

令和 6 年 5 月 21 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K10402

研究課題名(和文) 歯科医療・口腔ケアにおける感染性飛沫への対策—簡便な新規検出法による網羅的検討

研究課題名(英文) Detection of infectious droplets during dental treatment and care using new method

研究代表者

竹本 俊伸 (TAKEMOTO, Toshinobu)

広島大学・医系科学研究科(歯)・教授

研究者番号：00236506

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：COVID-19の蔓延時に注目された歯科診療・ケアにおける飛沫感染についてのエビデンス構築のため、染料系インクの印刷紙を使った新規の検出方法を用いて検討を行った。歯磨き(手磨き、電動ブラシ)、超音波スケーラー、回転ブラシ、スリーウェイシリンジ、エアタービン切削による飛沫の飛散を測定した結果、エアタービンによる切削(60cm)や術者磨き(77.5cm)などで非常に遠くまで飛沫の飛散が検出された。また、エアタービンによる切削では、口腔内・外のバキュームでの飛散防止効果が全くみられず、現在歯科医療で実施されている飛散防止策の見直しが必要であることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歯科医療における感染性飛沫の飛散に関しては、特に飛散範囲についてのエビデンスがほとんど存在せず、飛沫感染に対する対策は、医療従事者の経験をもとに実施されていたと言える。本研究で、実際に、歯科医療における感染性飛沫の飛散が現状の感染対策では防ぎきれていないことを示したことで、今後の感染性飛沫による感染に対する対策の改善について、大きなエビデンスを提供するもので、COVID-19蔓延以来重要視されている飛沫感染防止の面で、歯科に限らず、医療全体や社会的にも大きな意義がある。

研究成果の概要(英文)：For evidence construction about dental practice, one of droplet infection in the care which attracted attention at the time of a spread of COVID-19, We searched it by the new detection method using the printing paper with the dye system ink. We measured toothbrushing (hand, electric brush), ultrasonic scaler, a furnisher, a three-way syringe, air turbine cutting. Scattering of the droplets was detected in very far place by air-turbine (60cm) or hand polishing by dental staff (77.5cm). In addition, by the air turbine, a droplets prevention effect by the extra/intra oral vacuum is not seen at all. It was revealed that the review of preventive measures against infectious droplets carried out in dental clinic is necessary now.

研究分野：口腔保健学

キーワード：歯科 飛沫感染 感染対策 新規検出法 口腔ケア

## 1. 研究開始当初の背景

歯科医療では、感染性飛沫の源になる血液の混入が疑われる唾液を常時扱っており、著しい飛沫の飛散を生じる高速回転器具、超音波器具やブラシを高頻度で用いている。医療における感染対策の徹底に伴い、歯科医療の感染対策は社会的にも大きな関心事になり、器具の未滅菌状態での使い回しなど、その不十分さも指摘されていた。2020年のCOVID-19の蔓延・緊急事態宣言などの状況下、歯科治療・処置では、感染性飛沫が感染予防上大きな問題になったが、飛沫の飛散状態に関するエビデンスはごくわずかであった。歯科以外の病院、病棟あるいはICUなどでの口腔ケアが大幅に増加するにも関わらず、口腔ケア時の感染性飛沫の飛散に関する検討は全く行われていないのが現状である。また、申請者による歯科医院100軒のWebサイト画像の調査では、半数以上の診療室の患者用口腔清掃コーナーが、ブラッシング時の飛沫による汚染への配慮がなく、歯科診療室での飛沫対策が従前通り患者の口腔の近くに限定されていることが判明したが、同時期に職場の洗面台において、飛沫を介したCOVID-19の感染も問題となった。申請者らは、インクジェットプリンターの「色にじみ」という欠点からの逆転の発想で、飛沫の新たな検出手法を開発した。申請者らの予備的な実験では、回転器具を用いたPMTC、歯面研磨、あるいは歯科保健指導で行われるブラッシングでは、高速回転器具による治療を超える広範囲への感染性飛沫の飛散が生じていることが判明し、研究の遂行が緊急の課題となった。

## 2. 研究の目的

近年、歯科医療の境界を超えてますます需要が高まっている口腔ケアでは、患者や術者によるブラッシングがしばしば行われる。ところがブラッシング時には、従来の感染予防策では全く考慮されていない遠方まで水滴が飛散している。血液を含む可能性が高い唾液による飛沫の飛散は、歯科医療、医療、介護の現場での大きなリスクファクターとなるため、それについて検討することは、歯科医療のみならず医療・介護現場全般で必須である。そこで本研究では、歯科診療への介助、超音波スケーラーや回転ブラシの使用、通常の歯磨きや口腔ケアなど、現状ではエビデンスがほとんどない歯科治療・処置における感染性飛沫の飛散について、申請者らが開発した新たな検出手法を用いて網羅的に検討し、その結果に基づき、現在の感染防御策の問題点を指摘し、解決策を提示することを目的とする。

