

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6407140号
(P6407140)

(45) 発行日 平成30年10月17日(2018.10.17)

(24) 登録日 平成30年9月28日(2018.9.28)

(51) Int.Cl.

A 6 1 C 17/02 (2006.01)

F 1

A 6 1 C 17/02

G

A 6 1 C 17/02

B

A 6 1 C 17/02

J

請求項の数 20 (全 42 頁)

(21) 出願番号 特願2015-501825 (P2015-501825)
 (86) (22) 出願日 平成25年3月15日 (2013.3.15)
 (65) 公表番号 特表2015-510829 (P2015-510829A)
 (43) 公表日 平成27年4月13日 (2015.4.13)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2013/032635
 (87) 國際公開番号 WO2013/142385
 (87) 國際公開日 平成25年9月26日 (2013.9.26)
 審査請求日 平成28年3月15日 (2016.3.15)
 (31) 優先権主張番号 61/614,463
 (32) 優先日 平成24年3月22日 (2012.3.22)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 512125116
 ソネンド インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 926
 53 ラグナ ヒルズ メリット サーク
 ル 26051 スイート 102
 (74) 代理人 100100549
 弁理士 川口 嘉之
 (74) 代理人 100113608
 弁理士 平川 明
 (74) 代理人 100123098
 弁理士 今堀 克彦
 (72) 発明者 ベルクハイム, ビャーネ
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 926
 92 ミッション ビエホ イベッサ ロ
 ード 26362

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】歯を洗浄する装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

外面にう蝕領域を有する歯を治療するシステムであって、
 流体を保持するようなサイズおよび形状であるチャンバを有する流体プラットフォームであって、前記チャンバが前記歯の前記外面に対して少なくとも部分的に封止されたときに前記チャンバが前記歯の前記外面における前記う蝕領域の周囲に密封空間を画定するように、前記チャンバが、前記う蝕領域にわたって前記歯の外面に結合されかつ前記外面に対して少なくとも部分的に封止するように構成されている、流体プラットフォームと、

前記チャンバ内に配置されるように構成された先端を有し、かつ前記保持流体内に前記う蝕領域を洗浄するのに十分なエネルギーの圧力波を発生させるように構成された圧力波発生器であって、前記先端が前記う蝕領域の近くの前記歯の外側に配置される圧力波発生器と、

を具備し、

前記圧力波発生器が、さらに、広帯域出力スペクトル及び複数の周波数を有する圧力波を生成するように構成され、前記広帯域出力スペクトルは、1 Hz から 100 kHz の範囲の周波数において著しい出力のエネルギーを含み、前記圧力波が前記著しい出力のエネルギーで生成される前記複数の周波数は、少なくとも 1 つの連続した周波数範囲を形成するシステム。

【請求項2】

前記圧力波発生器が、前記保持流体内に、前記チャンバに実質的に流体が充填されたと

きに前記う蝕領域を洗浄するのに十分な圧力波を発生させるように構成されている、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記流体プラットフォームが、前記チャンバを備えるキャップと、前記キャップを前記歯に封止するように構成されたシールとを備える、請求項1に記載のシステム。

【請求項4】

前記キャップが、少なくとも2つの隣接する歯に結合されるように構成されている、請求項3に記載のシステム。

【請求項5】

前記圧力波発生器が、液体ジェット装置、レーザ、機械的ロータ、超音波ホーンまたは圧電発振器を含む、請求項1に記載のシステム。 10

【請求項6】

前記圧力波発生器が前記液体ジェット装置を含む、請求項5に記載のシステム。

【請求項7】

前記流体プラットフォームが、前記チャンバから廃棄流体を除去するように構成された出口を備える、請求項1に記載のシステム。

【請求項8】

前記流体プラットフォームが、流体を前記チャンバに送達するように構成された入口を備える、請求項1に記載のシステム。 20

【請求項9】

前記流体プラットフォームが、前記チャンバ内に保持される前記流体の圧力を少なくとも部分的に調整するように構成された通気孔を備える、請求項1に記載のシステム。

【請求項10】

先端を有し前記圧力波発生器を支持するハンドピースをさらに具備する、請求項1に記載のシステム。

【請求項11】

前記圧力波発生器の少なくとも一部が、前記ハンドピースの前記先端に配置されている、請求項10に記載のシステム。

【請求項12】

前記流体プラットフォームが前記ハンドピースの前記先端に結合されるように構成されている、請求項11に記載のシステム。 30

【請求項13】

前記流体プラットフォームが前記ハンドピースに取り付けられている、請求項11に記載のシステム。

【請求項14】

歯の外面におけるう蝕領域を洗浄するシステムであって、前記う蝕領域が、少なくとも部分的に2つの隣接する歯の間の空間に配置されており、前記システムが、

前記空間内に少なくとも部分的に流体を保持するように構成された流体保持器であって、前記チャンバが前記歯の前記外面に対して少なくとも部分的に封止されたときに前記歯の前記外面における前記う蝕領域の周囲に密封空間を画定するチャンバを有する流体保持器と、 40

前記歯の間の前記空間内の前記保持流体内に圧力波を伝播させて前記う蝕領域を洗浄するように構成された圧力波発生器であって、前記チャンバ内に配置されるように構成された先端を有し、かつ前記保持流体内に前記う蝕領域を洗浄するのに十分なエネルギーの圧力波を発生するように構成され、前記先端が前記う蝕領域の近くの前記歯の外側に配置される圧力波発生器と、

を具備し、

前記圧力波発生器が、さらに、広帯域出力スペクトル及び複数の周波数を有する圧力波を生成するように構成され、前記広帯域出力スペクトルは、1Hzから100kHzの範囲の周波数において著しい出力のエネルギーを含み、前記圧力波が前記著しい出力のエネ 50

ルギーで生成される前記複数の周波数は、少なくとも 1 つの連続した周波数範囲を形成するシステム。

【請求項 15】

前記圧力波発生器が、前記空間の外側に配置されるように構成されている、請求項 14 に記載のシステム。

【請求項 16】

前記圧力波発生器が、前記空間の外側に前記圧力波を発生させるように構成されている、請求項 15 に記載のシステム。

【請求項 17】

前記う蝕領域が、完全に前記 2 つの歯の間に配置されている、請求項 14 に記載のシステム。

10

【請求項 18】

脱気液を前記空間へ送達するように構成された流体入口をさらに具備し、

前記保持流体が前記脱気液を含む、請求項 14 に記載のシステム。

【請求項 19】

前記広帯域出力スペクトルが、100 kHz より大きい周波数のエネルギーを含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 20】

前記広帯域出力スペクトルが、100 kHz より大きい周波数のエネルギーを含む、請求項 14 に記載のシステム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、全体としてかつすべての目的で参照により本明細書に組み込まれる、2012年3月22日に出願され、「APPARATUS AND METHODS FOR CLEANING TEETH」と題する、米国仮特許出願第 61/614,463 号明細書の優先権を主張する。

【0002】

本開示は、概して歯科学に関し、特に、1つまたは複数の歯を治療する装置、方法および組成物に関する。

30

【背景技術】

【0003】

歯の腐食または空洞としても知られる虫歯（う蝕）は、世界で最も一般的な慢性疾患のうちの 1 つである。う蝕は、多くの場合、歯の表面に蓄積した食べ物のかすの加水分解による酸の生成による、硬組織（たとえば、エナメル、象牙質およびセメント質）の脱灰および歯の有機物の破壊をもたらす感染である。脱灰が、唾液からの、またはカルシウムおよびフッ素入り歯磨の使用等の他の要因からの再石灰化を上回る場合、これらの組織は、徐々に分解し、虫歯（たとえば、歯の空洞または穴）を生成する。治療せずに放置した場合、疾患は、痛み、歯の喪失および感染をもたらす可能性がある。虫歯は直接見えることもあるが、う蝕およびその破壊の広がりは、触覚検査によるとともに、撮像、たとえばレントゲンによって検出し評価することができる。う蝕は、歯のあらゆる場所、たとえば咬合面（小窩および裂溝う蝕）、隣接面および歯頸面（平滑面う蝕）、歯根面等に生じ発現し得る。

40

【0004】

う蝕または空洞は、さまざまな段階で進行し得る。たとえば、初期段階のう蝕は非う窩性であることがあり、その場合、う蝕はエナメル内で進行しているが、エナメルの下の象牙質内には進行していない。う蝕がそれ以上進行しない場合、治療なしまたは最小限の治療が適切である場合がある。しかしながら、エナメル内へのさらなる進行がある場合、シーラントおよび／または抗菌剤あるいはフッ素剤の塗布等の治療が望ましい場合がある。

50

腐食がエナメルの下で象牙質内に進行しているが歯髄に達していない場合、臨床医は、歯を修復し抗菌剤および／またはフッ素剤を塗布することによって、歯を治療することができる。歯髄腔内に進行するう蝕の場合、歯内治療が勧められることが多い。

【0005】

虫歯は、一般に、細菌およびそれらの副生成物、食べ物の残り、健康な組織および腐食した歯を含み、他の有機物質および／または無機物質を含み得る。有機物質（または有機物）は、たとえば、生きているか、炎症を起こしているか、感染しているか、罹患しているか、壊死しているか、または腐敗しているかに限らず、軟組織、血管、神経、結合組織、細胞内容物質、膿、微生物、細菌、生体膜および歯垢等、健康な歯あるいは罹患歯または歯根管系に通常見られる有機物質を含む。無機物は、歯の中または上に頻繁に存在する、石灰化組織ならびに石灰化構造、歯石等を含む。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

現行の治療技法には、一般に、健康な象牙質を露出させ得るう蝕および罹患組織の（たとえば、歯科用バー、エキスカベータ等を使用する）機械的除去がある。しかしながら、バー（または他の機械的器具）は、罹患した象牙質と健康な象牙質とを区別することができず、エキスカベータおよびエキスプローラ等の他の器具は、穴あけを継続するべき程度を正確に確定することができないことがある。これにより、う蝕の除去が不完全になるかまたは健康な象牙質が過度に強力に除去される結果となる場合があり、それにより歯の寿命が短くなり得る。

20

【0007】

その後、歯の除去された部分に、合成物、樹脂、金、陶材等の固形物を充填することができ、歯を修復することができる。しかしながら、この処置は、歯からすべての腐敗物質を除去することはできず、修復材料の不適切な結合、したがって細菌の漏洩、およびその後の感染等の処置後合併症に至る場合がある。さらに、歯科用ドリルおよび麻酔薬の使用は、患者に対して不快であることもある。したがって、虫歯を治療する改善された方法および装置を提供することが有利であり得る。

【課題を解決するための手段】

【0008】

30

ここで、開示する装置、方法および組成物の特徴を例示するために、本開示のさまざまな限定しない態様を提供する。歯内治療用の装置、方法および組成物の例を提供する。

【0009】

一実施形態では、う蝕領域を有する歯を治療するシステムが開示される。本システムは、流体を保持するようなサイズおよび形状のチャンバを有する流体プラットフォームを含むことができる。チャンバを、う蝕領域にわたって歯の外面に結合されかつ少なくとも部分的にその外面に対して封止するように構成することができる。圧力波発生器が、チャンバ内に配置されるように構成された先端を有することができる。圧力波発生器を、保持流体内に、う蝕領域を洗浄するのに十分な圧力波を発生させるように構成することができる。

40

【0010】

別の実施形態では、う蝕領域を有する歯を治療する方法が開示される。本方法は、歯のう蝕領域にわたってキャップをあてがうステップを含むことができる。キャップはチャンバを含むことができる。キャップの少なくとも一部を、歯の外面に封止することができる。本方法は、チャンバに少なくとも部分的に流体を充填するステップをさらに含むことができる。圧力波発生器をチャンバ内に、圧力波発生器の少なくとも一部がチャンバ内の流体に浸漬されるように配置することができる。圧力波発生器を、チャンバ内で作動させて、歯のう蝕領域を洗浄することができる。

【0011】

さらなる別の実施形態では、歯のう蝕領域を洗浄する方法が開示される。う蝕領域は、

50

少なくとも部分的に2つの隣接する歯の間の空間に配置され得る。本方法は、空間内に流体を保持するステップを含むことができる。本方法は、空間内の保持流体内に圧力波を伝播させてう蝕領域を実質的に洗浄するステップをさらに含むことができる。

【0012】

別の実施形態では、歯のう蝕領域を洗浄するシステムが開示される。う蝕領域は、少なくとも部分的に2つの隣接する歯の間の空間に配置され得る。本システムは、空間内に流体を少なくとも部分的に保持するように構成された流体保持器を備えることができる。本システムはまた、歯の間の空間内の保持流体内に圧力波を伝播させてう蝕領域を洗浄するように構成された圧力波発生器も含むことができる。

【0013】

別の実施形態では、歯のう蝕領域を洗浄する方法が開示される。本方法は、歯の外面のう蝕領域においてまたはその近くで歯に対して高速液体ジェットを向けるステップを含むことができる。本方法は、う蝕領域の実質的にすべてが除去されるまで、う蝕領域においてまたはその近くで液体ジェットを歯と接触した状態で維持するステップをさらに含むことができる。

10

【0014】

したがって、可能な限り歯の構造的完全性を保持するように、健康な歯を維持しながら、罹患組織を除去することが有利であり得る。本明細書に記載するシステムおよび方法は、こうした解決法のさまざまな実施形態を提示する。さらに、開示するシステムおよび方法を、従来の技法と組み合わせることも可能である。たとえば、開示する実施形態を用いて歯を洗浄した後、さらにバーを使用して、空洞を成形しそれを修復のために準備することができる。別の例として、開示した実施形態を用いてう蝕を除去した後に、フッ素療法または他の石灰化療法を行って、回復プロセスをさらに促進することができる。

20

【0015】

この概要の目的で、いくつかの開示する発明のいくつかの態様、利点および新規の特徴を要約している。本発明のいかなる特定の実施形態によっても、こうした利点の必ずしもすべてを達成することができるとは限らないことが理解されるべきである。したがって、たとえば、当業者は、本明細書に開示する発明を、本明細書に教示されている利点または利点群を、本明細書に教示または示唆され得る他の利点を必ずしも達成することなく達成する方法で、具現化したまは実行することができる。さらに、上述したことは、いくつかの開示する発明を要約するように意図されており、本明細書に開示する発明の範囲を限定するようには意図されていない。

30

【0016】

歯を洗浄する装置および方法の実施形態の上述したおよび他の特徴、態様および利点を、本発明の実施形態を限定するのではなく例示するように意図されているさまざまな実施形態の図面を参照して、以下に詳細に説明する。図面は以下の図を含む。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1A】歯からう蝕領域を除去することができる構成要素を含む歯科用システムの概略図を示す。

40

【図1B】治療歯に結合され歯の比較的小さいう蝕領域を覆う流体プラットフォームを示す、図1Aの歯科用システムの概略側断面図である。

【図2】治療歯に結合され歯の比較的大きいう蝕領域を覆う流体プラットフォームを有する歯科用システムの概略側断面図である。

【図3A】虫歯を治療するさまざまな段階における歯科洗浄処置を示す。

【図3B】虫歯を治療するさまざまな段階における歯科洗浄処置を示す。

【図3C】虫歯を治療するさまざまな段階における歯科洗浄処置を示す。

【図4】治療歯に結合され歯の咬合面のう蝕領域を治療するように構成されている流体プラットフォームを有する歯科用システムの概略側断面図である。

【図5A】2つの隣接する歯に結合され歯の隣接面のう蝕領域を治療するように構成され

50

ている流体プラットフォームを有する歯科用システムの概略側断面図である。

【図5B】線5B-5Bに沿って取り出された図5Aのシステムの底断面図である。

【図6】流体出口を有する流体プラットフォームを含む歯科用システムの概略側断面図である。

【図7】流体出口および流体入口を有する流体プラットフォームを含む歯科用システムの概略側断面図である。

【図8】流体出口、流体入口および1つまたは複数の通気孔を有する流体プラットフォームを含む歯科用システムの概略側断面図である。

【図9A】2つの隣接する歯に結合され2つの歯の間のう蝕領域を治療するように構成された流体プラットフォームを含む歯科用システムの概略側断面図である。 10

【図9B】線9B-9Bに沿って取り出された図9Aのシステムの側断面図である。

【図10】歯からう蝕を取り除く1つの方法例を示すフローチャートである。

【図11A】圧力波発生器の異なる実施形態によって発生させることができる音響出力のあり得る例を概略的に示すグラフである。

【図11B】圧力波発生器の異なる実施形態によって発生させることができる音響出力のあり得る例を概略的に示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0018】

図面を通して、参照する要素間の概略的な対応関係を示すために参照番号を再使用する場合がある。図面は、本明細書に記載する実施形態例を例示するために提供され、本開示の範囲を限定するようには意図されていない。 20

【0019】

本開示は、予防、修復、歯内、歯周および他のタイプの歯科処置を含む、歯科処置を行う装置、方法および組成物を記載する。たとえば、本明細書に開示する実施形態を使用して、1つまたは複数の歯のう蝕領域、たとえば歯の腐食のある歯の領域から有機物および/または無機物を効率的にかつ非侵襲的に除去する（かつ/または消毒する）ことができる。歯のう蝕領域は、たとえば隣接面、咬合面、頬側面および/または舌側面を含む、歯の外面であり得る。開示する実施形態は、歯の健康な部分を傷つけることなく、かつ従来の技法に起因することが多い著しい痛みまたは不快をもたらすことなく、実質的にう蝕領域全体を除去することができる。 30

【0020】

I. さまざまな開示する実施形態の概説

図1Aは、歯110からう蝕領域115を除去することができる構成要素を含む歯科用システム100の概略図を示す。有利には、システム100は、歯110の健康な部分に損傷を与えることなく非侵襲的にう蝕領域115を除去することができ、システム110は、従来のシステムより完全にう蝕領域115を除去することができる。実際に、開示するシステム100は、従来のシステムを用いて治療することが困難である面を含む、歯のあらゆる好適な面においてう蝕領域115を洗浄することができる。

【0021】

システム100は、操作卓106、ハンドピース108、活性エネルギー出口114、および治療される歯110に結合するように構成された流体プラットフォーム101を含むことができる。活性エネルギー出口114は、圧力波発生器105あるいは流体運動源または両方を含むことができる。圧力波発生器105を、圧力波を発生させるように構成することができ、流体運動源を、チャンバ内の流体の動きをもたらし、チャンバ内の流体に乱流をもたらし、チャンバ内の治療流体の循環をもたらし、かつ/またはチャンバ内の流体に他の動態をもたらすように構成することができる。たとえば、活性エネルギー出口114を、治療部位に新たな治療液を導入するように、かつ/または治療部位から廃棄流体を除去するように構成することができる。いくつかの実施形態では、治療部位に対する治療流体の出入りは、流体プラットフォーム101の1つまたは複数のポートを介して提供される。さらに、いくつかの実施形態では、圧力波発生器105は、後にさらに説明す 40

るよう、チャンバ内の流体の移動をもたらすことが（すなわち、流体運動源として機能することも）できる。操作卓 106 は、たとえばさまざまな導管 113（たとえば、流体導管、光ファイバ、光学ミラーおよび／または電線）によって、ハンドピース 108 と電気通信、電磁通信、光通信および／または流体連通することができ、ハンドピース 108 に治療流体、電力、制御信号等を供給することができる。たとえば、操作卓 106 は、流体貯蔵器と、治療流体から溶存気体を除去するように構成された脱気システムと、ポンプと、治療流体の特性を測定するように構成された 1 つまたは複数のセンサと、混合システムと、治療処置の動作を制御するように構成されたコントローラと、ユーザインタフェースとを含むことができる。臨床医は、操作卓 106 のユーザインタフェースと対話して、システム 100 を操作し、治療処置を管理することができる。たとえば、臨床医は、操作卓 106 を使用して、流体プラットフォーム 101 への治療流体の供給、歯 110 を洗浄する圧力波発生器 105 の起動、処置の現状および他の好適なパラメータ等、治療処置のさまざまなパラメータを制御し監視することができる。10

