

Bulk-fill 복합레진, 믿고 사용해도 될까?

연세대학교강남세브란스병원 치과보존과
고결, 박정원

ABSTRACT

Department of Conservative Dentistry, Gangnam Severance Hospital, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Korea
Kyeol Koh, Jeong-Won Park

Composite resin restorations in posterior teeth are increasing due to the aesthetic needs of patients and the development of materials. This trend will accelerate in line with domestic insurance policies. However, resin composites generate stresses due to their contraction during the polymerization process. To reduce the polymerization shrinkage stress of resin composites, incremental layering technique has been recommended for decades. This technique reduces stress at the cavity wall interface and allows a more efficient light curing of the material. Bulk-fill resin composites have been designed to simplify the restorative technique because they can be placed into cavities in a single increment of 4-5mm. The simplification of the operative procedures is desirable in clinical daily practice. In this context, bulk-fill resin composites are an attractive alternative for posterior restorations. However, a clearer understanding of the clinical performance of this relatively new class of materials in comparison to conventional resin composites is required.

Based on previous studies, the aim of the current review was to present the clinical criteria for the use of bulk-fill composites in direct restorations of posterior teeth.

Key words : Bulk-fill composites, polymerization, shrinkage stress, longevity

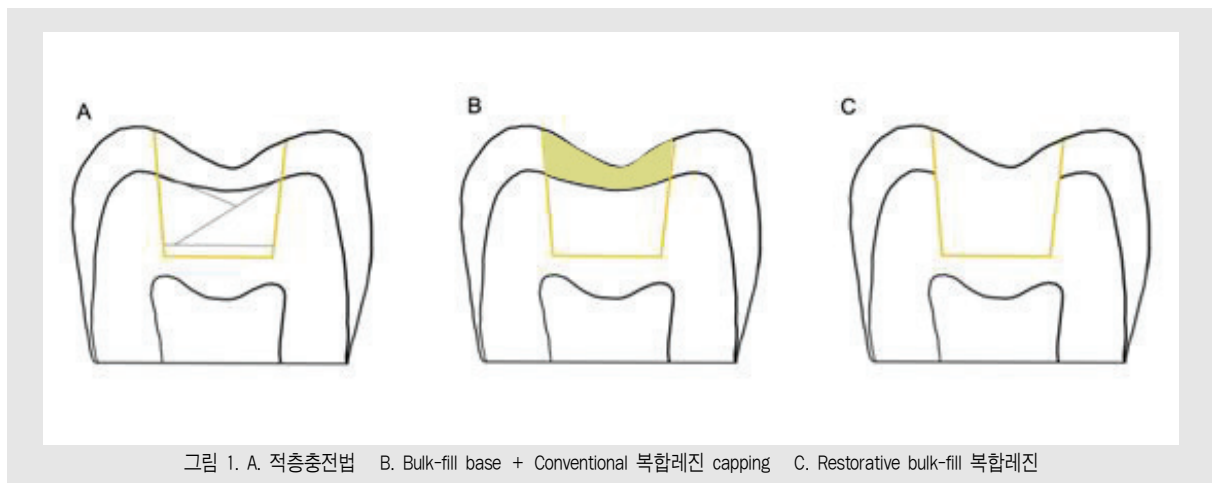
Corresponding Author
Kyeol Koh, Jeong-Won Park
E-mail : kohkyul@hanmail.net

I. 서론

구치부의 복합레진 수복은 환자들의 심미적인 욕구와 재료의 발전으로 인하여 수요가 증가되고 있다. 국내에서는 2019년 1월 1일부터 12세 이하의 아동을 대상으로 치아우식증에 이환된 영구치의 광중합형 복합레진 충전이 요양급여 항목으로 신설됨에 따라 향후 이와 같은 추세는 가속화될 것으로 예상된다. 복합레진의 발전으로 인하여 물성이 개선되고 있으며 임상 적용이 늘고 있지만, 아직까지 한계점은 존재하며 그 중에 대표적인 단점으로 중합수축을 들 수 있다. 중합수축으로 발생하는 응력은 술후 과민증, 수복물의 미세누출 및 변색, 치아의 변형 등 여러 가지 임상적 문제점을 야기하며 따라서 이를 줄이기 위한 여러 방법들이 제시되어 왔다. 재료의 측면에서 충전재 (filler)의 함량을 늘이거나 기질의 조성에 변화를 주어 중합수축 응력을 줄이려는 시도가 있었고, 임상적 기법으로 간접수복법을 이용하거나 광중합 방법의 변형, 혹은 적층 충전법 (incremental filling)을 이용해왔다 (그림 1-A). 이 중 적층충전법은 복합레진을 와동에 충전 시 2mm 이하의 층으로 반복 충전함으로써 와동에의 적합도와 중합도를 증가시키고 C-factor를 감소시켜 수축응력을 완화시키기 위한 노력이다. 그러나 각층 사이에 기포 함입의 가능성이 있고 각 층

