

근관 충전에서 Single Cone Technique의 명암

연세자연치과의원

곽영준

ABSTRACT

Light and shade of Single Cone Technique in root canal obturation

Yonsei Nature Dental Clinic

Youngjun Kwak

The conventional principle of root canal obturation is to make the gutta percha(GP) ratio high and the sealer ratio low. Many studies suggested that continuous wave technique(CWT) was superior to cold lateral compaction(CLC) in teeth with complex anatomical structures, but CWT also has many disadvantages. With the recent development of the calcium silicate based sealer(CSS), single cone technique(SCT) is back in the spotlight as a root canal obturation technique. Due to the advantages of clinical convenience, many dentists obturate root canal by SCT. When obturating the root canal by SCT, it is likely that the quality of the root canal obturation will decrease as compared to CLC or CWT depending on tooth anatomic complexities, and it is difficult to remove the CSS from root canals in the cases of retreatment. Therefore, it is recommended to be careful in selecting case when obturating the root canal by SCT.

Key words : single cone technique, SCT, calcium silicate based sealer, CSS

Corresponding Author

Youngjun Kwak, DDS, MS, Ph.D,  <https://orcid.org/0000-0002-7343-7938>

Private clinic, Yonsei Nature Dental Clinic, 2F 281 Yangnyeong-ro Dongjak-gu, Seoul, 06919, Korea

E-mail : ys_nature@naver.com

근관 치료에서 실러(sealer) 사용의 이유는 근관 충전의 기본적인 개념인 확실한 치근단 밀폐(hermetic apical sealing)과 아울러 근관 벽과 거타퍼치(gutta percha, GP) 사이의 틈을 메우고 해부학적으로 복잡한 근관 부위를 채워서 기계적, 화학적으로 제거를 해도 남아있는 세균을 매몰(entombment)시키기 위함이다¹⁾. 최근 근관 치료에서 bioceramic sealer가 - calcium silicate based sealer(CSS) 같이 생체적합성이면서 주변 조직과 반응을 하는 실러 - 근관 충전 영역에 사용되면서 실러가 더욱 각광을 받고 있다²⁾. 1997년 mineral trioxide aggregate(MTA) - 현재 많은 논문에서 calcium silicate based materials(CSM)로 명명되고 있다. - 가 FDA 승인을 거쳐 근관 치료 영역에 사용되면서 근관 치료가 획기

적인 발전을 했다고 봐도 과언이 아니다. CSM은 처음에 직접 치수 복조술(direct pulp capping) 처치용으로 사용되다 점점 그 영역을 넓혀 찬공(perforation) 처치, 역 충전(root end filling) 재료, open apex를 가지는 치아의 apical plug 등과 같은 용도로 사용되었고 현재는 근관 충전 영역까지 응용되고 있는 것이다³⁾.

현재 대한민국에서 판매되고 있는 대표적인 실러(sealer) 종류에 대해서 살펴보자.

Fig. 1은 우리나라에서 쉽게 구할 수 있는 근관 충전용 실러이다. ZOE 계열, calcium hydroxide 계열과 epoxy resin 계열의 실러는 역사도 오래되었고 유명하기 때문



Figure 1. Root canal sealers. (a) Pulp Canal Sealer(zinc eugenol based sealer) (b) Sealapex(calcium hydroxide based sealer) (c) AH Plus(epoxy resin based sealer) (d) GuttaFlow2(silicone based sealer) (e) CeraSeal(calcium silicate based sealer)

에 익숙할 수 있으나 silicone 계열과 calcium silicate 계열의 실러는 상대적으로 사용된 지 오래 되지 않았기 때문에 낯설게 느낄 수도 있다.

Dr. Grossmann은 실러의 요건으로 우수한 치근단 밀폐력(excellent sealing ability), 체적 안정성(dimensional stability), 느린 경화 시간(slow setting time), 비용해성(insolubility), 생체친화성(biocompatibility), 재치료시 제거 가능성(retreatability) 등의 성질을 가져야 한다고 하였으나⁴⁾ 아직 이런 조건들을 모두 만족시키는 재료는 없다.

실러는 GP에 비해 체적 안정성이 떨어지고⁵⁾ 용해되면서 미세누출의 가능성이 높아진다⁶⁾. 따라서 근관 충전할 때 GP 비율은 높이고 sealer 비율은 최소한으로 하기 위해 가압 충전을 하는 것이 좋다⁷⁾. 근관 충전의 질을 평가하는데 근관을 GP가 얼마나 채우고 있는지(percentage of GP, PGP)를 측정하기도 한다⁸⁾. 아울러 근관 내 GP 비율을 높이기 위해 continuous wave technique(CWT)으로 근관 충전을 시행하는 경우 heat carrier tip이 근관장에서 3mm 짧은 길이까지 들어가는 것이 좋다고 하였다⁷⁾.

학부에서 근관 충전을 배울 때 측방가압법(cold lateral compaction, CLC)을 가장 기본으로 배우고 있고 CLC은 전세계적으로 근관 치료를 하는 치의들이 가장 많이 사용하는 방법이다⁹⁾. 그렇다면 CLC의 PGP는 얼마나 될까? 보고된 바에 의하면 약 43%¹⁰⁾에서 100%¹¹⁾까지 다양하게 나타나고 있다. 실러를 사용한다 하더라도 완벽한 치근단 밀폐는 불가능한데 GP만으로 미세누출 없이 근관의 완벽한 밀폐는 더욱 불가능하다¹²⁾. 따라서 CLC으로 PGP 100%의 의미는 역으로 미세누출이 발생할 가능성이 높다는 것을 의미하므로 근관 치료 예후에 안 좋다는 의미로 해석될 수도 있다. 다만, 논문에서 저자

가 말하고 싶은 것은 CLC을 잘하면 PGP가 높을 수 있다는 정도로 이해하면 될 것이다.