【0022】

臨床医は、1 つまたは複数の歯 110 の治療に対して流体プラットフォーム 101 をあてがうことができる。いくつかの実施形態では、流体プラットフォーム 101 をハンドピース 108 の一部とすることができる、その場合、臨床医は、ハンドピース 108 を使用して、流体プラットフォーム 101 を歯 110 に結合することができる。他の実施形態では、流体プラットフォーム 101 を、ハンドピース 108 とは別個にすることができる、ハンドピース 108 を用いることなく歯 110 にあてがうことができる。臨床医は、ハンドピース 108 を使用して、圧力波発生器 105 を歯 110 の近くにまたは歯 110 に接して配置し、治療中に流体プラットフォーム 101 および／または圧力波発生器 105 を操作することができる。圧力波発生器 105 を、流体プラットフォーム 101 の中、上、またはそれを通して圧力波を発生させるように作動させることができる。さまざまな実施形態では、流体プラットフォーム 101 は、圧力波発生器 105 によって発生する圧力波の伝播用の媒体として作用するように治療流体を保持することによって、洗浄処置を容易にすることができる。さらに、流体プラットフォーム 101 は、流体プラットフォーム 101 内の吸引、灌注、流体移動、ならびに／または治療前、治療中および／あるいは治療後の流体の混合を容易にするさまざまな構成要素を含むことができる。20

【0023】

それにより、本明細書において、開示する実施形態を参照して説明するように、開示するシステム 100 を、う蝕領域 115 が形成される面に限らず、歯 110 からう蝕領域 115 の実質的にすべてを除去するように構成することができる。有利には、洗浄処置は、健康な歯質に損傷を与えることなく、かつ患者を他の方法で傷つけることなく、う蝕領域 115 を非侵襲的に除去することができる。圧力波発生器 105 および流体プラットフォーム 101 を使用してう蝕を除去することにより、臨床医は、有利に、歯の表面を機械的に（または他の方法で）診査する（それにより、歯 110 の健康な象牙質または他の部分が損傷する場合、歯 110 を傷つける可能性がある）ことなく、う蝕を治療することができる。30

【0024】

さらに、開示する実施形態により、臨床医が、他の方法で見つけることが困難である場合があるう蝕を検出することを可能にすることができます。たとえば、特定の歯 110 において（たとえば、隣接面または咬合面において）、う蝕の存在が疑われるが明確に特定されない場合、従来の技法では、歯を治療する前にう蝕の存在を確認するために侵襲的器具および処置を用いることが多い。本明細書に開示する実施形態では、システム 100（たとえば流体プラットフォーム 101）を歯 110 にあてがうことができ、システム 100 は、いかなる侵襲的器具も使用する必要なしに初期段階でう蝕を除去することができる。たとえば、歯 110 のある領域が、う蝕を含むものとして疑われる場合、流体プラットフォーム 101 を歯 110 にあてがって、歯 110 から未検出および／または未確認のう蝕でさえも除去することができる。40

【0025】

さらに、非う窩性う蝕およびう窩性う蝕の両方の洗浄および消毒を、非侵襲的に行うことができる。非う窩性う蝕に対しては、従来の歯科技法を使用していかなる治療も行われないかまたは最低限の治療が行われる場合があるが、本明細書に開示する実施形態は、非う窩性う蝕がより実質的な腐食に進行するのを止めるかまたは遅くすることができ、歯110の健康を維持するのに役立つ。さらに、本明細書に開示する実施形態は、実質的にいかなる健康な象牙質も除去することなく、う窩性う蝕を取り除き消毒することができる。本技術の緩やかな作用により、薄い象牙質壁を破壊し歯髄を露出させるリスクなしにまたは最小限のリスクで、歯髄の近くの深いう蝕を取り除くことができる。開示する実施形態はまた、健康な救済可能なエナメルを除去する必要なく、エナメルの下の腐食した象牙質およびう蝕を取り除くことも可能であり、たとえば、開示した圧力波発生器は、エナメルの下を洗浄するためにエナメルにすでに存在する穴を通って伝播することができる圧力波を発生させることができる。

10

【0026】

圧力波発生器および流体プラットフォームのさまざまな詳細を、「APPARATUS AND METHODS FOR TREATING ROOT CANALS OF TEETH」と題する、米国特許出願公開第2007/0248932号明細書として2007年10月25日に公開された、2007年4月19日に出願された米国特許出願第11/737,710号明細書に、「LIQUID JET APPARATUS AND METHODS FOR DENTAL TREATMENTS」と題する、米国特許出願公開第2011/0117517号明細書として2011年5月19日に公開された、2010年11月12日に出願された米国特許出願第12/945,791号明細書に、「APPARATUS, METHODS, AND COMPOSITIONS FOR ENDODONTIC TREATMENTS」と題する、米国特許出願公開第2012/0237893号明細書として2012年9月20日に公開された、2011年10月21日に出願された米国特許出願第13/279,199号明細書に、「APPARATUS AND METHODS FOR SEALING TEETH」と題する、2013年2月21日に出願された米国仮特許出願第61/767,746号明細書に、かつ「APPARATUS AND METHODS FOR CLEANING TEETH」と題する、2012年3月22日に出願された米国仮特許出願第61/614,463号明細書に見ることができ、それらの各々は、全体としてかつすべての目的で参考により本明細書に組み込まれる。

20

【0027】

I I . 開示するシステムの特徴例

A . 流体プラットフォーム例

本明細書で説明するように、さまざまな流体プラットフォームを使用して、1つまたは複数の歯からう蝕領域を取り除くことができる。こうした流体プラットフォーム101のさまざまな構成要素について本明細書に記載する。本明細書で開示する流体プラットフォーム101の構成要素は、本明細書に開示する各実施形態、たとえば図1A～図10の実施形態に概して適用可能でありかつ好適であることに留意されたい。この開示を、流体プラットフォーム101の特定の特徴を本明細書に開示するいかなる特定の実施形態にも限定するものとして解釈するべきではない。

40

【0028】

いくつかの実施形態では、流体プラットフォーム101を、キャップのチャンバ等、実質的密閉空間内に治療液を維持するために使用することができる。ある体積の治療流体を保持する概して封止された空間を生成することは、う蝕を取り除くことを有利に可能にすることができる。いくつかの構成では、流体プラットフォーム101は、吸引、灌注、移動、循環および混合を促進する構成要素を含むことができる。いくつかの実施態様では、流体プラットフォーム101は、本開示を例示するがその範囲を限定しないように意図される以下の要素または特徴（および上に開示した要素または特徴）のうちのいくつかまた

50

はすべての実施形態を含むことができる。本明細書に開示する実施形態で使用するのに好適であり得る流体プラットフォーム 101 のさらなる詳細は、たとえば、すべての目的で参考により本明細書に組み込まれる、2012年9月20日に公開された、米国特許出願公開第2012/0237893号明細書の段落番号 [0005]、[0041]～[0049]、[0058]～[0086] および他のさまざまな部分に見ることができる。

【0029】

1. 流体保持器またはキャップ

流体プラットフォーム 101 は、圧力波発生器 105 が動作することができる一体の流体を提供するためにう蝕領域 115 とハンドピース 108 との間の概して封止された液体接続を維持するように、流体保持器、流量制限器またはキャップを含むことができる。いくつかの実施形態では、キャップを、ハンドピース 108 の先端部分に結合するかまたはそれに一体的に形成することができる。別の実施形態では、キャップを、ハンドピース 108 とは別個の部品とすることができる、ハンドピース 108 の先端部分に機械的にかつ／または磁気的に結合することができる。キャップは、キャップ内に治療流体を保持するよう構成されたチャンバを含むかまたは画定することができる。いくつかの構成では、封止されたキャップは、密閉空間またはチャンバに入る実質的にすべての液体を、ハンドピース 108 を通るように向けて、同様にハンドピース 108 を通して外に出るようにすることができる。液体を、ハンドピース 108 に接続されているかまたはハンドピース 108 の中あるいは上に配置された流体入口を通してチャンバ内に導入することができる。廃棄治療液を、流体出口によってキャップを通してさらにハンドピース 108 内に除去することができる。

【0030】

一実施形態では、キャップとハンドピース 108 との間の（たとえば入口および／または出口を通る）経路は、液体が流れることができる透過性材料を含むことができる。さらに、封止キャップと歯 110 との間に生成された接続部は、液体接続を維持しながらハンドピース 108 内でのチャンバに対する移動に適応することができるよう可撓性であり得る。ハンドピース 108 を利用するいくつかの構成では、圧力を、確実なシールを生成するために過度の力を使用することなく、操作者が処置中にキャップを快適にあてがうように十分低くすることができる。いくつかの実施形態では、ハンドピース 108 は手持ち式でない場合があり、その場合、ハンドピース 108 を、過度の締付力または保持力なしに操作することができる。キャップを、処置を通して使用することができ、化学物質の曝露（処置中に導入される洗浄剤等）に耐えるように構成することができる。

【0031】

キャップを、いくつかの実施形態では、可撓性材料から形成することができる。たとえば、キャップを、歯 110 にハンドピース 108 を適切に封止する弾性材料から形成することができる。いくつかの構成では、キャップはスポンジを含むことができる。キャップは、たとえば、ポリビニルフォーム、ポリエチレン、ポリビニルアルコール（PVA）、セルロースフォーム、シリコーンフォーム等を含むことができる。他の実施形態では、キャップは、シリコーン、エラストマー、ゴム、ラテックス等を含むことができる。一実施形態では、実質的に音響減衰がほとんどない材料が選択される。最小限の音響減衰のみまたは音響減衰がないことを可能にすることにより、キャップは、治療処置中に発生する圧力波を減衰させる可能性がない。さらに他の実施形態では、キャップを、弾性および／または硬度が異なる 1 種または複数種の材料から作製することができる。いずれの歯 110 が治療されているか（たとえば、大臼歯、切歯、犬歯等）または歯 110 のう蝕領域 115 の位置（たとえば、隣接面、咬合面、舌側面、頬側面等）に応じて、キャップは異なる形状を有することができるが理解されるべきである。

【0032】

本明細書に開示する実施形態で使用するのに好適であり得る流体保持器、流量制限器またはキャップのさらなる詳細を、たとえば、2011年5月19日に公開された米国特許出願公開第2011/0117517号明細書の段落番号 [0052]～[0053]、

10

20

30

40

50

[0115]～[0117]および他のさまざまな部分に、2012年9月20日に公開された米国特許出願公開第2012/0237893号明細書の段落番号[0040]～[0043]、[0170]～[01[0293]]～[0299]、[0316]～「0319」に、かつ「APPARATUS AND METHODS FOR SEALING TEETH」と題する、2013年2月21日に出願された米国仮特許出願第61/767,746号明細書の図1および付随する開示に見ることができ、それらの各々は、すべての目的で参照により本明細書に組み込まれる。

【0033】

2. 吸引および灌注を促進する構成要素

いくつかの流体プラットフォーム101は、治療処置の前、治療処置中および／または治療処置の後に吸引および灌注を促進するさまざまな構成要素を含むことができる。いくつかの実施形態では、治療液は、治療液流入導管等、流体入口を介してキャップのチャンバに入ることができる。流体入口は、ハンドピース108を貫通するかまたはハンドピース108に沿うことができる。定常動作下では、密閉空間に入る液体の量を、いくつかの実施形態では、流体出口を通じて密閉空間から出る液体の量と実質的に同じにすることができる。臨床医が密閉空間への流体の供給を開始するとき、より多くの流体が密閉空間に入る。いくつかの実施形態では、上述したように、流体入口を、操作卓106によって制御することができるポンプによって駆動することができる。さらに、流体入口は、液体ジェット装置を採用する実施形態等、いくつかの実施形態では、圧力波発生器105と同じにすることができる。本明細書に開示する実施形態で使用するのに好適であり得る流体入口のさらなる詳細は、たとえば、すべての目的で参照により本明細書に組み込まれる、2012年9月20日に公開された米国特許出願公開第2012/0237893号明細書の段落番号[0075]～[0078]および他のさまざまな部分に見ることができる。

10

20

【0034】

上で説明したように、本明細書に開示する流体プラットフォーム101は、流体出口、たとえば、処置中にチャンバの密閉空間から液体を移送する流出導管も有することができる。いくつかの実施形態では、廃棄治療液を、患者の口内に直接こぼすことができる。しかしながら、他の実施形態では、（除去された物質および気体副生成物とともに）廃棄治療液を、ハンドピース108を貫通するかまたはハンドピース108に沿うことができる流体出口を通して、移送することができる。本明細書で説明するように、流体出口は能動的であるかまたは受動的であり得る。受動的流体出口の場合、廃棄治療液は、毛管力、重力により、または密閉空間あるいはチャンバ内で生成されるわずかな過圧のために、流体出口を通じて移動することができる。能動的にポンプのように作動する流体出口の場合、廃液を、ポンプ、吸引、または出口を通して液体を引き出す他の装置を用いて移送することができる。一例では、流体出口は、臨床医の診療所の吸引システムおよび／または真空ラインに接続されている。本明細書に開示する実施形態で使用されるのに好適であり得る流体出口のさらなる詳細を、たとえば、すべての目的で参照により本明細書に組み込まれる、2012年9月20日に公開された米国特許出願公開第2012/0237893号明細書の段落番号[0079]～[0081]および他のさまざまな部分に見ることができる。

30

40

【0035】

本明細書で説明するように、流体プラットフォーム101はまた、治療流体の圧力を調節する1つまたは複数の通気孔も含むことができる。通気孔を、廃棄物ラインまたは流体出口に沿う等、いくつかの構成ではハンドピース108の一部に配置することができる。通気孔は、透過性または半透過性材料（たとえばスポンジ）、開口部、細孔または穴等の形態をとることができる。本明細書に開示する実施形態で使用するのに好適であり得る通気孔のさらなる詳細を、たとえば、すべての目的で参照により本明細書に組み込まれる、2012年9月20日に公開された米国特許出願公開第2012/0237893号明細書の段落番号[0071]～[0073]、[0082]～[0086]、[0177]～[0194]および他のさまざまな部分に見ることができる。

50

【0036】

B. ハンドピース

本明細書に開示するシステムはまた、ハンドピース108、たとえば本明細書において図1A乃至図9Bを参照して開示するハンドピースを含むことも可能である。ハンドピース108を、流体プラットフォーム101（たとえば流体保持器またはキャップ）を歯110にあてがい、う蝕領域115に対して圧力波発生器105を位置決めするように構成することができる。開示する実施形態では、ハンドピース108を使用して、ハンドピース108が流体プラットフォーム101を歯110に係合させる際に実質的に閉鎖した液体回路を生成することができる。ハンドピース108が流体プラットフォーム101を歯110に結合するとき、ハンドピース108は、キャップのチャンバ内に密閉空間を形成することができる。治療液を、ハンドピース108の内腔またはチューブによって密閉空間内にかつ密閉空間から移送することができる。10

【0037】

さらに、ハンドピース108は、操作者または臨床医に、処置中に保持するように手持ち式装置を提供することができる。たとえば、ハンドピース108は、使いやすいグリップおよび把持するのに使い易い形状を有することができる。臨床医は、ハンドピース108を操作して、流体プラットフォーム101および/または圧力波発生器105を歯110の上または近くの所望の位置に正確に位置決めすることができる。さらに、ハンドピース108によって、臨床医は、圧力波発生器105をう蝕領域115に対して望ましい位置に配置するように、処置中に流体プラットフォーム101および圧力波発生器105を移動または回転させることができる。別法として、ハンドピース108はまた、操作者が歯110に締め付けるかまたは取り付ける装置も提供することができ、それにより、ハンドピース108は、処置中に実質的な使用者の介入を必要としない。ハンドピース108を、使い捨て（たとえば単回使用）とすることができます、またはハンドピース108を再使用可能とすることができます。一実施形態では、ハンドピース108は使い捨てであるが、圧力波発生器105は再使用可能である。ハンドピース108を、あらゆる好適な材料から形成することができる。いくつかの実施形態では、ハンドピース108を、プラスチック材料から形成することができる。他の実施形態では、ハンドピース108を、金属から形成することができる。本明細書に開示する実施形態で使用するのに好適であり得るハンドピースのさらなる詳細は、たとえば、すべての目的で参照により本明細書に組み込まれる、2012年9月20日に公開された米国特許出願公開第2012/0237893号明細書の段落番号[0107]、[0138]～[0142]、「0156」～[0161]および他のさまざまな部分に見ることができる。2030

【0038】

C. 封止材

本明細書に開示するシーラントまたは封止材を、う蝕領域115を密閉するのに役立つように、歯110または流体プラットフォーム101がアクセス可能ではない領域の間の空間を一時的に充填するように構成することができる。したがって、封止材は、流体プラットフォーム101（たとえばキャップ）内に流体を保持するのに役立つように作用することができ、それにより、圧力波を用いるう蝕領域115の洗浄を強化することができる。たとえば、歯シールは、う蝕領域115の周囲に密閉空間を生成するのに役立つことができる。シーラントを、隣接する歯の間の間隙等の空間内に流れ込むように構成することができ、治療中にその形状を保持するように凝固および/または硬化するように構成することができる。さらに、封止材を、使用後に歯110から容易に除去するかまたは引き出すことができる。いくつかの構成では、封止材を、歯科用バー、ナイフ等の器具を用いて容易に再成形ができる。たとえば、さまざまな実施形態では、封止材を、平坦結合面（たとえば、座金、1つまたは複数の支持磁石等）を支持するように成形する（たとえば平坦化する）ことができる。ハンドピース108は、結合面に結合することができ、圧力波発生器105（たとえば液体ジェット装置）は、結合面の穴を通って延在することができ、それにより、圧力波発生器105の先端部分が治療部位の近くに配置される。ハンド4050

ピース 108 と係合する封止材または取付媒体を使用するさらなる詳細を、参照により本明細書に組み込まれる、「APPARATUS AND METHODS FOR SEALING TEETH」と題する、2013年2月21日に出願された米国仮特許出願第61/767,746号明細書の図1および付随する説明に見ることができる。

【0039】

封止材は、あらゆる好適なシーラントであり得る。たとえば、封止材を、約30秒未満で凝固または硬化することができる実質的に半可撓性材料とすることができる。封止材を、歯110を封止することができるが、歯110から容易に除去することも可能であるあらゆる好適な材料とすることができる。好適な封止材の例としては、シリコーン、印象材、咬合採得材等を挙げることができる。いくつかの実施形態では、たとえば、封止材は、3M Imprint(商標) Bite、Coltene Whaledent(登録商標)のJet Blue Bite、DMG AmericaのLuxa Bite咬合採得材、Alpha-Dam(商標) LC Gingival Dam Material または他のあらゆる好適なシーラントを含むことができる。しかしながら、他の実施形態では、歯シールを使用しない場合もある。

