

미세 치근단 수술의 성공과 실패

송민주 · 김의성*

연세대학교 치과대학 보존학교실, 현미경센터

ABSTRACT

Success and failure of endodontic microsurgery

Minju Song, Euseong Kim*

Department of Conservative Dentistry, Microscope Center, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Korea

In current endodontic practice, introduction of operating microscope, ultrasonic instruments, and micro-instruments has induced a big change in the field of surgical retreatment. In this study, we aimed to offer key steps of endodontic microsurgery procedure compared with traditional root-end surgery, and to evaluate factors influencing success and failure based on published articles.

Endodontic microsurgery is a surgical procedure performed with the aid of a microscope, ultrasonic instruments and modern microsurgical instruments. The microscope provides magnification and illumination - essential for identifying minute details of the apical anatomy. Ultrasonic instruments facilitate the precise root-end preparation that is within the anatomical space of the canal. Modern endodontics can therefore be performed with precision and predictability, thus eliminating the disadvantages inherent in traditional periapical surgery such as large osteotomy, beveled apicoectomy, inaccurate root-end preparation and the inability to observe isthmus.

Factors influencing the outcomes of endodontic microsurgery may be diverse, but standardization of procedures can minimize its range. Among patient and tooth-related factors, periodontal status and tooth position are known to be prognostic, but there are only few articles concerning this matter. High-evidence randomized clinical trials or prospective cohort studies are needed to confirm these findings. [J Kor Acad Cons Dent 2011;36(6):465-476.]

Key words: Endodontic microsurgery; Periodontal involvement; Prognostic factor; Success and failure; Surgical retreatment; Tooth position

-Received 18 August 2011; revised 30 September 2011; accepted 5 October 2011-

서 론

근관치료학 분야에서 치근단 수술은 비외과적 근관치료의 실패시 혹은 비외과적 재근관치료가 어렵거나 불가능할 때 치아를 발거하지 않고 유지하기 위한 마지막 치료 방법이

다. 즉 접근이 어려운 불규칙한 근관 형태나 치근단 바깥쪽의 미생물 균막, 근관충진 재료의 과충진, 치근단 주위의 콜레스테롤 결정이나 치근단 낭종이 있는 경우, 긴 포스트나 제거가 어려운 파절 기구 등이 외과적 수술을 결정하는 이유가 될 수 있다.¹

Song M, DDS, MSD, Clinical Research Assistant Professor; Kim E, DDS, MSD, PhD, Professor, Department of Conservative Dentistry, Microscope Center, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Korea

*Correspondence to Euseong Kim, DDS, MSD, PhD.

Professor, Department of Conservative Dentistry, Microscope Center, Yonsei University College of Dentistry, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, Korea 120-752

TEL, +82-2-2228-8701; FAX, +82-2-313-7575; E-mail, andyendo@yuhs.ac

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2010-0021281).

Copyright © 2011 Korean Academy of Conservative Dentistry

지난 20여년간 근관치료의 술식은 여러가지 면에서 많은 변화를 가져왔다. 특히 치근단 수술에서 현미경이 사용되면서 획기적인 밝기의 개선과 확대가 가능해지고, 초음파 기구 등의 도입으로 작은 크기의 공간 내에서 기구조작이 가능해짐으로써 전통의 치근단 수술방법에 비해 훨씬 좋은 예후를 갖게 되었다.² 미국 근관치료 학회 회원을 대상으로 한 설문 연구에서 89.6%의 응답자가 치근단 수술에서 현미경이나 초음파 기구를 사용한다고 답변한 것은 이미 이러한 미세 치근단 수술이 일반화되었다는 것을 시사한다.³

본 논문에서는 기존의 전통적인 치근단 수술법과 비교하여 미세 치근단 수술의 주요 술식을 알아보고 이미 출간된 논문에 근거하여 미세 치근단 수술의 성공과 실패 그리고 성공과 실패에 영향을 미치는 요소들을 고찰하고자 한다.

본 론

미세 치근단 수술

최근 미세 치근단 수술은 비약적인 기술적 발달이 이루어지면서 통상적인 근관치료의 한 분야로 인식되고 있다. 현미경의 사용으로 인한 시야와 조명의 이점, 초음파 기구의 발전, 치근단 충전을 위한 재료의 개발 등이 모두 이러한 기술적 발달에 기여하고 있다. 우수한 치료를 제공하기 위해서는 빠르게 발달하는 기구와 재료에 대한 이해를 바탕으로 정확한 술식을 구사하는 것이 필수적일 것이다. 이에 미세 치근단 수술의 술식의 특징을 크게 5가지로 나누어 각각에 대해 구체적인 특징을 살펴보고자 한다.

1. 골삭제 크기(Size of osteotomy)

치근단 수술을 시행하는 증례의 대부분은 피질골이 파괴되어 있어 치근점 주위의 피질골이 파괴된 정도에 따라 골삭제 크기가 결정된다. 그러나 파괴된 피질골이 소량이거나 피질골 파괴가 없는 경우 Impact Air 45 handpiece (Palisades Dental, Englewood, NJ, USA)에 Lindemann bur를 사용한 골삭제과정은 필수적이다. 치근점을 노출시키기 위한 피질골의 제거는 치근점에 정확하게 도달하기 위하여 6 - 10배의 배율 하에서 신중하고 조심스럽게 행해져야 하며 술후 바람직한 치유를 위하여 가능한 작게 유지되어야 한다.⁴ 전통의 치근단 수술에서는 시야의 한계와 사용되는 기구의 크기를 고려하여 10 mm 이상은 되어야 이후 술식을 시행할 수 있었으나 미세치근단 수술에서는 골에 형성된 crypt 안에서 초음파기구의 끝이 자유롭게 움직일 수 있는 정도의 크기, 즉 4 - 5 mm 정도면 충분하다. 결과적으로 미세 치근단 수술은 전통의 수술에 비해 골삭제 크기를 작게 유지함으로써 건전한 골 삭제량을 줄이고, 더 빠른 치유, 그리고 더 적은 불편감을 보이게 된다.

2. 치근단 절제(Root-end resection)

골삭제를 하고 치근단 병소의 육아조직을 제거하고 난 후, 혹은 육아조직의 제거를 용이하게 하기 위해 소파술 전에 치근점 3 mm를 제거한다. 3 mm를 제거하는 이유는 대부분의 측방근관 혹은 치근단 분지부(apical ramification)가 치근단에서 3 mm내에 존재하며, 이들과 연관된 치근단 병소를 치유하기 위해서는 측방근관 혹은 치근단 분지부의 제거가 필수적이기 때문이다.^{5,6} 그러나 이는 서양인의 치아를 연구한 논문을 근거로 하였기 때문에 상대적으로 치근의 길이가 짧은 동양인에게 적절한 치근단 절제량에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.⁷

전통적인 치근단 수술에서 치근단 절제 각도는 45° 정도를 추천하였으나 이는 생물학적인 이유라기 보다는 시야 확보를 위한 것이었다. 45°의 치근단 절제는 협측에서 많은 피질골의 삭제가 이루어져 치주병소와 연관되거나 연관될 가능성이 커지고 이후 치근단 수술의 실패로 이어질 가능성이 높다는 연구결과가 보고되었다.⁸ 미세 치근단 수술에서는 현미경과 micro-mirror를 이용하여 경사각 없이도 충분한 시야확보가 가능하므로 각도를 주지 않거나 최소한(5 - 10도)의 각도로 치근단 절제를 시행하여 보다 좋은 예후를 보장할 수 있다.

3. 절단된 치근 단면 관찰(Inspection of resected root surface)

전통적인 치근단 수술과 비교할 때, 미세 치근단 수술의 가장 큰 차이점이자 장점은 치근단 절제 후 절단된 치근 단면을 고배율(×25)로 관찰할 수 있다는 것이다. 절단된 치근 단면을 메틸렌블루로 염색한 후 고배율로 관찰함으로써 이전 치료의 실패 원인을 추측할 수 있다(Figure 1).^{9,10} 필자의 연구에 의하면 이전 근관치료의 주요 실패 원인은 근관의 미세누출(leaky canal), 놓친 근관(missing canal), 해부학적 한계(anatomical complexity), 등이었으며, 이러한 실패원인을 파악함으로써 이후 수술과정에서 실패 원인을 수정하여 결과적으로 미세 치근단 수술의 예후를 향상시키는데 도움을 주게 된다.⁹ Figure 2의 증례는 이러한 미세 치근단 수술의 장점을 보여주는 전형적인 증례이다.

