

光学機器を用いた根管口モデルにおける
根管口探索の評価

たきたに よしあき
瀧谷 佳晃

本論文の要旨は第 184 回朝日大学歯学研究科発表会（2016 年 7 月 22 日，岐阜）において発表した。本論文の一部は，第 28 回日本歯科人間工学会（2013 年 2 月 8，9 日，北海道），第 32 回日本歯科医学教育学会（2013 年 7 月 12，13 日，北海道），第 12 回中部歯内療法学会（2016 年 9 月 25 日，愛知）において発表した。

緒 言

歯内治療を正確に行ううえで、根管口の探索と明示は最も重要な過程のひとつである。しかし臨床現場においては、根管数の多い大白歯の根管口を肉眼で正確に観察するのが困難なことも多い¹⁻³⁾。口腔内は狭い空間であり、上顎第1大白歯近心頬側根管の2根管性、上顎第1小臼歯のイスマスをともなう2根管性、あるいは下顎側切歯の2根管性などを直視で観察するには限界がある⁴⁻⁶⁾。近年、歯科用顕微鏡、ルーペ、口腔内カメラなどの光学機器を用いて根管口を探索することが多くなった⁷⁻¹²⁾。歯科用顕微鏡は、今まで見え難かった病変や、解剖構造を明るい視野で観察可能とすることにより歯科治療の効率を高め確実性を向上させてきている^{13, 14)}。また、近年普及著しい歯科用コーンビームCTと歯科用顕微鏡を併用することで、根尖切除術などの外科的歯内療法において高い有用性を持つことが報告されている¹⁵⁻¹⁸⁾。歯科用顕微鏡は観察視軸と照明の光軸がほぼ同一であり、強力な照明装置を有し、視認性は極めて良好であるが、使用方法や手技を熟知していないと、治療が難しく感じられることもある¹⁴⁾。

一方、デジタル技術の進歩により、画面上で口腔内の拡大像を観察する「デジタル拡大鏡」と呼ばれる診療機器も登場している。しかしながら、歯科用顕微

鏡やデジタル拡大鏡などの光学機器の使用が，根管口探索の診断精度にどのように影響するかに関して，これまで検討されていない．本研究は，大白歯の歯髓腔を模した「根管口モデル」を開発し，肉眼および光学機器を用いた根管口探索の精度を客観的に評価し，その有用性について比較検討した．

材料および方法

1 根管口モデルの作製

本研究の内容については朝日大学歯学部倫理委員会の審査を受けて承認を得た（2016年9月9日付承認番号28009）。根管口モデルは、内径4×4mmの模擬歯髓腔を3つ備えたプラスチックケース（23×7×10mm）（図1），および口腔ケアの教育実習を目的に開発された口腔ケアモデル（セイケツくん，京都科学，京都）を用いた（図2）。根管口モデルの髓床底相当部は光重合型支台築造用コンポジットレジン（MIコアLC，ジーシー，東京）を用いて模擬歯髓腔に着脱可能となるよう作製し，髓床底深さが0～8mmの間で調整可能な設計とした。フロアブルコンポジットレジンに比較して充填時の操作性に優れた点を考慮してペーストタイプを採用した。根管口の作製には超音波発振装置（ENAC，オサダ，東京）に超音波チップ（SCポイント，オサダ，東京）を装着し，振動強さ3で髓床底相当部のコンポジットレジンに直径0.3mm深さ0.5mm程度の凹みを形成した。根管口モデルは根管口数と髓床底深さの組み合わせが異なる6パターンを作製した。根管口数は，番号1は根管口数0，番号2は1，番号3は4，番号4は2，番号5は2，番号6は0とした。髓床底深さは任意に変更が可能となるように設計し番号1は髓床底深さ8mm，番号2は4mm，番号3は6mm，

番号 4 は 7 mm , 番号 5 は 5 mm , 番号 6 は 6 mm とした (図 3 a) . 根管口探索においては 0 か 1 根管もしくは 1 か 2 根管の判別または 3 根管性において副根管の存在 , つまり 4 根管の可能性があるかどうか臨床上比較的遭遇頻度の高い根管数に的をしばり , これら 4 種類に設定した . なお , 根管口的位置はケース内径の対角線上でかつ各辺からの距離 1.2 mm 上に設定した . これは , 根管口がケース辺縁および中心に寄り過ぎないことに留意し設定した . 口腔ケアモデルに付属する模擬下顎総義歯の大白歯の人工歯を削合し , 根管口モデルが左右 , 近遠心方向に着脱できて交換可能となるようにして根管口の探索実験に供した (図 3 b) .

