

근관치료의 근관장 측정에 관한 연구: 근관치료학 전공 교수 설문

원광대학교 치과대학 치과보존학교실

안혜라, 서민석*

ABSTRACT

A survey on working length determination of endodontic treatment

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Wonkwang University
Hye-ra Ahn, Min-Seock Seo*

The purpose of this study is to evaluate the preferred method of root canal length determination and the apical limit for canal instrumentation among endodontic teachers of dental school. A questionnaire on the preferred method of root canal length determination and the apical limit for canal instrumentation was designed and distributed to endodontic teachers of various dental schools. The response rate was 90%. The most preferred method of root canal length determination was Electronic apex locator (EAL)(89%). The most favoured apical limit for canal instrumentation was 0.5 to 1.0 mm short of the radiographic apex(78%). The most preferred method of using EAL was that the working length is taken at 'APEX' mark and then distracted 0.5mm from that length.(41%). When there is no agreement between radiographic measurement and EAL measurement, 74% of respondents chose the length of EAL measurement. The majority of endodontic teachers from Korean dental schools preferred EAL to radiograph method in determining root canal length.

Key words : Apical limit, Electronic apex locator, Root canal, Working length,

Corresponding Author

Min-Seock Seo, D.D.S., Ph.D.

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Wonkwang University, 460 Iksan-deoro, Iksan, Korea, 570-749

Tel : +82-42-366-1143, Fax : +82-42-366-1115, E-mail : professionalism@hanmail.net

I. 서론

그간의 연구들로 근관치료의 결과는 많은 요소에 의해 영향을 받는다는 것이 밝혀졌다. 근관 충전이 기술적으로 얼마나 잘 이루어지는가는 그 중에서도 제일 중요한 요건이다¹⁾. 이것은 근관 성형과 충전 과정에서 근관장의 길이를 어떻게 정하는 것과 밀접한 관련이 있다. Shaeffer 등²⁾의 메타 분석연구와 Stoll 등³⁾의 10년 추적연구에 의하면 방사선적 근침보다 짧게 충전된 근관에서 더 나은 치료 결과를 보였다고 한다. 근단공을 넘어선 과형성과 과충전은 피해야 할 치료로 여겨지고⁴⁾ 이는 치유를 지연시키고 어떤 상황에서는 외부 물질 반응의 부작용으로 인한 심각한 염증성 반응으로 이어진다^{5, 6)}.

근관장은 ‘치관부 참고점에서 근관 성형과 충전이 끝나는 지점까지의 거리’라고 정의된다⁷⁾. 1930년대에 Grove에 의해 처음으로 주장된 근관장의 정의에서는 ‘근관이 충전되어야 하는 적절한 지점은 상아질과 백악질의 경계이고 치주인대와 만나는 지점에서 치수가 절제되어야 한다’고 하였다⁸⁾. 이 종결점을 종종 apical constriction(AC) 또는 cemento-dentinal junction(CDJ)라고 한다. 이 지점은 근관에서 가장 좁은 부분이자 치수조직이 끝나고 치수조직이 시작하는 기준점으로 기능한다고 알려져 있다. 그러므로 이론적으로 근관장을 결정하는 목표는 가능한 AC에 가깝게 근관을 형성하는 것이라고 할 수 있다. 철저한 세정, 적절한 형성 그리고 완전한 근관계 충전은 적절한 근관장 설정 없이는 이루어질 수 없다. 하지만 AC는 그 위치나 모양이 치아마다 제각각이고 방사선적 근침이나 근단공과도 일치하지 않을 수 있다^{9, 10)}. 유럽 근관치료학회 연맹(ESE)의 가이드라인에 의하면 AC의 위치는 보통 0.5에서 2.0 mm 정도 방사선적 근침에서 차이가 난다고 한다¹¹⁾. 결과적으로 이런 점들로 인해 임상가는 AC의 실제 위치를 결정하는 데 큰 어려움을 겪는

다. 정확히 어느 정도에서 근관 형성과 충전이 끝나야 되는 건지에 대한 보편적인 합의도 역시 존재하지 않는다^{5, 6)}.