그러면 CLC에서 PGP가 낮은 경우는 무엇 때문일까? 오히려 CLC의 경우 PGP가 apical 1/3보다 middle, coronal에서 상대적으로 높게 나타나는데¹³⁾ 이는 GP cone은 coronal 부위가 apical 부위에 비해 상대적으로 두꺼우므로 spreader를 넣을 때 coronal 부위에서 저항감이 느껴지면 더 이상 치근단 쪽으로 들어가지 않게 된다. 이는 자연스럽게 apical 1/3 부위로 accessory GP cone 이 들어가지 않는 결과를 낳게 된다¹⁴⁾. 그러나 이를 극복하기 위해서 술자가 spreader를 보다 힘을 줘서 넣게 되면 자칫 치아에 균열이나 수직 치근 파절이 야기될 수 있다¹⁵⁾. 또한 치아는 부근관(accessory canal)이나 측방 근관(lateral canal), 문합(anastomoses), 핀 형태의 근관(fin-shaped extension) 같이 복잡한 구조로 되어 있는데 이런 부위는 열가압 충전법이 CLC보다 더 우월한 충전법이라고 알려져 있다^{16,17)}. 열가압 충전을 응용한 CWT은 CLC에 비해 C형 근관에서 GP와 실러의 비율이 높고 기포(void) 형성의 비율이 낮다고 알려져 있다¹⁸⁾. 이는 복잡한 근관에서 CWT이 CLC에 비해 좋은 근관 충전을 할 수 있음을 알려주는 근거인데 이를 통해 isthmus 같은 해부학적으로 복잡한 구조를 가지는 경우에는 CWT이 CLC에 비해 좋은 근관 충전 방법이라는 것을 알 수 있다¹⁹⁾. 또한 대부분의 증례에서 CWT이 CLC에 비해 근관 충전하는데 걸리는 시간도 짧다고 하였다¹⁰⁾.

CLC과 CWT으로 근관 충전에 따른 근관 치료 성공율에 대한 영향은 통계적으로 유의차는 없다⁹⁾ 하더라도 치근단 치주염이 있을 때 CLC에 비해 열가압 충전법으로 근관 치료한 치아에서 시간이 흘러 성공율이 높다고 한 연구가 있다²⁰⁾. 이와 반대되는 다른 연구를 보면 CLC을 시행하는 과정에서 초음파 에너지를 적용하면 기포 발

생이 줄어들고²¹⁾ 미세누출도 줄여줄 수 있다고 하였다²²⁾. 그러나 술식을 자세히 살펴보면 초음파 장비의 파워를 5로 하여 약 10~15초 정도 spreader 대용으로 초음파 팁을 사용한다는 것인데 술식의 간편성을 생각할 때 이런 방법은 임상가에게 매력으로 다가오지는 않을 것이다. 실제 임상에서 증례에 따라 근관 충전 방법을 달리 사용하기 보다는 거의 대부분의 증례에 통용될 수 있는 술식으로 근관 충전 루틴(routine)을 통일시키는 것이 임상을 보다 단순화할 수 있다는 의미에서 CLC 보다는 CWT으로 근관 충전하는 것이 효율적일 것이다.

문제는 CWT을 술자가 확실하게 손에 익히는데 필요한 시간이 CLC에 비해 상대적으로 많이 걸린다는 점이다. 또한 heat carrier와 injectable GP 장비를 사용해야 하기 때문에 이런 장비를 구입하는데 비용이 들고 유지하는데 추가 비용이 들 수 있는 단점이 있다. 근관 충전을 진행하면서도 어떨 때는 heat carrier tip이 원하는 위치까지 들어가는데 만족이 있거나 석회화가 심했던 근관에서는 잘 되지 않을 때도 있다. 뿐만 아니라 #50~60 이상의 근관 크기에서는 heat carrier를 적용할 때 GP cone이 통째로 빠져나와 오히려 근관 충전하는데 어려움을 겪는 경우가 발생하기도 한다. 이런 경우 spreader 사용 후 accessory GP cone을 사용하는 hybrid technique을 적용하기도 한다. 그렇기 때문에 sealer와 GP cone만으로 쉽게 근관 충전을 할 수 있는 single cone technique(SCT)이 문제가 없는지 연구하는 것은 당연하지 않을까?

과거에는 silver cone이나 02 taper GP cone을 사용하여 SCT을 시도하였고 이는 치근단 부위에서 미세누출로 이어졌다⁶⁾. 이후 근관 확대 및 성형한 크기에 맞는 GP cone(size-matched GP cone)과 AH Plus를 사용하여 근관 충전한 것과 size-matched GP cone과 AH Plus를 사용하되 CLC을 통해 가압한 것을 비교한 연구

에서는 CLC로 가압한 경우 통계적으로 유의하게 낮은 미세누출을 보였고 CLC을 가한 경우에는 CWT으로 근관 충전한 군과는 유의차가 없었다²³⁾. 따라서 일반적으로 사용되는 sealer를 사용하여 단순 SCT으로 근관 충전을 하는 경우 미세누출로 인해 근관 치료가 실패할 수 있음을 예상할 수 있다. 그런데 최근에는 CSS의 발전으로 기존의 sealer가 가지고 있었던 단점인 수축(shrinkage)을 보완해 줄 수 있게 되었고 인접 조직과 만나면 bioactive 성질도 보이게 됨에 따라 CSS을 사용한 SCT이 다시 각광을 받고 있다.