4. 치근단 와동 형성(Root-end preparation)

미세 치근단 수술의 두 번째 큰 장점이라고 할 수 있는 것이 초음파 팁을 이용한 치근단 와동 형성이다. 전통적인 치근단 수술에서의 치근단 와동 형성은 주로 handpiece나 micro-handpiece를 사용하였는데, 이는 근관의 장축에 평행한 치근단 와동 형성을 하기가 어려울 뿐만 아니라 치근단 와동의 깊이도 3 mm 이상 충분히 확보하지 못하여 치근단 수술의 주요 실패원인으로 알려져 있다.¹⁰ 그러나 미세

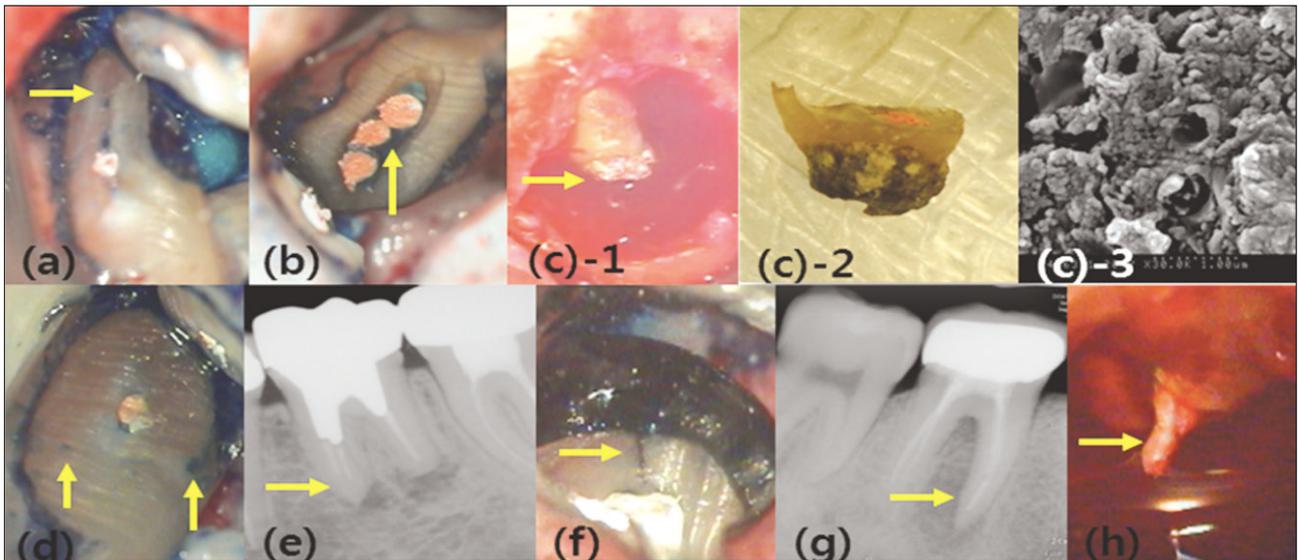


Figure 1. Example of each category of the cause of endodontic failure. Note the arrows. (a) Missing canal, MB2 with an isthmus in maxillary molar; (b) Leaky canal, gap between the gutta-percha and dentin; (c)-1 & (c)-2 apical calculus, calculus deposition due to chronic sinus tract; (c)-3 Scanning electron microscopic image of apical calculus ($\times 30K$); (d) Anatomical complexity, accessory canals that has not been touched; (e) Underfilling; (f) Crack, apical crack at lingual side of root; (g) Iatrogenic problem, broken file in mesial root in mandibular molar; (h) Overfilling, over-extended gutta-percha.⁹

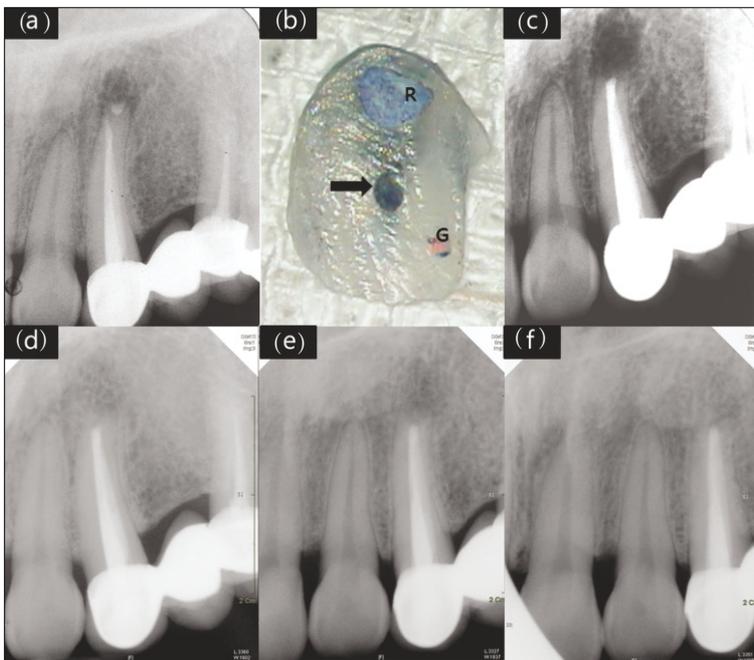


Figure 2. Typical failure case of endodontic surgery. (a) Preoperative radiograph with periradicular radiolucency showing a root-end filling apart from the filled canal; (b) Coronal surface of the resected apical fragment. Note the missing canal (arrow) that had not been touched, even after both nonsurgical and surgical retreatments. G, Gutta-percha canal filling of nonsurgical retreatment; R, Root-end filling of surgical retreatment; (c) Immediate postoperative radiograph. Super EBA was used for the root-end filling; (d), (e), and (f) Seven-year follow-up radiographs with 3 different angles showing complete healing.¹⁰

치근단 수술에서는 특별하게 고안된 초음파 팁을 사용하여 치근단 와동 형성을 시행 함으로써 상대적으로 작은 골삭제에도 불구하고 치아의 장축에 평행하면서 충분한 깊이(3 mm 이상)를 가지는 치근단 와동 형성을 할 수 있다. 그러나 Saunders는 초음파를 이용한 치근단 와동 형성시 치근에 미세 균열을 일으킬 수 있다는 사실을 처음 보고하였고,

이에 대해 몇몇 저자들의 연구가 이루어져 왔다.¹¹ De Bruyne 등은 이렇게 발생한 치근의 균열은 치근단 역충전 후 미세 누출을 유의하게 증가시킬 수 있다고 하였으나 이에 대한 임상연구가 부족한 실정이어서 보다 많은 연구가 있어야 할 것이다.¹²

5. 치근단 충전(Root-end filling)

치근단 충전의 목적은 치근단 부위를 가능한 완전히 밀봉하여 세균이나 세균의 부산물이 근관내에 잔존하거나 근관을 다시 오염시키는 것을 방지하는 것이다. 이전의 몇몇 저자들은 치근단 수술 시, 치근단 충전 유무와 상관없이 치유가 일어난다고 보고하였다. 그러나 Christiansen 등의 연구는 치근단 절제후 거타퍼차 smoothing만 시행한 그룹이 mineral trioxide aggregate (MTA)로 역충전한 그룹에 비해 낮은 성공률(GP smoothing vs MTA, 52% vs 96%, $p < 0.001$)을 보임으로써 역충전의 중요성을 강조하였다.¹³

치근단 충전의 목적에 부합하기 위한 이상적인 충전재는 근관벽에 결합하여 경화 후에도 체적 안정성을 가지고 있고, 체액과 접촉시 용해되거나 부식되지 않아야 한다. 그리고 최소한 정균(bacteriostatic)작용을 가져야 하고, 살균(bactericidal)작용을 가지는 것이 좋다. 병소가 치유되는 과정에서 골재생이 일어나는 것이 중요하기 때문에 백악질 형성을 촉진하고 세균과 세균 부산물에 방어막 역할을 할 수 있어야 한다. 무엇보다 독성이 없고, 뛰어난 봉쇄효과가 가장 중요한 요건이라 할 수 있다.

