

근관형성후 포스트 드릴링한 하악 대구치의 잔존치질량

인하대학교 의과대학 치과학교실
윤왕희, 오남식, 서정민, 김일규

ABSTRACT

Residual Dentin Thickness of Mandibular Molars After Endodontic Treatment and Post Drilling

Department of Dentistry, Division of Prosthodontics, Inha University
Wang-Hee Yun, Nam-Sik Oh, Joung-Min Seo, Il-Kyu Kim

The purpose of the study was to compare the residual dentin thickness of molar treated with conventional stainless steel hand file and rotary Ni-Ti file and then post drilling. 16 mandibular molars were chosen and divided into 2 groups. 8 teeth were prepared in step-back method using stainless steel hand instrument(K-files and H-files). The other 8 were prepared using rotary Ni-Ti files(Profile 06 taper) in crown-down method. Both groups were obturated by lateral condensing technique. And then all molars were prepared with parapost drill. Every and each tooth were scanned with micro CT before and after post drilling. The images were analysed at 1mm below the orifice, post apical level, and at the middle. The least residual dentin thickness was measured and analysed

The results were as following.

1. The residual dentin thickness of two groups after endodontic treatment showed no statistical difference.
2. Post drilling left no statistically significant difference in residual dentin thickness.
3. Both groups residual dentin thickness decreased as the measuring level approached apically.

Two groups showed no significant difference in residual dentin thickness but apical level dentin thickness was very thin. And in order to preserve intact dentin we should do our most to keep the direction close to the center during endodontic treatment and post drilling.

Key words : residual dentin thickness, micro CT, post

1. 서론

근관치료된 치아의 수복시 치근-치관 안정성, 즉 코아의 유지를 위해서 흔히 근관내 포스트를 사용한다.

포스트가 실제로는 치아를 강화시키지 못하며, 오

히려 치아를 약하게 만들 가능성이 있다는 여러 연구 결과가 발표되었다.¹⁾ 그러나 근관치료가 불가피하게 필요한 경우가 많이 발생하며, 이러한 치아들의 수복시 치관부에서 충분한 상아질 지지를 얻을 수 없는 치아는 상실된 치관부의 회복을 위한 코아의 유지 및 보철물의 유지를 위해서 포스트가 반드시 필요하게

된다. 이에 따라 포스트의 개념은 치아강화개념에서 유지개념으로 바뀌는 추세이며 건전한 상아질의 보존이 보철수복물의 성공을 좌우하는 중요한 요소가 됨을 밝히는 연구들이 많이 발표되고 있다.²⁾

포스트를 식립하기 위해서는 근관내 드릴링을 실시하여 포스트가 들어갈 공간을 마련해야 한다. 지금까지 이 포스트 스페이스 형성에 관하여, Leary 등³⁾은 포스트의 길이가 치근길이의 3/4이 바람직하다고 하였으며, Silverstein⁴⁾은 post의 길이가 치관의 길이보다 길어야 한다고 하였으며, Dooley⁵⁾는 post의 길이가 치관길이의 1.3배 이상이어야 한다고 하였고, Hirishfeld 등⁶⁾은 apical seal을 방해하지 않는 범위에서 가능한 한 길어야 한다고 하였다. Kvist 등⁷⁾은 apical seal을 위해서 치근단에서 최소 4-5mm를 남겨야 한다고 하였다. 또한 Goodacre 등⁸⁾은 어느 부위에서도 포스트의 직경이 치근 직경의 1/3을 넘지 말아야 한다고 하였으며, Trabert 등⁹⁾은 작은 포스트를 사용하여 치아내부의 구조를 보존하였을 경우 더 큰 파절저항을 나타낸다고 하였으며, Baraban¹⁰⁾은 근관치료 후 치관 부위의 지지 받고 있는 상아질을 제거하는 것은 수복물의 수명을 단축시키는 결과를 가져온다고 보고하였다.