근관장을 결정할 때 치아의 평균적인 길이에 대한 자료들이 도움이 될 수 있다. 근관치료 시작 전에 정확히 촬영한 방사선 사진도 필요하다. 진단에 필요한 것 말고도 이런 술전 방사선 사진은 근관계의 구조와 형태를 평가하는 데 중요하다. 또한 근관치료 중에 많은 방법들이 근관장을 측정하는데 사용될 수 있다. apical terminus를 느끼는 촉감, 방사선 사진, 전자 근관장 측정기(EAL) 그리고 페이퍼 포인트 방법 등이 그것들이다¹²⁾. 이런 방법들을 통해 임상적 근관장을 측정하게 된다. 하지만 이런 방법들을 어떻게 사용하고 있는지에 대한 연구는 부족한 것이 사실이다. 2009년 영국에서 실시한 설문조사에 의하면 대부분의 치과의사들은 근관장 측정할 때 방사선 사진을 단독으로(57.3%) 또는 근관장 측정기와 같이(34.5%) 사용한다고 응답하였다¹³⁾.

한국에서 치과보존학 교수들은 대부분 수복치료학 전공과 근관치료학 전공으로 세부전공을 나누어서 교육을 하고 있다. 학부생과 전문대학원생에 대한 근관치료학 교육은 대부분 치과대학 또는 치의학전문대학원의 근관치료학 전공의 치과보존학 교수에 의해 이루어진다. 그러므로 이들 교수에 대한 설문조사는 현재 한국의 근관치료학 교육이 어떠한 관점에서 이루어지고 있는지를 살펴볼 수 있는 중요한 자료가 된다.

이번 연구의 목적은 한국의 치과대학 학부생과 보존과 전공의의 근관치료학을 교육하는 국내 치과대학 보존과 근관치료학 전공 교수들의 설문조사를 통해 근관장 측정법에서 어떤 방법들을 선호하는지 근관장을 어떻게 정하는지 근관장 측정기를 실제로 어떻게 사용하고 생각하고 있는 지에 대한 것을 알아보고자 하는 것이다.

II. 연구방법

연구에 사용한 설문조사방법은 대면 설문지 방법과 전자우편 설문지 방법을 이용하였으며, 설문 대상은 2016년 1학기 기준으로 치과대학 또는 치의학전문대학원 보존과 교수인 치과의사 중 근관치료학 전공인 교수들로 정하였다. 본연구의 설문 대상자는 총 30명으로 대면 설문조사로 17명, 전자우편 조사로 13명에게 설문지가 전달되었다. 설문조사는 2016년 8월에 이루어졌다. 설문지는 중복성을 피하기 위해 번호로 기록되었고 익명성을 유지하였다. 요청된 사항 이외

의 추가적인 개인적인 정보는 기록하지 않았다.

설문 문항은 총 8개로 이루어 졌고 자세한 내용은 (표 1.)과 같다.

III. 결과

1. 설문 응답자의 특성

대면 설문조사 대상자 17명은 전원 설문에 참여하였고 전자우편 대상자인 13명 중에서 10명이 설문에 참여하였다. 총 설문 대상자 30명 중 27명이 설문에

표 1. 설문지

1. 귀하는 보존과 수련을 받은 지 얼마나 되셨습니까? ()
 - 1) 0-5년
 - 2) 6-10년
 - 3) 11-15년
 - 4) 16-20년
 - 5) 20년 이상
2. 귀하가 가장 신뢰하는 근관장 측정방법을 하나만 골라주십시오. ()
 - 1) 술전 방사선 사진
 - 2) working length 방사선 사진
 - 3) electronic apex locator
 - 4) 파일이 끼이는 느낌
 - 5) 페이퍼 포인트 방법
 - 6) 기타 ()
3. 방사선 사진으로 볼 때 당신이 근관 형성할 때 일반적으로 가장 선호하는 apical limit는 어디입니까? ()
 - 1) radiographic apex
 - 2) up to 0.5mm short of the radiographic apex
 - 3) 0.5~1.0mm short of the radiographic apex
 - 4) 1.0~1.5mm short of the radiographic apex
 - 5) 기타 ()
4. 귀하가 주로 사용하는 electronic apex locator 제품은 무엇입니까? 해당 사항에 표시를 해주십시오..
-Root ZX, Root ZX mini, Dentaport ZX, Propex, Foramatron, EMF-100, Bingo-1020, SmarPex TM, I-Root, Proper PIXI, 기타()
5. electronic apex locator를 사용할 때 주로 어느 지점을 사용하여 근관장을 결정하십니까? ()
 - 1) apex 지점을 잡아서 그대로 사용한다.
 - 2) apex 지점을 잡아서 0.5mm를 뺀다.
 - 3) apex 지점을 잡아서 1.0mm를 뺀다.
 - 4) apex -0.5 지점을 잡아서 그대로 사용한다.
 - 5) apex -0.5 지점을 잡아서 0.5mm를 뺀다.
 - 6) apex -0.5 지점을 잡아서 1.0mm를 뺀다.
 - 7) apex -1.0 지점을 잡아서 그대로 사용한다.
 - 8) 기타 ()