2 観察手法

肉眼による観察と光学機器を用いて行った . デジタル拡大鏡はデンティストミューカム (タカラテレシステムズ , 大阪) , 歯科用顕微鏡は Universa300 (メーラー , Germany) を用いた (図 4) . 倍率は予め設定した状態で根管口を探索し , 10 倍前後の倍率で行った . Universa300 では 8 のスケールで , デジタル拡大鏡デンティストミューカムでは ZOOM1 に設定した . 観察に際して , 口腔ケアモデルに装着した模擬下顎総義歯咬合平面はほぼ床と垂直になるよう設定し , 歯科用ミラー (ウルトラビジョン FS , モクダ , 神戸) を用い一歯ずつ観察し (図 5) , 肉眼による観察結果を評価シートに記録し , 同様に歯科用顕微鏡 , デジタル拡大鏡を

用いた観察に関しても行った。

3 観察者

観察者は平成 28 年度朝日大学附属病院臨床研修歯科医のうちデジタル拡大鏡，歯科用顕微鏡の使用経験のない 16 名である。観察者にはピント調整の操作法およびミラーテクニックのみ指導した。ミラーテクニックの指導は，12 時の位置にポジショニングし，被写体とミラーのなす角度を 45 度に保ち観察することを指導した。観察者は口腔ケアモデルの口腔内の根管口モデルを歯科用ミラーに反射させ，肉眼，歯科用顕微鏡，デジタル拡大鏡の順番で根管口を探索した。各観察者において根管口モデルを左右，近遠心に交換することで正解が同じにならないようにした。各観察者は，三種類の方法で各 6 個の根管口モデルを観察し，確認した根管口の数を記録した。

4 根管口探索成績の評価判定

根管口探索の成績は，正解と照合して以下のように分類してスコア化した。

真陽性 (True Positive, TP) : 1 ~ 4 箇所 of 根管口の有無を正確に判定 (スコア = 4)

真陰性 (True Negative, TN) : 根管なし (0) を正確に判定 (スコア = 3)

偽陽性 (False Positive, FP) : 0 ~ 4 の根管数を過剰に判定 (スコア = 2)

偽陰性 (False Negative, FN) : 1 ~ 4 箇所 of 根管

口を少なく判定（スコア = 1）

これらの結果を基に，以下の式により感度，特異度，精度を求めた．

感度（Sensitivity）： $TP / (TP + FN)$

特異度（Specificity）： $TN / (TN + FP)$

精度（Overall Accuracy）： $(TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)$

結果を基に，三種類の観察方法での根管口探索結果，それぞれの感度，特異度，精度の算出，観察者別スコア，観察方法別スコア，および根管口モデル毎の合計スコアを求めて根管口探索成績について比較検討した．

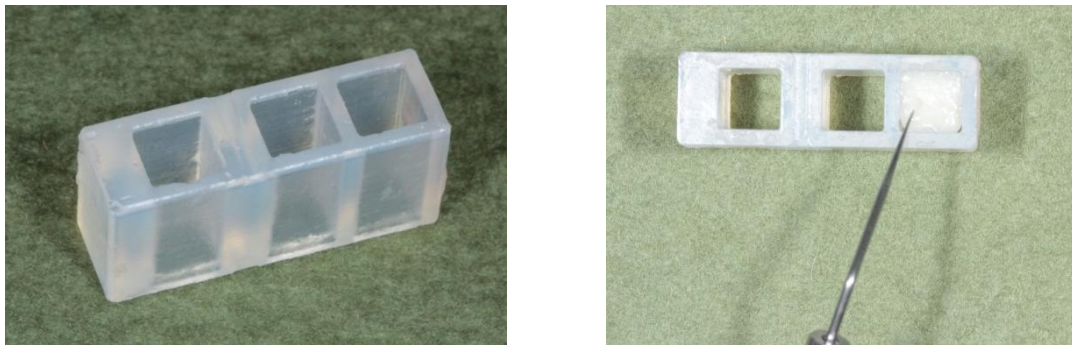


図 1 プラスチックケース

左：内径 $4 \times 4 \text{ mm}$ の模擬歯髓腔を 3 つ備えたプラスチックケース（ $23 \times 7 \times 10 \text{ mm}$ ），右：髓床底相当部のコンポジットレジンに直径 0.3 mm 深さ 0.5 mm 程度の凹みを SC ポイントで形成．



