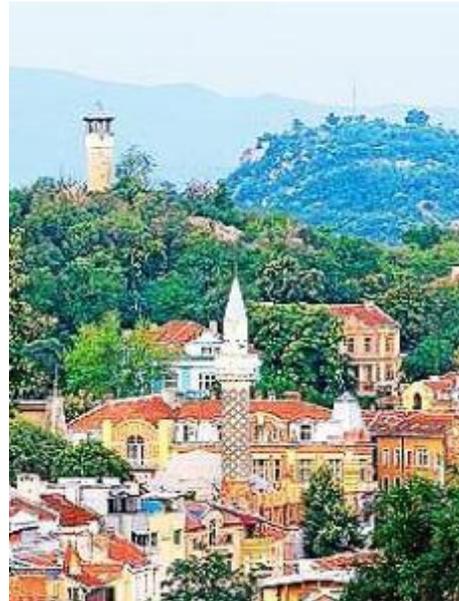




プロブディフ、ブルガリア



本資料は2006年に作成されました。
ライトタッチによる水の光化学的変化は、
まだ、発見されていない時代です。
ホワイトネット事務局



プロブディフ、ブルガリア

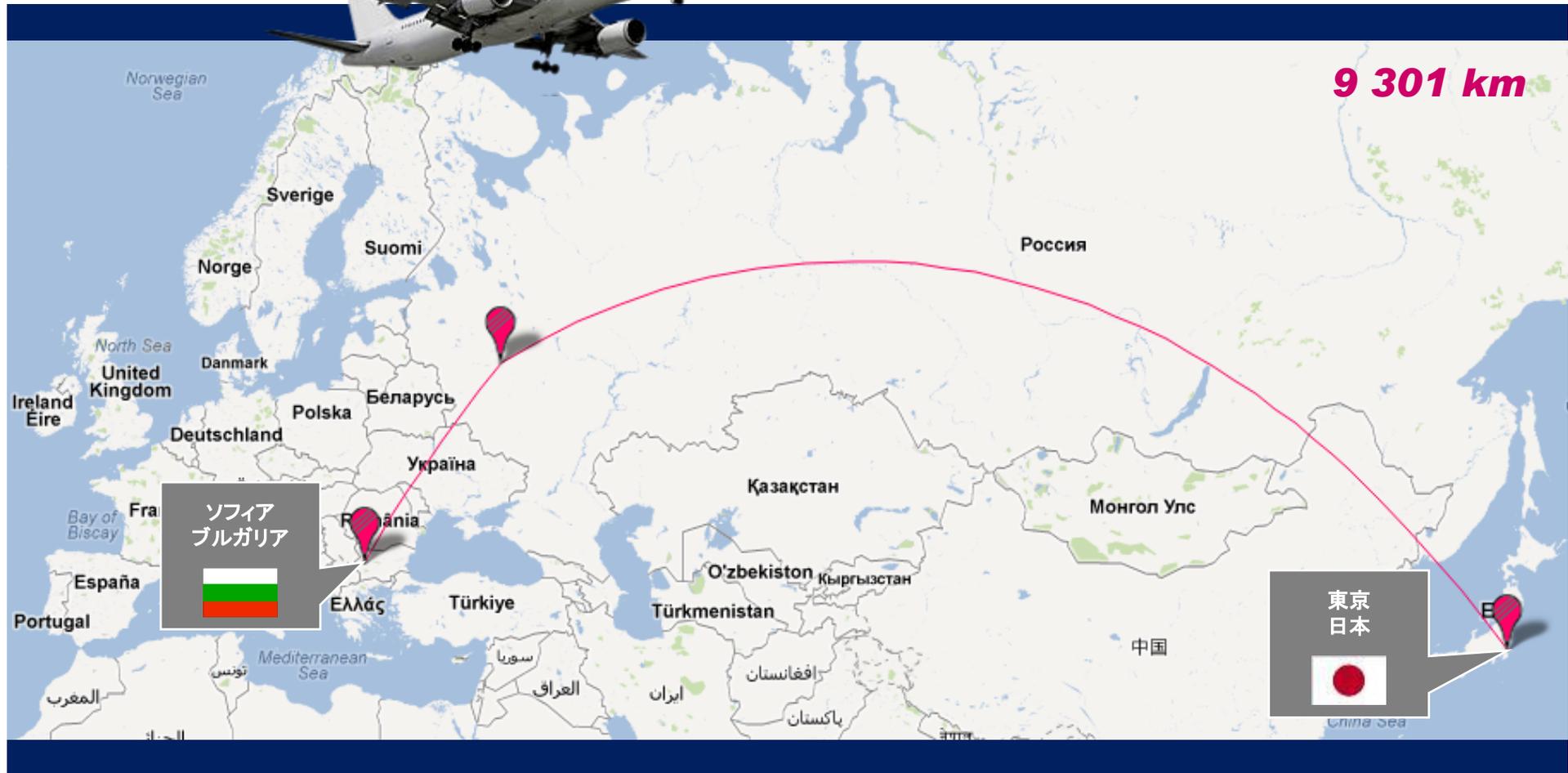


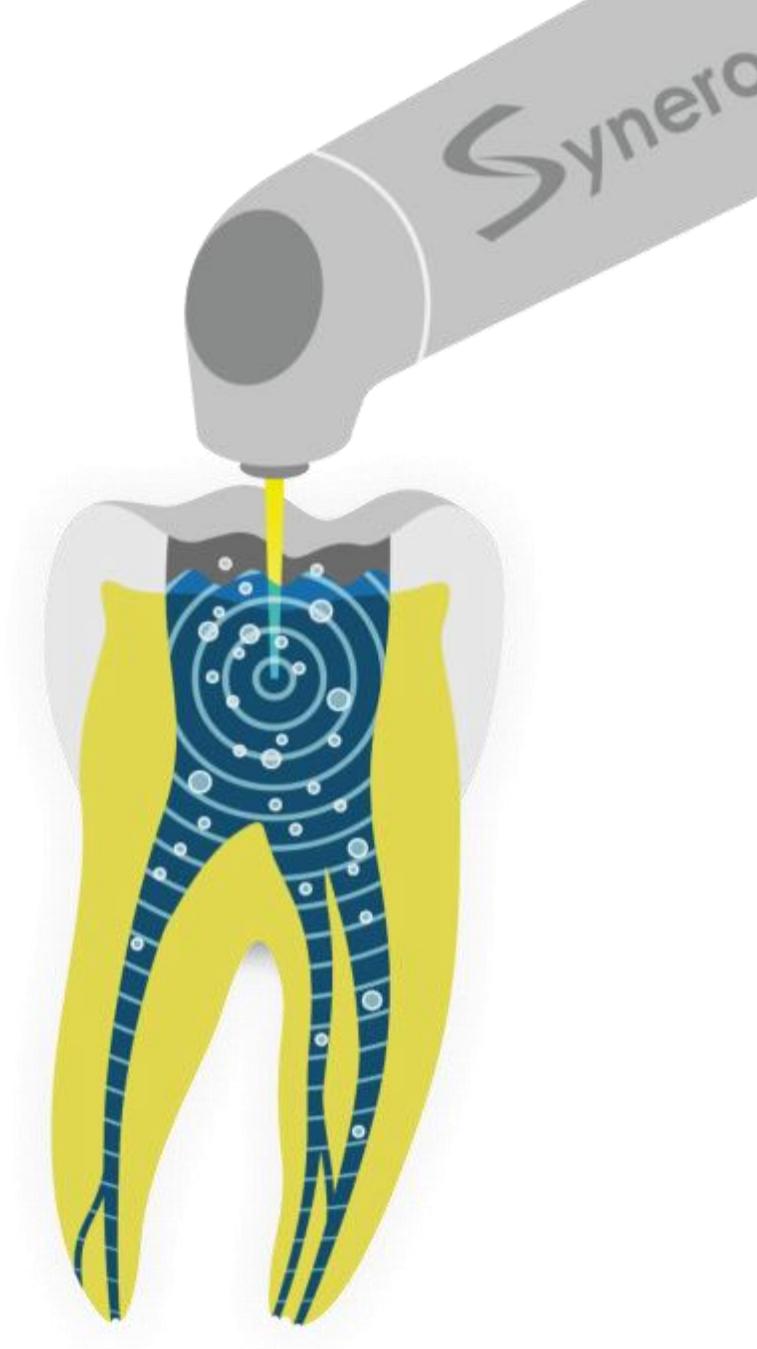


プロブディフ医科大学
歯科医学部



9 301 km





LT-IPi™

***(LiteTouch Induced
Photomechanical Irrigation)***

ライトタッチレーザー誘起による光化学的
イリゲーションと殺菌促進

ライトタッチによる根管治療

ジョージ・トモフ助教授

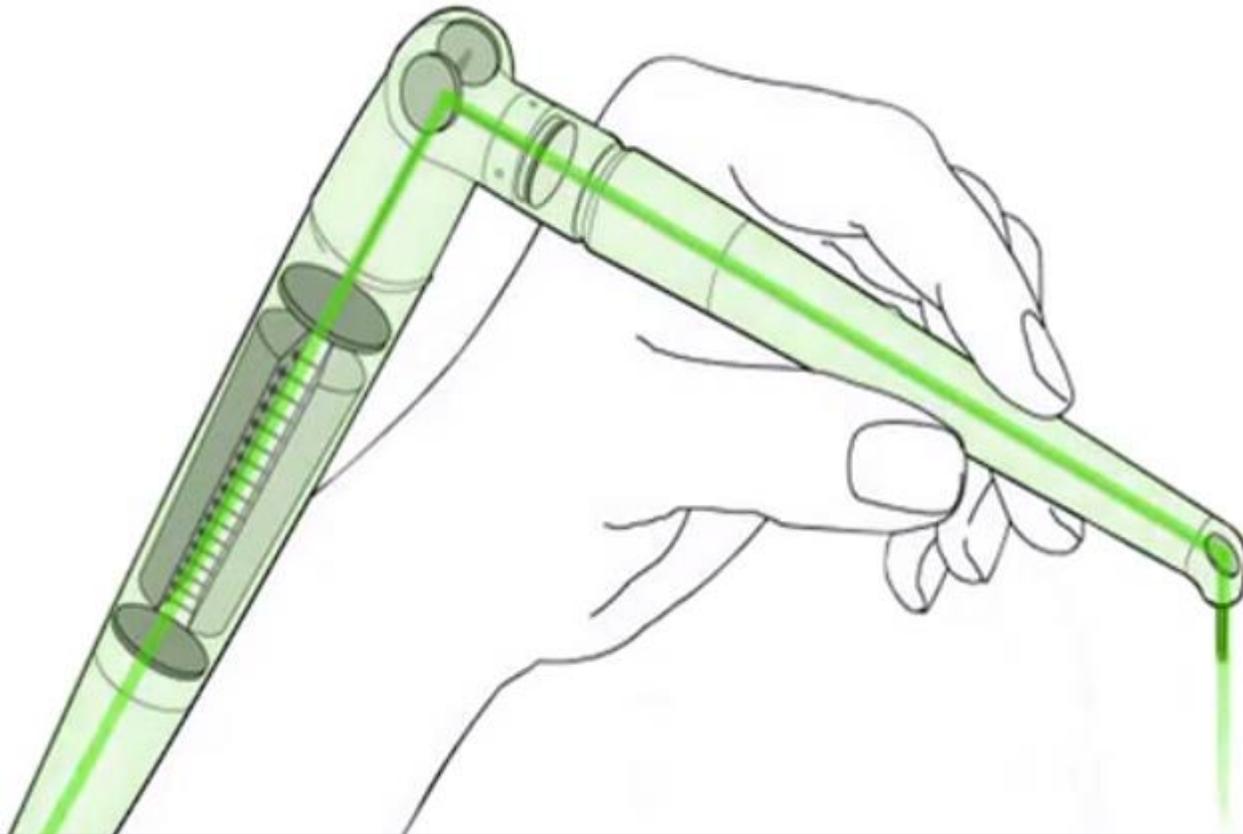
(口腔外科博士・理学修士・学術博士)



歯科学におけるレーザー

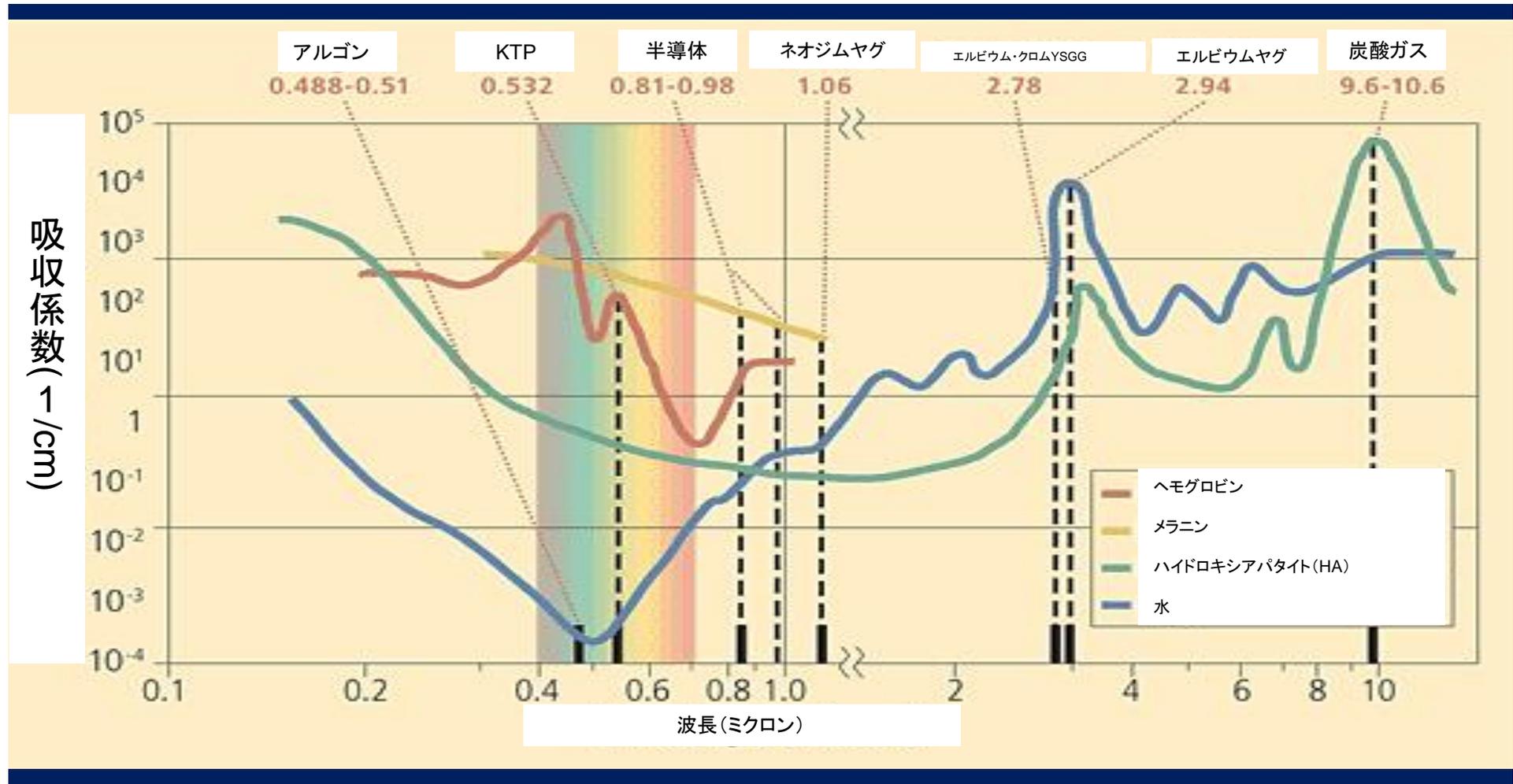
レーザーは、硬組織・軟組織への応用における、革新的でより詳細な技術の象徴である。

関心が集まるのは、レーザーは、歯内治療においてどのように応用できるのか、ということである。



なぜエルビウムヤグレーザーを歯内治療に使用するのか？

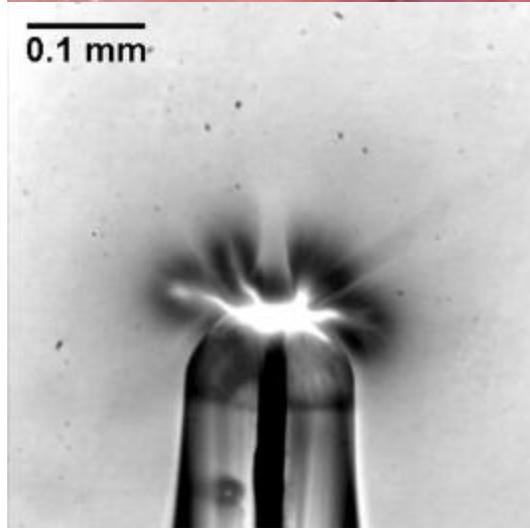
歯内治療に使用するレーザーの選択



異なる組織成分の吸収曲線



0.1 mm

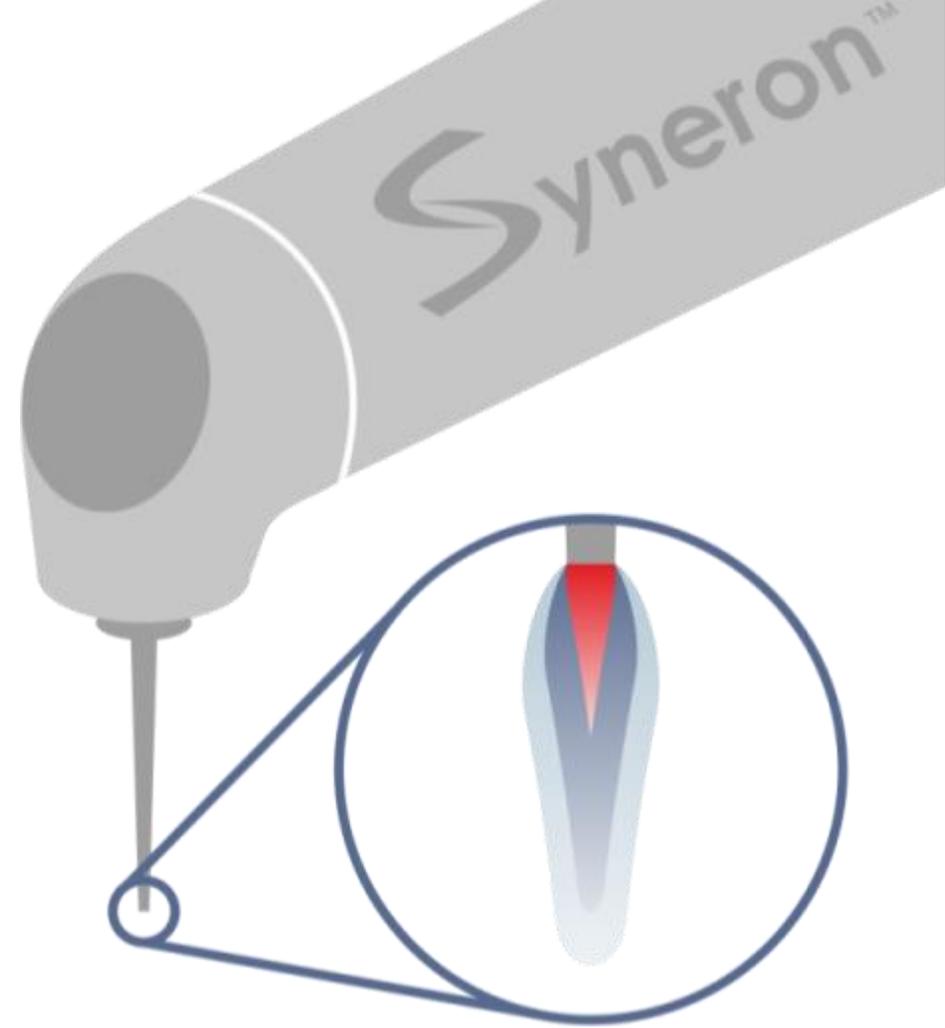


身体的な特徴

エルビウムヤグレーザーはプラズマを放出する。このプラズマは、水中でキャビテーション気泡が拡張し、つぶれていく気泡中でハイドロダイナミックによる高温効果を誘発させることがわかった。