이렇듯 근관치료된 치아의 성공적인 포스트 식립을 위해서 어떻게 상아질을 보존할 것인가가 중요한 문제로 대두되고 있는 가운데 최근 몇 년 전부터는 근관치료시 기존의 stainless steel 수동파일 대신에 Ni-Ti전동파일을 이용한 근관형성이 많이 행해지고 있다.

이러한 근관치료방법의 차이에서 파일의 물성과 근관내 상아질의 삭제방법이 다른 만큼 근관치료가 완료된 치아의 상아질 보존 상태도 다를 것이며, 이는 포스트를 위한 드릴링 후의 상아질 보존 상태에도 영향을 미칠 것이라 생각할 수 있다.

이에 따라 Ni-Ti전동파일로 근관치료된 치아에서의 포스트 드릴링 결과에 대한 연구가 필요한 시점이라 할 수 있다. 본 연구에서는 이렇게 각기 다르게 근관치료된 치아군 간에 포스트드릴링 전, 후 상아질의 보존상태를 비교하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 치아선택

발치된 건전한 하악 대구치 중 치관 및 치근의 파절이 없고, 수복되지 않고, 근관 치료되지 않은 치아를 16개를 선택하여, 8개는 Hand군으로 분류하였고, 나머지 8개는 Ni-Ti군으로 분류하였다.

2. 치아형성

가. 근관치료

두군 모두 일반적인 access opening을 형성한 후, Hand 군은 5.25% NaOCl으로 세척하며 hand instrument인 stainless still K-type file과 H-type file (Mani Inc. Japan)을 사용하여 step-back방법으로 근관을 형성하였다. Ni-Ti군은 rotary Ni-Ti instrument (ProfileR 06 taper, Maillefer, Ballaigues, Switzerland)를 이용하여 RC-PREP (Premier Dental Product, Co. Philadelphia, U. S. A.)를 첨가하며 제조사의 지시에 따른 crown-down 방법으로 근관을 형성하였다. 근관형성 후 gutta-percha cone (DiaDent, Inc. Korea)과 Sealapex (Kerr, Inc. Romulus, U. S. A.)를 이용하여 측방가압법으로 충전하였다.

나. 포스트를 위한 와동 형성

근관치료가 끝난 두군의 치아 모두를 micro CT (SkyScan-1072 SkyScan, Belgium)를 사용하여 50 μ m간격으로 scan하였다. micro CT로 scan한 후 두군의 모든 치아는 para-post drill (Whaldent Int. New York, N. Y.)을 사용하여 길이는 근관장길이에 서 근단 폐쇄를 위해 필요한 최소 4mm를 남긴 길이로 설정하였고, post의 굵기는 충전물이 모두 제거되고 canal 내에서 post 끝 부분의 움직임이 1mm이내로, 저항감이 느껴지는 굵기까지 순차적으로 포스트 드릴링 하였다.

3. Micro CT scan

선택된 16개의 치아는 포스트를 위한 근관형성 전

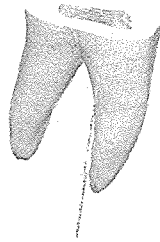
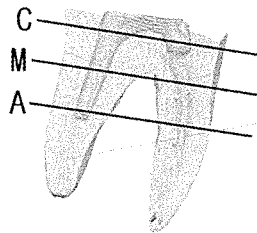


Fig 1. Micro CT voxel image



Fig 2. Sagittal plane of voxel image



C : cervical M : middle A : apical

Fig 3. Measurement of residual dentin thickness

과 후로 같은 위치에서 micro CT scan을 시행하였다. 치아는 치아장축에 대하여 수직이 되는 2차원 횡단면 영상을 근관입구 상방 1mm위부터 치근단 하방 1mm까지 50 μ m 간격으로 촬영하였다. 이 이차원 픽셀영상은 삼차원 복셀 모형(Fig 1,2)으로 3차원 영상 분석 복원 프로그램 (v-works, CyberMed, Inc. Korea)으로 재형성하였다.