10

【0040】

D. 圧力波発生器

本明細書で説明するように、開示する圧力波発生器105は、歯110のう蝕領域115を洗浄する、たとえば歯110から腐食組織を除去するのに十分なエネルギーの圧力波を発生させるように構成される。圧力波発生器105を、エネルギーの一形態を治療液内で圧力波に変換する装置とすることができる。圧力波発生器105は、他の現象もあるが特に、(たとえばチャンバ内の)治療液の流体動的運動、流体循環、乱流、および歯の洗浄を可能にすることができる他の状態を引き起こすことができる。図1A~図9Bに開示する圧力波発生器を、あらゆる好適なタイプの圧力波発生器とすることができる。

20

【0041】

圧力波発生器105を使用して、歯の腐食を除去する等のために歯表面を洗浄する(たとえば虫歯を治療する)ことができる。本明細書で説明するように、圧力波発生器105は、流体プラットフォーム101のチャンバ(たとえばキャップ)内の治療液内を伝播する圧力波を生成する。いくつかの実施形態では、本明細書で説明するように、圧力波発生器105はまた、キャビテーション、音響流、乱流等を生成することも可能である。さまざまな実施形態において、圧力波発生器105は、広帯域パワースペクトルを有する圧力波または音響エネルギーを発生させることができる。たとえば、圧力波発生器105は、1つまたは数個の周波数のみとは対照的に、多数の異なる周波数で音波を発生させることができる。理論によって限定されることなく、多数の周波数での出力の発生は、さまざまな周波数で異なる材料特性または物理特性を有するさまざまなタイプの有機物質および/または無機物質を除去するのに役立つことができる。

30

【0042】

本明細書に記載するように、う蝕領域115を洗浄するためにチャンバの密閉空間の内部の液体内に圧力波を生成するように、圧力波発生器105(たとえば、高速液体ジェット、超音波変換器、レーザファイバ等)を、歯110に対して所望の位置に配置することができる。さまざまな実施形態では、圧力波発生器105を、ハンドピース108にかつ/または流体プラットフォーム101のキャップあるいは他の部品に結合しましたは取り付けることができる。圧力波発生器105の先端部分等の一部を、チャンバ内の治療流体に浸漬することができる。たとえば、圧力波発生器105を、う蝕領域115の周囲にキャップのチャンバによって形成された密閉領域内に配置することができる。圧力波発生器105を、う蝕領域115に近接して配置することができる。いくつかの構成では、臨床医は、ハンドピース108を使用して、圧力波発生器105を、歯110のう蝕領域115に対して所望の位置および/または角度であるように操作することができる。いくつかの実施態様では、圧力波発生器105によって放出される所与の量のエネルギーに対して、圧力波は、洗浄および消毒に対してさらなる影響を与えることができる。圧力波発生器1

40

50

05に対するエネルギー源を、あらゆる好適な位置に配置することができる。たとえば、圧力波発生器105用のエネルギーを提供するエネルギー源を、ハンドピース108の外側に配置し、ハンドピース108の内側に配置し、ハンドピース108と一体化する等が可能である。

【0043】

たとえば、いくつかの実施形態では、圧力波発生器105は、液体ジェット装置を含むことができる。液体ジェットを、高圧液体をオリフィスに通すことによって生成することができる。液体ジェットは、治療液内に圧力波を生成することができる。いくつかの実施形態では、圧力波発生器105は、液体のコヒーレントで平行なジェットを含む。液体のジェットは、密閉空間（たとえばキャップのチャンバ）内の液体および/または衝突面と相互作用して圧力波を生成することができる。さらに、ジェットと治療流体との相互作用および/またはスプレーと治療流体との相互作用により、キャビテーションを引き起こしかつ/または音響効果を生成して歯を洗浄することができる。

【0044】

さまざまな実施形態では、圧力波発生器105は、液体ジェットが沿ってまたは通って伝播することができるチャネルまたは内腔を有する位置決め部材（たとえばガイドチューブ）を備えることができる。位置決め部材の先端部分は、液体ジェットが突き当たり偏向されてジェットまたは噴霧になる衝突面を含むことができる。位置決め部材の先端部分は、偏向された液体が位置決め部材から出て歯内の周囲環境と相互作用するのを可能にする1つまたは複数の開口部を含むことができる。いくつかの治療方法では、位置決め部材の先端部分にまたはその近くに配置された開口部を、歯110の一部に取り付けられるかまたはそれを包囲する流体プラットフォーム101に封入することができる液体に浸漬することができる。いくつかの実施形態では、液体ジェットは、ガイドチューブを通過することができ、衝突面にぶつかることができる。衝突面にジェットがぶつかることにより、いくつかの実施態様では圧力波を発生させることができる。いくつかの実施形態では、液体ジェットは歯110に直接ぶつかってう蝕領域115を洗浄することができる。液体ジェット装置を含む圧力波発生器のさらなる詳細を、少なくとも、2011年5月19日に公開された米国特許出願公開第2011/0117517号明細書の段落番号【0045】～【0050】、【0054】～【0077】および他のさまざまな部分に、かつ2012年9月20日に公開された米国特許出願公開第2012/0237893号明細書の段落番号【0136】～【0142】および他のさまざまな部分に見ることができ、それらの各々は、すべての目的で参照により本明細書に組み込まれる。

【0045】

いくつかの実施形態では、開示した圧力波発生器に加えてまたはその代りに、高速液体ジェット装置を使用することができ、高速液体ジェット装置を、う蝕領域115を洗浄するように構成することができる。いくつかの態様では、液体ジェット装置を、流体プラットフォームを歯110に結合することなく使用することができる。たとえば、いくつかの実施形態では、液体ジェットを、う蝕領域115でまたはその近くで歯に対して向けることができる。液体ジェットを、う蝕領域115（たとえば、う蝕、罹患した象牙質、細菌等）が実質的に除去されるまで、歯に接触した状態で維持することができる。いくつかの実施形態では、ジェットが治療部位に対して向けられたときにのみ液体ジェット装置を起動させるように構成することができる、流量遮断器を設けることができる。たとえば、流量遮断器を、臨床医および/または患者がジェットと偶発的に接触することから保護するように、治療の前のジェットの起動を防止する安全装置として構成することができる。いくつかの実施形態では、液体ジェットを、う蝕および腐食の広がりおよび位置に応じて、う蝕領域115を除去するために約0.1分間から約20分間の範囲の期間、歯に接して維持することができる。たとえば、いくつかの実施形態では、液体ジェットを、う蝕領域115を除去するために、約0.1分間から約5分間の範囲の期間、歯に接して維持することができる。さらに、いくつかの実施形態では、NaOCl、EDTA、フッ素トリートメント、脱気液、水、クロルヘキシジン等、さまざまな治療溶液をジェットに使用する

10

20

30

40

50

ことができる。

【0046】

本明細書で説明するように、歯に対するジェット、音響キャビテーション、振動、圧力波および/または他の音響現象の流体力学的影響は、健康な象牙質およびエナメルが影響を受けて無傷のままであるようにしながら、歯110からう蝕領域115を実質的に除去するように、単独でまたは組み合わせて作用することができる。たとえば、ジェットのさまざまなパラメータを、健康な象牙質またはエナメルを損傷することなくう蝕領域115を除去するのに十分なエネルギーを有するジェットを形成するように調整することができる。例として、液体ジェットの圧力を、いくつかの実施形態では約15,000psi以下とすることができます。特に、液体ジェットの圧力は、いくつかの実施形態では、約10,000psiから約15,000psiの範囲とすることができます。さまざまな実施形態では、液体ジェットの圧力を、約8,000psiから約10,000psiの範囲とすることができます。さらに、いくつかの実施形態では、健康な歯質を損傷することなくう蝕領域115を除去することができるジェットを、加圧液を、直径が約100ミクロン以下であるノズル、たとえばいくつかの実施形態では直径が約40ミクロンから約70ミクロンの範囲であるノズルに通すことによって形成することができる。さまざまな実施形態では、ノズルは、約55ミクロンから約65ミクロンの範囲の直径を有することができる。さらに、液体ジェットを、さまざまな実施形態では、定常状態で動作させることができ、またはパルス状にすることができます。たとえば、いくつかの実施形態では、ジェットを、う蝕領域115の除去を促進するようにパルス状にすることができます。たとえば、いくつかの実施形態では、液体ジェットを、約1Hzから約1000Hzの範囲の周波数でパルス状にすることができます。10 20

【0047】

いくつかの実施形態では、液体ジェットは、コヒーレントな平行ジェットであり得る。他の実施形態では、液体ジェットは、たとえば、歯110とぶつかるまで（たとえば霧になる前に）歯110を洗浄するのに十分高い粘度およびエネルギーを維持する場合、コヒーレントな平行ジェットではない場合がある。開示する実施形態で使用するのに好適な液体ジェット装置のさまざまな例は、米国特許第6,224,378号明細書、米国特許第6,497,572号明細書、および「LIQUID JET APPARATUS AND METHODS FOR DENTAL TREATMENTS」と題する、米国特許出願公開第2011/0117517号明細書として2011年5月19日に公開された、2010年11月12日に出願された米国特許出願第12/945,791号明細書に記載されており、それらの各々は、本明細書の一部を形成するように全体として参照により本明細書に組み込まれる。30

【0048】

上述したように、圧力波発生器105を、一形態のエネルギーを治療流体内で圧力波に変換するあらゆる物理的装置または現象とすることができます。本明細書に開示するシステムおよび方法の実施形態とともに、多くの異なるタイプの圧力波発生器105（または圧力波発生器の組合せ）が使用可能である。

【0049】

(i) 機械的エネルギー

圧力波発生器105は、上で説明したように、液体ジェット装置を含むことができる。機械的エネルギー圧力波発生器105はまた、回転物体、たとえば小型プロペラ、偏心的に閉じ込められた回転シリンダ、穿孔された回転ディスク等を含むことも可能である。これらのタイプの圧力波発生器105はまた、圧電気、磁気ひずみ等を介して圧力波を生成するソニケーション（超音波処理）装置等、振動、発振または脈動物体を含むことも可能である。いくつかの圧力波発生器105では、圧電変換器に移送される電気エネルギーは、治療流体内の波に圧力をかけることができる。場合によっては、圧電変換器を使用して、超音波周波数を有する音波を生成することができる。

【0050】

40

50

(i i) 電磁エネルギー

電磁放射ビーム（たとえばレーザビーム）は、チャンバ内にエネルギーを伝播させることができ、電磁ビームエネルギーを、治療流体に入る際に圧力波に変換することができる。いくつかの実施形態では、レーザビームを、光の平行かつコヒーレントビームとしてチャンバまたは空間内に向けることができる。平行レーザビームは、レーザビームが流体にエネルギーを送達する際に圧力波を発生させるのに十分であり得る。さらに、さまざまな実施形態では、レーザビームを、治療流体の位置に光エネルギーを集中させるように1つまたは複数のレンズあるいは他の集束装置を使用して集束させることができる。集中したエネルギーを、う蝕領域を洗浄するのに十分な圧力波に変換することができる。一実施形態では、レーザビームまたは電磁源の波長を、チャンバ内の治療流体（たとえば水）によって、かつ／または治療流体内的添加剤（たとえばナノ粒子等）によって大きく吸収可能であるように選択することができる。たとえば、電磁エネルギーのうちの少なくとも一部は、チャンバ内の流体（たとえば水）によって吸収される可能性があり、それは、流体内を伝播する局所加熱および圧力波を発生させることができる。電磁ビームによって発生する圧力波は、流体内に光誘起または光音響キャビテーション効果を発生させることができる。放射線源からの電磁放射線（たとえばレーザ）を、光導波路（たとえば光ファイバ）によってチャンバに伝搬させ、導波路の先端（たとえば、ファイバの成形された先端、たとえば円錐状先端）において流体内に分散させることができる。他の実施態様では、放射線を、ビーム走査システムによってチャンバに向けることができる。

【0051】

電磁エネルギーの波長は、水分子によって強力に吸収される範囲であり得る。波長は、約300nmから約3000nmの範囲であり得る。いくつかの実施形態では、波長は、約400nmから約700nm、約700nmから約1000nmの範囲（たとえば、790nm、810nm、940nmまたは980nm）、約1ミクロンから約3ミクロンの範囲（たとえば、約2.7ミクロンまたは2.9ミクロン）、または約3ミクロンから約30ミクロンの範囲（たとえば、9.4ミクロンまたは10.6ミクロン）である。電磁エネルギーは、紫外、可視、近赤外、中赤外、マイクロ波またはそれより長い波長であり得る。

【0052】

電磁エネルギーを、たとえば約1Hzから約500kHzの範囲の繰返し率で、（たとえばパルス状レーザを介して）パルス状にするかまたは変調することができる。パルスエネルギーは、約1mJから約1000mJの範囲であり得る。パルス幅は、約1μsから約500μs、約1msから約500msの範囲、または他の何らかの範囲であり得る。場合によっては、ナノ秒パルス状レーザを、約100nsから約500nsの範囲のパルスレートで使用することができる。上述したことは、放射パラメータの限定しない例であり、他の実施形態では、他の繰返し率、パルス幅、パルスエネルギー等を使用することができる。

【0053】

レーザは、ダイオードレーザ、固体レーザ、ファイバレーザ、Er:YAGレーザ、Er:YSGGレーザ、Er,Cr:YAGレーザ、Er,Cr:YSGGレーザ、Ho:YAGレーザ、Nd:YAGレーザ、CTE:YAGレーザ、CO₂レーザまたはTi:サファイアレーザのうちの1つまたは複数を含むことができる。他の実施形態では、電磁放射線源は、1つまたは複数の発光ダイオード(LED)を含むことができる。電磁放射線を使用して、治療流体内部でナノ粒子（たとえば光吸収性金ナノロッドまたはナノシェル）を励起することができ、それによって、流体内の光誘起キャビテーションの効率が上昇する。治療流体は、電磁放射線による励起に影響を受けやすい場合があり、かつ圧力波発生の効率を（たとえば放射線の吸収の増大により）向上させることができる、励起可能な官能基（たとえば、ヒドロキシル官能基）を含むことができる。いくつかの治療中、第1波長（たとえば、液体たとえば水によって強力に吸収される波長）を有する放射線を使用した後、第1の波長とは異なるが、別の要素、たとえば象牙質または溶液に添加された

10

20

30

40

50

ナノ粒子によって強力に吸収される第2の波長（たとえば、水によってそれほど強力に吸収されない波長）を有する放射線を使用することができる。たとえば、いくつかのこうした治療では、第1波長は、流体内に気泡を生成するのに役立つことができ、第2波長は、組織を破壊するのに役立つことができる。

【0054】

電磁エネルギーを、約1秒から数秒、最大約1分以上の範囲であり得る治療時間、チャンバに印加することができる。治療処置は、歯に対して電磁エネルギーを印加する1サイクルから10サイクル（またはそれより多く）を含むことができる。流体プラットフォーム101を使用して、治療プロセス中、チャンバ内で流体を循環させることができ、それにより、有利に、歯110の加熱（患者に不快をもたらす可能性がある）を阻止することができる。流体プラットフォーム101は、チャンバ内に流体を保持するのに役立つ流体プラットフォーム101（たとえば流体保持器またはキャップ）を含むことができる。流体プラットフォーム101は、いくつかのパルス状レーザ治療中、液圧による自動放出によって発生する可能性がある流体の跳ね返しを阻止することができる。流体プラットフォーム101による治療流体（たとえば、組織溶解剤を含む水）の循環により、新たな治療流体を組織および有機物に送ることができるとともに、治療部位から溶存物質を流し出すことができる。電磁放射線を使用するいくつかの治療では、治療流体の循環により、（流体循環がほとんどまたはまったくない治療と比較して）洗浄の有効性を向上させることができる。

【0055】

いくつかの実施態様では、電磁エネルギーを、他の圧力波発生モダリティに追加することができる。たとえば、電磁エネルギーを、音波を発生させるために機械的エネルギー圧力波発生器（たとえば液体ジェット）が使用されるチャンバに送達することができる。

【0056】

(i) 音響エネルギー

音響エネルギー（たとえば超音波）を、治療流体内に圧力波を生成する超音波変換器または超音波チップ（またはヤスリあるいは針）に移送される電気エネルギーから発生させることができる。超音波変換器は、電気信号に応答して物理的に発振する圧電結晶、または電磁エネルギーを機械エネルギーに変換する磁歪素子を備えることができる。変換器を、治療流体内に、たとえばチャンバ内部の流体内に配置することができる。本明細書において図11A～図11Bを参照して説明するように、本明細書に開示する実施形態で使用される超音波装置は、好ましくは、広帯域および/または多周波装置である。たとえば、図11Bに示す従来の超音波変換器のパワースペクトルとは異なり、開示する実施形態で使用される超音波装置は、好ましくは、図11Aのパワースペクトルと類似する広帯域特性（液体ジェット装置の音響出力）を有している。

【0057】

(iv) いくつかの圧力波発生器のさらなる特性

圧力波発生器105を、歯110に対して所望の位置に配置することができる。圧力波発生器105は、チャンバ、たとえば流体プラットフォーム101のチャンバの内部の流体内に圧力波を生成する（圧力波の発生によって、キャビテーションが生成されるかまたはもたらされる場合もあればそうでない場合もある）。圧力波は、チャンバ内部の流体を通って伝播し、チャンバ内の流体は、圧力波の伝播媒体としての役割を果たす。圧力波はまた、歯材料（たとえば象牙質）を通って伝播することも可能である。必須ではないが、十分に高強度の圧力波を印加する結果、音響キャビテーションが発生する可能性があると考えられる。キャビテーション気泡の崩壊により、たとえば、ソノケミストリ（音響化学）、組織解離、組織剥離、ソノポレーションおよび/または石灰化構造の除去等、本明細書に記載する複数のプロセスを引き起こすか、もたらすか、またはそれに関与することができる。いくつかの実施形態では、圧力波発生器105を、圧力波（および/またはキャビテーション）が歯110の天然の象牙質を実質的に破壊しないように構成することができる。圧力波場を、単独でまたはキャビテーションに加えて、上述したプロセスのうちの

10

20

30

40

50

1つまたは複数に関与させることができる。

【0058】

いくつかの実施態様では、圧力波発生器105は、一次キャビテーションを発生させ、それが圧力波を生成し、それによって二次キャビテーションを引き起こすことができる。二次キャビテーションは、一次キャビテーションより弱い可能性があり、非慣性キャビテーションであり得る。他の実施態様では、圧力波発生器105は、圧力波を直接発生させ、それによって二次キャビテーションを引き起こすことができる。

【0059】

本明細書に開示する実施形態で使用するのに好適であり得る圧力波発生器のさらなる詳細を、すべての目的で参照により本明細書に組み込まれる、2012年9月20日に公開された米国特許出願公開第2012/0237893号明細書の段落番号[0191]～[0217]および他のさまざまな部分に見ることができる。

10

【0060】

I I I . 非う窩性う蝕およびう窩性う蝕の治療

図1Bは、治療歯110に結合され、歯110の比較的小さいう蝕領域115を覆うかまたはそれに近接して配置された流体プラットフォーム101を有する、歯科用システム100の概略側断面図である。図1Bに示すう蝕領域115は、非う窩性う蝕、たとえば腐食がエナメル内に進行しているがその時点ではエナメルの下の象牙質までは進行していないう蝕を含み得る。図1Bのう蝕領域115は、図1Bに示すように、歯110の頬側面または舌側面等、歯110の側面107に形成され得る。図示する実施形態では、う蝕領域115は、歯110の歯肉線109の上方の側面107に形成されている場合がある。

