각 시편의 파면구조를 주사 전자현미경(SEM)을 이용하여 그 결과를 관찰

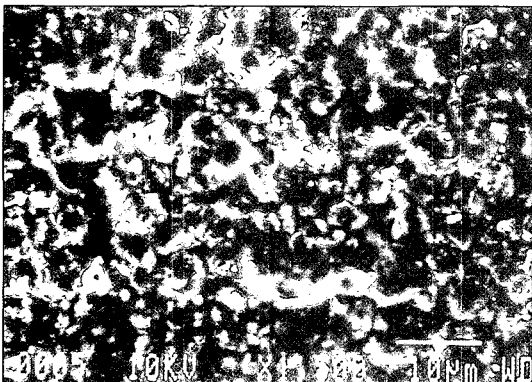


Fig. 3. Scanning electron microscopic view of QC-20 acrylic resin cured by pack and press technique (sample A).

한 사진을 보여주고 있다. 가압 성형법으로 제작한 QC-20 아크릴 레진(시편 A)의 경우는 일정한 격자구조 양상을 보이고(그림 3), SR-Ivocap 레진(시편 D)은 한쪽 방향으로 균질하게 배열되어 있음을 알 수 있었다(그림 6). 다음은 Mark press 건열 성형법으로 제작한 QC-20 아크릴 레진(시편 B)과 SR-Ivocap 레진(시편E)의 전자현미경 사진에서 볼 수 있듯이 시편 B의 경우는 사선 방향과 같은 배열 양식을 관찰할 수 있었으며(그림 4) 시편 E는 수평적인 배열 양상을 나타내었다(그림 7). 그러나 지속적 가압 주사식 성형법을 이용하여 제작된 시편 C와 시편 F는 일정한 방향으로 배열이 일어나지 않고 균질하게 배열되어 있음을 알 수 있었고(그림 5, 8), 특히 시편 F는 무형의 균질한 구조를 보였다.

이러한 경향은 본 실험에서 시편에 이용한 성형 방법에 따른 분자들 사이에 나타나는 배향의 차이와 뒤틀림에 기인한다고 보여진다.

2. 파절에 대한 저항성

표 2와 그림 9-14는 각 시편의 파절에 대한 저항성을 비교하여 정리하였다. 표 2에서 다양한 성형 방법에 의해서 제작된 시편의 peak load, 기울기, 흡수 에너지 등을 비교 분석하여 충격 강도를 예측할 수 있었다.

QC-20 아크릴 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편 A와 Mark press 건열 성형법을 이용하여 제작한 시편 B, 지속적 가압주사식 성형법을 이용하

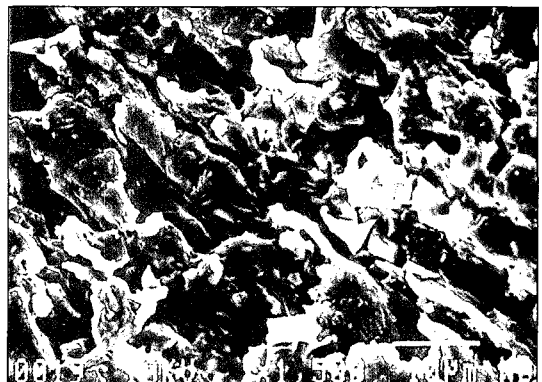


Fig.4. Scanning electron microscopic view of QC-20 acrylic resin cured by Mark press technique (sample B).

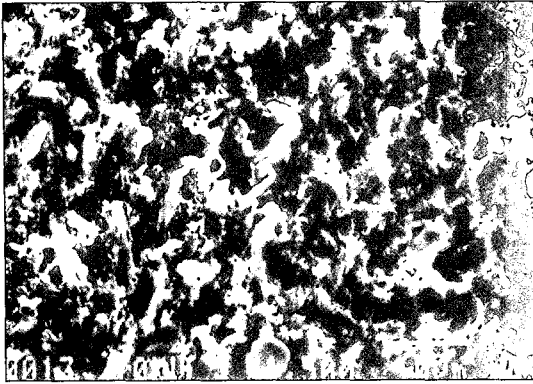


Fig. 5. Scanning electron microscopic view of QC-20 acrylic resin cured by continuous pressure injection technique (sample C).

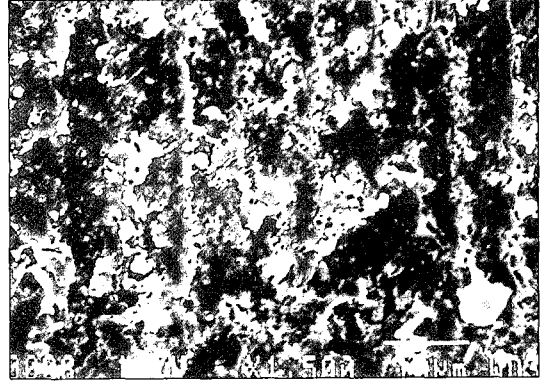


Fig. 6. Scanning electron microscopic view of SR-Ivocap resin cured by pack and press technique (sample D).

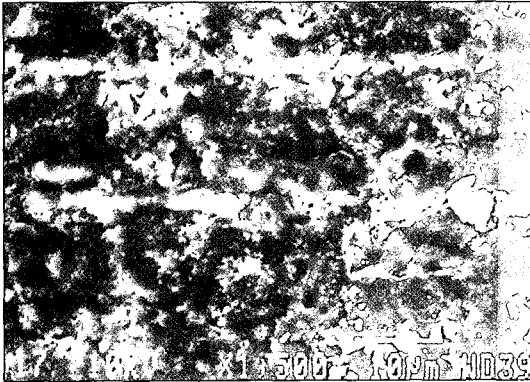


Fig.7. Scanning electron microscopic view of SR-Ivocap resin cured by Mark press technique (sample E).

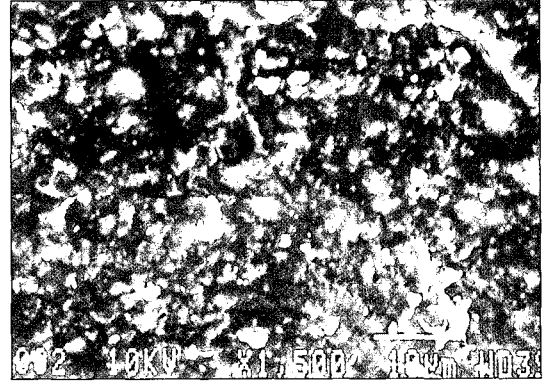


Fig.8. Scanning electron microscopic view of SR-Ivocap resin cured by continuous pressure injection technique (sample F).

