

〔原著〕

グレートテーパーガッタパーチャポイントの根管封鎖性

畑 良明, 立松 祐哉, 甕 富美子, 永井 康彦, 半田 慶介, 斎藤 隆史

北海道医療大学歯学部歯科保存学第二講座

A study on the sealing ability of the great tapered gutta-percha point

Yoshiaki HATA, Yuya TATEMATSU, Fumiko MOTAI, Yasuhiko NAGAI,
Keisuke HANDA and Takashi SAITODepartment of Operative Dentistry and Endodontology,
School of Dentistry,
Health Sciences University of Hokkaido

Abstract

Recently, nickel–titanium rotary systems are frequently used in root canal treatment with the outcome being a greater tapered root canal. Therefore, changes in the gutta–percha filling technique are necessary.

The purpose of this *in vitro* study was to compare the sealing abilities of a greater tapered (.06)gutta–percha with lateral condensation, a.06 tapered gutta–percha point and Obturation gutta by NT condenser (Hybrid technique) and the standard .02 tapered gutta–percha with lateral condensation.

The root canals of 60 extracted human mandibular incisors were endodontically instrumented with nickel–titanium rotary files K3 to master apical files of #40 and .06 taper and then randomly assigned to three groups each of 20 teeth. After cleaning, the teeth were obturated by three techniques and immersed in India ink. The operation times for the obturation and penetration distance of the dye from the apex of the root were measured,

The results were as follows :

- 1.The operation time of the greater tapered gutta–percha with lateral condensation was 120.9 sec, for the hybrid technique it was 115.1sec, and for the standard tapered gutta–percha with lateral condensation it was 129.1 sec. There were no statistically significant differences in the operation times of the three techniques.
- 2.The penetration distance of dye on obturated root canals became shorter in the order hybrid technique, .06 main gutta–percha with lateral condensation, and standard tapered gutta–percha with lateral condensation. There was a statistically significant difference between the hybrid technique and the standard tapered gutta–percha with lateral condensation ($p<0.05$).
- 3.Two-way analysis showed that the hybrid technique and the .06 tapered main gutta–percha with lateral condensation have excellent sealing ability. The lateral condensation with standard tapered gutta–percha was found not to have good sealing ability.

These results show that a combination the gutta–percha agreed to the apical end point and the tapered with prepared root canal, and obturation with lateral condensation or with Obturation gutta and NT condenser was effective in sealing the apical foramen.

Key word : gutta–percha, greater tapered, obturation, sealing ability

緒 言

近年、ニッケルチタンロータリーファイルが開発され、さらにファイル自体にかかるトルクをコントロールできるエンジンやコントラアングルハンドピースの開発によってファイル破折の危険性が減少している。それに伴い、根管治療にかかる時間も短縮されてきているが、最終根管形態のテーパーが大きく形成がなされているにもかかわらず、根管充填は従来のテーパー.02のガッタパーチャポイントが使用されていることが多い。そこで、最終根管形態のテーパーに合致したガッタパーチャポイント（グレートテーパーガッタパーチャポイント）と従来のテーパー.02のガッタパーチャポイントを用いて根管充填を行い、その操作性と根尖封鎖性について比較検討を行った。

材料および方法

本実験に用いた器材を表1に示す。歯周疾患により除去され10%ホルマリン中に保管されていた下顎前歯を用い、ファイルとプラグー使用時の影響を最小限にするために歯冠部をエアータービンにて削除した。根管口から#15K-ファイルを根管に挿入し、根尖狭窄部で抵抗感が得られ、根尖に到達したものを60本を被験歯とした。

作業長を根尖から歯冠側1mm寄りとし、1/128ニッケルチタンコントロールコントラアングルハンドピースとニッケルチタンロータリーファイル：K3を用いて、クラウンダウン法にて根管拡大・形成を行い、最終根管形態が#40のアピカル・シート、テーパー.06となるように規定をした（図1）。

