

依 頼 論 文

◆特集：日本補綴歯科学会第 122 回学術大会／シンポジウム 2
「垂直破折歯根の接着再植治療」

“2013 年における” 歯根破折防止策の文献的考察

峯 篤史

A systematic review of preventive measures against root fractures “in 2013”

Atsushi Mine, DDS, PhD

抄 録

歯根破折は歯の予後を著しく悪化させる大きな問題である。この歯根破折を防止する対策を考える上で支台築造法に注目し、文献的考察を試みた。臨床研究から抽出された 14 論文のデータを用いて、支台築造体の種類とその経過についてのメタアナリシスを行い、レジンコア（ファイバーポスト、既製メタルポスト）の歯根破折の発生率は、ポストなしおよびメタルコアと比べて低いことが明らかとなった。基礎研究論文から、長いポスト孔の形成および既製ポストに合わせた歯質削除は歯根破折抵抗性を向上させないこと、また接着性レジンセメントの使用とフェールルの付与は歯根破折抵抗試験におけるポスト長の役割を減じること等の知見が得られた。

和文キーワード

支台築造法, 歯根破折予防, 接着歯学

I. はじめに

歯根破折は抜歯の原因として、歯周病、う蝕に次いで 3 番目にあげられることが多い。Axelsson ら¹⁾ はう蝕と歯周病に対するプラークコントロールプログラムの 30 年間にわたる長期臨床経過を確認し、257 名の患者における抜歯歯数は 173 歯であり、その原因として歯根破折（108 歯、62.4%）が最も多いと報告した。さらに、「より高度なメンテナンスを受けた場合、歯を失う主な原因は cast post か screw post が挿入された失活歯の根破折であり、う蝕や歯周病で歯を失うことは少ない」と明記しており、このことから今後歯科における予防診療が進むにつれて歯根破折がより大きな問題となることは容易に想像できる。一般的に歯根破折の防止策としては「歯質保存」、「適切な根管形成」、「適切な築造材料の選択」などが挙げられている。では、これらの防止策に対するエビデンスはどこまで蓄積されているのだろうか？

2003 年、日本補綴歯科学会雑誌には誌上ディベート「鑄造コアかレジンコアか」が 3 号にわたって発表²⁾

され、「鑄造コアとレジンコアの使い分けは必要か?」、「支台築造に起因するトラブルを防ぐための要件とは何か?」等の臨床的疑問をもとに興味深い議論が繰り広げられた。そして、「完全無欠な支台築造法が存在しない以上は、築造術式が複数あり、患者側のニーズや歯の部位や歯質の残存状態によって術式が選択されることのほうが望ましい状態であるといえる。その選択がエビデンスに基づいてなされるよう、今後も支台築造に関する質の高い基礎ならびに臨床研究を続けなければならない。」と結論づけられている³⁾。この誌上ディベートが掲載されてから、本年でちょうど 10 年が経過したことになる。この 10 年間に新たなエビデンスは導き出されているのだろうか？

II. 支台築造に関する臨床研究

1. 残存歯質と支台築造の経過 — 49 臨床論文からの考察 —

支台築造の臨床経過に関する英語論文を PubMed を用いて検索した。検索に用いる用語は MeSH にて確認し、Post technique や Dental Dowels が含まれ

た“Post and Core Technique”を採用することとした。まず“post and core technique [MeSH Terms] AND follow-up studies [ptyp], Filters: English”の検索式により 180 編の論文を抽出した。しかしながら、これらの論文には既知の論文で有用なものが複数含まれていないことが判明した。これら抽出されなかった論文には“follow-up studies”ではなく、“cohort studies”がキーワードとして割り当てられていることが確認されたため、“post and core technique [MeSH Terms] AND cohort studies [MeSH Terms], Filters: English”で検索した論文 (225 論文) も加えて、2013 年 4 月 30 日の時点において計 233 論文が抽出された。この 233 論文を対象論文とし、全論文のタイトルおよび要約を精査し、論文内容が明らかでない場合は本文全体を確認した後、他の補綴装置についての報告 (51 論文)、根尖病巣の臨床経過報告 (10 論文)、症例報告 (35 論文)、オリジナルデータがない総説 (10 論文)、データ不明の論文 (3 論文)、基礎的研究論文 (2 論文)、本文献的考察に全く合致しない報告 (73 論文) を除外し、最終的に 49 文献⁴⁻⁵²⁾を選択した (表 1)。選択した論文は 2005 年以降のものが 30 本あり、ここ数年で多くの臨床データが発表されていることが明らかになった。また、その大半がファイバーポストを使用したレジンコアに関する論文であり、Randomized Controlled Trial (RCT) の比率も多くなっていた。

Ferrari ら⁴⁾は、根管治療を受けた 345 患者 (360 小白歯) を対象に、残存歯質量とポスト材料の違いによる 6 年間のレジンコア生存率分析を RCT の研究デザインで行った。すなわち、6 条件の残存歯質 (フェルールのあり/なし、1～4 壁の歯冠部残存歯質) を有する各 20 歯に対して、ポストありレジンコア 2 群 (ファイバーポスト使用群、カスタムファイバーポスト使用群) とポストなしレジンコア群を介入群とし、処置歯の生存・非生存・打ち切り期間、非生存の理由を評価し、歯冠部歯質のない群間 (フェルールのあり/なし) の生存率に有意な差はないこと、1 壁以上歯冠部歯質が残存する群の生存率は有意に高いことを明らかにした。フェルールの効果に関しては、フェールのある場合がない場合と比較して、ファイバーポストを用いたレジンコアの 3 年生存率が有意に高かったとする相反する臨床報告⁸⁾もあることから、さらなる研究報告が待たれるところである。残存歯質量に関しては、歯冠部残存歯質がない群と 1 壁以上残存している群とを比べた場合、10 年生存率に有意な差があったとする報告⁵⁾と、歯冠部残存歯質がない群と 1 壁以上残存している群とを比較すると 3.7 年生存率に有意な差があっ

たとする報告⁷⁾が他にもあり、歯冠部歯質が 1 壁以上ある場合のレジンコアの予後はポストの有無にかかわらず良好であることを示唆する発表が多くを占める。このことから、根管形成を行わないことを考慮に入れるポイントは、「歯冠部歯質が 1 壁以上あるかないか」であると考えることができる。

坪田⁵³⁾は、6 論文⁵⁴⁻⁵⁹⁾をもとに根管処置歯の支台築造の臨床的指針を発表している。この指針において「ポストの設定なし」とされている指標は、歯質厚径 1 mm 以上でフィニッシュラインからの歯質高径が 2 mm 以上の残存歯質が 2 壁以上ある場合となっている。この指標は、抜髄後に残存歯質が 2 壁のみ残っている場合 (たとえば MOD のインレー窩洞) はポスト付与の必要ないことを意味しており、日々の臨床において“安易に”残存壁を削合してポスト孔を形成することを否定するものである。さらには、歯髄腔を有する大白歯においては歯冠部残存歯質がなくても十分な維持が期待される場合も少なくなく、歯質を削合して“画一的に”ポスト孔を形成することは避ける必要があるといえる。また、暈ら⁹⁾は接着性レジンセメントを用いたメタルコアおよびレジンコアの 15 年経過の前向き調査を行い、メタルコアの生存率は 55.4%、レジンコアの生存率は 78.7%であったと報告している。さらに Cox の比例ハザードによるリスクファクターの分析から、性別、歯頸部残存歯質、コアの種類、年齢が支台築造の生存率に有意に影響することを明らかにしている。本結果で特に興味深いことは、既製メタルポストを使用したレジンコアの高い生存率と、コアの種類よりも歯頸部残存歯質の有無の方が支台築造の経過に高い影響力を示したことである。