Table 2. Comparison of fracture resistance

Sample	Peak load(N)	Gradient(N/mm)	Energy to Break(J)	Displace to Break(mm)
Sample A	123.98±15.74	47.59± 8.90	0.10±0.01	1.79±0.07
Sample B	108.87± 8.34	31.27± 5.81	0.01±0.01	1.84±0.23
Sample C	127.30±13.25	48.92± 5.55	0.11±0.01	1.90±0.12
Sample D	103.56±15.87	38.75±14.31	0.08±0.02	1.71±0.13
Sample E	114.95±12.36	51.26±13.63	0.10±0.04	1.45±0.80
Sample F	149.17±20.05	60.10±11.57	0.14±0.03	1.99±0.31

J: Joule N: Newton

여 제작한 시편 C의 peak load를 비교하여 보면, QC-20 아크릴 레진을 지속적 가압주사식 성형법으로 제작한 시편이 127.30N으로 가장 높은 수치를 나타냈고, Mark press 건열 성형법을 이용한 시

편이 가장 낮은 파절 저항성을 보였다(표 2, 그림 9-11). 반면 SR-Ivocap 아크릴 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편 D와 Mark press 건열 성형법을 이용하여 제작한 시편 E, 지속적 가압주사식 성

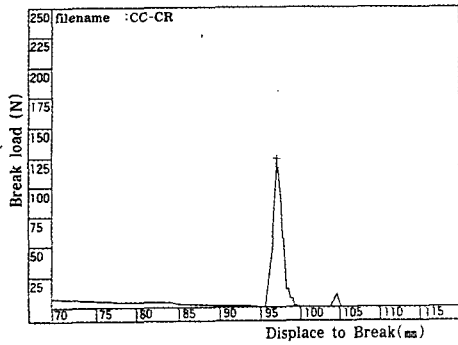


Fig. 9. Impact test of QC-20 acrylic resin cured by pack and press technique (sample A).

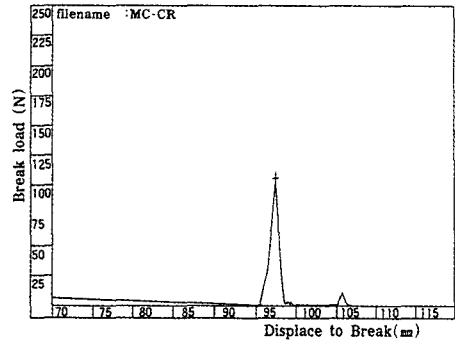


Fig. 10. Impact test of QC-20 acrylic resin cured by Mark press technique (sample B).

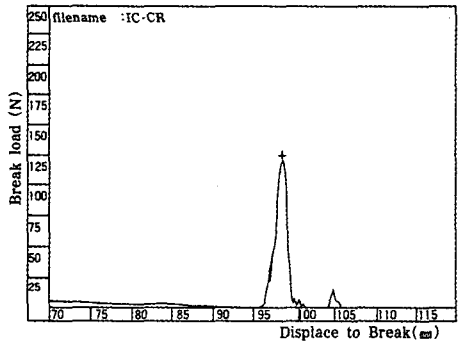


Fig. 11. Impact test of QC-20 acrylic resin cured by continuous pressure injection technique (sample C).

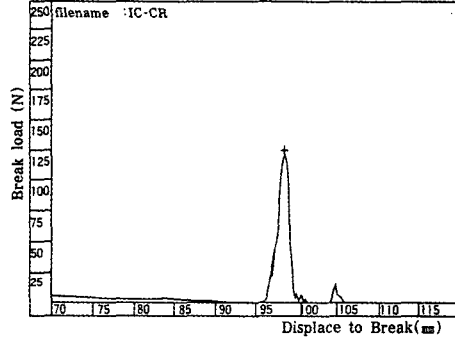


Fig. 12. Impact test of SR-Ivocap resin cured by pack and press technique (sample D).

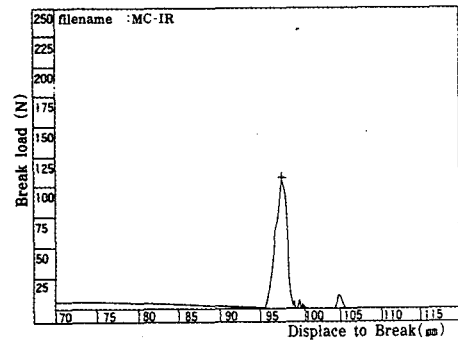


Fig.13. Impact test of SR-Ivocap resin cured by Mark press technique (sample E).

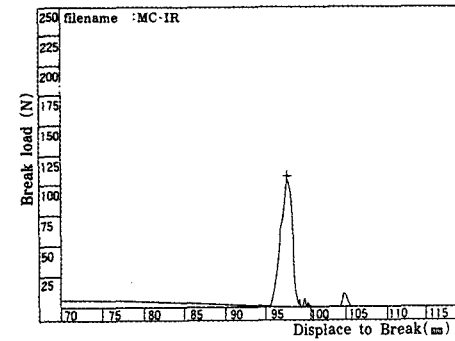


Fig.14. Impact test of SR-Ivocap resin cured by continuous pressure injection technique (sample F).

형법을 이용하여 제작한 시편 F의 peak load를 비교한 결과 표 2와 그림 12-14에서 볼 수 있듯이 SR-Ivocap 아크릴 레진을 지속적 가압주사식 성형법으로 제작한 시편이 149.17N으로 가장 높은 수치를 나타냈고, 가압 성형법을 이용한 시편이 가장 낮은 파절 저항성을 보였다. 또한 재료에 관계없이 지속적 가압주사식 성형법을 이용하여 제작한 시편들이 가압 성형법이나 Mark press 건열 성형법보다 큰 peak load를 보였다.