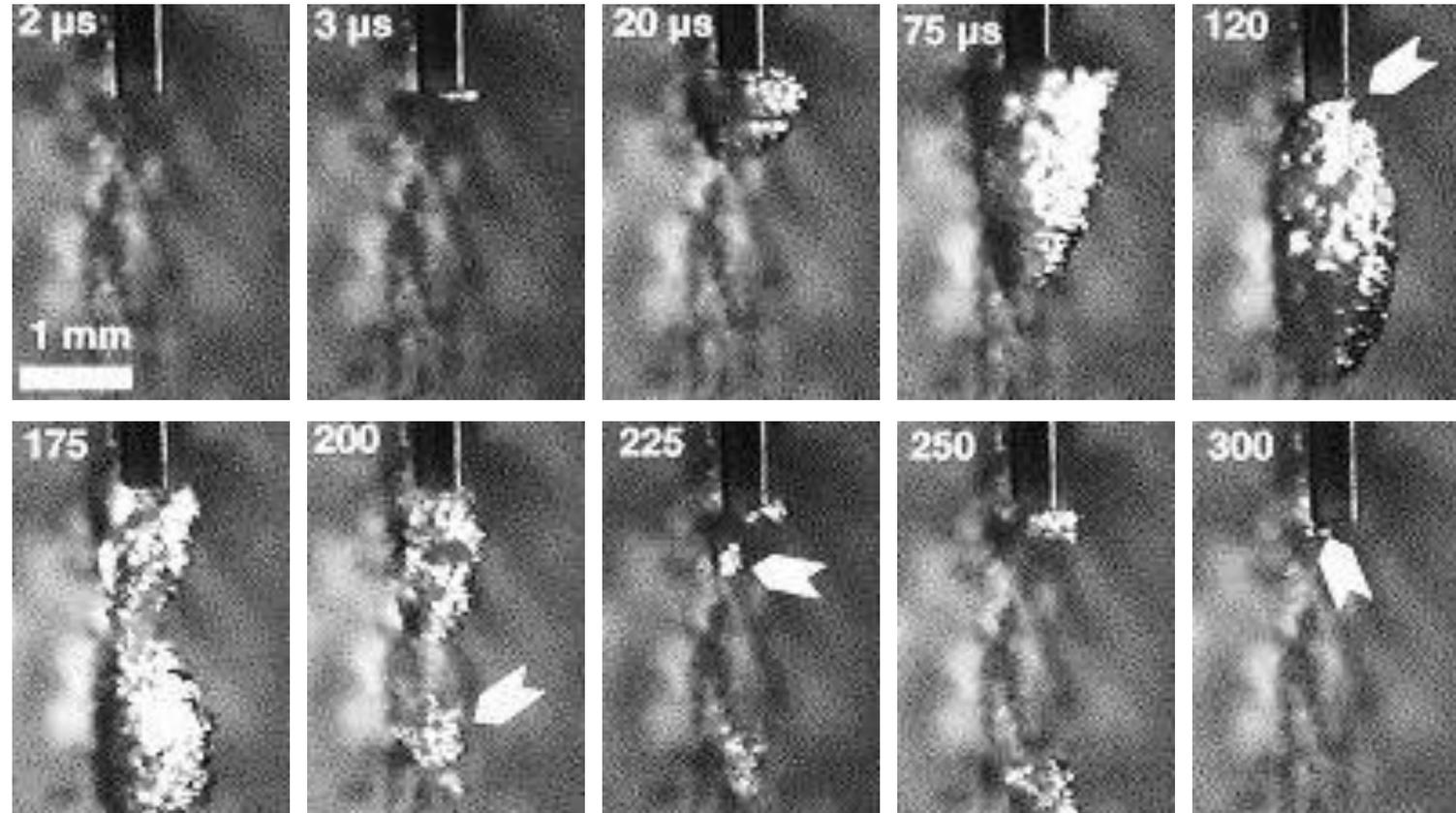
Vogel A, Busch S. Shock wave emission and cavitation bubble generation by picosecond and nanosecond optical breakdown in water. J Acoust Soc Am, 1996; 100, 148-165.

プラズマ形成の領域は赤で、青は拡大していくキャビテーション気泡を示している。グレーの境界線は、衝撃波の広がる領域を示している。

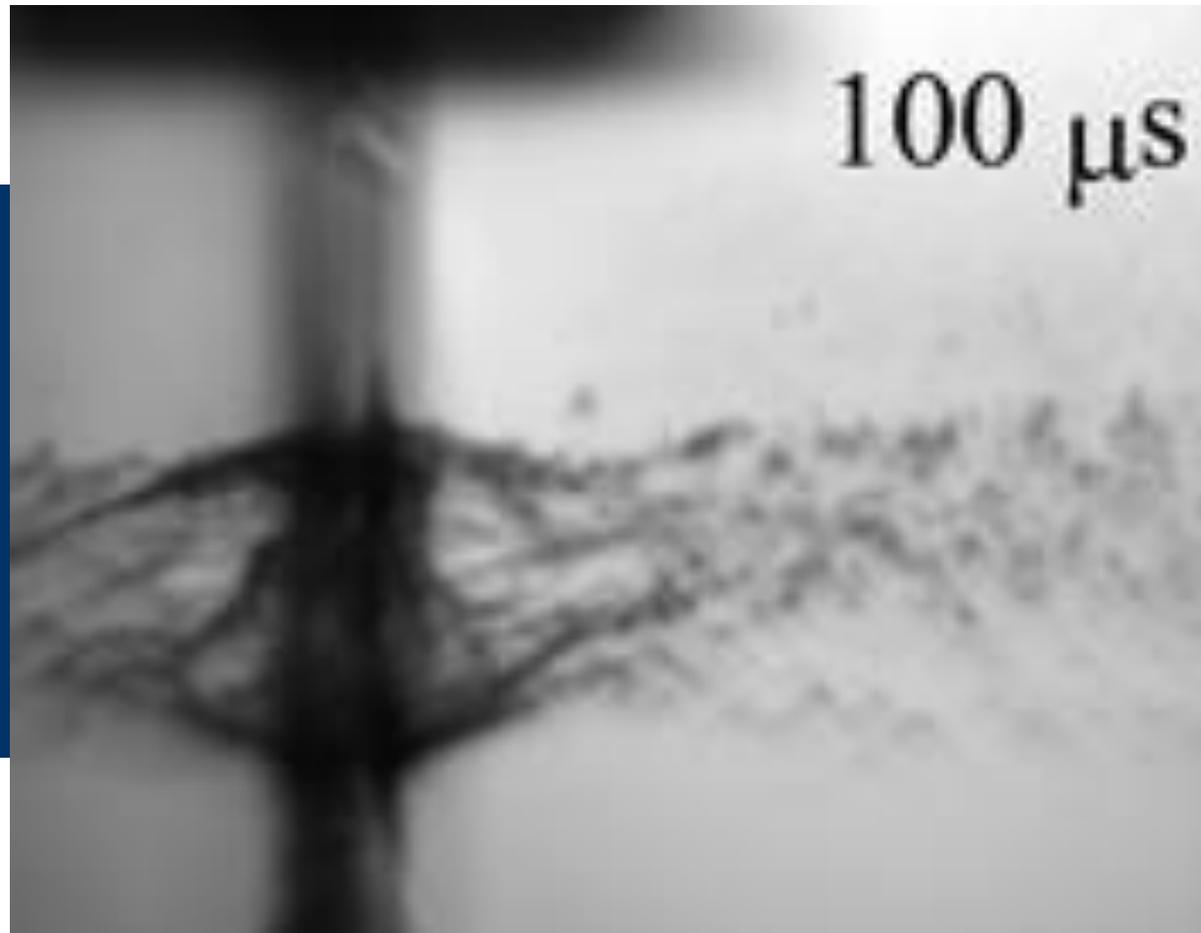


-  プラズマ形成
-  キャビテーション気泡
-  衝撃波

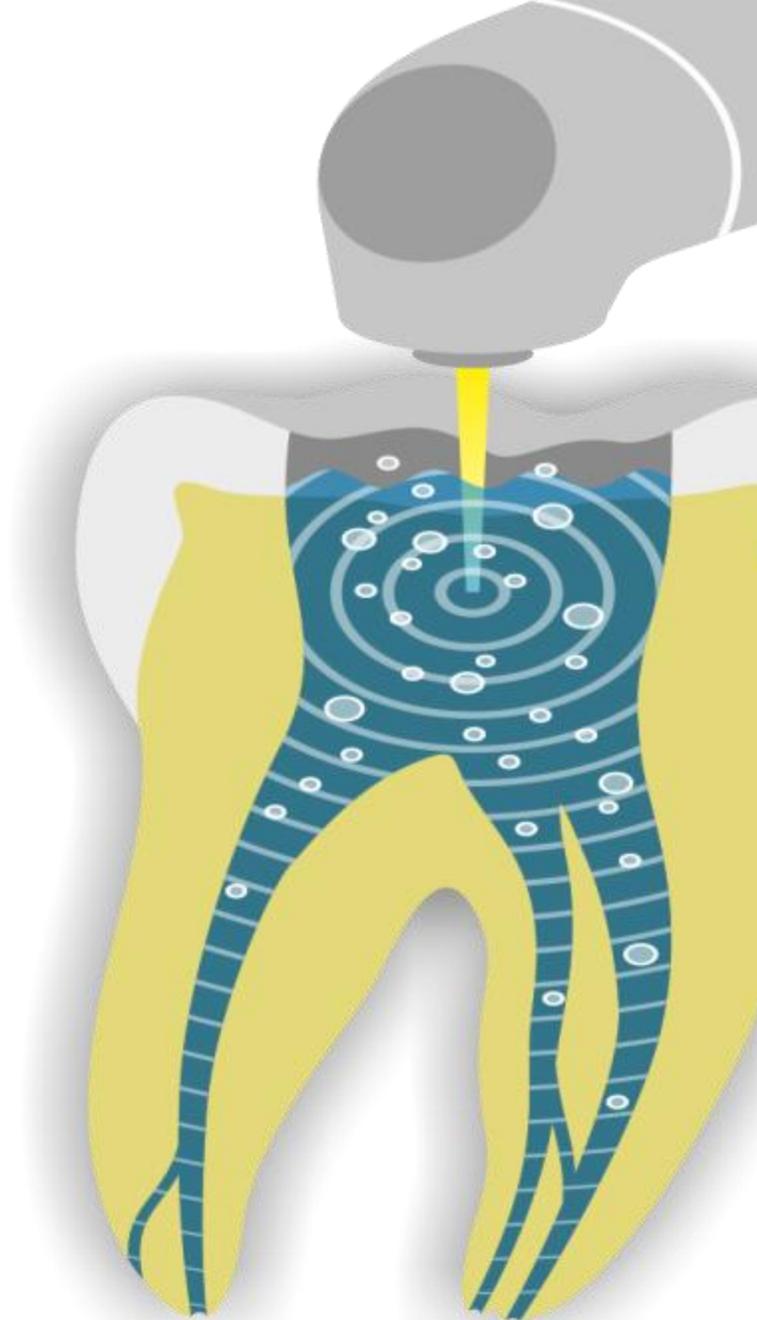
水中で、レーザーによって誘発されるキャビテーション気泡の動態力学。パルス持続時間、エネルギー、波長による。



*K F Chan et al. Erbium: YAG laser Lithotripsy Mechanism
The Journal of Urology Volume 168, Issue 2, August 2002,
Pages 436–441*



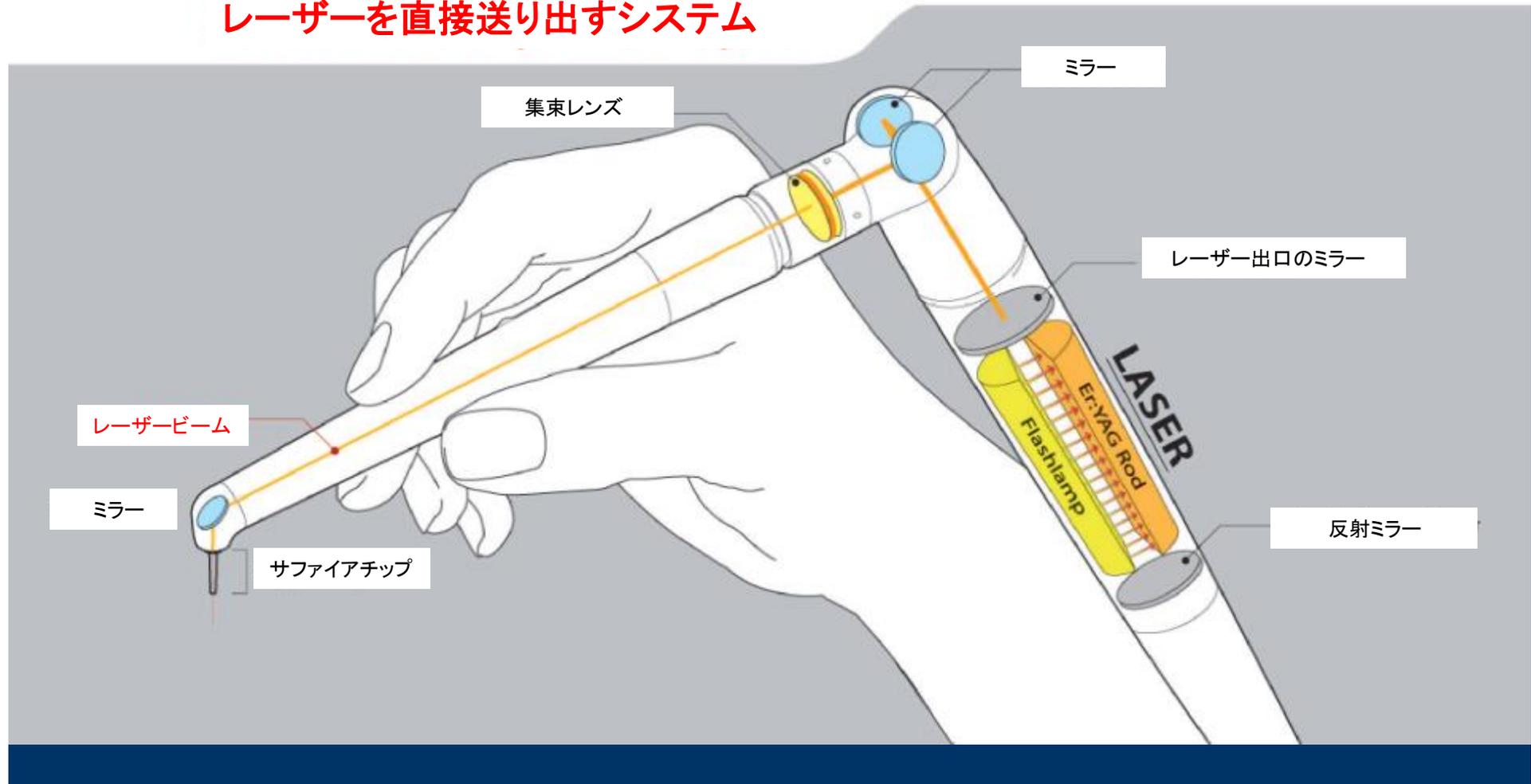
*A Takamizawa et al. , Explosive boiling of
water after pulsed IR laser heating
Phys. Chem. Chem. Phys., 2003,5, 888-895*



根管内のイリゲーション。これは水で満たされた根管内でキャビテーションを起こすためにライトタッチのレーザーパルスを用いている。この根管内が水で満たされているのは、水溶液によってライトタッチの衝撃波が根管内のすべてに伝達するためであり、時には、薬剤(例えば、EDTAやNaOClなど)の深部到達に大きく貢献できる。

気泡の拡大と消滅は、管内の液体を動かす置換運動エネルギーになりえる。それが原因で、主根管や側枝などを洗浄するのに十分な放射状の、また水平方向の振動が生み出される。

レーザーを直接送り出すシステム



ライトタッチのハンドピースは、従来の光ケーブルが取り除かれ、レーザーの発振体がハンドピースそのものの中に入っている。更に、ファイバーや多関節アームも取り除かれたため、動かしやすくなり、ケーブルの交換に高額な金額をかける必要もない。

多様なチップ

※まだ、根管用チップが開発されていません。



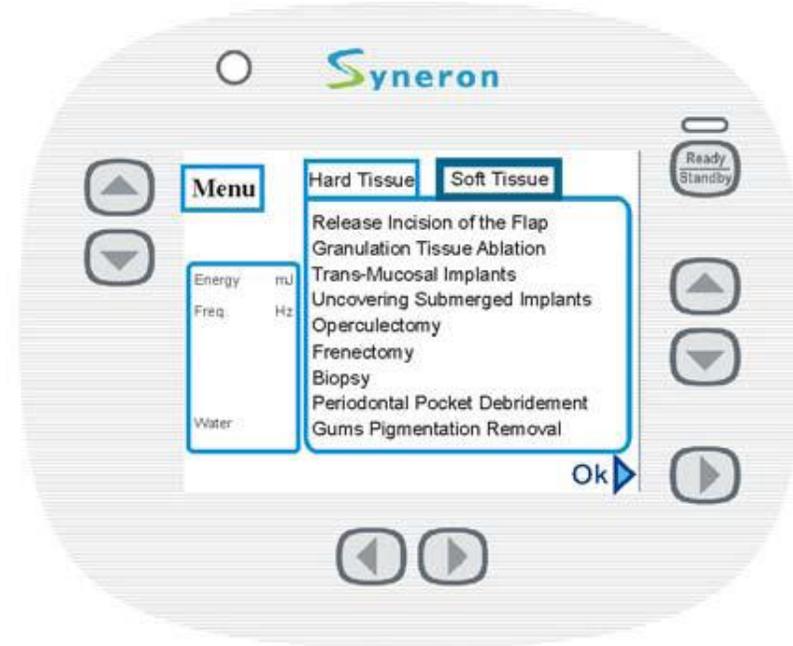
ライトタッチには、様々な太さのチップがある。先端形状の異なるものや、長さも、長いものから短いものまで。これは、硬組織・軟組織それぞれに対応できるようにするためである。