図 2 口腔ケアモデル

上：正面観，下：側方面観，付属する模擬下顎総義歯は口腔ケアモデルに着脱可能で，咬合平面と床が垂直になるよう設定した。

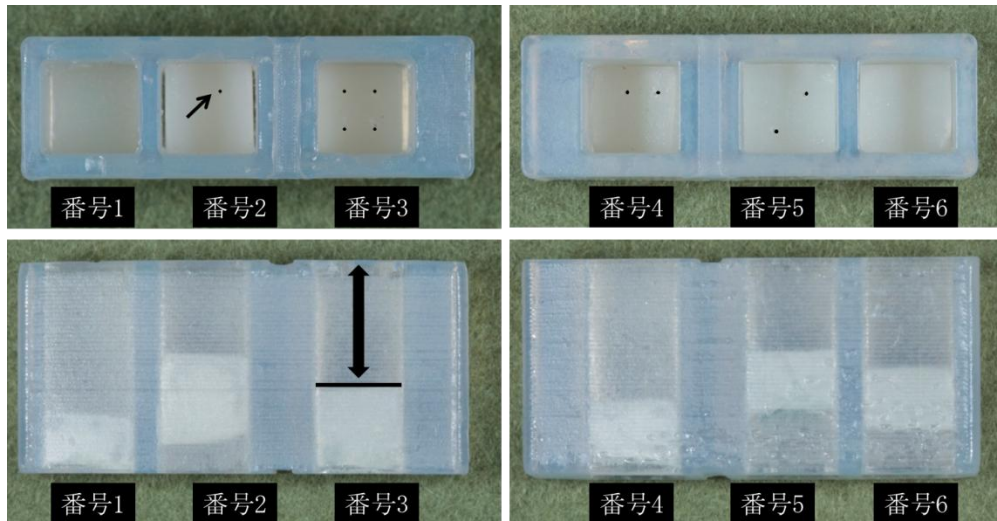


図 3 a 根管口モデル

図の上段は根管口モデル咬合面観で矢印の黒点は根管口を示す。下段は根管口モデル側方面観で両矢印は髓床底深さ（mm）を示す。

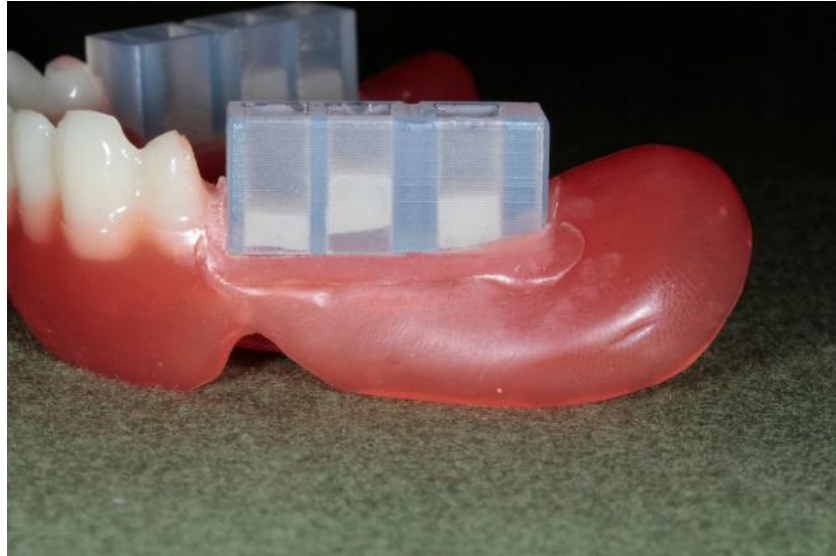


図 3 b 根管口モデル

根管口モデルは任意に模擬下顎総義歯の左右，近遠心交換可能で，模擬下顎総義歯は口腔ケアモデルに着脱可能である．また，髓床底深さの設定変更は容易に行うことができる．

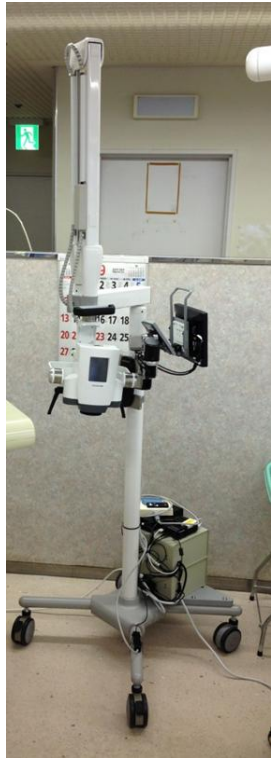


図 4 使用した光学機器

左：デジタル拡大鏡デンティストミューカム（タカラテレステムズ，大阪），右：歯科用顕微鏡Universa300（メーカー，Germany）

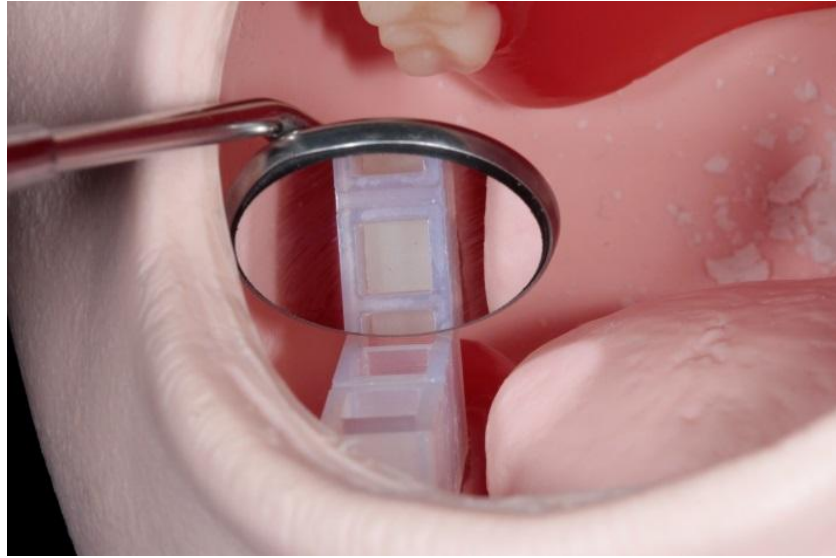


図 5 歯科用ミラー画像

平面鏡で像の歪みが従来のものより少ない。

結 果

1 根管口探索結果

観察者 16 名 (a ~ p) の肉眼による根管口探索では、番号 1 は観察者 j が根管口数 0 とすべきところ誤った判定をした。同様に番号 2 では観察者 c, g, k, 番号 3 は観察者 c, 番号 4 では観察者 a, c, d, e, h, k, n, 番号 5 では観察者 c, i, 番号 6 では観察者 d, f, h, l, n がそれぞれ判定を誤った。歯科用顕微鏡では、番号 1 は観察者 d, m, n, 番号 2 は観察者 c, d, 番号 3 は観察者 a, c, d, f, 番号 4 は観察者 c, d, h, k, l, 番号 5 は観察者 e, n, 番号 6 は観察者 a, d, e, f, h, m, o, デジタル拡大鏡では、番号 1 は観察者 m, 番号 2 は観察者 j, 番号 3 はすべて正解、番号 4 は観察者 a, e, h, n, 番号 5 は観察者 h, 番号 6 は観察者 f, h が誤った判定をした (表 1 a, b, c) 。

表 1 a 肉眼による根管口探索結果