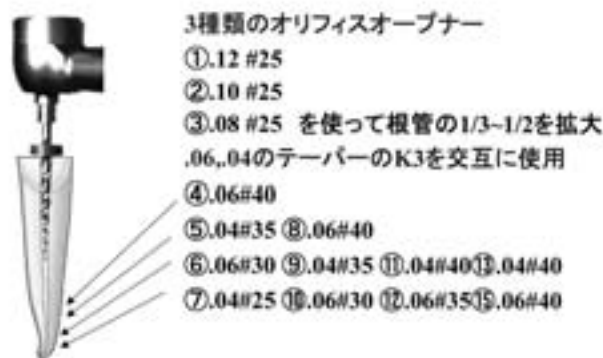
表1：使用した器具，材料

材料	製造会社	製造番号
NiTi control contra-angle hand-piece	Anthogyr	SN136846
#25NiTi コンデンサー	Alpha Endodontic Concepts	P020794287
Autofit Greater taper (.06 テーパー)	SybronEndo	032805
Gutta Percha points .02テーパー	Pierce	G4314
ニッケルチタンファイル：K3	SybronEndo	
.04テーパー(アソート)		04J10J
.06テーパー(アソート)		04J106J
.08テーパー		04M182M
.10テーパー		04L151L
.12テーパー		04J47J
Sealapex	SybronEndo	AAB3307
オブチュレーションガッター(S)	東洋	204-6052
アクセサリポイント	ジーシー	FGO19E
ガッタパーチャヒーター	ASEPTICO	YY12994-110-03
シルダープラグー 8P/9P	Caulk	921216/112190
ネイル ヴァーニッシュ	カネボウ	RS-61 48284
墨汁	開明堂	

根管洗浄は、ファイルの交換毎に行い、3% H₂O₂と10% NaOClによる交互洗浄を実施した。

根管充填法は、被験歯を無作為に3群に分け、以下の

図1：Ni-Tiロータリーファイルの使用手順 根管の1/2から2/3を3本のオリフェスオープナーで開拡後、.06#40,.04#40から.06と.04を交互に順次号数をさげながら使用し所定の位置まで拡大されたら初めに戻り最終的に規定した根管形態にした



方法で行った。

- グレートテーパーガッタパーチャポイントによる側方加圧根管充填法：テーパー.06ガッタパーチャポイントの先端を付属エンドゲージにて#40に調整した後、シーラーを根管壁とガッタパーチャポイントの先端に少量付着させ、根管内の所定の位置まで挿入、スプレッターにて側方に加圧した後、メインポイントと根管壁との間にアクセサリポイントを随時追加、圧接して行った。
- グレートテーパーガッタパーチャポイント、オブチュレーションガッターとNTコンデンサーによる根管充填法（以下、ハイブリッド法）（畑ら、1997）：根管壁に若干シーラーを付着させた後、#40に調整したグレートテーパーガッタパーチャポイントの先端にシーラーを付け、根管内に作業長まで挿入、スプレッターで側方に加圧した。その後、1/128コントラアングルハンドピースに装着した#25NTコンデンサーにあらかじめ専用のガッタパーチャヒーターにて加熱軟化したオブチュレーションガッターをコンデンサーの中程までコーティングした。その後、直ちに作業長の1mm歯冠寄りまで挿入、エンジンを正回転させ、メインポイントと根管壁との間にオブチュレーションガッターを充填した。
- 従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧根管充填法：テーパー.02のガッタパーチャポイントを#40に調整した後、グレートテーパーガッタパーチャによる側方加圧充填法と同様に充填を行った。

根管充填後、根管口をコンポジットレジンにて封鎖し、化粧用マニキュアを根尖部1~2mm残して、歯全体に塗布した。試験液（墨汁）中に1週間浸漬後、歯の表面のマニキュアをエタノール綿花で除去し、通法に従

って透明標本を作成した。その後、試験液の浸透した距離を実体顕微鏡下で計測を行った。

なお、根管充填に要した時間をメインポイントの挿入からヒートキャリアーによる余剰なガッタパーチャポイントの除去前までとして計測した。また、ニッケルチタンロータリーファイルK3のオートクレーブによる熱処理は、根管20本ごとに実施した。

根管充填の際に、2根管に分岐していたもの、加圧によって破折に至ったものを除外した。また、根管拡大・形成および根管充填は、臨床経験1年目の歯科医師が行った。

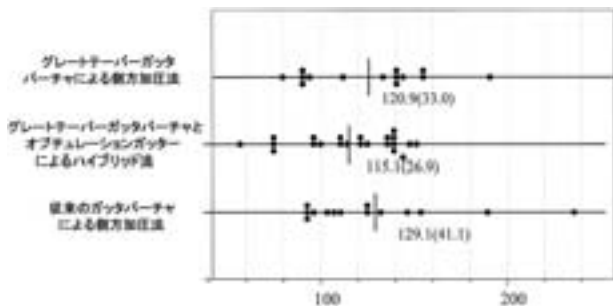
結 果

結果を図2から4に示し、統計処理は標本分布の正規性を調べた後、作業時間に比較においてはShefféの多重比較検定を、試験液の浸透比較においてはTukeyの多重比較検定を、封鎖能力に関しては二項検定を実施し、封鎖能力の比較においては χ^2 検定をStat Flex Ver4.1を用いて行った。