ZOE 계열 재료(IRM, Super EBA), Glass ionomer cement, composite resin, Compomer (Geristore), MTA 등 많은 재료들이 치근단 역충전 재료로 소개되어왔으며, 각기 장단점을 가지고 있다. MTA와 Super EBA, IRM, 아말감의 효과를 비교한 연구에서 MTA의 우수한 밀폐 효과 및 생체친화성이 입증되었으며, 백악질의 재생도 일부 관찰되었다.^{14,15} 이러한 특성 때문에 MTA가 최근에는 가장 널리 사용되나, 조작성이 좋지 않은 단점이 아직 남아 있으며 이러한 단점을 극복하기 위해 다양한 형태의 MTA 제재들이 개발되었거나 개발 중에 있다. Super EBA, IRM, MTA를 이용한 최근의 임상연구에서 Super EBA와 MTA를 역충전재로 사용하였을 때에는 성공률에 있어 통계적 유의차는 없었으나 IRM을 역충전재로 사용하였을 경우 다른 두 재료에 비해 성공률이 통계학적으로 유의하게 감소된다는 보고가 있다.^{16,17}

성공률 및 성공과 실패에 영향을 미치는 요소들

1. 미세 치근단 수술의 성공률

실패한 근관치료에서 수술이 필요한 경우임에도 선뜻 결정을 내리지 못하는 이유는 술자의 개인적인 선호도에 의해 좌우되는 측면도 있지만, 성공률에 대한 모호한 인식이 그 이유가 될 수 있다.¹⁸ 현미경이 도입되기 전, 전통적인 방식의 치근단 수술의 성공률은 30 - 50% 정도로 낮게 보고되었고, 이는 비외과적 재근관치료와 비교했을 때 결코 우수한 술식이 아니었다.¹⁹⁻²¹ 그러나 1990년대 이후 현미경의 도입과 함께 버(bur) 대신 초음파 팁으로 치근단 와동 형성

을 하고, 아말감 대신 생체 친화적인 재료로 치근단 충전을 하는, 소위 "현대적 술식(modern technique)"이 보급되면서 성공률은 높아졌다.²² 현대적 술식의 경우, 루페(loupe), 내시경(endoscope), 치과용 현미경(microscope)을 이용하여 시야의 한계를 보완하였으나 술식에 대한 명확한 규정이 없으며 그 성공률도 74 - 92%까지 다양하게 보고되고 있다.²³⁻²⁶ 보다 최근에 정립된 "미세 치근단 수술(endodontic microsurgery)"의 개념은 이러한 현대적 술식에 미세수술 기구와 고배율의 확대경, 조명의 사용을 포함하였으며, 2010년 Setzer 등에 따르면 '10배 이상의 확대경'을 이용한 경우에만 미세 치근단 수술에 해당한다고 그 범위를 구체화하였다.^{2,5}

어떤 치료의 성공률을 언급할 때, 술식의 프로토콜 못지 않게 중요한 것이 성공, 실패를 판단하는 기준과 관찰 기간(follow-up)이다.¹⁸ 치근단 수술의 예후를 다룬 여러 논문들마다 세부적인 평가방법은 조금씩 차이가 있지만, 대부분의 논문이 1972년 Rud 등의 치유 기준을 기준으로 완전 치유(complete healing), 불완전 치유(incomplete healing), 불확실 치유(uncertain healing), 불만족 치유(unsatisfactory healing)로 구분을 하고, 통계적 분석을 위해 이를 성공, 실패로 이분화시켜 평가하고 있다.^{8,10,16,27-32} 물론, 많은 논문들이 불확실 치유의 예후를 불확실하게 보고 이를 아예 제외시키거나 제3의 그룹으로 따로 구분하기도 한다.^{18,20,33-35} 그러나 이 경우에도 성공률(success rate)에는 영향을 주지 않기 때문에 예후를 비교함에 있어서 문제가 되지 않는다.

예후를 평가하는 시점 또한 중요하다. 외과적 수술은 비외과적인 치료보다 더 빠른 치유양상을 보이는 경향이 있다.³⁶ 1년 이상 장기간 관찰한 논문을 보면, 수술 후 치유와 관련한 변화는 대부분 1년 이내에 이루어지므로 술 후 1년의 성공률과 그 이후의 성공률에 큰 차이가 없다고 보고하고 있다.¹⁶ 1995년 Jesslen 등의 연구에서도 1년의 관찰만으로 장기간의 예후를 예측할 수 있다는 주장은 증례의 95% 이상에서 설득력을 보였다.³⁷ 다만, uncertain healing의 경우, 평가자간의 일치도가 낮게 나타나는 범주로 앞서 언급한 것처럼 1년의 관찰만으로 예후를 결정하기 어렵기 때문에 4년까지 관찰할 것을 권하고 있고, 따라서 술 후 1년의 성공률은 실제보다 낮게 평가될 수 있다고 하였다.³⁸ 그러나 Friedman은 분명히 치유되었다고 판단된 증례에서도 다시 병적인 상태로 전환되는 증례가 5 - 25%까지 보고되고 있다고 하여 장기간의 관찰을 할 경우, 성공률은 다소 낮아질 것으로 예상하였다.^{36,37,39-43}

미세 치근단 수술에 관한 임상 연구는 아직 국내외적으로 미비한 실정이다. 개념의 혼동으로 술식을 혼용하였거나, 술식에 대한 명확한 언급이 부족한 연구를 제외하면 미세 치근단 수술의 예후에 관한 연구는 10편 남짓이다(Table 1). 방법론(Methodology), 포함/제외 기준(Inclusion/exclusion criteria), 사용한 재료에 따라 차이가 있지만,

Table 1. Studies on the success rate of endodontic microsurgery

Study	Sample size	Follow up period	Recall rate	Magnification	Root-end preparation	Root-end filling material	Success rate (%)	Methodology
Rubinstein & Kim (1999) ³²	128	14 mon	94/128	Microscope	Ultrasonic	Super EBA	96.8	Prospective
Rubinstein & Kim (2002) ⁴¹	91	5 - 7 yr	59/91	Microscope	Ultrasonic	Super EBA	91.5	Prospective
Chong <i>et al.</i> (2003) ¹⁶	122	1 - 2 yr	108/122	Microscope	Ultrasonic	MTA IRM	92 87	Prospective
Taschieri <i>et al.</i> (2006) ¹⁸	80	1 yr	71/80	Endoscope Loupe	Ultrasonic	EBA	94.9 90.6	RCT
Tsisis <i>et al.</i> (2006) ²⁰	110	6 mon	88/110	Microscope No aid	Ultrasonic Bur	IRM	91.1 44.2	Retrospective
Taschieri <i>et al.</i> (2007) ³³	30	1 yr	28/30	Endoscope	Ultrasonic	Super EBA	93	Prospective
Von Arx <i>et al.</i> (2007) ³⁴	194	1 yr	191/194	Endoscope	Sonic	MTA, Retroplast, Super EBA	83.8	Prospective
Von Arx <i>et al.</i> (2007) ³⁰	183	1 yr	177/183	Endoscope	Sonic	MTA, Super EBA	83	Prospective
Taschieri <i>et al.</i> (2008) ³⁵	113	> 2 yr	100/113	Microscope Endoscope	Ultrasonic	Super EBA	92 90	RCT
Saunders <i>et al.</i> (2008) ¹⁴	321	4 - 72 mon	276/321	Microscope	Ultrasonic	MTA	88.8	Prospective
Kim <i>et al.</i> (2008) ⁸	263	1 - 5 yr	192/263	Microscope	Ultrasonic	"MTA, Super EBA"	91.5	Prospective
Christiansen <i>et al.</i> (2009) ¹³	52	1 yr	46/52	Microscope	Ultrasonic	MTA GP Smoothing	96 52	RCT
Von Arx <i>et al.</i> (2010) ³¹	353	1 yr	339/353	Microscope	Sonic	MTA Retroplast	91.3 79.5	Prospective
Song <i>et al.</i> (2011) ¹⁰	54	1 - 7 yr	42/54	Microscope	Ultrasonic	MTA, Super EBA	92.9	Prospective

MTA, mineral trioxide aggregate; GP, gutta-percha; RCT, randomized controlled trial study.

대부분의 논문들이 90% 이상의 높은 성공률을 보고하고 있다. 2009년 Tsisis 등이 현대적 술식의 예후에 관한 메타 분석을 시행하여 91.6%의 높은 성공률을 보고하였으나, 루뻤(Loupe), 내시경(Endoscope), 치과용 현미경(microscope)을 사용한 논문을 모두 포함하여 분석하였기 때문에 순수한 미세 치근단 수술의 예후로 보기는 어렵다.²²

미세 치근단 수술의 높은 성공률은 근관치료가 실패한 경우, 외과적 재치료의 임상적 유효성에 대한 근거를 제시할 뿐 아니라, 실패한 수술의 치료 방법으로 재수술을 선택하는 데에도 타당하고 객관성 있는 근거를 제시한다. 전통적인 방식으로 재수술을 할 경우, 성공률이 현저히 떨어지기 때문에 비외과적 재근관치료로 치료를 시도하거나, 의도적 재식술(replantation), 발치를 권하기도 했다.⁴⁴⁻⁴⁶ 2001년 Peterson과 Gutmann은 재수술에 관한 리뷰논문에서 35.5%의 낮은 성공률을 보고했다.⁴⁷ 그 후 치근단 수술에 확대경($\times 4.5$), 초음파 장비가 도입되면서 재수술의 성공률도 점차 높아졌으나 이는 여전히 첫 번째 수술보다 15 - 20% 낮은 수치였다.⁴⁸ 그러나 실패한 수술 증례를 대상으로 미세 치근단 수술로 재수술을 시행한 필자의 연구 결과는 재수술임에도 불구하고 92.9%의 높은 성공률을 보였고, 이는 처음 하는 수술과 견줄만한 결과였다.¹⁰ 실패한 첫 번째 수술을 분석해 본 결과, 대부분이 전통적인 치근단 수술 증례였고, 실패 원인의 80% 이상이 부적절한 치근단 와동 형성과 역충전이 되어 있지 않은 증례들이었다. 수술의 예후는 재수술인지 아닌지에 따라 달라지는 것이 아니라, 수술을 통해 기존 치료의 실패 원인을 파악하고 이를 해결해 줄 수 있는지에 따라 달라진다. 미세 치근단 수술은 현미경을 이용한 시

야의 확보로 이러한 요구를 충족시켜주기 때문에 '재수술'이라는 이유로 꺼려할 필요는 없다. 물론, 미세 치근단 수술을 한 후 실패한 증례의 경우는 예외가 될 수 있을 것이다.