4. 영상분석

횡단면 영상 중 orifice하방 1mm부위(cervical)와 포스트를 위한 와동의 근단부 끝지점(apical), 그리고 이 두지점의 중간지점(middle)을 선택하여 치질 중 가장 얇은 곳을 영상 분석 복원 프로그램을 이용하여 길이를 측정하였다.(Fig. 3)

5. 통계분석

Student t-test를 이용하여 두군의 포스트 드릴링 전(근관 치료후), 후의 각각의 위치에서 잔존치질량의 차이를 검정하였다.

III. 실험성적

총 16개의 하악 대구치가 사용되었으며, 두군 각 8개의 치아를 실험전후로 micro CT로 scan하여 각각 치아의 세 부위에 대한 cross section image를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다(Table 1, Fig 4)

1. Post를 위한 근관 삭제전의 두군의 잔존 치질량의 비교

Post를 위한 치질 삭제전 잔존 치질량은 orifice에

서는 Hand군이 1.74mm Ni-Ti군이 1.35mm, middle에서는 Hand군이 1.05mm Ni-Ti군이 1.08mm, apical에서는 Hand군이 0.68mm Ni-Ti군이 0.86mm를 나타냈다.

두군의 잔존치질량의 비교에서 orifice부위에서는 Hand군이 잔존치질량이 많았으며, middle과 apical부위에서는 Ni-Ti군이 잔존치질량이 더 많았으나, orifice, middle, apical 모든 부위에서 통계학적 유의성은 없었다($P < 0.05$).

2. Post를 위한 근관 삭제 후 두군의 잔존 치질량의 비교

Post를 위한 근관 삭제 후의 잔존치질량은 orifice에서는 Hand군이 1.69mm Ni-Ti군이 1.31mm, middle에서는 Hand군이 0.98mm Ni-Ti군이 0.99mm, apical에서는 Hand군이 0.54mm Ni-Ti군이 0.72mm를 나타냈다.

두군의 잔존치질량의 비교에서 삭제전 처럼 orifice는 Hand군이 잔존치질량이 많았으며, middle과 apical에서는 Ni-Ti군이 잔존치질량이 더 많았으나, orifice, middle, apical 모두에서 통계학적 유의성이 없었다($P < 0.05$). 그러나 두군 모두에서 apical쪽에서 잔존치질의 감소가 현저하였다.

Table 1. Shortness residual dentin thickness of Mn molar before and after post drilling(mm)

	orifice		middle		apical	
	Hand	Ni-Ti	Hand	Ni-Ti	Hand	Ni-Ti
pre	1.74±0.17	1.35±0.27	1.05±0.36	1.08±0.28	0.68±0.28	0.86±0.21
post	1.69±0.16	1.31±0.28	0.98±0.39	0.99±0.27	0.54±0.24	0.72±0.27

IV. 총괄 및 고찰

최근 들어 근관치료시 종래의 stainless steel 파일 대신 Ni-Ti 전동파일이 많이 사용되어지고 있다. A.H Gluskin¹¹⁾은 Ni-Ti가 hand instrument보다 치아에 더 보존적이라고 하였다. 또한 Namazikha¹²⁾의 결과 역시 rotary Ni-Ti instrument가 부작용 (stripping, perforation, ledging, transformation,

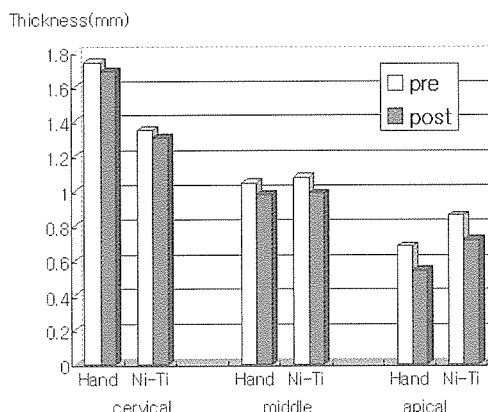


Fig 4. Shortness residual dentin thickness Mandibular molar before and after post drilling

zipping and instrument breakage)이 적다고 보고하였다. 이는 Ni-Ti의 유연한 성질이 치아에 더 보존적이기 때문일 것이다. 이번 실험결과에서는 전통적인 hand instrument를 사용하여 근관성형 후 근관충전 한 것과 rotary Ni-Ti instrument를 사용하여 근관성형 후 근관충전 한 것의 잔존 치질량에는 통계학적으로 유의성이 없었다.