2. 支台築造体の種類とその経過 — 14 臨床論文を用いたメタアナリシス—

先に抽出された 49 論文から、支台築造体の種類による長期経過の違いについて考察したが、支台築造体の種類とその経過に関する文献的考察を行う上でいくつかの問題点が判明したため論文の再抽出を行うこととした。すなわち、RCT には臨床において選択し得ない群が存在する (たとえば残存歯質が全くない条件にポストを用いない群) ため、RCT 研究 5 論文を除外の対象とした。また、論文に詳細なデータが記入されていない 5 年以下の短期経過報告 (22 論文) と 1993 年以前の古い研究報告 (3 論文)、さらには特別なポストコアを用いたもの (4 論文) および同じ母集団の短期観察報告 (3 論文) も除外の対象とした。こうして残った 12 論文にハンドサーチした 2 論文を追加した 14 論

表 1 各種支台築造法の臨床研究に関する 49 論文の概要

報告者, 発表年	歯数 (本) 被験者 最終 歯 観察	群 ポスト種	菌	研究方法	観察 年数 (年)	成功率 (%)	失敗の原因とその割合 (%)						
							脱離	う蝕	歯根 破折	コア 破損	冠破損 再製	歯周 病	根尖 病巣
1 Ferrari M <i>et al.</i> (2012)	20	17	4 壁あり	Randomized controlled trial (RCT)	6	100	0	0	0	0	0	0	0
	20	18	3 壁あり			66.7	0	0	0	16.6	0	16.6	0
	20	17	2 壁あり			52.9	0	5.8	0	29.4	0	11.7	0
	20	17	1 壁あり			29.4	17.6	17.6	0	35.3	0	17.6	0
	20	18	フェルールあり			11.1	0	22.2	0	50	0	16.6	0
	20	20	フェルールなし			0	0	35	0	45	0	20	0
	120	107	計			42	17.6	80.6	0	176.3	0	82.5	0
	20	18	4 壁あり			100	0	0	0	0	0	0	0
	20	17	3 壁あり			94.1	5.8	0	0	0	0	0	0
	20	18	2 壁あり			88.9	0	0	5.5	0	0	5.5	0
	20	18	1 壁あり			77.8	16.6	0	0	0	0	5.5	0
	20	18	フェルールあり			61.1	22.2	0	5.5	0	0	11.1	0
	20	18	フェルールなし			38.9	22.2	5.5	16.6	0	0	16.6	0
	120	107	計			76.6	66.8	5.5	27.6	0	0	38.7	0
	20	18	4 壁あり			100	0	0	0	0	0	0	0
	20	17	3 壁あり			76.5	0	0	11.7	0	0	11.7	0
	20	18	2 壁あり			66.7	0	0	18.2	18.2	0	18.2	0
2 Naumann M <i>et al.</i> (2012)	20	16	1 壁あり	Prospective Cohort	10	50	0	0	18.7	18.7	0	12.5	0
	20	14	フェルールあり			28.5	0	0	21.4	35.7	0	14.3	0
	20	19	フェルールなし			31.6	0	15.7	15.7	21	0	15.7	0
	120	102	計			61.3	0	15.7	85.7	93.6	0	72.4	0
	86	63	小白歯, 大白歯			70.9	0	0	0	0	0	0	0
	157	62	切歯, 犬歯			52.4	0	0	0	0	0	0	0
	157	87	1 壁あり			74.2	0	0	0	0	0	0	0
	314	298	壁なし			55.2	0	0	0	0	0	0	0
	314	298	計			63.1	11.4	1.3	3.4	13.4	0.7?	0.02	4.7
	50	42	レジンコア, 既製金属 (チタン, BKS)			50	4.8	0	40.5	0	2.4	0	2.4
3 Schmitter M <i>et al.</i> (2011)	50	39	ファイバー (ER dentin post)	RCT	5	71.8	5.1	15.3	0	5.1	0	2.6	0
	13	25	壁なし			76.92	0	0	0	0	0	0	0
	49	48	1 壁あり			88	0	0	0	0	0	0	0
4 Signore A <i>et al.</i> (2011)	49	48	2 壁あり	Retrospective Cohort	3.75	97.96	0	0	0	0	0	0	0
	48	19	3 壁あり			100	0	0	0	0	0	0	0
	19	154	全壁あり			100	0	0	0	0	0	0	0
	164	154	計			95.45	1.3	0	0	3.25	0	0	0.6?
5 Mancebo JC <i>et al.</i> (2010)	45	87	フェルールあり	Prospective Cohort	4.3	93.3	1.1	4.6	2.3	4.6	1.1	1.1	0
	42	87	フェルールなし			73.8	0	0	0	0	0	0	0
	87	87	計			83.9	0	0	0	0	0	0	0
6 Hikasa T <i>et al.</i> (2010)	1767	1752	レジンコア, 既製金属	Prospective Cohort	15	78.7	1.0	3.2	0.9	0.3	0	1.0	1.5
	407	372	金属コア			55.4	3.5	9.1	2.7	0	0	2.4	0.8
7 Gómez-Polo M <i>et al.</i> (2010)	26	26	レジンコア, 既製金属 (titanium, parallel)	Retrospective Cohort	10.08	84.6	11.5	15.4	0	0	0	0	0
	86	86	金属コア (cobalt chrome cast, tapered)			82.6	23.3	11.6	0	0	0	0	0
8 Schmidlin K <i>et al.</i> (2010)	39	39	金属コア	Retrospective Cohort	10	75.9	0	5.1	2.6	0	0	2.6	7.8
	60	60	壁なし			90	1.7	0	3.3	0	0	0	0
9 Bitter K <i>et al.</i> (2009)	60	60	レジンコア, 既製金属	RCT	4.7	90	8.3	1.7	5	0	0	0	0
	60	60	ポストなし			90	8.3	1.7	5	0	0	0	0
10 Signore A <i>et al.</i> (2009)	33	216	グラスファイバー (Dual-core composite, 3 壁以上残存)	Retrospective Cohort	8	100*	0	0	0	0	0	0	0
	216	216	グラスファイバー (Hybrid composite, 1・2 壁残存)			98.5*	0	0	0	0	0	0	0
	47	230	グラスファイバー (Dual-core composite, 3 壁以上残存)			100*	0	0	0	0	0	0	0
	230	230	グラスファイバー (Hybrid composite, 1・2 壁残存)			96*	0	0	0	0	0	0	0
	538	526	計			98.5	0.95	0	0.38	0	0	0.57	0
11 Naumann M <i>et al.</i> (2008)	86	63	グラスファイバー (Dentin Post, FiberKor, Luscent Anchors)	Prospective Cohort	6.6	80*	9.4	0	2.7	12.8	0.7	0	2
	63	63	小白歯, 大白歯			52*	0	0	0	0	0	0	0
12 Cagidiaco MC <i>et al.</i> (2008)	120	120	ファイバー (DT Light Post)	RCT	3	90.9	0	0	0	0	0	0	0
	120	120	カスタムファイバーポスト (Ever Stick Post)			76.6	0	あり	あり	あり	あり	あり	あり
	120	120	ポストなし			62.5	0	10.8	0	26.7	0	0	0
13 Fokkinga WA <i>et al.</i> (2008)	44	(36)	レジンコア, 既製金属	Controlled Clinical Trial	17	57	14.8	1.9	3.7	9.3	3.7	5.6	0
	44	(24)	ポストなし			49	18.2	0	2.3	13.6	0	0	0
	98	(60)	計			53	0	0	0	0	0	0	0
14 Mehta SB <i>et al.</i> (2008)	79	64	ファイバー (Fiber-White Parapost, Calibra Aesthetic)	Prospective Cohort	4.5	64.1	4.7	6.3	3.1	9.4	0	12.5	0
	50	44	ファイバー (Fiber-White Parapost, Panavia F2.0)			42	79.5	0	4.5	13.6	0	2.3	0
15 Cagidiaco MC <i>et al.</i> (2008)	20	20	4 壁あり	RCT	2	100	0	0	0	0	0	0	0
	20	20	3 壁あり			100	0	0	0	0	0	0	0
	20	20	2 壁あり			100	0	0	0	0	0	0	0
	20	20	1 壁あり			95	5	0	0	0	0	0	0
	20	20	フェルールあり			80	20	0	0	0	0	5?	0
	20	20	フェルールなし			0	20	0	0	0	0	5?	0
	120	120	計			92.5	7.5	0	0	0	0	1.7?	0
	20	18	4 壁あり			100	0	0	0	0	0	0	0
	20	17	3 壁あり			90	0	0	0	10	0	0	0
	20	18	2 壁あり			70	0	0	0	30	0	5?	0
	20	18	1 壁あり			70	0	10	0	20	0	0	0
	20	18	フェルールあり			50	0	15	0	35	0	10?	0
	20	18	フェルールなし			40	0	20	0	40	0	10?	0
16 Piovesan EM <i>et al.</i> (2007)	120	120	計			30	0	7.5	0	21.7	0	5?	0
	109	93	ポリエチレンファイバー	Prospective Cohort	8.1	90.2	0	0	5.3	0	0	0	0
	840?	615	カーボンファイバー (C-Posts)			93	2.1	0	0.002	1.6	0	3.1	0
	215?	160	カーボン+クォーツ (AEstheti Post)			92	1.9	0	0	0.6	0	5.6	0
	249?	210	クォーツファイバー (AEstheti Post Plus)			89	2.4	0.5	0	2.9	0	5.2	0
18 Fokkinga WA <i>et al.</i> (2007)	118	(36)	金属コア	Controlled Clinical Trial	17	85	8.5	3.4	5.9	4.2	3.9	5.1	0
	150	(24)	レジンコア, 既製金属			84	1.3	1.3	4.7	2	4	2.7	0
	39	(8)	ポストなし			88	0	5.1	0	2.6	5.1	0	0
	39	(8)	計			88	0	5.1	0	2.6	5.1	0	0

