



エアアブレーション 『プレップスタート』による修復



吉田直人 (仙台市開業)

米国歯内療法学会正会員

日本歯科補綴科学会認定指導医

日本臨床歯内療法学会認定指導医

時のながれ：

歯科臨床において、硬組織を削去する手段としての回転式切削器具の効率性は誰しも認めるところである。しかし、このような切削方式に疑問を抱きながら、日々に診療を行っている歯科医師も多いことと推測する。回転切削方式が発生する振動、熱、騒音、疼痛、臭気等が不快であることは、患者のみならず歯科医師も気づいていることであり、患者が処置を嫌う要因ともなっている。

また、米国に於ては歯科医療施設における院内感染や医原性疾患が社会問題になり、切削器具をエアータービンから高性能マイクロモーターに転換している状況でもある。そして、エアータービンによる歯牙切削時の硬組織および歯髓に及ぼす為害性に関する研究から、切削の方式を見なおす歯科医師も増えつつある傾向にある。

このような状況の変化を支える環境として、歯科材料のうち接着性レジンの開発進歩が歯牙の切削を最少にする術式を可能とするようになった。また、不幸にして歯牙を切削される状況に至った患者が、歯の機能の回復は勿論、自分の歯の色を再現し形態を回復してくれる必要最小限の歯質削除による修復処置 (Minimum Invasion Dentistry, Minimal Intervention)

を期待する大きいうねりが生じてもいる。表1にこれらに対するエアアブレーションの臨床的特徴をまとめた。

このような状況を体感しつつ、また歴史的な流れを踏まえ、筆者はこの5年間、エアアブレーションを利用した臨床を行ってきた。当初を振り返るに、適応症例や切削の方法が十分には説明されず、試行錯誤にて操作方法を体得し、

表1 エアアブレーションの臨床的特徴

- 1) 回転切削と比較して患者への苦痛が少ない
- 2) 小さな形成が可能のため歯質の切削量を必要最小限にできる
- 3) ほとんどの処置が注射麻酔を必要としない
- 4) 接着性レジン開発にともなってG. V. Blackの窩洞形成の法則にとらわれる必要がなく、う蝕に罹患した部分だけを削除できる
- 5) 切削によるエナメル質のチップやマイクロクラックが生じない
- 6) 上記4と5による資質保全治療により、う蝕の再治療を繰返す過程で悪化するRestorative Cycleを防止し、医原性疾患を引き起こしにくい
- 7) う蝕象牙質の削除が確実にできるため歯髓の保存療法が容易である
- 8) 切削時間の短縮と効率がよいため、同時に多数の形成が可能
- 9) 切削面にスマア層やスマプラグができず、レジンの接着力を高める
- 10) 質の高い治療が望める
- 11) 患者、術者の双方にとってストレスが軽減できる

その原理を理解し、現在に至った。表2に、これまでの臨床適用例をまとめた。

原理：

エアアブレーションは原理として運動エネルギー（E）を応用するものであり、そのエネルギーEは $E = \frac{1}{2} MV^2$ （M：質量、V：速度）で示される。

具体的には、質量に酸化アルミナ粒子、速度にチップのノズルから噴射される圧縮空気が該当する。得られるエネルギーは、切削能力として、粒子の質量よりも2乗された速度に大きく依存している。歯牙切削は、歯牙組織を粉砕するのではなく、研磨作用（Abrasion）によるもので、噴射された酸化アルミナ粒子が歯の表面を磨耗させる（A wearing away）作用を利用している。ここで発生する摩擦熱は極めてごくわずかであり、噴射エアにより瞬時に放散されるので、象牙質細管内液の移動は起こらず、その結果、患者に不快感や痛みを与えないとされる。噴射時の粒子の流れを図1に示した。