의 layering과 광중합에 많은 시간과 노력이 소요되는 문제점이 있다. 최근 레진 재료의 개발로 이러한 적층 충전의 필요성을 줄여 한 번에 4-5mm 충전과 중합을 수행할 수 있다고 하는 “Bulk fill” 복합레진이 출시되었다. 이러한 재료들은 투명도가 높아 재료 내로 많은 빛이 분산될 수 있고, 반응성 광개시제의 양을 조절하거나 종류를 다양하게 이용하여 더 깊게 중합되며, 중합 반응의 modulator로 작용하는 stress breaker 단량체를 포함함으로써 낮은 중합수축을 나타낸다^{1),2)}.

현재 시판되는 Bulk-fill 복합레진은 두 가지 유형이 있는데, 점도에 따라 점도가 낮은 flowable type과 일반적인 conventional type으로 나눌 수 있다. 이 중 flowable type은 흐름성이 좋은 저점도 복합레진으로 충전재 함량이 낮아 base로 주로 이용하며 조작성이 용이한 장점을 갖고 있으나 낮은 물성으로 인해 상부에 conventional type의 복합레진으로 덮어주는 과정이 필요하다(그림 1-B). Conventional type의 bulk-fill 레진은 restorative bulk-fill 혹은 sculptable이나 paste-like bulk-fill 복합레진이라 불리며, 추가적인 capping과정 없이 단층으로 이용 가능하다(그림 1-C). 이러한 재료들은 많은 무기 충전재를 함유하고 물성이 우수하여 높은 저작력이 가해지는 곳에도 사용 가능하다³⁾⁻⁶⁾.



임상가를 위한 특집 1

제조사에 의하면 이러한 bulk-fill 복합레진의 사용은 시술시간을 줄일 수 있을 뿐 아니라, 물성의 손실 없이 한 번에 충전과 광중합을 시행할 수 있다고 주장한다. 이와 같은 장점으로 bulk-fill 복합레진은 구치부 수복물에 있어 매력적인 재료로 대두되고 있으나, 아직 임상에서 사용기간이 짧고, 실제 물리적 특성이 기존의 일반적인 복합레진에 비해 우수하지에 대해서는 명확한 이해 하에 사용하여야 한다. 이에 본 논문에서는 기존의 연구를 바탕으로 bulk fill 복합레진의 사용에 대한 임상적인 기준을 제시해보고자 한다.

1. 물리적 특성

1. 실제 2 mm가 넘는 와동에서 바닥면까지 중합이 잘 일어나는가?

현재 구치부 레진 충전을 하는 경우 일반적으로 적충충전을 추천하고 있다. 그 이유는 레진의 광중합 정도가 2 mm를 넘어가면 급격히 떨어진다는 점과 많은 양의 복합레진을 한번에 충전할 경우 중합수축 응력이 높게 발생하여 술후 합병증이 나타날 수 있기 때문이다. 하지만 bulk fill 복합레진의 경우, 기존의 복합레진과는 달리 제조사에서 한 번에 4-5mm bulk filling이 가능하다고 설명한다. 따라서 실제로 '바닥면까지 중합이 잘 일어나는가?'에 대한 평가가 필요하다. 이를 위하여 bulk-fill 복합레진의 중합율을 측정하거나⁷⁾, 시편 표면의 미세경도 측정⁸⁾을 통해 간접적으로 중합의 정도를 평가할 수 있다.