SCT 술식을 설명하면 다음과 같다. 근관 성형 후 근관의 coronal 1/3 부위에 sealer를 짜넣은 후 끝에 sealer를 묻힌 size-matched GP cone을 pumping 동작을 하지 않고 천천히 근관장까지 밀어 넣은 후 과잉의 GP cone을 orifice level 1mm 하방에서 뜨거운 기구를 이용하여 잘라내는 술식이다²³⁾. 잘려진 GP에 수직적인 압력까지 가하게 되면 더욱 좋은데 이런 SCT의 최대 장점은 술식의 간편화이다. 실험실에서 행해지는 연구들을 보면 대개 어려운 근관에 적용하면 그룹과 그룹 사이에 bias가 발생할 가능성이 높으므로 최대한 실험 디자인을 간단하게 하는 경향이 있다. 따라서 발치된 치아라면 대개 상악 전치나 하악 소구치 같이 근관의 형태가 최대한 단순한 것을 골라서 한다^{12,24)}. 이렇게 실험을 하면 결과가 SCT으로 근관 충전을 해도 큰 문제는 없으므로 기존 방법(CLC, CWT)의 대안이 될 수 있다고 결론을 내린다. 최근에는 하악 대구치의 근심 근관처럼 복잡한 근관에도 적용하려는 시도가 있고 결과를 보면 SCT이 CLC에 비해 치근단 부위에서 PGP 비율이 높았다는 연구가 있다²⁵⁾. 그런데 이 연구에서 실험한 디자인을 보면 SCT으로 근관 충전할 경우 size-matched GP cone을 사용하였고 CLC 경우에는 기존의 02 taper를 갖는 #25 GP cone을 사용하였다. 만약 CLC 방법으로 근관 충전을 할 때 사용한 GP cone을 #25 대신 SCT에서 사용한 size-

matched GP cone을 사용하고 거기에 1~2번 스프레더로 가압을 한 후 accessory GP cone을 넣었다면 어떤 결과가 나왔을까? 0.02 tape 와 0.04 taper를 가지는 GP cone을 사용하여 각각 CLC으로 근관 충전을 했을 때 0.04 taper 경우가 더 효율적인 치근단 밀폐를 보였다는 연구가 있다²⁶⁾. 또한 SCT 후에 CLC처럼 spreader와 accessory GP cone을 사용하여 가압 충전을 추가한 경우 SCT 만으로 근관 충전한 군보다 더 낮은 미세 누출 결과를 보인 점²³⁾을 고려할 때 size-matched GP cone을 사용하여 CLC을 한다면 더 좋은 결과를 보일 수 있을 것이다.

SCT에서 보여지는 가장 큰 단점 중의 하나가 근관 충전 후 치근단 방사선 촬영을 하면 짧게 근관 충전이 된다는 점이다. Fig. 2의 (a)는 SCT으로 근관 충전한 모습이고 (b)는 재근관 치료로 CWT으로 근관 충전한 모습이다. CLC과 CWT의 경우 GP cone fitting 과정에서 근관장에서 0.5~1.0mm 짧게 들어간다 하더라도 가압 과정이 있기 때문에 길이가 보상될 수 있지만 SCT의 경우 가압 과정이 없고 설령 과잉의 GP cone을 끌어내고 orifice level에서 가압을 한다 하더라도 CLC과 CWT에 비해 효율이 떨어질 수밖에 없다. 따라서 SCT의 경우 GP cone

fitting을 보다 정확하게 해야 하고 이것을 제대로 하기 위해서는 근관 확대를 보다 정밀하게 해야 하는 어려움도 있다. 물론 cleaning & shaping 과정이 철저했다면 근관 충전의 질이 임상적으로 큰 의미가 없을 수 있지만 장기적인 예후를 볼 때 짧거나 길게 근관 충전되는 것은 좋지 않다²⁷⁾.

Fig. 2(a)를 자세히 관찰하면 coronal 1/3 부위에 크고 작은 기포들이 많이 있는 것이 관찰된다. 기포 발생은 근관 충전에 있어서 중요한 요인으로 생각할 수 있다. 이런 기포에는 open porosity와 close porosity가 있는데 기포가 외부 조직과 닿아 있는 open porosity는 많을수록 그 부위로 세균의 성장과 이동 통로가 되어 근관의 밀폐(hermetic sealing)를 방해할 수 있기 때문에 근관 치료의 예후에 안좋은 요인이 될 수 있다²⁸⁾.