미세 치근단 수술은 대부분 현미경을 이용하지만, 내시경을 사용하기도 한다. 내시경이 치과분야에 사용된 것은 치아 파절을 진단하기 위한 목적이었으나 1990년대 이후 근관치료 분야에 도입되면서 치근단 수술에도 사용되었다.⁴⁹ 내시경의 역할은 현미경과 크게 다르지 않다. 몇 가지 차이가 있다면, 모니터를 보며 수술하기 때문에 micro-mirror가 필요 없고, 움직임이 자유롭기 때문에 수술 부위의 깊이(depth), 초점(focus)을 유지하면서 다양한 각도에서 치아를 관찰할 수 있다는 점이다.³³ 내시경의 확대율은 6 cm telescope, 25 - 50 mm zoom camera head, 14인치 모니터를 사용할 경우 15배 정도의 배율을 얻을 수 있으며, 조합하기에 따라 50배에서 100배까지도 가능하다.⁴⁹ 그러나 내시경은 하나의 배율로 고정되어 있기 때문에 저배율의 확대를 위해서는 수술용 루뻤의 추가적인 사용이 필요하고, 지혈이 잘 되지 않을 경우 렌즈를 자주 닦아주어야 하기 때문에 수술 시간이 길어지는 단점이 있다.³⁵ 내시경을 이용한 미세 치근단 수술의 연구는 Taschieri, von Arx의 연구가 대부분이다. Taschieri 등에 의한 연구들은 모두 90% 이상의 높은 성공률을 보고하였고, 현미경과 직접적으로 예후를 비교한 전향적, 무작위 임상 연구에서도 내시경과 치과용 현미경의 성공률은 각각 90%, 92%로 통계적 유의성은 없었다.^{18,33,35} 반면, von Arx 등의 연구는 83% 정도의 다소 낮은 성공률을 보고하고 있는데, 이는 내시경의 사용과 함께 sonic driven microtip, Retroplast (Retroplast trad-

ing ApS, Rorvig, Denmark)를 사용하였기 때문에 단순한 확대경의 차이로 인한 결과로 보기 어렵다.^{30,34}

미세 치근단 수술이 전통적인 방식의 치근단 수술에 비해 얼마나 우수한지 직접적으로 비교한 연구는 드물다. 2006년 Tsisis 등은 확대경 없이 바로 치근단 와동 형성을 시행한 전통 방식과 현미경과 초음파 탐을 이용한 미세 치근단 수술의 예후를 비교하였다.²⁰ 재료에서 비롯되는 차이를 줄이기 위해 동일하게 IRM을 사용하였고, 결과는 91.1%와 44.2%로 미세 치근단 수술이 우수한 예후를 보였다. 2010년 Setzer 등은 기존의 논문들을 선별하여 메타분석을 통해 전통방식의 치근단 수술(TRS, traditional root-end surgery)과 미세 치근단 수술(EMS, endodontic microsurgery)의 예후를 비교하였다.² 비록 이 메타분석 연구는 '두 집단을 직접 비교한 연구' 들을 모아서 분석한 것이 아니라 '각 집단의 성공률에 관한 연구'를 각각 수집하여 비교함으로써 두 비교 집단이 동일한 조건이 아니라는 단점이 있기는 하지만 비교적 검증수준(evidence level)이 높은 총 21편의 논문을 포함하였고, 추출한 미가공 데이터로부터 산출한 성공률은 미세 치근단 수술 94%, 전통방식의 치근단 수술 59%로 통계학적으로 유의성 있는 차이를 보였다 ($p < 0.0005$). 또한 상대 위험도(relative risk ratio)는 미세 치근단 수술의 경우 전통방식의 치근단 수술보다 성공률 확률이 1.58배 높음을 보임으로써 미세 치근단 수술의 우수성을 증명하였다.

2. 예후 인자

비외과적 근관치료 뿐 아니라 외과적 술식에 있어서도 성공률을 높이기 위한 노력은 계속되고 있다. 전통방식의 치근단 수술에서 지금의 미세 치근단 수술로의 변화도 성공률을 높이기 위한 끊임없는 노력과 연구에서 비롯된 것이라 하겠다. 치근단 수술의 예후인자를 연구한 논문은 몇 개가 보고되고 있지만 논문마다 증례 선택 기준, 증례 수, 관찰 기간, 방법론 등의 차이로 다양한 결론을 제시하고 있다(환자의 나이, 근관충전의 길이, 술자, 병소의 크기, 치관부 또는 근단부의 밀폐, 역충전의 질, 이전의 수술 여부 등).^{19,23,50-53} 2010년 von Arx는 하나의 논문에서는 개체 수가 제한되기 때문에 2개 이상의 예후인자를 비교하는 데 한계가 있음을 지적하였고, 치근단 수술시 치근단 충전을 시행한 논문들만을 모아 메타분석을 시행하였다.⁵⁴ 총 38개의 논문이 포함되었고 환자, 치아, 치료 술식과 관련한 예후 인자로 분류하였다. 로지스틱 회귀 분석 결과, 영향을 미치는 치아 관련 요소로는 술전 증상 및 통증, 근관충전의 밀도, 병소의 크기가 있었고 치료 술식과 관련한 요소로는 내시경의 사용 유무가 있었다. 그러나 von Arx 논문은 예후 인자에 따라 분석에 포함된 논문의 개수가 2개인 경우가 많아 아쉬운 점이 있고, 전통적인 방식의 치근단 수술과 미세 치근단 수술을 구분하지 않고 모두 포함시켰기 때문에 미세

치근단 수술의 예후 인자를 보는 데는 한계가 있다.

미세 치근단 수술은 조직 거상 후의 전 과정에 현미경을 이용하도록 하고, 각도를 거의 주지 않는 치근단 절제, 초음파 탐을 이용한 3 - 4 mm의 치근단 와동 형성, MTA나 super EBA, IRM을 이용한 치근단 충전을 시행하도록 정의하고 있다.⁵ 따라서 치료 술식에 따르는 다양한 변수(치근단 절제량, 치근단 절제시 부여하는 bevel의 정도, 역충전 유무, 치근단 와동 형성 방법, 치근단 충전 깊이, 확대경, 조명)를 통제하여 예후에 대한 영향력을 최소화하였다. 따라서 미세 치근단 수술의 예후에 영향을 미치는 요소들은 기존의 치근단 수술의 예후 인자들과 일치하지 않을 수 있을 것이다.

미세 치근단 수술만을 이용하여 예후 인자를 분석한 논문은 드물다. 2007년 von Arx는 내시경과 sonic driven microtip, Super EBA, MTA, Retroplast를 이용한 치근단 수술을 시행하고 1년간의 관찰 기간을 거쳐 예후 인자에 대한 분석을 시행하였는데, 유일한 예후인자는 초진시 통증 유무로 나타났다.³⁴

필자는 2004년부터 2008년까지 연세대학교 치과병원에서 시행한 미세 치근단 수술 907개의 증례를 대상으로 예후 인자를 분석하였다.¹⁷ 대부분의 논문들이 치주적으로 문제가 있는 증례, 치근치주 결손(apico-marginal defect)이 있는 증례는 제외하고 순수한 치근단 병소만을 가지고 예후를 분석하고 있기 때문에 본 연구에서도 전체 증례에 대한 분석과 함께 치주적으로 문제가 있는 증례를 제외한 순수한 치근단 병소에 대한 예후 인자 분석을 각각 시행하여 그 차이를 보았다. 그 결과, 미세 치근단 수술의 성공률에 영향을 주는 요소는 성별, 치아 위치, 병소 형태(lesion type), 역충전재료로 나타났고, 치주적으로 이환된 병소를 제외할 경우, 치아 위치(tooth position)만이 미세 치근단 수술의 유일한 예후인자로 나타났다. 순수한 치근단 병소의 경우 미세 치근단 수술의 예후에 영향을 주는 변수는 크게 줄어든다는 것을 알 수 있다. 이 연구의 결과는 기존의 치근단 수술의 예후 인자와 크게 다르지 않으나, tooth position과 같은 술전 요소가 술중, 술후 요소보다 예후에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

1) 나이, 성별

기존의 논문에서는 환자의 나이와 성별은 치근단 수술의 예후인자가 아니었고, 필자의 연구에서도 순수한 치근단 병소에서는 예후인자가 아닌 것으로 나타났다.^{19,23,24,55} 그러나 치주적 문제를 가지는 병소까지 포함하여 분석한 경우, 결과가 달랐다. 나이가 증가함에 따라 성공률이 낮아지는 경향을 보였고, 남성이 여성에 비해 성공률이 낮았다. 성별에 의한 차이는 다른 변수를 통제하여 회귀분석을 시행한 경우에도 유의한 결과를 보였다(95% confidence interval(CI), 1.031 to 3.104, $p = 0.039$). 연령에 따른 성공률의 차이는 연령이 낮을수록 치유능력이 우수하기 때문으로 생각되거나 관찰 기간이 길어질수록 그 차이는 감소할 것이라 추측

해 볼 수 있다.

