

超音波の電動歯ブラシへの応用

ライオン歯科材株式会社 統括部
紀藤 信哉

はじめに

1分間のストローク数が2000～3000の簡単な往復運動から始まった電動歯ブラシは、回転運動、上下へのタッピング運動を経て30000～40000ストローク/分で高速運動をする電動歯ブラシに進化しています。これらの高速運動の電動歯ブラシは、音波歯ブラシあるいは音波振動歯ブラシと呼ばれ、電動歯ブラシ市場を活性化しています。

ここで紹介いたしますDENT.EX systema ultrasonic (図1) は、1.6MHzの超音波が発振されると共にスーパーテーパード毛 (図2) を植毛した替えブラシ部が17000ストローク/分で微振動する全く新しいタイプの電動歯ブラシです。

超音波発生の仕組み

超音波は、正常な聴力を持つ人には

聴感覚を生じないほど周波数の高い音波のことであり、一般的には20000Hz以上の周波数を有しています。

この超音波を発生させるためには、電極間に挿入し電圧を加えると厚みが厚くなったり薄くなったりする圧電効果を有するクォーツなどの単結晶、ジルコン酸チタン酸鉛 (通称PZT) 系のセラミックス、ポリ弗化ブニリデンなどの高分子材料が用途に応じて使用されています。

DENT.EX systema ultrasonic は電動歯ブラシ本体のヘッドにPZTセラミックスが内蔵され、1.6MHzの超音波が発振されます (図3)。

低周波超音波、高周波超音波と洗浄作用

一般に20000Hzが音波と超音波の境界ですが、現状の技術では上限は数

トレンドズ
TRENDS



図1 DENT.EX systema ultrasonic

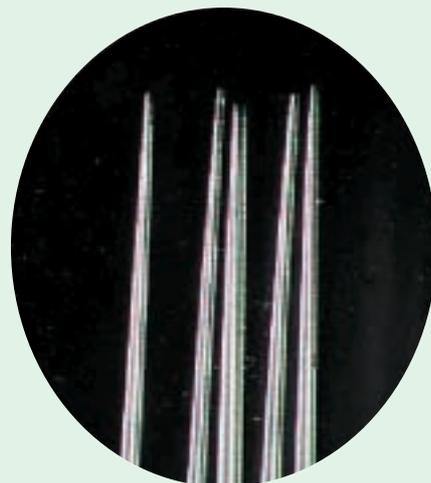


図2 スーパーテーパード毛

GHz（ギガヘルツ）レベルの超音波を発生させることは可能です（表1）。

超音波の周波数が変わればその性質も異なり、応用も異なってきます。

歯科領域では既に20KHz～50KHzの低周波超音波に属する超音波を用いたスケーラー、根管洗浄器などが使用されていますが、DENT.EX systema ultrasonic のように1.6MHzという高周波領域の超音波を応用した製品は初めてです。

超音波の代表的な応用に洗浄があります。超音波洗浄のメカニズムは非常に複雑で解明されていない部分もありますが、一般には超音波の加速度エネルギー、直進流エネルギー、キャビテーションによる気泡破壊時のエネルギーが相乗的に作用すると考えられています。

キャビテーションとは、液体中に加

えられた減圧力によって空洞を生じる現象で無数の気泡となって現れます。この空洞（cavity）が消滅するときに非常に大きな圧力が発生し、汚れを剥ぎ取ると考えられています。

このキャビテーションは、低周波超音波領域で観察される現象で所謂「超音波洗浄器」の原理です。しかし、表面をエッチングするおそれがあるために1MHz程度の高周波超音波が洗浄に適用されることもあります。

高周波領域の超音波では、キャビテーションは発生せず加速度エネルギーによる洗浄が支配的であり、用途、目的によって適宜使い分けられています。

なお、洗浄媒体に与えられる加速度 a は次式で表せます。

$$a = (2\pi f)^2 \cdot \epsilon \quad (1)$$

ϵ : 媒体の振動変位

f : 周波数

音波歯ブラシと超音波歯ブラシ

ブラシヘッド部が30000～40000ストローク／分のように高速で往復運動する電動歯ブラシを、周波数に変換しますと250～333Hzとなり、音波領域の周波数に属することから音波歯ブラシあるいは音波振動歯ブラシと呼んでいます。

このように往復運動タイプの電動歯ブラシの高速化を可能にしたのは、磁石の引力・反発力を利用するリニアモーター技術の応用によるものです。

ブラシヘッド部が高速で往復運動することで介在する唾液などの水分が激しく動き（攪拌水流）（図4）、この水分の動きが直接毛先の届かない歯表面のプラークを除去するとされています。