20

【0061】

システム100は、ハンドピース108と、う蝕領域115にわたって歯110に取り付けられるように構成された流体保持器またはキャップ102と、圧力波発生器105とを含むことができる。ハンドピース108を、臨床医がキャップ102を歯110に位置決めし結合するのに役立つように提供することができる。たとえば、臨床医は、キャップ102がう蝕領域115にわたって配置されかつ／またはう蝕領域115を密閉するように、ハンドピース108を操作することができる。さらに、ハンドピース108を、臨床医が、キャップ102および圧力波発生器105をう蝕領域115に対して、圧力波発生器105がう蝕領域115を洗浄するのに十分な音響エネルギーを発生させることができるように位置決めするために使用することができる。たとえば、臨床医は、ハンドピース108を使用して、圧力波発生器105の先端部分が好適に歯110のう蝕領域115から間隔を空けて配置されかつ／またはう蝕領域115に対して角度が付けられるように、キャップ102を位置決めすることができる。たとえば、臨床医は、さまざまな治療の理由で、望ましい治療結果を達成するために、圧力波発生器105を、う蝕領域115から特定の距離にかつ／またはう蝕領域115に対して特定の角度で位置決めすることができることを望む場合がある。さらに、本明細書で説明するように、ハンドピース108はまた、いくつかの構成では、好適な治療流体および／または廃棄流体がキャップ102内にまたはキャップ102から移送されるのを可能にするように、さまざまな流入導管および流出導管を含むことも可能である。

30

【0062】

キャップ102を、ハンドピース108に、たとえばハンドピース108の先端部分において結合するかまたは一体的に形成することができる。キャップ102を、キャップ102が歯110に取り付けられるかまたは結合されるときにキャップ102のチャンバ104内に流体を保持するようなサイズおよび形状とすることができます。さまざまな実施形態では、歯110の治療中、流体プラットフォーム101のチャンバ104に、液体を少なくとも部分的に充填することができる。いくつかの実施形態では、たとえば、治療中に、チャンバ104に液体を実質的に充填することができる。たとえば、チャンバ104に、チャンバ104の容積の約30%を超えて、チャンバ104の容積の約50%を超えて

40

50

、チャンバ104の容積の約60%を超えて、チャンバ104の容積の約75%を超えて、チャンバ104の容積の約90%を超えて、チャンバ104の容積の約100%等、充填することができる。キャップ102を、歯110のう蝕領域115とハンドピース108との間に封止された液体接続を維持するように構成することができる。たとえば、キャップ102を、接着剤またはシーラント(図1Bには示さず)を用いて歯110に取り付けることができる。接着剤またはシーラントは、歯110にキャップ102を結合するようにかつ／または歯110(たとえばう蝕領域115)とハンドピース108との間に液体シールを提供するように作用することができる。後述するさまざまな実施形態では、治療流体を、ハンドピース108からキャップ102のチャンバ104に1つまたは複数の入口によって導入することができる。いくつかの実施形態では、たとえば、圧力波発生器105が液体ジェットである場合、圧力波発生器105は、チャンバ104内に液体を導入することができる。さらに他の実施形態では、チャンバ104に流体を導入するために、別個の流体導入器を設けることができる。キャップ102と歯110との間に生成された接続部は、キャップ102と歯110との間の中間面が、封止された接続を維持しながらハンドピース108内のチャンバ104に対する移動に適応することができるよう、可撓性であり得る。たとえば、キャップ102と歯110との間の封止された接続により、臨床医は、歯110のう蝕領域115に対して圧力波発生器105の先端部分を適切に位置決めすることができる。キャップ70を、金属またはプラスチック等、十分に耐久性のある生体適合性材料から形成することができる。

【0063】

圧力波発生器105を、キャップ102に結合することができ、圧力波発生器105の少なくとも一部をチャンバ104内に配置することができる。たとえば、圧力波発生器105の先端部分を、チャンバ104内に配置することができる。圧力波発生器105を、キャップ102のチャンバ104内部で作動させて、発生した音波103を用いてう蝕領域115を洗浄することができる。いくつかの実施形態では、圧力波発生器105の先端部分を、チャンバ104内部の流体に浸漬することができる。他の実施形態では、圧力波発生器105の先端部分を、チャンバ104内の流体の外側に配置することができる。

【0064】

圧力波発生器105は、いくつかの実施形態では、チャンバ104内部の液体内に音波または圧力波103を発生させることができる。圧力波103は、歯110に封止するかまたは取り付けることができるチャンバ104およびキャップ102によって形成された密閉空間の内部の液体内を伝播することができる。理論によって限定されることなく、必須ではないが、十分に高強度の圧力波103を印加することにより、音響キャビテーションが発生する可能性があると考えられる。キャビテーション気泡の崩壊により、たとえば、ソノケミストリ、組織解離、組織剥離、ソノポレーション等、複数のプロセスを引き起こすか、もたらすか、またはそれに関与することができる。圧力波場を、単独で、上述したプロセスのうちの1つまたは複数に関与させることも可能である。いくつかの構成では、圧力波の発生が、キャビテーションを生成するかまたはもたらす場合もあればそうでない場合もある。

【0065】

圧力波発生器105は、いかなる好適な圧力波発生器もあり得る。たとえば、いくつかの実施形態では、圧力波発生器105は、液体ジェット装置を含むことができる。特に、コヒーレントな平行液体ジェットを、ガイドチューブの基端部分の近くのオリフィスによって形成することができる。ジェットは、ガイドチューブのチャネルを通過することができる、いくつかの構成では衝突面にぶつかることができる。ジェットが衝突面にぶつかることにより、図1Bに示す圧力波103を生成することができる。いくつかの実施形態では、圧力波103は、少なくとも部分的にまたは実質的にキャップ102のチャンバ104を充填する流体内を伝播することができる。圧力波103は、歯のう蝕領域115と相互作用して、腐食した歯質たとえばう蝕を実質的に除去することができる。いくつかの実施形態では、少なくとも部分的にまたは実質的にチャンバ104を充填する液体は、治療

10

20

30

40

50

によってはキャビテーションを改善しう蝕の内部の気泡の存在を低減することができる、脱気液であり得る。他の実施形態では、図1Bの圧力波発生器105は、機械的圧力波発生器、超音波発生器、電磁圧力波発生器（たとえばレーザ）または圧電圧力波発生器を含むことができる。さらに他の実施形態では、圧力波発生器105は、治療液内の粒子にエネルギーを移送し、そのエネルギーが圧力波を生成する（たとえば光誘起キャビテーション）発生器を含むことができる。

【0066】

本明細書に説明するように、さまざまな従来の歯科技法は、図1Bに示す小さいう蝕等の非う窩性う蝕を治療しないまま残す場合があり、そのう蝕を最小限にしか治療しない場合もある。有利には、図1Bの実施形態は、エナメルまたは下にある象牙質を傷つけることなく、非う窩性う蝕領域115を検出し洗浄することができる。さらに、図1Bのシステム100は、本来、従来の歯科技法を用いて検出されないかまたは治療されない可能性があるこうした小さいう蝕領域115を検出し洗浄することができる。小さいう蝕さえも（非う窩性であってもう窩性であっても）検出し取り除くことにより、本明細書に開示するシステム100は、う蝕のさらなる進行または悪化を防止することができ、歯110の全体的な健康を向上させることができる。

【0067】

図2は、治療歯210に結合され、歯210の比較的大きいう蝕領域215を覆うかまたはそれに近接して位置決めされる流体プラットフォーム201を有する歯科用システム200の概略側断面図である。図2において、たとえば、う蝕領域215は、歯210の側面207に、たとえば歯肉線209の上方に形成される可能性がある。しかしながら、図1Bのう蝕領域115とは異なり、図2のう蝕領域215は、歯210にう窩性う蝕を含む可能性がある。う蝕領域215のう窩性う蝕は、歯210のエナメルを越えて象牙質の少なくとも一部内に広がる歯の腐食領域を含む可能性がある。場合によっては、たとえば、う窩性う蝕は、象牙質内に広がる可能性があるが、歯髄腔の外側に留まる可能性がある。

【0068】

特に断りのない限り、図2に示す構成要素は、図1Bに示す構成要素と同じであるかまたは同様であり得るが、参照番号が100増加していることを除く。たとえば、図1Bと同様に、システム200は、ハンドピース208、流体保持器またはキャップ202および圧力波発生器205を含むことができる。キャップ202を、ハンドピース208の先端部分に結合することができ、キャップ202は、歯210の治療中に少なくとも部分的に液体で充填することができるチャンバ204を含むことができる。たとえば、いくつかの構成では、治療中に、チャンバ204に、液体を実質的に充填することができる。流体保持器またはキャップ202を、う蝕領域215に近接してかつ／またはう蝕領域215を密閉して配置することができる。たとえば、キャップ202は、う蝕によって影響を受ける歯210の側面207の部分を実質的にまたは完全に覆うことができる。したがって、キャップ202の外周部は、歯210の側面207のう蝕面の周囲に延在することができる。

【0069】

歯210からう蝕領域215を除去するのに十分な圧力波203を発生させることができ圧力波発生器205を作動させることができる。図1Bと同様に、圧力波発生器205の先端部分を、キャップ202の液体充填チャンバ204の内部に配置することができ、それにより、圧力波発生器205の先端部分は治療液に浸漬される。他の構成では、圧力波発生器205の先端部分は、チャンバ204内の治療流体の外側であり得る。概して、図2の構成要素は、図1Bに関して上述した構成要素と同様に相互作用しかつ／または動作することができる。

【0070】

したがって、図2に示すように、システム200は、有利に、歯210から大きいう蝕領域215（たとえばう窩性う蝕）を取り除くことができる。たとえば、歯210の象牙

10

20

30

40

50

質内に広がるう蝕の場合、圧力波発生器 205 は、健康な象牙質を無傷であるかまたは影響を受けないままにして、腐食物質（たとえばう蝕）を除去するのに十分な圧力波 203 を発生させることができる。対照的に、機械的装置（バー、エキスカベータ等）を採用する従来の技法は、臨床医が、う蝕領域と健康な象牙質との境界を確定することができない可能性があるため、健康な象牙質を傷付ける可能性がある。したがって、従来の技法は、完全に治療されず（う蝕の部分のみが除去される場合）かつ／または過剰な治療が行われる（健康な象牙質も除去されるかまたは損傷を受ける場合）可能性がある。たとえば、従来の技法を使用する場合、臨床医は、健康な象牙質を間違って除去する可能性があり、かつ／または歯のう蝕部分を間違って治療せずに放置する可能性がある。したがって、歯からう蝕を除去する開示した実施形態は、有利に、健康な象牙質を保護しながら、歯からう蝕のすべてまたは実質的にすべてを除去することができる。10

【0071】

図 3A、図 3B および図 3C は、上記図 1 および図 2 のう蝕領域 115、215 と同様であり得る、治療歯 310 に結合され、歯 310 のう蝕領域 315（たとえば領域 315a～315b）を覆うかまたはそれに近接して位置決めされる流体プラットフォーム 301 の、拡大概略側断面図である。特に、図 3A～図 3C は、治療のさまざまな段階における歯科洗浄処置を示す。

【0072】

特に断りのない限り、図 3 に示す構成要素は、図 1A～図 2 に示す構成要素と同じであるかまたは同様であり得るが、参照番号が図 2 に対して 100 増加していることを除く。たとえば、図 1A～図 2 と同様に、流体プラットフォーム 301 は、ハンドピース 308 と、チャンバ 304 を含むかまたは画定する流体保持器またはキャップ 302 と、圧力波発生器 305 とを含むことができる。いくつかの構成では、上述したように、チャンバ 304 に、治療中に液体を少なくとも部分的にまたは実質的に充填することができる。圧力波発生器 305 を作動させて、液体充填キャップ 302 の内部に圧力波 303 を発生させてう蝕領域 315a～315b から腐食物を除去することができる。20

【0073】

特に、図 3A は、治療前、または治療処置が開始した直後のう蝕領域 315a を示す。図 3A に示すように、たとえば、う蝕領域 315a は、健康な歯質 326（たとえば、健康な象牙質またはエナメル）に隣接するかまたは近接する腐食した歯質 324 を含む可能性がある。上で説明したように、う蝕領域 315a は、う窩性である場合もあれば非う窩性である場合もある。たとえば、う蝕は、エナメルの一部内にのみ広がっている場合があり、またはう蝕は、歯 310 の健康な象牙質部分内に広がっている場合がある。治療しなければ、う蝕領域 315a は、健康な歯質 326 内にさらに広がるように進行する可能性がある。う蝕領域 315a のさらなる進行により、歯 310 に深刻に損傷が与えられる可能性がある。30

【0074】

図 3B は、治療処置中の歯 310 のう蝕領域 315b を示し、そこでは、う蝕または腐食した歯質 324 の一部が取り除かれかつ除去される一方で、健康な歯質 326（たとえば象牙質またはエナメル）は処置によって無傷のままである。たとえば、キャップ 302 を歯 310 に（たとえばいくつかの実施形態では接着剤またはシーラントを用いて）取り付けた後、流体プラットフォーム 301 のチャンバ 304 に、水等の治療流体を少なくとも部分的に充填することができる。場合によっては、チャンバ 304 に、上で説明したように、治療流体を実質的に充填することができる。さまざまな構成では、治療流体は、本明細書で説明するように脱気液を含むことができる。圧力波発生器 305 を、チャンバ 304 内に配置することができ、圧力波発生器 305 の先端部分等の一部を、チャンバ 304 を充填する流体に浸漬することができる。上述したように、臨床医は、ハンドピース 308 を用いて、キャップ 302 および圧力波発生器 305 を望ましい位置および角度に位置決めすることができる。圧力波発生器 305 を作動させることができ、発生した圧力波 303 がチャンバ 304 内の流体内を伝播して、う蝕領域 315b に残っている腐食した40

歯質 324 を除去することができる。発生した圧力波 303 は、健康な歯質 326 が圧力波 303 によって影響を受けないままである一方で、腐食した歯質 324 が除去されるように設計された、大きさおよび周波数を有している。

【0075】

図 3C は、治療処置の最後を示し、そこでは、う蝕の実質的にすべてが、健康な歯質 326 (たとえば象牙質またはエナメル) に影響を与えることなく取り除かれかつ除去される。したがって、図 3C に示すように、図 3B のう蝕領域 315b を、チャンバ 304 内の液体が、う蝕領域 315b が最初に存在した歯 310 の領域に流れ込むように洗浄することができる。さまざまな実施形態では、圧力波発生器 305 を、う蝕を実質的に除去するのに十分な期間、作動させることができる。たとえば、いくつかの実施形態では、圧力波発生器 305 を、う蝕を実質的に除去するために約 15 分未満の期間、作動させることができる。いくつかの構成では、圧力波発生器 305 を、う蝕を実質的に除去するためにう蝕の広がりおよび位置に応じて、約 0.1 分間から約 20 分間の範囲の期間、作動させることができる。たとえば、いくつかの実施形態では、圧力波発生器 305 を、う蝕を除去するために約 0.1 分間から約 5 分間の範囲の期間、作動させることができる。

【0076】

I V . 歯の咬合面の治療

図 4 は、治療歯 410 に結合され、歯 410 の咬合面 418 のう蝕領域 415 を治療するように構成されている流体プラットフォーム 401 を有する歯科用システム 400 の概略側面図である。特に断りのない限り、図 4 に示す構成要素は、図 1A ~ 図 3C に示す構成要素と同じであるかまたは同様であり得るが、参照番号が図 3A ~ 図 3C の構成要素に対して 100 増加していることを除く。たとえば、システム 400 は、ハンドピース 408 と、チャンバ 404 を含むかまたは画定するキャップ 402 と、圧力波 403 を発生させるように構成された圧力波発生器 405 とを含むことができる。

【0077】

図 1A ~ 図 3C の実施形態は、歯の側面 (たとえば頬側面または舌側面) のう蝕を治療するように構成された流体プラットフォーム 101、201、301 を示したが、図 4 の流体プラットフォーム 401 は、歯 410 の咬合面 418 のう蝕を治療するように構成されている。図 4 に示すように、キャップ 402 は、実質的に歯 410 の歯冠の周囲に延在することができる。たとえば、いくつかの実施形態では、キャップ 402 は、実質的に歯 410 の咬合面 418 または上面全体を覆いかつ / または密閉することができる。図 4 に示すように、キャップ 402 の外周部を、歯 410 の側面 407 に結合することができる。いくつかの構成では、キャップ 402 の外周部または端部は、咬合面 418 に結合することができる。キャップ 402 の外周部を、好適な接着剤またはシーラントを用いて歯 410 に取り付けることができる。しかしながら、他の構成では、キャップ 402 が歯 410 の上に載せられたとき、キャップ 402 が歯 410 と締まり嵌合で係合するように、キャップ 402 を可撓性とすることができます。その場合、接着剤またはシーラントは不要である可能性がある。さらに、キャップ 402 は、図 4 では、実質的に歯 410 の咬合面 418 または上面全体を覆うものとして示されているが、他の構成では、キャップ 402 は、咬合面 418 のう蝕領域 415 のみを覆うことができる。シーラントまたは接着剤を使用して、キャップ 402 と歯 410 との間に残るいかなる間隙も充填することができる。

【0078】

上述したように、チャンバ 404 に、治療中に液体を少なくとも部分的にまたは実質的に充填することができる。圧力波発生器 405 を、液体充填キャップ 402 内部に圧力波 403 を発生させてう蝕領域 415 から腐食食物を除去するように作動させることができる。したがって、圧力波発生器 405 は、歯の健康な部分に損傷を与えることなくう蝕領域 415 を除去することができる。したがって、開示した実施形態を有利には使用して、歯の咬合面を含む歯のさまざまな面からう蝕を除去することができる。

【0079】

V . 歯の隣接面の治療

10

20

30

40

50

歯の舌側面および頬側面ならびに咬合面を治療することに加えて、本明細書に開示する実施形態を、歯の近心面および遠心面等、歯の隣接面を治療するよう構成することも可能である。歯の隣接面は、2つの隣接する歯の間の歯の側面である。隣接面のう蝕の治療は、う蝕が2つの隣接する歯の間に位置する場合、臨床医がう蝕領域にアクセスすることが困難である場合があるため、困難であり得る。機械的除去方法等の従来の技法は、臨床医が隣接する歯の間の密な空間のう蝕部分を除去しようとするときに歯の健康な部分に損傷を与えることがある。したがって、歯の健康な部分が損傷を受けないことを確実にしながら、歯の隣接面からう蝕を除去することが有利であり得る。

【0080】

図5Aは、2つの隣接する歯に結合され、かつ歯510の隣接面517のう蝕領域515を治療するように構成された流体プラットフォーム501を有する、歯科用システム500の概略側断面図である。図5Bは、線5B-5Bに沿って取り出された、図5Aのシステム500の底断面図である。特に断りのない限り、図5A～図5Bに示す構成要素は、図1A～図4に示す構成要素と同じであるかまたは同様であり得るが、参照番号が図4の構成要素に対して100増加していることを除く。たとえば、システム500は、ハンドピース508と、チャンバ504を含むかまたは画定するキャップ502と、圧力波503を発生させるように構成された圧力波発生器505とを含むことができる。

【0081】

キャップ502を、治療される歯510と健康である可能性がある隣接する歯とを含む、2つの隣接する歯の周囲にあてがうことができる。キャップ502の外周部は、2つの隣接する歯の歯冠の上に延在することができ、歯の側面、歯の底部および/または隣接する歯の近くの歯肉線509の部分に結合することができる。いくつかの構成では、シーラント512または接着剤を使用して、キャップ502を歯に取り付けることができる。上述したように、チャンバ504に、治療液を少なくとも部分的にまたは実質的に充填することができる。実際には、う蝕領域515は2つの隣接する歯の間の隣接面517にあるため、隣接する歯の両方を密閉し外部環境から歯を封止する密閉空間を形成することが望ましい可能性がある。したがって、流体を、2つの隣接する歯の間の空間に少なくとも部分的に保持することができる。したがって、流体プラットフォーム501から漏れることなくチャンバ504に液体を提供することができる。