表 1 各種支台築造法の臨床研究に関する 49 論文の概要 (つづき)

報告者, 発表年	歯数 (本) 被験者 最終 観察	群 ポスト種	菌	研究方法	観察 年数 (年)	成功率 (%)	失敗の原因とその割合 (%)						
							脱離	う蝕	歯根 破折	コア 破損	冠破損 再製	歯周 病	根尖 病巣
19 Schmitter M <i>et al.</i> (2007)	50 46	グラスファイバー		RCT	2.4	93.5	2.2	—	—	—	2.2	—	2.2
	50 45	レジンコア, 既製メタル				75.6	4.4	—	8.9	2.2	—	—	2.2
20 Turker SB <i>et al.</i> (2007)	42 —	レジンコア (ファイバーリボン)		Clinical Trial	6.1	97.6	2.4	—	0	0	0	—	0
	166 —	レジンコア, 既製メタル			10.0	88.6**	0	—	7.8	—	—	—	1.2
21 Salvi GE <i>et al.</i> (2007)	82 —	メタルコア		Prospective Cohort	11.5	90.2**	4.9	—	3.7	—	—	—	1.2
	60 —	ポストなし			9.4	88.3**	0	—	5	—	—	—	3.3
22 Segerström S <i>et al.</i> (2006)	98 —	カーボンファイバー		Prospective Cohort	10	65	—	—	あり	—	—	—	あり
23 Nothdurft FP <i>et al.</i> (2006)	30 —	ジルコニアポスト (Cosmopost, Cerapost)	上顎 28 歯, 下顎 2 歯	—	2.4	100	0	0	0	0	0	0	0
24 De Backer H <i>et al.</i> (2006)	1312 1037	ポストあり ポストなし		Retrospective Cohort	18	79 75	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
25 Naumann M <i>et al.</i> (2005)	105 105	グラスファイバー		Prospective Cohort	3.1	88.6	2	—	1	6.7	—	—	—
26 Creugers NH <i>et al.</i> (2005)	201 197 118 117	メタルコア (n=127), レジンコア・既製メタル (n=150), ポストなし (n=42) 間に有意差なし	歯質あり 歯質なし	Prospective Cohort	5	98 93	— —	— —	1 0.9	— —	— —	— —	— —
27 Willershausen B <i>et al.</i> (2005)	775 75	レジンコア, 既製メタル (Radix Anker, Cytco, RS Root Post system or casted posts) メタルコア ポストなし	智歯は除外	Retrospective Cohort	7.3* 9.2*	43* 87*	— —	— —	25* —	— —	— —	— —	— —
28 Mannocci F <i>et al.</i> (2005)	109 100 110 97	アマルガム ファイバーポスト (Composipost)	根管 4mm 形成 根管 7mm, 根 3/4	RCT	5	50 71.8	0 3.1	3 0	6 0	0 0	— —	0 0	0 0
29 Creugers NH <i>et al.</i> (2005)	46 46 53 53	ポストなし レジンコア, 既製メタル (Radix or RS)	下顎前歯部は少数	Prospective Cohort	5	100 96	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
30 Paul SJ <i>et al.</i> (2004)	87 79 58 34	ジルコニアコア (direct: resin composite) ジルコニアコア (indirect: Empress core)	全歯種	Retrospective Cohort	4.8 3.9	100 95	0 8.8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
31 Malferrari S <i>et al.</i> (2003)	180 —	ファイバーポスト (Quart-fiber)		—	2.5	98.3	1.1	—	—	0.6	—	—	—
32 Cheung GS <i>et al.</i> (2003)	143 — 224 — 124 —	レジンコア, 既製メタル ポストなし メタルコア	全歯種	Retrospective Cohort	15	57* 40* 30*	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —
33 Monticelli F <i>et al.</i> (2003)	75 — 75 — 75 —	ファイバーポスト (Aesthetic Plus) ファイバーポスト (DT) ファイバーポスト (FRC Postec)		RCT	2.5	92.0** 94.7** 94.7**	4 2.7 4	— 0 0	0 0 0	0 0 0	— — —	4 — 1.3	— — —
34 Hedlund SO <i>et al.</i> (2003)	65 65	カーボンファイバー (Composipost, Endopost)		Retrospective Cohort	2.3	97	0	0	0	0	3	0	0
35 Ellner S <i>et al.</i> (2003)	14 13 13 10	メタルコア (type III gold) ParaPost system (既成ポスト + type III コア) ParaPost system (鋳造ポスト + type III コア) レジンコア, 既製メタル (Radix-Anchor)		RCT	10.2 10.2 10.3 9.9	100 92 100 80	0 0 0 20	0 7.7 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
36 King PA <i>et al.</i> (2003)	16 14 11 9	カーボンファイバー (鋳造コア) メタルコア (Gold alloy)		Prospective Cohort	8.3 8.2	71 89	21.4 0	7.1 0	0 0	0 11	0 0	0 0	0 0
37 Ferrari M, Vichi A, Garcia- Godoy F. (2000)	100 97 100 98	カーボンファイバー (carbon fiber, C-Posts) メタルコア		Retrospective Cohort	4 4	95 84	0 0	0 0	0 9	0 0	0 2	— 3	— 3
38 Ferrari M, Vichi A, Man- nocci F <i>et al.</i> (2000)	840 840 215 215 249 249	カーボンファイバー (C-Posts) カーボン + クォーツ (AEstheti Post) クォーツファイバー (AEstheti Post Plus)		Retrospective Cohort	5.7 1.5 1.3	96.8	1.9	—	0	0	0	—	1.2
39 Glazer B. (2000)	59 52	カーボンファイバー		Prospective Cohort	3.8	89.6	1.9	—	0	0	0	—	3.8
40 Ottl P <i>et al.</i> (1998)	286 230	メタルコア, 既製メタル等混合 (リン酸亜鉛セメント)		Prospective Cohort	3.6	86.7	—	—	—	—	—	—	8.7
41 Fredriksson M <i>et al.</i> (1998)	236 231	カーボンファイバー		Retrospective Cohort	3.4	98***	0	—	0.9?	0	0	—	0.4
42 Torbjörner A <i>et al.</i> (1995)	456 — 332 —	メタルコア (チーバー) Para-Post post + 鋳造コア		Prospective Cohort	— —	85 92	6.8 4.2	— —	3.5 1.5	0.2 1.8	— —	— —	— —
43 Mentink AG <i>et al.</i> (1995)	162 — 245 — 44 — 62 —	— 既成ポスト (Permador) + 鋳造コア (gold or silver alloy cast) or all cast gold alloy post	単冠, 前歯 単冠, 臼歯 橋義歯, 前歯 橋義歯, 臼歯	Retrospective Cohort	9.6 6.3 4.4 8.0	83* 97* 89* 78*	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —
44 Judd PL <i>et al.</i> (1990)	92 —	“mushroom shaped” composite resin short post	乳前歯	—	1	100	—	—	—	—	—	—	—
45 Bergman B <i>et al.</i> (1989)	131 96	メタルコア (type III gold)		—	6	90.6	6.3	—	3.1	—	—	—	—
46 Mentink AG <i>et al.</i> (1993)	112 105	レジンコア, 既製メタル		—	16	81****	—	—	1.8	1	—	—	8.7
47 Weine FS <i>et al.</i> (1991)	138 138	レジンコア, 既製メタル		Retrospective Cohort	10	93.5****	—	—	1.4	1	—	—	1.4
48 Lind LA. (1984)	51 —	レジンコア, 既製メタル		—	10	84.3****	あり	—	あり	—	—	—	—
	— 199		上顎前歯			89.4	—	—	—	—	—	—	—
	— 74		上顎小臼歯			93.2	—	—	—	—	—	—	—
	— 25	メタルコア	上顎大臼歯			92	—	—	—	—	—	—	—
	— 24		下顎前歯			95.8	—	—	—	—	—	—	—
	— 56		下顎小臼歯			89.3	—	—	—	—	—	—	—
	— 42		下顎大臼歯			97.6	—	—	—	—	—	—	—
49 Sorensen JA <i>et al.</i> (1984)	— 202		上顎前歯	Retrospective Cohort	1-25	84.7	—	—	—	—	—	—	—
	— 131		上顎小臼歯			87	—	—	—	—	—	—	—
	— 173	ポストなし	上顎大臼歯			93.1	—	—	—	—	—	—	—
	— 52		下顎前歯			96.2	—	—	—	—	—	—	—
	— 88		下顎小臼歯			90.9	—	—	—	—	—	—	—
	— 206		下顎大臼歯			91.7	—	—	—	—	—	—	—

