



WaveOne Gold、ProDesign R、ProDesignLogic を用いた 湾曲した根管内での回転疲労耐性評価

ブラジル

ペルナンブコ大学歯学部 FOP-UPE、
タバティンガ、カマラジベ PE

○シルビオエマヌエルアシオリ・コンラドデメネゼス
シャーリー・マチャド・バティスタ
ジュリアナ・オウロ・プレト・リラ
ガブリエラケイロズデメロモンテイロ

■概要

- 前書き：歯内療法ファイルは、破折のリスクを減らしつつ、根管を清掃、形成をより効率的に行うために開発されました。この研究の目的は、WaveOne Gold、ProDesign R、および ProDesign Logic ファイルの作業時間計測と回転疲労耐性を評価することです。
- 方法と材料：30 のニッケルチタン (NiTi) 回転ファイルを 3 つのグループに分け検証を行った。(n = 10)
 1. ProDesign Logic ファイル 25 / 0.06 を、グライドパスの終了後、連続回転で使用。
 2. WaveOne Gold 25 / 0.07 および ProDesign R 25 / 0.06 はファイルの往復運動で使用。すべてのファイルは 3 つの標準化された人工根管にて評価。各ファイルの平均作業時間、サイクル数 (NCI)、および回転疲労耐性は、ステンレス鋼デバイスの破折までのサイクル数 (NCF) によって決定。同時に破折までの総サイクル数も計算。(NCI + NCF) データは、クラスカルウォリス試験とマンホイットニー試験を使用し分析を行う。
- 結果：ProDesign Logic ファイルのインストルメンテーション時間は、他のファイル (P = 0.019) に比べて著しく短かった。また、破折するまでの最長時間は、ProDesign Logic (182.07 秒) および ProDesign R (152.38 秒) ファイルによって示された。NCF についても同様な結果が観察された。(910.37 および 761.93)
WaveOne Gold グループは、NCF が低く、NCI + NCF の合計が少ない結果となった。(748.33)
他のグループと比較すると統計的に顕著であった。(それぞれ P < 0.05)
- 結論：ProDesign Logic グループをグライドパスを用いた後に根管で連続回転運動にて使用することで、計測時間が短縮された。ProDesign R および Logic の回転疲労耐性は、WaveOne Gold より優れており、ファイル合金への熱処理法、その断面、およびグライドパスの使用は、回転疲労耐性に影響を与える結果となった。

■前書き

鋭く湾曲した根管への処置は、困難なる挑戦です。[1] 歯根管をより効率的に形成し、処置中エラーの発生率を減らすために、ニッケルチタン (NiTi) ファイルが歯内療法に導入されました。[2] しかし、明らかな変形のない回転ファイルの予期せぬ破折は、専門家の間でも普通に発生します。[3、4]

ファイルの設計、製造プロセス、合金の熱機械的処理などの革新は、耐疲労破壊性を高めるとともに、使用の安全性を高めるために開発されています。[5] これらのファイルの有効性と寿命は、他の要因の中でも、動作速度とトルクによって決定されます。[8] 単一ファイルを用いた往復運動による形成は、ファイルの回転的疲労に対する耐性の増加と交差汚染の可能性の減少により、根管の形成をより速くすることが示唆されました。[9、10]

WaveOne Gold システム (Dentsply Maillefer, Ballaigues, スイス) は、往復運動を伴う単一ファイル技術を使用し、GOLD と呼ばれる熱処理プロセスによって製造されます [11、12]。メーカーによると、この技術は、ファイルの回転疲労耐性と柔軟性を向上させることが示唆されています。その黄金色は、ファイルのゆっくりとした加熱と冷却が繰り返される、使用された熱サイクル手順の結果です [13]。

WaveOne Gold ファイルは、さまざまなチップサイズとテーパー 20 / 0.07 (小)、25 / 0.07 (メイン)、35 / 0.06 (中)、45 / 0.05 (大) となっています。これらのファイルには、2 つの刃先と非アクティブな先端を持つ平行四辺形の断面デザインがあり、刃先の角度は 85 度 反時計回りに回転した時に根管壁に対し刃がたちます。[13]