1. 操作時間

グレートテーパーガッタパーチャによる側方加圧法：120.9秒、ハイブリッド法：115.1秒、従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧法129.1秒で3者間に相互に有意差を認めなかったが、ハイブリッド法が従来のガッタパーチャによる側方加圧法より操作時間が短くなる傾向 ($p < 0.2$) が認められた (図2)。

図2：根管充填までに要した時間(秒) 図中の数値は平均値(標準偏差)を示す 有意な差は認められなかったが従来の.02テーパーガッタによる方法が最も時間がかかった



2. 試験液の浸透距離, 根尖孔封鎖性

試験液の根尖孔からの浸透距離は、グレートテーパーガッタパーチャによる側方加圧法：0.18mm、ハイブリッド法：0.04mm、従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧法：0.36mmであった。ハイブリッド法と従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧法との間で5%以下の危険率で従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧法が有意に浸透距離が長い結果が得られた。

封鎖能力を有するか否かを二項検定を用いて検索した

結果、グレートテーパーガッタパーチャポイントによる側方加圧法に1%以下の危険率で、ハイブリッド法では0.1%以下の危険率で有意であり、封鎖能力があると判定された。しかし、従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧法は、封鎖能力があるとは判定できなかった。各根管充填法の封鎖能力差を χ^2 検定で比較した結果、ハイブリッド法と従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧法との間で5%以下の危険率で有意差があることが判明した (図3,4)。

図3：試験液の浸透した距離(mm) 図中の数値は平均値(標準偏差)を示す 全く浸透しなかったものが多かったが従来の.02テーパーガッタによる方法が最も浸透した

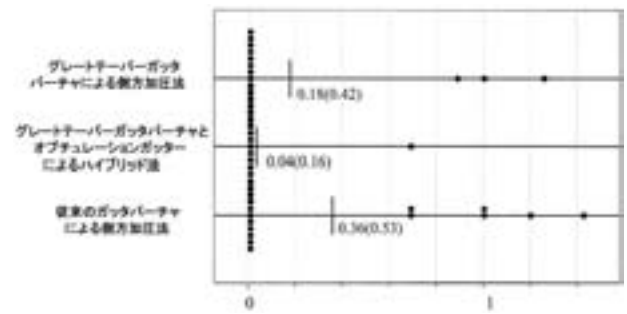


図4：統計処理の結果 距離では従来の.02テーパーガッタによる方法とハイブリッド法との間で差が封鎖性ではグレートテーパーガッタによる側方加圧法ハイブリッド法が能力ありと判定された

	Tukey検定	二項検定	χ^2 検定
グレートテーパーガッタパーチャによる側方加圧法	n.s.	$p < 0.01$	n.s.
グレートテーパーガッタパーチャとオブチュレーションガッターによるハイブリッド法			
グレートテーパーガッタパーチャとオブチュレーションガッターによるハイブリッド法	$p < 0.05$	$p = 0.000$	n.s.
従来のガッタパーチャによる側方加圧法	n.s.	n.s.	$p < 0.05$

考 察

ニッケルチタン製ファイルは、超弾性という性質のために根管内で破折しにくいとされてきたが、逆に超弾性という物性のために根管壁面で滑ってしまい、従来のステンレススチールファイルよりも切削という点では劣っていた。この欠点を解消するためにファイルのテーパーを大きいものに、さらに刃部の形態を切削片が根管口から容易に排出されやすいものに代えたニッケルチタン製のファイルが開発された。

その手技においても、従来のステップバック法からクラウンダウン法に代え、さらにそのクラウンダウン法においても、号数の大きいものから小さいものに換えて使用していく方法からテーパーの大きいものから小さいものへと換えて根管拡大・形成を行う方法へと変化してきた。