*: グラフからデータ読み取り / **: Kaplan-Meier ではなく最終年の結果から単純計算 / ***: コアが原因ではない歯根破折 2 本あり / ****: 統計なし

文 5, 9-11, 13, 16, 19-21, 30, 33, 35, 60, 61) を最終抽出論文 (表 2) とした。

支台築造の種別に分けた生存率 (図 1) から, ファイバーポストを使用したレジンコアは 15 年以上の臨床経過報告が不足していることが明らかとなった。続いて統計解析を行うことを試みたが, 得られたデータ

には「追跡年数の違いによるバイアスがある」, 「サンプル数が少ない」という 2 つの大きな問題点があった。そこで, 前者に対しては累積生存率から年毎イベント (失敗となる事象) 発生率を算出し, 後者に対しては観察歯数の重みをつけることにより研究ユニットの統計

表 2 各種支台築造法の経過に関する 14 臨床論文の概要

報告者 (発表年)	ポスト種	統計法	観察年数 (年)	歯数 (本)	ポスト コア生 存率 (%)	年毎イ ベント 発生率 (%)	歯根破 折発生 率 (%)	年毎歯 根破折 発生率 (%)
1 Naumann M <i>et al.</i> (2012)	レジンコア, ファイバー	Kaplan-Meier, Cox regression	10	149	63.1	4.50	3.4	0.35
2 Hikasa T <i>et al.</i> (2010)	レジンコア, 既製メタル メタルコア	Kaplan-Meier, log-rank, Cox regression	15	1752	78.7	1.58	0.9	0.06
				372	55.4	3.86	2.7	0.18
3 Gómez-Polo M <i>et al.</i> (2010)	レジンコア, 既製メタル メタルコア	Kaplan-Meier	10.08	26	84.6	1.65	—	—
				86	82.6	1.88	—	—
4 Schmidlin K <i>et al.</i> (2010)	メタルコア	Kaplan-Meier	10	39	75.9	2.72	2.6	0.26
5 Signore A <i>et al.</i> (2009)	レジンコア, ファイバー	Kaplan-Meier, log-rank	8	526	98.5	0.19	0	0
6 Fokkinga WA <i>et al.</i> (2008)	レジンコア, 既製メタル ポストなし	Kaplan-Meier, log-rank	17	36	61.1*	2.86	1.9	0.11
				24	61.4*	2.83	0	0
7 Piovesan EM <i>et al.</i> (2007)	レジンコア, ファイバー	Kaplan-Meier	8.1	93	90.2	1.27	0	0
	レジンコア, ファイバー		11	615	93	0.66	0	0
8 Ferrari M <i>et al.</i> (2007)	レジンコア, ファイバー レジンコア, ファイバー	Logistic regression model	7.9	160	92	1.05	0	0
			7.5	210	89	1.54	0.5	0.07
	メタルコア			118	69.5**	2.12	3.4	0.20
9 Fokkinga WA <i>et al.</i> (2007)	レジンコア, 既製メタル ポストなし	Kaplan-Meier, log-rank	17	150	84	1.02	1.3	0.08
				39	79.5**	1.34	5.1	0.31
	メタルコア			41	90.2	1.20	4.9	0.59
10 Jung RE <i>et al.</i> (2007)	レジンコア, 既製メタル	Kaplan-Meier, log-rank, Chi-square	8.56	31	93.5	0.78	0	0
11 Balkenhol M (2007)	メタルコア	Kaplan-Meier, log-rank, Cox regression	9.51	802	68***	3.97	1.7	0.18
12 Willershausen B <i>et al.</i> (2005)	ポストなし	Kaplan-Meier, Cox regression	9.2****	684	87****	1.50	—	—
13 Paul SJ <i>et al.</i> (2004)	レジンコア, ファイバー	Kaplan-Meier	9.8	79	100	0	0	0
	レジンコア, 既製メタル			143	57****	3.68	—	—
14 Cheung GS <i>et al.</i> (2003)	ポストなし	Kaplan-Meier	15	224	40****	5.93	—	—
	メタルコア			124	30****	7.71	—	—

*: ク라운のみ再製 (n=11) は生存と改変 / **: ク라운のみ再製 (n=2) は生存と改変 / ***: 極端に経過の悪い telescopic crown retained RPDs を除外, グラフからデータ読み取り / ****: グラフからデータ読み取り