根管口数	0	1	4	2	2	0
髓床底深さ (mm)	8	4	6	7	5	6
観察者	番号1	番号2	番号3	番号4	番号5	番号6
a	0	1	4	<u>3</u>	2	0
b	0	1	4	2	2	0
c	0	<u>0</u>	<u>2</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0
d	0	1	4	<u>1</u>	2	<u>1</u>
e	0	1	4	<u>1</u>	2	0
f	0	1	4	2	2	<u>1</u>
g	0	<u>0</u>	4	2	2	0
h	0	1	4	<u>1</u>	2	<u>1</u>
i	0	1	4	2	<u>1</u>	0
j	<u>1</u>	1	4	2	2	0
k	0	<u>0</u>	4	<u>1</u>	2	0
l	0	1	4	2	2	<u>1</u>
m	0	1	4	2	2	0
n	0	1	4	<u>3</u>	2	<u>1</u>
o	0	1	4	2	2	0
p	0	1	4	2	2	0

表中でアンダーラインの付いた数字は誤った判定を示す。

表 1 b 歯科用顕微鏡による根管口探索結果

根管口数	0	1	4	2	2	0
髓床底深さ (mm)	8	4	6	7	5	6
観察者	番号1	番号2	番号3	番号4	番号5	番号6
a	0	1	<u>3</u>	2	2	<u>1</u>
b	0	1	4	2	2	0
c	0	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	2	0
d	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	2	<u>1</u>
e	0	1	4	2	<u>1</u>	<u>2</u>
f	0	1	<u>2</u>	2	2	<u>1</u>
g	0	1	4	2	2	0
h	0	1	4	<u>0</u>	2	<u>2</u>
i	0	1	4	2	2	0
j	0	1	4	2	2	0
k	0	1	4	<u>1</u>	2	0
l	0	1	4	<u>1</u>	2	0
m	<u>1</u>	1	4	2	2	<u>1</u>
n	<u>1</u>	1	4	2	<u>0</u>	0
o	0	1	4	2	2	<u>2</u>
p	0	1	4	2	2	0