往復運動学と単一ファイルテクニックは、ProDesign R (Easy Equipamentos Odontológicos, ペロホリゾンテ, MG, ブラジル) でも使用されています。製造元によると、このシステムは 2 つの異なるチップサイズとテーパー 25 / 0.06 および 35 / 0.05 で利用可能で、改良された S 字型断面設計、非アクティブチップ、可変ヘリカル角度、2 つの切断ブレードが付与され、WaveOne Gold と同じ反時計回りの動きです。その製造プロセスは、CMWire 熱処理に基づいています。

この処理は、結晶構造のより良い配置を生み出し、その結果、優れた改善された柔軟性をもたらすことが知られている [1416]。形状記憶がほとんどない、または、まったくない器具を提供し、より柔軟に周期的な疲労やねじり破損に耐性があります [14]。

ProDesign ロジックシステム (EasyEquipamentosOdontológicos、ベロホリゾンテ、MG、ブラジル) は、連続回転で使用できるため、市場のあらゆるモーターに適合するように設計されています。メーカーによると、このファイルは冶金機能上は ProDesign R に似た特性で、動作のみが異なります。時計回りに回転させると、ProDesign Logic に切断機能があります。連続回転運動で使用しても、ねじ込み効果が低下します。ProDesign Logic システムは、単一ファイルの概念を統合することを目的としており、シェーピングファイル (25 / 0.06, 30 / 0.05, 35 / 0.05, 40 / 0.05) とグライドパスファイル (25 / 0.01, 30 / 0.01, 35/0.01, 40/0.01) と使用出来ます。

いくつかの研究では、NiTi 回転ファイルの回転疲労が評価されています。[11、17、18]ただし、WaveOne Gold プライマリ、ProDesign R および ProDesign Logic は機械的特性が改善されているようですが、それらの回転疲労に対する耐性を比較した研究はありません。したがって、本研究は、WaveOne Gold プライマリ、ProDesign R (25 / 0.06) および ProDesign Logic (25 / 0.06) ファイルの耐破壊性を評価することを目的としました。

帰無仮説は、臨床処置時間と回転疲労耐性に関して個々のファイル間に違いがないというものでした。

■材料および方法

サンプルの計算は、BioEstat 5.3 (Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá、マナウス、ブラジル) を使用し、個別のサンプルを選択することで検証。 α タイプエラー 0.05、 α β 電力は 0.80 で、1 : 1 の比率が規定されています。

グループごとの理想的なサンプルサイズは 7 で、有意差を示しています。サンプルサイズ 10 は、サンプルの損失につながる可能性のある外れ値を補正するために使用されました。この調査で評価されたファイルの特性を次に示します。表 1。

テストの前に、すべてのファイルを実体顕微鏡 (SteREO Discovery、V12、ZEISS、ドイツ) で 16 倍の倍率で検査し、変形や欠陥の存在を観察。不具合は 検出されませんでした。

表 1 テストした機器の特性

	長さ (mm)	先端 (mm)	テーパー (%)	モーション	加工方向断面
WOG25	25	0.25	0.07	往復	平行四辺形
PDR	25	0.25	0.06	往復	変更された S 字
PDL	25	0.25	0.06	ロータリー	変更された S 字

■根管形成

実験グループは、評価用各ファイルで構成されています (n = 10)。各ファイルには、3 つのアクリル樹脂人工根管が装備されています (IM Brazil Ltda.、サンパウロ、SP、ブラジル)。人工根管は、標準的なサイズ、半径 5 mm の円状で 60 度の湾曲、カーブの中心点は装置先端から 5 mm です。作業長 (WL) は、ステンレス鋼の K ファイル #10 (WL = 17 mm) を使用し、人工根管に挿入した後定義されました。挿入時に、2 mL の蒸留水 (ブラジルのポルトアレグレ、Iodontosul-Industrial Odontológico Sul Ltda.) で根管を洗浄し、残った樹脂を取り除いた後、根管はラウリルナトリウム硫酸塩洗剤潤滑剤溶液 (テルギポリバイオダイナミックケミストリー薬品、イビボラ、PR、ブラジル) で満たしました。