가압 성형법에 의해서 제작된 QC-20 아크릴 레진(시편 A)과 SR-Ivocap 레진(시편 D)의 경우는 시편 A가 기울기가 47.59N/mm, 흡수 에너지가 0.1J로 시편 D와 수치상 현저한 차이를 나타내었다(그림 9, 12). 반면 Mark press 건열 성형법을 이용하여 제작된 QC-20 아크릴 레진(시편 B)과 SR-Ivocap 레진(시편 E)의 경우에는 SR-Ivocap 레진(시편 E)가 흡수된 에너지 값이 0.1J로 시편 B와 수치상 현저한 차이를 나타내었다(그림 10, 13). 위와 같은 경향은 일반적으로 알려진 바와 같이 항복 변형과 크레이징(crazing), 균열이 파괴 기구에 같이 참여하고 있는 결과로 생각된다.

다음은 지속적 가압 주사식 성형법을 이용하여 제작한 QC-20 아크릴 레진(시편 C)와 SR-Ivocap 레진(시편 F)의 경우에는 흡수 에너지가 시편 F는 0.14J로 0.11J인 시편 C보다 더 높아 결과적으로 SR-Ivocap 레진(시편 F)이 QC-20 아크릴 레진(시편 C)보다 파절에 대한 저항성이 더욱 강함을 알 수 있었다(그림 11, 14).

본 실험에서는 다양한 성형 방법에 따라 QC-20 아크릴 레진과 SR-Ivocap 레진의 기울기와 흡수 에너지 값을 통해 충격 강도를 비교해 본 결과 SR-Ivocap 레진이 QC-20 아크릴 레진보다 더 우수한 충격 저항성을 가지고 있음을 확인하였다.

3. 체적 안정성 분석

시편 B, C, D, E의 경우에 있어서는 시차 주사 열량계법이나 동적 기계적 열분석법을 이용한 분석에 있어서 불규칙하고 오차가 큰 양상을 보임으로서 분석이 불가능하였다. 이는 각각의 제조회사에서 제시하는 레진과 이에 맞는 성형법을 사용했을 때가 물성이 우수하므로 우선적으로 추천됨을 알 수 있다. 따라서 본 분석은 시편 A와 시편 F

를 대상으로 하였다.

1) 시차 주사 열량계법 (DSC : Differential Scanning Calorimetry)

그림 15, 16의 DSC thermogram 거동에서 QC-20 아크릴 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편 A의 경우 유리전이 온도(glass transition temperature, Tg)가 112.96°C로 나타났고(그림 15), SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편 F의 경우에는 115.48°C의 유리전이 온도를 보여 주었다(그림 16). 그 결과 시편 A보다 시편 F의 유리전이 온도가 약 3°C 정도의 약간 높은 온도 영역으로 이동했음을 알 수 있었다. 그러나 시차 주사 열량계법에서는 두 시편의 전이 온도가 오차 범위 내에 있어 거의 유사한 거동으로 볼 수 있다. 또한 그림 15, 16에서 볼 수 있듯이 응력이 가해지면 유리전이 온도 이하의 상태에서는 전단흐름(shear flow)과 같은 분자 사슬들이 서로 미끌어지는 변형이 일어났음을 생각할 수 있었다.

2) 동적 기계적 열분석법 (DMTA : Dynamic mechanical thermal analysis)

그림 17, 18에서는 가압 성형법으로 제작된 QC-20 아크릴 레진과 지속적 가압 주사식 성형법을 이용한 SR-Ivocap 레진의 저장 탄성률(storage tensile modulus, E')과 tanδ(손실탄성률/저장탄성률)를 온도의 함수로 나타낸 것이다. 이 두 시편은 각각 137.88°C(그림 17), 139.78°C(그림 18) 부근에서 하나의 relaxation peak 만이 나타남을 알 수 있고 이는 두 시편의 유리전이 온도에 해당함을 알 수 있었다. 그림 17, 18에서 보는 바와 같이 두 시편의 유리전이 온도가 시차 주사 열량계법에서 측정된 결과와 같이 크게 차이가 없으며 저장 탄성률은 SR-Ivocap 레진(시편 F)의 경우 다소 크게 나타남을 확인하였다. 본 실험에서는 2차 완화 거동(secondary relaxation)을 통한 분석은 행하지 않았으나 이미 알려진 바와 같이 더 넓은 온도 영역에서 측정하면 β relaxation과 같은 2차 완화 거동을 통해 체적 안정성을 분석할 수 있다.

이러한 두 시편의 동적 기계적 물성의 차이는 3가지 성형 방법을 이용하여 시편을 제조시 분자들의 배향 결정은 동적 기계적 물성을 향상 시키는 데 중요한 역할을 함을 알 수 있었다.

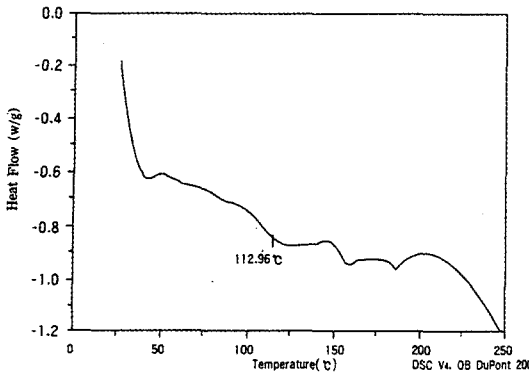


Fig. 15. In DSC graph, Glass transition temperature of QC-20 acrylic resin cured by pack and press technique (sample A).

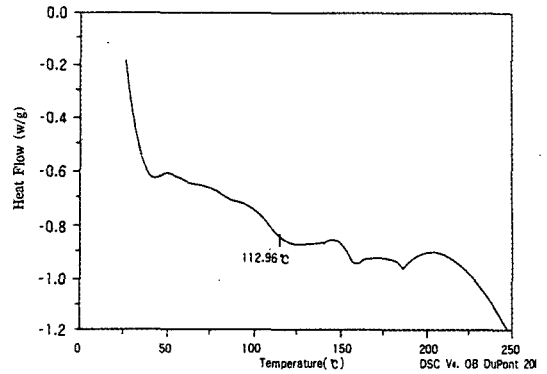


Fig. 16. In DSC graph, Glass transition temperature of SR-Ivocap resin cured by continuous pressure injection technique (sample F).