Fig. 3(a, b)는 각각 발치된 치아에서 SCT와 CWT으로 근관 충전한 후 치근단 방사선 사진을 찍어 비교한 것이다. 직관적으로 보아도 SCT의 경우 기포가 많이 있는 것을 확인할 수 있다. 실제 한 연구를 보면 같은 재료를 각각 SCT와 CWT으로 근관 충전한 후 비교를 해 보니

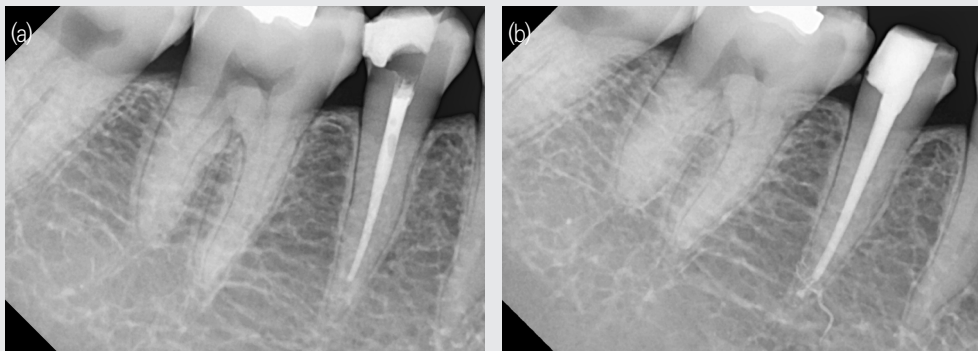


Figure 2. Comparison of canal obturation with SCT and CWT (a) canal obturation by SCT (b) canal obturation by CWT

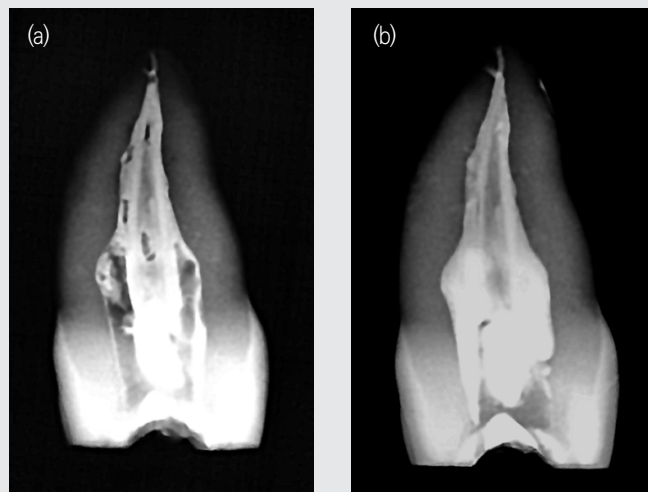


Figure 3. Canal obturations of maxillary premolar with 2 ribbon-shaped canals. (a) canal obturation by SCT (b) canal obturation by CWT

CWT으로 근관 충전한 군에서 SCT를 사용한 군에 비해 상아세관으로 더 치밀하게 실러가 침투한 것이 관찰되었다²⁹⁾. 또 다른 연구에서도 Fig. 3과 같은 타원형(oval-shaped)의 근관에서 SCT에 비해 CWT으로 근관 충전한 경우 충전의 질이 더 좋았다고 하였다³⁰⁾.

그렇다면 이런 기포 생성은 왜 발생할까? 근관의 크기가 비교적 작은 근관의 경우에는 그 형태와 GP cone의 모양에 큰 차이는 없기 때문에 SCT으로 근관 충전하는데 큰 어려움이 없을 수 있다. 그런데 Fig. 2처럼 치아가 하악 소구치라 하더라도 일반적으로 예상하는 단근관처럼 생겼을 것이라고 판단할 근거는 없다. 즉, 굉장히 복잡할 수 있다는 의미이다. 또한 근관 성형을 완료한 근관과 정확히 맞는 GP cone 역시 존재하지 않는다. 한 연구를 보면 근관을 성형한 NiTi file과 size matched GP cone을 비교해 보니 어떤 경우에는 coronal 1/3에서 맞지 않고 어떤 경우에는 apical 1/3에서 맞지 않기 때문에 아무

리 size-matched GP cone이라 할지라도 오차는 발생한다고 하였다³¹⁾. 또한 본래 넓은 근관을 가지는 치아라면 아무리 coronal flaring을 하고 기계적으로 근관을 확대하였다 하더라도 근관의 형태와 GP cone 사이의 부조화는 커질 수밖에 없다. 애초에 근관과 딱 맞는 initial apical binding file(IAF)을 찾는 것조차 거의 불가능한데³²⁾ 한 연구를 보면 넓은 근관을 가지는 경우 coronal 부위에서 GP cone이 걸리는 부위가 발생하여 근관장에서 6mm 짧은 곳에서 PGP는 감소하고 3mm 짧은 지점에서는 PGP 비율은 더 낮아진다고 하였다⁷⁾. 그러므로 근관의 크기와 GP cone의 부조화가 발생하는 경우 기포가 발생할 수 있다. SCT에서는 CLC이나 CWT보다 더 많은 실러가 사용되므로²³⁾ 결국 실러가 기포를 없애는 역할을 해야 하는데 얼마나 실러를 넣어야 하는지 감을 잡는다는 것은 굉장히 어려운 일이다. 그렇다고 sealer를 무작정 많이 주입하면 치근단 공을 벗어나 정출되는 sealer이 양이 늘어나고 하치조 신경관과 가까운 치아의

경우라면 감각이상의 가능성도 고려해야 한다.