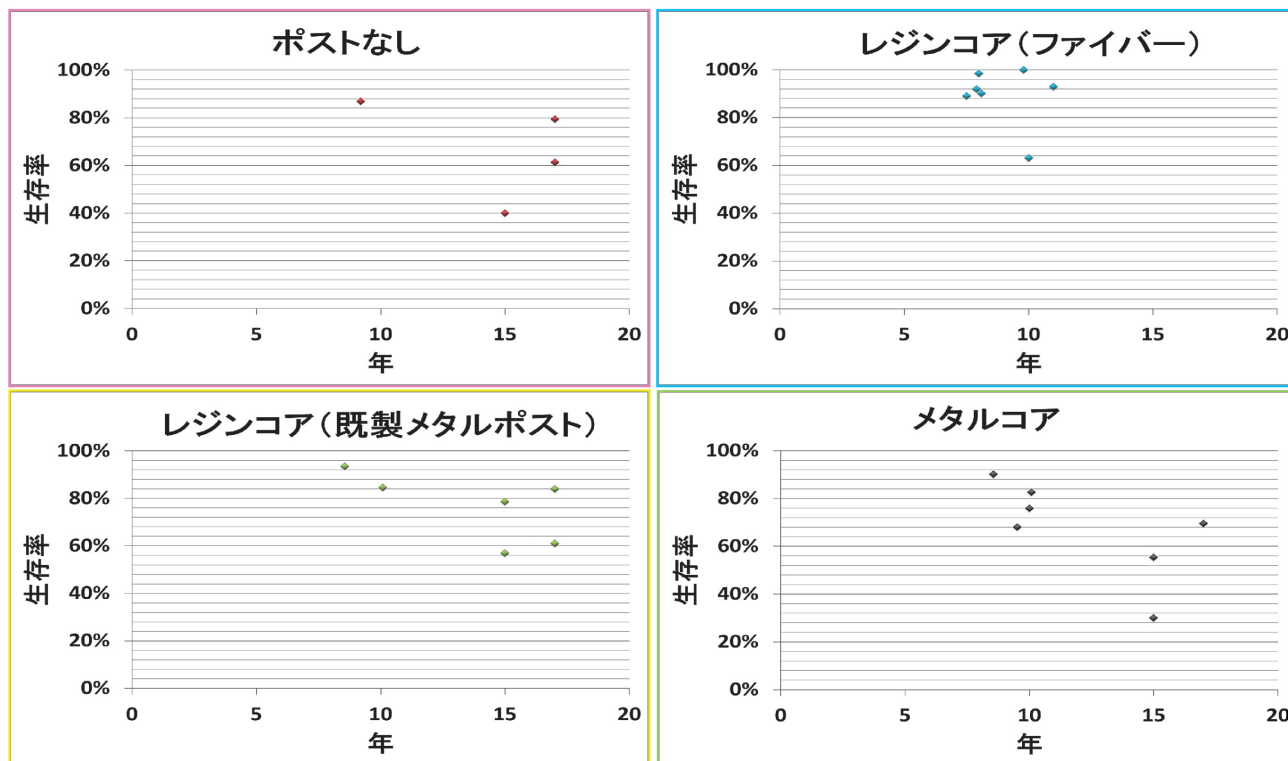


図 1 代表的な支台築造法の生存率

表 3 代表的な支台築造法の年毎イベント発生率と統計結果

	年毎イベント 発生数合計	歯数合計	年毎イベント 発生率 (%)	オッズ比	95% 信頼区間	P値
ポストなし	25	971	2.6	1.0 (REF)	—	—
レジンコア (ファイバー)	18	1832	1.0	0.38	0.203– 0.694	0.02
レジンコア (既製メタルポスト)	36	2138	1.7	0.66	0.393– 1.105	0.11
メタルコア	61	1582	3.9	1.55	0.962– 2.482	0.07

的パワーを上げ、ロジスティック回帰モデルを用いて各群を比較することとした。

表 3 に計算された年毎のイベント（非生存となる事象）発生数、歯数、年毎イベント発生率ならびに統計解析の結果を示す。表に示した分析からポストなし群を対照群とした場合、レジンコア群のイベント発生率は低いことが明らかとなり、特にファイバーポストを用いたレジンコアは有意に低い発生率を示した ($P=0.02$)。逆にメタルコア群はイベント発生率が高いことが明らかとなった ($P=0.07$)。

歯根破折をアウトカムとした場合（表 4）、算出された年間発生率はポストなし群とメタルコア群がそれぞれ 0.19% と 0.20% であるのに対し、レジンコア群が 0.04%（ファイバーポスト）と 0.06%（既製メタルポスト）であり、オーダーが一桁低い結果となった。このようにレジンコアは、ファイバーポストを使用した場合、既製メタルポストを使用した場合ともに歯根破折の発生率が低いことが示されたものの、全ての群間に有意差は認められなかった。この原因は対照群としたポストなし群のデータが少なく、得られた 2 論文^{16, 21)} 間においてデータのばらつきがあることがあげられる。以上のことから 2013 年現在、レジンコアは歯根破折を減少させるという臨床エビデンスが確立されつつあるものの、歯根破折というイベント発生が少ないために臨床研究において有意差が示されるレベルまでには至っていないことも明らかとなった。また、それぞれの材料（ファイバーの種類、メタルコアの金属種、接着システム）や歯種（上顎・下顎、前歯・小臼歯・大臼歯）等、支台築造の臨床経過に影響を及ぼす可能性のあるファクターは数えきれないが、これらの違いが及ぼす影響に関するエビデンスが整うにはさらに多くの研究が行われるのを待たねばならない。

表 4 代表的な支台築造法の年毎歯根破折発生率と統計結果

	年毎歯根破折 発生数合計	歯数合計	年毎歯根破折 発生率 (%)	オッズ比	95% 信頼区間	P値
ポストなし	0.12	63	0.19	1.0 (REF)	—	—
レジンコア (ファイバー)	0.73	1832	0.04	0.19	0.000– 88.873	0.60
レジンコア (既製メタルポスト)	1.18	1969	0.06	0.32	0.001– 122.439	0.71
メタルコア	2.74	1372	0.20	1.04	0.003– 338.048	0.99

III. 支台築造に関する基礎研究

1. 破折抵抗試験および有限要素法—歯根破折を防止するポスト孔形成法—

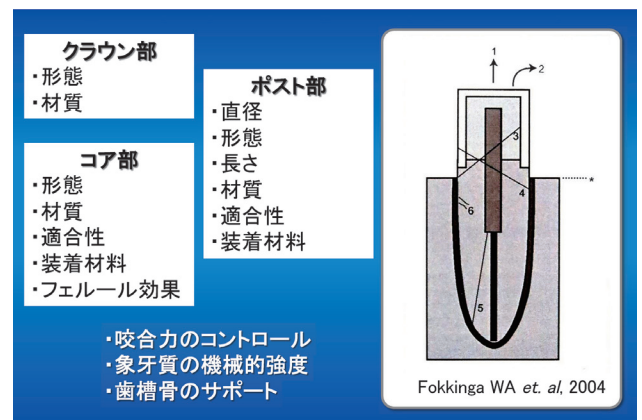


図 2 歯根破折を防ぐためのファクター

歯根破折を防ぐファクターを図 2 に示した。臨床研究から得られるエビデンスに限りがあるとすれば、我々は基礎研究から得られた知見も加えて支台築造法を確立する必要がある。そこで、破折抵抗試験および有限要素法によって得られた結論からポスト孔形成に重要となるポストの長さや適合性、そして築造体と歯質の界面に存在する装着材料に注目して考察を試みた。