硬組織



軟組織



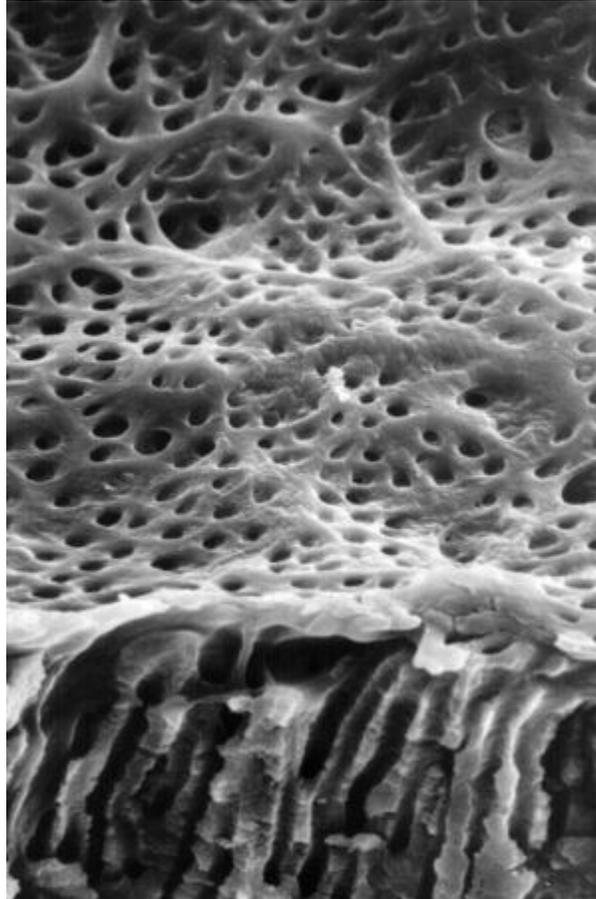
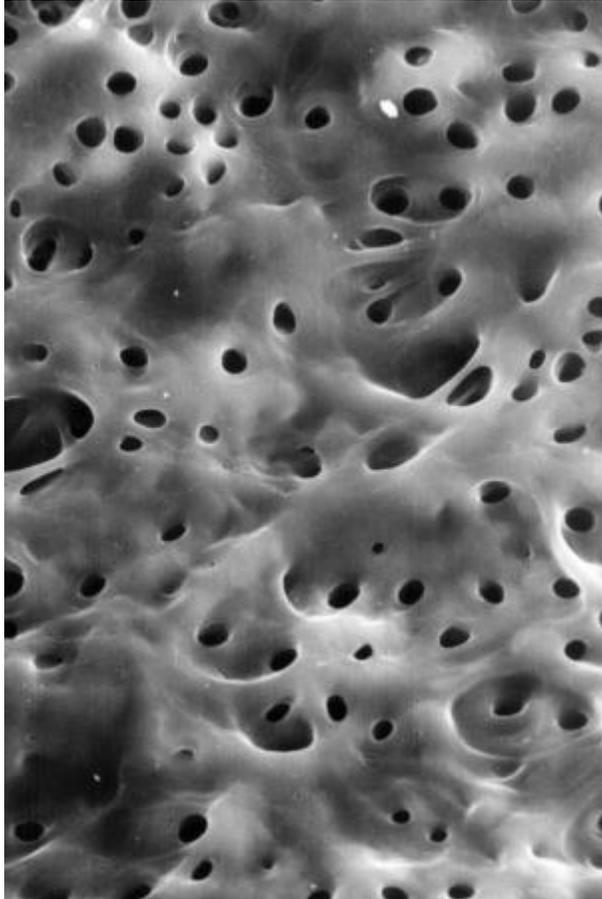


歯内療法における問題点

通常の手技によって根管の全体に力学的に到達できるのは50%の確率である。

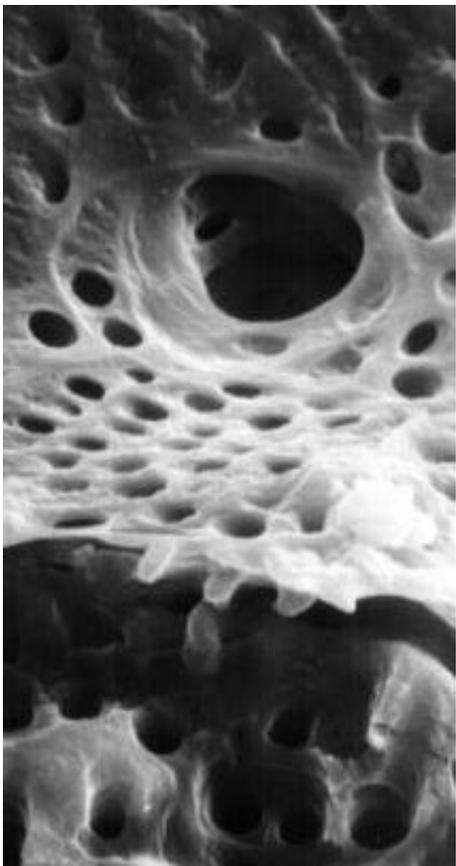
ご存知のように、歯内治療学的殺菌は大変時間がかかる。

複雑な根管のシステム



1. 分岐
2. エンド三角
3. 側枝やイスマスなど
4. 細管孔内部
5. 象牙細管の量的評価
 - 根管の表面の45%
 - 象牙質の量の30%
 - 60.000 mm₂
 - 直径1 - 3 μm

*SEM microphotographs
(author dr. G. Tomov,
2009)*



マクロ解剖的な
構造の多様性



通常の機器の限界



感染した壊死組織
片の保持



悪化

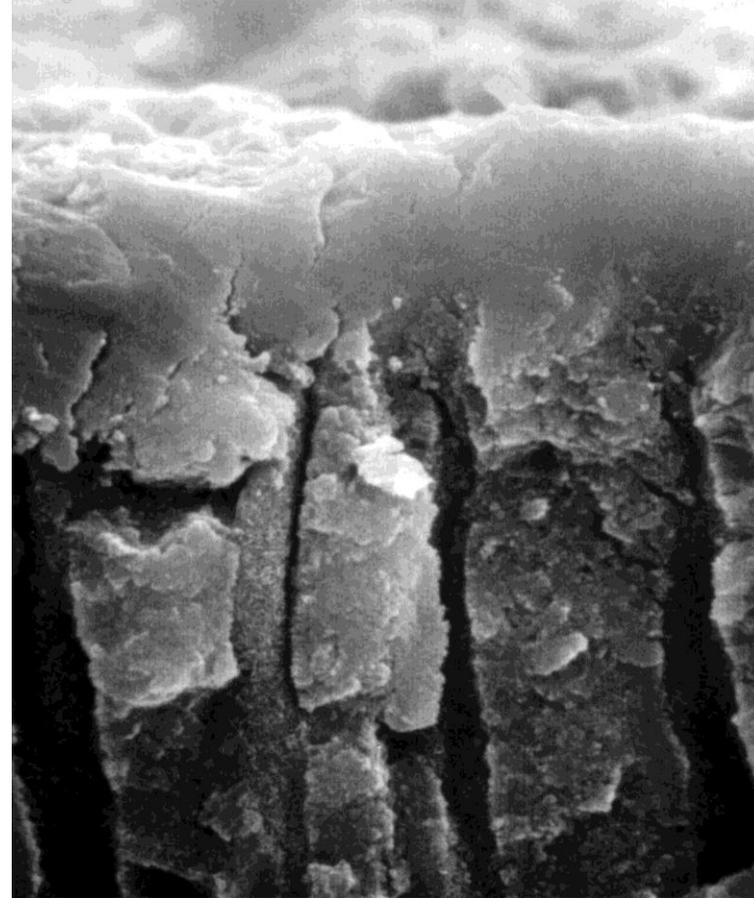


リーマーによるスメア痕跡

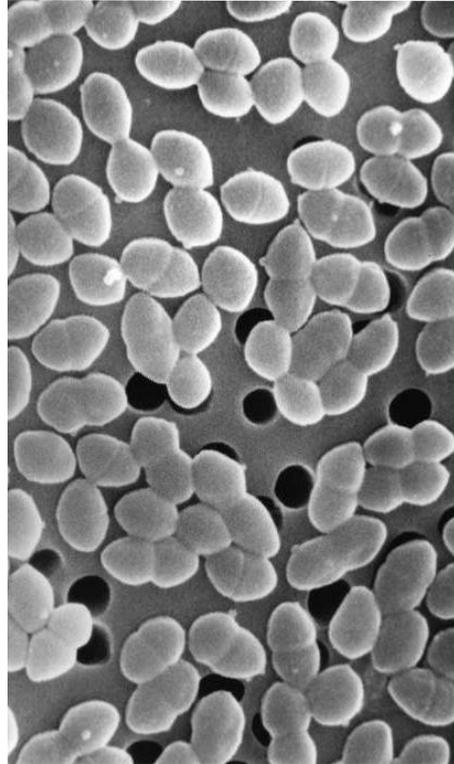


細管孔の完全な封鎖

形成後のスメア層



*SEM microphotographs
(author dr. G. Tomov, 2009)*



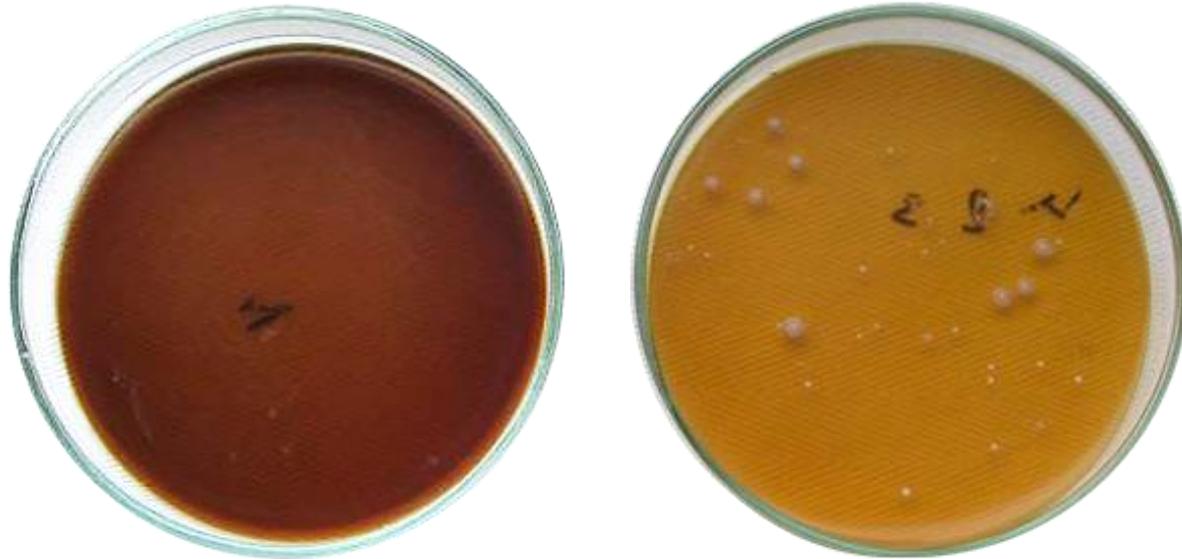
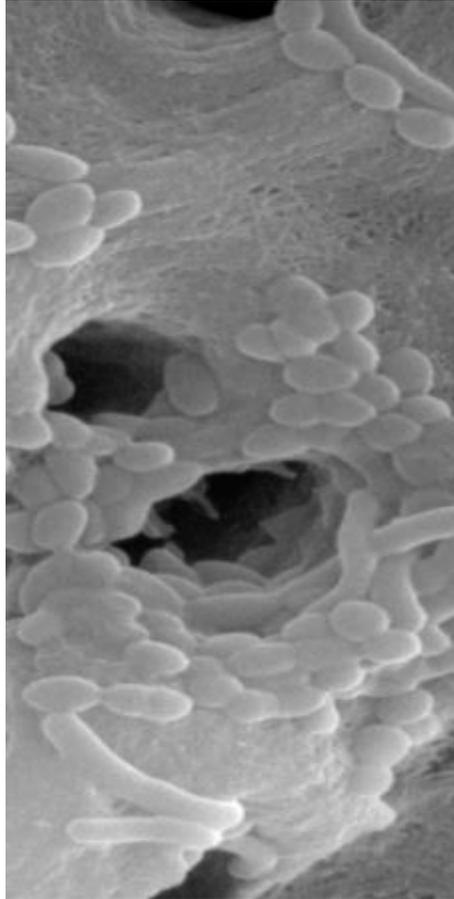
エンテロコッカス・フェカーリス

- 耐性に優れている
- 長期にわたる症状では継続的に存在する
- 単一菌感染として持続する
- 治療後も持続する

Sundqvist et.al. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1998 Jan; 85 (1): 86-93

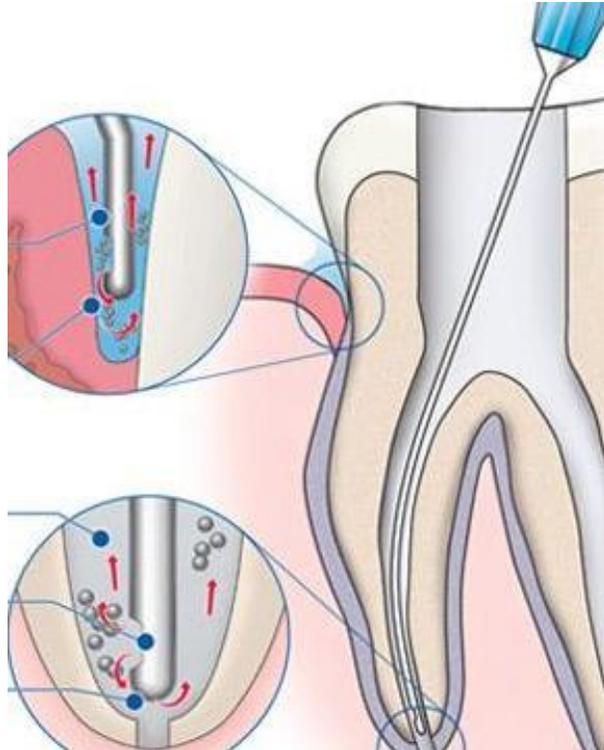
Molander et.al.Int Endod J 1998 Jan; 31 (1): 1-7

歯内治療学的感染症 細胞膜と内毒素

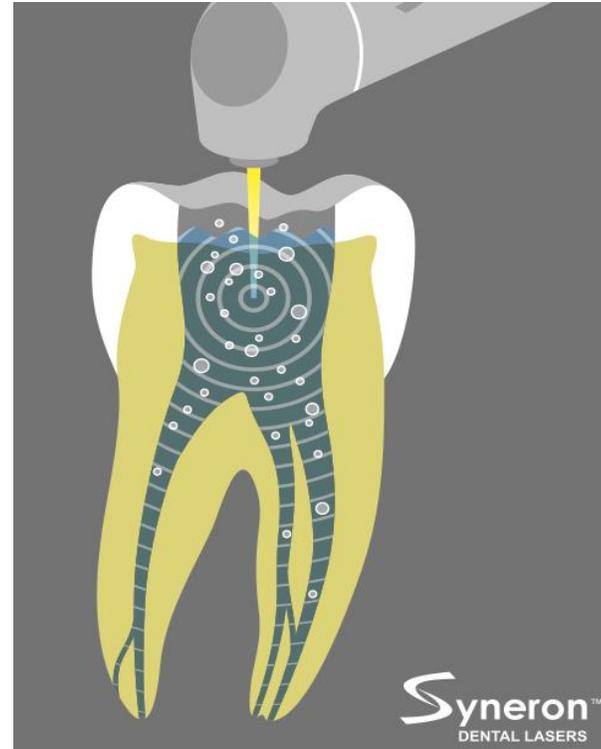


*SEM microphotographs
(author dr. G. Tomov, 2009)*

根管の消毒



化学物質
(洗浄剤を用いる)

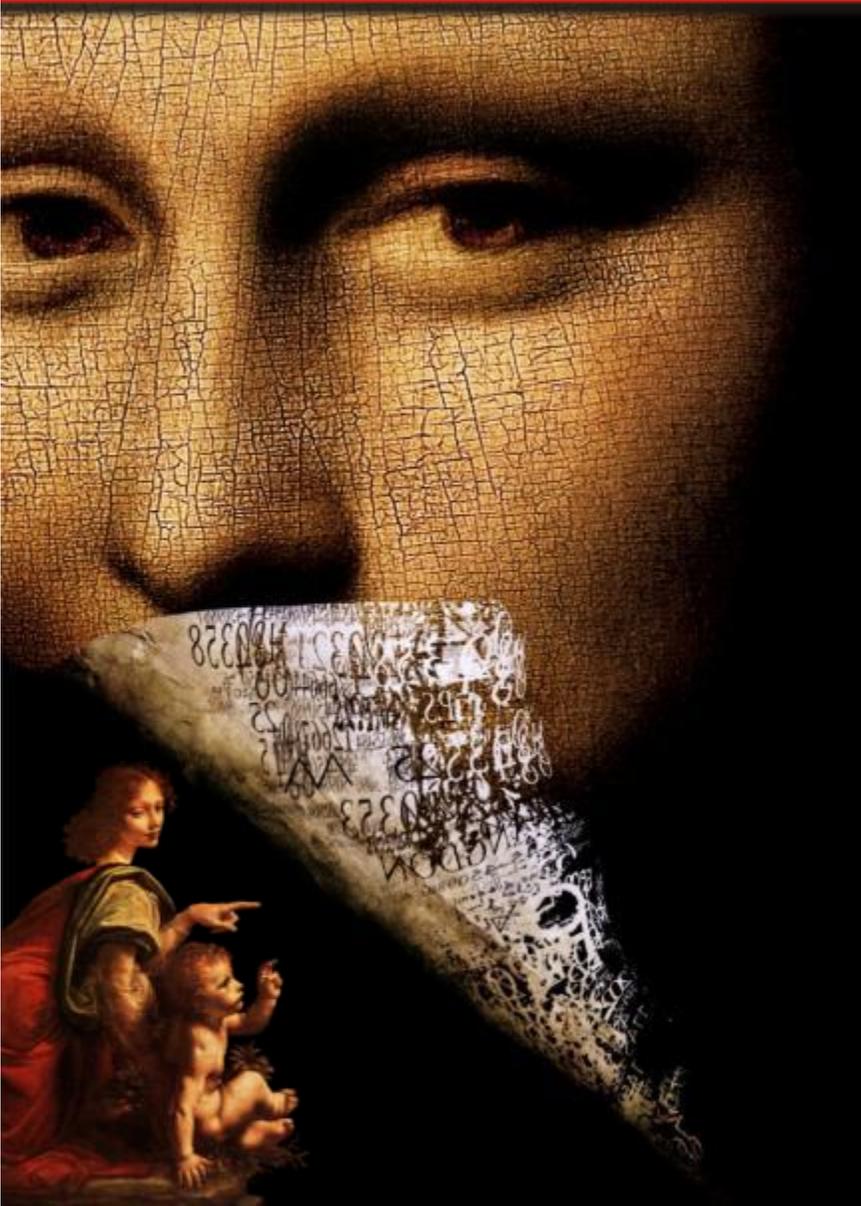


物理的
(熱、超音波、レーザーによる)