すべての準備は、単一のオペレーターによって実行。トルク制御モーター (Silver Reciproc、VDW、ドイツ、ミュンヘン) で操作される 1 : 6 減速ハンドピース (Sirona Dental Systems GmbH、ベンスハイム、ドイツ) を使用して、WaveOne Gold プライマリファイルと ProDesign R ファイルでは、「Reciproc A II」事前設定プログラムを選択。

ProDesign Logic ファイルの場合、事前設定プログラムで 350rpm 及び 4 N トルクが設定されました。

ProDesign Logic ファイルの場合、グライドパスとして 25/0.01 ファイルが 350 rpm および 1N トルクで使用。

ファイルに加わる過負荷及び望まれない力は、3 連続の穏やかなイン-アウトの短い振幅ストロークを用いて制御。

各サイクルで、フルートはガーゼで洗浄され、根管内は蒸留水と洗剤潤滑剤溶液で洗浄。

作業長まで到達したファイルは、清掃され回転疲労耐性試験まで保管。

人工根管形成するための各ファイルの平均作業時間 (秒単位) は、デジタルタイマーによって記録。

ファイルが根管を形成するに要した回転数は、(NCI) NCF の最高値はそれぞれ 910.37 次の式 [19] に従って計算されました。

$NCI = rpm \times \text{作業時間 (秒)} / 60 \text{ 秒}。 (761.93)$

■回転疲労試験

回転疲労試験は、ステンレススティール製テスト器具 直径 1.5 mm、器具先端から 5 mmの位置で半径 5 mmで 90 度に湾曲させたもの【10】。ら 5 mmの曲率中心【10】。テスト器具とコントラアングルハンドピースは負荷がかからないよう固定されました。これによりファイルが他の負荷なしに回転することが可能になりました（図 1）。

潤滑油 WD-40（AP Winner Ind. Com. De Prod. Químicos LTDA、Ponta Grossa, PR, Brazil）を使用して、金属表面間の摩擦によって発生する熱を最小限に抑えました。形成動作の開始からファイルの破損までの時間を記録した。次の式【19】を使用してファイルの破折までのサイクル数（NCF）を確立することができました。NCF = rpm × 故障までの時間（秒） / 60 秒破折するまでのファイルの合計使用量は、NCI と NCF の合計によって得られました。

■統計分析

バージョン 13 の SPSS プログラムを使用してデータを分析しました（Statistical package for the social sciences, シカゴ、米国）。記述統計が得られ、非パラメトリックな Kruskal-Wallis および Mann-Whitney 試験がグループ間の比較に使用されました。有意水準は 0.05 に設定された。

■結果

調査した基準の結果は、表 2。クラスカル・ウォリス検定では、NCI のみについてグループ間の差は示されませんでした。（P = 0.073） ProDesign Logic ファイルのインストルメンテーション時間は、他のファイル比べて大変短かったです。（P = 0.019）破折するまでの時間は ProDesign Logic と ProDesign R の方が長く、それぞれ 182.07 秒と 152.38 秒となった。これらのシステムは、NCF の最高値（それぞれ 910.37 および 761.93）も示しました。WaveOne Gold プライマリグループは、NCF が小さく、NCI + NCF の合計も小さい。（748.33）評価された両方の項目について、WaveOne Gold プライマリは他の ProDesign グループと統計的に大きな差を示しました。（P < 0.05）

表 2 準備時間の平均値と標準偏差（秒）、各計測（NCI）のサイクル数、計測時間
故障（秒）、故障までのサイクル数（NCF）、および NCI と NCF の合計（n = 10）

	作業時間	NCI	破折までの時間	NCF	NCI+NCF
PDL	64.55 (5.04)	376.59 (29.43)	182.07 (94.42)	910.37 (472.10)	1286.96 (488.40)
PDR	12.65 (58.71)	513.28 (293.57)	152.38 (97.95)	761.93 (489.75)	1275.21 (685.86)
WOG	96.72 (25.71)	483.61 (128.57)	52.95 (61.08)	264.76 (305.42)	748.37 (364.31)