또한 두 가지 방법으로 근관 성형된 후 포스트 드릴링된 치아의 잔존치질량에서도 통계학적 유의성은 없었다. 그러나 횡단면사진을 보면 rotary instrument를 사용한 치아의 근관이 더 원형에 가깝고, 그 삭제된 근관의 중심(center)도 삭제전 치아의 근관의 중심과 가깝다는 인상을 받게 된다. 잔존치질량의 측정에서는 근관중심의 이동이 많은 영향을 미친다. 근관중심의 이동이 많으면 이동한 쪽의 치질은 상대적으로 얇게 될 것이다. 임상적으로는 잔존치질량이 약한 부분에 스트레스가 집중되면서 치근파절의 결과를 가져올 수 있다. 따라서 포스트 드릴링 후의 잔존 치질량을 보존하기 위해서는 근관형성이 근관중심으로 이루어져 근관중심 이동을 적게 하는 것이 선행되어야 하고, 포스트 드릴링도 근관중심에서 이루어지도록 노력해야 할 것이다. 이번 실험에서는 근래 많이 사용되어지는 Ni-Ti Profile로 근관형성을 했을 때의 치아조건의 변화에 대해 중점적으로 살펴보았다. 포

스트 드릴링의 개념이 점점 최대한의 치질 보존을 중시하는 쪽으로 정립되고 있는데, 이는 포스트 드릴링 전의 상태 즉, 근관치료된 직후의 치아상태의 차이가 포스트의 성패를 가름하는데 중요한 요소로 떠오르고 있는 셈이다.

포스트는 모양에 따라 각각의 장단점을 가진다. tapered post는 치근에 썸과 같은 스트레스를 일으켜 치근 파절을 일으킬 수 있다. 그러나 치근부에서 삭제량을 줄일 수 있는 장점이 있다. 평행한 포스트가 원치 않는 스트레스의 감소를 위해서 제안되어져 왔다.^{13),14)} 평행한 포스트의 장점은 유지력(retention)이 증가하여 쉽게 빠져버리지 않는다는 것이다.^{15),16)} 평행한 포스트(parallel-sided post)를 위한 공간을 삭제하다보면 치근단 1/3 부위에서는 치아를 과도하게 삭제할 수 있다. 그리고 포스트의 근단 쪽 끝 부분에는 날카로운 각이 형성되어 스트레스를 한 곳에 집중시키게 된다.¹⁷⁾ 위 실험의 결과를 보더라도 평행한 포스트 드릴링 후에는 치아의 근단부로 갈수록 잔존치질량이 매우 적음을 알 수 있다. 최근에는 치질량의 보존을 위해서 치아의 모양과 비슷하게 윗부분은 cylinder이고 아랫부분은 taper인 포스트가 개발되었다. 대부분의 치근의 모양이 경사져 있기 때문에 약간 경사진(slightly tapered) 포스트가 평행한 포스트보다 더 보존적일 수 있다. 또한 경사진 포스트는 스트레스를 치관쪽 1/3에 전달하여 크라운의 "ferrule design"과 효과적으로 상호 작용한다. 따라서 위 실험결과와 같이 근단부로 갈수록 잔존치질량이 감소하므로, 근단부의 치질을 보존하기 위해서는 평행한 포스트보다는 치근단부로 갈수록 그 직경이 감소하는 형태를 사용하는 것이 유리할 것이다.