根管拡大・形成に使用したニッケルチタンロータリー

ファイル：K3にはテーパー.12, .10, .08で先端径#25の3本のオリフェスオープナーとテーパー.06および.04の根管形成用スーパーファイル（先端径が#15から#60）から構成されているプロシダーバックと新しく発売された先端径が全て#25でテーパーが.12から.02のGバックがある。今回、プロシダーバック1組を用いて根管口から根管の1/2から2/3ほどをオリフェスオープナーで開拡した後、テーパー.06で号数が大きいもの、次いでテーパー.04で.06と同じ号数のもの、次いでテーパー.06で先ほどの号数よりも一段小さなファイル、.04を使用して根管拡大・形成を実施し、テーパーの大きいものと小さいものを交互に換え、さらに先端径を大きいものから小さいものへと換えながら所定の最終根尖径に形成した。しかしながら、このプロシダーバックの手順にはテーパー.06と.04を交互に使用してファイルの小さなものに換えて行くといった決まったものがあるが、最終根尖径の大きなものに対する根管形成法は、さまざまであり（Schäfer and Florek, 2003; 吉田ら, 2003; 黒田ら, 2004; Ayar and Love, 2004; Gambarini, 2005）、決まったものはない。そこで、本研究ではテーパー.06と.04を交互に使用する原則にのっとり今回の使用手順で根管形成・拡大を行ったが、ほとんどがテーパー.04で#25のファイルで作業長まで達し、その後.06#40から繰り返しくラウンドダウン法にて根管拡大・形成を行った。

McSpadden (1996), Koch and Brave (2002; 2003)は、ファイルの断面において見られる刃部後方に位置するラジアルランドの大きさ、ファイル断面におけるコアの大きさが破折予防に有効であると報告していることから考慮すると、本研究に使用したニッケルチタンロータリーファイルは、最も破折しにくいファイルといえる。しかし、コアが大きいということは逆にファイルが湾曲しにくいということを示し、急激に湾曲した根管の拡大・形成には適していない想像される。

刃の根管壁に対する角度（すくい角, rake angle）は、壁に対してポジティブに作用するように設計されており、切削という意味では最も効率がよいが、それだけファイル本体にかかる負荷が大きいことを示している。この負荷に対して、トルクをコントロールできるエンジンが開発・市販されているが、高価であり、専用のキャスターを必要とするものであった。今回使用した1/128 ニッチコントロールコントラアングルハンドピースは、ISO規格で設計されているため全てのユニットのエンジンに装着ができ、しかも回転数が1/128に減速されるためユニットのフットスイッチを最大に踏み込んでもファ

イル操作に最適な350rpm以上には回転数が上昇しないばかりかトルクを0.9Ncmから4.0Ncmまで変えることができるためにファイルが根管の中で過剰な負荷がかかった場合、スリップを起こし、ファイルの破折を未然に防止する機構が備わっている。

しかし、19本目の根管拡大・形成中に.06#40のファイル1本の破折を経験し、その後.06#40を1本追加して根管拡大・形成を行った。しかし、畑ら（2004; 2006）のGTファイル、ProFileを用いた拡大・形成された根管の偏位に関する実験中において破折を経験しなかった。この破折の原因として根管形成中に拡大をするあまり、①根尖方向に力をいれ過ぎた、②トルクの設定を間違っていた、③ファイル内部に蓄積した金属疲労、④術者がファイルの操作に慣れていなかったことなどが推測される。GTファイルの考案者であるBuchanan (2001)は、ファイルの使用に際して、300回転以下で使用し、5根管以内での破棄、湾曲の激しい場合には1根管で破棄すべきであると述べている。GTファイルの断面形態と逆にふくらみを持った形態を有しているProTaperとK3を比較したMartín *et al.* (2003)は、破折の要因は回転数と根管の湾曲度であり、ファイルの断面形態に差がなかったと述べ、GTファイルと断面形態が同じであるProFileを使用したGambarini (2001)は、10根管以上破折することなく安全に根管形成ができたと述べている。しかし、いずれもオートクレーブ滅菌の回数を記載していない。回転が少ない方がファイル自体にかかるストレス（応力）も小さく、破折しにくいこと（Daugherty *et al.*, 2001）は、想像できるが、ファイル内に蓄積したストレスを開放することなくファイルを使用した場合、金属疲労によって破折しやすくなると考えられる。そのストレスを日常臨床ではオートクレーブで加熱することによって開放し、破折の危険性を回避する必要がある（Serene *et al.*, 1995）、林ら（2006）はファイルへの負荷とオートクレーブによる熱処理を20回繰り返し行ってもニッケルチタンロータリーファイルの機械的性質に影響を与えるものでなかったと述べ、通常の使用で20回以上使用できることを示唆している。日常臨床では1回毎にオートクレーブ滅菌を行うが、今回大量の資料を一度に拡大・形成を行う必要性から20根管使用した毎に熱処理を行うと設定していたため、19根管使用中に破折を経験した。その後は1本も破折に至っていない。そのため、.06#40などの先端径が大きくてテーパーが大きいファイルは、無理な力をかけず、トルクの設定を間違わなければ40根管以上の拡大・形成が可能であると考えられる。