ポストの長さに関しては、ポスト長が歯根長 2/3 以上の場合、根尖部へストレスが集中するとする報告⁽⁶²⁾ やポスト長は歯根長 1/2 で歯根長 2/3 と同程度の結果が得られるとの報告⁽⁶³⁾、さらにポスト長は破折抵抗試験の結果に影響を及ぼさないとする報告^(64, 65) もあり、一致を見ていない。これらの相反する結果に加えて長いポスト孔形成は歯質削除量が多くなること、実際の臨床においては再根管治療のため支台築造体を除去しなければならない可能性があることを考え合わせると、ポスト部の長さは維持力を確保したうえで可及的

に短くする必要があるといえる。

ポストの適合性は、支台築造体の本来の意義である補綴装置維持のために重要なファクターとされてきた。それゆえ多くのファイバーポストを含めた既製ポストには、その形態に合わせた専用ドリルが付属されている。しかしながら Büttel ら⁶⁶⁾は、「ポストの適合性は歯根破折抵抗試験結果に影響を与えない。この結果はポスト適合性向上のための根管形成は必要ないことを示す。」と明記しており、Al-Omiri ら⁶⁷⁾も、「楕円形の根管においてポストの適合性を向上させるためのさらなる形成は必要ない。」としている。

支台築造への接着の応用により、築造体の脱落やう蝕・歯根破折の発生率は減少すると考える臨床家は少なくない。基礎的実験でも接着性レジンセメントの使用により良好な破折抵抗試験結果を示している報告^{64, 68-73)}は多数あり、Schmitter M ら⁶⁴⁾は接着性レジンセメントによる装着とフェルールの付与は、歯根破折抵抗試験におけるポスト長の役割を減じさせうるとしている。

2. 接着性材料—接着に過酷な条件のポスト孔象牙質と劣化する接着界面—

象牙質接着に関する基礎研究は主に歯冠部健全歯質を用い、環境因子が整った理想的状態で接着操作が行われ、短期間（主に 24 時間後）で評価されることが多い。では支台築造の際に対象となる根管形成を行ったポスト孔象牙質への接着においても、それらの基礎研究から得られた知見をそのまま当てはめることはできるのであろうか？ また、長期耐久性はどうなのであらうか？

Matsumoto ら⁷⁴⁾は人単根歯を用い、ポスト孔象牙質に対する接着性レジンの接着能を多面的に評価している。その結果、興味深いことに歯冠側から根尖側にかけて次第に接着強さが低下する傾向を認め、さらに形態観察からも根尖部の接着に問題があることを明らかにしている。ポスト孔象牙質への接着不良を示唆する報告は他にも多くあり⁷⁵⁻⁷⁷⁾、その原因として根管内の水分残存や照射光の不十分な到達^{78, 79)}、高い C-factor^{80, 81)}等があげられている。これらを解決するために高い重合性や低い重合収縮度を有したより良い材料の開発が期待されている。一方、これらの接着阻害因子は長いポストを付与することによって発生する事象であり、ポストを付与する必要がないのであれば、ポスト孔形成は可及的に避けるべきであると考えられることもできる。この発想は最小の歯質削除量で補綴を行う接着ブリッジの治療概念に類似しており、今後“接

着コア”とよべる支台築造法が体系化されることが期待される。

あらゆる歯冠補綴歯科治療において、その予後が長期に安定し、再治療を必要としないことが望まれることに疑いの余地はない。接着材を用いた治療法についても長期耐久性確保の重要性は叫ばれており、接着歯学研究のメインターゲットの一つと言える。橋本ら⁸²⁾はレジン修復されたヒト乳臼歯を交換期に抜去し、接着界面を電子顕微鏡で観察することにより接着界面の劣化を提言した。Aoki ら⁸³⁾は歯根破折歯接着療法に用いられる 4-META/MMA-TBB レジンの象牙質接着能を評価し、10 年後の接着強さは 24 時間後の接着強さに比べて有意に低下していること、その破断面はレジン内混合破壊から接着界面破壊もしくは象牙質内混合破壊にシフトすることを明らかにした。また透過型電子顕微鏡観察によって、10 年経過した接着界面におけるレジンとコラーゲンの劣化を確認している。これらの結果は、いかに接着操作が完璧に行われたとしても、長期的には接着界面が必ず劣化することを明確に示している。

IV. ま と め

今回の文献的考察をまとめると以下ようになる。1 から 3 は臨床研究結果から、4 から 6 は基礎研究結果から得られた知見である。

1. ここ 10 年で支台築造法の臨床研究発表が飛躍的に多くなっているものの、ファイバーポストを使用したレジンコアの 10 年以上の臨床経過はいまだ不足している。
2. 歯冠部歯質が残存している場合、ポストを付与しないことを考慮に入れる必要がある。その指標は、歯冠部象牙質の 1 壁もしくは 2 壁以上の残存である。
3. ファイバーポストを用いたレジンコア群の経過は、ポストなし群を対照群とした場合、有意に非生存の発生率が低い。また歯根破折の発生率は、レジンコア群（ファイバーポスト、既製メタルポストとも）がポストなし群およびメタルコア群と比べて低い。
4. 長いポスト孔の形成、既製ポストに合わせた歯質削除は歯根破折抵抗性を向上させないと考えられる。また、接着性レジンセメントの使用とフェルールの付与はポスト長の役割を減じる。
5. ポスト孔象牙質への接着阻害は長いポストを付与することによって助長されることから、不必要なポスト孔形成は可及的に避けるべきである。
6. 接着性レジンセメントの使用により、良好な破折抵

抗性を示す。しかしながら長期的にみた場合、現在の接着システムではレジン-象牙質接着界面のレジンおよびコーゲンの劣化を免れることはできない。

謝 辞

稿を結ぶにあたり、多大な御指導、御校閲を賜りました矢谷博文教授に深甚なる謝意を表します。また統計解析について御懇切なる御教示、御示唆を頂いた米国ヴァンダービルト大学医学部医療統計学科 新谷 歩先生に心から感謝致します。