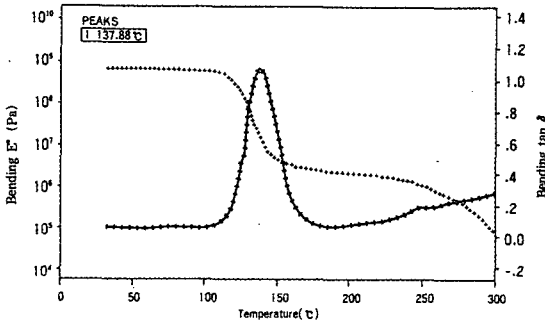


Fig. 17. DMTA(Dynamic Mechanical Thermal Analysis) graph of QC-20 acrylic resin cured by pack and press technique (sample A).

----- : storage modulus
 ----- : $\tan \delta$

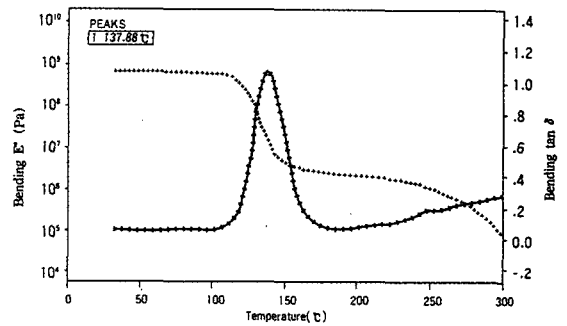


Fig. 18. DMTA(Dynamic Mechanical Thermal Analysis) graph of SR-Ivocap resin cured by continuous pressure injection technique (sample F).

----- : storage modulus
 ----- : $\tan \delta$

IV. 총괄 및 고안

의치상의 체적 안정성과 파절강도에 영향을 미치는 의치상 레진의 구조에 대해 많은 연구들이 보고되어 왔는데 이제까지의 연구는 의치의 온성 중이나 보관 중 발생하는 체적 변화를 측정하기 위하여 모형과 의치상의 적합도나 치아의 이동을 측정하는 방법을 사용하였다¹⁾. 그러나 본 연구는 레진의 구조와 물리적 특성을 평가하여 의치상의 체적 안정성과 파절강도를 추론하였다.

일반적으로 임상에서 널리 사용되는 가압 성형법은 납 의치상을 매몰하여 mold를 제작한 후, 아크릴 레진의 중량체와 단량체를 혼합하여 병상(dough stage)에서 flask에 가압 전입하여 일정한 온도의 온수조 속에서 중합시키는 방법이며^{16,18,32)}, Mark press 건열 성형법은 레진의 중량체와 단량체를 혼합하여 병상에서 flask에 주입한 후 일정한 압력을 지속적으로 가하면서 열판 위에서 중합하는 방법으로서 건조열에 의한 중합 방법이고, SR-Ivocap system을 이용한 지속적 가압 주사식 성형법은 주입기에 담겨진 레진을 지속적인 가압에

의해 mold space에 주입시킨 후 레진이 경화 될 때까지 flask를 일정한 압력으로 유지하며 온수조에서 중합시키는 방법이다.^{5,13,16,23)}

가압 성형법은 특별한 장치가 요구되지 않고 비교적 간단한 기공 과정을 통하여 의치를 제작할 수 있으나 의치온성 중 중합 수축이 발생하고 의치의 체적 안정성이 매몰체에 의하여 많은 영향을 받는다는 단점이 있다.^{2,27,36)} Mark press 건열 성형법은 기공 과정이 간편한 반면 중합 수축이 크다는 단점이 있다. 지속적 가압 주사식 성형법에 사용되는 중량체는 입자의 크기가 매우 미세하며 높은 분자량을 갖고 있어 혼합과 주입 단계에서 점도가 증가되지 않기 때문에 flask 내로 레진을 용이하게 주입할 수 있다. 매몰체는 석고나 가역성 하이드로 콜로이드를 사용하며 mold에서 납을 제거한 후 주입구(sprue opening)를 통해 레진을 주입시켜 일정한 온도의 pressure cooker에서 경화시킨다. 이 방법의 장점으로서는 조직에 대한 적합성이 향상되고 교합 고경의 변화가 적으며 기공 과정이 단순한 점 등을 들 수 있다 하였다.^{5,18,22)}

의치상 레진의 구조 및 물리적 특성을 평가하여 중합 수축 및 파절강도를 측정하는 방법으로 전자현미경을 이용한 레진의 표면구조 분석법과, 충격 시험을 통한 파절강도 측정법, 시차 주사 열량계법 및 동적 기계적 열분석법을 이용한 레진의 체적 안정성을 측정하는 방법 등이 있다.

레진의 morphology는 레진 자체의 구조 및 그 분포를 밝히는 분야로서 방법론적 측면에서 diffraction과 imaging 방법으로 구분할 수 있으며, 이 중 주사 전자현미경을 이용한 imaging 방법은 시편의 표면 모양과 구성 성분에 대한 정보를 제공해준다. 이는 광학현미경과 기능이나 원칙적인 면에서는 동일하지만 주사 전자현미경의 경우는 조명매체(specimen illuminating medium)로서 electron beam을 이용하며 렌즈가 유리렌즈가 아니고 전자장(electromagnetic field)인 근본적인 차이가 있다²⁾.

본 연구에서 충격 시험에 의해서 파절에 대한 저항성을 측정된 후 주사 전자 현미경을 이용한 각 시편의 파단면 구조를 관찰한 결과, 재료에 관계없이 가압 성형법을 이용하여 제작한 시편들은 수직적 배열을 주로 나타냈으며 이는 수평적 힘이나 전단응력이 작용시 성형 방법에 의한 분자들의 배

향에 의해 파단면에 변형, 뒤틀림 및 크레이징, 균열과 같은 현상이 파괴 기구에 같이 참여하여 파절에 대한 저항성 뿐만 아니라 체적 안정성 역시 우수하지 못한 결과로 나타날 수 있다. 그러나 그림 3에서 보듯이 QC-20 아크릴 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편 A는 일정한 배열을 보이지 않고 레진 내 분자 사슬들이 경화 반응을 일으킴으로서 균일한 격자 구조를 보임을 알 수 있었다. 그림 4의 Mark press 건열 성형법으로 제작한 시편 B나 그림 5의 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편 C에 비해서 체적 안정성이나 파절에 대한 저항성이 우수하다고 할 수 있다. 이에 반하여 지속적 가압 주사식 성형법을 이용하여 제작한 시편들은 재료에 관계없이 가압 성형법으로 제작한 시편들보다 방향성이 적었고 특히 그림 8에서 보듯이 SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식으로 성형한 시편 F는 무형의 균질한 구조를 보였다. 이는 Schmidt의 연구와 일치한다고 볼 수 있는데 Schmidt²⁶⁾는 SR-Ivocap 주사식 레진을 전자 현미경으로 관찰한 결과 SR-Ivocap 주사식 레진은 중량체의 입자가 기질 내에 완전히 용해되어 있는 무형의 구조(structureless)로써 화학적, 기능적, 기계적으로 보통의 레진보다 우수하며 균질의 의치를 제작할 수 있다 하였다.