このような原理から考えられるエアアブレーションの特徴を表3にまとめた。

プレップスタート：

ここで紹介するエアアブレーション装置は、米国ダンビル社のプレップスタートである。このプレップスタートが本年5月に発売されるまで、筆者はエアアブレーション

表2 エアアブレーションの臨床適用例

- 1) ブラーク除去、歯面清掃、ステイン除去
- 2) 歯肉縁上歯石除去
- 3) フィッシャーシーラント時の歯面処理
- 4) 充填に適したカリエス全般の窩洞形成
- 5) 小窩裂溝う蝕などの初期カリエス、小さなカリエスの窩洞形成
- 6) 形成困難な隣接面、歯頸部カリエス
- 7) トンネルプレパレーション
- 8) タービン、エンジンでは困難な軟化象牙質（病変組織）の除去
- 9) クラウン内および歯頸部カリエスの除去
- 10) 金属以外の充填物の除去
- 11) セメント等の歯面付着物の除去
- 12) 硬質レジン、メタルボンドの補修時の保持形態の付与
- 13) ポーセレンフルベークを除去せずに歯内療法が可能
- 14) セメントのぬれをよくするためのクラウン、修復物の内面処理
- 15) 急性化膿性歯髄炎の穿孔
- 16) ポストの除去
- 17) 接着性ブリッジ用の形成

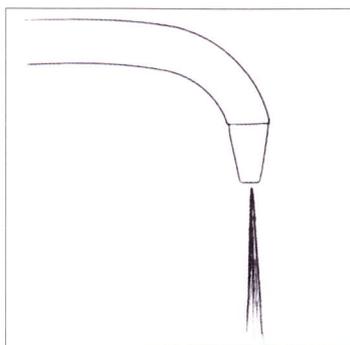


図1 噴射時の粒子の流れ。粒子は円錐状に拡散する。

表3 エアアブレーションの特徴

- 1) 歯牙に直接接触させる必要がない
 - 2) 切削器の不快感や切削音が生じない
 - 3) 切削行程で歯牙を加圧しない
 - 4) 摩擦熱がほとんどないため温度上昇が僅少である
 - 5) 切削による振動がない
 - 6) 熱が発生しないので注水の必要がない
 - 7) 切削による歯髄被害が少ない
 - 8) 切削による臭気が発生しない
- 以上の性状から通常の治療は無麻酔で処置可能である

ジョンにMicro Prep（米国サンライズ社）を使用していたが、プレップスタートは図2に示すように極めて小型にまとめられており、扱い易いことから本器を紹介する。

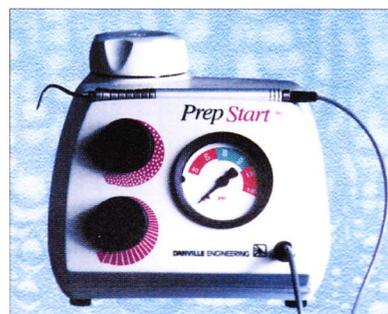


図2 プレップスタート正面像。

正面には、エア圧調整とパウダー量調節ノブがあり、それぞれ連続調節が可能である。圧力表示は40～140psiの範囲となっており、この上限を超える過入力に対しては安全弁が作動する。本体上部には、マグネットによりハンドピースを安定させるホルダーが供えてある。

臨床使用に先だて、噴射圧力、パウダー量、ノズル口径、ノズル形態の特徴を知り、ノズルチップと歯面との距離、角度等を変化させることにより切削錐（Cutting cone）の大きさや粒子の噴射により切削力が変化することを理解しておく必要がある。また、噴射される粒子は、歯質の最も抵抗の少ない経路を選ぶ傾向があることもエアアブレーションの特徴である。故に、図3、4のようなトンネルプレパレーションが容易にできる。

エア圧調節

粒子の噴射圧を調節し、運動エネルギーの速度を与えるもので、噴射圧が高いほど切削率もあがる。80~100psiの範囲内で使用することが望ましい。

パウダー量調節

粒子の噴射量を調節する。実際の使用においては、最も少ない量に設定することで、切削効率がよくなる。粒子が少ないと、エアゾール量が減少し、視野の改善にもなる。口径0.019インチのノズルでは、圧力80psiで1.5~4.8g/分の調節ができる。

ノズルの口径

ノズルの口径が大きくなるにつれ切削力は減少する。口径大のノズルでは切削効率が急減する。この特性を利用し、ノズルの口径を変えることにより、切削部の深さと広さを調節することができる。筆者は、深部カリエスのう蝕象牙質の削去に、口径大のノズルを使用し、エア圧を減少した条件で処置している。

ノズルの形態

図5のようにプレップスタートのノズル口径には、0.015、0.019、0.026インチの3種類が揃っている。ノズルの形態は、ハンドルの長軸に対する角度で表示され、45度、80度、90度、120度の4種類がある。120度のノズルを用いる事により、後方臼歯遠心面の切削も容易に行える。



