

치과진료용 인상재의 전단율과 점도의 비교

Comparison of shear rate and viscosity of the commercial dental impression materials

진 명 훈* 이 광 래**
Jin, Myoung-Hoon Lee, Kwang-Rae

Abstract

Viscosity and shear stress of the dental impression materials on commercial market(Imprint Garant LB(3M, U.S.A), EXAMIXFINE IT(GC, Japan), Vonflex S LB(Vericom, Korea), S-Silicone LB(Shinwon, Korea)) were measured with increasing shear rate from 50(1/sec) to 100(1/sec). The viscosity of EXAMIXFINE IT was decreased from 20,542(cP) to 14,684(cP), which is the shear thinning property of pseudoplastic as non-Newtonian fluid. Since the pseudoplastic property makes the impression material shear thinning and softly injected from cartridge, EXAMIXFINE IT might be popularly used in dentistry.

키워드 : 치과, 인상재, 점도, 전단율, 전단응력, 전단유동화

Keywords : *dentistry, impression materials, viscosity, shear rate, shear stress, shear thinning*

1. 서론

치과에서 사용되고 있는 인상재는 구강조직부와 그들의 공간적 관계를 정확하게 인기하기 위하여 사용되는 물질로서 치과진료용 보철물을 정확하게 제작하기 위하여 보철물을 제작하기 전에 환자 구강상태와 동일한 양형의 모형제작이 필요하다. 이때 환자 구강상태와 동일한 음형의 형태를 제작하는 과정을 인상이라 하며, 인상은 경지상태, 이동상태의 구강조직의 일부 또는 전체 조직의 음형을 기록하는 과정이다. 치과진료를 위한 보철 제작의 첫 번째 과정인 인상채득이 잘못되면 모형이 부정확하게 되고 모형상에서 제작되는 보철물도 부정

확할 수밖에 없으며, 보철 제작과정 중 가장 중요한 과정이다[1].

인상재는 구강조직을 복제할 때 사용하는 재료이며, 치아 전체를 복제하거나 하나의 치아 또는 무치악의 음형을 복제하는데 사용된다. 인상재는 치아의 미세부로 스며들어 구강을 정확하게 복제해야 하므로 흐름성과 친수성이 중요하며 구강에서 제거될 때 받는 압력을 충분히 견딜 수 있어야 정확한 인상 채득이 가능하다[1].

부가 중합형 실리콘 고무인상재는 치아의 형태와 교합관계, 치아를 둘러싸고 있는 주위조직들을 정확하게 인기하여 정밀한 복제물을 얻기 위해 사용되는 재료이다. 고무인상재에 있어서 가장 중요한 성질 중 하나인 점도는 재료의 종류와 온도, 혼합속도 등에 따라 영향을 받는다[2]~[5]. 일반적으로 점도는 반응시간이 경과할수록 증가하며, 온도가 높을수록 반응이 빨리 일어나 점도가 증가하게 된다. 고무인상재는 pseudoplastic 또는 thixotropic

* 강원대학교 화학공학과 석사과정

** 강원대학교 화학공학과 교수, 공학박사, 교신저자

현상을 나타낸다. 재료의 혼합이나 syringe로부터 재료가 사출 될 때 전단응력을 받게 되며, 전단응력이 낮으면 고점도로서 흐름성이 떨어지는 특성을 나타낸다[8][9]. 인상재가 syringe를 통해 사출되면서 강한 전단응력을 받게 되어 점도가 낮아지고 흐름성이 좋아지는 특징을 나타낸다. 점도가 낮고 흐름성이 좋아지면 미세부 재현성이 우수하다. 낮은 점도와 우수한 흐름성을 가진 인상재는 치아의 미세부위까지 잘 흘러 들어가 정밀한 인상채득이 가능해진다[5]~[7].