【0082】

圧力波発生器505を作動させて圧力波503を発生させることができ、圧力波503は、治療流体を通って歯510の隣接面517に位置するう蝕領域515まで伝播することができる。有利には、う蝕領域515は流体プラットフォーム501から距離を空けて少なくとも部分的に2つの隣接する歯の間に位置するが、圧力波503は、う蝕領域515に達しあつそれを洗浄することができる。場合によっては、う蝕領域515は、その全体が完全に2つの隣接する歯の間に位置する可能性がある。さらに、上で説明したように、圧力波503は、キャップ502によって覆われる2つの隣接する歯の健康な部分に損傷を与えることなく、う蝕領域515からう蝕を除去することができる。したがって、本明細書に開示する実施形態を使用して、う蝕のある歯のあらゆる好適な面を治療することができる。実際には、治療流体内を伝播することができる圧力波を発生させることにより、開示した圧力波発生器は、流体プラットフォームから遠隔の位置にあるかまたは距離が空けられている罹患歯のう蝕領域を洗浄することができる。

【0083】

V I . さらなる流体プラットフォームの構成

本明細書に開示する実施形態とともに、さらなる流体プラットフォーム構成を使用することができる。流体プラットフォームは、ハンドピースと治療されるう蝕領域との間のインターフェースを提供することができる。上で説明したように、流体プラットフォームは、歯に取り付けることができる流体保持器またはキャップを含むことができる。圧力波発生器を、流体保持器および/またはハンドピースに結合することができる。さらに、流体プラットフォームは、流体を、歯科用装置を通して歯まで向けるように入口、出口、通気孔

10

20

30

40

50

および他の特徴を含むことができる。

【0084】

図6は、流体出口620を有する流体プラットフォーム601を含む歯科用システム600の概略側断面図である。図6に示すように、システム600を、歯610の側面607にう蝕領域615を有する歯610に、たとえば歯肉線609の上方で結合することができる。図6では、う蝕領域615は側面607にあるが、図6の流体プラットフォーム601の構成要素を使用して、同様に咬合面または隣接面のう蝕を治療することも可能であることが理解されるべきである。さらに、特に断りのない限り、図6に示す構成要素は、図1A～図5Bに示す構成要素と同じであるかまたは同様であり得るが、参照番号が図5A～図5Bの構成要素に対して100増加していることを除く。例えば、システム600は、ハンドピース608と、チャンバ604を含むかまたは画定するキャップ602と、歯610の健康な部分に損傷を与えることなくう蝕を除去するのに十分な圧力波603を発生させるように構成された圧力波発生器605とを含むことができる。

【0085】

図6の流体プラットフォーム601はまた、流体出口620を含む。流体出口620は廃棄物ラインとして作用することができ、そこでは、チャンバ604からの廃棄流体をキャップ602から放出することができる。流体出口620を、廃液が、キャップ602を出て収集キャニスタまたはドレインに接続することができるホース内に入るのを可能にするように組み込むことができる。流体出口620は、能動的出口または受動的出口であり得る。受動的流体出口620では、場合によっては、廃棄治療液は、毛管力により、重力により、または密閉空間内で生成されるわずかな過圧のために、導管を通じて移動する。能動的にポンプのように動作する流体出口620の場合、排液を、ポンプ、吸引、または流出導管を通じて液体を引き出す他の装置を用いて移送することができる。いくつかの構成では、たとえば、流体出口620を、臨床医の診療所の吸引システムおよび/または真空ラインに接続することができる。

【0086】

図6の圧力波発生器605は、いくつかの実施形態では液体ジェット装置であり得る。上述したように、液体ジェットは、歯610の健康な部分に損傷を与えることなくう蝕領域615から腐食物を除去するのに十分な圧力波603を生成することができる。う蝕領域615を洗浄することに加えて、液体ジェットはまた流体入口も提供することができ、そこでは、治療流体がジェットによってチャンバ604内に導入される。図6の流体プラットフォーム601は、いくつかの実施形態では閉鎖流体システムとして作用することができ、それにより、チャンバ604に入る実質的にすべての流体が流体出口620から出る。

【0087】

図7は、流体出口720および流体入口722を有する流体プラットフォーム701を含む歯科用システム700の概略側断面図である。システム700を、図7では歯710の側面707にあるう蝕領域715にわたって歯710に結合することができるが、う蝕領域715は、上で説明したように、歯710の他のいかなる表面にもあり得る。特に断りのない限り、図7に示す構成要素は、図1A～図6に示す構成要素と同じであるかまたは同様であり得るが、参照番号が図6の構成要素に対して100増加していることを除く。たとえば、システム700は、ハンドピース708と、チャンバ704を含むかまたは画定するキャップ702と、歯710の健康な部分に損傷を与えることなくう蝕を除去するのに十分な圧力波703を発生させるように構成された圧力波発生器705とを含むことができる。

【0088】

図7の流体プラットフォーム701はまた、流体出口720および流体入口722を含むことも可能である。図6を参照して上で説明したように、流体出口720を、チャンバ704から廃棄流体を除去するように構成することができる。流体入口722を、能動的入口とすることことができ、それにより、ポンプ(図示せず)を作動させてチャンバ704内

10

20

30

40

50

に治療流体を押し込むことができる。場合によっては、たとえば、圧力波発生器 705 が液体ジェットである場合、流体入口 722 は圧力波発生器 705 と同じであり得る。流体入口 722 は、キャップ 702 のチャンバ 704 に新たな治療流体を供給することができ、それにより、チャンバ 704 は、治療中、少なくとも部分的にまたは実質的に液体で充填され続ける。上述したように、圧力波発生器 705 を、液体充填キャップ 702 の内部で作動させて、圧力波 703 を液体内で伝播させてう蝕領域 715 から腐食物を除去することができる。流体入口 722 は、入口 722 を介して歯に送達される流体を提供する流体貯蔵器、流体供給部または流体源と流体連通することができる。上で説明したように、流体を、たとえば 1つまたは複数のポンプを使用することにより、または重力送りを使用することによって、圧力下で送達することができる。流体プラットフォーム 701 は、たとえば圧力調整器、圧力センサ、弁等を含むさらなる構成要素（図示せず）を含むことができる。
10

【0089】

図 8 は、流体出口 820、流体入口 822 および 1つまたは複数の通気孔 824 を有する流体プラットフォーム 801 を含む歯科用システム 800 の概略側断面図である。図 8 において、システム 800 は、図 4 に開示した実施形態に類似する歯 810 の咬合面 818 のう蝕領域 815 を治療するために、歯 810 に結合されている。当然ながら、図 8 の流体プラットフォーム 801 もまた、舌側面、頬側面または隣接面等、歯 810 のあらゆる面のう蝕を治療するように構成することができる。特に断りのない限り、図 8 に示す構成要素は、図 1A～図 7 に示す構成要素と同じであるかまたは同様であり得るが、参照番号が図 7 の構成要素に対して 100 増加していることを除く。たとえば、システム 800 は、ハンドピース 808 と、チャンバ 804 を含むかまたは画定するキャップ 802 と、歯 810 の健康な部分に損傷を与えることなくう蝕を除去するのに十分な圧力波 803 を発生させるように構成された圧力波発生器 805 とを含むことができる。チャンバ 804 に、少なくとも部分的にまたは実質的に治療液を充填することができ、発生した圧力波 803 は、治療液内を伝播してう蝕を除去することができる。
20

【0090】

図 7 の実施形態と同様に、流体入口 822 および流体出口 820 を流体プラットフォーム 801 に含めて、それぞれ、キャップ 802 のチャンバ 804 に新たな治療液を供給し、チャンバ 804 から排液を除去することができる。さらに、図 8 において、流体プラットフォーム 801 は、1つまたは複数の通気孔 824 を含む。通気孔 824 は、少なくとも部分的に、キャップ 802 のチャンバ 804 の内部の液体の圧力を調整するように作用することができる。たとえば、通気孔 824 を、流体出口 820（たとえば廃棄物ライン）に沿って配置することができる。
30

【0091】

いくつかの通気孔付き流体プラットフォームでは、入口流量および出口流量を、独立した駆動力によって駆動することができる。たとえば、いくつかの実施態様では、流体入口 822 は、圧力ポンプに流体連通しそれによって駆動されることが可能であり、流体出口 820 は、排気システム（たとえば、吸引または真空ポンプ）に流体連通されてそれを介して制御されることが可能である。他の実施態様では、流体入口 822 または流体出口 820 を、シリンジポンプで制御することができる。流体入口 822 および流体出口 820 の圧力は、負の正味圧力がチャンバ 804 内で維持されるようなものであり得る。こうした正味負圧は、治療流体を流体入口 822 からチャンバ 804 内に送達するのに役立つことができる。
40

【0092】

本明細書に記載するさまざまな実施形態では、通気孔 824 は、透過性または半透過性材料（たとえばスポンジ）、開口部、細孔または穴等の形態をとることができる。制御された流体プラットフォームで通気孔を使用することにより、1つまたは複数の望ましい利点をもたらすことができる。たとえば、排気システムは、得られるものがある限り、チャンバ 804 から廃棄流体を収集することができる。治療に中断（たとえば、治療サイクル
50

の間の時間)がある場合、廃棄流体流は停止する可能性があり、排気システムは、チャンバ804を減圧するのではなく、1つまたは複数の通気孔824を介して空気の引出しを開始して、排気システムに供給される流体がないことを少なくとも部分的に補償することができる。何らかの理由で排気システムが動作を停止した場合、廃棄物流は、1つまたは複数の通気孔から患者の口内にまたはラバーダム(使用される場合)の上に流れ出しができ、そこで廃棄流体を外部排気ラインによって制御することができる。したがって、通気孔の使用は、印加される圧力差の影響を抑制する傾向がある可能性があり、したがって、負圧または正圧の蓄積を阻止または防止することができる。また、チャンバ804内部の正圧または負圧は、封止材に幾分かの量の力をかける可能性があり、したがって、場合によってはこうした力に耐えるためにより強力なシールが必要な可能性があることにも留意されたい。いくつかの通気孔付きシステムのあり得る利点は、通気孔が、チャンバ804内部の圧力上昇(または低下)を緩和し、封止材に作用している力を低減または除去し、したがって封止をより実現可能かつ有効にするのに役立つということを含む。

【0093】

図9Aは、2つの隣接する歯に結合されかつ2つの歯の間のう蝕領域915を治療するように構成された流体プラットフォーム901を含む歯科用システム900の概略側断面図である。図9Bは、線9B-9Bに沿って取り出された図9Aのシステム900の側断面図である。特に、図9におけるう蝕領域915は、治療される歯910の隣接面に位置している。特に断りのない限り、図9A～図9Bに示す構成要素は、図1A～図8に示す構成要素と同じであるかまたは同様であり得るが、参照番号が図8の構成要素に対して100増加していることを除く。たとえば、システム900は、ハンドピース908と、チャンバ904を含むかまたは画定するキャップ902と、歯910の健康な部分に損傷を与えることなくう蝕を除去するのに十分な圧力波903を発生させるように構成された圧力波発生器905とを含むことができる。チャンバ904に、少なくとも部分的にまたは実質的に治療液を充填することができ、発生した圧力波903は、治療液内を伝播してう蝕を除去することができる。

【0094】

図9A～図9Bの実施形態では、キャップ902を、歯910の上面または咬合面918に取り付けることができる。たとえば、いくつかの実施形態では、キャップ902を歯910の咬合面918の部分に取り付けるために、接着剤またはシーラントを塗布することができる。キャップ902が歯910の咬合面918に結合されたとき、キャップ902が歯910に封止されている場合であっても、隣接する歯の間に依然として間隙がある可能性があることが理解されるべきである。こうした間隙は望ましくない可能性があり、それは、治療流体が間隙を通って漏れるかまたは流れ出る可能性があり、それが、圧力波発生器905によって発生する波903の動作を阻止しかつ/または有効性を低減する可能性があるためである。したがって、流体シールがキャップ902、2つの隣接する歯および歯910の歯肉線909の間に形成されるように間隙を封止することが有利であり得る。こうした流体シールを提供することは、流体プラットフォーム901のチャンバ904内に治療流体を保持するように作用することができる。

【0095】

いくつかの実施形態では、たとえば、流体プラットフォーム901は、キャップ902を歯910に封止し、隣接する歯の間の間隙を閉鎖する封止材912を含むことができる。特に、封止材912またはシーラント(いくつかの実施形態では、たとえば咬合採得材を含むことができる)を使用して、2つの歯の間の空間の周囲にシールを提供し、チャンバ904が液体で実質的に充填された状態を維持することができる。たとえば、封止材912を、2つの歯の間に塗布することができ、キャップ902(たとえば、キャップ902が間隙にかかっている場合)から、2つの歯の間の側部に沿ってかつ2つの歯の間の歯肉線909に沿って塗布することができる。したがって、流体プラットフォーム901は、たとえばキャップ902、封止材912および2つの隣接する歯によって画定される空間を実質的に密閉することができる。

10

20

30

40

50

【0096】

上述したように、圧力波発生器905を、圧力波903が流体内を伝播して歯910の側部のう蝕領域915からう蝕を取り除くように作動させることができる。たとえば、治療によっては、う蝕の付近に圧力波発生器を配置することができる可能性がある。図9A～図9Bには2つの歯が示されているが、他の実施形態では、キャップ902は3つ以上の歯を密閉することができる。

【0097】

VII. 治療法例

本明細書で説明するように、臨床医は、本明細書に開示する実施形態を使用して歯のう蝕を取り除く（たとえば歯の空洞または穴を洗浄する）ことができる。図10は、歯からう蝕を取り除く1つの例としての方法1000を示すフローチャートである。方法1000は、ブロック1002で開始して、歯のう蝕領域にわたってキャップをあてがう。本明細書で説明するように、う蝕領域は、大きい場合もあれば小さい場合もあり、う窓性である場合もあれば非う窓性である場合もある。さらに、う蝕領域は、側面（たとえば舌側面、頬側面、隣接面等）および咬合面を含む、歯のあらゆる面に存在する可能性がある。キャップを、可撓性材料から形成することができ、キャップは、治療流体を保持するように構成されたチャンバを画定するかまたは含むことができる。キャップを、ハンドピースの先端部分に配置するかまたは結合することができる。臨床医は、ハンドピースを使用して、う蝕領域にわたってキャップを操作することができる。実際には、キャップを、歯の側面の一部のみにわたる等、う蝕領域の小さい部分のみにわたってあてがうことができる（たとえば図1Bを参照）。他の実施形態では、キャップを、実質的に歯の歯冠全体にわたってあてがうことができる（たとえば図4を参照）。さらに他の実施形態では、キャップを、2つ以上の隣接する歯の咬合面および/または歯冠全体にわたってあてがうことができる（たとえば図5を参照）。さらに、キャップを、2つ以上の隣接する歯の咬合面の一部のみにわたってあてがうことができる（図9A～図9Bを参照）。

10

20

30

【0098】

ブロック1004に進むと、キャップを歯に封止することができる。上で説明したように、治療流体を収容するように実質的に封止されたチャンバまたは密閉空間を形成することが望ましい場合がある。キャップを歯に封止するために、いくつかの実施形態では、キャップをその歯（または複数の歯）の好適な面に付着せしめるように、キャップの外周部にシーラントまたは接着剤を塗布する。シールは、シリコーン、印象材、咬合探得材等、あらゆる好適なシーラントまたは接着剤であり得る。封止材のさらなる例は、3M Imprint（商標）Bite、Coltene Whaledent（登録商標）のJet Blue Biteである。さらに他の封止材が好適であり得る。さらに、図9A～図9Bに関して説明したように、封止材を、2つの隣接する歯の間の隙間に塗布することも可能である。たとえば、シーラントを、あてがわれたキャップ、歯および歯肉線の間に塗布することができる。それにより、シーラントは、治療流体を保持することができる実質的に封止されたチャンバを生成することができる。

【0099】

方法1000はブロック1006に移り、そこで、キャップのチャンバに少なくとも部分的に流体を充填する。本明細書に開示するさまざまな実施形態では、流体を流体入口で導入することができる。いくつかの構成では、流体入口は、（たとえば、圧力波発生器が液体ジェット装置である場合）圧力波発生器として作用することも可能である。いくつかの実施形態では、チャンバは、治療流体で実質的に充填される。たとえば、チャンバを、チャンバの容積の約30%を超えて、チャンバの容積の約50%を超えて、チャンバの容積の約60%を超えて、チャンバの容積の約75%を超えて、チャンバの容積の約90%を超えて、チャンバの容積の約100%等、充填することができる。治療流体は、水、生理食塩水等、あらゆる好適な治療流体であり得る。治療によっては、キャビテーションを改善しう蝕の内部における気泡の存在を低減するように、溶液を脱気することも可能である。チャンバを少なくとも部分的に充填することによるかまたは実質的に充填することに

40

50

より、圧力波発生器によって発生する圧力波は流体内を伝播し、う蝕領域と相互作用して歯からう蝕を除去することができる事が理解されるべきである。

【0100】

ブロック1008に進み、チャンバ内で圧力波発生器を作動させて歯のう蝕領域を洗浄する。上で説明したように、圧力波発生器の先端部分等の一部をキャップのチャンバに挿入することができる。いくつかの構成では、圧力波発生器の先端部分を治療液に浸漬することができる。圧力波発生器は、歯からう蝕を取り除くのに十分な圧力波を生成するあらゆる好適な装置であり得る。たとえば、圧力波発生器は、機械的エネルギーを発生させる装置（たとえば液体ジェット、機械的パドルまたはロータ）、電磁エネルギーを発生させる装置（たとえばレーザ）、音響エネルギーを発生させる装置（たとえば、超音波ホーンまたは圧電発振器）等を含むことができる。

10

【0101】

う蝕を取り除くために、臨床医は、圧力波発生器をあらゆる好適な期間作動させることができる。たとえば、さまざまな実施形態では、約15分未満の期間、圧力波発生器を作動させることにより、う蝕を実質的に除去することができる。いくつかの構成では、う蝕を実質的に除去するためにう蝕の程度および位置に応じて、約0.1分間から約20分間の範囲の期間、圧力波発生器を作動させて、う蝕領域を洗浄することができる。たとえば、いくつかの実施形態では、う蝕を実質的に除去するためにう蝕の程度および位置に応じて、約0.1分間から約5分間の範囲の期間、圧力波発生器を作動させて、う蝕領域を洗浄することができる。本明細書で説明するように、発生した圧力波は、場合によっては、歯の健康な部分からう蝕を除去するキャビテーションクラウドを生成する可能性がある。実際には、開示する実施形態は、非侵襲的なう蝕の除去を可能にし、それにより、歯の健康な部分を無傷のままにしながら、実質的にすべてのう蝕が除去される。

20

【0102】

方法はブロック1010に移り、歯を修復する。圧力波発生器を用いてう蝕が実質的に取り除かれると、歯構造の一部、たとえば歯のう蝕領域の一部が欠けている可能性がある。いくつかの実施形態では、臨床医は、複合材料等の修復材料を塗布することによって歯を修復することができる。場合によっては、歯を修復するために、治療された歯の上に歯冠を施すことができる。しかしながら、他の場合では、除去されたう蝕部分が比較的小さい場合があり、それにより修復が望ましくないかまたは最小限の修復が望ましい可能性がある。たとえば、小さいう蝕が除去された場合、治療された歯を修復するために、シーラントおよび/または抗菌剤あるいはフッ素剤を塗布することができる。