■討論

ファイルの製造分野で重要な進歩があり、革新的な設計と差別化された冶金学を備えた多数のシステムが導入されました【20】。ただし、WaveOne Gold プライマリシステムは広範囲にわたって評価されていますが【11-13】、ProDesign R【21、22】および ProDesign Logic ファイル【23】の評価に関する研究はほとんど行われていません。いくつかの研究では、回転疲労を研究するために抜歯した人間の歯を使用しています【24-26】。しかし、そのような選択は検索結果にバイアスをかける可能性があります。これは、根管の解剖学的構造が大きく異なる傾向があるためであり【27】、これはサンプルの標準化の観点からの課題です【28】。このため、樹脂ブロックに根管をシミュレートした実験室での研究により、実験条件の制御が保証され、目的の変数のみが分析されます。

この研究の両方の仮説は拒否されました。

調査したファイルの形成作業時間及び破折まで疲労耐性の時間計測で統計的に重要な違いが観察されました。

ProDesign Logic は、他のグループよりも形成時間を短縮できました。

継続的な回転運動、高トルク、およびグライドパスを実行するための 25 / 0.01 ファイルの使用は、短い計測時間の要因です。

また、実験中に、2 本の ProDesign R ファイルと 5 本の WaveOne Gold プライマリファイルの破損が発生しました。

この実験では ProDesign Logic は全ての根管を破折せずに形成することが出来ました。

私たちは、そのような事故が不利な結果に直接影響を与えたと考えます。

破折したファイルが破棄されてサンプル数が減少した結果です。

WaveOne Gold プライマリグループの NCF および NCI + NCF これらの優れた結果は、ProDesign Logic システムを使用した以前の別の研究ですすでに発見されています [23]。ProDesign R ファイルと ProDesign Logic ファイルは同じ製造技術で製造され、刃の方向のみ異なります。ProDesignR は反時計回りに回転すると刃がたちます。また、ProDesignLogic は時計回りで刃がたちます。テーパーが大きくなるにつれて、湾曲した根管での耐疲労性に悪影響を与える可能性があります [29]。ProDesign R、ProDesignLogic、WaveOne Gold の主要ファイルの先端は同じです (0.25 mm)。ただし、これらのファイルのテーパーは異なります。ProDesign R と ProDesign Logic には、先端から最初の 3 mm にわたって 6% のテーパーがあり、WaveOne Gold プライマリには 7% のテーパーがあります。この違いは、WaveOne Gold プライマリファイルにある剛性が高く、耐疲労性が低いことを説明しています。これは以前に他の研究で報告されています [21、22]。

結果に影響を与えた可能性のあるもう 1 つの要因は、ProDesign Logic で計測する前にガイドパスを実行したことです。以前の研究では、NiTi ローターファイル使用前にガイドパスが重要であることを示しています [30-32]。手動または器械ファイルで形成する前に、根管の直径を大きくすると、解剖学的な干渉のない道が作成され、手順エラーのリスクを減らすことが推奨されます [24、33]。この手順により、形成時のファイル根尖穿通、解剖学的構造からの逸脱、および破折のリスクを大幅に削減でき、経験の浅い専門家でも専門家と同じ結果を得ることができます [29、34、35]。私たちの調査では、ProDesign Logic グループのガイドパスファイルを使用することで、形成ファイルをより少ない張力で簡単に貫通できるようになりました。結果、形成時間をより短時間で終了出来る良い結果につながります。また、インストレーション中に ProDesign Logic ファイルの破損が発生しなかった要因であった可能性もあります。往復運動の方が回転運動より回転疲労耐性が高いことは証明されていますが、[10、17、36]、ProDesign Logic および ProDesign R ファイルの結果に見られるように、形成根管直径が大きくなれば回転ファイルの回転疲労耐性を高める可能性があると考えています。ファイル断面積が大きいくほど、曲げ剛性とねじれが大きくなるため、異なる断面積により結果に影響を与える可能性があります [37]。WaveOne Gold プライマリファイルの断面構造は根管壁の 1 点で交互に接触する分散型平行四辺形です。ProDesign ファイル断面は s 字型を修正し 2 点で根管壁に接触しています。