「理想の」根管洗淨に
対して期待すること
は？

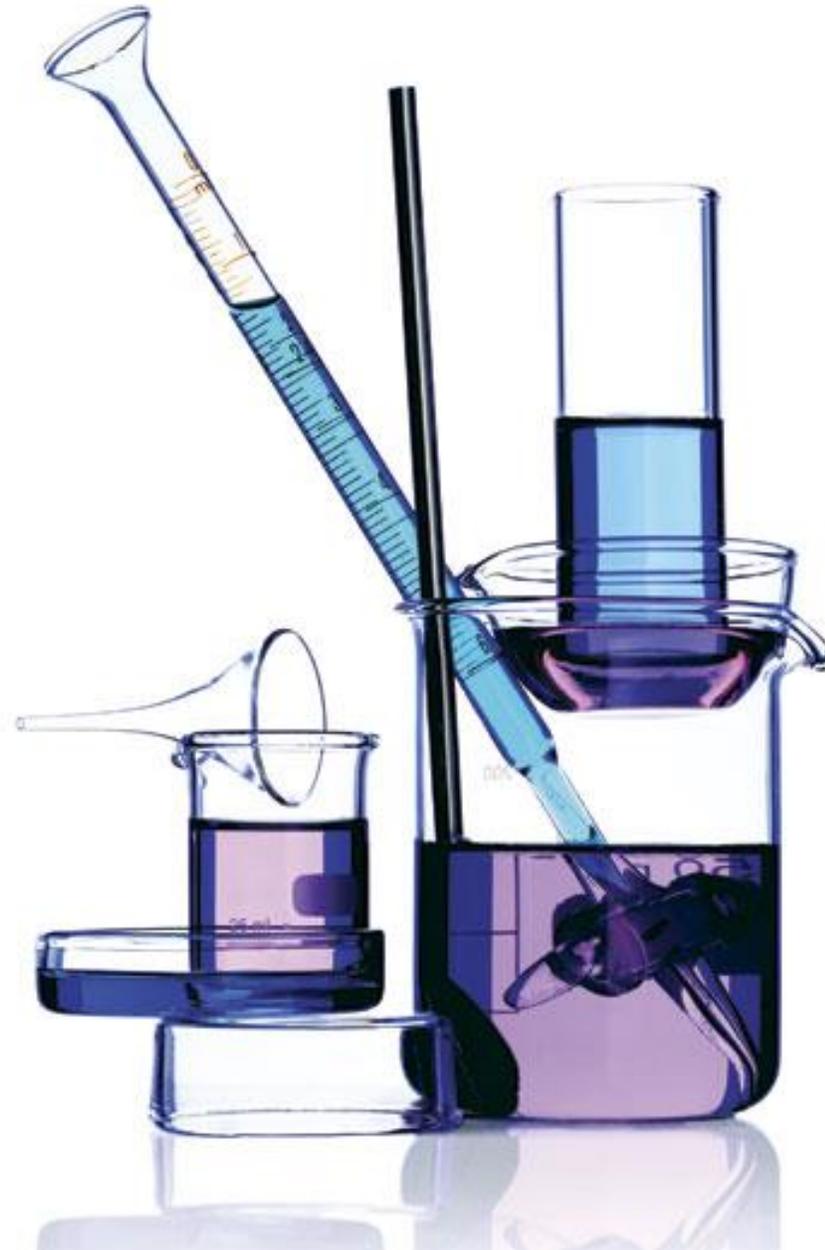


THE DA VINCI CODE



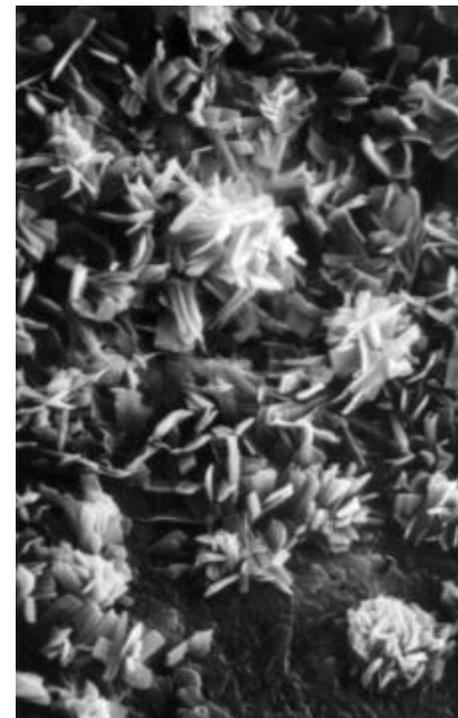
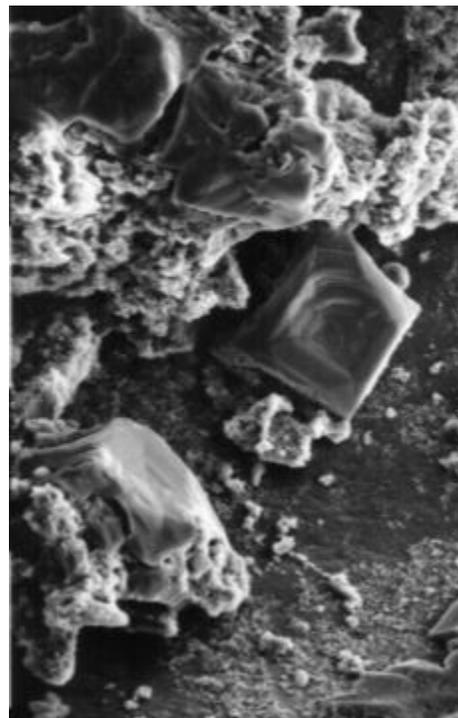
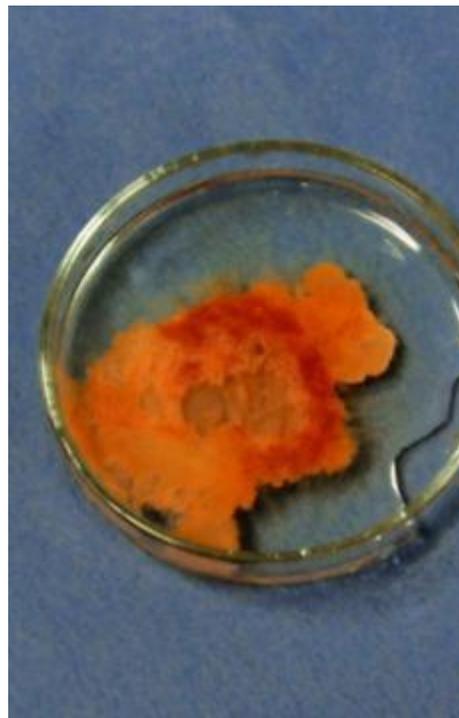
- ・潤滑な血流の維持
- ・内毒素の非活性化
- ・最適な生物物理学的特性
- ・壊死組織の除去
- ・抗菌性の特性
- ・スミア層の除去
- ・再石灰化
- ・免疫力の保持

理想的な洗剤は
存在しない！



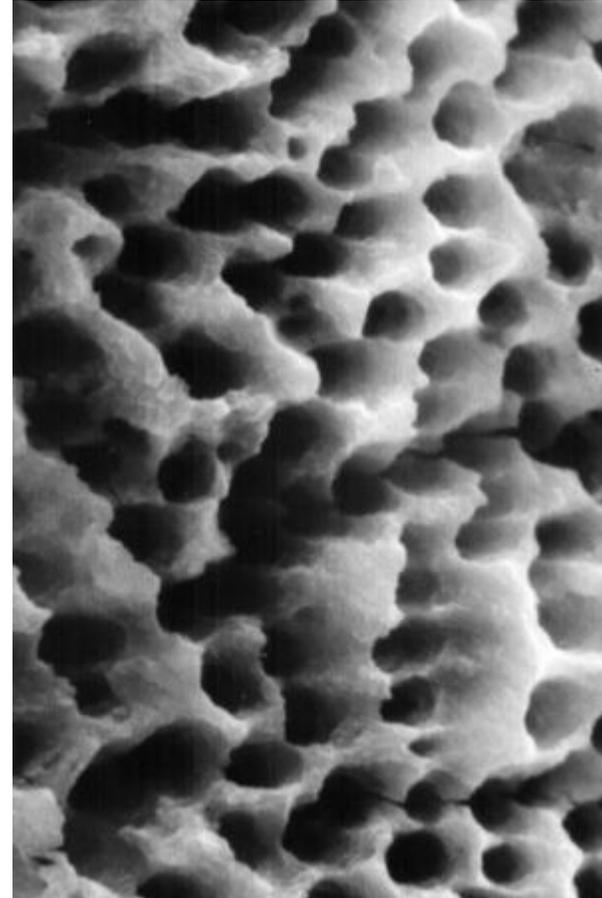
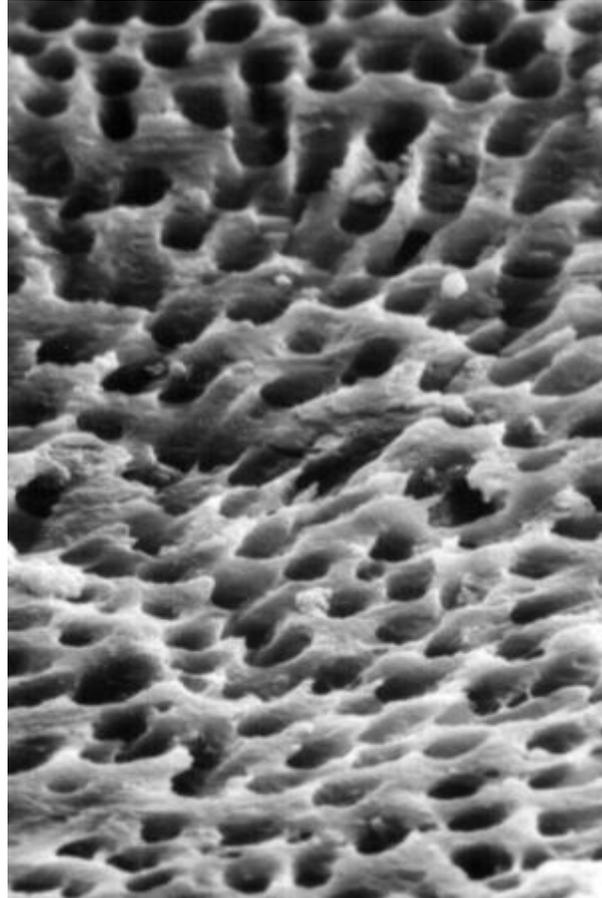
N.B.

洗浄する上での問題点
根管で混ざった時に生じる科学汚染
(=**N.B.**)



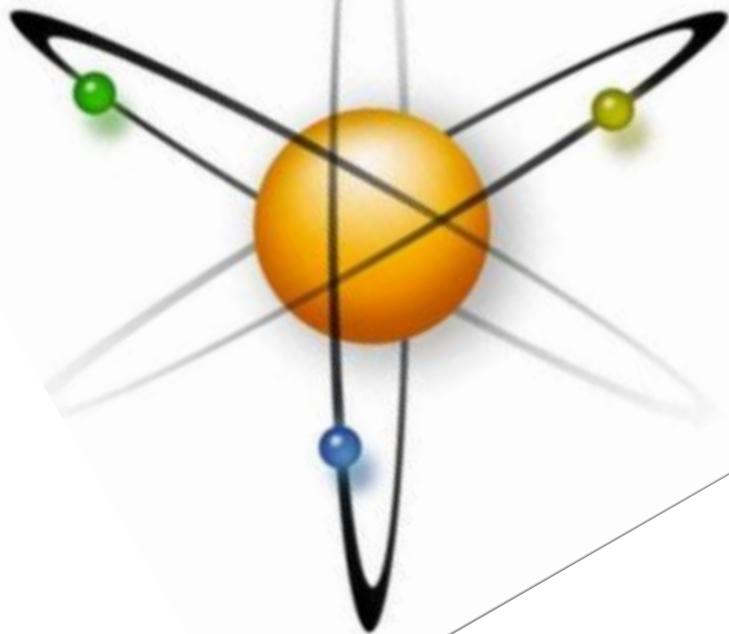
*SEM microphotographs
(author dr. G. Tomov, 2009)*

洗淨する上での問題点
浸食 (*EDTA*の過度の集中と暴露時間)



*SEM microphotographs
(author dr. G. Tomov, 2009)*

LT-IP™の 科学的背景



- 温度変化
- 形態変化
- スメア層の除去
- 生物膜の除去
- 浸透深度
- 接着界面

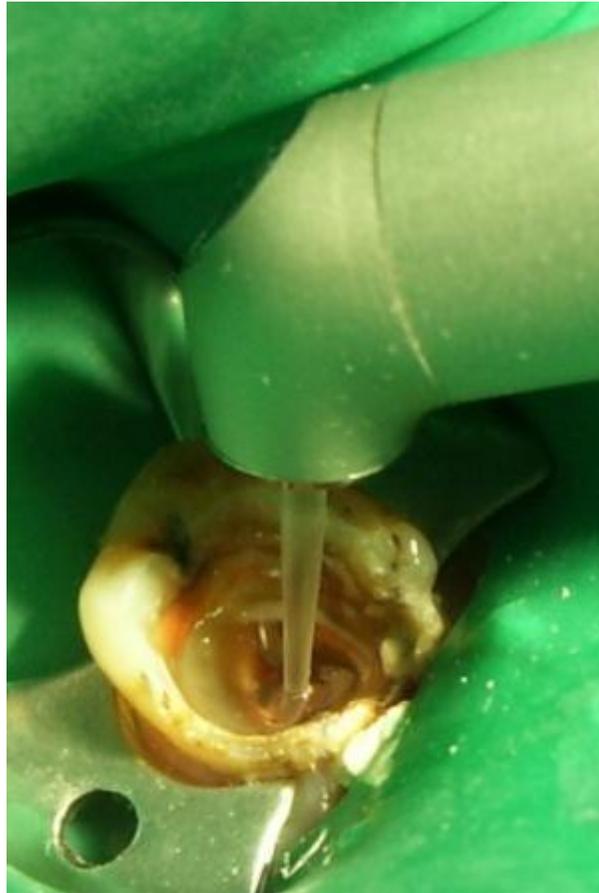
ライトタッチレーザー誘起による光化学的 イリゲーション (LT-IPI™)

LT-IPI™とは、水中、又は水溶液中における瞬時のキャビテーション気泡の拡大と消滅を伴う、ライトタッチレーザーによって誘発された流体力学圧力を用いた、根管の壊死組織切除と消毒のためのテクニックである。

LT-IPI™は、レーザーパルスエネルギーを水の分子の小さな爆発に送り込む。これにより、バクテリアを除去するために、衝撃波が根管に送り込まれる。

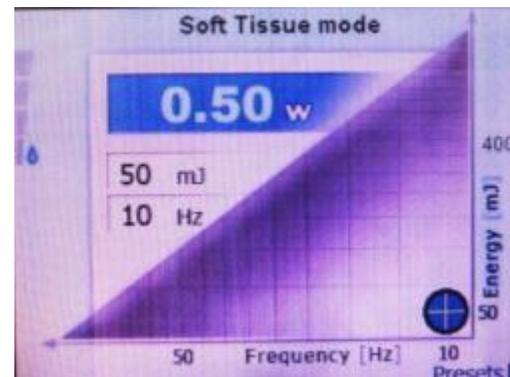
LT-IP™

ライトタッチレーザー誘起による 光化学的イリゲーション



過剰切削を避けるためのエルビウムヤ
グレーザーライトタッチのローレベルパ
ワーは、**50ミリジュール、10ヘルツ、平均
60秒で0.5ワット**のパワーである。

熱のパルスは、サファイアチップ
(0.4/17mm)により伝達されるレーザーの
照射によって生まれる。そしてこのレー
ザーは、水などの水溶液に吸収される
(洗浄)。

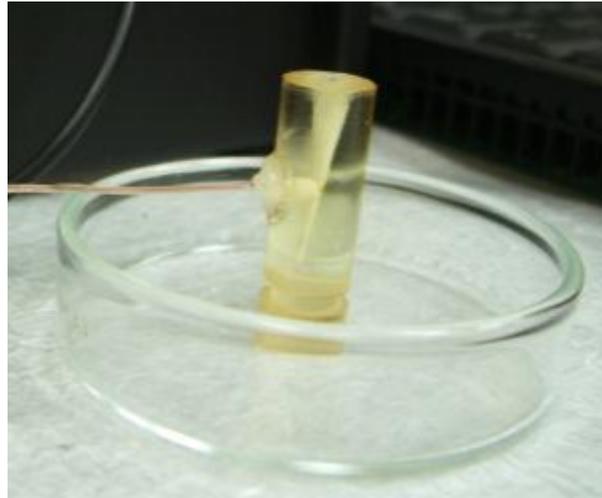


温度計測

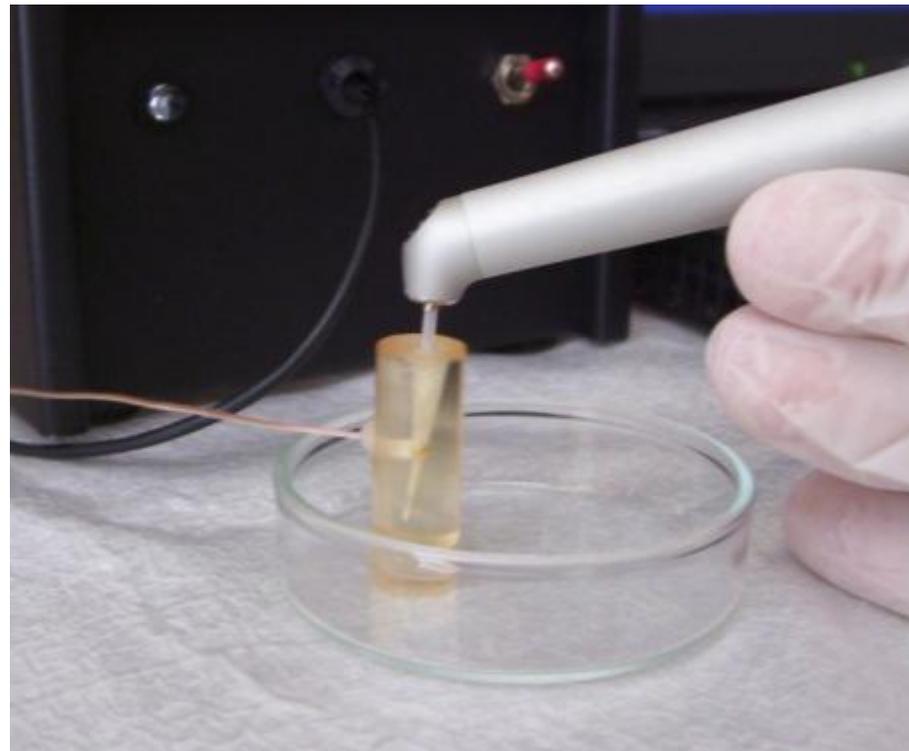
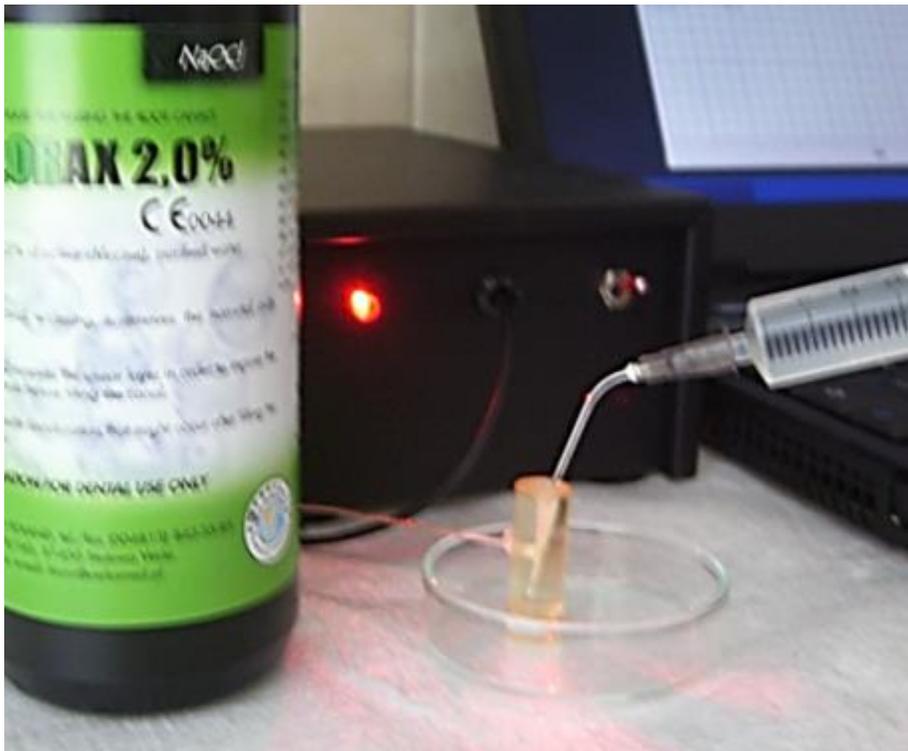
レーザーによるイリゲーションの状態は、根管内へのレーザー照射中に、周りにある組織を傷付けないように注意深くコントロールされなくてはならない。この研究の目的は、エルビウムヤグレーザー、ライトタッチ(チップ0.4 x 17mm) (50ミリジュール、10ヘルツ、60秒平均0.5ワット)で根管を照射中、熱電対を挿入した根管アペックス表面の温度上昇を調査するためである。