본 연구에서는 시판되고 있는 제품(Imprint Garant LB(3M, U.S.A), EXAMIXFINE IT(GC, Japan), Vonflex S LB(Vericom, Korea), S-Silicone LB(Shinwon, Korea)들의 shear rate 변화에 따른 점도 변화와 shear stress의 값을 각각 측정하였으며, 각각의 인상재가 카트리지에서(cartridge)에서 사출될 때 전단응력을 받아 점도가 낮아지는 shear thinning 현상을 나타내는 지를 판별하고자 하였다. 이러한 shear thinning 현상은 치아의 미세부분까지 잘 흘러 들어가서 치아의 상태를 정확하게 인기하는 미세부 재현성에 큰 영향을 미칠 뿐아니라 카트리지를 통해 인상재 사출할 때에 느끼는 부드러움이 인상재 선택의 호·불호에 영향을 미치기 때문이다. 이러한 유변학적 거동은 고분자의 종류, 고분자 분자량의 크기, 충전제의 종류 및 함량[8]~[11]에 따라 달라질 수 있다.

2. 실험

본 연구에서는 시중에 판매되고 있는 인상재 제품인 Imprint Garant LB(3M, U.S.A), EXAMIXFINE IT(GC, Japan), Vonflex S LB(Vericom, Korea), S-Silicone LB(Shinwon, Korea)를 구입하여 점도(viscosity)와 전단율(shear rate)에 따른 전단응력(shear stress)을 측정하였다.

점도 및 전단응력은 Cone and plate type 점도계(Brookfield, HB-DV PRO II+, U.S.A.)를 사용하여 전단율을 50(1/sec)에서 100(1/sec)로 변화시키면서 측정하였으며, CPA-52Z spindle을 사용하였다.

3. 결과 및 토론

시중에 판매되고 있는 인상재 제품인 Imprint Garant LB(3M, U.S.A), EXAMIXFINE IT(GC, Japan), Vonflex S LB(Vericom, Korea), S-Silicone LB(Shinwon, Korea)에 대하여 전단율의 변화에 따른 점도 및 전단응력의 측정치를 Fig.1~4에 나타내었다.

Imprint Garant LB(3M, U.S.A)는 전단율(shear

rate)을 50(1/sec)에서 100(1/sec)로 변화시켰을 경우, 점도가 7,937 cP에서 10,112 cP로 1.27배 증가하였으며, 전단응력은 3,968 dyne/cm²에서 10,112 dyne/cm²로 2.55배 증가하였다. 이는 전단율 증가시킬 경우 점도가 증가하므로, shear thinning 현상에 의한 치아의 미세부에 대한 인상을 높이는 효과는 없으며, 카트리지에서 인상재를 사출시키기 위해 힘을 가하더라도 (즉, 전단율을 증가시키더라도) 점도가 낮아지지 않으므로 인상재 적용시에 뻣뻣하다는 느낌을 주게 되는 것으로 판단된다.

EXAMIXFINE IT(GC, Japan)는 전단율을 50(1/sec)에서 100(1/sec)로 변화시켰을 경우, 점도가 20,542 cP에서 14,684 cP로 1.40배 감소하였으며, 전단응력은 10,271 dyne/cm²에서 14,684 dyne/cm²로 1.43배 증가하였다. 전단율을 증가시킬 경우 점도가 매우 낮아지는 shear thinning 현상은 치아의 미세부분까지 잘 흘러 들어가서 치아의 상태를 정확하게 인기하는 미세부 재현성에 큰 영향을 미칠 뿐아니라 인상재 적용시에 카트리지에서 인상재를 사출시키기 위해 힘을 가하면 (즉, 전단율을 증가시키면) 점도가 급격히 낮아지므로 매우 부드럽게 사출되는 느낌을 주게 된다. 이는 비뉴턴 유체(non-Newtonian fluid)의 특성을 나타내는 유체 중에서 Pseudoplastic fluid로서의 shear thinning 특성을 나타내는 유체로 판단된다(Fig.2 참조).

Vonflex S LB(Vericom, Korea)는 전단율(shear rate)을 50(1/sec)에서 100(1/sec)로 변화시켰을 경우, 점도가 9,334 cP에서 8,699 cP로 1.07배 감소하였으며, 전단응력은 4,667 dyne/cm²에서 8,699 dyne/cm²로 1.86배 증가하였다. 전단율을 증가시킬 경우 점도가 소량 감소하므로, shear thinning 효과에 의한 미세부의 인상효과가 조금은 나타날 것으로 판단되며, 카트리지에서 인상재를 사출시키기 위해 힘을 가하면 (즉, 전단율을 증가시키면) 인상재 적용시에 shear thinning 효과에 의해 조금은 부드럽게 사출되는 느낌을 주는 것으로 판단된다.