表中でアンダーラインの付いた数字は誤った判定を示す。

表 1 c デジタル拡大鏡による根管口探索結果

根管口数	0	1	4	2	2	0
髓床底深さ (mm)	8	4	6	7	5	6
観察者	番号1	番号2	番号3	番号4	番号5	番号6
a	0	1	4	<u>3</u>	2	0
b	0	1	4	2	2	0
c	0	1	4	2	2	0
d	0	1	4	2	2	0
e	0	1	4	<u>3</u>	2	0
f	0	1	4	2	2	<u>1</u>
g	0	1	4	2	2	0
h	0	1	4	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
i	0	1	4	2	2	0
j	0	<u>0</u>	4	2	2	0
k	0	1	4	2	2	0
l	0	1	4	2	2	0
m	<u>1</u>	1	4	2	2	0
n	0	1	4	<u>3</u>	2	0
o	0	1	4	2	2	0
p	0	1	4	2	2	0

表中でアンダーラインの付いた数字は誤った判定を示す。

2 根管口の有無と根管口探索結果の関係

観察者 16 名が根管口数と髓床底深さ (mm) の異なる 6 パターン, 全 96 とおりの根管口探索に対して, 肉眼による根管口の判定は, 根管口を有する模型の「根管口あり」に対し, 「あり」と判定は 51, 「なし」と判定は 11, 根管口を有さない模型の「根管口なし」に対し, 「あり」と判定は 8, 「なし」と判定は 26 であった. 歯科用顕微鏡による根管口の判定は, 全 96 とおりの根管口探索に対して根管口を有する模型の「根管口あり」に対し, 「あり」と判定は 51, 「なし」と判定は 13, 根管口を有さない模型の「根管口なし」に対し, 「あり」と判定は 10, 「なし」と判定は 22 であった. デジタル拡大鏡による根管口の判定は, 全 96 とおりの根管口探索に対して根管口を有する模型の「根管口あり」に対し, 「あり」と判定は 58, 「なし」と判定は 3, 根管口を有さない模型の「根管口なし」に対し, 「あり」と判定は 6, 「なし」と判定は 29 であり, これらをもとに感度, 特異度, 精度を求めた.

肉眼による根管口探索結果から, 感度 82.26, 特異度 76.47, 精度 80.21 であった. 歯科用顕微鏡は, 感度 79.69, 特異度 68.75, 精度 76.04, デジタル拡大鏡は, 感度 95.08, 特異度 82.86, 精度 90.03 であった (表 2) .

表 2 根管口の有無と根管口探索結果の関係

		肉眼根管口判定	
		あり	なし
真の状態	根管口あり	51	11
	根管口なし	8	26

感度=82.26 特異度=76.47
 精度=80.21

		歯科用顕微鏡根管口判定	
		あり	なし
真の状態	根管口あり	51	13
	根管口なし	10	22

感度=79.69 特異度=68.75
 精度=76.04

		デジタル拡大鏡根管口判定	
		あり	なし
真の状態	根管口あり	58	3
	根管口なし	6	29

感度=95.08 特異度=82.86
 精度=90.03

3 観察者別によるスコア結果

観察者別による成績スコアでは満点のスコア 22 に対して肉眼は最大値 22 が 4 名，最小値は 10，歯科用顕微鏡は最大値 22 が 5 名，最小値は 11，デジタル拡大鏡は最大値 22 が 9 名，最小値は 15 であった（表 3）。

表 3 観 察 者 別 の ス コ ア

観 察 者	肉 眼	歯 科 用 顕 微 鏡	デ ジ タ ル 拡 大 鏡
a	20	18	20
b	22	22	22
c	10	13	22
d	18	11	22
e	19	18	20
f	21	18	21
g	19	22	22
h	18	18	15
i	19	22	22
j	21	22	19
k	16	19	22
l	21	19	22
m	22	20	21
n	19	18	20
o	22	21	22
p	22	22	22

4 観察方法別のスコア結果

観察者 16 名の合計スコアは，肉眼は 309，歯科用顕微鏡は 303，デジタル拡大鏡は 334，最大値はいずれの観察方法においても満点スコアの 22，最小値は，肉眼は 10，歯科用顕微鏡は 11，デジタル拡大鏡は 15，平均は，肉眼は 19.31，歯科用顕微鏡は 18.93，デジタル拡大鏡は 20.87，標準偏差は，肉眼は 3.05，歯科用顕微鏡は 3.21，デジタル拡大鏡は 1.86 であった．歯科用顕微鏡が最もバラつきが大きい結果となった．観察者の観察方法別の成績に関して，観察者間のスコアのばらつきが最も大きかったのは歯科用顕微鏡，最も小さかったのがデジタル拡大鏡であった（表 4）．

表 4 観察方法別のスコア

	肉眼	歯科用顕微鏡	デジタル拡大鏡
合計	309	303	334
最大値	22	22	22
最小値	10	11	15
平均値	19.31	18.93	20.87
SD	3.05	3.21	1.86