SCT에서 주로 사용하는 CSS 장점으로 내세우는 것 중의 하나가 경화되면서 부피가 약간 팽창한다는 것인데 이는 많은 연구에서 입증되고 있다. 그러나 한 연구에 의하면 30일동안 물 안에 넣었을 때 epoxy resin 계열의 실러보다 팽창율이 낮았고³³⁾ 심지어 같은 조건하에서 부피가 감소한다는 연구도 있었다³⁴⁾. 그렇다면 실러가 경화되면서 팽창한다는 것이 반드시 장점만 있을까? 근관 치료를 받은 치아가 발치되는 이유를 조사한 연구에 의하면 발치된 치아 중 수직 치근 파절에 의한 비율이 13.4%로 보고하였다³⁵⁾. 또 다른 연구에서는 8.8% 정도로 보고되는데³⁶⁾ 이 두 연구는 어떤 실러를 사용했는지는 분류하지 않은 것으로 보아 다양한 실러를 사용했을 것으로 예상할 수 있다. 그러나 CSS만을 사용하여 치료한 경우의 연구에 의하면 평균 약 30개월 지켜봤을 때 실패의 43%에서 보철 치료를 시행했음에도 불구하고 균열이나 수직 치근 파절이 발생하였다고 하였다³⁷⁾. 그렇다면 이렇게 균열이나 수직 치근 파절이 다른 연구에 비해 현저히 높았던 이유는 무엇일까? SCT에서는 가압 충전에 비해 GP에 대한 실러의 비율이 높다. CSS는 팽창하는 성질을 가지고 있으므로 이런 실러를 사용했을 때 균열이나 수직 치근 파절의 비율이 높아질 수 있음을 생각해 볼 수 있다. 여기에 CSM과 접촉했던 치근 상아질을 사용하여 3-point fracture 실험을 한 연구 결과를 보면 100% 수분 하에서 치근 상아질이 파절될 때까지의 에너지인 상아질의 toughness가 줄어들었다는 보고가 있다³⁸⁾. 이는 치근 상아질이 외력에 변형될 수 있는 힘인 flexural strength가 약해졌다는 것인데 논문에서는 CSM 접촉 후 치근 상아질을 구성하는 type I collagen의 물리적 변화가 일어나 파절에 이르는 에너지가 약화되었다고 해석하고 있다. 이는 수직 치근 파절과 연관지을 수 있고 CSS와도 연관되어 있을 수 있으므로 CSS를 임상에 사용할 때는 이런 점에 주의해야 할 것이다.

ISO 규정에 따르면 근관 충전 28일 후 실러의 수분 흡수는 $40\text{mg}/\text{mm}^3$ 이하여야 하는데 CSS 대부분의 경우 이보다 높은 수분 흡수를 보인다고 하였다³⁹⁻⁴¹⁾. 이는 premixed type의 CSS가 경화될 때 외부의 물이 필요하기 때문인데 초기 경화가 끝난 이후에도 물을 흡수한다고 알려져 있다⁴²⁾. 흔히 CSS를 bioceramic sealer 라고 하는데 이런 명칭은 calcium silicates의 경화 반응에서 calcium phosphate가 침전물로 형성되는데 이 침전물이 인체의 조직과 접촉하면 상호 반응을 하게 되므로 bioactivity가 있다고 하여 그렇게 명명된 것이다⁴³⁾. 또한 CSS의 경우 경화될 때 주변에 있는 물과 반응하여 수화 경화 반응을 일으키므로 전형적으로 hydrophilicity를 가진다고 할 수 있다⁴⁴⁾. 아울러 이런 수화 반응에서 calcium hydroxide가 형성되므로 생물학적 성질에 영향을 미치게 된다⁴⁵⁾. 그러나 아이러니하게도 CSS의 가장 치명적인 단점으로 지적되는 점이 물에 일부분 용해(slight soluble in water)된다는 점이다. 용해도의 경우 ISO 규정에 의하면 24시간 동안 실러를 물 안에 넣어뒀을 때 무게비로 3% 이상 용해되면 안된다고 나와있으나 CSS 일부 제품에서 이를 초과하는 것으로 나타났다^{46,47)}. CSS 경우 용해되면서 calcium hydroxide가 용출되므로 antimicrobial effect 면에서는 좋을 수 있으나 이것이 어느 한계점을 넘는 경우 치근단 부위의 미세누출로 연결될 수 있으므로 사용에 주의가 필요하다. 최근에 나온 review 논문에 의하면 CSS의 장점이 많음에도 불구하고 기존의 실러보다 우월하지 않다고 하였다⁴⁸⁾.

CSS와 마찬가지로 경화되면서 팽창하여 주로 SCT에서 사용되는 GuttaFlow2(GF2)라는 silicone-based sealer를 가지고 실험한 논문에서 근관 충전을 할 때 GF2를 GP cone과 함께 사용한 것과 GP cone없이 GF2만 사용하여 비교하였더니 GP cone을 사용한 군에서 치근단 부위의 밀폐가 통계적으로 좋았다는 결론을 내고 있다⁴⁹⁾. 그 이유로 실러가 아무리 좋다 하더라도 단독

으로 사용될 때는 스스로 퍼지는데 한계가 있다는 것인데 실러를 가압할 수 있는 매개체가 없다는 데 문제가 있다고 지적한 것이다. 특히 GF2는 CSS가 가지고 있지 않은 thixotropy 성질을 가지고 있어 - CSS의 경우 압력이 가해지면 점도가 높아지면서 굳어지는 성질이 있는 반면 GF2의 경우 점도가 낮아지면서 퍼지게 된다. - 압력이 가해지면 유동성으로 변하므로 근관의 복잡한 구조로 퍼질 수 있다. 즉, GP cone 이 GF2를 근관의 해부학적으로 복잡한 부위로 보내는 역할을 한다는 것이고 여기에 CWT 또는 CLC 같은 가압의 형태가 가해지면 더욱 양질의 근관 충전이 가능하다는 것이다.