## 3. 研究の方法

以下のような様々な歯科治療や処置における飛沫の飛散について解析を行った。

- ・エアタービンを用いた切削への介助
- ・超音波スケーラーを用いたスケーリング
- ・マイクロモーターの回転ブラシによる歯面処置
- ・通常の歯ブラシや電動歯ブラシを用いた術者あるいは患者による歯面清掃（口腔ケア）
- ・3ウェイシリンジによる口腔内や歯面の洗浄

歯科機器から供給される水の飛沫に関しては、インクジェットプリンターの染料系インクは水がにじみやすい、という欠点に着目し、染料系インクで均一に印刷した紙に飛沫を飛散させ、飛沫の落下によって生じたインクの「にじみ」を解析することで、水や機器に手を加えることなく飛沫の定量的な解析を行った。

また、歯磨きや歯面研磨など、歯垢やペーストの直接的な飛散に関しては、歯垢染色液や、歯磨剤に着色したものをを用いて、飛散の検出を行った。

検出紙に直径10cm前後の円形の穴をあけ、各種歯牙模型をセットしたマネキンヘッドをファントムの口腔部分に設置した。診療体位は水平位で、顎模型をマキシラアングルが0°になるよう設定した。

口腔内・外バキューム吸引について

エアタービン、スケーラー、3ウェイシリンジは、口腔内バキューム吸引を基本とした。口腔内バキュームは、口唇、頬粘膜や舌の排除による患者安全の確保を最優先の目的としているため、教科書等の通常の位置取りを基本にした。ブラッシングなどの一部の処置は、バキューム吸引なしで行った。さらに、特に飛散の大きい部位に関して、口腔外バキュームの効果を検証した。

## 4. 研究成果

(1) エアタービンでの歯牙切削時における飛沫の飛散状況に関する研究

方法：対象部位は1 唇側および口蓋側、1 唇側および舌側の計4 部位とした。歯軸に対するパーの角度を、ブラック 級窩洞への90°と0°（根尖方向）に設定した。口腔内バキュームは口唇の保護を目的とし全部位で唇側に固定し、口腔外バキュームは1 切端から吸引口までの距離が11 cmになるよう位置づけ、エアタービンを最大出力で10 秒間稼働させた。各部位、エアタービンのみ使用、エアタービン+口腔内バキューム、エアタービン+口腔内バキューム+口腔外バキュームの3通りについて、3回ずつ実験を行い実験の再現性を確認し、飛散の最大値を代表値とし、データを処理した。

結果と考察:飛沫の飛散状況を比較した結果,全部位・全設定において飛沫の飛散が確認され,部位によって飛沫の飛散状況に特徴がみられた。全部位の舌側・口蓋側でバキュームにより口唇が排除されたことで,飛沫は頭方向へ拡散していた。また,歯軸に対するバーの角度で比較した場合,飛散数・飛散面積ともに,90°が0°に比べて多い結果となった。

また,多くの部位で,口腔内・外バキュームの抑制効果は,無効であるか限定的であった。

例えば,1 90°口蓋側では,全方向への著しい飛散が確認され,口腔内・外バキューム併用でも飛散距離は最大で60cmになった。他にも1 90°頬舌側では,口腔内・外バキュームの併用でも60cm前後の距離まで飛沫が飛散していた。

エアーピンでの歯牙切削時に発生する飛散への対策として,口腔内・外バキュームの併用が必須とされているが,本実験の結果,その効果が限定的なことが判明し,新たな対策が必要であることが明らかになった。

## (2) スプレー洗浄時の飛沫の飛散

方法:歯科用ユニットチェアのスリーウェイシリンジによるスプレー洗浄を上下顎第一大臼歯,1,1のそれぞれ頬側・舌側に行い,飛沫が飛散する量,範囲を調べた。

結果と考察:排唾管のみの使用時と口腔内バキュームのみの使用時と比較すると,全ての部位において口腔内バキュームのみの使用時の方が飛沫の飛散量,範囲が減少した。排唾管のみの使用時の飛沫の飛散量,範囲を部位ごとに比較すると臼歯部より前歯部の方が飛沫の飛散量が多く,下顎より上顎の方が飛沫量が多かった。