5 根管口モデル別探索成績

番号別の根管口探索成績が最も良かった「根管口モデル」は、根管口数0と髓床底深さ8mm、最も悪かったのは、根管口数2と髓床底深さ7mmの根管口モデルであった(表5)。

表5 根管口モデル別探索成績

	根管口数	髓床底深さ (mm)	スコア (満点)	肉眼 スコア	肉眼正解 率(%)	歯科用 顕微鏡 スコア	歯科用 顕微鏡正 解率(%)	デジタル 拡大鏡 スコア	デジタル 拡大鏡正 解率(%)	正解率 平均(%)
番号1	0	8	48	47	97.9	45	93.8	47	97.9	96.5
番号2	1	4	64	55	85.9	58	90.6	61	95.3	90.6
番号3	4	6	64	61	95.3	52	81.3	64	100	92.2
番号4	2	7	64	45	70.3	49	76.6	55	85.9	77.6
番号5	2	5	64	58	90.6	58	90.6	61	95.3	92.2
番号6	0	6	48	43	89.6	41	85.4	46	95.8	90.3

考 察

手術用顕微鏡が普及し始めたのは1960年代に遡り、現在では、眼科^{19, 20)}、耳鼻科^{21, 22)}、形成外科²³⁾、整形外科²⁴⁾、および脳外科²⁵⁻²⁷⁾などで多様な治療に使用されている。初期の手術用顕微鏡は大型複雑かつ高価で歯科臨床に適したものではなかったが、1990年代に簡便で小型の装置が登場してから歯科用顕微鏡として急速に臨床に浸透した。吉岡ら²⁸⁾は、外科的歯内療法での手術用顕微鏡の効果について顕微鏡使用群と不使用群に分けて治療成績を評価し、顕微鏡使用群の成績が良いことを示した。その他にも、根尖切除術²⁹⁻³²⁾や根管口の探索を含む歯内治療⁷⁻¹⁰⁾に関する歯科用顕微鏡の有効性が数多く報告されている。

手術用顕微鏡において重要とされるのは拡大率と焦点深度である^{26, 27)}。一般に、拡大率が大きいほど焦点深度が浅くなる。本研究で用いた光学機器に関して、デジタル拡大鏡は6～8倍、歯科用顕微鏡は10倍以上の拡大率で観察に用いられる。今回開発した根管口モデルにおいて髓床底の深さを4～8mmの範囲で変化させた目的は、深さの変化に対する術者と装置の診断能を検討することにあった。本研究の結果において歯科用顕微鏡の診断能がデジタル拡大鏡よりも低かった原因のひとつは、視野が狭く焦点深度の浅い顕微鏡の画像が初心者にとって見づらかったことにあ

ると思われる．手術用顕微鏡の画像は，接眼レンズを通じて術者しか観察することができない．そのため，顕微鏡の画像をモニターに映し出して術者以外も観察可能にしたりビデオに録画したりするシステムが開発されてきた^{13, 22, 23)}．これらの画像システムは基本的に手術用顕微鏡の付属装置であり，術者は接眼レンズを用いて治療を行う．これに対して本研究で用いたデジタル拡大鏡は接眼レンズを備えておらず，術者であってもモニターを見て診療する点が顕微鏡と大きく異なる．接眼レンズを無くすことには，術者の姿勢が接眼レンズに制約されないこと，視野が広がること，およびシステムのコストを抑える利点がある．また，移動可能なアームに搭載した観察モニターを観察者が見やすい位置に設置したり，表示する画像を術者の位置に合わせて上下左右反転させたり，コントラストや輪郭を強調したりするデジタル画像操作が可能なことも特徴である．本研究ではデジタル拡大鏡が根管口探索に関して良好な診断能を示したが，さらに根尖切除術，歯周外科手術あるいは齲蝕治療に関しても歯科用顕微鏡と同等の有用性を持つかどうかについてはさらに検討が必要であろう．

歯科用顕微鏡の正確な操作は使用年数や経験症例数を積み重ねることで獲得される技能であり，修練を要する．本研究の結果も，顕微鏡をはじめとした光学機器の操作技能が影響を与えていると考えられ，今後

の歯学教育の重要な課題となることを示すと考える。本研究で用いた根管口モデルによる根管口探索の練習，および感度，特異度による術者の診断能の評価を歯科用光学機器操作教育の一手法として提案したい。