SCT의 단점으로 한 가지 더 지적하고 싶은 것은 포스트 식립할 때이다. 대개 포스트를 식립할 때 전용 포스트 드릴을 사용하여 post preparation을 시행하는데 경우에 따라 Gates Glidden Bur(GGB)를 사용하기도 한다. 한 연구에 의하면 SCT으로 근관 충전한 경우 포스트 드릴링을 위해 GGB를 사용하면 CWT이나 CLC으로 근관 충전한 것과 비교할 때 미세누출이 통계적으로 높았다고 하였는데⁵⁰⁾ 이는 GGB는 포스트 전용 드릴에 비해 shank가 얇아서 낭창거리는 특징이 있는데 포스트 공간을 위해 사용할 때 GGB 날(blade)이 치근 상아질보다 GP에 더 많이 닿게 된다. 이 때 SCT으로 근관 충전한 경우 GP cone 이 GGB에 의해서 실러에서 분리될 가능성이 높기 때문으로 해석한다. 가압 근관 충전을 하게 되면 GP가 압력에 의해 치근 상아질에 더 밀착되어 위쪽에서 GGB를 사용한다 하더라도 쉽게 움직이지 않기 때문이다. 따라서 포스트를 위한 공간을 확보하기 위해서는 GGB보다는 포스트 전용 드릴(주로 peeso drills)을 사용하는 것이 좋은데 포스트 전용 드릴의 경우 치근 상아질을 삭제하는 비율이 GGB보다 높아 치근 상아질에 미세한 균열이 있는 경우 균열을 전파시키는 역효과가 있음도 고려해야 한다⁵¹⁾. 따라서 포스트를 위한 공간을 만들 때는 가급적 GP 만을 제거하는 것이 좋고 가급적 CWT

을 사용하는 것이 SCT에 비해 예후가 좋다고 하겠다.

CSS와 관련하여 한 가지 더 생각해 봐야 하는 점은 재근관 치료를 할 때 기존의 실러를 제거할 수 있느냐에 대한 부분이다. 여러 연구에서 CSS는 bioactive 성질이 있기 때문에 경화 과정에서 hydroxyapatite를 형성하여 상아질과 충전 재료 사이를 접착(bond)한다고 알려져 있다^{52,53)}. 그런데 이런 성질이 오히려 재근관 치료에서는 단점으로 나타날 수도 있다⁵⁴⁾. Sealer를 제거하는데 소요되는 시간을 측정한 연구를 보면 GP와 함께 sealer로 AH Plus, 2종류의 CSS를 각각 사용하여 근관 치료를 시행하였다. 재근관 치료를 위해 근관에 있는 sealer를 제거하였는데 AH Plus에 비해 2종류의 CSS를 제거하는데 통계적으로 유의차있게 더 많은 시간이 소요되었다고 하였다⁵⁵⁾. 또한 C형 근관에서는 재근관 치료 시 CSS가 epoxy based sealer에 비해 유의차 있게 근관에 남아있었다는 연구도 있다⁵⁶⁾. 기존의 실러에 비해 근관 내에 남아있는 CSS 양이 통계적으로 많기 때문에 재근관 치료를 할 때 남아있는 CSS가 NaOCl의 침투를 방해하여 재근관 치료 실패의 가능성이 높아지게 된다. 실러의 요건으로 재근관 치료 시 제거가 가능해야 하는데 CSS의 경우 재근관 치료 실패의 원인이 될 수도 있으므로 초기 근관 치료(initial endodontic treatment)의 증례에 따른 실러 선택에 신중해야 할 것이다.

이외에도 역동적인 치아의 운동(dynamic tooth movement)에 버티려면 push-out strength가 좋아야 하는데 CSS의 경우 epoxy resin 계열의 실러에 비해 push-out strength가 약하다는 것이 일반적이다³⁾. 또한 lateral canal이 있는 경우 CSS를 SCT보다는 CWT으로 근관 충전하는 것이 보다 좋은 근관 충전 질을 보였다고 하였다⁵⁷⁾. 그런데 CSS를 CWT으로 사용하려면 충전 과정에서 열이 가해지는데 이럴 경우 CSS가 경화되는데 필요한 수분이 증발하여 CSS가 적절하게 경화되지 않

을 수도 있으므로 CSS는 SCT으로 사용하는 것이 바람직하다고 하였다⁴⁸⁾.

2009년부터 2015년까지 근관 치료를 할 때 CSS와 size-matched GP cone을 사용하여 SCT으로 근관 충전을 한 치아를 대상으로 한 cohort 연구를 보면 평균 follow-up 기간이 30.1개월일 때 성공률이 90.9%로 보