남녀에 따른 차이는 전신질환 및 흡연 유무와의 관련성을 고려할 수 있겠다. 2006년 Ducan과 Pitt Ford의 리뷰논문은 흡연과 치근단 질환(endodontic disease)의 예후와의 관련성은 부족하다고 결론내리고 있다.⁵⁶ 그러나 흡연은 연조직, 경조직의 상처치유 과정에 영향을 미치기 때문에 골조직 치유와 연조직 치유가 필요한 외과적 근관치료 증례의 경우 치유에 영향을 줄 수 있다고 하였으며, 술전 금연의 장점에 대해 언급하고 있다.⁵⁷⁻⁵⁹ 전신 질환의 경우, 치근단 수술의 예후 인자로 이를 고려한 논문이 없기 때문에 관련성에 대한 근거는 부족하다. 필자의 연구 또한 흡연유무를 평가 항목에 포함시키지 않아 명확한 상관관계를 규정할 수 없으나 그 상관성에 대해서는 앞으로 추가 연구가 필요한 부분이라고 생각된다.

2)치아 위치(Tooth position)

치근단 수술의 예후를 치아 유형(tooth type)에 따라 비교한 논문은 다수가 있으나 대부분 통계 처리를 하지 않았다는 한계가 있고, 통계적 유의차가 없다고 보고하는 논문도 있다.^{19,24,25,60-62} 미세 치근단 수술의 증례를 분석한 연구도 마찬가지로 통계적 분석이 부족하다.^{35,41}

필자의 연구에서는 치아 위치에 따라 성공률에 차이가 있었다. 상악과 하악, 좌측과 우측의 차이는 없었으나 전치부가 소구치(95% CI, 1.527 to 5.463, $p = 0.001$), 대구치(95% CI, 1.128 to 4.890, $p = 0.022$)에 비해 높은 성공률을 보였다. 이는 순수한 치근단 질환의 증례만 분석한 경우에도 마찬가지였다(95% CI, 1.785 to 6.960, $p < 0.001$ / 95% CI, 1.013 to 5.232, $p = 0.046$). 전치부의 성공률을 높게 보고한 논문의 경우, 저자들은 위치에 따른 접근의 용이함과 치아의 해부학적 구조에 따른 결과라고 설명하고 있다.^{34,54,63} 미세 치근단 수술의 경우, 현미경의 사용이 조명과 확대경의 도움으로 시야의 한계를 극복시킬 수는 있지만, 치근단까지의 접근(access)을 향상시켜주는 것은 아니기 때문에, 치아 위치에 따른 영향을 받을 수 밖에 없다.⁵ 이는 기존의 치근단 수술에서 미세 치근단 수술로 변화하면서 개선되지 못한 부분으로, 추후 이런 부분을 개선할 수 있는 방향으로 술식의 변화가 필요하다고 하겠다.

3)술전 증상 및 통증

von Arx는 술전에 나타나는 증상 및 통증은 만성 염증 상태가 아닌 급성 또는 아급성(subacute) 염증 상태로 볼 수 있고, 이는 외과적 상처(wound)의 치유를 저해할 수 있기 때문에 성공률이 낮아질 수 있다고 추측하고 있다.⁵⁴ 또한 부종(abscess), 누공(draining sinus)이 근관의 감염과 관련하여 나타난 경우, 치근단 수술로 근관의 재감염의 가능성이 높은 균을 완전히 제거할 수 없을지도 모른다고 하였다.⁶⁴ 그러나 미세 치근단 수술의 경우, 치아 상태와 상관없이 치근단 병소의 원인균을 보다 깨끗하게 제거할 수 있

기 때문에 술전 치아 상태에 따른 영향을 받지 않을 것이고, 필자의 연구에서도 술전의 증상 및 통증은 예후에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

4)술전 근관 치료 상태

술전 근관 치료 상태는 근관충전 재료, 밀도, 길이 측면에서 평가한다. 기존의 치근단 수술의 경우, 근관충전 재료와 밀도는 예후에 영향을 주지 않으나 근관 충전 길이의 경우, 다양한 결과를 보고하고 있다.^{19,23} 근관 충전 길이가 예후와 무관하다는 보고가 있는가 하면, Lustmann 등의 논문에서는 근관충전이 치근점에서 2 mm 이내에 있는 경우(52%)가 그렇지 않은 경우(39%)보다 높은 성공률을 보인다고 보고하고 있다($p < 0.05$).^{34,50,51} 반대로, 부적절한 근관 충전 길이가 적절한 충전 길이를 가진 경우 보다 높은 성공률을 보인다는 논문도 있다.^{23,53} 필자의 연구에서도 '적절한 길이'를 치근점에서 2 mm 이내라고 정의할 때, 부적절한 근관 충전 길이가 적절한 근관 충전 길이보다 높은 성공률을 보였다($p < 0.020$). 이는 기존의 근관 충전 길이가 부적절한 경우, 충전이 안된 부분, 또는 정출된 부분이 잔존한 균이 지속적인 질환의 원인이 될 수 있기 때문에 수술을 통해 이를 제거함으로써 성공적인 예후를 보장할 수 있는 것이다.^{50,65}

5)재수술 여부

재수술의 예후를 연구한 대부분의 논문들이 재수술의 경우, 처음하는 수술보다 낮은 성공률을 보고하고 있고, 통계적으로도 유의차 있는 결과를 보여주고 있다.^{19,23,34,46,48} 그러나 이는 미세 치근단 수술을 사용하기 전에 이루어진 연구가 대부분이고, 필자의 연구를 통해 치근단 수술의 실패 원인이 대부분 부적절한 술식에 의한 것임이 밝혀졌다.¹⁷ 따라서 미세 치근단 수술의 술식을 따르는 경우에는 재수술임에도 높은 성공률을 보일 수 있으며, 이전의 수술이 전통적인 방법으로 행해졌다면, 지금하는 수술이 재수술이라는 사실이 예후에 영향을 주지 않는다. 이는 재수술에 적절한 증례를 선택하고 수술 술식에 변화를 주어 재수술을 시행한다면 재수술 후에 더 높은 빈도의 치유를 보일 수 있을 것이라는 Wang의 제안과도 일치한다.²³

6)Periodontal involvement 여부

치주적으로 이환된 병소는 치근단 수술의 예후를 저해하는 요인으로 알려져 있다. 따라서 치근단 수술의 예후에 관한 많은 논문들이 증례 선별 단계에서 치근단-치주 결손(apicomarginal defect)이 있거나 4 mm 이상의 깊은 치주낭을 가진 치아를 제외시킨다. 실제로 치주적으로 이환된 병소를 대상으로 치근단 수술을 시행한 결과 불량한 성공률을 보였고, 미세 치근단 수술의 예후를 전향적으로 평가한 필자의 연구에서도 치주적으로 문제를 가진 경우, 성공률의 차이를 보였다.^{8,52,66-68} kim과 Kratchman의 분류에 따라 독립된 치근단 병소(Type A, B, C)와 치근단 치주 복합 병소

(Type D, E, F)로 나누어 성공률을 분석한 결과 독립된 치근단 병소가 95.2%의 높은 성공률을 보인 반면, 치근단 치주 복합 병소의 경우는 성공률이 77.5%에 불과하였다($p < 0.05$).⁵ 예후 인자를 분석한 필자의 후향적 연구에서도 Odds Ratio (OR) = 2.388 (95% CI, 1.183 to 5.564, $p = 0.017$)로 병소 형태에 따른 성공률의 차이를 보이고 있다. 치조골의 상실은 치은 상피세포의 치근단 이주를 유도하여 치주적 재부착을 어렵게 하고, 이는 균이 열구를 통해 치근단으로 재감염되는 통로를 제공하게 되어 치유에 방해 요소로 작용한다.⁶⁹

이러한 경우, 성공률을 높이기 위한 노력으로 조직 유도 재생술(GTR, guided tissue regeneration)을 적용하는 연구가 있어왔다. 2001년 Douthitt 등은 beagle dog을 이용한 동물실험에서 협측골의 결손이 있는 경우, 흡수성 막(membrane)의 적용 유무에 따른 치유양상을 평가하였다.⁷⁰ 그 결과, 막을 적용한 군이 결합조직의 높이($p = 0.004$), 재생된 치조골의 양($p = 0.001$), 접합상피 부착($p = 0.012$) 측면에서 높은 치유양상을 보였다. 뿐만 아니라 막의 적용과 함께 골이식을 병행하거나 막 대신 골막 이식(perioosteal graft)을 시행한 여러 연구에서도 치근단 수술만을 시행한 경우보다 우수한 치유양상을 보이고 있다.⁷¹⁻⁷³ 따라서 치주적으로 이환된 병소의 경우, 치주 치유를 돕는 재생술식의 적용이 병소의 치유에 도움을 줄 것이며, 적용 기준, 방법에 대한 연구는 앞으로 더 필요할 것이다.