S-Silicone LB(Shinwon, Korea)는 전단율을 50(1/sec)에서 100(1/sec)로 변화시켰을 경우, 점도가 9,207 cP에서 10,874 cP로 1.18배 증가하였으며, 전단응력은 4,603 dyne/cm²에서 10,874 dyne/cm²로 2.36배 증가하였다. 이는 전단율을 증가시킬 경우 점도가 증가하므로 shear thinning 현상에 의한 치아의 미세부 인상에 대한효과가 없으며, 카트리지에서 인상재를 사출시키기 위해 힘을 가하면 (즉, 전단율을 증가시키면) 점도가 증가하므로 인상재 적용시에 부드럽게 사출되는 느낌을 주지는 않는 것으로 판단된다.

전술한 바와 같이 EXAMIXFINE IT(GC, Japan)는 전단율을 증가시킬 경우 점도가 매우 낮아지는 shear thinning 현상에 의하여 치아의 미세부분까지 잘 흘러 들어가서 치아의 상태를 정확하게 인

기하는 미세부 재현성에 큰 영향을 미칠 뿐아니라 카트리지로 부터 인상재가 매우 부드럽게 사출되는 느낌을 주게 되어 사용자들이 호감을 갖게 되는 요인으로 작용하고 있다. 따라서, 비뉴톤 유체의 특성을 나타내는 유체 중에서 Pseudoplastic fluid로서의 특성을 나타내는 shear thinning 인상재를 제조하고자 하는 연구가 진행되고 있다.

그러나, EXAMIXFINE IT(GC, Japan)가 전단율(shear rate)의 변화 범위(50~100 1/sec)에서 점도가 20,542 cP에서 14,684 cP로 급격히 낮아지는 비뉴톤 유체인 Pseudoplastic fluid로서의 shear thinning 현상을 나타내는 유변학(Rheology)적인 특성을 가지고 있으나, Imprint Garant LB(3M, U.S.A), Vonflex S LB(Vericom, Korea), S-Silicone LB(Shinwon, Korea)의 점도가 각각 7,937~10,112 cP, 9,334~8,699 cP, 9,207~10,874 cP인 것에 비하여 EXAMIXFINE IT(GC, Japan)의 점도는 20,542~14,684 cP로서 매우 높게 나타나는 점과의 상관관계에 대한 해석이 뒤따르는 연구가 필요하다고 판단된다.