図3 前歯部トンネルプレパレーション。
辺縁隆線を破壊しないので強度も確保され審美的にも良好。



図4 臼歯部トンネルプレパレーション。
辺縁隆線の確保は歯冠破折の防止になる。



図5 ノズルチップの形態。
左から45度、80度、90度、120度。
各アングルで口径0.015、0.019、0.026インチがある。

使用にあたって

臨床応用に際しては、患者、術者、補助者とも防護メガネを着用し、さらに僅かに湿らせたタオル等で患者の目と鼻腔周囲を覆うと良い。あるいは、患者に包布をあてがうなど、粒子の飛散に対する防護を行うことも一方法である。これに加えて口腔外バキュームを併用す



口腔外バキューム。
ラビッドバック™

ることにより、粒子飛散をさらに減らすことができる。また、軟組織保護として、湿らせたコットンロールやラバーダム防湿等の処置を行う場合もある。さらに、隣接歯をエアアブレーションから保護するために、所要の部位にセルロイドストリップスやラバーダム等をあてがうことも念頭に置く必要がある。

エアアブレーションによる切削性状：

エアアブレーションにおいて、切削面が凹凸にならず均一な深さと広さになるよう形成することが基本である。それには、種々設定条件における歯牙切削の特性を把握し、ノズルの動きや噴射時間の長短による切削円錐の形成を、まず抜去歯牙等を用いて練習することが肝要となる。臨床の前に抜去歯による切削テクニックの練習を勧めたい。

また、原理から推して自明であるが、エアアブレーションでは回転切削具のように、明確な線角、点角の形成が難しく、このような隅角を必要とするブラック分類のII級窩洞形成には適していないことが分かる。さらに、軸面形成も困難であり歯冠形成は不可能である。

図6は、エアアブレーションによる切削の一例をノズルと歯面との関係で模式的に示したものである。切削条件を、ノズル口径が小、パウダー量が多、エア圧が100psiとし、ノズルを動かしながら、エ

エアアブレーションの基本手技である図6-Aに示すように、均一な深さと広さをもつ平行な溝を切削できるよう実技を重ねる必要がある。

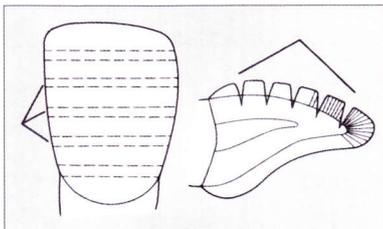
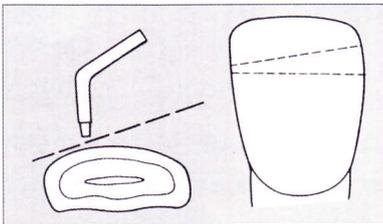
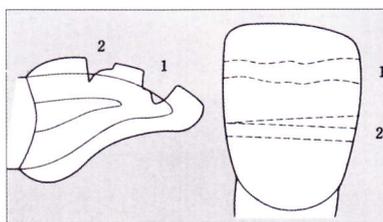


図6 エアアブレーションによる切削性状
A：左図は平行な溝が形成された切削で、右図は均一な深さと広さの切削を示す。



B：ノズルと歯面間距離が左図の破線に沿って広がると、右図に示すように切削面の幅も広がる。ここでは示していないが、深さは浅くなる。



C：切削の途中でためらうと、その箇所においてより深くあるいは広く切削されるため、深さも広さも不均一となる。これを防ぐには、ノズルの動きを一定にして切削することである。

エアアブレーションの切削面：

エアアブレーションによる切削の特徴を理解するために、エアアブレーションと回転切削器具による切削面をSEM像により比較

した。

図7～9は、テキサス大学ヒューストン医療センター歯科保存修復学Ebb A. Berry, III教授のご厚意により提供いただいたものである。

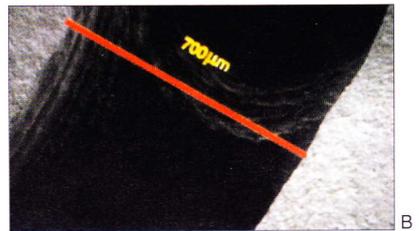
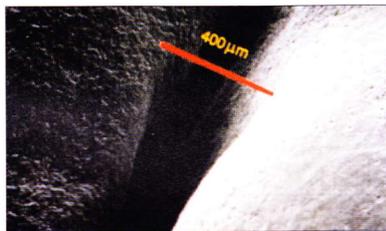