7) 병소의 크기

병소가 치근단에 한정되어 있는 경우, 병소의 크기에 따라 성공률에 차이가 있는지 알아본 연구들이 많이 있으나 그 결과는 다양하다. 2001년 Rahbaran 등은 방사선 사진 상에서 병소가 발견되지 않은 경우, 병소가 있는 경우보다 높은 성공률을 보고하였고(no lesion vs lesion, 43% vs 24%, $p = 0.029$), 2004년 Wang 등은 병소 크기가 5 mm 이하인 경우와 5 mm 이상인 경우를 비교하여 병소가 작은 경우에 치유되는 빈도가 높다고 하였다(86% vs 65%, $p = 0.02$).^{19,23} 이는 큰 병소(10 mm 이상)의 경우, 치유에 걸리는 시간이 길고, 반흔 조직으로 치유되는 경향이 있어 방사선 사진상에서의 판단이 어려울 수 있기 때문이다.^{29,74} 그리고 병소가 작은 경우, 부가적인 골삭제로 노출된 건강한 골조직이 치유에 관여하게 되지만, 병소가 큰 경우에는 염증 조직의 소파술이 불충분할 수 있고 노출된 골조직의 상태 또한 건강하지 못하여 치유를 방해한다는 논리이다.⁶³ 그러나 병소의 크기가 치유에 영향을 주지 않는다는 보고도 있다. 2007년 von Arx의 연구에서는 병소가 없는 경우(94.1%)가, 병소가 있는 경우보다 우수한 치유양상을 보이지만 5 mm이하의 병소(86.5%)나 5 mm 이상의 병소(77.1%) 간에 차이는 없다고 하였고, 2008년 필자의 연구에서도 병소 유형(lesion type) A, B, C 간에 성공률의 차이는 보이지 않았다.^{8,34} 병소 크기와 성공률을 분석한 연구

들마다 크기를 측정하는 기준이나 관찰 기간이 다양하고, 대부분이 논문들이 5 mm를 기준으로 병소의 크고 작음을 구분하고 있지만 이 또한 일관되지 않아 연구들 간에 비교가 어려운 실정이다. 2007년 von Arx는 골와의 크기를 가로, 세로, 깊이, 부피 및 근관까지의 거리로 세분화하여 측정 후, 술 후 예후에 영향을 미치는 인자를 분석하였다.³⁰ 그 결과, 가로 길이가 유일한 예후인자로 나타났으나 통계적 검정력이 부족한 단점이 있었다. 따라서 병소의 크기에 예후에 영향을 미치는지, 구체적으로 어떤 요인이 영향을 미치는지, 완전 치유를 보이는 한계 크기는 얼마인지 등 앞으로 이와 관련한 연구가 필요하다.

8) 역충전 재료

술식과 관련된 요소 중 가장 연구가 많이 되는 것은 역충전 재료에 관한 연구이다. 기존의 치근단 수술에서는 주로 아말감을 사용하였으나 술식의 변화와 더불어 IRM, Super EBA, MTA와 같은 생체 친화적인 재료가 사용되었고, 많은 논문을 통해 이러한 재료들이 아말감보다 우수한 결과를 보인다는 사실은 입증되었다.^{19,75,76} 최근에는 이러한 재료들 간에 비교 연구가 행해지고 있는데 결과는 논문마다 차이를 보인다. MTA는 *in vitro* 실험, 동물 실험을 통해 우수한 밀폐력을 보이고 있고, 임상 시험에서도 90% 이상의 높은 성공률을 보이는 재료이다.⁷⁷⁻⁸⁰ Super EBA 또한 *in vitro* 실험을 통해 골재생, 미세 누출 측면에서 MTA와 유사한 결과를 보였고, 임상적으로도 MTA와 비교할만한 높은 성공률을 보고하고 있다.^{8,15,17,81} 그러나 논문에 따라서 super EBA (76.4%)가 MTA (90.2%)에 비해 다소 낮은 성공률을 보고하기도 한다.³⁴ IRM과 MTA를 비교한 2개의 무작위 임상 연구에서는 MTA 92%, IRM 86.7%에 달하는 높은 성공률을 보고하면서 통계적 차이를 보이지 않았다.^{16,25} MTA, Super EBA, IRM을 비교한 필자의 논문에서는 MTA와 Super EBA가 비슷한 결과를 보인 반면, MTA와 IRM의 비교에서는 MTA가 IRM에 비해 높은 성공률을 나타내었다(95% CI, 1.251 to 4.668, $p = 0.009$). 이는 IRM으로부터 침출되는 유지놀이 치유를 저해하고 습한 수술 환경이 IRM이 밀폐력을 감소시키기 때문으로 생각된다.⁷⁵

또 다른 역충전 재료로 접착성 레진 컴포짓인 Retroplast가 있다. 이는 산부식, priming-bonding agent 사용 후 적용하는 액상형태의 컴포짓 재료로 주근관 뿐 아니라 isthmus, 부근관, 상아 세관을 완전히 봉쇄하기 위한 목적으로 개발된 재료이다.³¹ 중합된 Retroplast는 생체 친화적이며, 아말감과 GI와 비교했을 때 우수한 성공률을 보였다(Retroplast vs Amalgam, 78 vs 62%, $p < 0.00005$; Retroplast vs GIC, 73 vs 31%, $p < 0.001$).^{51,82,83} 여러 논문에서 보고하고 있는 Retroplast를 사용한 치근단 수술의 성공률은 73 - 85%이며, MTA와의 직접적인 비교 연구에서는 MTA와 Retroplast 각각의 성공률이 91.3%와 79.5%로 Retroplast가 다소 낮은 결과를 보였다($p =$

0.003).^{34,51,83} 이는 재료를 적용하기 위한 치근단 와동 형태가 다르고(얇고 오목한 형태), 지혈 문제 등이 접착 과정을 어렵게 하여 치유에 영향을 줄 수 있기 때문이다.^{31,34}

9) 술자

술자에 따른 성공률의 차이를 보고한 논문은 드물다. Lustmann 등은 술자에 따라 성공률에 차이가 난다고 하였으나 이는 경력이 많고 적음에 따른 차이가 아니라 개인에 따르는 차이라고 하였다.⁵⁰ 반면, Wang 등의 연구에서는 치과 대학원생이 교수진보다 높은 수술 성공률을 보고하였는데, 이는 결국 술자에 따라 증례 선별 과정에서 차이가 나기 때문인 것으로 나타났다.⁵² 필자의 연구에서는 교수진과 3년차 레지던트와 사이에 성공률의 차이는 없었다. 연세대학교 치과보존과에서는 레지던트 2년차 과정부터 정해진 지침대로 교수진의 지도, 감독하에 미세 치근단 술식을 익히기 때문에 3년차 레지던트는 충분히 숙련된 기술을 갖추게 된다. 따라서 교수진과의 성공률의 차이를 보이지 않는 것은 당연한 결과라고 할 수 있다.

10) 수복물 여부

비외과적 근관치료의 경우, 최종 수복물의 상태에 따라 근관치료의 성공률이 달라지며 수복물이 양호한 경우가 불량한 경우보다 성공할 확률이 2.8배 높다고 보고하고 있다.⁸⁴ 치근단 수술에서도 비슷한 결과를 보고한 논문들이 소개되었다. 영구 수복물이 있는 경우가 그렇지 않은 경우보다 우수한 치유 양상을 보이며, 수복물이 양호한 경우, 수복되지 않은 경우에 비해 성공할 확률이 3배까지 높게 보고되기도 한다.^{19,55} 필자의 연구에서도 수복물의 상태와 예후와의 상관관계가 존재하였다. 그러나 다른 변수를 통제한 상태에서 회귀분석을 시행하였을 때 수복물은 수술의 성공률에 아무런 영향을 주지 못했다(95% CI, 0.630 to 33.546, $p = 0.133$). 이는 치근단 역충전으로 완전한 밀폐를 형성해줌으로써 치관부 수복물이 부적절할 경우 우려되는 재감염의 가능성을 보상해 줄 수 있기 때문으로 생각된다. 하지만 부적절한 수복물에 의한 근관부 누출은 비외과적 근관 치료에서 장기적으로 주요한 실패원인의 하나로 언급되고 있는 만큼, 외과적 근관 치료에서도 장기적인 관점에서의 연구 및 평가가 이루어져야 할 것이다.