上顎前歯部では,唇側と口蓋側とで飛沫の飛散の仕方に違いがあった。1 唇側では右側足元方向に多く飛沫が飛散しており,最大で約77.8cmの距離まで飛沫が確認された。1 口蓋側では左頭部方向に多く飛沫の飛散が集中し,最も遠く飛沫が確認されたのは開口部から左方向に45cmの距離であった。

患者の足方向への患者用エプロンを超えた飛沫の飛散が認められ,感染対策と同時に衣服などの汚損に対する対策が講じられるべきである。

## (3) 超音波スケーラー使用時における飛沫の飛散状況

方法:1 唇側・口蓋側,1 唇側・舌側の計4部位を対象とした。術者は12時のポジションで左手にデンタルミラーを持ち,唇側は粘膜の排除,口蓋・舌側はミラー視を実施し,介助者が3時のポジションで口腔内バキュームでの吸引あり(バキューム(+))となし(バキューム(-))の間の比較を行った。超音波スケーラーの水量は最大で,歯の歯頸部近心にチップの先を当て,10秒間注水した。

結果と考察:バキューム(+))と比較し,バキューム(-))は顕著に飛沫が多くみられた。バキューム(-))で最も飛散量が大きかったのは1 唇側であり,次いで1 舌側であった。バキューム(+))では,1 唇側,1 口蓋側の順であった。最も飛散量の大きかったバキューム(-))の1 唇側は最大で12.5cm,次に大きかった1 舌側では最大22.5cmまで飛散した。1 唇側では,右方向への飛散量と距離が共に大きく,他の部位へはあまり飛散がみられない結果となった。一方,1 舌側では,左下方向への飛散量と距離共に大きく,他の方向への飛散はほぼ見られなかった。左方向より下方向の方が飛散量と距離共に少し上回った。術者への飛散は指や手の甲のみに飛散がみられ,バキューム(-))よりバキューム(+))の方が飛散が少ない結果となった。

バキューム(-))の場合,1 唇側が最も飛散量が大きかった理由は,スケーラーの注水液が口腔外の方へ向けられ,さらに口唇や歯牙などの障害物もないためだと考えられた。

飛沫の飛散量と飛散方向はチップから出る注水液の向きと関連しており,チップの注水液が出る部位を把握し,バキュームチップ開口部を当てることで飛沫の飛散を限りなく少なくすることができるが,粘膜などのプロテクトの必要性を考慮すると,別の対策が必要になる。

今回は術者が姿勢を正した状態で実験を行ったが,口腔内をのぞくようにして超音波スケーラーを当てる際には,術者の手だけでなく顔面などの部位への飛沫の飛散が予想されるため,グローブはもちろん,ゴーグルや防護用エプロン,フェイスシールドなどの標準予防策の実施が必要不可欠である。

## (4) 超音波スケーラー使用時とスプレー洗浄時における垂直方向への飛沫の飛散状況

方法:超音波スケーラー(ピエゾンマスター600,株式会社松風)の出力は最大で,10秒間注水した。スプレー洗浄は水とエアを最大に押し5秒間行った。測定場所は正中右5cm,正中,正中左5cmで,各部位3回ずつ実験を行った。測定部位は1 頬側,1 口蓋側,1 頬側,1 舌側とした。

結果と考察:超音波スケーラー使用時,スプレー洗浄時のどちらにおいても,各部位,各位置で飛沫の飛散が確認された。ほとんどの部位において,正中では,正中右5cm,正中左5cmよりも飛沫の飛散が少なかった。

超音波スケーラー使用時では,1 頬側は足側垂直方向に多く飛沫が飛散し,1 口蓋側,1 頬側,1 舌側では飛散の広がりはほとんどなかった。垂直方向への飛散数は1 頬側が最も多

く、最も高く飛散したのは1 頬側で、40cmであった。

スプレー洗浄では、1 頬側、1 口蓋側で正中左 5cm の位置で足側垂直方向に飛沫の飛散が多かった。1 頬側では正中左 5cm の位置で、1 舌側では正中右 5cm、正中左 5cm の位置で、開口部を中心として多くの飛沫が飛散しており、最も高く飛散したのは1 舌側で、35cm であった。

超音波スケーラーでは、注水が口腔外の方へ向く1 頬側や、口唇が排除される1 頬側で飛沫が飛散しやすかった。またスプレー洗浄ではスプレー洗浄時のチップを歯面に対して直角に当てたため歯牙に対する跳ね返りが強かった部位で垂直方向に多く飛散したと考えられる。垂直方向の飛沫の飛散が 30 cm 以上飛んだ部位もあったことから術者や介助者は姿勢を正した状態で治療を行い、口腔内をのぞきこまなくてもいいような無理のない姿勢で行う必要がある。

