

Classification of Sinus Membrane Perforations Occurring During Transcrestal Sinus Floor Elevation and Related Treatment

上顎洞底挙上術およびその関連治療中に起きる 洞粘膜穿孔の分類

Lorenzo Tavelli, Andrea Enrico Borgonovo, Muhammad H. A. Saleh,
Andrea Ravidà, Hsun-Liang Chan, Hom-Lay Wang

Int J Periodontics Restorative Dent 2020;40:111–118.

緒 言

萎縮した上顎臼歯の骨量を造成方法として現在最もよく使われる方法は、上顎洞底挙上術 (sinus floor elevation : SFE) である。SFE は高い成功率を認め、上顎洞に埋入されたインプラントの長期的な成功率も高いが、それに伴う合併症の頻度が比較的高いのも現状にある。特に、洞粘膜(SM)穿孔はこれらの合併症の中でも最も多く、最大頻度は 56% に上る報告もある。残念ながら、SFE 中の SM 穿孔の発生率は、手術の全体的な術中・術後合併症率に影響する。SM 穿孔は、インプラントの生存率を著しく低下させるだけでなく、グラフト感染・失敗、骨形態の縮小、インプラント周囲骨吸収の増加、副鼻腔感染や副鼻腔炎など、さまざまな合併症を引き起こす可能性がある。また、SM 穿孔が上顎洞底挙上術後の骨再生に悪影響を及ぼすことも報告されている。したがって、SFE 中の SM の完全性は、骨形成を促進するために不可欠であると考えられる。

上顎の歯槽頂からの SFE (transcrestal sinus floor elevation : tSFE) は、1980 年代に導入され、その後 Summers によって、侵襲性の高い lateral window sinus floor elevation (LSFE) の代替法として改良され、tSFE は十分な骨幅と 5mm 以上の残存骨高さのある部位に適用されるようになった。主に、口腔内の視界確保の困難性を理由に、術中の粘膜穿孔は珍しい事ではない。あるシステマティックレビューでは、tSFE での膜穿孔の発生率は 0~21.4% と報告されている。しかし、この発生率は過小評価されていると考えられている。その主な理由は、このような穿孔を臨床的に発見することが客観的に困難だからである。実際、tSFE 中に SM 穿孔を確認するために内視鏡(endoscopy)が使用された場合、この割合は 40% にまで上昇した。これらの "confined "tSFE 穿孔から生じる合併症は、LSFE 中の穿孔に関連する合併症と大差ないことは非常に重要な事である。従来のおステオトームを用いた tSFE 法は、マレットによる広範囲の外傷により SM 穿孔や良性発作性頭位めま

い症を引き起こす危険性を伴うため、数人の著者はこれらの問題克服のため新しい技術を導入した。

これらの低侵襲技術は、バルーンカテーテルやピエゾユニットなどの特別に設計された器具を用いて SM を露出させ、隆起させることを目的としている。しかし、高度な器具を使用しても、TSFE 中に穿孔が発生することがあり、これらの合併症については文献に記載されていない。

LSFE に伴う SM 穿孔については、治療法との関連性を考慮したいくつかの分類がすでに提案されている。より具体的には、インプラントの失敗との関連性が最も高い穿孔のクラスを評価するために、いくつかの分類が導入された。tSFE に関連する穿孔は LSFE に関連する穿孔よりも頻繁に発生する傾向があるが、tSFE 中の SM 穿孔および関連する治療の分類を提案した著者はこれまでいなかった。したがって、この論文の目的は、歯槽頂からの SM 穿孔の分類システムを導入し、可能な治療オプションについてさらに議論することであり、臨床医が膜の穿孔後インプラント埋入を進めることができるようにすることである。