재료의 성형시 배향의 효과는 매우 중요하다. 특히 배향에 의해서 흐름 방향으로 분자 세그먼트와 분자가 정렬되기 때문이다. 일반적으로 가압 성형시 배향이 일어나지 않으며 재료에 잔류응력이 적게 남는다. 그러나 주사 전자현미경으로 관찰한 결과 Mark press 건열 성형법으로 제작한 시편 B와 시편 E는 일정한 방향으로 배향되어 있음을 알 수 있었는데 이러한 이유는 아마도 성형물에 다른 크기의 응력이 가해져 변형을 일으키거나 물질을 휘게 했을 뿐만 아니라 성형물의 설계, 금형 설계가 나쁘다거나 부적당한 성형조건, 재료의 성질 때문으로 생각된다.

의치상의 기능적 효율에 관여하는 여러가지 요인 중 파절 및 피로강도는 고려해야할 가장 중요한 기계적 특성이다.^{12,23,36)} 의치의 파절은 상악과 하악의 상태, 의치상 재료 및 다양한 교합에 의해 좌우된다. 의치상 레진의 강도를 측정하는 방법으로는 인장강도 측정법과 파절강도 측정법이 있다.

의치상 레진의 인장강도를 측정 한 Trage³¹⁾, Sykora²⁸⁾의 연구결과에 의하면 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작된 의치가 체적 변화가 거의 없고 레진의 무형 구조로 인해 인장강도가 매우 높아 의치장착 시 교합조절이 거의 필요하지 않으므로 임상에서 가장 적절한 의치 온성 방법이라고 소개하였다. 반면 황 등⁵⁾의 연구에서는 SR-Ivocap 레진은 기질 내에 중량체의 입자가 완전히 용해되어 있는 무형의 구조로써 단량체가 레진 내에 충분히 침투하기가 어려워 중량체가 연화되지 않으므로 화학적 결합이 완전하지 못하게 되고 이러한 결과로 인하여 낮은 인장강도를 보인다고 하였다. 이와같이 다양한 연구들에 있어서 의치상 레진의 구조가 동일함에도 인장강도는 서로 상이한 결과를 보고하고 있다.

이에 본 연구에서는 의치상 레진의 강도를 측정하는 또 다른 방법인 파절강도를 측정하여 의치상 레진의 강도를 비교하였다. 충격 시험이라 함은 고속도에서 적용된 응력 하에서 파절에 저항하는 능력이나 충격 하중하에서 파절을 견디기 위한 물질의 특성을 측정하는 방법이다.

시편을 제작하여 충격 시험에서 파절강도를 측정하고 그 평균값을 산출한 결과 표 2에서 볼수 있듯이 QC-20 아크릴 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편 A와 SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편 F 사이에 뚜렷한 비교가 가능한 반면 Mark press 건열 성형법을 이용하여 제작한 시편들의 경우에는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

충격시험을 통해 얻을 수 있는 그래프에서 peak load가 높고 기울기는 심하며, 면적은 넓을수록 우수한 물성을 갖는 것으로 해석할 수 있는데 표 2와 그림 9에서 보듯이 QC-20 아크릴 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편 A의 경우에 peak load는 123.98N, 기울기는 47.59N/mm, 파절까지의 에너지는 0.10J, 파절을 일으키기까지의 변형은 1.79mm로 나타났다. 그림 10의 QC-20 아크릴 레진을 Mark press 건열 성형법으로 제작한 시편 B의 경우에는 peak load는 108.87N, 기울기는 31.27N/mm, 파절까지의 에너지는 0.01J, 파절을 일으키기까지의 변형은 1.84mm로 나타났다. 그림 11의 그래프에서 보는바와 같이 QC-20 아크릴 레

진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편 C의 경우는 peak load는 127.30N, 기울기는 48.92N/mm, 파절까지의 에너지는 0.11J, 파절을 일으키기까지의 변형은 1.90mm으로 나타났다. 반면 그림 12의 SR-Ivocap 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편D를 동일한 방법으로 측정하여 평균값을 측정한 결과 peak load가 103.56N, 기울기는 38.75N/mm, 파절까지의 에너지는 0.08J 이었으며, 파절을 일으키기까지의 변형은 1.71mm이었으며, SR-Ivocap 레진을 Mark press 건열 성형법으로 제작한 시편 E의 그림 13에서는 peak load가 114.95N, 기울기는 51.26N/mm, 파절까지의 에너지는 0.10J 이었으며, 파절을 일으키기까지의 변형은 1.45mm였다. 그림 14의 SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편 F는 peak load가 149.17N, 기울기는 60.10N/mm, 파절까지의 에너지는 0.14J 이었으며, 파절을 일으키기까지의 변형은 1.99mm였다(표2, 그림 9~14). 이와 같은 결과를 볼 때 Mark press 건열 성형법과 지속적 가압 주사식 성형법을 이용하여 제작한 SR-Ivocap 레진의 경우가 QC-20 아크릴 레진의 경우 보다 파절에 대한 저항성 뿐만 아니라 더욱 단단하고 우수한 물성을 갖고 있음을 알 수 있었다.

의치상 레진의 가장 큰 문제점 중 하나는 중합 수축으로 인한 체적 안정성의 상실이며 이를 개선하고자 하는 연구가 활발하게 진행되었다⁴⁾. 이러한 중합 수축은 의치상 레진을 60~90°C 이상으로 가열하는 경우에서 응력 이완이 발생하여 유발된다 하였다.