#### (5) ポリッシングブラシによる飛沫の飛散状況

方法：歯面研磨剤に染料で直接着色したものをを用いて、飛沫の検出を行った。コントラを当てる歯面は、先行研究を元に、両側の上顎中切歯とし、時間は、予備実験から、ペーストの飛散度の分かりやすい 30 秒とした。

結果と考察：回転速度別の飛散状況として、500 回転、2000 回転、5000 回転の研究を行ったところ、標準最大速度を大きく上まわる 5000 回転が最も飛散度が大きかった。部位別の飛散状況を標準速度内の 2000 回転と比較したところ、最もペーストの飛散度が大きかったのは上顎前歯口蓋側（約 50cm）であり、次いで下顎前歯舌側、上顎前歯唇側、の順で、下顎前歯唇側は全く飛散しなかった。歯面研磨時に唾液がペーストに流入する場合は想定し、ペーストに水を混ぜ、飛散状況を調べた。その結果、混和する水の量が増えるほど飛散度が大きくなった。このように水分が混入した場合、ペーストがゆるくなることによって飛散度が増すと考えられた。歯面研磨を過剰な回転で行うと飛沫の飛散は非常に大きくなるが、適切な回転で行っていても条件によっては飛散しかならないため、歯科医療従事者側は十分な標準予防策を実行し、さらに別途感染対策をする必要がある。

#### (6) 開口状態でのブラッシング時における飛沫の飛散

方法：顎模型を使用し、上下顎唇・頬側 2 歯ずつに分けた計 28 部位を対象とした。各対象部位に歯垢染色液 0.1ml を滴下、歯磨き圧測定器をつけた歯ブラシでブラッシング圧を 100-200g で一定にし、ストローク 2 歯分で開口状態での術者磨きを 10 秒間行った。前歯部舌口蓋側は縦磨き、その他部位は横磨きとした。

結果と考察：全部位で飛沫の飛散が見られ、横磨きを行った唇・頬側では、歯ブラシの把持部により口唇や頬粘膜等の遮蔽物が排除された方向へ飛散が拡大した。各部位ごとの飛散総マスを比較すると、最も多いのは上顎中切歯口蓋側の 497 マス、2 番目に多いのは下顎中切歯舌側の 367 マスであった。開口部から上下左右斜め方向の 8 方向に飛散した飛沫の距離を比較すると、飛散の最大距離は、下顎中切歯舌側の足方向 77.5cm であった。

この実験で、飛沫の飛散を左右する要因は、口唇・頬粘膜等の遮蔽物の有無、ブラッシング時のストローク幅、歯ブラシの刷掃面の向きであると考えられた。このようなブラッシング時の飛沫の飛散に対する感染予防対策としては、清拭の実施や、術者・介助者ともに个人防护の着用が必要である。また患者接遇において、患者の不快感や衣服への汚染防止のためにも、顔面や衣服への飛散に対するバリアを考慮すべきである。

#### (7) 洗面台におけるブラッシング時の飛沫の飛散

方法：洗面台に見立てた横 130 cm、縦 60 cm の位置で模造紙を設置し、その上に顎模型をセットしたシンプルマネキンを立位の位置で設置した。本人磨きを想定し、横磨きを行った。各部位 3 回ずつ実験・測定を行い、再現性を確認した。ブラッシング時の飛沫は歯垢染色液を用いて可視化した。ブラッシングは 30 秒とし、歯磨き圧は  $200 \pm 10$  g に設定した。測定部位及び条件は、上顎 3-3 開口時・閉口時、下顎 3-3 開口時・閉口時とした。

結果と考察：上顎 3-3、下顎 3-3 正面下方への飛散状況では、上下顎ともに飛沫の飛散量、飛散距離が閉口時より開口時の方が大きかった。また上顎 3-3、下顎 3-3 における飛沫の飛散状況の比較したところ、飛沫量が最も多いのは下顎 3-3 開口時で、次いで下顎 3-3 閉口時となった一方、飛散距離が最も大きいのは上顎 3-3 開口時で 60cm、次いで下顎 3-3 開口時(50cm)であった。上顎 3-3 左右側面における飛散状況では、正面下方と同じく飛沫の飛散量、飛散距離ともに閉口時より開口時のほうが大きかった。

上顎 3-3 の左右側面における飛散状況では、飛沫の飛散量は開口時が大きく、飛散距離は閉口時が大きいという結果になり、側方への飛散は、想定した幅 130cm を大きく超え、側方に立てた検出用紙にも多くの飛沫が認められた。上顎 3-3、下顎 3-3 の左右側面における飛沫の飛散状況を比較したところ、飛沫量が最も多いのは下顎 3-3 開口時、次いで下顎 3-3 閉口時であり、上顎と下顎で飛沫量に顕著な差が認められた。