以前の調査 [38] で、WaveOne Gold プライマリファイルと Reciproc R25 (VDW、ミュンヘン、ドイツ) ファイルの断面積を比較すると、Reciproc ファイルは、S 断面ですが、その面積は WaveOne Gold プライマリよりも大きくなっています。この事実は、Reciproc R25 [38] のより大きなテーパーに起因する可能性があります。ProDesign ファイルは Reciproc ファイルと同様の形態的特徴を持っていますが、テーパーが小さく、ファイルの柔軟性と抵抗特性は、ファイルの製造元の合金によっても影響を受ける可能性があります [39]。NiTi ファイルの熱機械的処理法は、エンドファイルの有効性と安全性に関して重要な利点を提供します [5]。回転疲労に対する耐性は、NiTi 合金の製造プロセスによって異なります。ファイルには、その寿命に影響を与えるさまざまな表面仕上げパターンによって作成された加工傷がある可能性があります [14、40、41]。CM-Wire 合金機器は、主にマルテンサイト相の結晶構造を持ち、材料形状記憶の制御を可能にする独自の熱機械プロセスによって製造されます [5]。この製造プロセスにより、ファイルは非常に柔軟になり、回転疲労耐性を持たせません。[5]。私たちの研究では、使われている合金の違いが ProDesignLogic と ProDesignR の WaveOne Gold に対する回転疲労耐性の優位性に影響している可能性があると考えます。

■ 結論

往復運動の方が回転運動より回転疲労耐性が高いことは証明されていますが、ガイドパスを使用した後に連続回転する、ProDesign Logic ファイルを使用することにより形成作業時間が短縮されました。また、ProDesign R および ProDesign Logic ファイルの回転疲労耐性は、WaveOne Gold より優れていました。ファイルに使用された合金の熱処理法、その断面形態、ガイドパスの使用が回転疲労耐性に影響していると思われます。