ほとんどの歯根は近遠心的に圧扁され、それに伴い根管も圧扁されている。根尖部における根管形態を調査したWu *et al.* (2000) の研究によると、下顎切歯の根尖から1 mmの位置での根管径は、近遠心径：0.25mm、頬舌径：0.37mmであり、近遠心的テーパー.01であるのに対して頬舌的テーパー.11であったと報告し、近遠心的に先端径#35以下のファイルが作業長に到達しても頬舌的には根管に合致したのではなく、大きなテーパーによって拡大・形成がされていない箇所が生じている。また、先端径が#40以下の場合、側方加圧充填に適していないといわれており (Wakai and Naito, 1973), そのため本実験では根管形態を#40のアピカル・シート、テーパー.06と規定したが、頬舌的にはファイルを引き上げる際にはコンタクトシェーピングと化学的洗浄を徹底した。

ガッタパーチャは、生体親和性、化学的安定性、物理的性質など優れた特性から根管充填剤として最も使用されている材料である。また、側方加圧根管充填法も充填手技が容易で確実であるために日常臨床で多く用いられている手法である。しかしながら、ニッケルチタンロータリーファイルによりテーパーが大きく拡大・形成されているにもかかわらず根管充填には従来の.02テーパーガッタパーチャポイントが使用されてきた。最近ではテーパーが大きく拡大・形成された根管とアピカル・シートに合致したグレートテーパーガッタパーチャポイントが各社から発売されるようになり、根管充填の手技もメインポイント1本のみで行うシングルコンテクニックが紹介されている。しかし、その根尖封鎖性は従来のテーパー.02ガッタパーチャポイントによる側方加圧法と比べると劣っている (Hayes *et al.*, 2002; Baumann *et al.*, 2002; Kardon *et al.*, 2003; Zmener *et al.*, 2005; Gordon *et al.*, 2005)。その原因として、近遠心的にポイントが合致しても頬舌的には合致していないためと考えられる。

根管を緊密に封鎖するためには、従来の根管充填法を用いる必要がある。本実験ではグレートテーパーガッタパーチャポイントとアクセサリーポイントによる側方加圧法、ハイブリッド法、通常の.02テーパーガッタパーチャポイントとアクセサリーポイントによる側方加圧法の三者を比較したところ操作時間に関してハイブリッド法、グレートテーパーガッタパーチャによる方法は同等であったが、.02テーパーガッタパーチャによる方法が最も長く、ハイブリッド法と比べて作業時間が長くなる傾向が認められた。この理由として、使用したアクセサリーポイントの数によるものと推測され、グレートテー

パーガッタパーチャによる方法ではアクセサリーポイントの数が1～2本であるのに対して.02テーパーガッタパーチャによる方法では4～5本とほぼ2倍使用していたためと考えられた。

.02テーパーガッタパーチャによる側方加圧法は、最終根尖径、シーラー、試験液の浸漬方法、時間の違いがあるが、試験液が根管に浸透しなかった率は、これまでの報告 (畑ら, 1997; Araki *et al.*, 1998; 畑ら, 1999) よりも高かったが、二項検定の結果根尖封鎖能力があるとは判定できなかった。しかし、側枝へのガッタパーチャの浸入は、グレートテーパーガッタパーチャによる根管充填よりも多く認められたが、今回の実験では明らかにできなかった。今後、ガッタパーチャポイントの組成の違いによるものを検討する必要があると考えられた。