표 1. 설문지

6. 일반적인 경우 electronic apex locator의 정확도는 대강 어느 정도라고 생각하십니까? ()
- 1) 50 % 이하
 - 2) 50-60%
 - 3) 60-70 %
 - 4) 70-80%
 - 5) 80-90%
 - 6) 90-100%
7. 귀하는 근관장측정기를 사용하면서 일반적으로 술전 방사선 사진과 술후 방사선 사진을 제외하고 근관치료 도중에 몇 번 방사선 사진을 찍습니까? ()
- 1) 안 찍는다.
 - 2) 일반적으로 안 찍지만 필요한 경우 한 장 찍어보기도 한다.
 - 3) working length 사진 한 장 찍는다.
 - 4) master cone 사진 한 장 찍는다.
 - 5) working length와 master cone 두 장 찍는다.
 - 6) 기타 ()
8. 일반적인 근관에서 근관 충전 전에 확인했을 때 electronic apex locator 와 방사선 사진으로 결정한 근관장 길이가 1.0 mm 이상 차이가 있을 때 보통 어느 쪽으로 근관장을 결정하십니까? ()
- 1) electronic apex locator 값으로 결정한다.
 - 2) 방사선 사진으로 결정한 값으로 한다.
 - 3) 두 값의 사이로 절충한다.
 - 4) 그런 적이 없었다.
 - 5) 기타 ()

응답하여 응답률은 90%였다. 연구 대상자의 일반적 특성에 관한 결과는(그림 1.)과 같다. 가장 많은 그룹은 수련 이후 21년 이상 경과 그룹으로 11명(41%)이었고 11~15년 경과 그룹이 7명(26%)이었다. 가장 적은 그룹은 5년 이하 경과 그룹으로 2명(7%)이었다.

2. 근관장 측정 방법과 선호하는 apical limit

가장 선호하는 근관장 측정법은 전자 근관장 측정기로 총 24명(89%)가 선택하였다. 방사선 사진을 선택한 사람은 2명, 파일이 끼는 느낌을 선택한 사람은 1명이었다(그림 2).

방사선 사진에서 선호하는 apical limit에 대한 질

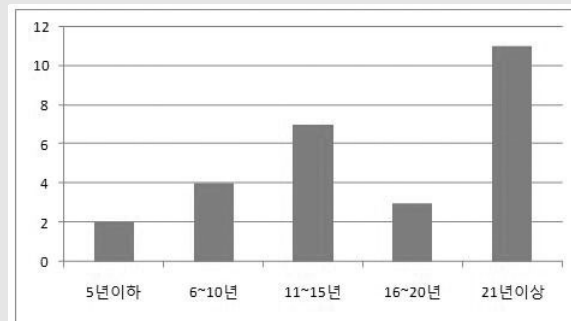


그림 1. 응답자의 수련 이후의 경력기간

문에 총 21명(78%)이 방사선적 근점에서 치관방향으로 0.5~1.0mm 올라간 범위의 지점을 선택하였다(그림 3). 3명(11%)은 방사선적 근점에서 치관방향으로 0~0.5mm 올라간 범위를 선택하였다. 나머지 3가지 항목은 각각 1명씩 선택하였다.

3. 근관장 측정기 종류와 사용법

주로 사용하는 근관장 측정기에 대한 질문에 Root ZX II를 답한 이가 22명(81%)이었다(그림 4). Dentaport ZX를 답한 이는 4명이어서 사실상 같은