1-1. 중합율 (Degree of conversion, DC)

복합레진의 중합율은 재료의 기계적 특성을 결정하는데 결정적이며, 수복물의 임상적 성공에 있어서도 중요한 요소로 알려져 있다. 대부분 복합레진의 중합도는 55-60% 범위 내에 존재하며, 이는 복합레진의 강도, 경도, 용해도 등과 직접적인 연관이 있다. 중합이 불충분하게 일어날 경우 재료의 빠른 마모, 변색 등 임상적 문제점을 야기할 수 있다⁹⁾.

복합레진에서 2mm 중합 시 최소 80%의 bottom/top hardness percentage를 보일 때 적절하게 중합된 것으로 평가한다⁹⁾. El-Damhoury의 연구에서, bulk-fill 복합레진이 4mm 깊이에서도 적합한 중합을 보였고, 90%이상은 높은 중합 효율을 보였다¹⁰⁾. 이와 유사하게 Alrahlah도, Bulk-fill 복합레진이 허용 가능한 범위 내의 깊이로 충분히 중합된다고 하였다.¹¹⁾ 반면 Alshali 등에 의하면 중합 후 24시간 경과 후 중합율이 SureFil SDR flow (SDR), Venus bulk fill (VBF)에 서는 conventional composites에 비견되었지만, X-tra base (XB)와 Filtek bulk fill (FBF)는 더 낮은 값을 보였다¹²⁾.

1-2. 비커스 경도 (Vickers Hardness)

Alrahlah의 연구에 의하면 최대 비커스 경도와 충전재 함량이 양의 상관관계를 가지며, 충전재 함량이 높은 Sonic Fill(SF)이 최대 비커스 경도가 가장 높았고, 충전재 함량이 낮은 VBF가 가장 낮은 값을 보였다¹¹⁾. 이와 유사하게 Ilie에 의한 연구에서도 충전재 함량이 높은 X-tra fil (XF)이 비커스 경도가 가장 높았으며, VBF가 가장 낮았다³⁾. 하지만, Abed에 의하면 bulk-fill 복합레진 (XF)이 충분한 비커스 경도를 보였으나 대조군인 incremental-fill composite (Grandio)에 비해선 낮았다¹⁴⁾.

복합레진의 중합율이나 비커스 경도 등의 기계적 성질은 복합레진의 유기 기질 조성이나 충전재의 특성 (mass fraction, density, particle size, shape, distribution)에 의해서 영향을 받기 때문에 재료마다 차이가 존재하므로 위의 실험결과를 절대적인 비교평가로 보기는 어렵지만 기존의 복합레진에 비해 bulk-fill 복합레진의 중합 깊이가 깊은 것을 알 수 있다¹⁴⁾.

2. 중합 수축/중합수축 응력이 적은가?

복합레진의 단점으로 약 2%에 이르는 중합 시의 체적 수축을 들 수 있다. 중합수축에 의해 치질과의 접착 계면에서 약 4.0~7.0 MPa에 이르는 일축방향의 인장응력이 발생하게 되어 범랑질 미세파절, 교두굴곡, 접착의 상실 등을 가져올 수 있다. 계면에서의 접착의 상실은 타액의 침투와 그 결과로 나타나는 변연변색, 이차우식, 슬후 과민증 및 치수병변의 원인이 된다. 중합 수축 응력은 중합수축, 탄성계수 등 다양한 요소에 의해 결정된다. 따라서 중합수축이 크다고 해서 무조건 중합 수축 응력이 크다고 볼 순 없다. 예를 들면, Bulk-fill flowable composites (SDR, FB)은 conventional type의 bulk-fill 복합레진에 비해 중합 수축이 크에도 불구하고 탄성계수가 낮기 때문에 중합수축응력이 적다^{15),16)}.

Jang의 연구에 의하면, bulk-fill flowables (SDR, VBF)는 4mm bulk로 적절하게 중합되었으나 conventional non-flowable composite에 비하여 더 많이 수축하였다. bulk-fill non flowable (TBF)은 conventional nonflowable composite과 유사한 수축을 보였다¹⁷⁾.