Conflict of Interest: No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

결 론

본 논문에서는 미세 치근단 수술의 술식 및 예후 그리고 예후에 영향을 미치는 요소들에 대하여 알아보았다. 미세 치근단 수술은 10배 이상의 확대된 시야에서 수술이 이루어져야 하고, 초음파를 이용한 치근단 와동 형성 및 생체 친

화적인 역충전 재료로 충전하는 술식으로 규정지을 수 있다. 미세치근단 수술의 장점이라면 확대된 시야(25배)에서 절단된 치근 단면을 관찰함으로써 이전 치료의 실패원인을 인지하고 수정할 수 있으며, 초음파 팁을 이용하여 치아 장축에 평행한, 최소 3 mm 이상의 역충전 와동을 형성하고 충전함으로써 전통방식의 치근단 수술보다 높은 성공률을 나타낼 수 있다는 것이다.

미세 치근단 수술에 영향을 미치는 요소에는 다양한 요인들이 존재할 수 있으나 전통방식의 치근단 수술보다 술식이 표준화 됨으로써 술식에 의한 영향을 줄일 수 있다. 환자와 치아에 관계되는 요소 중에서는 치주질환의 이환 여부와 치아 위치(tooth position)가 예후에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으나 이에 대한 연구는 아직까지 그 수가 부족한 상태로 앞으로 검증 수준(evidence level)이 높은 Randomized clinical trial 혹은 전향적 코호트 연구가 많이 이루어져야 할 것이다.

REFERENCES

1. Friedman S. Considerations and concepts of case selection in the management of post-treatment endodontic disease (treatment failure). *Endodontic Topics* 2002;1: 54-78.
2. Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature-part 1: comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. *J Endod* 2010; 36:1757-1765.
3. Creasy JE, Mines P, Sweet M. Surgical trends among endodontists: the results of a web-based survey. *J Endod* 2009;35:30-34.
4. Yang Y, Rossi FM, Putnins EE. Periodontal regeneration using engineered bone marrow mesenchymal stromal cells. *Biomaterials* 2010;31:8574-8582.
5. Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *J Endod* 2006;32:601-623.
6. Ricucci D, Siqueira JF Jr. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *J Endod* 2010;36:1-15.
7. Kim E, Fallahrestegar A, Hur YY, Jung IY, Kim S, Lee SJ. Difference in root canal length between Asians and Caucasians. *Int Endod J* 2005;38:149-151.
8. Kim E, Song JS, Jung IY, Lee SJ, Kim S. Prospective clinical study evaluating endodontic microsurgery outcomes for cases with lesions of endodontic origin compared with cases with lesions of combined periodontal-endodontic origin. *J Endod* 2008;34:546-551.
9. Song M, Kim H, Lee W, Kim E. Analysis of the cause of failure in nonsurgical endodontic treatment by microscopic inspection during endodontic microsurgery. *J Endod* 2011;37:1516-1519.
10. Song M, Shin SJ, Kim E. Outcomes of endodontic micro-resurgery: a prospective clinical study. *J Endod* 2011;37:316-320.
11. Saunders WP, Saunders EM, Gutmann JL. Ultrasonic root-end preparation, part 2. microleakage of EBA root-end fillings. *Int Endod J* 1994;27:325-329.

12. De Bruyne MA, De Moor RJ. Influence of cracks on leakage and obturation efficiency of root-end filling materials after ultrasonic preparation: an *in vitro* evaluation. *Quintessence Int* 2008;39:685-692.
13. Christiansen R, Kirkevang LL, Hørsted-Bindslev P, Wenzel A. Randomized clinical trial of root-end resection followed by root-end filling with mineral trioxide aggregate or smoothing of the orthograde gutta-percha root filling-1-year follow-up. *Int Endod J* 2009;42: 105-114.
14. Saunders WP. A prospective clinical study of periradicular surgery using mineral trioxide aggregate as a root-end filling. *J Endod* 2008;34:660-665.
15. Baek SH, Lee WC, Setzer FC, Kim S. Periapical bone regeneration after endodontic microsurgery with three different root-end filling materials: amalgam, Super EBA, and mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2010; 36:1323-1325.
16. Chong BS, Pitt Ford TR, Hudson MB. A prospective clinical study of mineral trioxide aggregate and IRM when used as root-end filling materials in endodontic surgery. *Int Endod J* 2009;42:414-420.
17. Song M, Jung IY, Lee SJ, Lee CY, Kim E. Prognostic factors for clinical outcomes in endodontic microsurgery: a retrospective study. *J Endod* 2011;37:927-933.
18. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Endodontic surgery using 2 different magnification devices: preliminary results of a randomized controlled study. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64: 235-242.
19. Rahbaran S, Gilthorpe MS, Harrison SD, Gulabivala K. Comparison of clinical outcome of periapical surgery in endodontic and oral surgery units of a teaching dental hospital: a retrospective study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;91:700-709.
20. Tsesis I, Rosen E, Schwartz-Arad D, Fuss Z. Retrospective evaluation of surgical endodontic treatment: traditional versus modern technique. *J Endod* 2006;32:412-416.
21. Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S. Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. *J Endod* 2009;35:930-937.
22. Tsesis I, Faivishvsky V, Kfir A, Rosen E. Outcome of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: a meta-analysis of literature. *J Endod* 2009;35:1505-1511.
23. Wang N, Knight K, Dao T, Friedman S. Treatment outcome in endodontics-the Toronto study, phases I and II: apical surgery. *J Endod* 2004;30:751-761.
24. Zuolo ML, Ferreira MO, Gutmann JL. Prognosis in periradicular surgery: a clinical prospective study. *Int Endod J* 2000;33:91-98.
25. Lindeboom JA, Frenken JW, Kroon FH, van den Akker HP. A comparative prospective randomized clinical study of MTA and IRM as root-end filling materials in single-rooted teeth in endodontic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100: 495-500.
26. von Arx T, Frei C, Bornstein MM. Periradicular surgery with and without endoscopy: a prospective clinical comparative study. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2003;113:860-865.
27. Rud J, Andreasen JO, Jensen JE. Radiographic criteria for the assessment of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Surg* 1972;1:195-214.
28. Molven O, Halse A, Grung B. Observer strategy and the radiographic classification of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1987;16:432-439.
29. Molven O, Halse A, Grung B. Surgical management of endodontic failures: indications and treatment results. *Int Dent J* 1991;41:33-42.
30. von Arx T, Hänni S, Jensen SS. Correlation of bone defect dimensions with healing outcome one year after apical surgery. *J Endod* 2007;33:1044-1048.
31. von Arx T, Hänni S, Jensen SS. Clinical results with two different methods of root-end preparation and filling in apical surgery: mineral trioxide aggregate and adhesive resin composite. *J Endod* 2010;36:1122-1129.
32. Rubinstein RA, Kim S. Short-term observation of the results of endodontic surgery with the use of a surgical operation microscope and super-EBA as root-end filling material. *J Endod* 1999;25:43-48.
33. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R. Endoscopic periradicular surgery: a prospective clinical study. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2007;45:242-244.
34. von Arx T, Jensen SS, Hänni S. Clinical and radiographic assessment of various predictors for healing outcome 1 year after periapical surgery. *J Endod* 2007; 33:123-128.
35. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R. Microscope versus endoscope in root-end management: a randomized controlled study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008;37:1022-1026.
36. Kvist T, Reit C. Results of endodontic retreatment: a randomized clinical study comparing surgical and non-surgical procedures. *J Endod* 1999;25:814-817.
37. Jesslén P, Zetterqvist L, Heimdahl A. Long-term results of amalgam versus glass ionomer cement as apical sealant after apicectomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995;79:101-103.
38. Molven O, Halse A, Grung B. Incomplete healing (scar tissue) after periapical surgery-radiographic findings 8 to 12 years after treatment. *J Endod* 1996;22:264-268.
39. Friedman S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature-part 1: comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. *J Endod* 2011;37:577-578.
40. Halse A, Molven O, Grung B. Follow-up after periapical surgery: the value of the one-year control. *Endod Dent Traumatol* 1991;7:246-250.
41. Rubinstein RA, Kim S. Long-term follow-up of cases considered healed one year after apical microsurgery. *J Endod* 2002;28:378-383.
42. Wesson CM, Gale TM. Molar apicectomy with amalgam root-end filling: results of a prospective study in two district general hospitals. *Br Dent J* 2003;195:707-714.
43. Yazdi PM, Schou S, Jensen SS, Stoltze K, Kenrad B, Sewerin I. Dentine-bonded resin composite (Retroplast) for root-end filling: a prospective clinical and radiographic study with a mean follow-up period of 8 years. *Int Endod J* 2007;40:493-503.
44. Calişkan MK. Nonsurgical retreatment of teeth with periapical lesions previously managed by either endodontic or surgical intervention. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100:242-248.
45. Fava LR. Calcium hydroxide in endodontic retreatment after two nonsurgical and two surgical failures: report of a case. *Int Endod J* 2001;34:72-80.
46. Schwartz-Arad D, Yarom N, Lustig JP, Kaffe I. A retrospective radiographic study of root-end surgery with amalgam and intermediate restorative material. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 96:472-477.
47. Peterson J, Gutmann JL. The outcome of endodontic