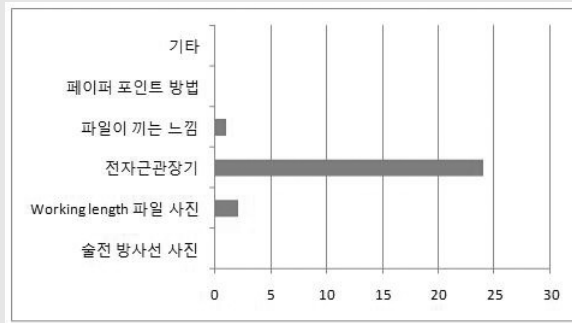


그림 2. 가장 선호하는 근관장 측정 방법

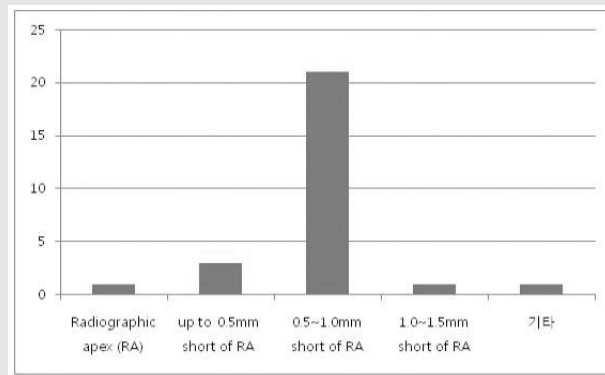


그림 3. 근관장의 apical limit로 선호하는 위치

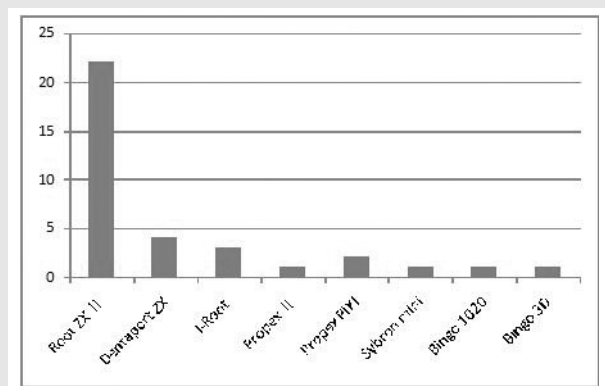


그림 4. 사용하는 전자 근관장 측정기의 종류

제품인 Root ZX II와 합하면 89%의 응답자가 사용하는 것으로 나타났다. 국산 제품인 I-root를 답한 이가 3명이었다. Propex II와 Propex PIXI를 답한 이가 2명씩 있었고 Sybron mini, Bingo 1020과 Bingo 3D를 선택한 이가 1명씩 있었다. 전체 응답자 중 1개를 선택한 이는 17명이었고 2개를 선택한 이는 10명이었다.

근관장 측정기를 사용할 때 어떻게 사용하는 지를 묻는 질문에 ‘APEX 지점을 잡아서 0.5mm를 뺀다.’고 답한 이가 11명(41%)으로 가장 많았다. ‘0.5 지점을 잡아서 그대로 사용한다.’가 그 다음인 8명(30%)이었고 ‘apex 지점을 잡아서 1mm를 뺀다.’

가 6명(22%)이었다(그림 5). 기타를 답한 사람은 2명으로 각각 “over된 지점을 기준으로 0.5~1.5mm 뺀다.”와 “APEX 지점을 잡아서 safety margin만큼 뺀다.”고 하였다. 근관장 측정기의 APEX 지점을 사용하는 응답자는 총 18명(67%)으로 0.5 지점을 사용하는 응답자 8명(30%)보다 많았고 ‘over’ 지점을 사용한다는 이도 1명 있었다.

근관장 측정기의 정확도를 묻는 질문에 14명(52%)이 80~90%를 선택하였다(그림 6). 8명(30%)이 90~100%를 선택하였고 70~80%를 선택한 사람도 4명(15%)이 있었다. 각 군의 중간값으로 계산한 평균값은 84%였다.