30

【0103】

V I I I . 治療溶液

本明細書に開示する治療溶液は、たとえば水、生理食塩水等を含むあらゆる好適な流体であり得る。いくつかの実施形態では、治療溶液を脱気することができ、それにより、治療によってはキャビテーションを改善しつゝまたはう蝕内部の気泡の存在を低減することができる。いくつかの実施形態では、溶存気体含有量は、約1体積%未満であり得る。たとえば、組織溶解剤（たとえばNaOCl）、消毒剤（たとえばクロルヘキシジン）、麻酔、フッ素療法剤、EDTA、クエン酸および他のあらゆる好適な化学物質を含むさまざまな化学物質を、治療溶液に添加することができる。いくつかの実施形態では、化学物質および化学物質の濃度を、臨床医によってかつ／またはシステムによって患者の転帰を改善するために処置を通して変更することができる。

40

【0104】

治療溶液の一例としては、0.3%から6%のNaOClを含む水または生理食塩水が含まれる。方法によっては、NaOClの存在下で、NaOCl濃度が1%未満である場合、組織溶解およびう蝕除去が発生しない場合がある。本明細書に開示するいくつかの治療方法では、組織溶解およびう蝕除去は、より小さい（またははるかに小さい）濃度で発生することができる。

【0105】

50

I X . う蝕の除去を促進

上で説明したように、圧力波発生器は、圧力波を、伝播媒体を通してう蝕領域まで伝播させることによって、虫歯を除去することができる。理論によって限定されることなく、圧力波がう蝕を取り除くと考えられるいくつかのあり得る方法を以下に示す。これらの原理および上述した原理は、概して、本明細書に開示する各実施形態、たとえば図1～図10の実施形態の各々に適用可能であることに留意されたい。

【0106】

圧力波発生器によって発生する圧力波は、罹患し損傷した硬組織ならびに、う蝕領域内部の軟組織、食べ物および細菌と相互作用することができる。発生した圧力波を、健康な象牙質およびエナメルに対する影響がないかまたは最小限（わずか）であるように調整することができる。圧力波がう蝕を除去し健康な象牙質またはエナメルに達すると、組織除去作用は停止するかまたは低速になり、それにより、健康な歯質は維持される。したがって、従来の機械的治療と比較して、開示する圧力波発生器は、非侵襲的にかつ健康な歯質に損傷を与えることなくう蝕を有利に除去することができる。

10

【0107】

いくつかの構成では、発生した圧力波によってキャビテーションを引き起こすことができる。高強度圧力波（たとえば音波または超音波）で液体（たとえば水）を照射したとき、音響キャビテーションが発生する可能性がある。小さいキャビテーション気泡の振動または爆縮的崩壊が局所効果をもたらすことができ、それにより、たとえば強力な小規模の局所熱、衝撃波ならびに／またはマイクロジェットおよびせん断流を生成することにより、洗浄プロセスをさらに強化することができる。したがって、治療方法によっては、音響キャビテーションは、化学反応、ソノケミストリ、ソノポレーション、軟組織／細胞／細菌解離、生体膜の剥離および崩壊を促進することを担うかまたはそれに関与することができる。

20

【0108】

たとえば、治療液が、硬組織および／または軟組織に作用する化学物質を含む場合、圧力波（音場）および／または後続する音響キャビテーションは、攪拌および／またはソノケミストリを介して化学反応を促進することができる。さらに、圧力波（たとえば音場、超音波周波数）および／または後続する音響キャビテーションを使用して細胞原形質膜の透過性を変更するプロセスであるソノポレーションは、歯からう蝕領域を除去する化学反応を促進することも可能である。発生した圧力波および／または後続するいくつかの周波数の音響キャビテーションが、細胞および細菌の破壊および死（たとえば溶解）とともに、腐食し脆弱化した象牙質およびエナメルの除去をもたらすことができることも理解されるべきである。細胞および細菌の破壊現象は、本来は歯に再感染する可能性がある細菌を殺すことができる。

30

【0109】

発生した圧力波および／または後続する音響キャビテーションはまた、細胞、細菌および生体膜の間の結合を緩めることも可能であり、かつ／または圧力波は組織を解離することができる。場合によっては、圧力波および／または音響キャビテーションは、細胞と象牙質との間の結合を緩めることができ、かつ／または歯から組織を剥離することができる。さらに、圧力波および／または後続する音響キャビテーションは、振動および／あるいは衝撃波、ならびに／またはキャビテーション気泡の爆縮の結果として発生するマイクロジェットを介して、（比較的弱く結合が緩い可能性がある）腐食した硬組織に作用して、腐食した硬組織を歯の他の健康な部分から除去することができる。

40

【0110】

さまざまな実施形態で、洗浄プロセスを強化するようにいくつかの特性を調整または選択することができる。たとえば、たとえば表面張力、沸騰あるいは蒸気温度、または飽和圧力等の液体特性を、臨床医が、洗浄プロセスを改善するように調整または選択することができる。さらに、治療液の溶存気体含有量を、流体力学的キャビテーションまたは他の原因によって生成される圧力波のエネルギー損失を低減するように調整または選択するこ

50

とができる。本明細書で説明するように、たとえば、治療液を脱気することができ、それは、圧力波のエネルギーを保存するのに役立つことができ、システムの効率を向上させることができる。

【0111】

いくつかの構成では、液体循環（たとえば対流）は、罹患歯からう蝕を取り除くことを促進することができる。拡散機構と比較して反応プロセスの時間尺度が比較的短いため、本明細書に開示する実施形態のうちのいくつかでは、「巨視的」液体循環等の反応物質送達のより高速な機構が有利な可能性がある。たとえば、化学反応と同等の（好ましくはより高速な）時間尺度を有する液体循環は、化学反応フロントにおいて反応物質を補充するのに役立つことができ、かつ／または反応部位から反応副生成物を除去するのに役立つことができる。対流プロセスの有効性に関連する可能性がある対流時間尺度を、たとえば循環源の位置および特性に応じて、調整および／または最適化することができる。さらに、液体循環の導入により、概して拡散プロセスがなくなることはなく、拡散プロセスは、化学反応フロントの薄い微視的層内に依然として有効であり続けることができる理解されるべきである。液体循環はまた、う蝕において強力な灌注をもたらすこともでき、したがって、う蝕から相対的に大きい残がい片を緩めかつ／または除去するようにすることができます。

【0112】

いくつかの構成では、さまざまな特性を、たとえばキャップのチャンバ内の液体循環を促進するように調整することができる。たとえば、う蝕の位置に対する循環源を調整することができる。場合によっては、たとえば、ハンドピースを使用して、循環およびう蝕除去を促進するように、キャップ、流体入口、流体出口および圧力波発生器を位置決めすることができる。循環源およびう蝕が封入される密閉空間の形状もまた変更することができる。たとえば、開示する実施形態は、流体プラットフォームのキャップおよびチャンバに対してさまざまな設計を示す。しかしながら、他の構成では、キャップを、う蝕の除去を促進するように他のあらゆる好適な形状または構成で成形することができる。循環が、治療液の粘度および／または循環源の作用の機構によって影響を受ける可能性があることも理解されるべきである。たとえば、入口開口部を通って放出される液体のジェット、プロペラまたは振動物体等の攪拌機等の循環源を、流体保持器またはキャップ内の流体の循環を促進するように選択することができる。態様によっては、いくつかの実施形態では液体ジェットを駆動するポンプ源等、液体循環源の入力を調整することも可能である。

【0113】

さまざまな反応化学を、う蝕除去プロセスを改善するように調整または設計することができる。たとえば、う蝕領域における有機組織の溶解を促進するために、治療液に組織溶解剤（たとえば次亜塩素酸ナトリウム - NaOCl）を添加することができる。組織溶解剤は、化学反応中に有機組織と反応する可能性がある。場合によっては、組織溶解は多段プロセスであり得る。組織溶解剤は、う蝕内部の有機物および細菌を溶解または解離する可能性があり、それにより、よりよい患者の転帰をもたらすことができる。さらに、いくつかの実施形態では、治療液に脱灰剤（たとえばEDTAまたはクエン酸等の酸）を添加することができる。脱灰剤は、さらに、罹患した硬組織（象牙質／エナメル）を軟化させてう蝕の取除きおよび除去を容易にすることができます。

【0114】

水酸化ナトリウムを、組織が溶解するときに次亜塩素酸ナトリウム反応から発生させることができ、水酸化ナトリウムは、有機分子および脂肪分子（トリグリセリド）と反応して石鹼（脂肪酸塩）およびグリセロール（アルコール）を生成することができる。この反応により残りの溶液の表面張力を低減することができ、それにより、治療液がう蝕内部の小さい空間または微視的空間に浸透し、化学反応によって形成された気泡を除去するのを容易にすることができます。水酸化ナトリウムは、アミノ酸塩を形成するアミノ酸および水を中和するように作用することも可能である。NaOHの消費により、残りの溶液のpHを低減することができる。

10

20

30

40

50

【0115】

次亜塩素酸、すなわち次亜塩素酸ナトリウム溶液、たとえば組織溶解剤に存在し得る物質は、タンパク質およびアミノ酸のアミノ基と反応してさまざまなクロラミン誘導体を生成することができる塩素を放出することができる。たとえば、次亜塩素酸は、組織内の遊離アミノ酸と反応してN-クロロアミノ酸を形成することができ、それは、次亜塩素酸塩より強力な防腐作用を有することができる強酸化剤である。

【0116】

いくつかの実施形態では、発生した圧力波からもたらされるキャビテーション動態を、治療流体で使用される化学物質を調整することによって変更することができる。たとえば、流体内の化学物質は、溶液の表面張力に影響を与える可能性があり、それによりキャビテーション現象を変化させる可能性がある。たとえば、たとえば次亜塩素酸ナトリウムの水溶液等、無機化学物質の溶液は、溶液の表面張力を増大させる可能性がある溶液内のイオン濃度を上昇させる可能性がある。表面張力が増大することにより、場合によっては、有利にはより強力なキャビテーションをもたらすことができ、それにより処置の洗浄作用を促進することができる。場合によっては、キャビテーション初生閾値の大きさは、表面張力の増大によって増大する可能性があり、キャビテーション誘発機構（たとえば圧力波発生器）は、キャビテーション気泡の初生を有するために、閾値を越えるために十分強力である波を発生させる必要がある場合がある。しかしながら、理論によって限定されることなく、キャビテーション閾値を越えると、表面張力の増大により、通常、キャビテーションがより強力になる可能性がある。たとえば、次亜塩素酸ナトリウムの水溶液は、以下の平衡反応をもたらすことができ、それにより、液体のイオン濃度を増大させることができ、したがっていくつかの構成においてキャビテーションを改善することができる。



【0117】

いくつかの実施形態では、う蝕部位からの加速された気泡除去を構成することができる。たとえば、方法によっては、NaOCl等の化学物質はけん化をもたらすことができる。う蝕内部で生成されるかまたは閉じ込められた気泡の除去を、局所けん化の結果として化学反応フロントに表面張力の局所低減により加速することができる。方法によっては、圧力波源（たとえば圧力波発生器）において表面張力が比較的高いことが望ましい場合があるが、う蝕内部では、気泡除去を加速するために局所的に表面張力が低減することが有益である場合がある。加速された気泡除去現象は、組織溶解剤が組織と反応する際に発生する可能性がある。たとえば、次亜塩素酸ナトリウムは、脂肪酸を分解し、それらを、化学反応フロントにおいて残りの溶液の表面張力を低減することができる脂肪酸塩（石鹼）およびグリセロール（アルコール）に変換する溶媒として、作用することができる。

【0118】

洗浄処置を促進するように、他の特性または変量を調整または選択することができる。たとえば、化学反応速度を、各化学反応に対して調整することができ、それにより反応の全体的な速度を決めることができる。場合によっては、たとえば、温度を調整して反応速度を調整することができる。さらに、反応物質の濃度は、反応が完了する時間、たとえば、う蝕領域の洗浄を完了する時間に影響を与える可能性がある重要な要素であり得る。たとえば、5%NaOCl溶液は、一般に、0.5%NaOCl溶液より強力である可能性があり、組織をより高速に溶解する傾向があり得る。場合によっては、反応物質再生速度を調整することができる。たとえば、化学反応フロントに（たとえば表面張力のために）気泡が発生し留まる可能性があり、化学反応フロントにおいて、新たな反応物質が反応フロントに達するのを妨げるかまたは阻止するバリアとして作用する可能性がある。治療液の循環は、気泡および反応副生成物の除去に役立つことができ、それらを新たな治療液に置き換えることができる。

【0119】

いくつかの実施形態では、熱の導入により、化学反応速度を上昇させることができる。熱を、種々の熱源を介してシステムに導入することができる。たとえば、治療流体を、あ

10

20

30

40

50

らゆる好適な加熱技法を用いて予熱することができる。さらに、熱を、キャビテーションから、または他の内部あるいは外部放散源から発生させることができる。いくつかの構成では、熱を発熱化学反応から生成することができ、それにより反応速度をさらに促進または上昇させることができ、洗浄プロセスの速度を上昇させることができる。

【0120】

いくつかの構成では、ソニケーション（超音波破碎）が発生する可能性がある。たとえば、液体（たとえば水）に高強度圧力波（たとえば音波または超音波を含む）を放射すると、音響キャビテーションが発生する可能性がある。キャビテーション気泡の振動および／または爆縮的崩壊により、寿命の短い強力な局所加熱および高圧が発生する可能性がある。実験結果が、気泡崩壊の部位で、温度および圧力が、それぞれ約5000Kおよび1000atmに達する可能性があることを示した。ソノケミストリとして知られるこの現象が、本来は低温の液体に、極限の物理的状態および化学的状態をもたらすことができる。ソノケミストリは、場合によっては、100万倍ほど化学反応度を促進することが報告されている。こうした高温および高圧は、歯からう蝕を除去するのに役立つことができる。しかしながら、さらなる他の様態では、音響キャビテーションが発生しない（または比較的低振幅で発生する）場合、圧力波による反応物質の振動および搅拌が、副生成物を新たな反応物質に置き換えるのに役立つため、化学反応を促進することができる。したがって、圧力波発生器によって発生する圧力波は、治療される歯からう蝕を有效地かつ迅速に除去することができる。

【0121】

X. 圧力波発生器によって発生する音響出力の例

図11Aおよび図11Bは、圧力波発生器の異なる実施形態によって発生させることができる音響出力のあり得る例を概略的に示すグラフである。これらのグラフは、水平軸の音響周波数（kHz）の関数として垂直軸に音響出力（任意の単位）を概略的に示す。歯における音響出力は、歯の中または上の有機物質を解離し有機物質および／または無機物質ならびにう蝕を有效地に取り除くように作用することができる、たとえば音響キャビテーション（たとえばキャビテーション気泡形成および崩壊、マイクロジェット形成）、音響流、微細侵食（microerosion）、流体搅拌、流体循環、ソノポレーション、ソノケミストリ等を含む効果に影響を与え、こうした効果をもたらし、またはこうした効果の強度を増大させることができる。さまざまな実施形態において、圧力波発生器は、（少なくとも）約1Hz、約0.5kHz、約1kHz、約10kHz、約20kHz、約50kHz、約100kHzまたはそれより大きい周波数を超える周波数での音響出力を含む音波を生成することができる。音波は、同様に他の周波数（たとえば、上に列挙した周波数未満の周波数）の音響出力を有することができる。

【0122】

図11Aのグラフは、液体ジェットが、実質的に液体が充填されている歯の上または周囲のチャンバ内に配置された面にぶつかることにより、かつ液体ジェットのチャンバ内の流体との相互作用により発生する、音響出力の概略例を表す。この概略例は、たとえば、約1Hzから約100kHzの範囲の著しい出力、およびたとえば約1kHzから約1000kHzの範囲の著しい出力（たとえば、帯域幅は約1000kHzであり得る）を含む、約1Hzから約1000kHzまでの範囲の著しい出力の音響出力の広帯域スペクトル190を示す。音響エネルギースペクトルの帯域幅を、場合によっては、3デシベル（3-dB）帯域幅（音響出力スペクトルの半値全幅すなわちFWHM）に関して測定することができる。さまざまな例では、広帯域音響出力スペクトルは、約1Hzから約500kHzの範囲、約1kHzから約500kHzの範囲、約10kHzから約100kHzの範囲、または他の何らかの範囲の周波数の帯域幅の著しい出力を含むことができる。いくつかの実施態様では、広帯域スペクトルは、約1MHzを越える音響出力を含むことができる。いくつかの実施形態では、圧力波発生器は、約10kHzのピーク出力および約100kHzの帯域幅の広帯域音響出力を生成することができる。さまざまな実施形態では、広帯域音響出力スペクトルの帯域幅は、約10kHzを超えるか、約50kHzを超

10

20

30

40

50

えるか、約 100 kHz を超えるか、約 250 kHz を超えるか、約 500 kHz を超えるか、約 1 MHz を超えるか、または他の何らかの値である。洗浄方法によっては、約 1 Hz と約 200 kHz との間、たとえば、約 20 kHz から約 200 kHz の範囲の音響出力が、歯の洗浄に特に有効であり得る。音響出力は、約 1 kHz を超えるか、約 10 kHz を超えるか、約 100 kHz を超えるか、または約 500 kHz を超える周波数の実質的な出力を有することができる。実質的な出力は、たとえば、総音響出力（たとえば、全周波数にわたって積分された音響出力）の 10 % を超えるか、25 % を超えるか、35 % を超えるかまたは 50 % を超える量の出力を含むことができる。いくつかの構成では、広帯域スペクトル 190 は、1 つまたは複数のピーク、たとえば、可聴周波数範囲、超音波周波数範囲および / またはメガソニック周波数範囲のピークを含むことができる。 10

【 0123 】

図 11B のグラフは、実質的に液体が充填される、歯の上または周囲のチャンバ内に配置された、超音波変換器によって発生する音響出力の概略例を表す。この概略例は、約 30 kHz の基本周波数の近くに最高ピーク 192a がある音響出力の比較的狭帯域スペクトル 192 を示し、最初の数個の高調波周波数の近くのピーク 192b もまた示す。ピークの近くの音響出力の帯域幅は約 5 kHz から 10 kHz である可能性があり、図 11A に概略的に示す音響出力の帯域幅よりはるかに狭いことを見ることができる。他の実施形態では、音響出力の帯域幅は、約 1 kHz、約 5 kHz、約 10 kHz、約 20 kHz、約 50 kHz、約 100 kHz または他の何らかの値であり得る。例としてのスペクトル 192 の音響出力は、基本周波数および最初の数個の高調波にその出力の大部分を有し、したがって、この例の超音波変換器は、比較的狭い範囲の周波数（たとえば、基本周波数および高調波周波数の近く）で音響出力を提供することができる。例としてのスペクトル 190 の音響出力は、比較的広帯域出力（スペクトル 192 に比較して比較的高い帯域幅を有する）を示し、例としての液体ジェットは、例としての超音波変換器より大幅に多くの周波数で音響出力を提供することができる。たとえば、例としてのスペクトル 190 の比較的広帯域出力は、例としてのジェット装置が、う蝕領域から腐食物質を実質的に除去するように腐食物質と健康な物質との間の結合を破壊するのに十分なエネルギーで、これらの多数の周波数で音響出力を提供することを示す。 20