길이가 긴 포스트는 많은 치질의 삭제를 요구한다. 어떠한 기성 포스트도 포스트를 치근에 맞추기 위해서는 치질을 삭제해야 하므로, 이미 만들어진 근관의 모양에 맞추어서 제작되는 개별제작 포스트(custom-fitted cast post)가 치아구조를 더 잘 보존할 것이다. 또한 개별 제작된 주조 포스트가 parallel-sided serrated post보다 유지와 저항이 더 좋은 것으로 보고 되고 있다.¹⁸⁾

최근에 행해진 치과의사들의 포스트에 대한 인식에 관한 설문조사에서도 치아의 강화(reinforce)에 대한 생각에는 커다란 인식 차가 존재하고 있음이 밝혀졌다.¹⁹⁾ 50%에 해당하는 응답자들이 포스트가 근관치료된 치아를 강화(reinforce)시킨다고 믿고 있었다. 수복되어진 근관치료치아에 대한 임상연구(vivo study)는 적으나 생활치아에 비하여 낮은 성공률이 예상된다.^{20),21)} 고정성 또는 가철식보철물의 지대치로 사용되는 근관치료된 치아는 실패하기가 아주 쉬우며,^{22),23)} 특히 캔틸레버(cantilever) 보철물의 지대치로 사용되어질 때 특히 더 많이 실패됨이 밝혀지고 있다.^{24),25)} 9명의 일반 치과의사에 의해서 근관치료 되어진 1273개의 치아를 표본으로 한 Sorensen과 Martinoff^{26),27)}의 연구는 개별 제작된 tapered 주조포스트에서 비가역적인 치아의 손상이 더 자주 일어나며, 포스트를 식립하는 것이 치아의 파절저항을 증가시키거나 인공치관의 탈락을 방지하지 못함을 밝혔다. 이들은 parallel-sided serrated post가 가장 높은 성공률을 보인다고 발표했다.

포스트의 실패요인으로 작용하는 여러 가지 요소 가운데 근관의 중심(center)이동 및 포스트의 직경은 가장 중요한 요소 중 하나이다. 방사선 사진 결과 포스트의 직경이 치근 직경의 1/2이 넘으면 그 성공률은 현저히 떨어지는 것으로 보고 되고 있으나, 근관 성형시 근관의 중심이 이동되어 한쪽으로 편향된다면, 근관의 직경에 상관없이 어느 한 부분의 치질이 많이 삭제되어 쉽게 스트레스에 의해 파절될 것이다.

실제 이번 실험성적의 영상분석을 보면 주로 치질이 가장 적은 쪽은 근관 분지부쪽, 즉 원심치근의 근심 쪽이었으며, 이는 치근의 해부학적 구조의 취약점인 danger zone때문이다. 측면 방사선 사진에서는 치근의 중앙에 위치 한 것처럼 보이나 단층 촬영 결과 실제 중앙이 아닌 danger zone에 가까움을 볼 수 있다. 특별한 경우에는 근관 분지부 쪽은 매우 얇고 나머지 부분은 치질이 많이 남아있는 경우가 많았다. 따라서 이런 danger zone에 대한 고려가 필요하며 따라서 포스트 직경에 관한 언급은 근관이 중심부에 위치한다는 조건이 있을 때 의미가 있을 것으로 생각

된다.

근관내 포스트는 아무리 길어지더라도 근첨부에 최소 4mm의 Gutta-percha를 남겨야 한다.²⁸⁾ 치근이 비정상적으로 짧거나 굴곡진 경우에는 포스트는 기대보다 짧아질 것이며 유지 또한 줄어들 것이다. 게다가 포스트가 임상치관 보다 짧은 경우에는 커다란 지렛대작용이 발생하며, 이러한 바람직하지 않은 지렛대작용은 치근파절을 불러일으킬 수 있다. 흔히 포스트가 짧은 경우 부족한 유지력을 보상하기 위해서 치근 상아질에 맞물리는 나사산 포스트(threaded post)에 의존하게 되는데, 이는 치아파절을 일으키는 해로운 힘을 생성시키므로 바람직하지 못하다. 나사산이 있는 포스트(threaded posts)는 치아구조에 맞물려 최대의 유지력을 제공하나, 치근 상아질내로 압박(stress)을 가하게 된다고 지적되어왔다.^{29),30)} 대신 4-META 레진 시멘트는 해로운 힘을 발생시키지 않으면서도 나사산 포스트에 맞먹는 유지력을 제공한다.³¹⁾ 그러나 이러한 레진 시멘트에 대한 장기적인 임상연구가 부족한 상태이며, 실험실 성적에 따르면 정상적인 저작력에서도 이러한 4-META 시멘트는 피로가 누적되어, 변형을 가져오는 것으로 나타나고 있다.³²⁾