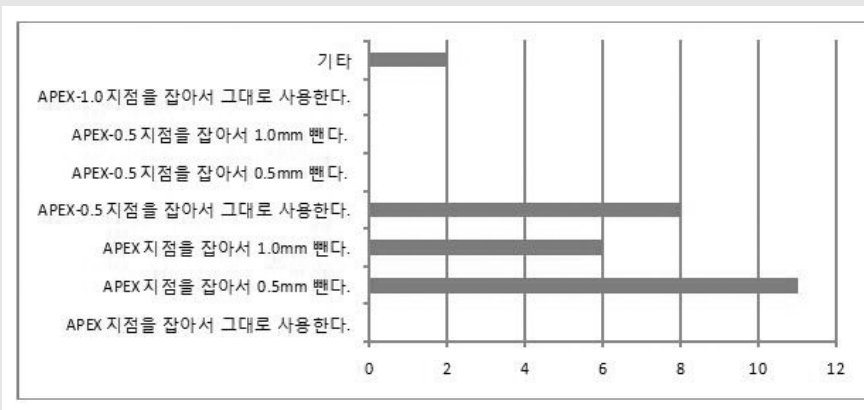


그림 5. 전자 근관장 측정기 사용법

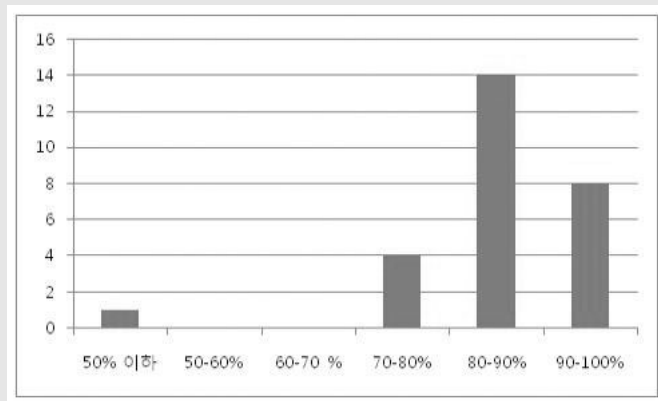


그림 6. 전자 근관장 측정기의 정확도

4. 근관장 측정기를 사용하는 상태에서 방사선 사진의 활용도

근관장 측정기를 사용하는 상황에서 근관치료 도중 일반적인 방사선 사진 촬영 빈도를 묻는 질문에 근관장 측정 사진과 master cone 사진 두 장 다 찍는다고 대답한 사람이 가장 많은 9명(33%)이었다(그림 7). 그리고 일반적으로 둘 다 찍지는 않지만 간혹 필요한 경우 한 장 찍는다가 8명(30%)이었고 근관장 측정 사진과 master cone 사진을 찍는다가 각각 5명, 4명이었다. 아예 찍지 않는다는 대답도 1명 있었

다. 2장 중 한 장 이상 찍는다는 사람은 총 18명(67%)이었다.

근관장 측정기로 측정한 값과 방사선 사진으로 측정한 값이 상충될 때 어떻게 근관장을 결정하는 지에 대한 질문에 20명(74%)이 근관장 측정기로 측정된 값으로 결정한다고 하였다(그림 8). 두 값의 사이로 절충한다가 4명(15%)이었다. 기타라고 답한 이는 “다른 원인 등이 있는지 재확인하여 상황에 따라 다르게 정한다.”고 하였다.

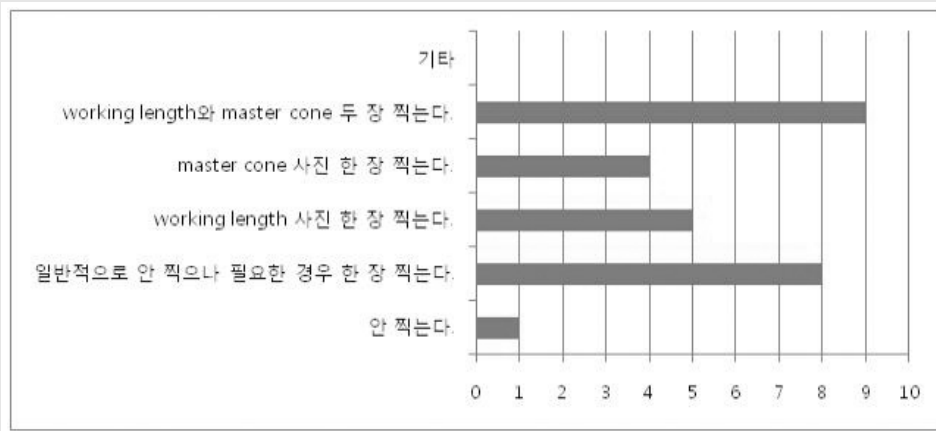


그림 7. 방사선 사진의 촬영 빈도

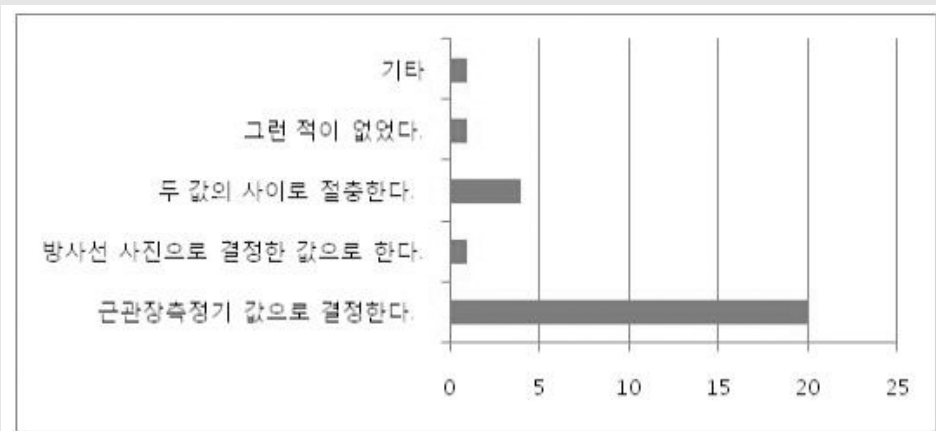


그림 8. 근관장 측정기와 방사선 사진 값이 다를 때 결정방법

IV. 고찰

설문조사연구는 선택된 표본에서 여러 가지 관점이나 의견의 분포를 알아내는데 매우 흔하게 쓰이는 연구방법이다¹⁴⁾. 높은 응답률은 응답하지 않는 편견(bias)의 가능성을 줄일 수 있기 때문에 매우 중요하다. 이번 연구에서 응답률은 90%로 매우 높다. 이는 참여를 독려하기 위해서 많은 설문지가 대면으로 이루어졌기 때문으로 보인다.