図7 エアアブレーションと回転切削法による幅100 μmの裂溝の切削面SEM像
A：ノズル口径0.015インチ（375 μm）による2秒間（2回の往復）による切削。裂溝幅が400 μmでノズル口径より25 μm広がった。窩縁部と、窩縁部から窩底部へかけて丸味で移行する滑らかな外形曲線を呈す。
B：最少バーによる回転切削。裂溝幅、深さも大きく、バーの直径より100 μm以上広がった。窩縁部は直角に移行し、面は凹凸で粗く、振動によるエナメル質のクラックを認める。



図8 エアアブレーションと回転切削法による窩洞断面SEM像
A：エアアブレーション法による。マイクロクラックやチップを認めない平滑な表面。
B：回転切削法による。マイクロクラックやチップが切削歯面全体に認められる。



図9 エアアブレーションと回転切削法による象牙質断面SEM像
A：エアアブレーション法による。スマア層と象牙細管の切削片ともに認めず、細管口が露出している。
B：回転切削法による。スマア層を認め、象牙細管には切削片が詰っている。

臨床例から

表2に示したように、エアアブレーションを用いたその臨床適用範囲は広範にわたっている。ここには、そのうちから特徴的な症例を示した。本症例は、プレップスタートと一部Micro Prepによるものであることをお断りする。



図10 上顎右側中切歯。隣接歯保護のため、簡易ラバーダムで隔壁。

症例1

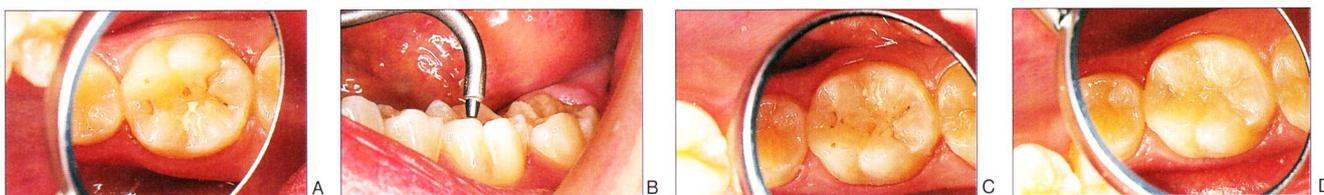


図11 右側下顎第1大臼歯。小さく狭い窩洞のエアアブレーションで、カリエス部のみを削去し、健康なエナメル質を残した窩洞形成。
A：形成前。B：エアアブレーションによる窩洞形成。C：形成終了後。D：充填終了。