グレートテーパーガッタポイントを用いた側方加圧法による根管封鎖性に関する報告 (Bal *et al.*, 2001; Hembrough *et al.*, 2002) は、浸透した試験液を計測したものと充填率を比較したものであり、封鎖能力そのものを検討したものはない。今回の実験において、根管形態に合致したテーパーのガッタパーチャポイントを用いる側方加圧法には封鎖能力があると判定されたが、封鎖性を確実にするためにはニッケルチタン製のスプレッター (Wilson and Baumgartner, 2003) を使用し、湾曲根管においても確実に挿入、加圧すべきであると考えられた。

ハイブリッド法は、側方加圧法と垂直加圧法の両方の要素を持つといった意味で、McSpadden (1981) によって開発された垂直加圧法 (automated thermatic condensation) の変法というべきものである。通常、メインポイントを根管内の所定の位置まで挿入した後、コントラングルに装着したコンデンサーあるいはコンパクターを用いて根管に緊密に充填するものである。当初、アクセサリーポイントやシーラーなどは必要がないとされていたが、テーパーが大きく拡大・形成された根管では根管壁、メインポイントとコンデンサーとの間隙が大きくなり、根管内でポイントが空回りしてしまい十分に加圧できないことがあった。そこで、間隙を小さくするためにアクセサリーポイントが必要となるが、今回アクセサリーポイントの代わりにオブチュレーションガッターをコンデンサーに付着させて使用した。その結果、作業時間と封鎖性ともに最もよい結果を示し、ハイブリッド法の有効性を改めて確認する結果となった。

結 論

著者らは、ヒト下顎前歯60本をニッケルチタンロータリーファイル：K3を用いて根管拡大・形成を行い、さ

らに最終形成根管形態に合致したグレートテーパーガッタパーチャポイントを用いて根管充填を行い、その操作性と根尖封鎖性について従来の.02テーパーガッタパーチャポイントによる側方加圧法と比較し、以下の結論を得た。

1. 根管充填に要した時間において、グレートテーパーガッタパーチャポイント、オブチュレーションガッターとNTコンデンサーを併用したハイブリッド法が最も短時間に行え、次いでグレートガッタパーチャポイントによる側方加圧法、従来のガッタパーチャポイントによる側方加圧法の順であった。
2. 試験液の浸透距離に関して、操作性と同様にハイブリッド法：0.04mm、グレートテーパーガッタパーチャによる側方加圧法：0.18mm、従来のガッタパーチャによる側方加圧法：0.34mmであり、ハイブリッド法と従来のガッタパーチャによる側方加圧法との間で有意な差が認められた。
3. 封鎖能力を検討した結果、ハイブリッド法、グレートテーパーガッタパーチャによる側方加圧法において封鎖性があると判定されたが、従来のガッタパーチャによる側方加圧法において封鎖能力があるとは判定できなかった。

以上のことより最終根管形態のテーパーに合致したグレートテーパーガッタパーチャポイントを用いる根管充填法は、従来の.02テーパーのガッタパーチャポイントによる根管充填法と比較して、操作時間において差があるとは判定できなかったが、根尖封鎖性に関してはるかに優れた根管充填法であることが判明した。