文 献

- 1) Axelsson P, Nyström B, Lindhe J. The long-term effect of a plaque control program on tooth mortality, caries and periodontal disease in adults. Results after 30 years of maintenance. *J Clin Periodontol* 2004; 31: 749-757.
- 2) 矢谷博文, 細井紀雄. 誌上ディベート 鑄造コアかレジンコアか. *日補綴会誌* 2003; 47: 243.
- 3) 矢谷博文. 「誌上ディベート 鑄造コアかレジンコアか」を終えて. *日補綴会誌* 2003; 47: 625-627.
- 4) Ferrari M, Vichi A, Fadda GM, Cagidiaco MC, Tay FR, Breschi L, Polimeni A, Goracci C. A randomized controlled trial of endodontically treated and restored premolars. *J Dent Res* 2012; 91(7 Suppl): 72S-78S.
- 5) Naumann M, Koelpin M, Beuer F, Meyer-Lueckel H. 10-year survival evaluation for glass-fiber-supported postendodontic restoration: a prospective observational clinical study. *J Endod* 2012; 38: 432-435.
- 6) Schmitter M, Hamadi K, Rammelsberg P. Survival of two post systems-five-year results of a randomized clinical trial. *Quintessence Int* 2011; 42: 843-850.
- 7) Signore A, Kaitsas V, Ravera G, Angiero F, Benedicenti S. Clinical evaluation of an oval-shaped prefabricated glass fiber post in endodontically treated premolars presenting an oval root canal cross-section: a retrospective cohort study. *Int J Prosthodont* 2011; 24: 255-563.
- 8) Mancebo JC, Jiménez-Castellanos E, Cañadas D. Effect of tooth type and ferrule on the survival of pulpless teeth restored with fiber posts: a 3-year clinical study. *Am J Dent* 2010; 23: 351-356.
- 9) Hikasa T, Matsuka Y, Mine A, Minakuchi H, Hara ES, Van Meerbeek B, Yatani H, Kuboki T. A 15-year clinical comparative study of the cumulative survival rate of cast metal core and resin core restorations luted with adhesive resin cement. *Int J Prosthodont* 2010; 23: 397-405.
- 10) Gómez-Polo M, Llidó B, Rivero A, Del Río J, Celemin A. A 10-year retrospective study of the survival rate of teeth restored with metal prefabricated posts versus cast metal posts and cores. *J Dent* 2010; 38: 916-920.
- 11) Schmidlin K, Schnell N, Steiner S, Salvi GE, Pjetursson B, Matulienė G, Zwahlen M, Brägger U, Lang NP. Complication and failure rates in patients treated for chronic periodontitis and restored with single crowns on teeth and/or implants. *Clin Oral Implants Res* 2010; 21: 550-557.
- 12) Bitter K, Noetzel J, Stamm O, Vaudt J, Meyer-Lueckel H, Neumann K, Kielbassa AM. Randomized clinical trial comparing the effects of post placement on failure rate of postendodontic restorations: preliminary results of a mean period of 32 months. *J Endod* 2009; 35: 1477-1482.
- 13) Signore A, Benedicenti S, Kaitsas V, Barone M, Angiero F, Ravera G. Long-term survival of endodontically treated, maxillary anterior teeth restored with either tapered or parallel-sided glass-fiber posts and full-ceramic crown coverage. *J Dent* 2009; 37: 115-121.
- 14) Naumann M, Reich S, Nothdurft FP, Beuer F, Schirrmeister JF, Dietrich T. Survival of glass fiber post restorations over 5 years. *Am J Dent* 2008; 21: 267-272.
- 15) Cagidiaco MC, García-Godoy F, Vichi A, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Placement of fiber prefabricated or custom made posts affects the 3-year survival of endodontically treated premolars. *Am J Dent* 2008; 21: 179-184.
- 16) Fokkinga WA, Kreulen CM, Bronkhorst EM, Creugers NH. Composite resin core-crown reconstructions: an up to 17-year follow-up of a controlled clinical trial. *Int J Prosthodont* 2008; 21: 109-115.
- 17) Mehta SB, Millar BJ. A comparison of the survival of fibre posts cemented with two different composite resin systems. *Br Dent J* 2008; 205: E23.
- 18) Cagidiaco MC, Goracci C, Garcia-Godoy F, Ferrari M. Clinical studies of fiber posts: a literature review. *Int J Prosthodont* 2008; 21: 328-336.
- 19) Piovesan EM, Demarco FF, Cenci MS, Pereira-Cenci T. Survival rates of endodontically treated teeth restored with fiber-reinforced custom posts and cores: a 97-month study. *Int J Prosthodont* 2007; 20: 633-639.
- 20) Ferrari M, Cagidiaco MC, Goracci C, Vichi A, Mason PN, Radovic I, Tay F. Long-term retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent* 2007; 20: 287-291.
- 21) Fokkinga WA, Kreulen CM, Bronkhorst EM, Creugers NH. Up to 17-year controlled clinical study on post-and-cores and covering crowns. *J Dent* 2007; 35: 778-786.
- 22) Schmitter M, Rammelsberg P, Gabbert O, Ohlmann B. Influence of clinical baseline findings on the survival of 2 post systems: a randomized clinical trial. *Int J Prosthodont* 2007; 20: 173-178.
- 23) Turker SB, Alkumru HN, Evren B. Prospective clinical trial of polyethylene fiber ribbon-reinforced, resin composite post-core buildup restorations. *Int J Prosthodont* 2007; 20: 55-56.
- 24) Salvi GE, Siegrist Guldener BE, Amstad T, Joss A, Lang NP. Clinical evaluation of root filled teeth restored with or without post-and-core systems in a specialist practice setting. *Int Endod J* 2007; 40: 209-215.
- 25) Segerström S, Astbäck J, Ekstrand KD. A retrospective long term study of teeth restored with prefabricated carbon fiber reinforced epoxy resin posts. *Swed Dent J* 2006; 30: 1-8.
- 26) Nothdurft FP, Pospiech PR. Clinical evaluation of pulpless teeth restored with conventionally cemented zirconia posts: a pilot study. *J Prosthet Dent* 2006; 95: 311-314.
- 27) De Backer H, Van Maele G, De Moor N, Van den Berghe L, De Boever J. A 20-year retrospective survival study of fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2006; 19: 143-153.