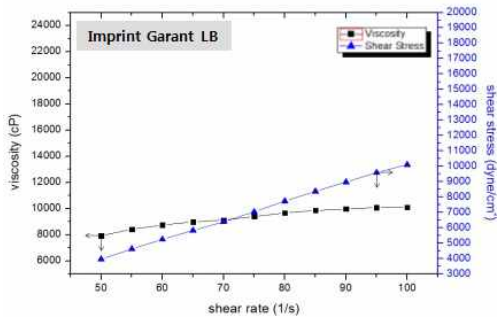


Fig.1. Viscosity and shear stress vs. shear rate

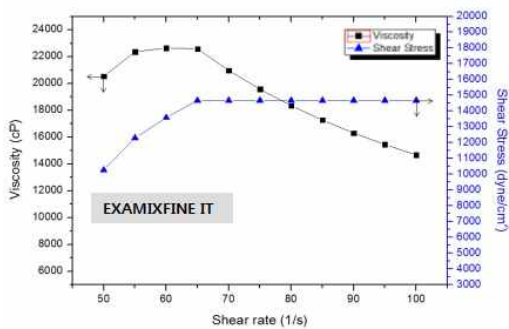


Fig.2. Viscosity and shear stress vs. shear rate

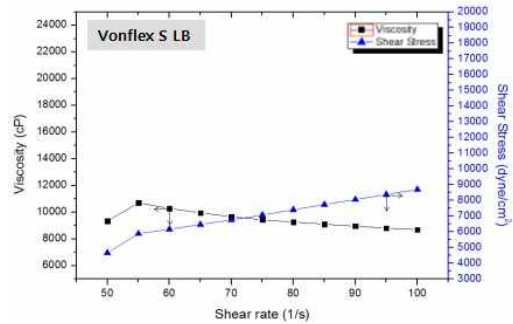


Fig.3. Viscosity and shear stress vs. shear rate

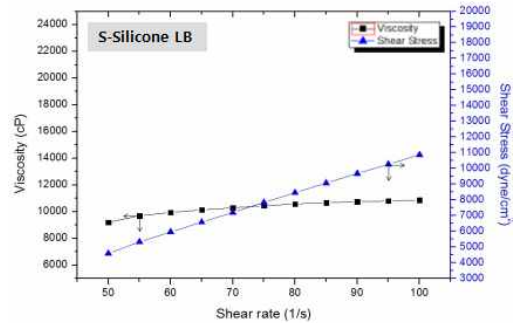


Fig.4. Viscosity and shear stress vs. shear rate

4. 결론

시중에 판매되고 있는 인상재 제품인 Imprint Garant LB(3M, U.S.A), EXAMIXFINE IT(GC, Japan), Vonflex S LB(Vericom, Korea), S-Silicone LB(Shinwon, Korea)에 대하여 전단율(shear rate)의 변화에 따른 점도(viscosity) 및 전단 응력(shear stress)의 측정하였다. 그 중에서 EXAMIXFINE IT(GC, Japan)가 전단율(shear rate)을 50(1/sec)에서 100(1/sec)로 변화시켰을 경우, 점도가 20,542 cP에서 14,684 cP로 1.40배 감소하였으며, 전단율을 증가시킬 경우 점도가 매우 낮아지는 shear thinning 현상에 의하여 치아의 미세 부분까지 잘 흘러 들어가서 치아의 상태를 정확하게 인기는 미세부 재현성에 큰 영향을 미칠 뿐 아니라 카트리지에서 인상재를 사출시키기 위해 힘을 가하면 (즉, 전단율을 증가시키면) 점도가 급격히 낮아져서 인상재 적용시에 매우 부드럽게 사출되는 느낌을 주게 되는 직접적인 요인이 된다. 즉, 인상재가 카트리지에서 사출될 때 전단응력을 받아 점도가 낮아지는 shear thinning 현상을 나타

낸다. 이는 비뉴턴 유체의 특성을 나타내는 유체 중에서 Pseudoplastic fluid로서의 shear thinning 특성을 나타내는 유체로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 정인성, 차성수 and 정인호, *치과재료학*, 서울: 신광출판사, pp.102-152, 2007.
- [2] J. F. McCabe and T.E. Carrick, Rheological Properties of Elastomers during Setting, *J. Dent. Res.*, **68**(8), 1218-1222, 1989.
- [3] J. G. Stannard and R.G. Craig, Modifying the Setting Rate of an Addition Type Silicone Impression Material, *J. Dent. Res.*, **58**(4), 1377-1382, 1979.
- [4] J. Matthew, E. C. Thomas and F. M. John, Surface detail reproduction of elastomeric impression materials related to rheological properties, *Dental Materials*, **24**, 951-956, 2008.
- [5] J. F. McCabe and H. J. Wilson, Addition curing silicone rubber impression materials an appraisal of their physical properties, *Brit. Dent.*, **145**(1), 17-20, 1978.
- [6] G. B. Shah, The effect of bimodality on the tear properties of filled silicone networks, *J. App. Polymer Science*, **94**, 1719-1722, 2004.
- [7] B. B. Boonstra, H. Cochrane and E. M. Dannenberg, Reinforcement of silicone rubber by particulate silica, *Rubber Chem. Tech.*, **48**(4), 558-576, 1975.
- [8] I. C. Pang, A study of the "Thixotropic" property of elastomeric impression materials, *Int J Prothodont.*, **7**(2), 155-158, 1994.
- [9] R. G. Crag, Evaluation of an automatic Mixing system for an addition silicone impression materials, *J. Am. Dent. Assoc.*, **110**(2), 213-215, 1985.
- [10] J. F. McCabe and H. Arikawa, Rheological Properties of Elastomeric Impression Materials Before and During Setting, *J. Dent. Res.*, **77**(11), 1874-1880, 1998.
- [11] J. E. Martinez, E. C. Combe and I. J. Pesun, Rheological properties of vinyl polysiloxane impression pastes, *Den. Materials*, **17**(1), 471-476, 2001.