El-Damanhoury에 의하면 VBF, Experimental flowable (FB), SDR이 가장 낮은 수축 응력을 보였으며 그룹 간 유의한 차이는 없었다. Tetric Evo Ceram bulk fill (TEC), XF, 대조군 Filtek Z250 (FZ)와는 유의한 차이가 있었으며 FZ가 가장 높은 수축응력을 나타냈다. 대조군인 FZ가 Stress rate (Rmax)가 가장 높고, 최대 stress rate에 도달하는 시간인 tmax가 가장 짧았다. Stress rate가 높고, 응력이 단기간에 최대 stress rate에 도달하는 경우 접착계면에 응력이 집중되면서 접착에 있어서 불리한 조건이 된다. VBF가 가장 낮은 Rmax와 가장 긴 tmax를 보였는데, FB, SF, TEC의 Rmax와 유의한 차이가 없었다. VB, FB, SDR bulk-fill materials는 가장 낮은 filler volume fraction (38-44%)을 보이고, 그들의 volumetric polymerization shrinkage는 flowable resin composites (3-6 vol%)과 유사했다. 이는 높은 충전재 함량이 중합 후 수축, 중합 응력을 줄이는데 효과적이지 않다는 것을 의미한다. 중합 수축 응력을 줄이기 위하여 화학적인 변화를 주는 다른 방법을 사용한 레진(VB, FB, SF)이 tmax에 도달하는데 대조군 FZ에 비교하여 더 오랜 시간을 요했다¹⁰⁾.

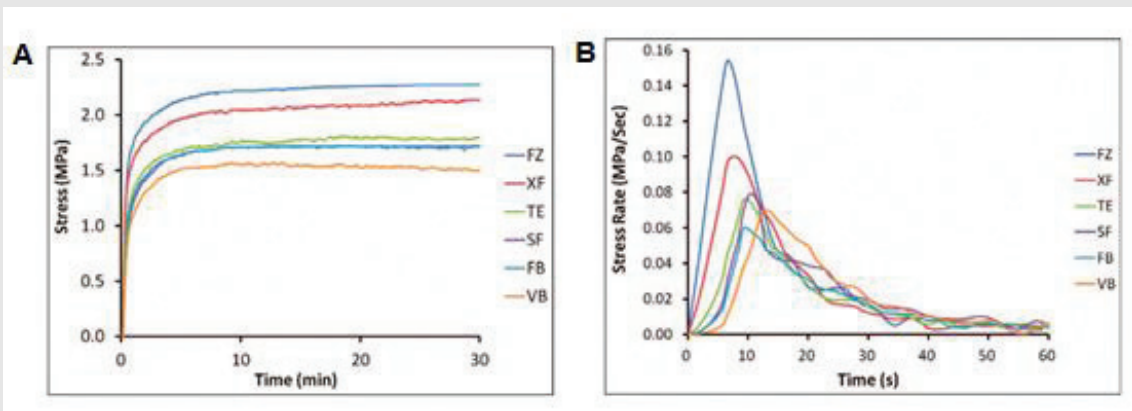


그림 2. A. Comparison of the shrinkage stress development as a function of time for the five measured bulk-fill composites and control. B. Shrinkage stress rate development in time within the 60 seconds from composite irradiation of the investigated materials. FZ:Filtek Z250, XF:x-tra fill, TE:Tetric EvoCeram bulk fill SF:Surefil SDR flow, FB:Experimental flowable, VB:Venus Bulk Fill Polymerization Shrinkage Stress Kinetics and Related Properties of Bulk-fill Resin Composites. Operative Dentistry 39(4) 374-382.

3. Clinical longevity

앞서 Bulk-fill 복합레진의 물성에 대하여 살펴보았다. 그러나 이런 in vitro 실험은 실제 in vivo 실험과의 연관성에 있어 직접적인 상관관계를 보여주지 못하는 경우가 종종 있다. 따라서 실제 임상적 결과를 평가하는 것은 매우 중요하다. 수복물을 평가하는 가장 일반적인 방법으로 modified US Public Health Service (USPHS) criteria가 있는데, 수복물의 해부학적 형태, marginal adaptation, color match, marginal discoloration, surface roughness, 우식여부 항목에 대하여 평가한다¹⁸⁾.

van Dijken에 의하면, 구치부 1급, 2급 와동에서 flowable resin composite (SDR)을 4mm bulk 충전하고 nanohybrid resin composite (Ceram X mono)으로 layering한 그룹과 hybrid resin composite을 2mm씩 적층 충전한 그룹을 5년 follow-up하여 비교하였다. 4mm bulk-fill을 시행한 bulk-fill 복합레진 수복물에서 좋은 임상적 유효성을 보였으나 통계적 유의성은 없었다¹⁹⁾. 저자는 해당 그룹을 6년 follow-up하여 modified USPHS criteria로 평가하였는데, 2급 수복물 72개와 1급 수복물 26개가 포함되었으며, 두 그룹의 총 수복물에서 성공률은 93.9%, 연간 실패율 (annual failure rate, AFR)은 1.0%로 두 그룹에서 모두 동일했다. 연간 실패율은 2급 수복물에서 1.4%, 1급 수복물에서 0%였으며 실패의 주 요인은 복합레진의 파절이었다²⁰⁾.