症例2

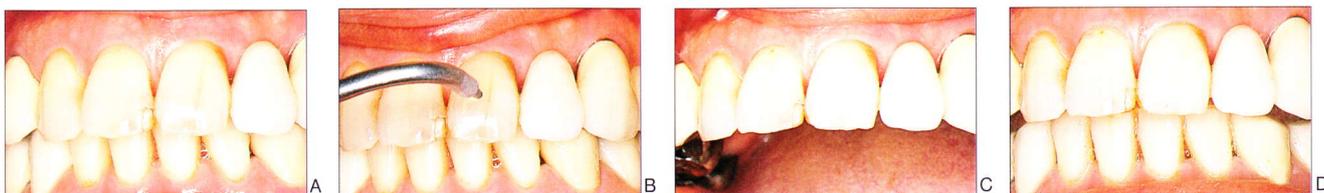


図12 左側上顎中切歯。細いヘアーライン状のう蝕。A：形成前。B：線状の窩洞形成も容易。C：形成終了後。D：充填終了。

症例3

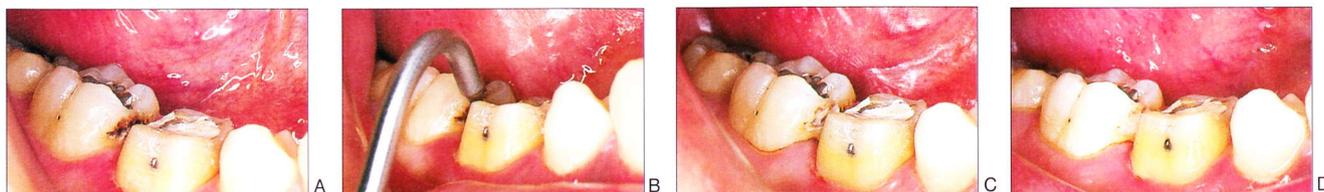


図13 右側下顎第2大臼歯。A：形成前。B：湾曲ノズルを使用すれば、咬合面を削除すること無く近心面窩洞を形成。C：形成終了後。D：充填終了。

症例4



図14 右側上顎第2大臼歯。
A：治療作業が困難な遠心隣接面歯肉縁下カリエス。
B：湾曲の強いノズルを使用し、容易に窩洞を形成。

症例5

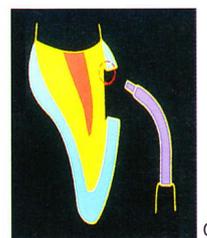


図15 右側上顎第1、第2小臼歯。A：歯肉縁下に広範囲う蝕。B：アンダーカット付与。
C：エアアブレーションによるアンダーカットの付与模式図。D：形成終了後。E：充填終了。

症例6

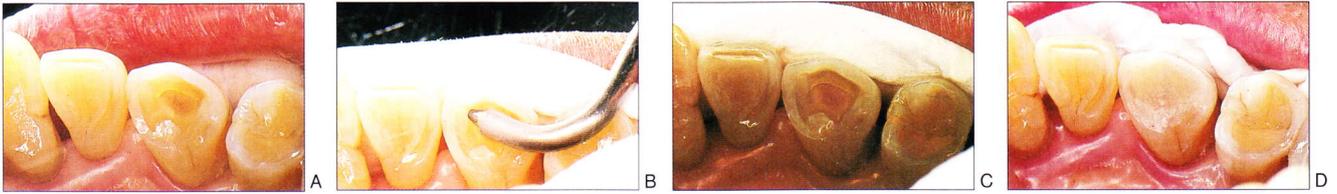


図16 右側上顎犬歯。冷水痛が主訴の高度の咬耗症。A：舌側基底部のエナメル質は完全に磨耗し、象牙質う蝕が進行している。B：アンダーカットの付与。C：窩洞形成完了。本法により健康なエナメル質の保存が容易にできる。D：充填終了。

症例7



図17 左側上顎中切歯。広範な唇側う蝕と舌側は高度な咬耗により強度の歯冠部崩壊した症例。唇側エナメル質に損傷を与えないように形成。

症例8

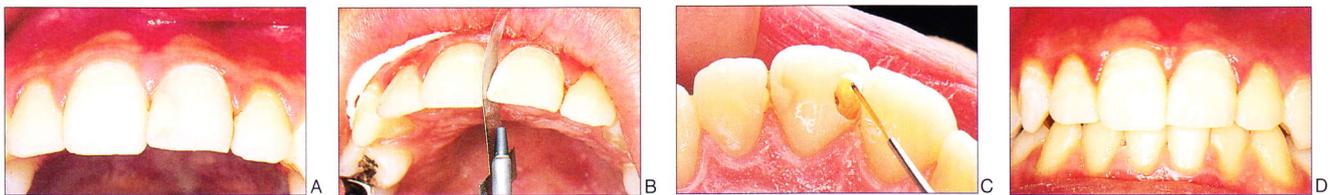


図18 左側上顎中切歯。A：唇側エナメル質に及ぶう蝕。B：隣接歯保護のため、メタルストリップで隔壁。C：薄板状のエナメル質を、損傷することなく残して形成。D：充填終了。

症例9



図19 右側上顎側切歯～左側上顎中切歯。白斑をともなった平滑面う蝕。A：歯冠部には、歯頸部に至る白斑状の広範性う蝕を認める。B：白斑を含めたエアアブレーションによる窩洞形成。C：充填終了。

症例10



図20 左側上顎側切歯～第1大臼歯。形成器具を交換することなく、全てのステップが1本のノズルで可能なため多数歯の形成に効率がよい。A：形成前。B：同時に効率よく4歯を形成。C：充填終了。