tSFE 穿孔の分類と治療法の推奨

tSFE を行う際、臨床医は、骨削合、サイナス・メンブレンの挙上、骨移植、インプラント埋入などの際に SM 穿孔に遭遇する可能性がある (Fig.1,2)。

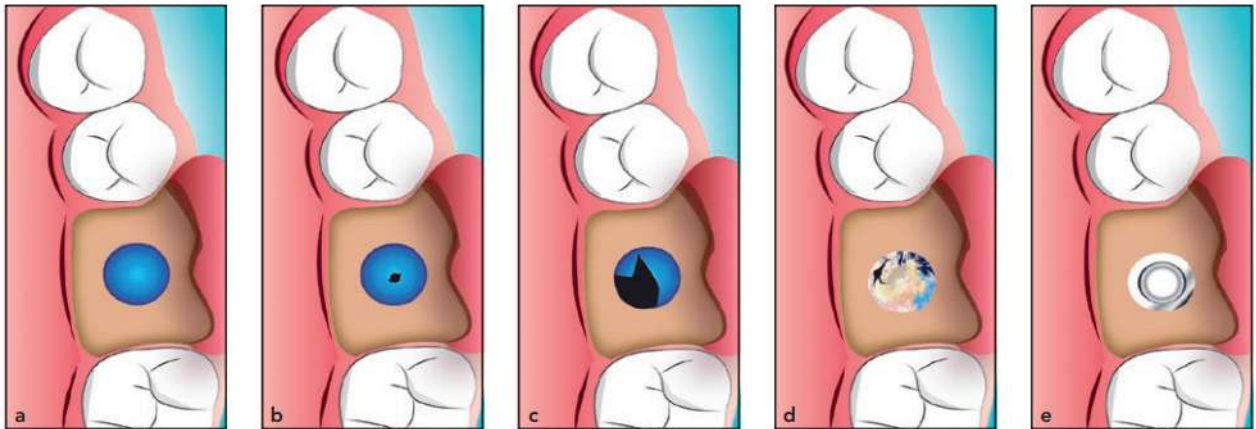


Fig 1 Schematic drawings of the different types of perforations. (a) Nonperforated sinus membrane. (b) Type I₁ perforation (small) caused by an implant drill. (c) Type I₁ perforation (large) determined by an implant drill. (d) Type II perforation caused by uncontrolled forces applied during membrane elevation or resulting from membrane collapse during graft insertion, with the consequent graft dislodgment into the sinus. (e) Type III perforation can also occur at the time of implant placement and be hidden by the implant itself.

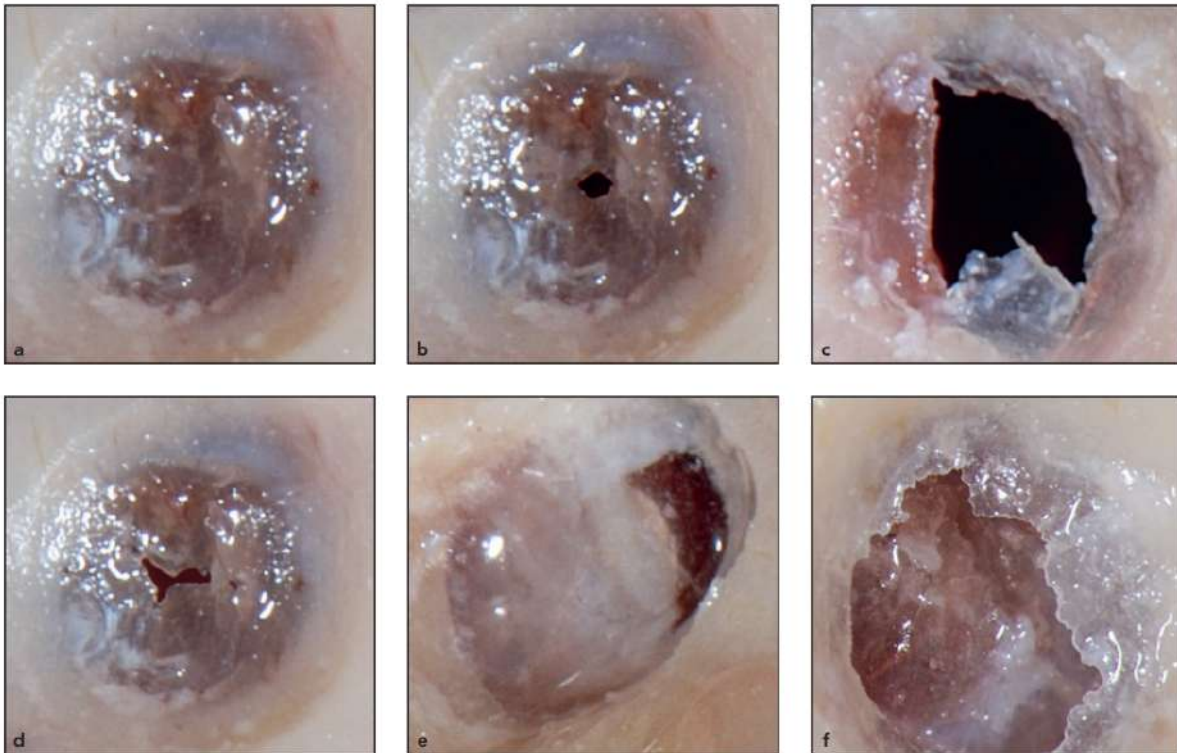


Fig 2 Sinus membrane perforations occurred during tSFE in cadavers. (a) Intact sinus membrane. (b) Perforation provoked by a pilot drill (type I). (c) Large laceration caused by an implant drill (type I). (d and e) Perforations that occurred during membrane elevation with manual instruments. (f) Membrane collapse following an overfill of bone graft.