感度，特異度は特定の疾患について，その検査が疾患の有無をどの程度正確に判定できるかを示す定量的な指標である。通常，検査結果は陽性と陰性に分けられるが，本研究では「根管口あり」を検査陽性，「根管口なし」を検査陰性と定義して感度と特異度を求めた。すなわち，感度が高ければ，根管口ありの根管口モデルが正確に診断され，特異度が高ければ根管口なしの根管口モデルが正確に診断できたことを意味する。

本研究で高い診断能を示したデジタル拡大鏡の成績をみると，肉眼観察や歯科用顕微鏡と比較して観察者間のスコアのばらつきが少なくなっていた。これはデジタル拡大鏡は肉眼観察のように観察者の視力に影響されないこと，および歯科用顕微鏡のような観察者の技能や経験による影響が少なかったためと思われる。

生体を用いて診療技術をトレーニングすることは困難になっており，外科手術や救急救命では生体を模したシミュレーターの応用が提案されている^{33, 34)}。本研究で作製した根管口モデルは歯の外形を持たない簡便なものであるが，今後は，光学機器を用いた歯の

破折，初期齲蝕あるいは歯肉縁下歯石の診断治療などに用いるシミュレーションシステムに発展する可能性がある．根管口モデルを用いた本研究の手法は，観察に用いる光学機器の評価に加えて，観察者の根管口探索能力を客観的に評価できることから歯科臨床教育の有効なツールになると思われた．

結 論

大白歯の歯髄腔を模した「根管口モデル」を用い、光学機器を用いた根管治療の経験がない歯科医師が肉眼、デジタル拡大鏡、および歯科用顕微鏡を用いて根管口を探索し、その精度を検討した結果は以下のとおりである。

1) 根管口探索の成績は感度、特異度、精度ともにデジタル拡大鏡が最も高く、次いで肉眼、歯科用顕微鏡の順位であった。

2) 歯科用顕微鏡は観察者間のスコアのばらつきが大きかった。

3) 根管口数と髄床底深さにより根管口探索精度は変化した。

したがって、根管口モデルによるデジタル拡大鏡を用いた根管口探索の成績を、感度、特異度、精度によって術者の診断能を客観的に評価することができた。さらにこの手法は歯科用光学機器操作教育の有効なツールとなることが示唆された。

引用文献

- 1) 瀧谷佳晃，関根源太，仲宗根歩，吉田隆一，関根一郎．根尖孔外へ突出したガッタパーチャポイントを除去した症例．日歯保存誌．2006；49：768-772.
- 2) 瀧谷佳晃，吉田隆一，河出任弘，関根一郎．抜髄時に歯根側壁を穿孔した症例．日歯内療誌．2007；28：34-37.
- 3) 堀雅晴，関根源太，瀧谷佳晃，森春菜，河野哲，吉田隆一．根尖孔外へ突出した破折器具除去の1症例．日歯内療誌．2010；31：92-95.
- 4) 宮園香樹，長富浩一郎．歯内治療への取り組み (Theme 12) マイクロスコープによる歯内療法．歯界展望．2015；125：526-537.
- 5) 坂田篤信，吉嶺嘉人，松本妃可，西垣奏一郎，後藤千里，牛島寛，佐藤浩美，磯辺量子，西原正治，赤峰昭文．歯内療法への根管用内視鏡の応用 (第2報) 分岐根管を伴う慢性根尖性歯周炎の2症例．日歯保存誌．2010；53：166-173.
- 6) 坂田篤信，吉嶺嘉人，松本妃可，西垣奏一郎，後藤千里，牛島寛，佐藤浩美，西原正治，赤峰昭文．歯内療法への根管用内視鏡の応用 (第1報) 歯根破折または穿孔を伴う慢性根尖性歯周炎の2症例．日歯保存誌．2009；52：505-512.
- 7) **Buhrley LJ, Barrows MJ, BeGole EA and Wenckus CS.**

- Effect of magnification on locating the MB2 canal in maxillary molars. *J Endod.* 2002;28:324-247.
- 8) Alaçam T, Tinaz AC, Genç O and Kayaoglu G. Second mesiobuccal canal detection in maxillary first molars using microscopy and ultrasonics. *Aust Endod J.* 2008;34:106-109.
- 9) Mamoun JS. The maxillary molar endodontic access opening: A microscope-based approach. *Eur J Dent.* 2016;10:439-46.
- 10) Taschieri S, Weinstein T, Tsesis I, Bortolin M and Del Fabbro M. Magnifying loupes versus surgical microscope in endodontic surgery: a four-year retrospective study. *Aust Endod J.* 2013;39:78-80.
- 11) 山崎 泰志, 大槻 和正, 前田 光平, 森戸 亮行, 吉田 拓正, 中野 雅子, 細矢 哲康. 改良型口腔内カメラの有効性 歯内療法への応用. *日歯内療誌.* 2016; 37: 20-24.
- 12) 石川 貴史. マイクロデンティストリー 拡大視野が歯科を変える マイクロスコープを活用した治療と医院経営の実際. *デンタルダイヤモンド.* 2015; 40: 90-95.
- 13) 井澤 常泰. ニーズが高まる歯科用手術用顕微鏡. 現在のトレンドと今後の展望. *歯界展望 別冊 歯科器材ガイドブック.* 2009; 26-31.
- 14) 栗原 一雄. 実践歯学ライブラリー "マイクロスコー