Veloso의 systematic review에 의하면, 구치부 직접 수복에서 bulk-fill 복합레진의 clinical performance는 conventional resins과 유사했다. 이 리뷰에서 포함된 연구에서는 bulk-fill 복합레진의 타입과 관계없이 유사한 결과를 보고하였다.

bulk-fill 복합레진의 충전 방법 (적층충전과 bulk-filling)과 와동 깊이는 슬후과민증과 관계가

없었다. 적층 충전 시, 층 사이의 공기 함입이 민감증과 수복물의 질 저하의 원인이 된다. bulk-fill과 conventional resin composites간의 차이가 없으므로, 전자의 낮은 슬식 민감성과 단순화된 과정은 구치부 수복에서 이를 이용하는 것을 지지한다¹⁸⁾.

II. 고찰

Bulk-fill 복합레진은 chair time의 단축과 편의성의 증진을 얻을 수 있는 확실한 장점이 있는 재료이다. 하지만, conventional 복합레진에 비하여 대부분 bulk-fill 재료의 낮은 기계적 특성으로 인하여 큰 교합력 하에서 성공적인 수복물로 사용할 수 있는지에 대해서는 논란이 있어 왔다²¹⁾. Flowable base bulk-fill 복합레진은 더 높은 중합 효율을 보여 bulk filling이 가능하나, 낮은 충전재 함량으로 인해 강도가 떨어지고 마모 저항성이 낮으므로 힘을 많이 받는 구치부 수복치료에서는 외층에 충전재 함량이 높은 일반형 레진으로 충전할 필요가 있다. 반면, restorative bulk-fill 복합레진은 전형적인 복합레진과 비슷한 기계적 특성을 보여 시간과 편의성을 중요하게 여길 때 고려 가능하며, 중합 효율 또한 flowable bulk fill 복합레진만큼 좋아 대체 재료로 사용 가능하다. 하지만, 중합 수축 응력을 완전히 없앨 수는 없다는 점을 간과하지 말아야 한다²²⁾.

Bulk-fill 복합레진의 3-6년 추적 조사한 연구에 의하면 기존 레진과 비슷한 clinical performance를 보이고 있는데, 주로 bulk fill base 복합레진을 이용하고 상부 conventional resin을 layering하거나, 수복용 bulk fill 복합레진을 이용한 경우이다. bulk-fill 재료를 에탄올에 보관했을 때 일부 재료, 특히 base로 이용하는 bulk fill 복합레진에서 표면 강도 저하가 나타나서 장기적인 안정성에 우려가 존재한다²¹⁾.

치료 효능의 차이는 실패 양상이 다양하므로 몇 년

제품명	제조사	구성 형태	용도	중합 깊이(mm)	Filler(Wt%)	약자
Surefil SDR Flow	Dentsply	Flowable	Base	4	68	SDR
Venus Bulk Fill	Heraeus-Kuzer	Flowable	Base	4	65	VBF
Filtek Bulk Fill Flowable	3M ESPE	Flowable	Base	4	64.5	FBF
Filtek Bulk Fill	3M ESPE	Paste	Restorative	4	64.5	FB
X-tra base	Voco	Flowable	Base	4	75	XB
X-tra fil	Voco	Paste	Restorative	4	86	XF
Tetric Evo Ceram Bulk Fill	Ivoclar-Vivadent	Paste	Restorative	4	80	TEC
Sonic Fill	Kerr	Paste with sonic hand-piece	Restorative	5	83.5	SF

뒤에나 측정이 가능하고 어떤 유형의 재료는 장기간 경과 후 파절이나 우식에 취약할 수 있다. 그러므로 모든 효과나 차이를 알기 위해서는 장기간의 추적관찰 연구가 더 필요하다.