일차 근관치료의 결과에 대한 systematic review에 따르면 다음 4가지 조건이 유의미하게 치료 결과를 향상시킨다고 하였다¹⁵⁾. 술전 치근단 불투과상의 부재, 기포가 없는 근관충전, 적절한 치관부 수복, 그리고 방사선적 근침에서 2mm 이내까지 연장된 근관충전. 그러므로 일상의 임상상황에서 근관형성과 충전을 시행하는 apical limit를 어디로 설정하는 가는 치료 결과에 큰 영향을 끼칠 수 있다. 전통적으로 방사선 사진은 근관장을 측정하는 가장 중요한 방법이었다. 그러나 일반 방사선 사진은 3차원적 사물의 2차원적인 이미지 중첩일 뿐이고 필연적인 왜곡과 해부학적인 방해물의 문제가 있어서 부정확하고 신뢰도가 떨어지기도 한다. 이런 이유로 방사선 사진으로 근관장을 결정하는 것은 기술적으로 민감할 수 있고 술자의 해석에 의존할 수밖에 없어서 부정확한 결과로 나타날 수 있고 이는 곧바로 근관 성형과 충전의 apical limit에 직접적인 영향을 준다.

전자 근관장 측정기(EAL)은 이미지와 상관없는 근관장 측정 방법이기 때문에 갈수록 더 많은 호응을 받고 있다¹⁶⁾. 새로운 세대의 EAL들은 임상적으로 더 사용하기 쉬워지고 근관 내용물에 덜 영향을 받는 식으로 개선이 되고 있다. EAL은 특히 과조작의 가능성을 낮추면서 AC를 더 정확히 찾아낸다고 보고되고 있다¹⁷⁾. EAL을 방사선 사진과 같이 사용하면 좀 더 신뢰도 높은 결과를 가져올 수 있다¹⁸⁾.

본 연구에서는 절대 다수인 89%의 응답자가 EAL

을 가장 선호하는 근관장 측정방법으로 선택하였다. 학부와 대학원의 근관치료학 교육에 연관된 치과의를 대상으로 진행된 설문조사를 했던 영국의 논문에 따르면 중복을 허락하여 물었을 때 가장 선호하는 근관장 측정방법으로 87%가 EAL을 꼽았고 작업장 방사선 사진을 73.9%, 술전 방사선 사진을 65.2%, 끼이는 느낌을 17.4%가 각각 선택하였다¹⁹⁾. 2014년에 나온 미국의 일반 치과의를 상대로 한 설문조사에 따르면 근관장 측정 시 EAL만 사용한다는 응답은 18%였고 응답자의 30%는 EAL을 사용하지 않는다고 응답하였다²⁰⁾. 본 연구에 따르면 한국의 근관치료학 교수들은 근관장 측정 시 앞의 두 집단보다는 EAL을 더 중요하게 생각한다고 보인다. 근관장 측정기의 정확도를 어느 정도로 보는지에 대한 질문에 본 연구에서는 52%의 응답자가 80~90% 정도로 대답하였고 90~100%라고 대답한 응답자도 30%정도로 나타나서 전반적으로 EAL의 정확도를 높게 평가하는 경향을 보였다.

일반적으로 근관장의 apical limit는 AC 부위로 생각하게 되는데 각 개개 치아에서 그 위치는 조직학적인 분석을 하지 않는 한 실측하기 불가능하다. 그러므로 실제 임상에서 근관장을 설정할 때 apical limit를 방사선적으로 어떤 곳으로 설정하는 지는 중요할 수 있다. 본 연구에서는 응답자의 78%가 방사선적 근침에서 0.5~1.0mm 치관부 쪽으로 올라간 정도가 적당하다고 하였다. 영국의 설문조사는 같은 질문을 근관 형성 시와 근관 충전 시로 나누어서 질문하였는데 근관 형성 시에는 같은 범위로 대답한 사람은 22%에 불과하였고 방사선적 근침에서 0~0.5mm 치관부 쪽으로 올라간 범위를 선호한다고 응답한 사람이 제일 많은 39%였다¹⁹⁾. 하지만 근관 충전의 apical limit를 묻는 질문은 각각 30%, 48%로 다른 결과를 보였다. 영국의 다른 설문조사에서는 근관치료 전문의와 일반 의사를 각각 설문조사하여 비교하였는데 두 집단 모두 방사선적 근침에서

치관부로 1mm까지 범위를 선택한 응답자가 각각 51%, 57%로 가장 많았고 방사선적 근침에서 0.5mm까지의 범위를 선택한 응답자가 그 다음인 41.7%와 30.7%로 조사되었다²¹⁾.