【 0124 】

必須ではないが、広帯域音響出力を有する音波（たとえば、図 11A に示す例を参照）は、狭帯域音響出力スペクトルを有する音波（たとえば図 11B に示す例を参照）によって発生するキャビテーションより、歯の洗浄（たとえば虫歯または歯の中あるいは上のう蝕領域の洗浄を含む）に有効な洗浄および消毒の音響キャビテーションまたは他の手段を発生させることができると考えられる。たとえば、音響出力の広帯域スペクトルは、キャビテーションクラウド内にかつ歯の表面上に比較的広範囲の気泡サイズを生成することができ、これらの気泡の爆縮は、狭いサイズ範囲である気泡より組織を崩壊するのに有効であり得る。比較的広帯域の音響出力は、音響エネルギーが、ある範囲の長さスケール、たとえば細胞スケールから組織スケールまで作用することも可能にすることができる。したがって、広帯域音響出力スペクトルを生成する圧力波発生器（たとえば、液体ジェットのいくつかの実施形態）は、狭帯域音響出力スペクトルを生成する圧力波発生器より、いくつかの治療では、歯の洗浄においてより有効であり得る。いくつかの実施形態では、複数の狭帯域圧力波発生器を使用して、比較的広範囲の音響出力を生成することができる。たとえば、各々が異なるピーク周波数で音響出力を生成するように調整された複数の超音波チップを使用することができる。 30

【 0125 】

X I . 脱気された治療流体

後述するように、治療流体（および / または治療流体に添加された溶液のいずれか）を、歯科診療所で使用される通常の液体に比較して脱気することができる。たとえば、脱気された蒸留水を（化学剤または溶質を添加するかまたは添加せずに）使用することができる。 40

【 0 1 2 6 】**(1) 治療流体における溶存気体のあり得る影響の例**

処置によっては、流体は、溶存気体（たとえば空気）を含む場合がある。たとえば、歯科診療所で使用される流体は、一般に、（たとえば、ヘンリーの法則に基づいて流体の温度および圧力から求められる）通常の溶存気体含有量を有している。圧力波発生器を用いる洗浄処置中、圧力波発生器の音場および／またはチャンバ内の流体の流れあるいは循環により、溶存気体のうちの幾分かが溶液から出て気泡を形成する可能性がある。

【 0 1 2 7 】

気泡は、歯の小さい通路あるいは亀裂または表面の凹凸を閉塞する可能性があり、こうした閉塞は、小さい通路に「ベーパロック」があるかのように作用する可能性がある。いくつかのこうした処置では、気泡の存在が、気泡を通過する音波の伝播を少なくとも部分的に閉塞し、妨げ、または方向を変える場合があり、洗浄作用がたとえば隣接面のう蝕または他の届き難いう蝕領域に達するのを少なくとも部分的に阻止するかまたは妨げる場合もある。気泡は、流体の流れまたは循環が、これらの届き難い領域かまたは他の小さい領域に達するのを阻止する場合があり、それにより、治療溶液が歯のこれらの領域に達するのが阻止されるかまたは妨げられる場合がある。

【 0 1 2 8 】

特定の処置においては、キャビテーションは、歯を洗浄する役割を果たすと考えられる。いかなる特定の理論によっても束縛されることを望まずに、キャビテーション初生の物理的プロセスは、ある意味、沸騰に類似している可能性がある。キャビテーションと沸騰との1つのあり得る相違は、流体内の蒸気の形成に先立つ熱力学的経路である。沸騰は、液体の局所蒸気圧が液体における局所周囲圧力を越えて上昇し、液体から気体への相変化をもたらすのに十分なエネルギーが存在する場合に発生することができる。液体における局所周囲圧力が、部分的には局所温度での液体の引張強度によって与えられる値を有する飽和蒸気圧より著しく低下する場合に、キャビテーション初生が発生することができると考えられる。したがって、必須ではないが、キャビテーション初生は、蒸気圧によってではなく、代りに最大核の圧力によって、または蒸気圧と最大核の圧力との差によって決まると考えられる。したがって、蒸気圧よりわずかに低い圧力に流体をさらすことにより、概してキャビテーション初生はもたらされないと考えられる。しかしながら、液体における気体の溶解度は、圧力に比例し、したがって、圧力を低下させることは、流体内部の溶存気体のうちの幾分かが、キャビテーション初生で形成される気泡のサイズに比較して相対的に大きい気泡の形態で放出されるようにする傾向があり得る。これらの相対的に大きい気泡は、蒸気キャビテーション気泡であるものとして間違って解釈される可能性があり、流体内にそれらが存在することは、文献のいくつかの報告では、キャビテーションが存在しなかった可能性がある場合に、キャビテーションによってもたらされているものとして間違って記載されていた可能性がある。

【 0 1 2 9 】

蒸気キャビテーション気泡の崩壊の最後の段階では、気泡壁の速度が、音速さえも超え、流体内部に強力な衝撃波を生成することがある。蒸気キャビテーション気泡は幾分かの量の気体を含む場合もあり、それは、緩衝材として作用し崩壊の速度を低下させ、衝撃波の強度を低減することがある。したがって、歯の洗浄用にキャビテーション気泡を利用するいくつかの処置では、こうした損失を防止するために流体内の溶存空気の量を低減することが有利であり得る。

【 0 1 3 0 】

治療流体からの溶液から出てきた気泡の存在により、いくつかの処置中に他の不都合がもたらされることがある。たとえば、圧力波発生器がキャビテーションを生成する場合、キャビテーションを引き起こすために使用される攪拌（たとえば圧力降下）により、水分子がキャビテーション気泡を形成する可能性がある前に含有溶存空気の放出がもたらされることがある。すでに形成された気泡は、（キャビテーション気泡を形成するように意図された）相変化中に水分子に対する核生成部位として作用することができる。攪拌が終了す

10

20

30

40

50

ると、キャビテーション気泡は、崩壊して圧力波を生成するように期待される。しかしながら、キャビテーション気泡崩壊は、効率の低下をともなって発生することがあり、それは、気体充填気泡は崩壊しないことがあり、代りに気泡として残り得るためである。したがって、治療流体内に気体が存在することにより、キャビテーション気泡の多くが気体充填気泡に溶け込むことによって無駄になる可能性があるため、キャビテーションプロセスの有効性が低減し得る。さらに、流体内の気泡は、気泡を含む流体の領域内を伝播する圧力波を減衰させる緩衝物として作用する場合があり、それにより、気泡を通過する圧力波の有効な伝播が阻害されることがある。幾分かの気泡は、歯の表面の上または間に発生するか、歯内の流体の流れまたは循環によってそこに移送されてもよい。気泡は、表面張力が比較的高いため、除去することが困難である可能性がある。これにより、化学物質および/または圧力波が歯の中および間の不規則な表面および小さい空間内に移送されることが阻止されることになり得、したがって、治療の効力が阻害されるかまたは低減し得る。10

【0131】

(2) 脱気された治療流体の例

したがって、いくつかのシステムおよび方法では、脱気流体を使用することが有利である可能性があり、脱気流体は、通常の（たとえば非脱気）流体を使用するシステムおよび方法に比較して、治療中に溶液から気泡が出て来るのを阻止し、低減または防止することができる。（通常の流体に比較して）治療流体の気体含有量が低減した歯科処置では、歯の表面または歯の間の小さい空間には、溶液から出てきた気泡はない可能性がある。圧力波発生器によって発生する音波は、脱気流体内を伝播して、表面、亀裂ならびに歯の空間および空洞に達してそれを洗浄することができる。いくつかの処置では、脱気流体は、約500ミクロン、200ミクロン、100ミクロン、10ミクロン、5ミクロン、1ミクロン以下の程度の空間に浸透することができる可能性があり、それは、（通常の溶存気体分を含む流体の使用に比較して）気泡が溶液から出てこれらの空間を閉塞するのが阻止されるほど、脱気流体に十分に気体がないためである。20

【0132】

たとえば、システムおよび方法によっては、脱気流体は、水の「通常の」気体含有量に比較して低減する溶存気体含有量を有することができる。たとえば、ヘンリーの法則に従って、水（25 および1気圧）における溶存空気の「通常の」量は約23mg/Lであり、それは、約9mg/Lの溶存酸素と約14mg/Lの溶存窒素とを含む。いくつかの実施形態では、脱気流体は、溶存気体含有量が、流体源から送達される際に（たとえば脱気する前に）その「通常の」量のおよそ10%～40%まで低減している。他の実施形態では、脱気流体の溶存気体含有量を、流体の通常の気体含有量のおよそ5%～50%または1%～70%まで低減することができる。治療によっては、溶存気体含有量は、通常の気体量の約70%未満、約50%未満、約40%未満、約30%未満、約20%未満、約10%未満、約5%未満または約1%未満であり得る。30

【0133】

いくつかの実施形態では、脱気流体における溶存気体の量を、（溶存空気の量ではなく）溶存酸素の量に関して測定することができ、それは、溶存酸素の量を、流体内の溶存空気の量より（たとえば滴定または光学センサあるいは電磁センサを介して）容易に測定することができるためである。したがって、流体内の溶存酸素の測定は、流体内の溶存空気の量に対する代用物としての役割を果たすことができる。いくつかのこうした実施形態では、脱気流体における溶存酸素の量を、約1mg/Lから約3mg/Lの範囲、約0.5mg/Lから約7mg/Lの範囲、または他の何らかの範囲とすることができます。脱気流体における溶存酸素の量を、約7mg/L未満、約6mg/L未満、約5mg/L未満、約4mg/L未満、約3mg/L未満、約2mg/L未満または約1mg/L未満とすることができる。40

【0134】

いくつかの実施形態では、脱気流体における溶存気体の量を、約2mg/Lから約20mg/Lの範囲、約1mg/Lから約12mg/Lの範囲、または他の何らかの範囲とす50

ることができる。脱気流体における溶存気体の量を、約20mg/L未満、約18mg/L未満、約15mg/L未満、約12mg/L未満、約10mg/L未満、約8mg/L未満、約6g/L未満、約4mg/L未満または約2mg/L未満とすることができます。

【0135】

他の実施形態では、溶存気体の量を、単位体積当りの空気または酸素の割合に関して測定することができます。たとえば、溶存酸素（または溶存空気）の量を、約5体積%未満、約1体積%未満、約0.5体積%未満または約0.1体積%未満とすることができます。

【0136】

液体内の溶存気体の量を、たとえば流体粘度または表面張力等の物理特性に関して測定することができます。たとえば、水の脱気は、その表面張力を増大させる傾向がある。非脱気水の表面張力は、20で約72mN/mである。いくつかの実施形態では、脱気水の表面張力は、非脱気水より約1%、5%または10%大きくなり得る。

【0137】

治療方法によっては、1種または複数種の二次流体を一次脱気流体に追加することができます（たとえば、脱気した蒸留水に消毒溶液を追加することができます）。いくつかのこうした方法では、二次溶液を、一次脱気流体に追加する前に脱気することができます。他の用途では、（通常の溶存気体含有量を有する可能性がある）二次流体を含むことにより、結合した流体の気体含有量を、特定の歯科治療に対して望ましい量を越えて増大させないように、一次脱気流体を十分に脱気することができます。

【0138】

さまざまな実施態様では、治療流体を、封止したバッグまたは容器内部の脱気液として提供することができます。流体を、流体貯蔵器に追加する前に治療室における別個の装備で脱気することができます。「インライン」実施態様の例では、流体を、たとえば流体ラインに沿って取り付けられた脱気ユニット（たとえば流体入口）を通過させることによって、システムを通して流れる際に脱気することができます。さまざまな実施形態で使用することができる脱気ユニットの例としては、Membrana-Charlotte（Charlotte、North Carolina）から入手可能なLiqui-Cel（登録商標）Minimodule（登録商標）Membrane Contactor（たとえばモデル1.7×5.5または1.7×8.75）、MedArray, Inc.（Ann Arbor、Michigan）から入手可能なPermSelect（登録商標）シリコーン膜モジュール（たとえばモデルPDMSXA-2500）、およびMarCor Purification（Skippack、Pennsylvania）から入手可能なFiberFlo（登録商標）中空ファイバカートリッジフィルタ（0.03ミクロン絶対値）が挙げられる。脱気を、以下の脱気技法またはその組合せのうちのいずれかを用いて行うことができる。すなわち、加熱、ヘリウム散布、真空脱気、ろ過、凍結-ポンプ-解凍およびソニケーションである。

【0139】

いくつかの実施形態では、流体の脱気は、流体を脱泡して、流体内で生じるかまたは存在する可能性があるあらゆる小さい気泡を除去することを含むことができる。脱泡を、流体をろ過することによって提供することができます。いくつかの実施形態では、流体を、（たとえば、分子レベルで溶存した気体を除去して）脱気しない場合があるが、脱泡機を通過させて流体から小さい気泡を除去することができます。

【0140】

いくつかの実施形態では、脱気システムは、特定の治療に対して治療流体が十分に脱気されているか否かを判断する溶存気体センサを含むことができる。溶存気体センサを、混合システムの下流に配置して、溶質の混合によって、ある場合に溶質の添加の後に治療流体の溶存気体含有量を増大させたか否かを判断するために使用することができる。溶質源は、溶存気体センサを含むことができる。たとえば、溶存気体センサは、流体における溶存気体の総量に対する代用物として、流体における溶存酸素の量を測定することができ、

10

20

30

40

50

それは、溶存酸素を溶存気体（たとえば窒素またはヘリウム）より容易に測定することができるためである。溶存気体含有量を、少なくとも部分的に空気内の全気体に対する酸素の比に基づいて（たとえば、酸素は空気の約21体積%である）、溶存酸素含有量から推測することができる。溶存気体センサは、電気化学センサ、光センサ、または溶存気体解析を行うセンサを含むことができる。本明細書に開示するさまざまなシステムの実施形態で使用することができる溶存気体センサの例としては、Pro-Oceanus Systems Inc. (Nova Scotia, Canada) から入手可能なPro-Oceanus GTD-ProまたはHTD溶存気体センサと、Zebra-Tech Ltd. (Nelson, New Zealand) から入手可能なD-Opto溶存酸素センサとを挙げることができる。いくつかの実施態様では、治療のサンプルを得ることができ、サンプルにおける気体を、真空ユニットを用いて抽出することができる。抽出された気体を、ガスクロマトグラフィを用いて解析して、流体の溶存気体含有量（および場合によっては気体の組成）を求めることができる。10

【0141】

したがって、流体入口から歯に送達される流体および/または液体ジェット装置においてジェットを発生させるために使用される流体は、通常の流体より溶存気体含有量が少ない脱気流体を含むことができる。脱気流体を使用して、たとえば、圧力波を発生させる高速液体ビームを発生させ、チャンバ（たとえば、流体保持器と歯との間のチャンバ）を実質的に充填するかまたは灌注し、音波用の伝播媒体を提供し、チャンバにおける（たとえば歯の中または歯の間の小さい空間または亀裂における）空気（または気体）の気泡の形成を阻止し、かつ/または歯の中の小さい空間（たとえば、亀裂、不規則な表面、小管等）に脱気流体の流れを提供することができる。液体ジェットを利用する実施形態では、脱気流体の使用により、液体ジェットが形成されるノズルオリフィスにおいて圧力が降下するため、気泡がジェット内で生じるのを阻止することができる。20

【0142】

したがって、歯内治療方法の例は、歯あるいは歯の表面上にまたはチャンバ内に脱気流体を流すことを含む。脱気流体は、組織溶解剤および/または脱灰剤を含むことができる。脱気流体は、約9mg/L未満、約7mg/L未満、約5mg/L未満、約3mg/L未満、約1mg/L未満または他の何らかの値の溶存酸素含有量を有することができる。治療用の流体は、脱気酸素含有量が約9mg/L未満、約7mg/L未満、約5mg/L未満、約3mg/L未満、約1mg/L未満または他の何らかの値である脱気流体を含むことができる。流体は、組織溶解剤および/または脱灰剤を含むことができる。たとえば、脱気流体は、組織溶解剤が約6体積%未満でありかつ/または脱灰剤が約20体積%未満である水溶液を含むことができる。30

【0143】

図のうちのいくつかに概略的に示す歯は大臼歯であるが、本処置を、切歯、犬歯、小白歯、前臼歯、大臼歯等、あらゆるタイプの歯に対して行うことができる。さらに、図では、歯を下側（下顎）歯として示している可能性があるが、これは、例示のためであって限定するものではない。本システム、方法および組成物を、下方（下顎）歯または上側（上顎）歯に適用することができる。また、開示した装置および方法は、歯のいかなる部分も可能である。さらに、開示した装置、方法および組成物を、ヒトの歯（子どもの歯を含む）にかつ/または動物の歯に適用することができる。40

【0144】

本明細書を通して「いくつかの実施形態」または「実施形態」と言及する場合、それは、その実施形態に関連して記載する特定の特徴、構造、要素、行為または特性が、少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味する。したがって、本明細書を通してさまざまな場所で「いくつかの実施形態では」または「実施形態では」という句が現れる場合、それは、必ずしも同じ実施形態を指しているとは限らず、同じかまたは異なる実施形態のうちの1つまたは複数を指している可能性がある。さらに、他の実施形態では、特定の特徴、構造、要素、行為または特性を、（図示するかまたは記載するものとは異なるものを含50

む) あらゆる好適な方法で組み合わせることができる。さらに、さまざまな実施形態において、特徴、構造、要素、行為または特性を、組み合せ、併合し、配置を変え、順序を変え、または完全に除外することができる。したがって、各実施形態に対して、いかなる単一の特徴、構造、要素、行為あるいは特性または特徴、構造、要素、行為あるいは特性群も、必要であるとも必須であるとも限らない。すべてのあり得るコンビネーションおよびサブコンビネーションは、本開示の範囲内にあるように意図されている。

【0145】

本明細書で使用する「備える」、「含む」、「有する」等の用語は、同義であり、包括的に、非限定的に(open-ended)使用され、追加の要素、特徴、行為、動作等を排除しない。また、「または」という用語は、その包括的な意味で(その排他的な意味ではなく)使用され、そのため、たとえば要素のリストを接続するために使用される場合、「または」と言う用語は、リストにおける要素の1つ、いくつかまたはすべてを意味する。

【0146】

同様に、実施形態の上記説明において、さまざまな特徴が、本開示を効率化しさまざまな発明の態様のうちの1つまたは複数の理解に役立つ目的で、単一の実施形態、図またはその説明において合わせてグループ化されている場合があることが理解されるべきである。しかしながら、この開示方法は、いかなる請求項もその請求項において明示的に列挙されているもの以外の特徴を必要とするという意図を反映するものとして解釈されるべきではない。むしろ、発明の態様は、あらゆる単一の上に開示した実施形態のすべての特徴よりは少ない特徴の組合せにある。

【0147】

上述した説明は、本明細書に開示した発明のさまざまな実施形態例と他の例示的なただし限定しない実施形態とを示す。本説明は、開示した発明の組合せ、態様および使用に関する詳細を提供する。本明細書を読んだときに当業者に明らかとなるものを含む、実施形態の開示した特徴および態様の他の変形形態、組合せ、変更形態、均等物、態様、使用、実施態様および/または適用もまた、本開示の範囲内にある。さらに、本発明のいくつかの目的および利点が本明細書に記載されている。こうした目的または利点の必ずしもすべてが、いかなる特定の実施形態においても達成され得るとは限らないことが理解されるべきである。したがって、たとえば、当業者は、本明細書において教示されるかまたは示唆され得る他の目的または利点を必ずしも達成することなく、本明細書に教示されるような1つの利点または利点群を達成するかまたは最適化する方法で、本発明を具体化するかまたは実行することができることを理解するであろう。また、本明細書に開示するいかなる方法またはプロセスにおいても、その方法またはプロセスを構成する行為または動作を、任意の好適な順序で行うことができ、必ずしも任意の特定の開示した順序に限定されるものではない。