著者はこの研究実施に際し CAPES よりの財務援助に謝意を表します。また、メーカー等との特別な関係が無い事を宣言します。

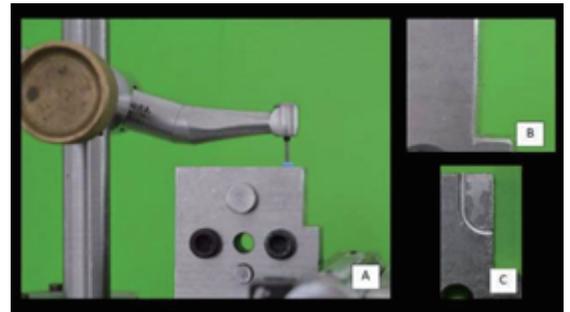


図1
(A) 回転疲労試験で使用するカウンターアングルxファイル比xステンレス鋼装置。
(B) 人工根管根尖よりのファイル先端穿孔。
(C) 人工根管形態特徴

●参考文献

1. Peters OA, Paque F. 回転根管器具技術および臨床使用における現在の開発：レビュー。クインテッセンス Int. 2010; 41 (6) : 479-88.
2. Yazdizadeh M, Skini M, Hoseini Goosheh SM, Jafarzadeh M, Shamohammadi M, Rakhshan V. 歯内療法用回転式ニッケルチタン製器具の繰り返し疲労に対する深冷処理の影響。Iran Endod J. 2017; 12 (2) : 216-9.
3. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. 臨床使用後の回転式ニッケルチタンファイルの欠陥。J Endod. 2000; 26 (3) : 161-5.
4. マーティン B, ゼラダ G, バレラ P, バヒロ JG, マガン F, アン S, ロドリゲス C. ニッケルチタン回転器具の破損に影響を与える要因。Int Endod J. 2003; 36 (4) : 262-6.
5. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. ニッケルチタン製器具の熱機械処理の現在の課題と概念。J Endod. 2013; 39 (2) : 163-72.
6. Capar ID, Ertas H, Ok E, Arslan H, Ertas ET. 激しく湾曲した根における根管準備のための異なる新規ニッケルチタン回転システムの比較研究運河。J Endod. 2014; 40 (6) : 852-6.
7. Pedulla E, Lo Savio F, Boninelli S, Plotino G, Grande NM, La Rosa G, ラピサルダ E. 放電加工によって製造された新しいニッケルチタン製器具のねじりおよび繰り返し疲労抵抗。J Endod. 2016; 42 (1) : 156-9.
8. Gambarini G. 低トルクおよび高トルクの歯内モーターを使用した臨床使用後のニッケルチタン回転器具の回転疲労。J Endod. 2001; 27 (12) : 772-4.
9. 1 つの Ni-Ti 回転器具のみを使用した Yared G. 根管の準備：予備観察。Int Endod J. 2008; 41 (4) : 339-44.
10. デデウス G, モレイラ EJ, ロペス HP, エリアス CN. 往復運動で使用される F2ProTaper 装置の回転疲労寿命の延長。Int Endod J. 2010; 43 (12) : 1063-8.
11. Topcuoglu HS, Duzgun S, Akti A, Topcuoglu G. 二重曲率の根管における WaveOne Gold, Reciproc および WaveOne ファイルの回転疲労耐性の実験室比較。Int Endod J. 2017; 50 (7) : 713-7.
12. Ozyurek T. Reciproc, WaveOne, WaveOne Gold ニッケルチタン製器具の回転疲労耐性。J Endod. 2016; 42 (10) : 1536-9.
13. Adiguzel M, Capar ID. WaveOne と WaveOne Gold の小型、一次、および大型機器の回転疲労抵抗の比較。J Endod. 2017; 43 (4) : 623-7.
14. Shen Y, Qian W, Abtin H, Gao Y, Haapasalo M. 制御されたメモリワイヤーニッケルチタン回転機器の疲労試験。J Endod. 2011; 37 (7) : 997-1001.
15. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Campbell L, Peng B, Haapasalo M. 制御されたメモリワイヤーニッケルチタン回転機器の冶金学的特性。J Endod. 2011; 37 (11) : 1566-71.
16. Testarelli L, Plotino G, Al-Sudani D, Vincenzi V, Giansiracusa A, Grande NM, Gambarini G. ニッケルの重量パーセントが低い新しいニッケルチタン合金の曲げ特性。J Endod. 2011; 37 (9) : 1293-5.
17. Gambarini G, Gergi R, Naaman A, Osta N, Al Sudani D. 往復運動で使用されるねじれファイルロータリー NiTi 装置の回転疲労解析。Int Endod J. 2012; 45 (9) : 802-6.
18. Pedulla E, Grande NM, Plotino G, Gambarini G, Rapisarda E. 4 つの異なるニッケルチタン製回転機器の回転疲労抵抗に対する連続または往復運動の影響。J Endod. 2013; 39 (2) : 258-61.
19. ロペス HP, フェレイラ AA, エリアス CN, モレイラ EJ, デオリベイラ JC, シケイラ JF, ジュニア回転式ニッケルチタン歯内療法器具の回転疲労に対する回転速度の影響。J Endod. 2009; 35 (7) : 1013-6.
20. Mohammadi Z, Soltani MK, Shalavi S, Asgary S. NiTi 機器のさまざまな表面処理のレビュー。Iran Endod J. 2014; 9 (4) : 235-40.
21. Silva EJ, Rodrigues C, Vieira VT, Belladonna FG, De-Deus G, Lopes HP. 新しい熱処理された往復運動器具の曲げ抵抗と回転疲労 走査。2016; 38 (6) : 837-41.
22. Alcalde MP, Tanomaru-Filho M, Bramante CM, Duarte MAH, Guerreiro-Ta nomaru JM, Camilo-Pinto J, So MVR, Vivan RR. 異なるニッケルチタン合金で製造された往復単一ファイルの繰り返しおよびねじり疲労抵抗。J Endod. 2017; 43 (7) : 1186-91.
23. Coelho BS, Amaral RO, Leonardi DP, Marques-da-Silva B, Silva Sousa YT, Carvalho FM, Baratto-Filho F. 長い楕円形の根管の準備における 3 つの単一機器システムのパフォーマンス。Braz Dent J. 2016; 27 (2) : 217-22.
24. Patino PV, Biedma BM, Liebana CR, Cantatore G, Bahillo JG. NiTi 回転機器の分離速度に対する手動グライドパスの影響。J Endod. 2005; 31 (2) : 114-6.
25. エアハルト IC, ズオロ ML, クーニャ RS, デマーティン AS, ヘルラクアン D, カルバーリョ MC, プエノ CE. プレフレアで使用される mtwo ファイルの分離発生率の評価：前向き臨床研究。J Endod. 2012; 38 (8) : 1078-81.
26. プロティノ G, グランデ NM, ポルチャニ PF. レシプロ装置の変形と破折の発生率：臨床評価。Int Endod J. 2015; 48 (2) : 199-205.
27. Domark JD, Hatton JF, Benison RP, Hildebolt CF. 管の数の検出におけるデジタル X 線撮影とコーンビームおよびマイクロコンピュータ断層撮影の ex vivo 比較メシオパッカル上顎大臼歯の根。J Endod. 2013; 39 (7) : 901-5.
28. Filpo-Perez C, Bramante CM, Villas-Boas MH, Hungaro Duarte MA, Versiani MA, Ordinola-Zapata R. 下顎第一大臼歯の遠位根の根管形態のマイクロコンピュータ断層撮影分析。J Endod. 2015; 41 (2) : 231-6.