고하면서 SCT이 근관 충전의 방법으로 괜찮다고 하였다³⁷⁾. 그러나 SCT으로 근관 충전을 할 때는 위에서 언급한 여러 가지를 요인들을 고려하여 사용을 결정하는 것이 바람직할 것이다. 임상의 단순화는 무시할 수 없지만 이런 단순화가 근관 치료 술식의 기본 개념과 반할 때는 기존의 방법을 병행해야 함도 기억해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Schäfer E, Olthoff G. Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted Gutta-Percha. *Journal of endodontics* 2002;28(9):638-642.
- Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *International journal of biomaterials* 2016;2016:9753210.
- Grossman L. *Endodontic practice*. 10th ed. Philadelphia (PA): Henry Kimpton Publishers; 1981
- Donnermeyer D, Bürklein S, Dammashke T, Schäfer E. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology* 2019;107(4):421-436.
- Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Diminished leakage along root canals filled with gutta-percha without sealer over time: a laboratory study. *International endodontic journal* 2000;33(2):121-125.
- Kontakiotis EG, Wu MK, Wesselink PR. Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *International endodontic journal* 1997;30(5):307-312.
- Souza EM, Wu MK, van der Sluis LW, Leonardo RT, Bonetti-Filho I, Wesselink PR. Effect of filling technique and root canal area on the percentage of gutta-percha in laterally compacted root fillings. *International endodontic journal* 2009;42(8):719-726.
- Silver GK, Love RM, Purton DG. Comparison of two vertical condensation obturation techniques: Touch 'n Heat modified and System B. *International endodontic journal* 1999;32(4):287-295.
- Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *Journal of endodontics* 2007;33(2):106-109.
- Keçeci AD, Unal GC, Sen BH. Comparison of cold lateral compaction and continuous wave of obturation techniques following manual or rotary instrumentation. *International endodontic journal* 2005;38(6):381-388.
- VanGheluwe J, Wilcox LR. Lateral condensation of small, curved root canals: comparison of two types of accessory cones. *Journal of endodontics* 1996;22(10):540-542.
- El Sayed MA, Taleb AA, Balbahaith MS. Sealing ability of three single-cone obturation systems: An in-vitro glucose leakage study. *Journal of conservative dentistry* : JCD 2013;16(6):489-493.
- Gulsahi K, Cehreli ZC, Kuraner T, Dagli FT. Sealer area associated with cold lateral condensation of gutta-percha and warm coated carrier filling systems in canals prepared with various rotary NiTi systems. *International endodontic journal* 2007;40(4):275-281.
- Wu MK, de Groot SD, van der Sluis LW, Wesselink PR. The effect of using an inverted master cone in a lateral compaction technique on the density of the gutta-percha fill. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2003;96(3):345-350.
- Wilcox LR, Roskelley C, Sutton T. The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *Journal of endodontics* 1997;23(8):533-534.
- Pommel L, Camps J. In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques. *Journal of endodontics* 2001;27(7):449-451.
- Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dental clinics of North America* 1967:723-744.
- Soo WK, Thong YL, Gutmann JL. A comparison of four gutta-percha filling techniques in simulated C-shaped canals. *International endodontic journal* 2015;48(8):736-746.
- Karatekin A, Keleş A, Gençoğlu N. Comparison of continuous wave and cold lateral condensation filling techniques in 3D printed simulated C-shape canals instrumented with Reciproc Blue or Hyflex EDM. *PLoS one* 2019;14(11):e0224793.
- Aqrabawi JA. Outcome of endodontic treatment of teeth filled using lateral condensation versus vertical compaction (Schilder's technique). *The journal of contemporary dental practice* 2006;7(1):17-24.
- Bailey GC, Ng YL, Cunningham SA, Barber P, Gulabivala K, Setchell DJ. Root canal obturation by ultrasonic condensation of gutta-