근관장 측정기를 사용할 때 어느 지점을 주로 사용하는지에 대한 질문에 대해서 본 연구에서는 EAL의 'APEX' 지점에서 측정된 값에서 0.5mm를 빼고 답한 사람은 41%였다. 그 다음이 '0.5' 지점을 그대로 사용한다는 응답으로 응답자의 30%였다. 또한 응답자의 67%가 'APEX' 지점을 이용한다고 하였고 26%가 '0.5' 지점을 이용한다고 하였다. 본 연구에서 절대 다수가 사용한다고 한 Root ZX II 제품의 제조사 매뉴얼에는 EAL의 'APEX' 지점은 major foramen을 '0.5' 지점은 AC를 나타낸다고 쓰여 있다²²⁾. 하지만 AC의 존재는 현실보다는 이론적인 허상에 가까운 것으로 보이는데 치아에서 이론적인 단일 AC을 갖는 경우는 절반도 되지 않는다²³⁾. 당연하게도 근관장 측정기의 어느 값이 가장 정확한가에 대해서는 논란의 여지가 있다. 주로 'APEX' 지점과 '0.5' 지점을 비교하게 되는데 두 지점이 정확도 면에서 차이가 없다는 논문들도 있고^{24, 25)} '0.5' 지점이 더 정확하다는 논문들도 있다^{26, 27)}. Gulabivala 같은 이는 산술적으로 근침에서 0.5mm 위 지점을 찾는 것은 불가능하니 'APEX' 지점을 읽어야한다고 주장하기도 한다²⁸⁾. 본 설문조사의 결과를 보면 한국의 근관치료학 교수들은 EAL을 사용할 때 'APEX-0.5' 지점보다는 'APEX' 지점을 선호하는 편이라고 볼 수 있겠다.

최근의 systematic review를 살펴보면 근관장 측정시 EAL이 방사선 사진보다 더 큰 장점이 있다고 하였으나 결론적으로 EAL을 사용 시 오차를 줄이기 위해서는 적어도 한 장의 방사선 사진을 찍어야한다

고 주장하였다²⁹⁾. 2013년도의 영국 설문조사에 따르면 근관치료 전문의와 일반 치과의사에서 근관장 방사선 사진을 꼭 찍는다는 응답이 각각 67.4%와 69.5%로 나타났고 cone-fit 방사선 사진을 꼭 찍는다는 응답은 각각 39.4%와 35%로 나타났다²¹⁾. 본 연구에서는 두 사진을 모두 찍는다는 응답은 33%로 불과하였다. 30% 응답자는 일반적으로 두 사진을 찍지는 않지만 필요한 경우 간혹 1장 찍는다고 답하였다. 이런 결과를 보면 한국의 근관치료학 교수들이 영국에서의 조사결과 보다는 훨씬 EAL에 의존하는 경향을 살펴볼 수 있는데 이는 전반적으로 EAL을 신뢰하고 있는 부분과 연결된다고 할 수 있겠다. 이 부분은 마지막 질문에서도 확인할 수 있는데 방사선사진으로 측정된 값과 EAL로 측정된 값의 차이가 발견될 때 74%가 EAL로 측정된 값을 선택해서 치료한다고 답하였다. 방사선 사진으로 측정된 값을 고수하겠다고 답한 응답자는 4%에 불과하였다.

영국의 설문조사에 따르면 일반의이거나 근관치료 전문의이거나 상관없이 나이가 많은 치과의사일수록 EAL을 사용하지 않는다고 하였으나²¹⁾ 본 연구에서는 모든 문항에서 수련을 받고 난 이후의 경력에 따른 차이는 발견되지 않고 고른 분포를 보였다.

V. 결론

본 설문조사에 따르면 한국의 근관치료학 교육을 담당하는 교수들은 근관장 측정 시 방사선 사진보다 근관장 측정기를 선호하고 훨씬 신뢰하는 것으로 나타났다. 또한 근관장 측정기에서 보여주는 지점 중에서 'APEX' 지점을 가장 선호하는 것으로 나타났다.