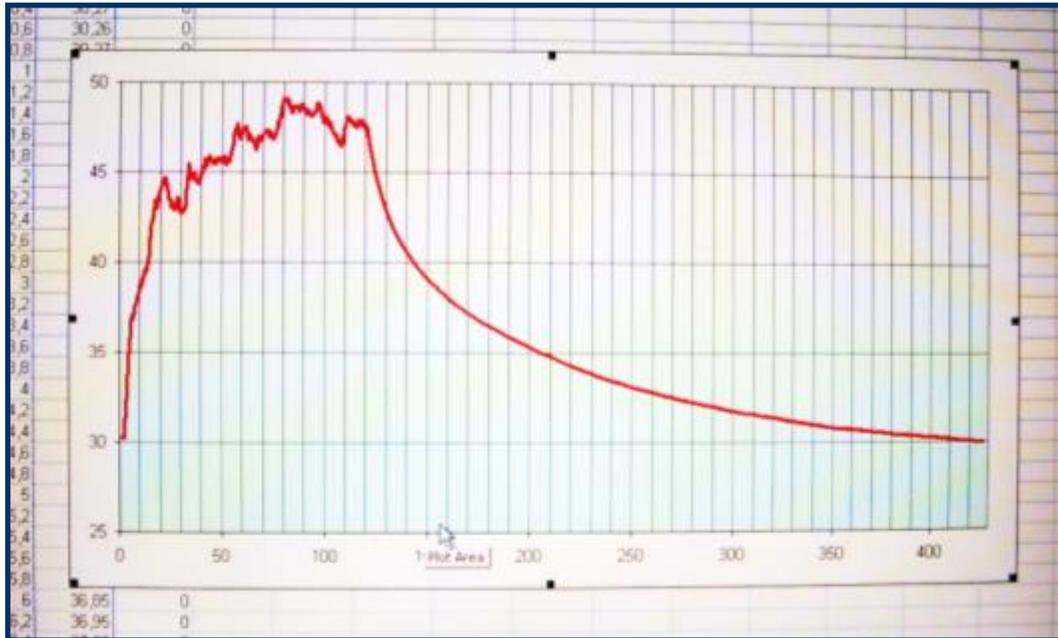


実験の様子

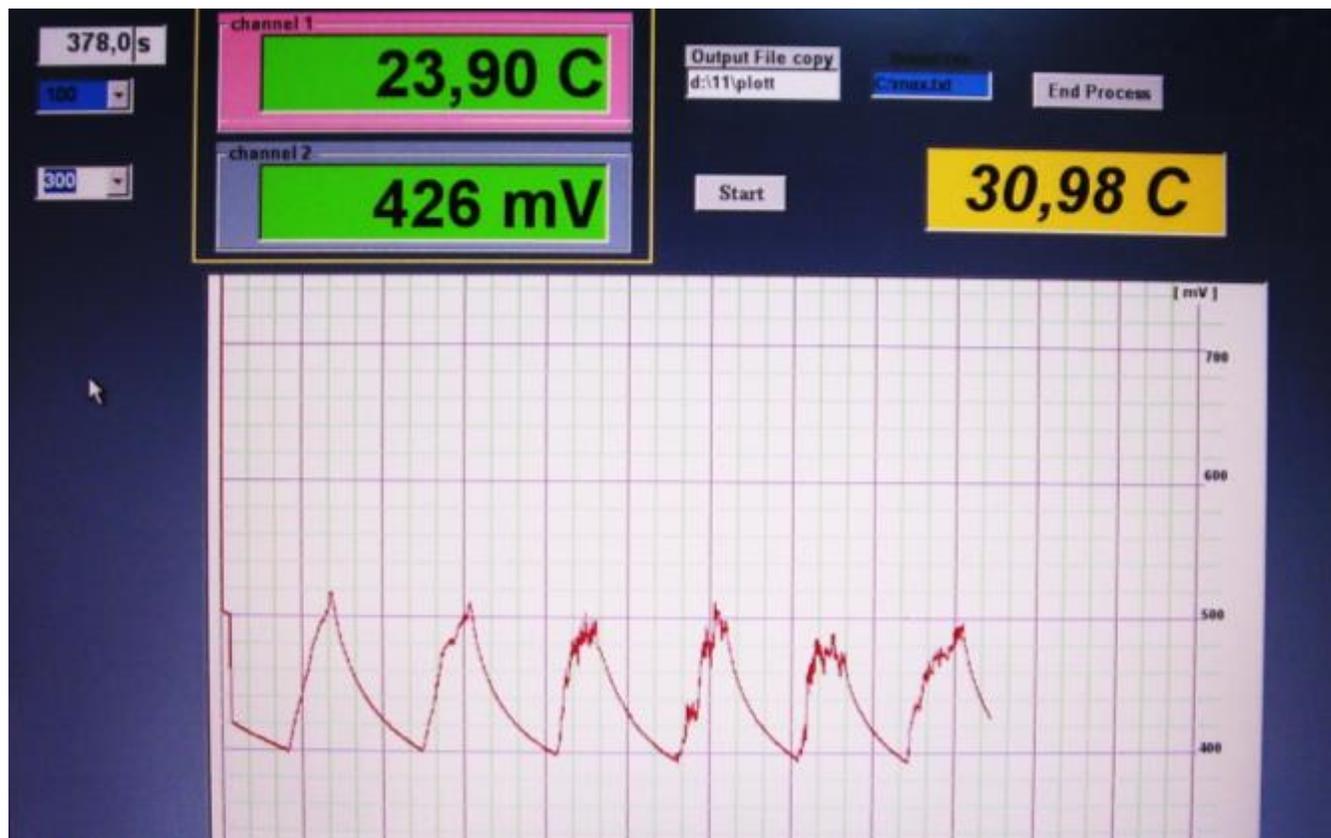


実験の様子





初めの温度(T_0)は 25°C 。
レーザー照射中は、吸収が増すにつれて温度も上昇する。この、熱電対を用いた3番の歯根の表面に適応される実験により、連続照射で20秒後に 40°C 、60秒後に 40.5°C の温度上昇が、起こったことがわかった。



レーザー空洞形成における熱影響

結果

パワー	パルス数	パルスエネルギー	継続時間	全エネルギー	水冷却
[W]	[Hz]	[mJ]	[s]	[J]	
0.5	10	50	60	0.5	最小限

洗浄の光化学的な活性化もまた、温度上昇を伴う。この温度上昇により、象牙質の壁の病巣清掃が効果的にできるようになり、洗浄剤に含まれる化学的性質の増加にも繋がる。

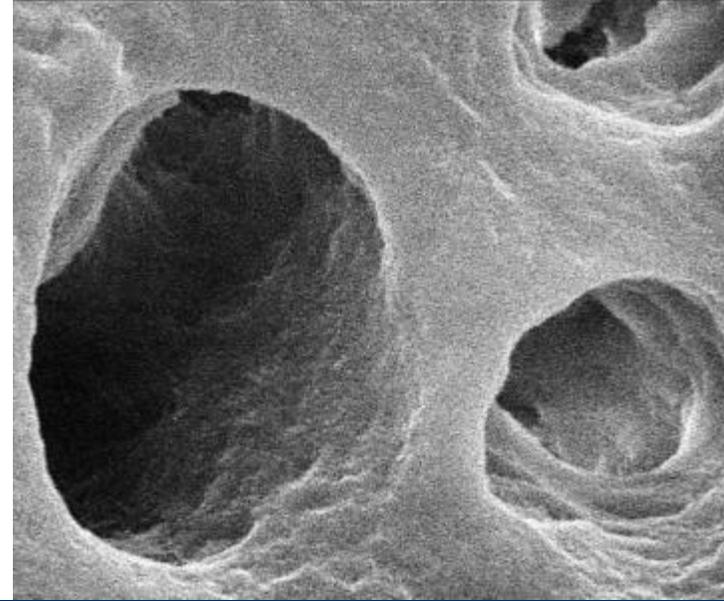
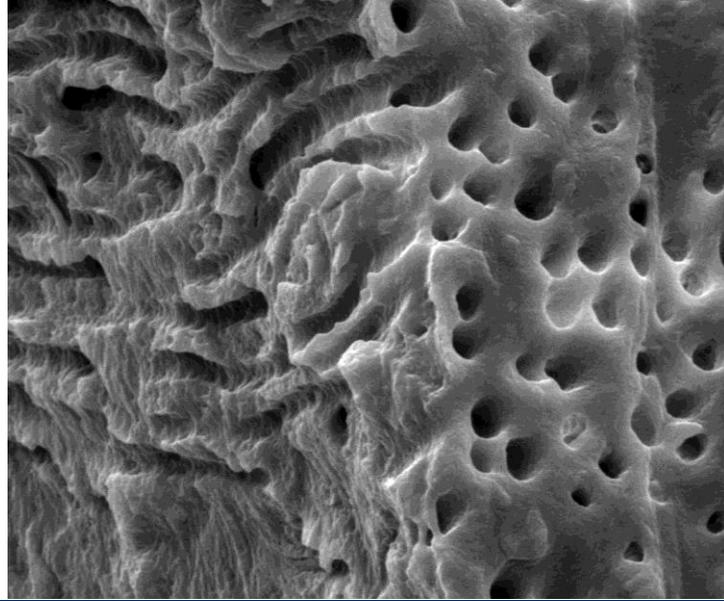
最高 = 40.5°C
(60秒間で)

LT-IPITM後の 象牙質の壁の形態的变化



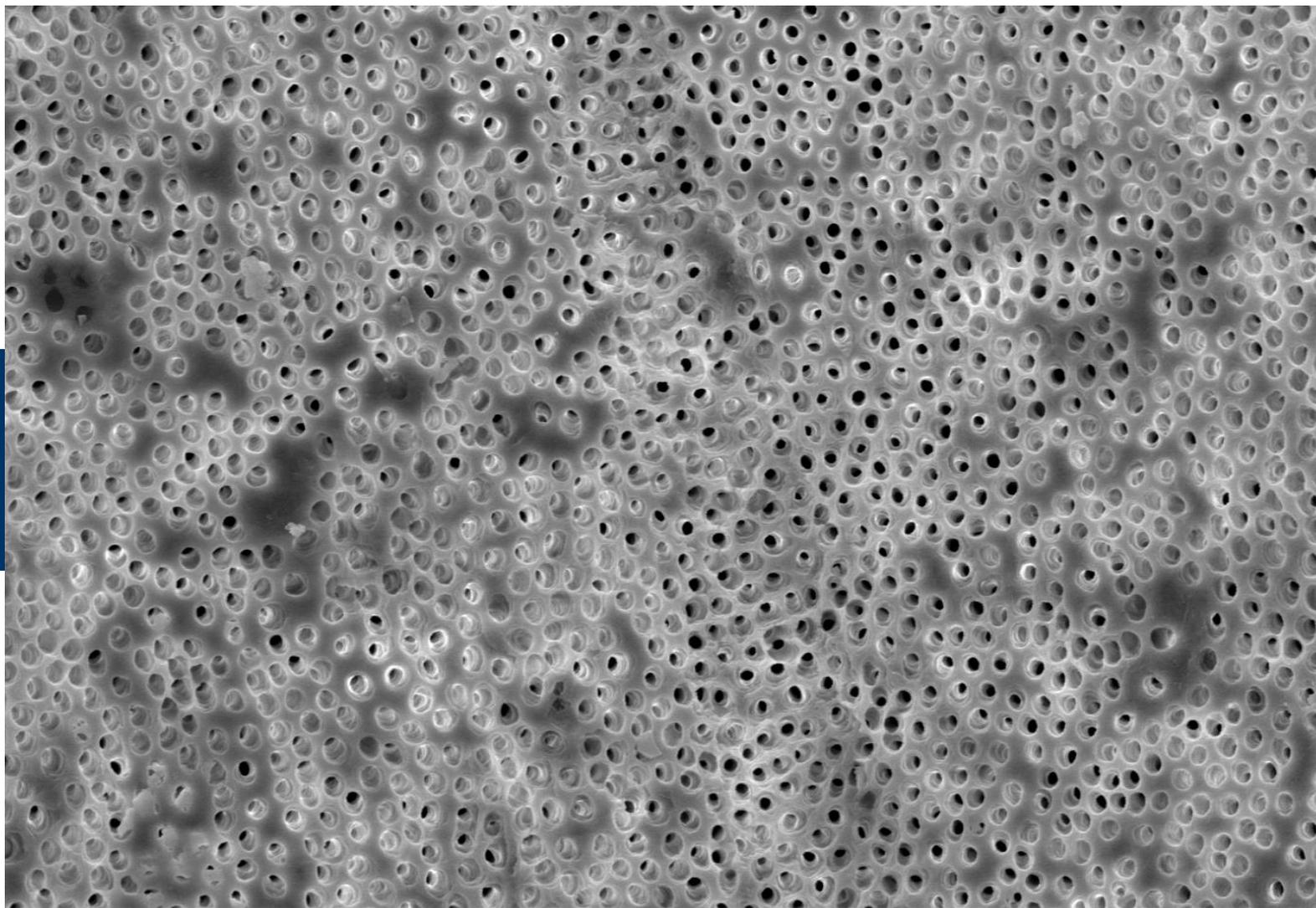
走査電子顕微鏡による評価

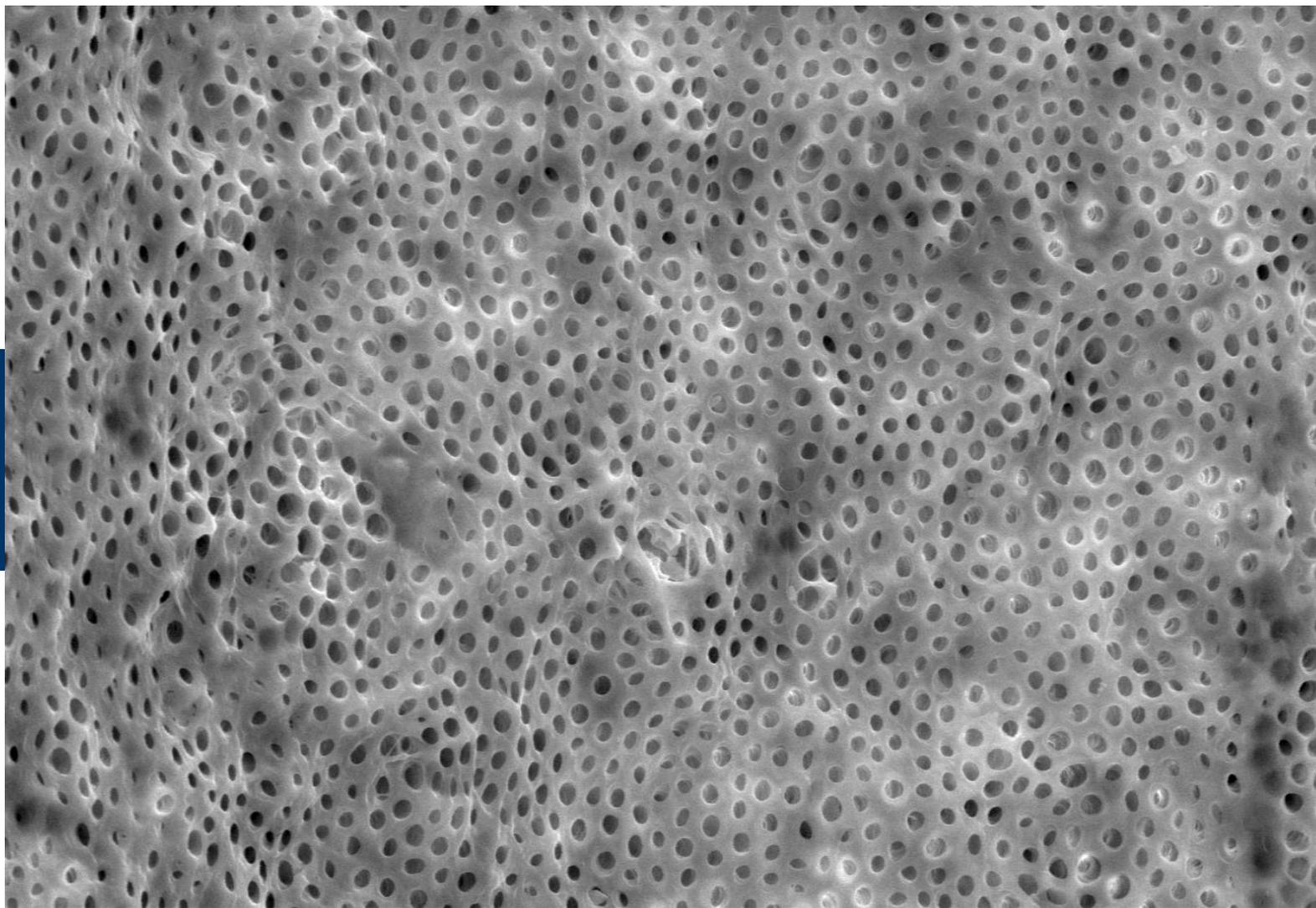
走査電子顕微鏡による分析では、
歯牙のサンプルは、滅菌され(グル
タルアルデヒド2.5%、12時間、
4°C)、脱水され(エタノール25-
100%)、乾燥され、金で蒸着され、
走査電子顕微鏡(倍率は500倍、
1000倍、2000倍)で調査される。