Trage³¹⁾, Anderson⁶⁷⁾, Strohaber 등²⁷⁾은 주사법에 의해 주사된 SR-Ivocap 레진의 중합 수축이 통상의 방법에 의하여 제작된 레진의 중합 수축보다 훨씬 적다고 하였으나, Garfunkel¹⁵⁾은 중합이 끝난 의치를 석고모형으로 부터 분리하기 전의 고경변화는 열중합에 의해 제작된 의치보다 오히려 더 크다고 했다. 그러나 Sykora⁸⁾의 조사에 의하면, SR-Ivocap 레진 시스템으로 제작된 의치의 장착시 교합조절이 거의 필요하지 않기 때문에 임상에서 선호된다고 하였다. 이 중 Strohaber 등²⁷⁾은 15개의 실험 의치를 이용해 의치상 중합 수축 정도를 측정하기 위하여 중합 수축 전, 후의 의치상의 수직 고경을 측정한 결과 SR-Ivocap 레진을 지속적 가

압 주사식 성형법으로 제작한 시편은 0.02mm, QC-20 아크릴 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편은 0.66mm의 수직고경의 변화를 보고하였다. 또한 Ludwig 등²⁰⁾의 연구에 의하면 SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편의 경우는 18.6 μ m의 수직고경의 변화가 발생된 반면, QC-20 아크릴 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편의 경우는 165 μ m의 수직고경의 변화를 보였다 하였다.

지금까지 대부분 레진의 체적 안정성을 측정하기 위한 연구들은 임상적인 수직고경 측정에 기초한 반면 본 연구는 시차 주사 열량계법 및 동적기계적 열분석법을 이용하여 유리전이 온도를 측정하므로써 이를 바탕으로 체적 안정성을 추론하는 방법을 사용하였다.

정적인 열분석법 중에서 시차 주사 열량계법은 α 전이온도(Tg)와 β , γ relaxation 같은 2차 완화 거동을 통하여 체적 안정성을 평가할 수 있는 방법으로 온도를 변화시켜 가면서 시편으로부터 또는 시편으로 흐른 열의 양(dQ/dt)을 측정하는 방법으로서 시료와 기준 물질을 각각의 가열로에 넣고 일정한 속도로 온도를 올렸을 때 시료가 흡열을 하면 그와 동일한 양의 전기에너지를 시료의 가열로에 공급하며 만약 발열을 하면 발열에 해당하는 만큼의 전기에너지를 기준 물질의 가열로에 공급하여 두 개의 가열로 안의 시료 접시온도를 항상 같게하는 원리를 이용하는 열분석법 중의 하나이다. 이는 시료와 기준 물질이 든 가열로에 가해지는 에너지량을 측정함으로써 얻어진 DSC 곡선의 peak 위치, 모양 및 수로부터 시료의 정성적인 물질의 변화를 확인할 수 있고 peak의 넓이는 시료가 변성할 때의 엔탈피(enthalpy)의 변화에 관계되므로 시료 중에 반응을 일으키는 물질이나 시료의 열에 대한 변수들을 정량적으로 계산할 수 있다. 따라서 시차 주사 열량계법을 이용한 열분석법은 실험 자료를 얻는 속도가 빠르고 재현성이 있으며 시료의 사용량이 mg 단위로 적고 한 번의 실험이지만 온도가 계속 바뀌기 때문에 여러 온도에서 실험한 많은 결과 자료를 얻을 수 있으며 얻은 결과는 실험적이 값이라기 보다는 근본적인 성질을 나타내는 것이므로 다른 방법으로 얻은 결과와 비교할 수 있는 대상이 된다는 점에서 그 장점이

있다고 할 수 있다.

의치상 재료의 유리전이 온도는 매우 다양하여 아크릴 레진이 105°C, 비닐 폴리머는 80°C 정도이다. 유리전이 온도(glass transition temperature, Tg)란 고분자의 무정형 부분이 분자쇄운동 즉 회전운동, 진동운동 및 병진운동이 일어나 glass 상태에서 고무 상태로 전이하는 현상이 일어나는 온도로써 체적 안정성에 영향을 줄 수 있다²¹⁾. 즉, 유리전이 온도이하에서 재료의 물성은 취약(brittle)해지고 중량체의 분자는 제한적인 운동 양상을 보인다.

그림 15, 16의 DSC thermogram에서 보는 바와 같이 약 114°C 부근에서 α 전이온도(Tg), 즉 유리전이 온도 영역에서는 10-50 개의 주쇄원자가 움직일 수 있는 열에너지가 충분하여 서로 연관된 분자운동을 하게 되며 분자운동과 관련된 자유 부피(free volume)가 일정하다는 것은 이미 알려진 바 있다. 이 결과 시차 주사 열 분석에 의하여 체적 안정성을 분석하였으며 본 실험에서는 2차 완화 거동을 관찰하지 않았으나 좀 더 넓은 온도 범위에서 관찰한다면 β relaxation 같은 2차 완화 거동을 통하여 체적 안정성을 평가할 수 있을 것이다.

동적 기계적 열분석법(DMTA:Dynamic Mechanical Thermal Analysis)은 진동하는 외력을 가하였을 때 대응하여 발생되는 물질의 변형을 온도에 따라 측정하는 것으로 레진의 물리 화학적 구조 및 성질을 알 수 있을 뿐 아니라, 가해진 변형조건 하에서 어떠한 성질을 나타내는지 알 수 있다²²⁾. 이 방법은 유리전이 온도를 더욱 정확히 측정하여 체적 안정성을 평가할 수 있을 뿐 아니라 탄성률과 $\tan\delta$ 를 온도의 함수로 측정하여 파절에 대한 저항성을 평가할 수 있다. 동적 기계적 열분석을 통해 얻을 수 있는 그래프는 두개의 선을 그리며 이중 하향하는 곡선은 저장 탄성률을 나타내 재료의 탄성률을 보여주고, peak를 그리는 선은 $\tan\delta$ 로서 손실 탄성률/저장 탄성률의 관계를 나타낸다. 이러한 탄성률 곡선의 peak 값이 높고 peak를 그리는 면적이 넓을수록 파절강도가 더 우수한 재료라고 해석할 수 있다²³⁾.