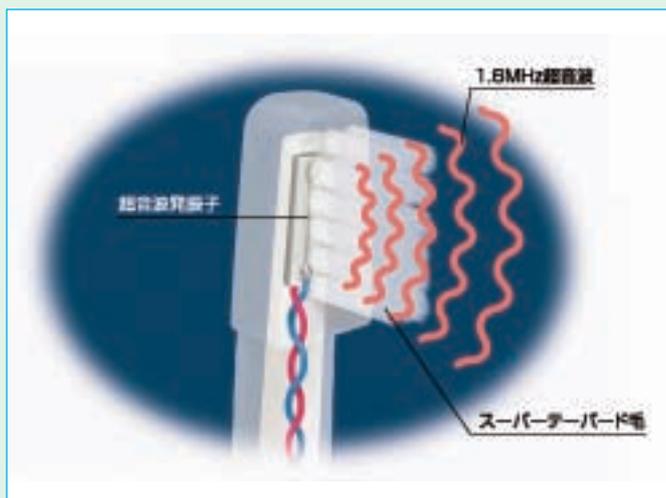


図3 ヘッド部に内蔵された超音波発振子

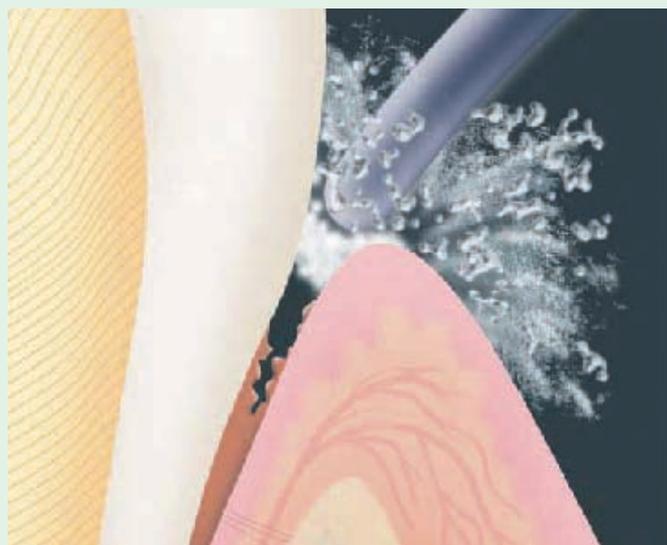


図4 音波歯ブラシにおける攪拌水流（イメージ図）

表1 周波数の単位と名称

1Hz（ヘルツ）	1秒間に1回の振動をする波動
1KHz（キロヘルツ）	1000Hz = 1×10^3 Hz
1MHz（メガヘルツ）	1000KHz = 1×10^6 Hz
1GHz（ギガヘルツ）	1000MHz = 1×10^9 Hz

TRENDS

しかしながら、この攪拌水流も遮蔽物があるとその先には届きにくく、例えば歯周ポケットの内部までは届かないと考えられます。

次に、周波数260Hzと1.6MHzを「洗浄作用」の観点から物理的に比較します。

波長 λ (m) (図5) と周波数 f (Hz) (図6) の関係は次式で表せます。

$$\lambda \text{ (m)} = v \text{ (m/s)} / f \text{ (Hz)} \quad (2)$$

v : 音速

洗浄は通常水中で行われることから、水の中での音速1480m/sを用いて各々の周波数における波長を計算します (表2)。

すなわち、超音波は音波に比べて非常に波長が短く、水流や攪拌では届きにくい複雑な形状や狭間部に到達していきます。

また、先に述べました (1) 式を用い

て洗浄媒体に与えられる加速度を比較しますと、周波数1.6MHzは260Hzの周波数の約3700万倍の加速度を与えていることになります。

すなわち、超音波が到達性と洗浄性に優れた手段であることがわかります。

超音波歯ブラシが バイオフィームモデルに 与える影響

洗浄媒体として水が存在する系で周波数の大小が洗浄作用に対してどの様に影響するかについて述べてきました。

口腔内のプラーク (バイオフィーム) に超音波がどのような影響を与えるかにつきましては、バイオフィームモデルを用いた研究報告をClinical Reportの項で市村 光先生が解説しておりますの

でご参照願います。

DENT.EX systema ultrasonicの使用性

1.6MHzの超音波を発振するという従来にない新しいタイプの電動歯ブラシ DENT.EX systema ultrasonic も基本的には毎日使用されるべき日常の予防歯科用品です。