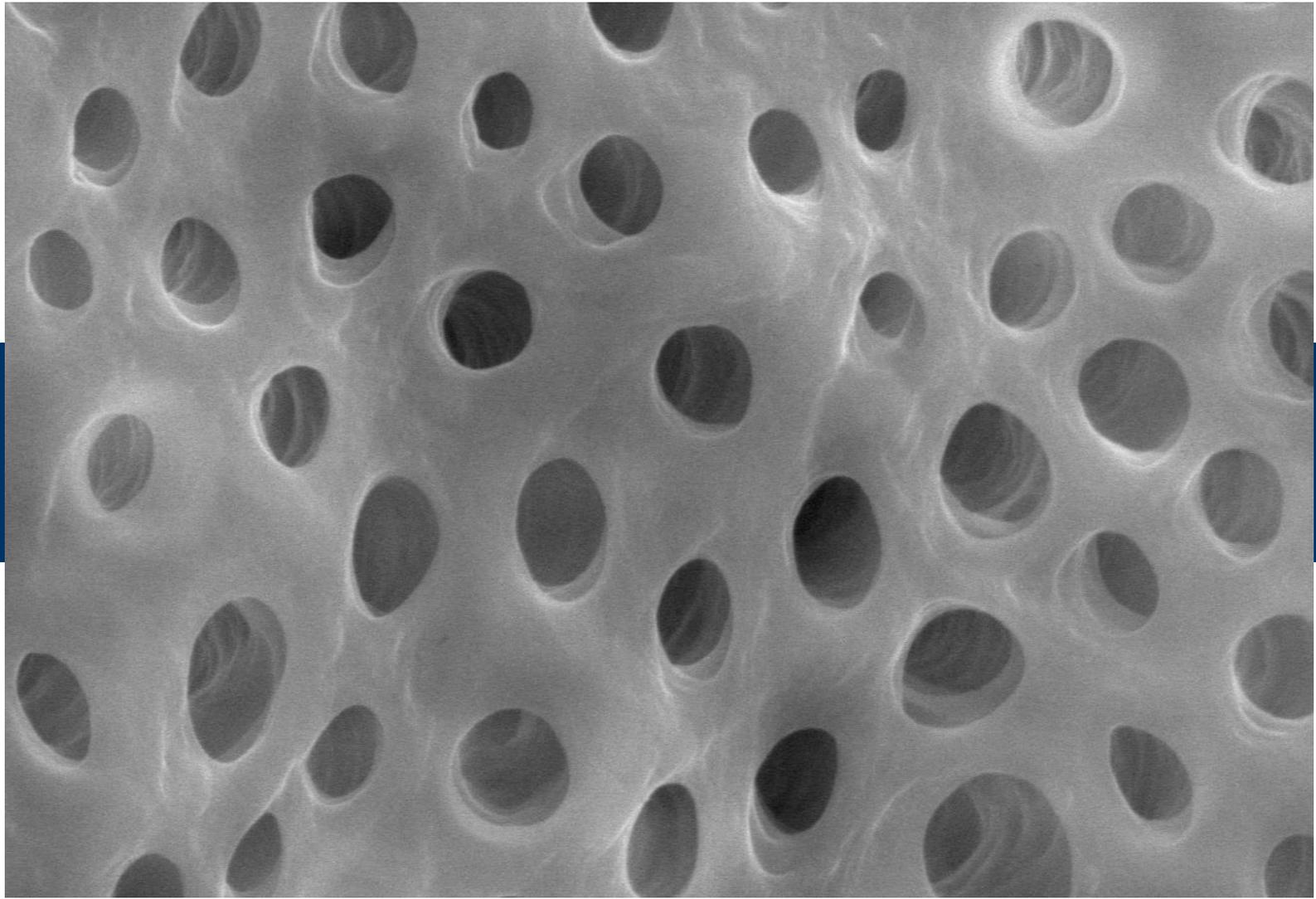


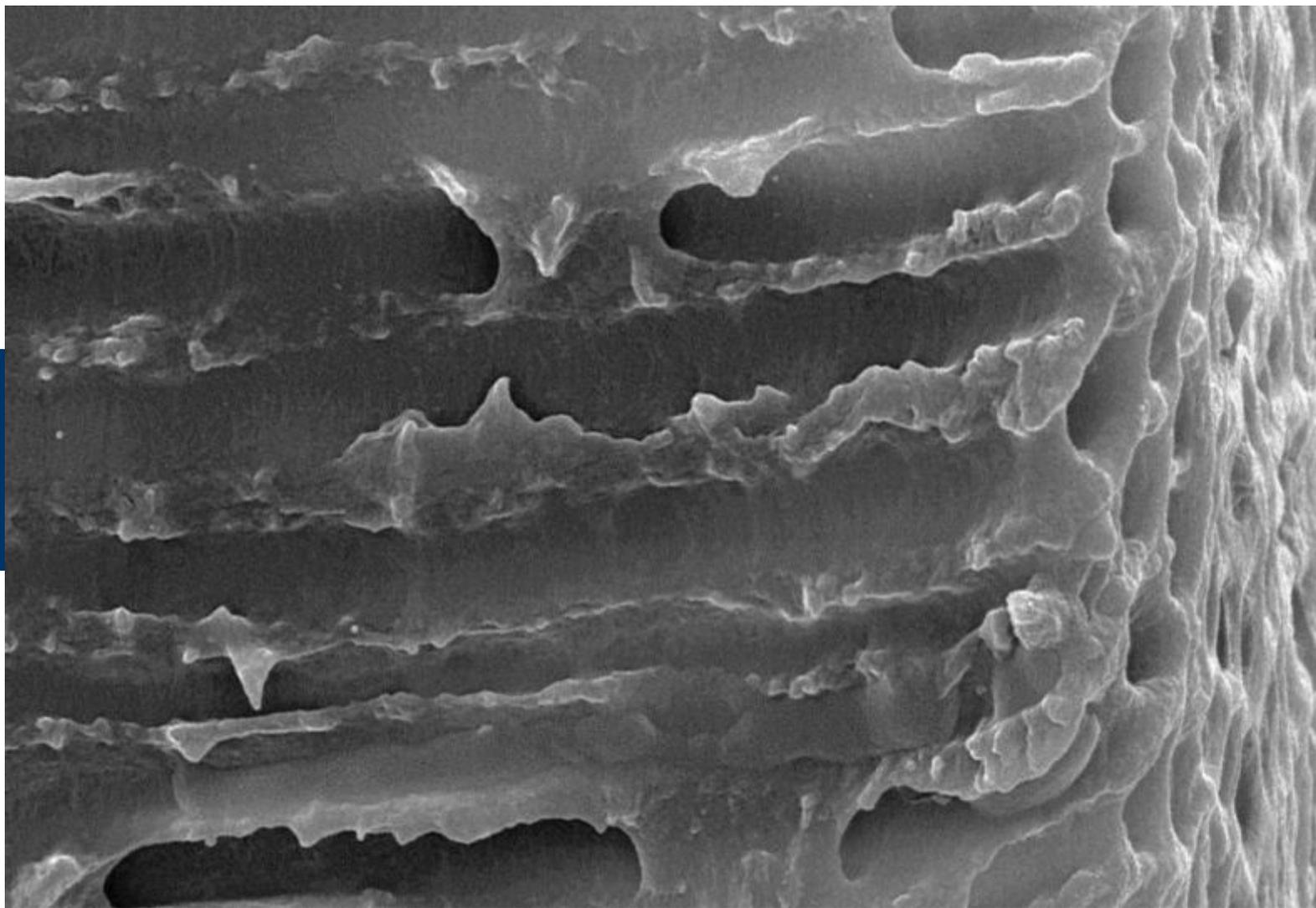
走査電子顕微鏡による評価：*LT-IP1*™による スメア層の除去

プロブディフ医科大学の歯科医学部による研究により、対照群として、スメア層の除去は優れていることが証明された。レーザーとEDTAを60秒間用いたサンプルでは、開いた細管のスメア層が完全に除去され、また、従来のレーザーテクニックでは象牙細管孔にとって好ましくない熱の現象もないことがわかった(Hulsmannによるスコア1と2)。



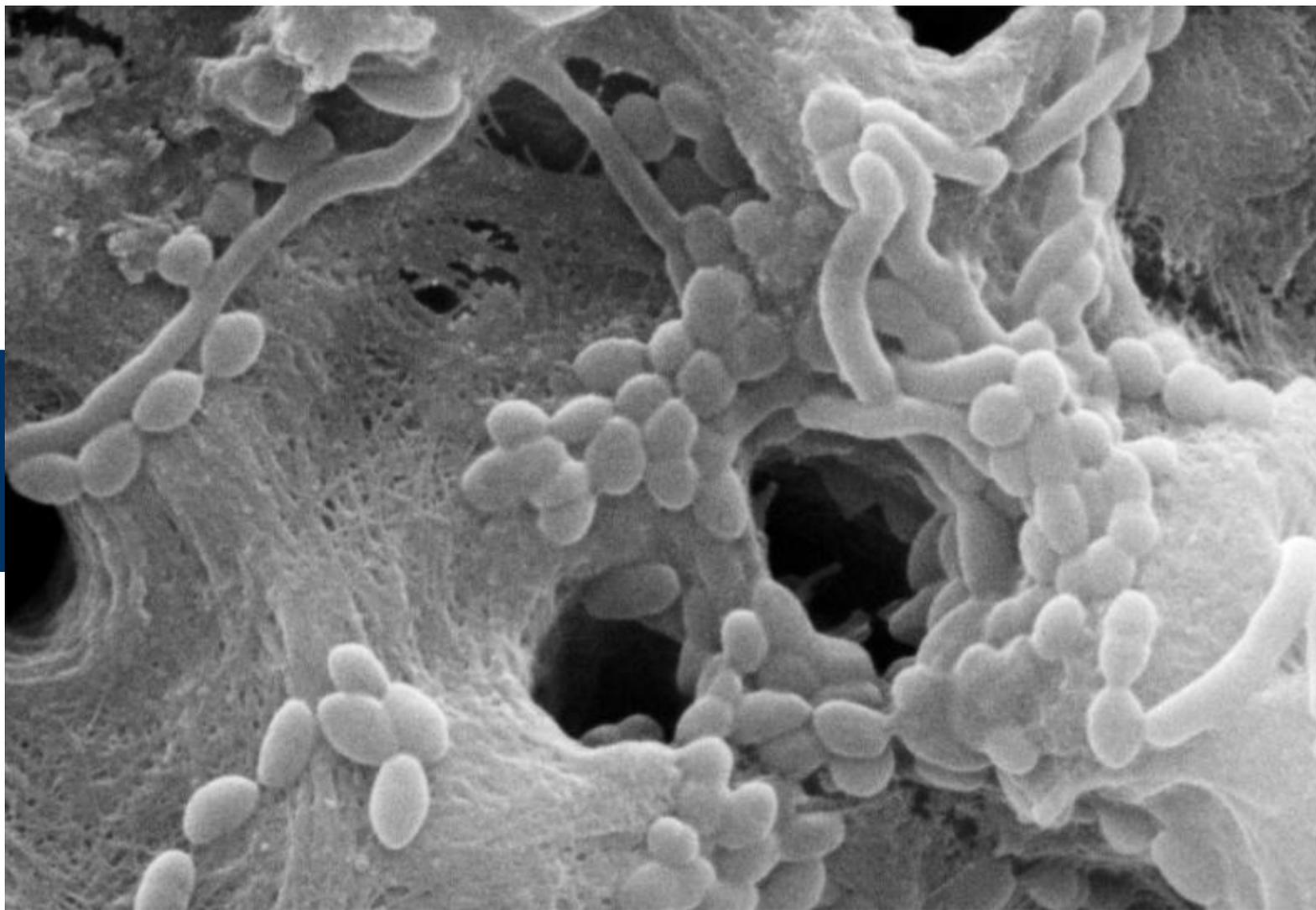




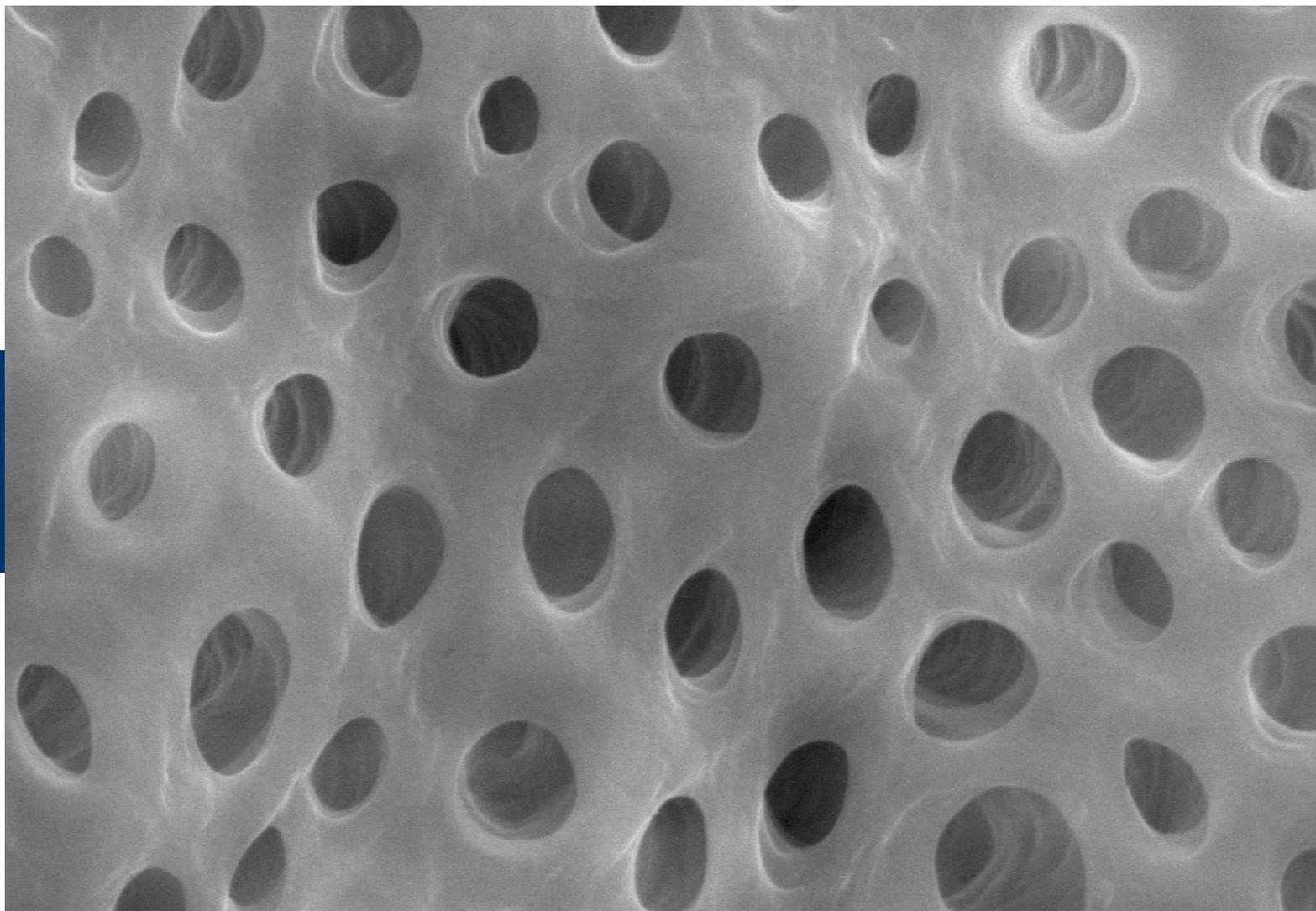




LT-IPI™ を施した後だと、複雑な根管システムでも、あらゆる局面において完璧なオブチュレーションが可能になる。



根管内の細菌バイオフィルム



LT-IPI™によるバクテリアバイオフィルムの除去を検証した

材料および方法

エンテロコッカスフェカーリスとカンジダ・アルビカンスの懸濁液を歯内治療に用意された、15の人間の抜去根管（F1Pro Taper file）に挿入する。5ミリリットルの大豆カゼインブイヨンと5ミリリットルの細菌の接種原を混ぜ合わせ、15日間で37°Cで根管を満たすのに十分な量を接種する。

イリゲーションの手順：

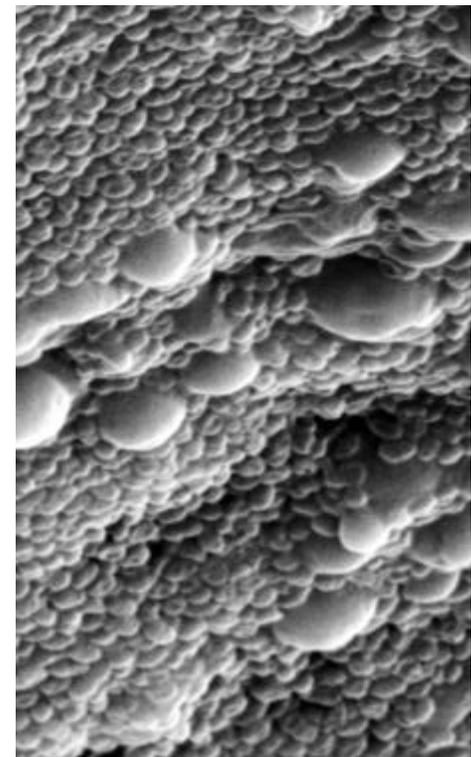
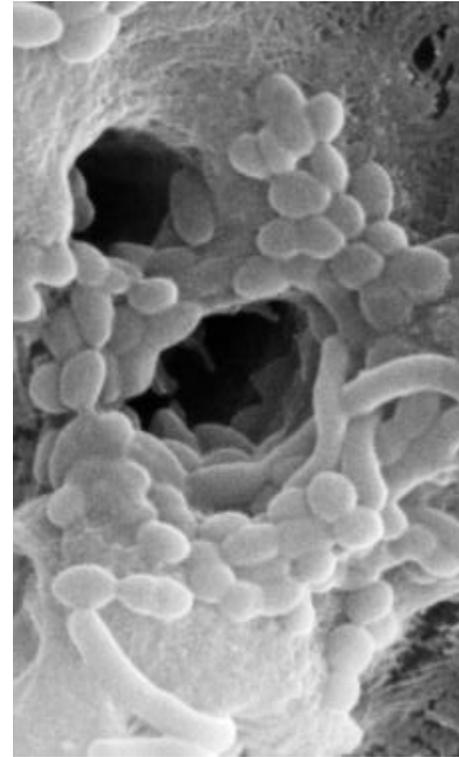
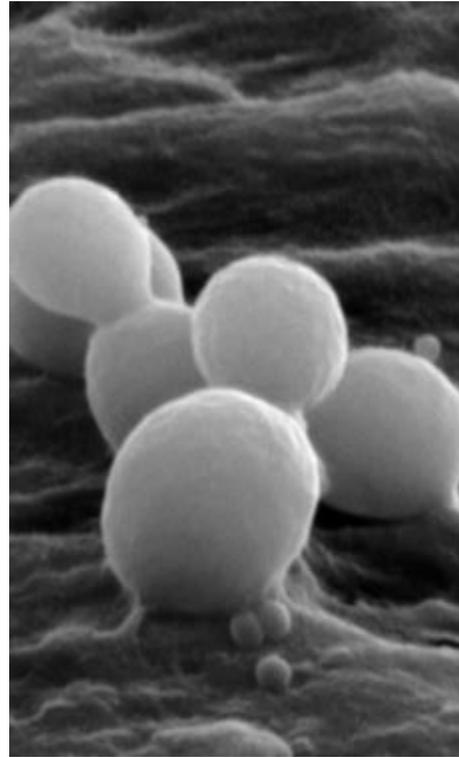
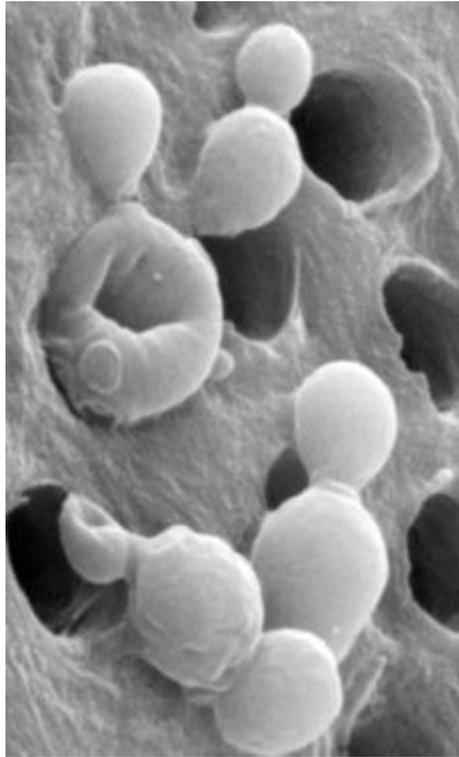
LT-IPI™は、ライトタッチのチップ（0.4 x 17mm）と洗浄剤で行われる（15%のEDTAで初め、2.5%のNaOCIで終わる）。洗浄剤で満たされた髄質にチップを挿入し、照射する（25ミリジュール、20ヘルツ、60秒で0.5ワット）。対照群は、15%のEDTAと2.5%のNaOCIを細いシリンジですすがれる。