그림 17, 18에서 보는바와 같이 QC-20 아크릴 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편의 경우 유리전이 온도가 137.88°C였고, SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편의 경우는

139.78°C로, SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편의 경우가 약 2°C 정도 높아 시차 주사 열량계법에서 측정된 결과와 동일하게 체적 안정성이 더 우수한 것으로 나타났다. 또한 고온에서 저장 탄성률을 측정된 결과 SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편의 경우가 QC-20 아크릴 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편의 경우보다 높게 나타나 파절에 저항성이 높음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 Strohaber 등²⁰⁾이 중합 수축 전, 후 의치상의 수직 고경을 측정된 결과 SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편은 0.02mm, QC-20 아크릴 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편은 0.66mm의 수직고경의 변화를 보고한 결과와 일치하였고, 또한 Ludwig 등²⁰⁾의 연구에 의하면 SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편의 경우는 18.6 μ m의 수직고경의 변화가 발생된 반면, QC-20 아크릴 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편의 경우는 165 μ m의 수직고경의 변화를 보였다 하였는데 본 연구 결과에서도 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 SR-Ivocap 레진의 경우가 가압 성형법으로 제작한 QC-20 아크릴 레진 시편의 경우보다 체적 안정성이 우수하였다.

이상의 연구결과를 볼 때 각 레진을 적합한 성형법을 선택하여 제작하는 것이 우선적으로 수행되어야 한다. 파절에 대한 저항성과 체적 안정성에 근거하여 QC-20 아크릴 레진은 가압 성형법 또는 지속적 가압 주사식 성형법이 적합하며, 반면 SR-Ivocap 레진은 지속적 가압 주사식 성형법에 의해 의치상 레진을 제조 시 가장 우수한 물리적 성질을 나타냄을 알 수 있었다. 그러나 Mark press 건열 성형법에 의해 제작된 QC-20 아크릴 레진은 다른 수지 재료에 비해 물성이 다소 떨어짐이 나타났는데 이는 본 실험에서 의치상 레진을 일반적으로 가압 성형법에 의해 제조되는 QC-20 아크릴 레진과 지속적 가압 주사식 성형법을 이용하는 SR-Ivocap 레진을 사용하였기 때문으로 생각된다.

레진 성형시 주입구의 위치, 방향, 수 등에 의해서도 레진의 물성, 구조 및 배향성의 변화가 예측되므로 이에 관한 연구가 앞으로도 계속적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

가압 성형법, Mark press 건열 성형법 및 지속적 가압 주사식 성형법으로 QC-20 아크릴 레진과 SR-Ivocap 레진을 이용하여 각각 레진 시편을 제조하여 주사 전자현미경적 관찰, 충격 시험, 시차 주사 열량계법, 동적 기계적 열분석법을 통하여 측정된 후, 각 시편의 물리적 특성과 체적 안정성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 주사 전자현미경을 이용하여 레진의 파단면을 관찰한 결과, SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편의 경우가 가장 균일한 파단면 구조를 보였으며 이는 레진 내의 분자들의 배향이 균일함 즉 무배향에 기인한다고 생각된다.
2. 레진의 변형, 파괴 에너지, 충격 저항 등을 측정하기 위해 충격 시험을 이용한 결과, QC-20 아크릴 레진과 SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 의치상 레진이 파절에 대한 우수한 충격강도를 보였다.
3. 온도 변화에 따른 시차 주사 열분석법에서 QC-20 아크릴 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편 A의 경우와 SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편 F의 경우의 α 전이온도(Tg)에 해당하는 유리전이 온도의 변화가 거의 유사하게 나타나 유리 전이 온도만으로 체적 안정성을 평가하기는 미흡했다.
4. 동적 기계적 열분석법을 이용하여 체적 안정성을 평가한 결과 QC-20 아크릴 레진을 가압 성형법으로 제작한 시편 A의 경우는 유리전이 온도가 137.88°C였고, SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편 F의 경우는 139.78°C로, 시차 주사 열량계법에서 측정된 결과와 동일한 경향을 나타낸다고 생각되며 따라서 시편 F가 체적 안정성이 시편 A에 비해 더 우수한 것으로 사료된다.
5. 동적 기계적 열분석을 통해 고온에서 저장탄성률을 측정하여 파절에 대한 저항성을 평가한 결과, SR-Ivocap 레진을 지속적 가압 주사식 성형법으로 제작한 시편 F가 QC-20 아크릴 레진을

가압 성형법으로 제작한 시편 A보다 저장탄성률이 높게 나타나 시편 F가 파절에 대한 저항성이 더 우수한 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 김문영, 정관호, 유형우, 안승근, 송광엽, 박찬운: "총의치 온성방법에 따른 교합 및 수직고경의 변화", 대한치과 보철학회지, 34:277-284, 1996.
2. 김성철, 이 경우 : "고분자기기 분석, 제 10회 한국 고분자학회 강좌", 1988.
3. 김학선, 김광남, 장익태: "마이크로파 중합에 의한 의치상 레진의 물리적 성질에 관한 연구", 대한치과 보철학회지, 28:109-124, 1990.
4. 채숙영, 방몽숙: "의치상 레진의 중합 방법에 따른 크기의 안정성 및 표면 형태에 관한 연구", 대한치과보철학회지, 30:401- 412, 1992.
5. 황승우, 정문규 : "지속적 가압 주사식 열중합 의치상 레진에 대한 열중합, 자가중합 및 광중합 레진의 결합력에 관한 비교분석", 대한치과 보철학회지, 31:385-394, 1993.
6. Anderson, G. C., Schulte, J. K. and Arnold T. G.: "Dimensional stability of conventional processing of denture base acrylic resin", J. Prosthet. Dent., 60:394-398, 1988.
7. Arnold, T. G., Schulte, J. K. and Anderson G. C.: "Dimensional stability of injection and conventional processing".
8. Becker, C. M., Smith, D. E., and Nicholls, J. I.: "The comparison of denture-base processing technique. Part I Material characteristics", J. Prosthet. Dent., 37:330-342,1977.
9. Brien R, Lang and Charles C. Kelsey: "International Prosthodontic Workshop", The university of Michigan, June 12-15, 1972.
10. Clerk, J. P.: "Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses", J Prosthet Dent., 57:650-663, 1987.
11. Davenport, J. C.: "The oral distribution of Candida in denture stomatitis", Br. Dent. J., 129:151-164, 1970.
12. De Gee, A. J., Harkel, E. C. and Davidson, C. L.: "Measuring procedure for the determination of the three-dimensional shape of dentures", J Proshet. Dent., 42:149-164,1979.
13. Garfunkel, E.: "Evaluation of dimensional changes in complete dentures processed by injection-processing and the pack- and-press technique", J. Prosthet. Dent., 50:757-786, 1983.
14. Grant, A. A.: "Effect of investment procedure on tooth movement", J. Prosthet. Dent., 12:1053-1067, 1962.
15. Grant, A. A.: "Distortion of gypsum casts following the polymerization of methyl methacrylate", J. Dent. Res., 42:8-17, 1963(Abstr No. 9).
16. Grunewald, A. H., Paffenbarger, G. C. and Dickson, G.: "The effect of molding processes on some properties of denture resins", JADA, 44:269- 278, 1952.
17. Hand book of complete denture prosthetics: Ivoclar (U.S.A.) Inc, 1985.
18. Hardy, F.: "Comparison of fluid resin and compression molding methods in processing dimensional changes", J. Prosthet. Dent., 39:375-388, 1978.
19. Kimura, H., Teraoka, F., Ohinishi, H., Saito. T. and Yato, M.: "Applications of microwave for dental technique(part I) dough-forming and curing of acrylic resins", J. Osaka. Den. Sch., 23:43-49, 1983.
20. Ludwig, Kober and Kiel: "SR-Ivocap perfection in dental prostheses- perfect fit, occlusion, compatibility", 1987.
21. Mahler, D.B.: "Inarticulation of complete dentures processed by the compression molding technique", J. Prosthet. Dent., 1:551-563, 1951.
22. Ogle, R. E., Sorensen, S. E. and Lewis, E. A.: "A new visible light-cured resin system applied to removable prosthodontics". J. Prosthet. Dent., 56:497-504, 1986.
23. Phillips, R.W.: "Skinner,s science of dental materials", 8th ed.:177-185, WB Saunders Co., 1982.
24. Pickett, H. G., and Appleby, R. C.: "A comparison of six acrylic resin processing technics",