本研究では実験部位を前歯部に限定し、開口状態と閉口状態での洗面台におけるブラッシング

時の飛沫の飛散状況の検討を行った。飛沫の飛散量、飛散距離ともに閉口時より開口時の方が多い傾向にあるということが分かった。また測定した4部位中、特に飛沫の飛散が多かったのは、下顎3-3開口時であった。特に左右側面への飛沫の飛散は開口時、閉口時ともに上顎と比較し下顎の方が顕著に多かった。今回の実験では前歯部のブラッシングのみの結果だが、歯磨きは臼歯部や口蓋側も行うため、より飛沫量や飛散距離が大きくなることが予想される。

感染対策としては、実験の結果から左右側面への飛沫の飛散が認められたため、歯磨きをする際は他の人と距離をとる必要があると考えられる。また開口時の方が飛沫の飛散量が多かったことから、飛沫の飛散を抑えるため口を閉じて磨くこと、特に飛散量の多かった下顎前歯部は歯ブラシを静かに小刻みに動かすことで飛沫の飛散量を抑えることができると考えられる。ブラッシング後は鏡や洗面台、洗面所の壁、蛇口等にブラッシング時の飛沫が付着している可能性があるため、ブラッシング後に清拭をすることで学校内感染や職場内感染を予防する効果があると予想される。

#### (8) 開口状態での電動歯ブラシを用いた術者磨きにおける飛沫の飛散

方法：電動歯ブラシは・ブラウン電動歯ブラシ(BRAUN)・プリニアスマイル音波振動歯ブラシ(株式会社GC)・音波振動歯ブラシDoltz(Panasonic)の3種類を用いた。

唇側部位には横磨き、口蓋側・舌側は縦磨きになるよう電動歯ブラシを設置し、各部位3回ずつ実験を行った。ブラッシングは10秒間とし、歯磨き圧は $200 \pm 10g$ に設定した。測定部位は、1唇側、3唇側、1口蓋側、3口蓋側、1唇側、3唇側、1舌側、3舌側とした。

結果と考察：測定した8部位の中で、3種類の電動歯ブラシの比較で、特に飛沫飛散距離が大きかったのは、ブラウン電動歯ブラシでの3舌側、および音波振動歯ブラシDoltzでの1口蓋側(いずれも27.5cm)であった。飛散量が大きかったのは、下顎舌側部位の1と3で、1では上下左右の4方向うち上下方向、特に下方向への飛沫の飛散量及び飛距離が大きく、ブラウン電動歯ブラシでは27.5cmになった。

下顎舌側部位は、電動歯ブラシの毛先が外側を向いているため、飛沫が飛散しやすい。また今回はマネキンで実験を行ったが、実際人が使用すると、下顎前歯部舌側には唾液腺開口部があるため、より一層飛沫するのではないかと予想される。術者が電動歯ブラシを使用する際は、手首まで飛沫が飛散していると考えられるため、患者交代時には手首まで入念に洗浄し、アルコール消毒を行う必要があると考える。加えて、電動歯ブラシを使用する際は口腔外バキュームも使用し、患者の下顎方向に設置することで、より一層効果的に飛沫を吸引できると予想される。

本研究の結果、術者磨きでは飛沫の飛散が70cm以上で歯科診療室のキャビネットに至る距離になり、超音波スケーラー使用時の垂直方向への飛沫の飛散が40cmと術者の顔や頭部にいたり、あるいはエアタービンの使用時の飛沫が60cmに至り口腔内外のバキュームでの抑制が期待できないなど、従来の歯科で徹底が叫ばれている感染対策では全く不十分であることが明らかになった。

その解決策として考えられるのは、

飛沫を口腔内あるいはその近辺で留めさせ、拡散させない

あらゆる歯科処置に対応できる広範囲、緊密な感染対策を実施する

各歯科治療、口腔ケア、歯科処置に応じた「テラーメイド」な防止策を講じる

などである。しかし、いずれにしても、経験的な法力ではなく十分なエビデンスに基づいた感染対策を再構築する必要があることが、本研究の結果明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 重田 茉穂, 山田 千瑛, 竹本俊伸, 仁井谷善恵, 内藤真理子, 西村瑠美
2. 発表標題 エアーピンによる模型歯牙切削時における飛沫の飛散状況に関する研究
3. 学会等名 日本歯科衛生学会第 17 回学術大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	仁井谷 善恵  (NIITANI Yoshie)  (40403505)	広島大学・医系科学研究科(歯)・助教    (15401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------