참 고 문 헌

- percha. Part II: an in vitro investigation of the quality of obturation. *International endodontic journal* 2004;37(10):694-698.
22. Bailey GC, Cunningham SA, Ng YL, Gulabivala K, Setchell DJ. Ultrasonic condensation of gutta-percha: the effect of power setting and activation time on temperature rise at the root surface - an in vitro study. *International endodontic journal* 2004;37(7):447-454.
23. Ali Çağın Yücel, Alper Ciftçi. Effects of different root canal obturation techniques on bacterial penetration. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102(4):e88-92.
24. Hegde V, Arora S. Sealing ability of three hydrophilic single-cone obturation systems: An in vitro glucose leakage study. *Contemporary clinical dentistry* 2015;6(Suppl 1):S86-89.
25. Rodrigues A, Bonetti-Filho I, Faria G, Andolfatto C, Camargo Vilella Berbert FL, Kuga MC. Percentage of gutta-percha in mesial canals of mandibular molars obturated by lateral compaction or single cone techniques. *Microscopy research and technique* 2012;75(9):1229-1232.
26. Bidar M, Sadeghi G, Gharechahi M, Mortazavi M, Forghani M. In vitro comparison of apical leakage in root canals obturated with 0.04 and 0.02 tapered gutta-percha. *Iranian endodontic journal* 2010;5(3):97-100.
27. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of endodontics* 1990;16(10):498-504.
28. Milanovic I, Milovanovic P, Antonijevic D, Dzeletovic B, Djuric M, Miletic V. Immediate and Long-Term Porosity of Calcium Silicate-Based Sealers. *Journal of endodontics* 2020;46(4):515-523.
29. Yang R, Tian J, Huang X, Lei S, Cai Y, Xu Z, et al. A comparative study of dentinal tubule penetration and the retreatability of Endo-Sequence BC Sealer HiFlow, iRoot SP, and AH Plus with different obturation techniques. *Clinical oral investigations* 2021;25(6):4163-4173.
30. Mancino D, Kharouf N, Cabiddu M, Bukiet F, Haikel Y. Microscopic and chemical evaluation of the filling quality of five obturation techniques in oval-shaped root canals. *Clinical oral investigations* 2021;25(6):3757-3765.
31. Haupt F, Seidel M, Rizk M, Sydow HG, Wiegand A, Rödiger T. Diameter and Taper Variability of Single-file Instrumentation Systems and Their Corresponding Gutta-percha Cones. *Journal of endodontics* 2018;44(9):1436-1441.
32. Wu MK, Barkis D, Roris A, Wesselink PR. Does the first file to bind correspond to the diameter of the canal in the apical region? *International endodontic journal* 2002;35(3):264-267.
33. Lee JK, Kwak SW, Ha JH, Lee W, Kim HC. Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. *Bioinorganic chemistry and applications* 2017;2017:2582849.
34. Tanomaru-Filho M, Torres FFE, Chávez-Andrade GM, de Almeida M, Navarro LG, Steier L, et al. Physicochemical Properties and Volumetric Change of Silicone/Bioactive Glass and Calcium Silicate-based Endodontic Sealers. *Journal of endodontics* 2017;43(12):2097-2101.
35. Touré B, Faye B, Kane AW, Lo CM, Niang B, Boucher Y. Analysis of reasons for extraction of endodontically treated teeth: a prospective study. *Journal of endodontics* 2011;37(11):1512-1515.
36. Zadik Y, Sandler V, Bechor R, Salehrabi R. Analysis of factors related to extraction of endodontically treated teeth. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2008;106(5):e31-35.
37. Chybowski EA, Glickman GN, Patel Y, Fleury A, Solomon E, He J. Clinical Outcome of Non-Surgical Root Canal Treatment Using a Single-cone Technique with Endosequence Bioceramic Sealer: A Retrospective Analysis. *Journal of endodontics* 2018;44(6):941-945.
38. Sawyer AN, Nikonov SY, Pancio AK, Niu LN, Agee KA, Loushine RJ, et al. Effects of calcium silicate-based materials on the flexural properties of dentin. *Journal of endodontics* 2012;38(5):680-683.
39. Ersahan S, Aydin C. Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin- and epoxy resin-based sealers. *Acta odontologica Scandinavica* 2013;71(3-4):857-862.
40. Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA, Rached-Júnior FA, De-Deus G, Miranda CE, et al. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *International endodontic journal* 2012;45(5):419-428.
41. Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *Journal of endodontics* 2013;39(10):1281-1286.
42. Siboni F, Taddei P, Zampanini F, Prati C, Gandolfi MG. Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. *International endodontic journal* 2017;50 Suppl 2:e120-e136.
43. Raghavendra SS, Jadhav GR, Gathani KM, Kotadia P. Bioceramics in endodontics - a review. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry* 2017;51(3 Suppl 1):S128-s137.
44. Kebudi Benezra M, Schembri Wismayer P, Camilleri J. Influence of environment on testing of hydraulic sealers. *Scientific reports* 2017;7(1):17927.
45. Camilleri J, Laurent P, About I. Hydration of Biodentine, Theracal LC, and a prototype tricalcium silicate-based dentin replacement material after pulp capping in entire tooth cultures. *Journal of endodontics* 2014;40(11):1846-1854.
46. Poggio C, Dagna A, Ceci M, Meravini MV, Colombo M, Pietrolola G. Solubility and pH of bioceramic root canal sealers: A comparative study. *Journal of clinical and experimental dentistry* 2017;9(10):e1189-e1194.
47. Colombo M, Poggio C, Dagna A, Meravini MV, Riva P, Trovati F, et al.

참 고 문 헌

- Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers. *Journal of clinical and experimental dentistry* 2018;10(2):e120-e126.
48. Lim M, Jung C, Shin DH, Cho YB, Song M. Calcium silicate-based root canal sealers: a literature review. *Restorative dentistry & endodontics* 2020;45(3):e35.
49. Rana M, Sandhu GK, Kaur T, Arif M, Galyan G. New self curing root canal filling material: gutta flow2. *Journal of advanced medical and dental sciences research* 2014;2(4):15-20
50. Özkurt-Kayahan Z, Barut G, Ulusoy Z, Oruçoğlu H, Kayahan MB, Kazazoğlu E, et al. Influence of Post Space Preparation on the Apical Leakage of Calamus, Single-Cone and Cold Lateral Condensation Obturation Techniques: A Computerized Fluid Filtration Study. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists* 2019;28(5):587-591.
51. Çapar İ D, Uysal B, Ok E, Arslan H. Effect of the size of the apical enlargement with rotary instruments, single-cone filling, post space preparation with drills, fiber post removal, and root canal filling removal on apical crack initiation and propagation. *Journal of endodontics* 2015;41(2):253-256.
52. Loushine BA, Bryan TE, Looney SW, Gillen BM, Loushine RJ, Weller RN, et al. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *Journal of endodontics* 2011;37(5):673-677.
53. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2009;107(6):e79-82.
54. de Siqueira Zuolo A, Zuolo ML, da Silveira Bueno CE, Chu R, Cunha RS. Evaluation of the Efficacy of TRUShape and Reciproc File Systems in the Removal of Root Filling Material: An Ex Vivo Micro-Computed Tomographic Study. *Journal of endodontics* 2016;42(2):315-319.
55. Agrafioti A, Koursoumis AD, Kontakiotis EG. Re-establishing apical patency after obturation with Gutta-percha and two novel calcium silicate-based sealers. *European journal of dentistry* 2015;9(4):457-461.
56. Kim K, Kim DV, Kim SY, Yang S. A micro-computed tomographic study of remaining filling materials of two bioceramic sealers and epoxy resin sealer after retreatment. *Restorative dentistry & endodontics* 2019;44(2):e18.
57. Fernández R, Restrepo JS, Aristizábal DC, Álvarez LG. Evaluation of the filling ability of artificial lateral canals using calcium silicate-based and epoxy resin-based endodontic sealers and two gutta-percha filling techniques. *International endodontic journal* 2016;49(4):365-373.