- 28) Naumann M, Blankenstein F, Dietrich T. Survival of glass fibre reinforced composite post restorations after 2 years-an observational clinical study. *J Dent* 2005; 33: 305-312.
- 29) Creugers NH, Mentink AG, Fokkinga WA, Kreulen CM. 5-year follow-up of a prospective clinical study on various types of core restorations. *Int J Prosthodont* 2005; 18: 34-39.
- 30) Willershausen B, Tekyatan H, Krummenauer F, Briseño Marroquin B. Survival rate of endodontically treated teeth in relation to conservative vs post insertion techniques -- a retrospective study. *Eur J Med Res* 2005; 10: 204-208.
- 31) Mannocci F, Qualtrough AJ, Worthington HV, Watson TF, Pitt Ford TR. Randomized clinical comparison of endodontically treated teeth restored with amalgam or with fiber posts and resin composite: five-year results. *Oper Dent* 2005; 30: 9-15.
- 32) Creugers NH, Kreulen CM, Fokkinga WA, Mentink AG. A 5-year prospective clinical study on core restorations without covering crowns. *Int J Prosthodont* 2005; 18: 40-41.
- 33) Paul SJ, Werder P. Clinical success of zirconium oxide posts with resin composite or glass-ceramic cores in endodontically treated teeth: a 4-year retrospective study. *Int J Prosthodont* 2004; 17: 524-528.
- 34) Malferrari S, Monaco C, Scotti R. Clinical evaluation of teeth restored with quartz fiber-reinforced epoxy resin posts. *Int J Prosthodont* 2003; 16: 39-44.
- 35) Cheung GS, Chan TK. Long-term survival of primary root canal treatment carried out in a dental teaching hospital. *Int Endod J* 2003; 36: 117-128.
- 36) Monticelli F, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Clinical behavior of translucent-fiber posts: a 2-year prospective study. *Int J Prosthodont* 2003; 16: 593-596.
- 37) Hedlund SO, Johansson NG, Sjögren G. A retrospective study of pre-fabricated carbon fibre root canal posts. *J Oral Rehabil* 2003; 30: 1036-1040.
- 38) F Ellner S, Bergendal T, Bergman B. Four post-and-core combinations as abutments for fixed single crowns: a prospective up to 10-year study. *Int J Prosthodont* 2003; 16: 249-254.
- 39) King PA, Setchell DJ, Rees JS. Clinical evaluation of a carbon fibre reinforced carbon endodontic post. *J Oral Rehabil* 2003; 30: 785-789.
- 40) Ferrari M, Vichi A, García-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. *Am J Dent* 2000; 13: 15B-18B.
- 41) Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent* 2000; 13: 9B-13B.
- 42) Glazer B. Restoration of endodontically treated teeth with carbon fibre posts--a prospective study. *J Can Dent Assoc* 2000; 66: 613-618.
- 43) Ottl P, Lauer HC. Success rates for two different types of post-and-cores. *J Oral Rehabil* 1998; 25: 752-758.
- 44) Fredriksson M, Astbäck J, Pamenius M, Arvidson K. A retrospective study of 236 patients with teeth restored by carbon fiber-reinforced epoxy resin posts. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 151-157.
- 45) Torbjörner A, Karlsson S, Odman PA. Survival rate and failure characteristics for two post designs. *J Prosthet Dent* 1995; 73: 439-444.
- 46) Mentink AG, Meeuwissen R, Käyser AF, Mulder J. Survival rate and failure characteristics of the all metal post and core restoration. *J Oral Rehabil* 1993; 20: 455-461.
- 47) Judd PL, Kenny DJ, Johnston DH, Yacobi R. Composite resin short-post technique for primary anterior teeth. *J Am Dent Assoc* 1990; 120: 553-555.
- 48) Bergman B, Lundquist P, Sjögren U, Sundquist G. Restorative and endodontic results after treatment with cast posts and cores. *J Prosthet Dent* 1989; 61: 10-15.
- 49) Mentink AG, Creugers NH, Meeuwissen R, Leempoel PJ, Käyser AF. Clinical performance of different post and core systems--results of a pilot study. *J Oral Rehabil* 1993; 20: 577-584.
- 50) Weine FS, Wax AH, Wenckus CS. Retrospective study of tapered, smooth post systems in place for 10 years or more. *J Endod* 1991; 17: 293-7.
- 51) Linde LA. The use of composites as core material in root-filled teeth. II. Clinical investigation. *Swed Dent J* 1984; 8: 209-216.
- 52) Sorensen JA, Martinoff JT. Intracoronary reinforcement and coronal coverage: a study of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1984; 51: 780-784.
- 53) 坪田有史. 接着と合着を再考する一支台築造を中心に. *日補綴会誌* 2012; 4: 364-371.
- 54) Sorensen JA. Preservation of tooth structure. *J Calif Dent Assoc* 1988; 16: 15-22.
- 55) Smith CT, Schuman N. Restoration of endodontically treated teeth: a guide for the restorative dentist. *Quintessence Int* 1997; 28: 457-462.
- 56) Peroz I, Blankenstein F, Lange KP, Naumann M. Restoring endodontically treated teeth with posts and cores--a review. *Quintessence Int* 2005; 36: 737-746.
- 57) Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence Int* 2008; 39: 117-129.
- 58) Theodosopoulou JN, Chochlidakis KM. A systematic review of dowel (post) and core materials and systems. *J Prosthodont* 2009; 18: 464-472.
- 59) Juloski J, Radovic I, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Ferrule effect: a literature review. *J Endod* 2012; 38: 11-19.
- 60) Jung RE, Kalkstein O, Sailer I, Roos M, Hämmerle CH. A comparison of composite post buildups and cast gold post-and-core buildups for the restoration of nonvital teeth after 5 to 10 years. *Int J Prosthodont* 2007; 20: 63-69.
- 61) Balkenhol M, Wöstmann B, Rein C, Ferger P. Survival time of cast post and cores: a 10-year retrospective study. *J Dent* 2007; 35: 50-58.
- 62) Hunter AJ, Feiglin B, Williams JF. Effects of post placement on endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1989; 62: 166-172.
- 63) Cecchin D, Farina AP, Guerreiro CA, Carlini-Júnior B. Fracture resistance of roots prosthetically restored with intra-radicular posts of different lengths. *J Oral Reha-*

- bil 2010; 37: 116-122.
- 64) Schmitter M, Rammelsberg P, Lenz J, Scheuber S, Schweizerhof K, Rues S. Teeth restored using fiber-reinforced posts: in vitro fracture tests and finite element analysis. *Acta Biomater* 2010; 6: 3747-3754.
- 65) Schiavetti R, Sannino G. In vitro evaluation of ferrule effect and depth of post insertion on fracture resistance of fiber posts. *Comput Math Methods Med* 2012: Article ID 816481.
- 66) Büttel L, Krastl G, Lorch H, Naumann M, Zitzmann NU, Weiger R. Influence of post fit and post length on fracture resistance. *Int Endod J* 2009; 42: 47-53.
- 67) Al-Omiri MK, Mahmoud AA, Rayyan MR, Abu-Hammad O. Fracture resistance of teeth restored with post-retained restorations: an overview. *J Endod* 2010; 36: 1439-1449.
- 68) Saupe WA, Gluskin AH, Radke RA Jr. A comparative study of fracture resistance between morphologic dowel and cores and a resin-reinforced dowel system in the intraradicular restoration of structurally compromised roots. *Quintessence Int* 1996; 27: 483-491.
- 69) Mendoza DB, Eakle WS, Kahl EA, Ho R. Root reinforcement with a resin-bonded preformed post. *J Prosthet Dent* 1997; 78: 10-14.
- 70) Junge T, Nicholls JI, Phillips KM, Libman WJ. Load fatigue of compromised teeth: a comparison of 3 luting cements. *Int J Prosthodont* 1998; 11: 558-564.
- 71) Al-Hazaimeh N, Gutteridge DL. An in vitro study into the effect of the ferrule preparation on the fracture resistance of crowned teeth incorporating prefabricated post and composite core restorations. *Int Endod J* 2001; 34: 40-46.
- 72) Naumann M, Sterzenbach G, Rosentritt M, Beuer F, Frankenberger R. Is adhesive cementation of endodontic posts necessary? *J Endod* 2008; 34: 1006-1010.
- 73) Santos AF, Tanaka CB, Lima RG, Espósito CO, Ballester RY, Braga RR, Meira JB. Vertical root fracture in upper premolars with endodontic posts: finite element analysis. *J Endod* 2009; 35: 117-120.
- 74) Matsumoto M, Miura J, Takeshige F, Yatani H. Mechanical and morphological evaluation of the bond-dentin interface in direct resin core build-up method. *Dent Mater* 2013; 29: 287-293.
- 75) Martinez-Insua A, da Silva L, Rilo B, Santana U. Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 527-32.
- 76) Rasimick BJ, Wan J, Musikant BL, Deutsch AS. A review of failure modes in teeth restored with adhesively luted endodontic dowels. *J Prosthodont* 2010; 19: 8: 639-46.
- 77) Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater* 2003; 19: 199-205.
- 78) Wu H, Hayashi M, Okamura K. Effects of light penetration and smear layer removal on adhesion of post-cores to root canal dentin by self-etching adhesives. *Dent Mater* 2009; 25: 1484-1492.
- 79) Goracci C, Corciolani G, Vichi A, Ferrari M. Light-transmitting ability of marketed fiber posts. *J Dent Res* 2008; 12: 1122-1126.
- 80) Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: A theoretical modeling approach. *J Endod* 2005; 31: 584-589.
- 81) Aksornmuang J, Nakajima M, Senawongse P, Tagami T. Effects of C-factor and resin volume on the bonding to root canal with and without fiber post insertion Effects of C-factor and resin volume on the bonding to root canal with and without fiber post insertion. *J Dent* 2011; 39: 422-429.
- 82) Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res* 2000; 79: 1385-1391.
- 83) Aoki K, Kitasako Y, Ichinose S, Burrow MF, Ariyoshi M, Nikaido T, Tagami J. Ten-year observation of dentin bonding durability of 4-META/MMA-TBB resin cement--a SEM and TEM study. *Dent Mater J* 2011; 30: 438-447.

著者連絡先： 峯 篤史

〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-8
大阪大学大学院歯学研究科
クラウンブリッジ補綴学分野
Tel: 06-6879-2946
Fax: 06-6879-2947
E-mail: mine@dent.osaka-u.ac.jp