10

20

30

【図 1 A】

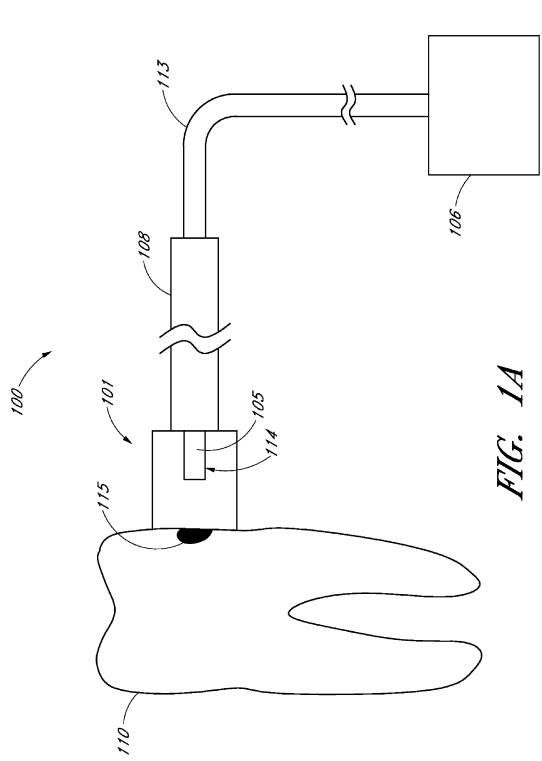


FIG. 1A

【図1B】

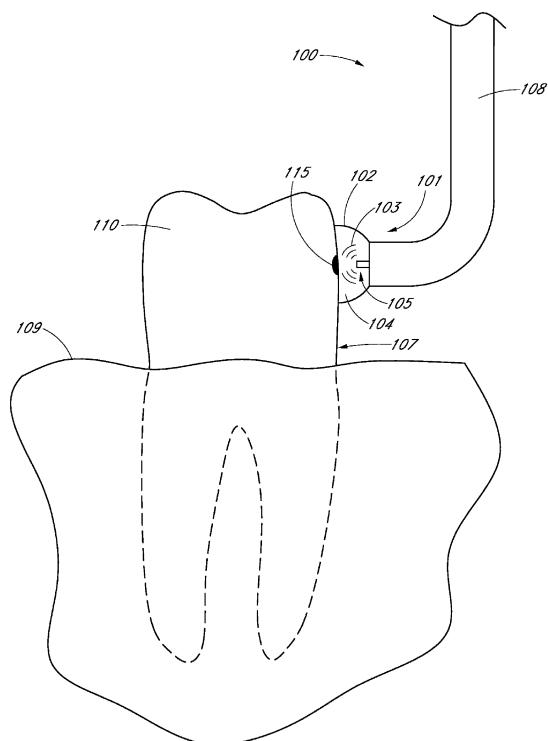


FIG. 1B

【図2】

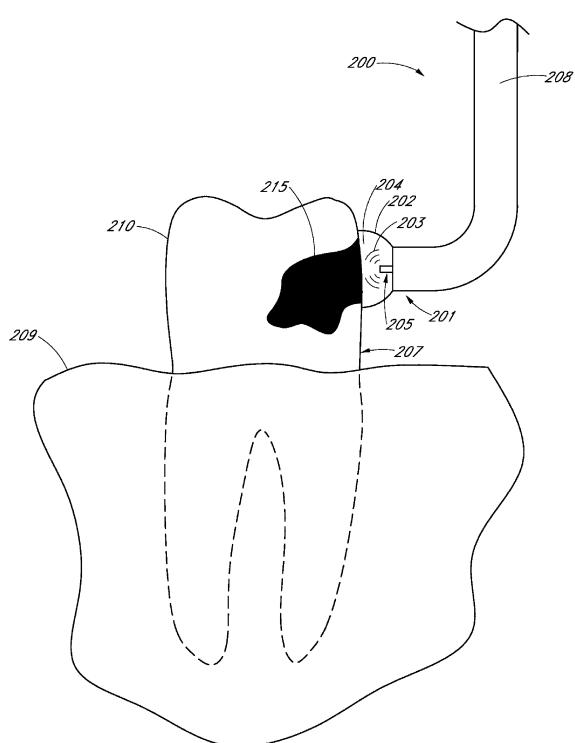


FIG. 2

【図3A】

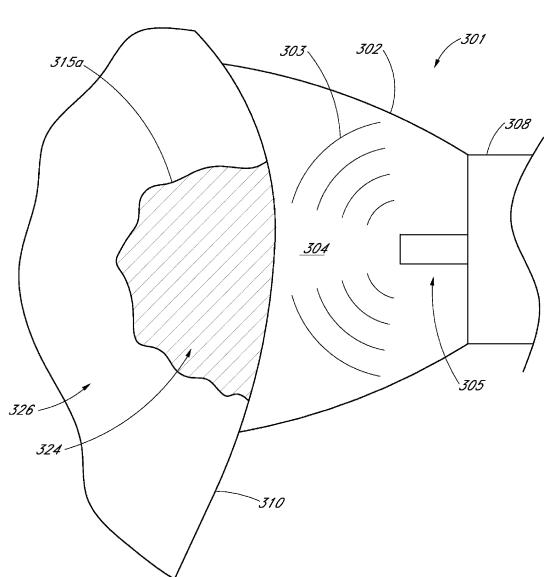


FIG. 3A

【図 3 B】

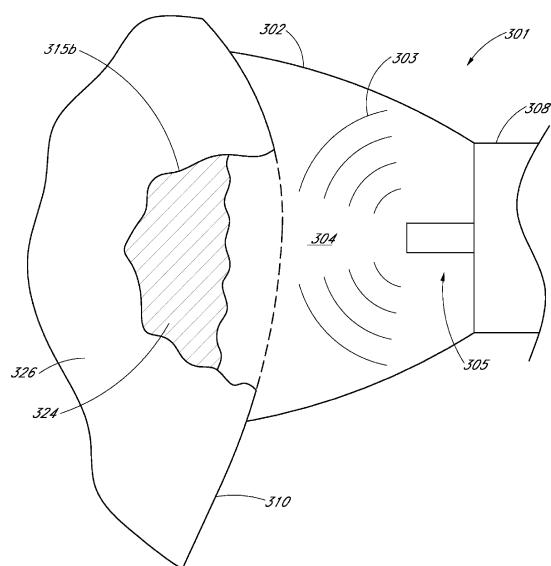


FIG. 3B

【図 3 C】

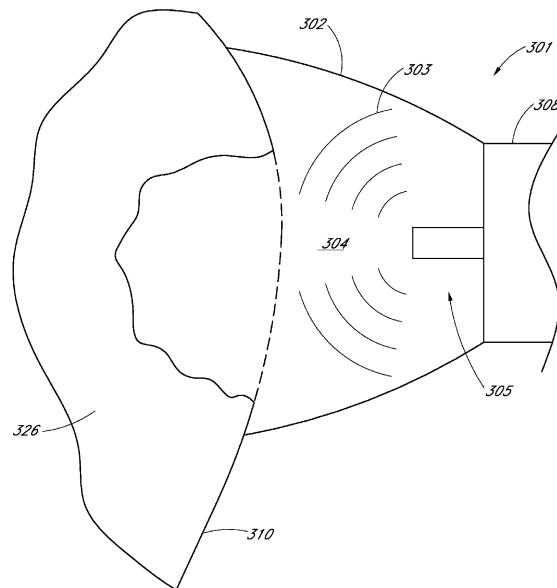


FIG. 3C

【図 4】

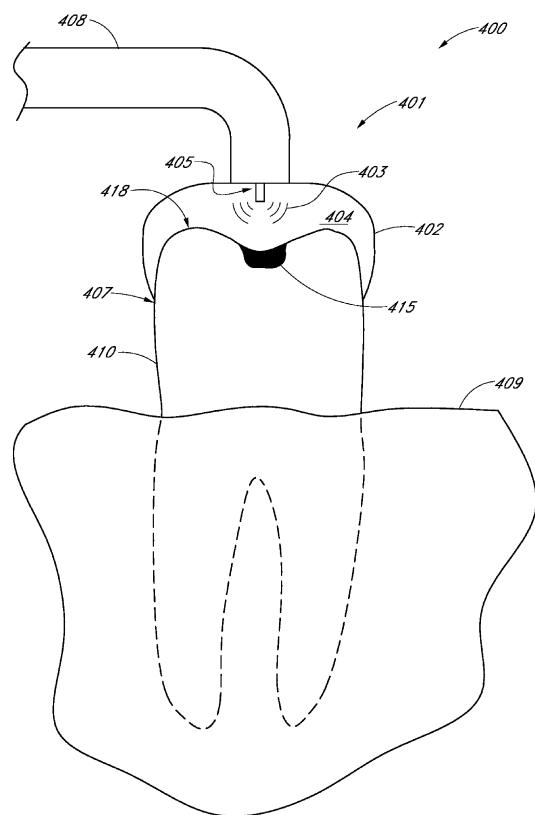


FIG. 4

【図 5 A】

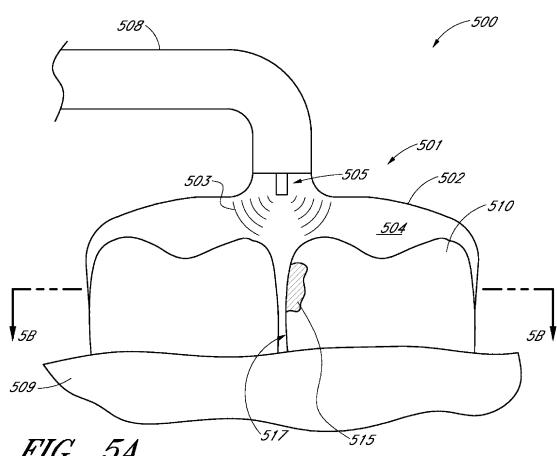


FIG. 5A

【図 5 B】

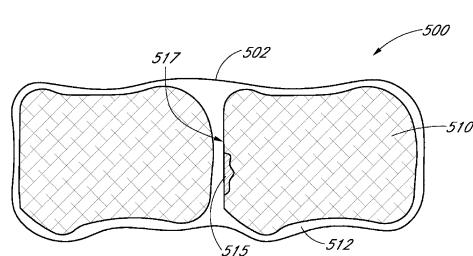


FIG. 5B

【図6】

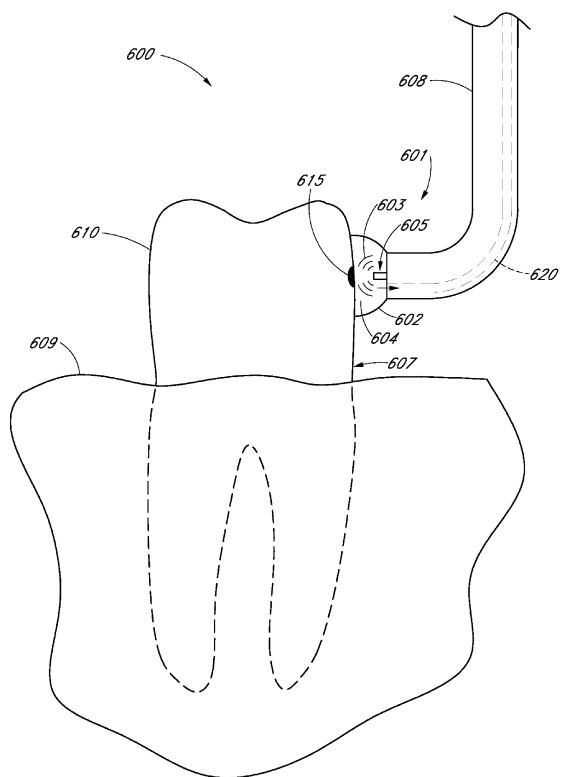


FIG. 6

【図7】

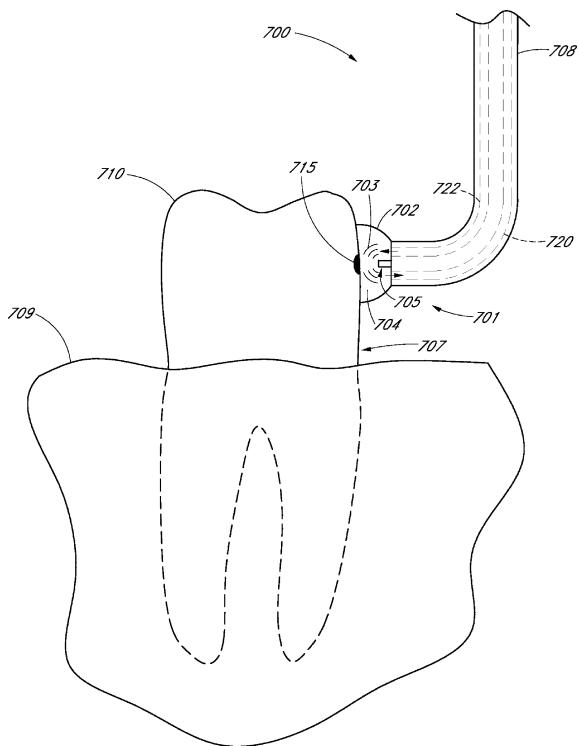


FIG. 7

【図8】

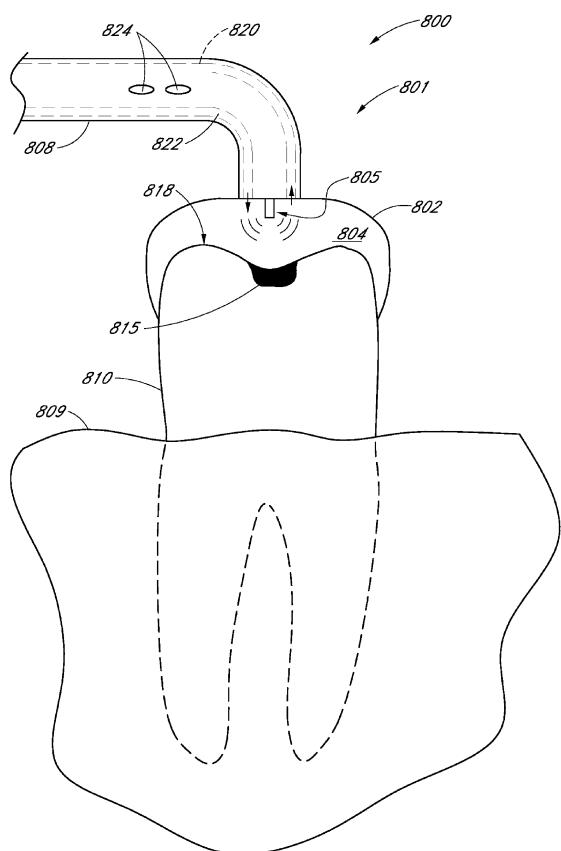


FIG. 8

【図9A】

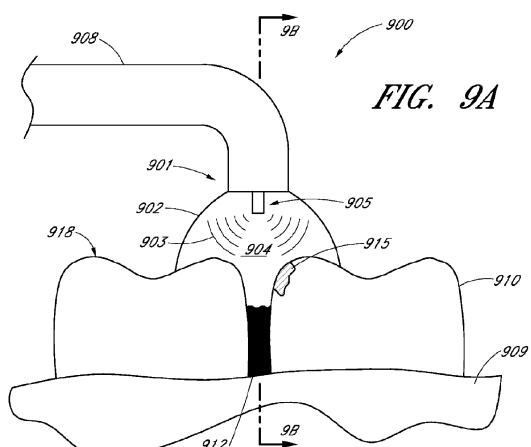


FIG. 9A

【図 9 B】

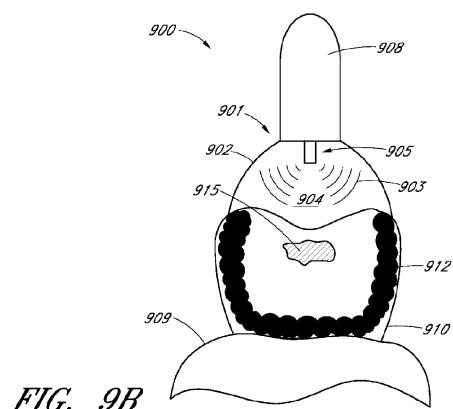


FIG. 9B

【図 10】

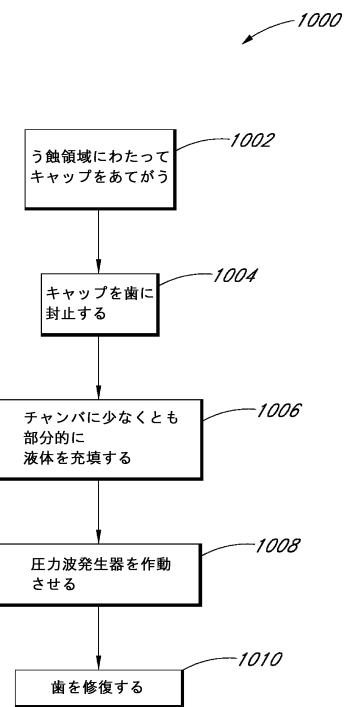


FIG. 10

【図 11 A】

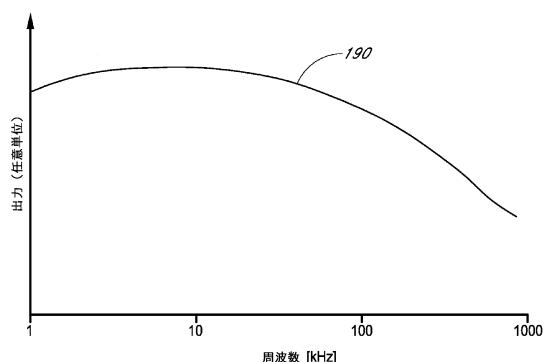


FIG. 11A

【図 11 B】

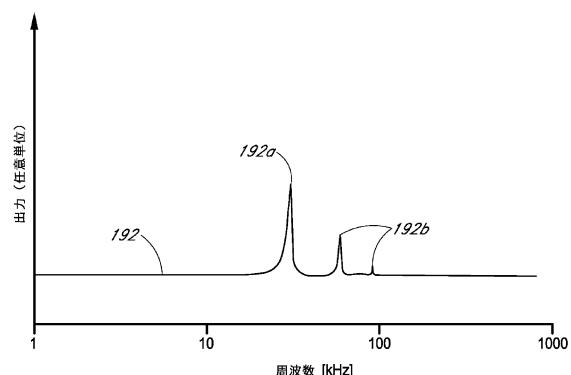


FIG. 11B

フロントページの続き

(72)発明者 ハクプール, メールザド

アメリカ合衆国 カリフォルニア 92653 ラグーナ ヒルズ ノースラップ ドライブ 2
5092

審査官 立花 啓

(56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0117517(US, A1)

特表2010-540152(JP, A)

米国特許出願公開第2007/0248932(US, A1)

特表平10-507666(JP, A)

米国特許出願公開第2011/01111365(US, A1)

米国特許第03401690(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61C 17/02