참고 문헌

1. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J* 2011;44(7):583-609.
2. Schaeffer MA, White RR, Walton RE. Determining the optimal obturation length: a meta-analysis of literature. *J Endod* 2005;31(4):271-274.
3. Stoll R, Betke K, Stachniss V. The influence of different factors on the survival of root canal fillings: a 10-year retrospective study. *J Endod* 2005;31(11):783-790.
4. Wu MK, Wesselink PR, Walton RE. Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;89(1):99-103.
5. Ricucci D. Apical limit for root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J* 1998;31(6):384-393
6. Ricucci D, Langeland K. Apical limit for root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J* 1998;31(6):394-409.
7. Paul D, Eleazer, Gerald N, Glickman, Scott B, McClanahan et al. Glossary of endodontic terms. American Association of Endodontist 2012 Available at: http://pages.nxtbook.com/nxtbooks/aae/endodonticglossary/offline/aae_endodonticglossary.pdf
8. Grove C. Why canals should be filled to the dentinocemental junction. *J Am Dent Assoc* 1930;17:293-296.
9. Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J* 1984;17(4):192-198.
10. Wrbas KT, Ziegler AA, Altenburger MJ, Schirrmeyer JF. In vivo comparison of working length determination with two electronic apex locators. *Int Endod J* 2007;40(2):133-138.
11. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J* 2006;39(12):921-930.
12. Simon S, Machtou P, Adams N, Tomson P, Lumley P. Apical limit and working length in endodontics. *Dent Update* 2009;36(3):146-150,153.
13. Palmer NO, Ahmed M, Grieveson B. An investigation of current endodontic practice and training needs in primary care in the north west of England. *Br Dent J* 2009;206(11):E22.
14. Stewart K, Gill P, Chadwick B, Treasure E. Qualitative research in dentistry. *Br Dent J* 2008;204(5):235-239.
15. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systemic review of the literature-Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J* 2008;41(1):6-31.
16. Jarad FD, Albadri S, Gamble C, Burnside G, Fox K, Ashley JR, Peers G, Preston AJ. Working length determination in general dental practice: a randomised controlled trial. *Br Dent J* 2011;211(12):595-598.
17. Ravanshad S, Adl A, Anvar J. Effect of working length measurement by electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: a randomized clinical trial. *J Endod* 2010;36(11):1753-1756.
18. Orafi I, Rushton VE. The use of radiography and the apex locator in endodontic treatment within the UK: a comparison between endodontic specialists and general dental practitioners. *Int Endod J* 2013;46(4):355-364.
19. Mohammed A, Sidhu SK, Chong BS. Root canal working length determination and apical limit of root canal instrumentation and obturation. *Endo (Lond Engl)* 2015;9(3):161-168.
20. Savani GM, Sabbah WB, Sedgley CM, Whitten B. Current Trends in Endodontic Treatment by General Dental Practitioners: Report of a United States National Survey. *J Endod* 2014;40(5):618-624.
21. Orafi I, Rushton VE. The use of radiography and the apex locator in endodontic treatment within the UK: a comparison between endodontic specialists and general dental practitioners. *Int Endod J* 2013;46(4):355-64.

참 고 문 헌

22. J. Morita Corp. Root ZX operation instructions. Kyoto, Japan, 2004:10.
23. Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J* 1984;17(4):192-8.
24. Piasecki L, Carneiro E, da Silva Neto UX, Westphalen VP, Brandão CG, Gambarini G, Azim AA. The Use of Micro-Computed Tomography to Determine the Accuracy of 2 Electronic Apex Locators and Anatomic Variations Affecting Their Precision. *J Endod.* 2016;42(8):1263-1267.
25. Jung IY, Yoon BH, Lee SJ, Lee SJ. Comparison of the reliability of "0.5" and "APEX" mark measurements in two frequency-based electronic apex locators. *J Endod.* 2011;37(1):49-52.
26. Siu C, Marshall JG, Baumgartner JC. An in vivo comparison of the Root ZX II, the Apex NRG XFR, and Mini Apex Locator by using rotary nickel-titanium files. *J Endod* 2009;35(7):962-965.
27. Pascon EA, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An in vivo comparison of working length determination of two frequency-based electronic apex locators. *Int Endod J* 2009;42(11):1026-1031.
28. Gulabivala K, Stock C. *Endodontics*. 3rd edition. Mosby; 2004:142-124.
29. Martins JN, Marques D, Mata A, Caramês J. Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review. *J Endod.* 2014;40(6):759-777.