본 연구에서는 두 가지 방법으로 근관치료한 후, 포스트 드릴링한 치아의 잔존치질량의 차이를 비교한 결과, 두 방법에서 포스트 드릴링 전, 후로 잔존치질량의 차이는 없었다. 그러나 두군 모두에서 근관의 형성 및 포스트 드릴링이 한쪽으로 치우쳐져서 한쪽의 치질이 얇아지는 경향을 볼 수 있었다. 잔존 치질량으로 대변되는 포스트 치료의 성공을 위해서는 근관치료 및 포스트 드릴링이 좀더 근관의 중심에서 이루어지도록 노력해야 할 것이다. 또한 치근단부로 갈수록 잔존치질량의 감소가 현저하므로 근단부의 잔

존 치질의 보존을 위해서 치근처럼 직경이 점차적으로 감소하는 포스트의 사용에 대하여 고려해야 할 것이다. 그러나 taper형태는 치근단부에 스트레스가 집중되는 단점이 있다. 또한, 근관성형 및 포스트 드릴링시 danger zone에 대한 고려가 이루어져야 할 것이다. 앞으로는 삭제시 근관의 중심이 한쪽으로 치우쳐지는 정도에 대한 연구 및 치근의 직경이 감소하는 정도에 해당하는 포스트드릴의 모양에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

V. 결 론

포스트 드릴링 전, 후 Hand군과 Ni-Ti군의 잔존치질량을 세부위로 나누어서 같은 위치에서 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 근관 치료 후 Hand군과 Ni-Ti군과의 잔존치질량의 차이에는 유의성이 없었다.
2. 포스트 드릴링후 Hand군과 Ni-Ti군과의 잔존치질량 차이에는 유의성이 없었다.
3. Hand군과 Ni-Ti군 모두 근단부로 갈수록 잔존치질량은 매우 감소하였다.

Hand군과 Ni-Ti군에서 잔존치질량에는 유의성이 없었으나, 근단부의 치질은 매우 얇았으며, 포스트 사용의 임상적 성공률을 높이기 위한 건전한 치질 보존을 위해서는 근관형성 및 포스트 드릴링시 치근 분지부의 danger zone을 고려하면서 편향된 과도한 삭제가 없도록 근관의 중심부에서 삭제가 이루어질 수 있도록 노력해야 할 것이다.

이 논문은 2001년 12월 불의의 사고로 세상을 떠난 고 윤왕희선생님의 학위논문입니다. 삼가고인의 명복을 빕니다.

참 고 문 헌

- 1) Robbins JW, Earnest LA, Schumann SD Fracture resistance of endodontically-treated cusps. Am J Dent 1993;3:159-61.
- 2) Patel A, Gutteridge DL. An in vitro investigation

of cast post and parital core design. J Dent 1996;24:281-7.

- 3) Leary JM, Aquilino SA, Svare CW. An evaluation of post length within the elastic limits of