Ⅲ. 결론

저자가 추천하는 bulkfil composite의 사용 방법 guideline

Bulk-fill 복합레진에 대한 임상적인 유용성이 입증되어 바쁜 임상가에서 사용이 가능할 것으로 보인다. Base용 flowable bulk-fill 복합레진의 경우에는 conventional composite으로 capping이 필요하다. 재료의 특성 및 용도를 파악하고, 본인에게 필요한 재료를 선택하여 제조사의 지시대로 사용한다면 구치부 레진수복에서 널리 이용할 수 있을 것이다. 아래 테이블은 현재 국내에서 판매되는 시중의 bulk-fill 복합레진의 제품명을 표로 제시하였다.

참 고 문 헌

1. Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, Mogilevych B, Soares LES, Martin AA, Ambrosano G, Giannini M (2015) Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater* 31:1542-1551.
2. El-Safty S, Akhtar R, Silikas N, Watts DC (2012) Nanomechanical properties of dental resin-composites. *Dent Mater* 28:1292-1300.
3. Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B (2017) Bulkfill composites: a review of the current literature. *J Adhes Dent* 19: 95-110.
4. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD (2013) Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dent Mater* 29:e213-e217.
5. Didem A, Gozde Y, Nurhan O (2014) Comparative mechanical properties of bulk-fill resins. *Open. J Compos Mater* 4:117-121.
6. Miletic V, Peric D, Milosevic M, Manojlovic D, Mitrovic N (2016) Local deformation fields and marginal integrity of sculptable bulkfill, low-shrinkage and conventional composites. *Dent Mater* 32:1441-1451
7. Knežević A, Tarle Z, Meniga A, Sutalo J, Pichler G, Ristić M. Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. *J Oral Rehabil* 2001;28:586-91.
8. Watts DC, Amer OM, Combe EC. Surface hardness development in light-cured composites. *Dent Mater* 1987;3:265-9.
9. Bouschlicher MR, Rueggeberg FA & Wilson BM (2004) Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. *Operative Dentistry* 29(6) 698-704.
10. HM El-Damanhoury, JA Platt. Polymerization Shrinkage Stress Kinetics and Related Properties of Bulk-fill Resin Composites. *Operative Dentistry* 39(4) 374-382.
11. A. Alrahalah, N. Silikas, D.C. Watts. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dent Mater* 30:149-154
12. Ruwaida Z. Alshali, Nick Silikas, Julian D. Satterthwaite. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dent Mater* 29:e213-e217
13. N Ilie, S Bucuta, M Draenert. Bulk-fill Resin-based Composites: An In Vitro Assessment of Their Mechanical Performance. *Operative Dentistry*, 38(6) 618-625.
14. Y.A. Abed, H.A. Sabry, N.A. Alrobeigy. Degree of conversion and surface hardness of bulk-fill composite versus incremental-fill composite. *Tanta Dental Journal* 12 (2015) 71-80.
15. Sabbagh J, Vreven J, & Leloup G (2002) Dynamic and static moduli of elasticity of resin-based materials *Dental Materials* 18(1) 64-71.
16. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, & Leloup G (2014) Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites *Journal of Dentistry* 42(8) 993-1000.
17. Jang JH, Park SH, Hwang IN. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resin composites and highly filled flowable resin. *Oper Dent* 2015;40:172-180.
18. Sirley Raiane Mamede Veloso, Clinical performance of bulk-fill and conventional resin composite restorations in posterior teeth: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations* <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2429-7>
19. Jan W.V. van Dijken, Ulla Pallesen. Posterior bulk-filled resin composite restorations: A 5-year randomized controlled clinical study. *Journal of Dentistry* 51 (2016) 29-35.
20. van Dijken JWV, Pallesen U. Bulk-filled posterior resin restorations based on stress-decreasing resin technology: a randomized, controlled 6-year evaluation. *Eur J Oral Sci* 2017; 125: 303-309.
21. Julian G. Leprince, William M. Palin, Julie Vanacker, Joseph Sabbagh, Jacques Devaux, Gaetane Leloup. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *Journal of Dentistry* 42: 993-1000
22. v) D. Papadogiannis, K. Tolidis, P. Gerasimou, R. Lakes, Y. Papadogiannis. Viscoelastic properties, creep behavior and degree of conversion of bulk fill composite resins. *Dental materials* 31:1533-1541