症例11

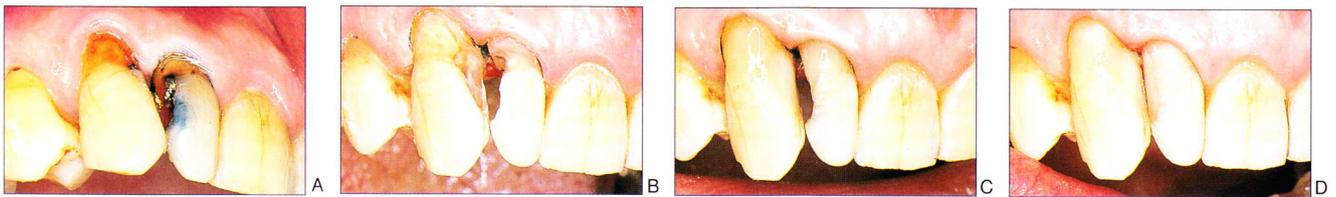


図21 右側上顎中切歯。歯肉縁下に及ぶ二次う蝕。A：深部に及ぶCR充填二次う蝕。B：ラバーダムを装着し、隣在歯（左側中切歯）を保護。C：切端部遊離エナメル質は保存し、細部の形成には角度の付いた最少のノズル口径を使用。D：充填終了。

症例12

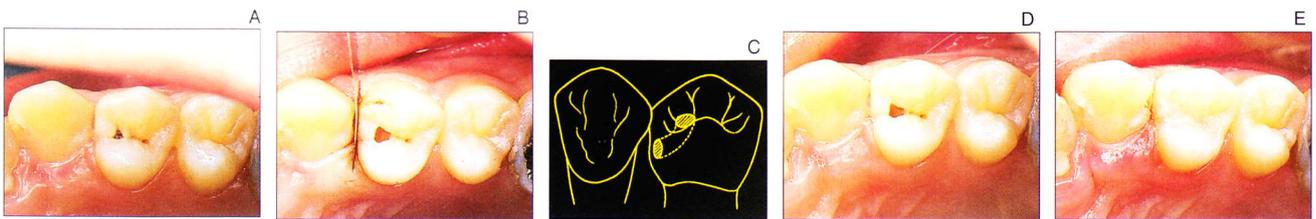


図22 左側上顎第1小臼歯。A：咬合面から近心隣接部に及ぶう蝕。B：メタルストリップによる隔壁。C：トンネル形成の模式図 D：トンネル窩洞形成。E：充填終了。

症例13



図23 右側上顎第1、第2大臼歯。広範に進行した冠内う蝕歯を歯髄保存した症例。A：X線像。第1大臼歯の被覆冠の歯肉縁下歯根部に及ぶう蝕が認められる。第2大臼歯では、アンレー下に二次カリエスが深部にまで進行している。B：被覆冠、充填物除去後の咬合面観。両歯ともう蝕は深部にまで進行。C：う蝕象牙質をエアアブレーション。第1大臼歯はう蝕が複雑に進行していたが、歯髄を保存。D：歯質崩壊が顕著なため、生活歯のままメタルコアによる築造を装着。E：処置後X線像。

症例14

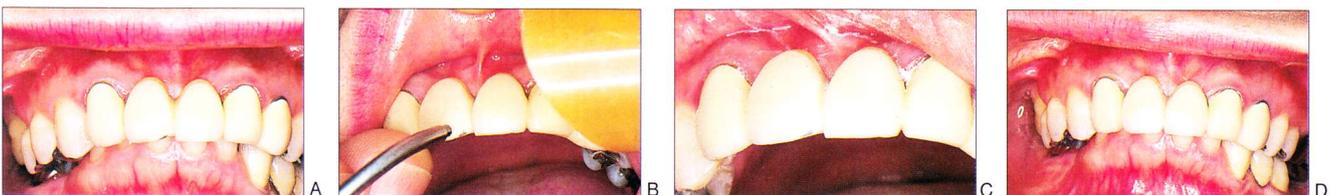


図24 右側上顎中切歯。メタルボンディング破折・修復。A：メタルボンディング破折状態。B：破折部全域をエアアブレーション表面処理した後にピンホール形成。C：形成された保持用ピンホール。D：充填終了。

文献：

- 1, 吉田直人, 最新Air Abrasive Technicを用いた無痛治療のシステム化について その1 基礎編, the Quintessence, Vol.15, 2139-2146, 1996.
- 2, 吉田直人, 最新Air Abrasive Technicを用いた無痛治療のシステム化について その2 実際編, the Quintessence, Vol.15, 2325-2336, 1996.