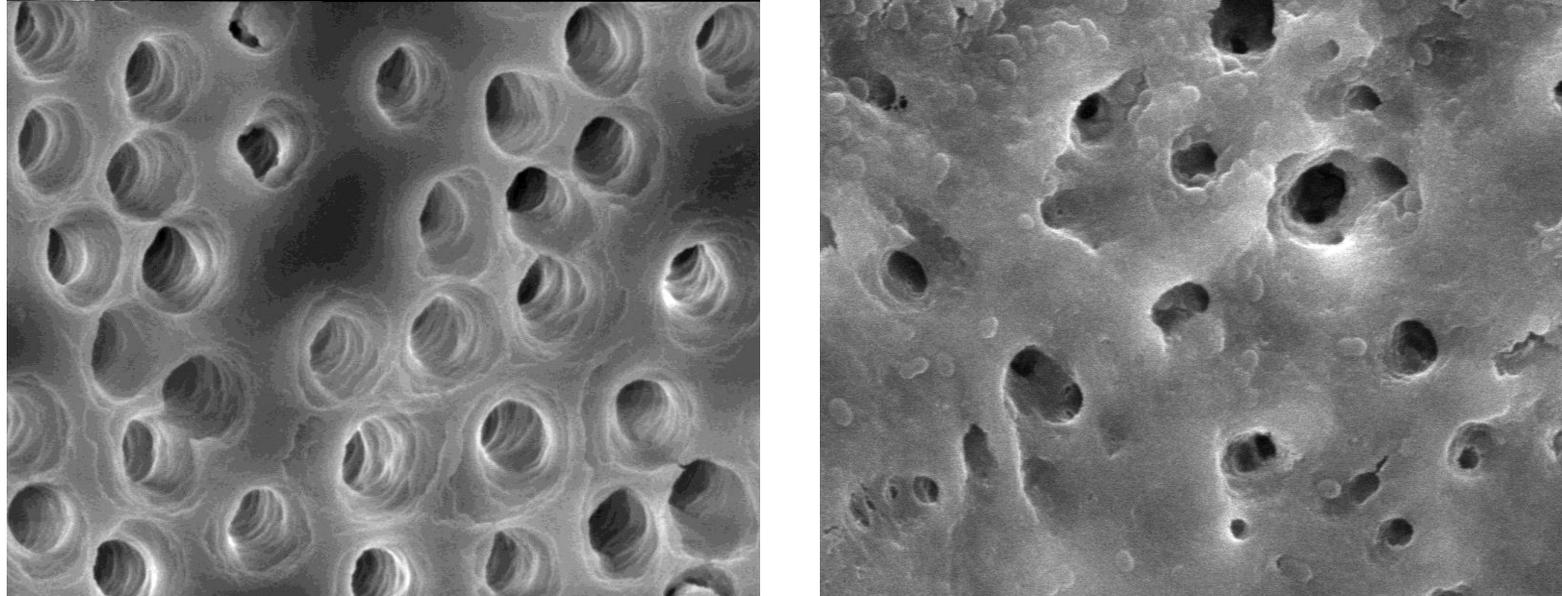
バイオフィルムの除去は、走査電子顕微鏡により分析する。



バイオフィルム作成の手順

15日間の潜伏



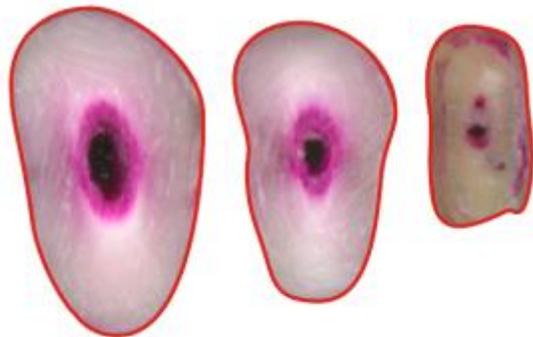


結果

結果は、走査電子顕微鏡による形態的分析に基づいている。コラーゲン構造に一貫して密着しているエンテロコッカスフェカーリスとカンジダ・アルビカンスは、象牙質表面に入植し、象牙細管に向かって進行してバイオフィルムを形成する。走査電子顕微鏡による写真は、LT-IP1™ のバクテリアバイオフィルムに対する強力な影響を表している。ほぼ完璧なバイオフィルムの分解と、たった1つの細菌細胞が、象牙質の表面ではっきり表れている。対照群では、残留する細菌の細胞が壁面や細管内に多く張り付いて見られる。

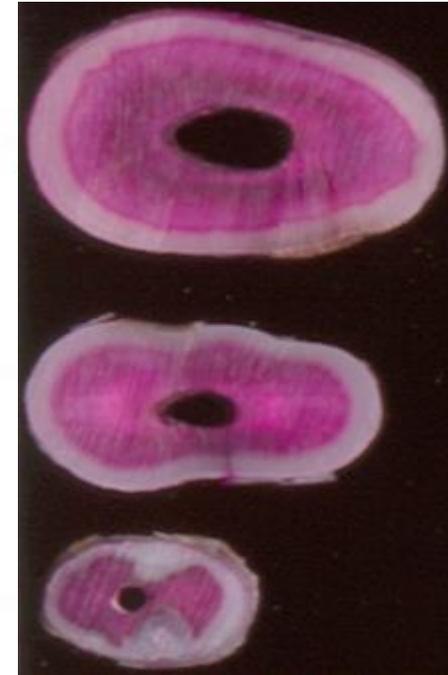
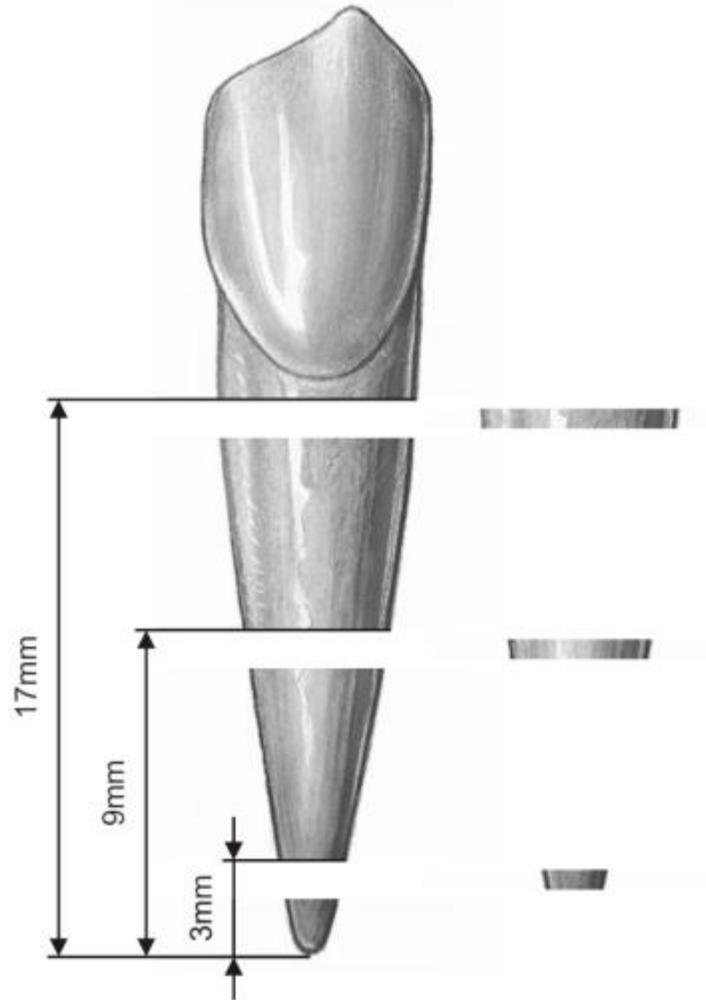
浸透深度

化学洗浄剤	バクテリア	半導体レーザー
100 μm =0.1mm	~ 1.000 μm	>1.000 μm =1mm
Berutti et.al. J Endod 1997 Dec; 23 (12): 725-727	Kouchi et.al. J Dent Res 1980 Dec; 59 (12): 2038-2046	Moritz et.al. Las Surg Med (2005)



浸透深度

実験方法



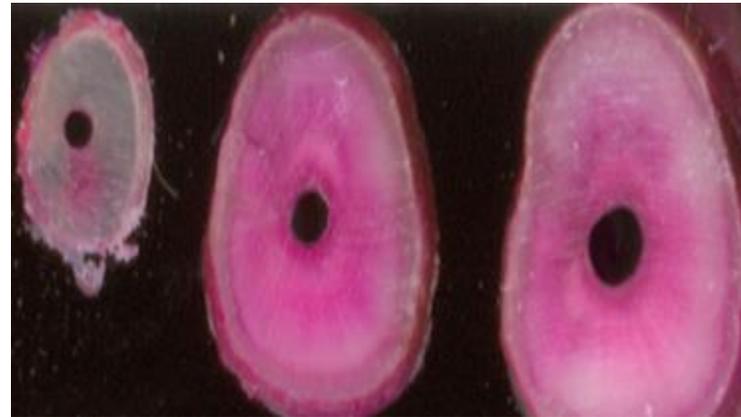
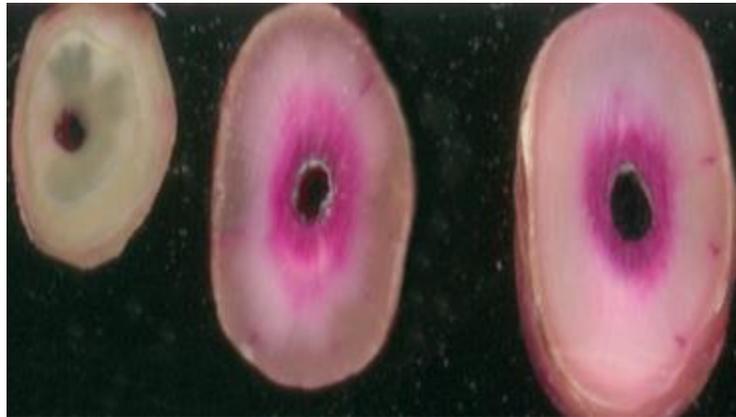
浸透深度