- 29.ハ JH、パーク SS。模擬樹脂根管におけるニッケルチタン回転やすりのねじ込み効果とトルクに対する滑走路の影響 復元デントエンド。2012; 37 (4) : 215-9。
- 30.Ruddle CJ, Machtou P, West JD。歯内管の準備：ガイドパスの管理と管の形成における革新。今日へこみ。2014; 33 (7) : 118-23。
- 31.Pasqualini D, Bianchi CC, Paolino DS, Mancini L, Cemenasco A, Cantato re G, Castellucci A, BeruttiE. J Endod. 2012; 38(3):389-93。
- 32.Berutti E, Cantatore G, Castellucci A, Chiandussi G, Pera F, Migliaretti G, Pasqualin i D. ガイドパスを作成するためのニッケルチタンロータリー PathFile の使用：シミュレートされた根管での手動プレフレアとの比較。J Endod. 2009; 35 (3) : 408-12。
- 33.D'Amario M, Baldi M, Petricca R, De Angelis F, El Abed R, D'Arcangelo C. 湾曲した根管形成でガイドパスを作成するための新しいニッケルチタンシステムの評価。J Endod. 2013; 39 (12) : 1581-4。
- 34.Goldberg M, Dahan S, Machtou P. シミュレーションされた根管で WaveOne シングルファイルテクニックを使用する場合のセンタリング能力と経験の影響 Int J デント。2012; 2012 : 206321。
35. Munoz E, Forner L, LlanaC. 回転式ニッケルチタン単一ファイル往復運動システムでの根管形成能力に対するオペレーターの経験の影響。J Endod. 2014; 40 (4) : 547-50。
36. ペレスイゲラス JJ, アリアス A, デラマコラ JC. K3, K3XF、および連続回転または往復運動下でのツイストファイルニッケルチタンファイルの回転疲労耐性。 J Endod. 2013; 39 (12) : 1585-8。
- 37.De-Deus G, Leal Vieira VT, Nogueira da Silva EJ, Lopes H, Elias CN, Moreira EJ. Reciproc および WaveOne ファイルの曲げ強度と動的、静的回転疲労寿命。J Endod. 2014; 40 (4) : 575-9。
- 38.Elsaka SE, Elnaghy AM, Badr AE. WaveOne Gold, Reciproc, Twisted File Adaptive 機器のねじれおよび曲げ抵抗。Int Endod J. 2016。
- 39.Elnaghy AM, Elsaka SE. OneShape および WaveOne 機器のねじりおよび曲げ特性。J Endod. 2015; 41 (4) : 544-7。
- 40.Lopes HP, Elias CN, Vieira VT, Moreira EJ, Marques RV, de Oliveira JC, D ebelian G, Siqueira JF, Jr. BioRace ニッケルチタン製回転機器の回転疲労耐性に対する電解研磨表面処理の影響。J Endod. 2010; 36 (10) : 1653-7。
41. キャンベル L, シェン Y, 周 HM, ハーバサロ M. ねじれに対する疲労の影響ニッケルチタン制御メモリ機器の故障。J Endod. 2014;

この論文を次のように引用してください。de Menezes SEAC, Batista SM, Lir a JOP, de Melo Monteiro GQ. 根管における WaveOne Gold, ProDesign R, および ProDesign Logic ファイルの回転疲労耐性 試験管内で。Iran Endod J.2017; 12 (4) : 468-73. 土井 : 10.22037 / iej.v12i4.17494。