なお、ニッケルチタンロータリーファイル：K3は根管形成中、19根管目に1本破折した。

文 献

- Araki ÂT, Hata Y, Sasaki M, Lage-Marques JL and Sasaki H. Análise comparativa entre três métodos de obturação endodôntica. Rev Pós-Graduação Odont Univ São Paulo. 5 : 319-320, 1998.
- Ayar LR and Love RM. Shaping ability of ProFile and K3 rotary Ni-Ti instruments when used in a variable tip sequence in simulated curved root canals. Int Endod J 37 : 593-601, 2004.
- Bal AS, Hicks ML and Barnett F. Comparison of laterally condensed .06 and .02 tapered Gutta-Percha and sealer in vitro. J Endod 27 : 786-788, 2001.
- Baumann MA, Loy R and Behrens O. Dye penetration of different single cone techniques compared to lateral condensation. Abstract IADR/AADR/ CADR 80th General session March 2002.
- Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation-part 2. GT file selection and handpiece-driven file use. Int Endod J 34 : 63-71, 2001.
- Daugherty DW, Round TG and Comer TL. Comparison of fracture rate, deformation rate, and efficiency between rotary endodontic instruments driven at 150 rpm and 350 rpm. J Endod 27 : 93-95, 2001.
- Gambarini G. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after prolonged clinical use. Int Endod J 34 : 386-369, 2001.
- Gambarini G. The K3 rotary nickel titanium instrument system. Endodontic Topics 10 : 179-182, 2005.
- Gordon MPJ, Love RM and Chandler NP. An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. Int Endod J 38 : 87-96, 2005.
- 畑 良明, 畑 宏幸, 佐々木ミッシェル, 仲屋俊夫, 佐々木八郎. オブチュレーションガッター®とNTコンデンサーによる根尖封鎖性に関する研究. 日歯内療誌 18 : 107-113, 1997.
- 畑 良明, 荒木アンジェラ敏枝, 畑 宏幸, 佐々木ミッシェル, 仲屋俊夫, 董 莉, 碓井ソフィ, 佐々木八郎. System Bによる根尖封鎖性と根管適合性. 日歯内療誌 20 : 91-97, 1999.
- 畑 良明, 甕 富美子, 塚越 慎, 畑 宏幸, 碓井ソフィ, 佐々木ミッシェル, 佐々木八郎. 湾曲根管拡大におけるNTロータリーファイルと手用ステンレススチールファイルの相違に関する研究—マイクロCTにおける観察—. 日歯内療誌 25 : 129-136, 2004.
- 畑 良明, 甕 富美子, 畑 宏幸, 佐々木ミッシェル, 佐々木八郎. GTロータリーファイルを用いた根管拡大—水平的偏位について—. 日歯内療誌 27 : 76-83, 2006.
- 林 洋介, 伊藤正紀, 宮井香林, 海老原 新, 米山隆之, 須田英明. オートクレーブ滅菌およびNaClO浸漬がエンジン用ニッケルチタンファイルの機械的特性に及ぼす影響. 日歯内療誌 27 : 95-100, 2006.
- Hayes SJ, Llewelyn JH, Griffiths IT, Bryant ST and Dummer PMH. Comparison of obturation with lateral condensation, 0.04 and 0.06 taper single cone root filing in extracted teeth. Int Endod J 35 : 492-494, 2002.
- Hembrough MW, Steiman HR and Belanger KK. Lateral condensation in canals prepared with nickel titanium rotary instruments : An evaluation of the use of three different master cones. J Endod 28 : 516-519, 2002.
- Kardon BP, Kuttler S, Hardiquan P and Dorn SO. An *in vitro* evaluation of the sealing ability of a new root canal obturation system. J Endod 29 : 658-661, 2003.
- Koch K and Brave D : Real world endo : Design features rotary files and how they affect clinical performance. Oral Health February : 39-49, 2002.
- Koch K, Brave D : The ultimate rotary file? Oral Health March : 59-64, 2003.
- 黒田健司, 俵木 勉, 黒米健治, 小嶋 壽. K3 ファイルを使用した新たな根管形成法. グローバルエンドドンティクス, 別冊the Quintessence ; 64-67, 2004.
- Martín B, Zelada G, Verela P, Bahillo JG, Magán F, Ahn S and Rodríguez C. Factors influencing the fracture of nickel-titanium rotary instruments. Int Endod J 36 : 261-266, 2003.
- McSpadden JT. Self-study course for the thermatic condensation of gutta percha. Ranson & Randorf/DENTSPLY 1981.
- McSpadden JT (村岡 博訳): 根管治療用マイクロファイルの形状: その理論. スーパーファイル「クァンテックファイル」開発のコンセプトから実現まで. 東京: ヨシダ, 1-5, 1996.
- Schäfer E and Florek H. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 in-

- struments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part I. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 36 : 199–207, 2003.
- Serene TP, Adams JD and Saxena A. Nickel-Titanium instruments applications in endodontics. St. Louis : Ishiyaku EuroAmerica Inc ; 59–65, 1995.
- Wilson BL and Baumgartner JC. Comparison of spreader penetration during lateral compaction of .04 and .02 tapered gutta-percha. *J Endod* 29 : 828–831, 2003.
- Wu M-K, R'oris A, Barkis D and Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 89 : 739–743, 2000.
- 吉田達雄, 小倉隆一, 庄司 茂. ニッケルチタンファイル “K 3[®]” の根管拡大能力の評価. *日歯内療誌* 24 : 9–15, 2003.
- Wakai WT and Naito RM. Filling root canal with gutta percha. *J Hawaii Dent Assoc* 6 : 8–13, 1973.
- Zmener O, Pameijer CH and Macri E. Evaluation of the apical seal in root canals prepared with a new rotary system and obturated with a methacrylate based endodontic sealer : an in vitro study. *J Endod* 31 : 392–395, 2005.