- ープ” 何ができる?どう使う?. デンタルダイヤモンド . 2016 ; 41 : 27-41.
- 15) 新井 恭子, 田中 幹久, 川崎 孝一. マイクロフォーカス X線 CT を用いた下顎大臼歯根分岐部副根管の解析. 日歯保存誌. 2006 ; 49 : 637-647.
- 16) 田中 美香, 富永 尚宏, 石井 信之. 歯内療法領域における歯科用 CT を用いた 3D 診断の臨床的評価. 日歯内療誌. 2011 ; 32 : 11-18.
- 17) 樋口 直也, 中田 和彦, 稲本 京子, 中村 洋. コーンビーム CT とマイクロスコープを使用した歯内療法. 日歯内療誌. 2010 ; 31 : 220-228.
- 18) 吉岡 隆知, 八幡 祥生, 中野 生和子, 花田 隆周, 石村 瞳, 菊池 和泉, 鈴木 規元, 石川 伸之, 砂川 光宏, 須田 英明. 先進医療「X線 CT 画像診断に基づく手術用顕微鏡を用いた歯根端切除手術」の治療成績. 日歯保存誌. 2010 ; 53 : 66-72.
- 19) 藤掛 利顕. 手術用顕微鏡と眼光学. あたらしい眼科. 1997 ; 14 : 1773-1778.
- 20) 田辺 章, 鈴木 英晴. 手術用顕微鏡と関連システム. *BME*. 1987 ; 1 : 937-941.
- 21) 中西 悠, 東野 哲也, 中村 雄. 顕微鏡手術の視軸に合わせた側頭骨 CT ダブルオブリーク画像の作成. *Otol Jpn*. 2015 ; 25 : 805-811.
- 22) 簗田 涼生, 湯本 英二. 民生用機器を用いた顕微鏡下手術のフルハイビジョン録画. 耳展. 2014 ; 57 :

52-56.

- 23) 中村 雄幸, 柏 秀雄, 木村 久美子, 太根 伸治. ビデオマクロスコープの応用. 形成外科. 1992; 35: 301-308.
- 24) 宮本 真, 岩崎 倫政. マイクロサージェリーの普及を目指した試み. 北海道整災外. 2014; 56: 15-20.
- 25) 岩間 亨. 手術用顕微鏡の構造と特性. 脳神外ジャーナル. 2010; 17: 504-509.
- 26) 鎌田 恭輔. 脳外科顕微鏡の比較と使いこなすためのコツ (第一報) 顕微鏡光学原理と光軸の確保. 脳外速報. 2015; 25: 1148-1155.
- 27) 鎌田 恭輔. 脳外科顕微鏡の比較と使いこなすためのコツ (第二報) 顕微鏡の特性を用いた操作. 脳外速報. 2015; 25: 1258-1263.
- 28) 吉岡 隆知, 麻薙 万美, 澤田 則宏, 須田 英明. 外科的歯内療法での手術用実体顕微鏡の効果. 日歯保存誌. 2001; 44: 451-456.
- 29) Tawil PZ, Saraiya VM, Galicia JC and Duggan DJ. Periapical microsurgery: the effect of root dentinal defects on short- and long-term outcome. *J Endod.* 2015;41:22-27.
- 30) 木ノ本 喜史. 歯根端切除術 Up-to-date. マイクロエンドサージェリーの理論と臨床. 日口外誌. 2015; 61: 2-9.
- 31) Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, Karabucak B and 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.
- 32) Setzer FC, Kohli MR, Shah SB, Karabucak B and Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature--Part 2: Comparison of endodontic microsurgical techniques with and without the use of higher magnification. *J Endod.* 2012;38:1-10.
- 33) Makiyama K, Yamanaka H, Ueno D, Ohsaka K, Sano F, Nakaigawa N, Yao M and Kubota Y. Validation of a patient-specific simulator for laparoscopic renal surgery. *Int J Urol.* 2015;22:572-576.
- 34) Noh Y, Segawa M, Shimomura A, Ishii H, Solis J, Hatake K and Takanishi A. "WKA-1R Robot assisted quantitative assessment of airway management, " *Int J CARS.* 2008;3:543-550.