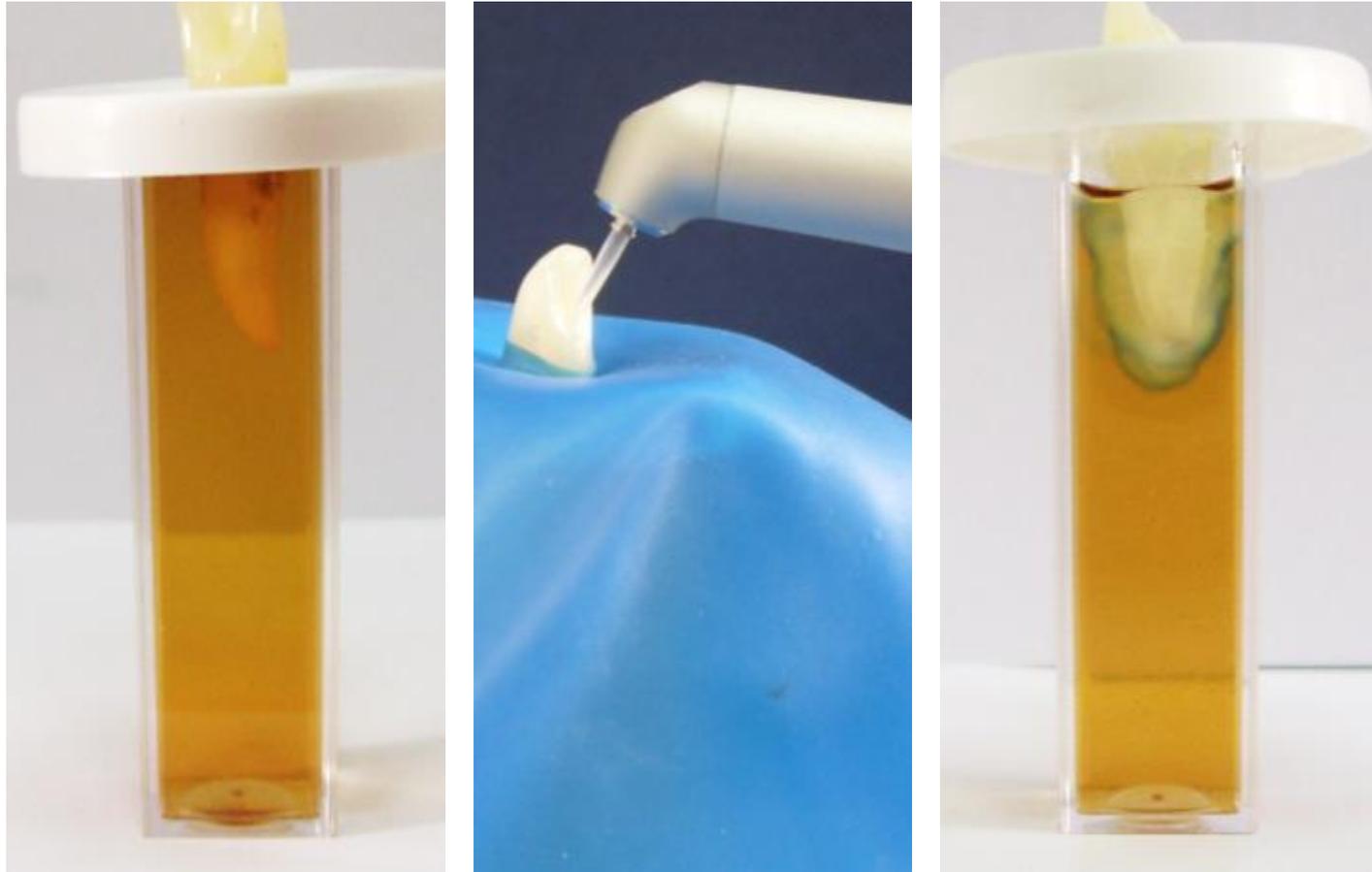
通常のイリゲーション

ライトタッチレーザーによる
イリゲーション

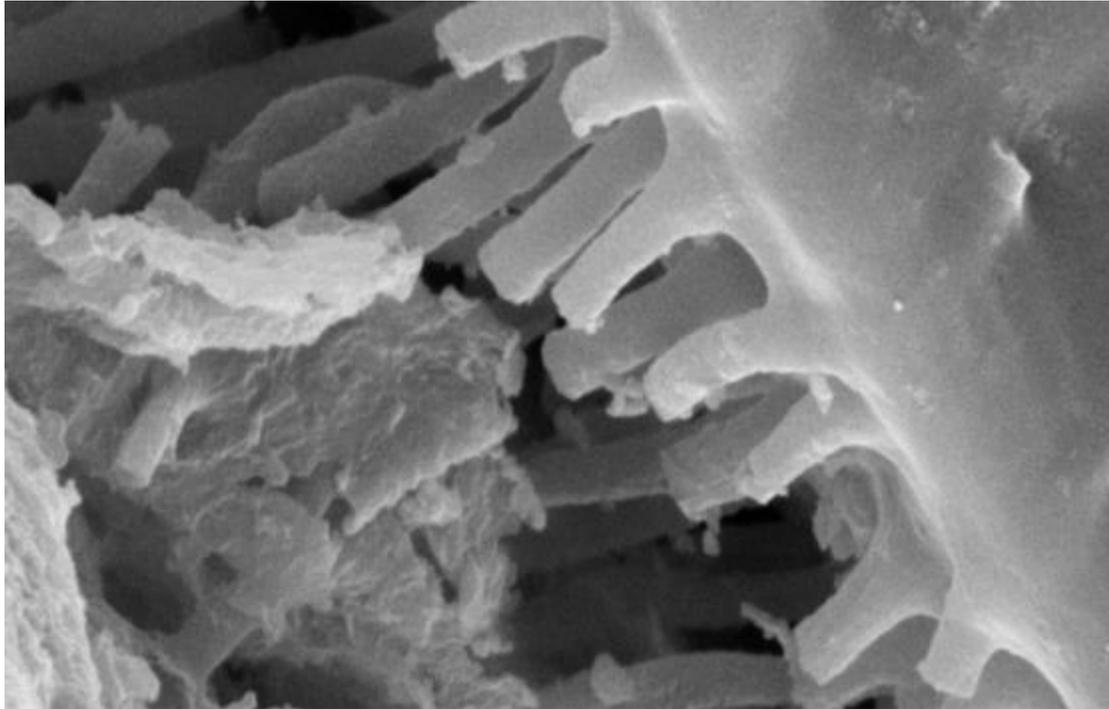
130 μm

1.100 μm



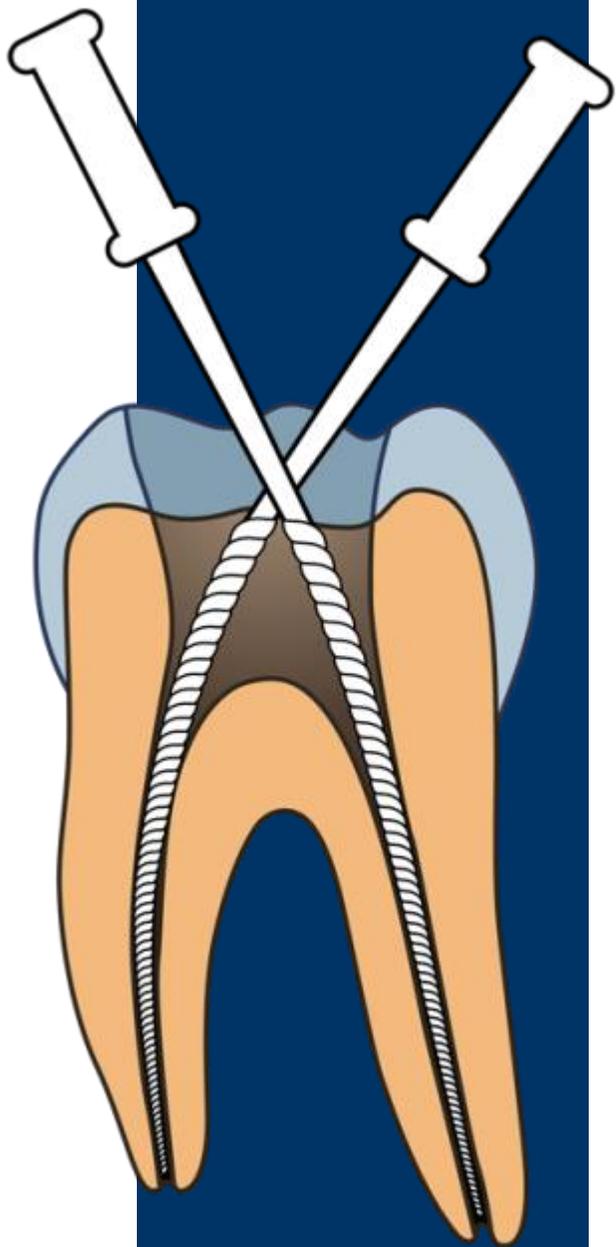


押出速度-先端直径による



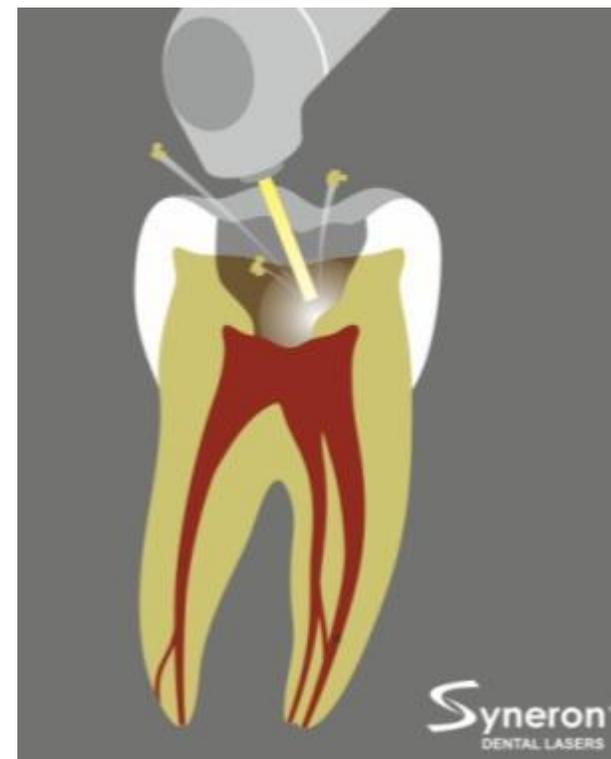
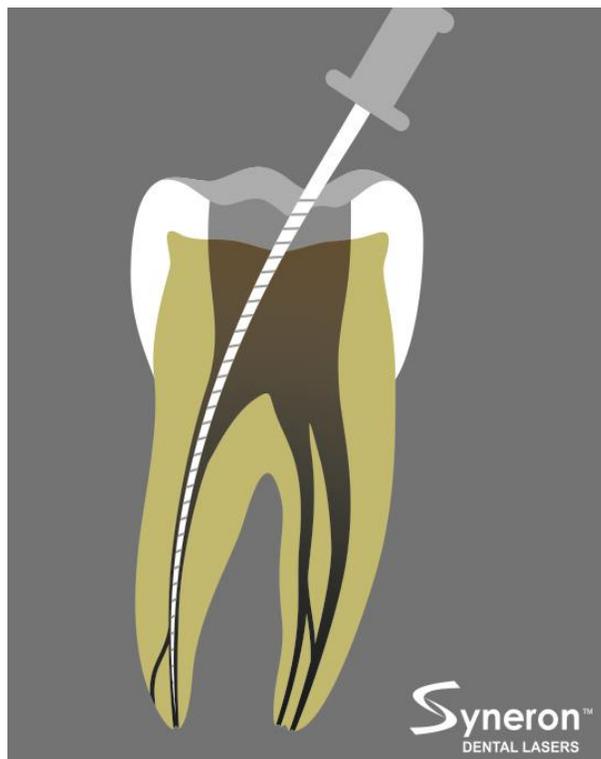
ライトタッチレーザー
によるイリゲーション
後の根管密封剤
(Resilon)象牙細管
に沿って複数のレジ
ンタグが見られる。

*SEM microphotographs
(author dr. G. Tomov, 2011)*



臨床での手順

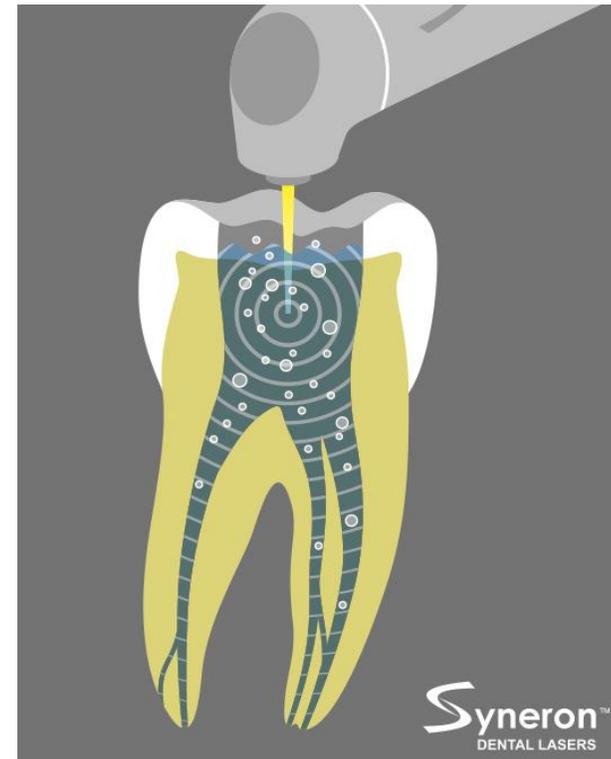
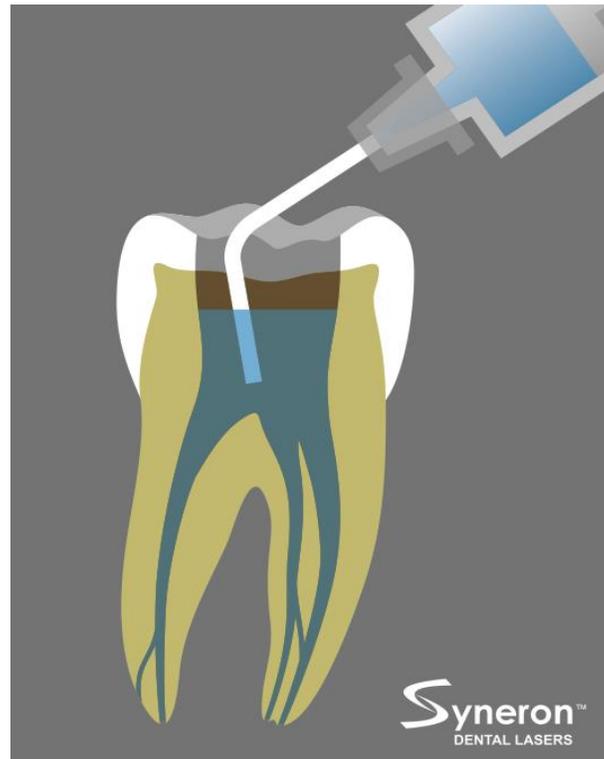
根管治療



1. エンド三角をレーザーで除去し、根尖までアクセス出来るようにする。
2. 根管をISO#45で拡大する。通常行っているようにする。

根管治療

50ミリジュール、10ヘルツ、60秒平均0.5ワット



3. LT-IPI™ は、ライトタッチのチップ(0.4 x 17mm)と洗浄剤 (EDTA 15%、NaOCl2.5%)で行う。チップは、洗浄剤で満たされた髓室に挿入された後に照射する。

根管治療



4. オブチュレーションは、蒸留水で最終的に洗浄を行った後、管はペーパーポイントで慎重に乾かさなければならない。通常するように封鎖する。

ルール

- 根尖から2mm以内におさまるように根管を十分に拡大する。
- 根管にあまり深くチップを入れすぎないようにする。入れすぎてしまうと、根管の中での「LT-IPI™ の効果」を妨げてしまう。LT-IPI™効果は、根管から壊死組織片が流れ出るまでチップを上下に動かすことで可能になる。
- 髄室に、チップからの大量の水が流れ込まないようにすればLT-IPI™ の効果は見られる。ただ髄室を満たしたのは、洗浄して汚い水を取り換えるだけで良い。次のステップに進んだ時に、スピードアップしていることがわかるだろう。水がきれいなので、根管から汚物が出てくることがなくなる。

ルール

- LT-IPI™レーザーチップが髓室の中で根管側壁に触れないようにすること。
- LT-IPI™ のチップを、歯を乾燥させるのに使用しないこと。それによって歯を痛めることはないが、バックファイアーによりLT-IPI™ のチップの摩耗が早くなる。又、細管を封鎖して**水溶液のダム**をつくり、乾燥の邪魔をする。
- 生活歯髓や充血歯髓は、壊死組織よりも、除去するのにLT-IPI™ の効果には少々困難であろう。その際は、NaOClを使用すると良いだろう。

臨床例



LT-IPI™を施した後では、複雑な根管における垂直及び水平的な立体閉塞が可能である。



広範囲にわたる

肉芽腫性慢性歯周炎



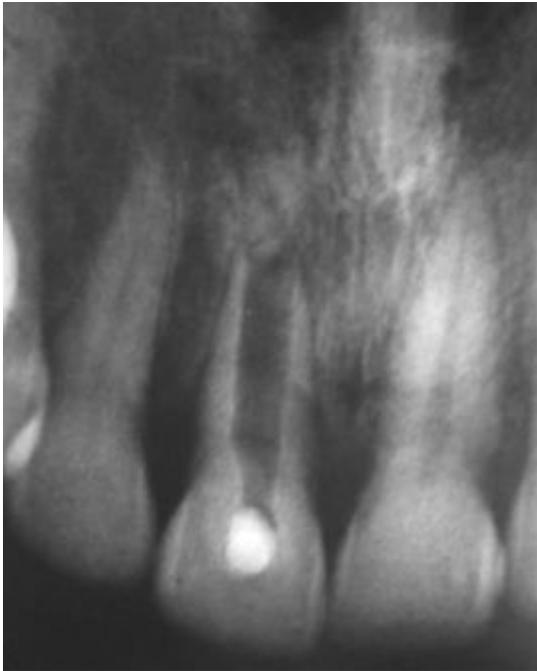
LT-IPI™による

開放根尖の歯内治療



LT-IPI™による

開放根尖の歯内治療



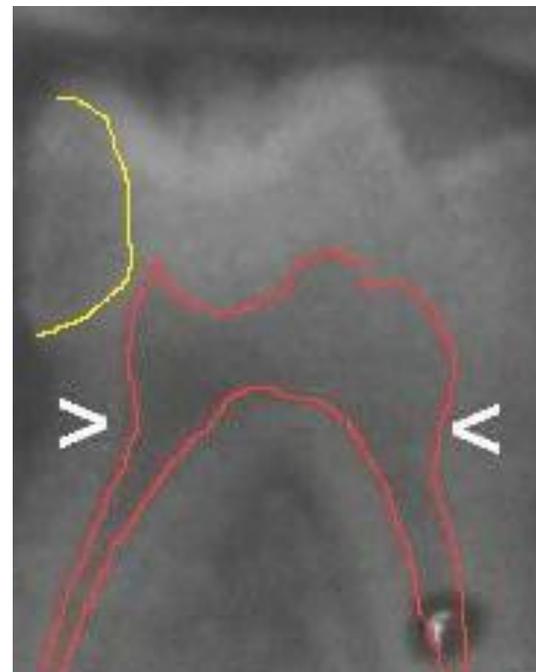
LT-IPI™による

開放根尖の歯内治療



歯周炎の根尖

小児歯科と歯内療法における ライトタッチ



ライトタッチによる生活歯髄切断

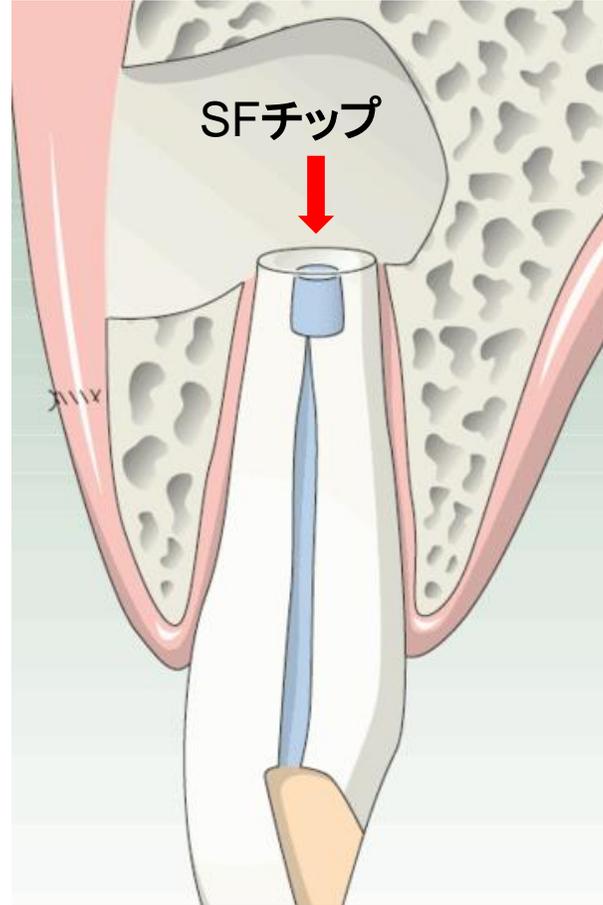
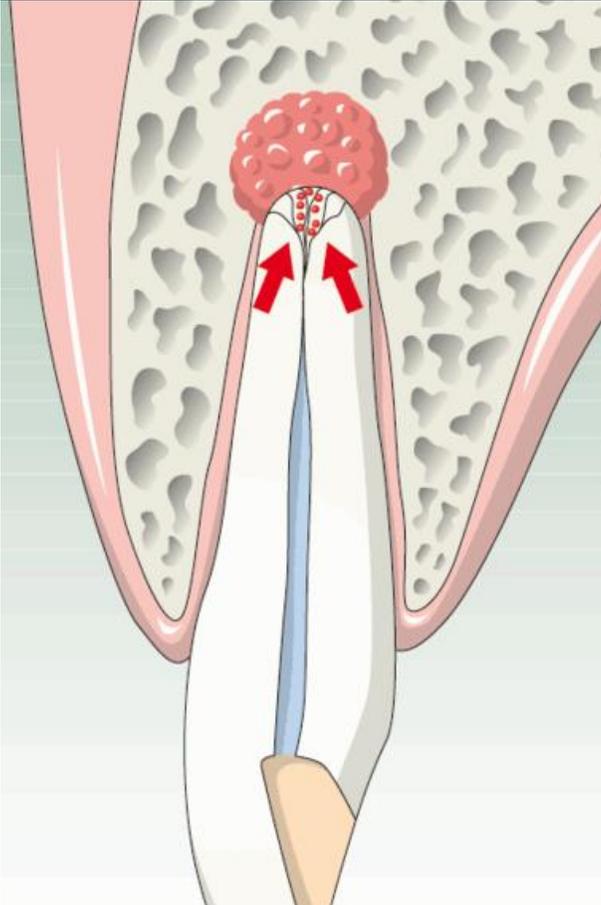


ライトタッチによる外科的歯内療法

外科的処置の適用

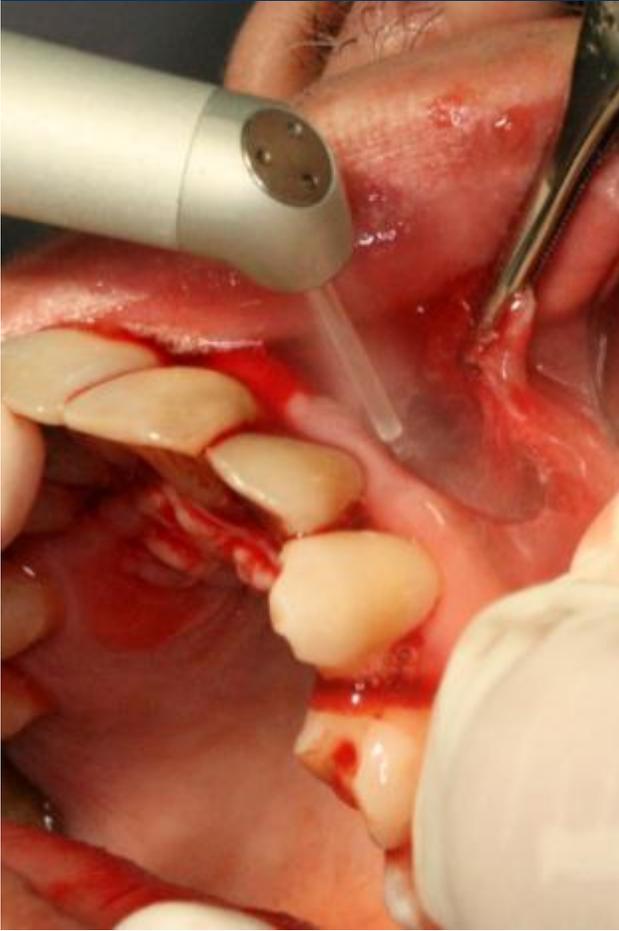
- 持続的感染、彎曲根管、根管の貫通、破砕した根管、過度な歯根吸収、歯髓結石、処置のできない副根管などによる、**歯内治療学的失敗**
- **なぜ良くなるのか判断するための診査手術**
- **生体組織検査**

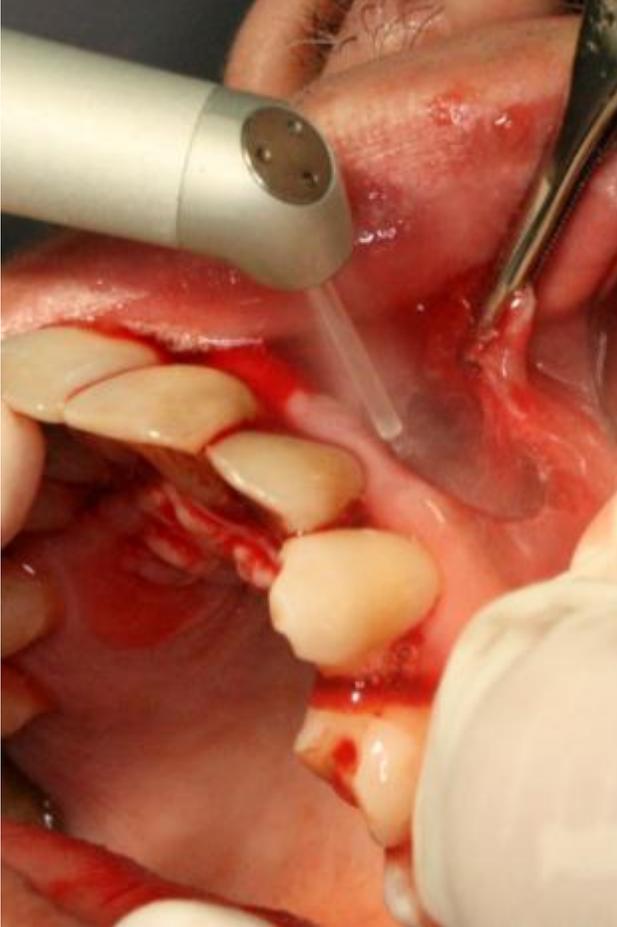
歯根端切除術 根管切除と歯根搔把



根尖部分を外科的に除去するには、ライトタッチは有効な代替手段である。

SFチップによる切断後の垂直根管の拡大が可能である。





根尖部の骨切断

全工程は、ライトタッチにより可能である。このレーザーの切削スピードは従来の方法に比べると若干遅いが、根尖切除の臨床への適用は、不快感や振動がない、レーザーによる殺菌効果が高く手術部位の汚染率が減る、隣接する組織へのトラウマの危険が減る、肉芽組織の除去が容易である、等多くの優位点がある。