- JADA, 80:1309-1320, 1970.
25. Reitz, P. V., Sanders, J. L. and Levins, B.: "The curing of denture acrylic resins by microwave energy. Physical properties", *Quintessence Int.*, 8:547-556, 1985.
 26. Schmidt, K.H.: "SR-Ivocap system and denture structure", *Quintessence Int.*, 4: 29-32, 1976.
 27. Strohaver RA.: "Comparison of changes in vertical dimension between compression and injection molded complete dentures", *J. Prosthet. Dent.*, 62:716-728, 1989.
 28. Sykora, O. and Sutow, E. J.: "Practical assessment of a injection-denture processing technique(SR-Ivocap)", *Quintessence Dent. Technol.*, 12:147 -154, 1988.
 29. The Academy of Denture Prosthetics: "The final report of the workshop on the clinical requirements of ideal denture base materials", *J. Prosthet. Dent.*, 20:101, 1968.
 30. Trage, R.: "Experience gained with the SR-Ivocap system", *Die. Quintessence* 26:1-13, 1975.
 31. Trage R.: "Experience gained with the SR-Ivocap system", *Quintessence Int.*, 1:23-28, 1980.
 32. Uchida, K., Okamoto, F. and Sato, T.: "Dimensional accuracy of microwavecured denture base resin", *J. Jpn. Prosthodont.*, 33:114-128, 1989.
 33. Wallace, P. W., et al.: "Dimensional accuracy of denture resin cured by microwave energy", *J. Prosthet. Dent.*, 66:403-412, 1991.
 34. Woelfel, J. B., Paffenbarger, G. C., and Sweeney, W. T.: "Dimensional changes occurring in dentures during processing", *JADA*, 61:413-421, 1960.
 35. Wolfaardt, J. F., Cleaton-Jones, P. and Fatti, P.: "The occurrence of porosity in a heat-cured poly (methyl methacrylate) denture base resins", *J. Prosthet. Dent.*, 55:393-403, 1986.
 36. Wolfaardt, J., and Cleaton-jones, P., and Fatti, P.: "The influence of processing variables on dimensional changes of heat-cured poly(methyl methacrylate)", *J. Proshet. Dent.*, 55:518-526, 1986.
 37. Zissis, A. J. and Polyzois, G. L.: "Fracture energy of denture bases: The effect of activation mode of polymerization", *Quintessence Dent.*

ABSTRACT

A STUDY ON THE PHYSICAL PROPERTIES AND VOLUMETRIC STABILITY OF SR-IVOCAP RESIN SYSTEM

Sung-Sik Eun, Hyeog-Sin Kweon, Chae-Heon, Chung

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chosun University

This study helps to clarify conflicting reports by comparing the physical properties and accuracy of complete denture processed by the pack and press technique, continuous-pressure injection technique(SR-Ivocap system) and Mark press technique.

The 6 different specimens have been evaluated using the SEM, Impact test, DSC (Differential Scanning Calorimetry) and DMTA(Dynamic Mechanical Thermal Analysis). Each sample was made of SR-Ivocap resin and QC-20 resin by different processing methods.

The results were as follows :

1. As the result of the observation on the fracture surface of resin by use of SEM, sample SR-Ivocap resin cured by continuous pressure injection method showed the most homogeneous structure. This is why molecules in SR-Ivocap resin have no orientation.
2. As the result of the Impact test in order to measure the deformity, fracture energy and impact resistance of resin, the samples with QC-20 acrylic resin and SR-Ivocap resin cured by continuous pressure injection method were excellent.
3. In consequence of measuring α -glass transition temperature by use of DSC on the basis of temperature change, the glass transition temperatures of sample QC-20 resin cured by pack and press method and sample SR-Ivocap resin cured by continuous pressure injection method were very similar. Thus volumetric stability could not be evaluated only by glass transition temperature.
4. In comparing volumetric stability data by DMTA, the glass transition temperature(Tg) showed 137.88°C at sample QC-20 resin cured by pack and press method and 139.78°C at sample SR-Ivocap resin cured by continuous pressure injection method. Therefore sample SR-Ivocap resin cured by continuous pressure injection method seems to be superior to sample QC-20 resin cured by pack and press method in the dimensional stability at high temperature.
5. In comparing storage modulus data by DMTA, the storage modulus of sample SR-Ivocap resin cured by continuous pressure injection method was higher than that of sample QC-20 resin cured by pack and press method. So, sample SR-Ivocap resin cured by continuous pressure injection method seems to be superior to sample QC-20 resin cured by pack and press method in impact strength.