참고 문헌

- dentin. *J Prosthet Dent* 1978;39:400-5.
- 4) Silverstein WH. Reinforcement of Weekend pulpless teeth. *J Prosthet Dent* 1964;14:372-81.
 - 5) Dooley BS. Preparation and construction of post-retention crown for Anterior teeth. *Aust Dent J* 1967;12:544-50.
 - 6) Hirshfeld Z, Stem N. Post and core - the biomechanical aspect. *Aust Dent J* 1972;17:467-8.
 - 7) Kvist T, Rydin E, Reit C. The relative frequency of periapical lesions in teeth with root canal-retained post. *J Endod* 1989;15:578-80.
 - 8) Goodacre CJ, Spolnik KJ. The prosthodontic management of endodontically treated teeth : a literature review. Part III tooth preparation consideration *J Prosthet Dent* 1995;4:122-8.
 - 9) Trabert KC, Caputo AA, Abou-Rass M. Tooth fracture - a comparison of endodontic and restorative treatments. *J Endod* 1978;4:341-5.
 - 10) Baraban DJ. The restoration of pulpless teeth. *Dent Clin North Am* 1967;Nov:633-53.
 - 11) A.H. Gluskin, D. C. Brown, L. S. Buchanan. A reconstructed computerized tomographic comparison of Ni-Ti rotary GT files versus traditional instruments in canal shaped by novice operators. *Int Endod J* 2001;34 : 476-84.
 - 12) Namazikhah MS, Mokhillis HR, Alasmakh K. Comparison between a hand stainless-steel K file and a NiTi 0.04 taper. *J Calif Dent Assoc* 2000;28:421-6.
 - 13) Standlee JP, Caputo AA, Collard EW, Pollack MH. Analysis of stress distribution by endodontic posts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972;33:952-60.
 - 14) Cooney JP, Caputo AA, Trabert KC. Retention and stress distribution of tapered-end endodontic posts. *J Prosthet Dent* 1986;55:540-6.
 - 15) Standlee JP, Caputo AA, Hanson EC. Retention of endodontic dowels:effect of cement, dowel length, diameter, and design. *J Prosthet Dent* 1978;39:400-5.
 - 16) Johnson JK, Sakumura JS. Dowel form and tensile force. *J Prosthet Dent* 1978;40:645-9.
 - 17) Tilk MA, Lommel TJ, Gerstein H. A study of mandibular and maxillary root widths to determine dowel size. *J Endod* 1979;5:79-82.
 - 18) Gluskin AH, Radke RA, frost SL, Watanabe LG. The mandibular incisor : rethinking guidelines for post and core design. *J Endod* 1995;21:33-7.
 - 19) Morgano SM, Hashem AF, Fotoohi K, Rose L. A nationwide survey of contemporary philosophies and techniques of restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1994;72:259-67.
 - 20) Karlsson S. A clinical evaluation of fixed bridges, 10 years following insertion. *J Oral Rehabil* 1986;13:423-32.
 - 21) Testori T, Badino M, Castagnola M. Vertical root fractures in endodontically treated teeth : a clinical survey of 36 cases. *J Endodont* 1993;19:87-91.
 - 22) Hatzikyriakos AH, Reisis GI, Tsingos N. A 3-year postoperative clinical evaluation of post and cores beneath existing crowns. *J Prosthet Dent* 1992;67:454-8.
 - 23) Palmqvist S, Soderfeldt B. Multivariate analyses of factors influencing the longevity of fixed partial dentures, retainers, and abutments. *J Prosthet Dent* 1994;71:245-50.
 - 24) Strub JR, Linter H, Marinello CP. Rehabilitation of partially edentulous patients using cantilever bridges : a retrospective study. *Int Peridont Rest Dent* 1989;9:364-75.
 - 25) Karsson S. Failures and length of service in fixed prosthodontics after long-term function : a longitudinal clinical study. *Swed Dent J* 1989;13:185-92.
 - 26) Sorensen JA, Martinoff JT. Clinically significant factors in dowel design. *J Prosthet Dent* 1984;52:28-35.
 - 27) Sorensen JA, Martinoff JT. Intraoral reinforcement and coronal coverage : a study of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1984;51:780-4.
 - 28) Goodacre CJ, Spolnik KJ. The prosthodontic management of endodontically treated teeth : a literature review. II : maintaining the apical seal. *J Prosthet Dent* 1995;4:51-3.
 - 29) Standlee JP, Caputo AA, Halcomb J, Trabert KC. The retentive and stress-distributing properties of a threaded endontic dowel. *J Prosthet Dent* 1980;44:398-404.
 - 30) Deutsch AS, Musikant BL, Cavallari J. Root fracture during insertion of prefabricated posts related to root size. *J Prosthet Dent* 1985;53:786-9.
 - 31) Standlee JP, Caputo AA. Biomechanics in clinical dentistry. Chicago : Quintessence, 1987:197-200.
 - 32) White SN, Yu Z. Physical properties of fixed prosthodontic, resin composite luting agents. *Int J prosthodont* 1993;6:384-9.