したがって、使い勝手の良さは重要なポイントです。

本品の使用性につきましては、歯科衛生士から図7のような評価が得られています。

軽くて持ちやすく、振動音も気にならず毎日使用する道具としての要件を備えた電動歯ブラシと行うことができます。

また、本品は、超音波発振という主機能のほかにサブ機能として毎分

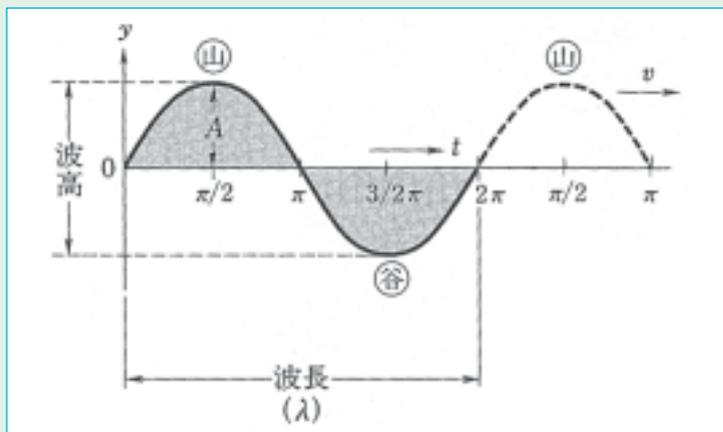


図5 波長

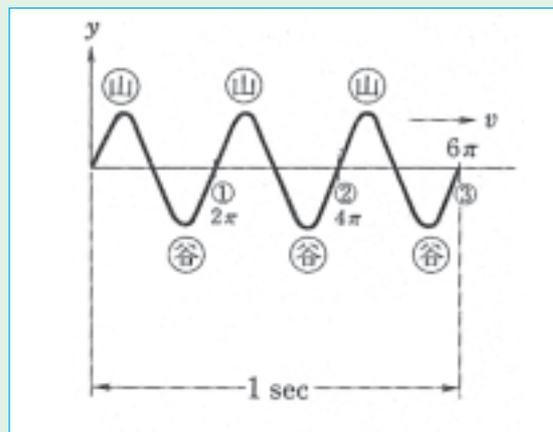


図6 周波数

表2 周波数と波長の大きさ

	260Hz	1.6MHz
波長 λ	569cm	0.092cm

17000回でブラシヘッドが往復運動しますが、その振幅は0.2mmと小さく、細くてしなやかなスーパーテーパード毛と相俟って、非常に優しい磨きごこちを実現しています。

したがって、歯周病のポケットコントロールの他に高齢者や障害をお持ちの方のプラークコントロールの手段としても推奨いただけます。

超音波の安全性

本品DENT.EX systema ultrasonic は、Sonex社（ニューヨーク州、アメリカ）のUltraSonex（周波数1.6MHz）をベースに開発された電動歯ブラシです。

アメリカでは、一般市販用超音波装置についても超音波に暴露される生体の安全性を確認し、FDAの承認を取得することが義務付けられています。

軟組織、骨、頭蓋骨における温度上

昇が1℃以内であることが条件であり、UltraSonexは、これをクリアしています。

すなわち、DENT.EX systema ultrasonic は、人体に対して安全であることが確認された製品であると言えます。

DENT.EX systema ultrasonicの使用禁忌

近年、高齢者の中に細動除去器を装着している人が増えてきています。心臓にこの細動除去器やペースメーカーを取りつけていられる方は、これらの機器が誤作動する可能性がありますので使用にならないようお願いいたします。

また、これらの機器を取り付けている方のそばでは、ご使用にならないでください。

最後に

本稿では、超音波の電動歯ブラシへの応用の観点から記述してまいりました。

市村 光先生ご解説のDENT.EX systema ultrasonicに関するin vitro実験および臨床応用につきましてもご参照いただき、超音波歯ブラシの原理から臨床効果までをご理解いただくうえでの一助になれば幸いです。

参考文献

- 1) 超音波とその使い方、谷腰欣司著、日刊工業新聞社（1994）。
- 2) 森山貴史他訳、音波歯ブラシおよび電動歯ブラシが歯肉縁下細菌叢に及ぼす効果、ザ・クインテッセンス、21（2）、429（2002）。
- 3) 品田佳世子他、超音波歯ブラシがエナメル質表面のStreptococcus mutansに及ぼす影響、日歯保存誌、42、410（1999）。
- 4) 藪根敏晃他、Porphyromonas gingivalis バイオフィームモデルに対する超音波歯ブラシの作用に関する微細形態学的検索、日歯周誌、44、春季特別号、157（2002）。

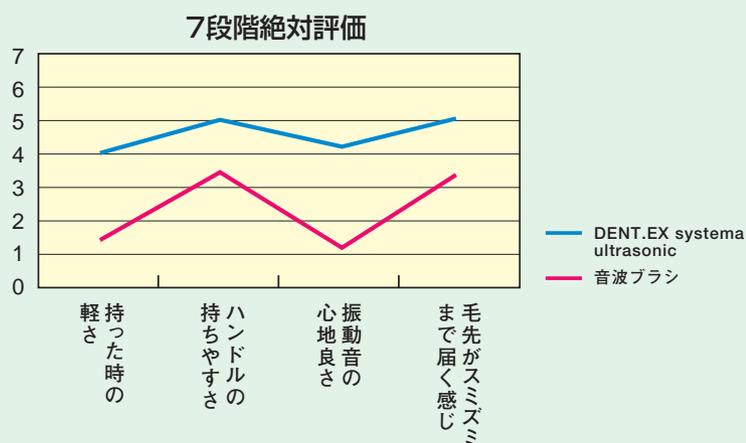


図7 DENT.EX systema ultrasonicの使用性