- resurgery: a systematic review. *Int Endod J* 2001;34:169-175.
48. Gagliani MM, Gorni FG, Strohmer L. Periapical resurgery versus periapical surgery: a 5-year longitudinal comparison. *Int Endod J* 2005;38:320-327.
 49. Bahcall JK, DiFiore PM, Poulakidas TK. An endoscopic technique for endodontic surgery. *J Endod* 1999;25:132-135.
 50. Lustmann J, Friedman S, Shaharabany V. Relation of pre- and intraoperative factors to prognosis of posterior apical surgery. *J Endod* 1991;17:239-241.
 51. Jensen SS, Nattestad A, Egdø P, Sewerin I, Munksgaard EC, Schou S. A prospective, randomized, comparative clinical study of resin composite and glass ionomer cement for retrograde root filling. *Clin Oral Investig* 2002;6:236-243.
 52. Wang Q, Cheung GS, Ng RP. Survival of surgical endodontic treatment performed in a dental teaching hospital: a cohort study. *Int Endod J* 2004;37:764-775.
 53. Barone C, Dao TT, Basrani BB, Wang N, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study-phases 3, 4, and 5: apical surgery. *J Endod* 2010;36: 28-35.
 54. von Arx T, Peñarrocha M, Jensen S. Prognostic factors in apical surgery with root-end filling: a meta-analysis. *J Endod* 2010;36:957-973.
 55. Rapp EL, Brown CE Jr, Newton CW. An analysis of success and failure of apicoectomies. *J Endod* 1991;17:508-512.
 56. Duncan HF, Pitt Ford TR. The potential association between smoking and endodontic disease. *Int Endod J* 2006;39:843-854.
 57. Castillo RC, Bosse MJ, MacKenzie EJ, Patterson BM. Impact of smoking on fracture healing and risk of complications in limb-threatening open tibia fractures. *J Orthop Trauma* 2005;19:151-157.
 58. W-Dahl A, Toksvig-Larsen S. Cigarette smoking delays bone healing: a prospective study of 200 patients operated on by the hemicallotaxis technique. *Acta Orthop Scand* 2004;75:347-351.
 59. Chang LD, Buncke G, Slezak S, Buncke HJ. Cigarette smoking, plastic surgery, and microsurgery. *J Reconstr Microsurg* 1996;12:467-474.
 60. Testori T, Capelli M, Milani S, Weinstein RL. Success and failure in periradicular surgery: a longitudinal retrospective analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;87:493-498.
 61. Maddaloni M, Gagliani M. Periapical endodontic surgery: a 3-year follow-up study. *Int Endod J* 2003; 36:193-198.
 62. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Endodontic surgery with ultrasonic retrotips: one-year follow-up. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100:380-387.
 63. Friedman S. The prognosis and expected outcome of apical surgery. *Endodontic Topics* 2005;11:219-262.
 64. Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J* 2006;39:249-281.
 65. Farzaneh M, Abitbol S, Lawrence HP, Friedman S. Treatment outcome in endodontics—the Toronto study, phase II: initial treatment. *J Endod* 2004;30:302-309.
 66. Hirsch JM, Ahlström U, Henrikson PA, Heyden G, Peterson LE. Periapical surgery. *Int J Oral Surg* 1979; 8:173-185.
 67. Skoglund A, Persson G. A follow-up study of apicoectomized teeth with total loss of the buccal bone plate. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1985;59:78-81.
 68. Forssell H, Tammissalo T, Forssell K. A follow-up study of apicoectomized teeth. *Proc Finn Dent Soc* 1988;84: 85-93.
 69. Friedman S. Treatment outcome and prognosis of endodontic therapy. 2nd ed. Malden, MA: Blackwell Science; 2008.
 70. Douthitt JC, Gutmann JL, Witherspoon DE. Histologic assessment of healing after the use of a bioresorbable membrane in the management of buccal bone loss concomitant with periradicular surgery. *J Endod* 2001;27: 404-410.
 71. Britain SK, von Arx T, Schenk RK, Buser D, Nummikoski P, Cochran DL. The use of guided tissue regeneration principles in endodontic surgery for induced chronic periodontic-endodontic lesions: a clinical, radiographic, and histologic evaluation. *J Periodontol* 2005;76:450-460.
 72. Dietrich T, Zunker P, Dietrich D, Bernimoulin JP. Periapical and periodontal healing after osseous grafting and guided tissue regeneration treatment of apicomarginal defects in periradicular surgery: results after 12 months. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:474-482.
 73. Marín-Botero ML, Domínguez-Mejía JS, Arismendi-Echavarría JA, Mesa-Jaramillo AL, Flórez-Moreno GA, Tobón-Arroyave SI. Healing response of apicomarginal defects to two guided tissue regeneration techniques in periradicular surgery: a double-blind, randomized-clinical trial. *Int Endod J* 2006;39:368-377.
 74. Grung B, Molven O, Halse A. Periapical surgery in a Norwegian county hospital: follow-up findings of 477 teeth. *J Endod* 1990;16:411-417.
 75. Dorn SO, Gartner AH. Retrograde filling materials: a retrospective success-failure study of amalgam, EBA, and IRM. *J Endod* 1990;16:391-393.
 76. Pantschev A, Carlsson AP, Andersson L. Retrograde root filling with EBA cement or amalgam. A comparative clinical study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;78:101-104.
 77. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod* 1993;19:591-595.
 78. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1995;21:109-112.
 79. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod* 1995;21:295-299.
 80. Bates CF, Carnes DL, del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1996;22:575-578.
 81. Pichardo MR, George SW, Bergeron BE, Jeansonne BG, Rutledge R. Apical leakage of root-end placed superEBA, MTA, and Geristore restorations in human teeth previously stored in 10% formalin. *J Endod* 2006;32:956-959.
 82. Andreasen JO, Munksgaard EC, Fredebo L, Rud J. Periodontal tissue regeneration including cementogenesis adjacent to dentin-bonded retrograde composite fillings in humans. *J Endod* 1993;19:151-153.
 83. Rud J, Munksgaard EC, Andreasen JO, Rud V. Retrograde root filling with composite and a dentin-bonding agent. 2. *Endod Dent Traumatol* 1991;7:126-131.
 84. Gillen BM, Looney SW, Gu LS, Loushine BA, Weller RN, Loushine RJ, Pashley DH, Tay FR. Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2011;37: 895-902.

국문초록

미세 치근단 수술의 성공과 실패

송민주 · 김의성*

연세대학교 치과대학 보존학교실, 현미경센터

최근의 근관치료학 분야에서 외과적 재치료는 수술현미경, 초음파기구, 미세수술기구 등의 도입으로 많은 변화가 있어 왔다. 본 논문에서는 기존의 전통적인 치근단 수술법과 비교하여 미세 치근단 수술의 주요 술식을 알아보고 이미 출간된 논문에 근거하여 미세 치근단 수술의 성공과 실패 그리고 성공과 실패에 영향을 미치는 요소들을 고찰하고자 하였다.

수술현미경은 수술부위를 밝게 확대해서 봄으로써 치근단 부위의 미세한 형태를 조명할 수 있게 되었으며 이는 술식의 성공을 위해서 필수적인 요소가 되었다. 초음파 기구 또한 치근단 역충전을 위한 정확한 와동형성을 가능하게 해 주었다. 따라서 미세 치근단 수술은 기존방식의 문제점이었던 많은 골삭제, 경사진 치근절제, 부정확한 역충전 와동 형성, 치근단 미세구조 관찰의 어려움 등을 극복함으로써 술식이 더욱 정확해지고, 성공가능성이 더 높아졌다고 볼 수 있다.

미세 치근단 수술에 영향을 미치는 요소에는 다양한 요인들이 존재할 수 있으나 전통방식의 치근단 수술보다 술식이 표준화됨으로써 술식에 의한 영향을 줄일 수 있다. 환자와 치아에 관계되는 요소 중에서는 치주질환의 이환 여부와 치아위치(tooth position)가 예후에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으나 이에 대한 연구는 아직까지 그 수가 부족한 상태로 앞으로 검증수준(evidence level)이 높은 Randomized clinical trial 혹은 전향적 코호트 연구가 많이 이루어져야 할 것이다

주요단어: 미세 치근단 수술; 성공과 실패; 예후인자; 외과적 재근관치료; 치아위치; 치주질환