今回の分類では、穿孔が発生する可能性のある手術の段階に応じて穿孔のタイプを分類した。その結果、臨床医は直接目視するだけでなく、穿孔が発生した手術の段階に基づいて穿孔の分類を行うことができる。分類プロセスを大幅に簡略化し、穿孔マネジメントのための臨床判断をすぐに行うことができる。

この方法は、複数の著者が、tSFE 中の SM 穿孔を確認する最も信頼性の高い方法は内視鏡(endoscopy)であることを示唆した。内視鏡を使用して tSFE 手順ごとにメンブレンの完全性を管理することは、日常の歯科診療では現実不可能であるため、気づかれない SM 穿孔が発生する可能性があるかと仮定できる。

内視鏡以外で穿孔の有無を評価する最も効果的な方法は、Valsalva 法、歯周 X 線写真(骨移植後)、顕微鏡や拡大ルーペによる評価であると著者らは考えている。

Valsalva 法は、患者が口と鼻を閉じ、同時に静かに息を吐き、気道の閉鎖ができるかで簡単に確認できる。陰性の結果は、必ずしもメンブレンの完全性を意味するものではないが、陽性の結果は、呼気が上顎洞からたインプラント部位を通過して漏れていると認識され、メンブレンの穿孔の結果を示している。

《タイプ1》

タイプ I の穿孔は、骨削合中に意図せずに SM を引き裂いたインプラントドリルによって引き起こされたものである (Fig.1,2)。

穿孔の大きさは、SM を裂いたドリルの直径に依存することがある。穿孔が比較的小さい(約 2mm 未満) 場合(タイプ Is)、臨床医はまず、X 線撮影用ポジショニングピンと口腔内根尖周囲 X 線写真を用いて、SM の下にある正確な残存骨の高さを評価する。その後、ドリルストッパーを使用してインプラント部位の骨削合を継続する。SM が露出したら、臨床医は手動のサイナスエレベーターを用いて、SM を慎重に剥離して上昇させる。この

文献紹介

ように SM を挙上させることで、ドリルで生じた中央の穿孔を単に折り返すことができ、穿孔を自己修正することができる。しかし、著者らは、計画した正しい長さにインプラントを埋入する前に、コラーゲンテープや生体吸収性コラーゲン膜／プラグなどのクッション材を穿孔部に事前に塗布することを提案している。このような状況では、治癒の初期段階で移植片が SM の穿孔部を通過する可能性を避けるため、追加の骨移植は推奨されない。文献によると、穿孔とそれに続くグラフトの上顎洞への漏出は、上顎洞炎、感染症、グラフトやインプラントの失敗の発生率を高めると報告されている。代わりに、マイクロファイバーコラーゲンを混合したボングラフトを使用すると、このバイオマテリアルの「ペースト状」の一貫性により、グラフトが上顎洞内に移動する可能性が低くなる。しかし、何らかの理由で SM の挙上時に穿孔部が増大した場合、残存歯槽頂の高さによってショートインプラント埋入が可能かどうかが決まる。実際、上顎における 6mm インプラントの有効性は、ランダム化臨床試験で十分なエビデンスがある。しかし、ショートインプラントを埋入する前に、穿孔部にコラーゲンスポンジを接触させることが推奨されている。

《タイプ2》

残存する歯槽骨頂からショートインプラントを埋入することができない場合は、サイナスの造成術を行ってから、LSFE を行ってサイナスメンブレンの穿孔部を修正するという方法がある。Vlassis と Fugazzotto によって記述された技術によると、臨床医はラテラルウインドウから膜の穿孔を修復することができる。ドリルによる SM 穿孔が、約 2.0mm 以上の大きな裂傷になった場合(タイプII)、可能であれば短いインプラントを埋入するか、LSFE を行うことが、穿孔マネジメントのための代替治療法となる。2.0mm を小さな穿孔と大きな穿孔の境目として選択した理由は、最初のオステオトームドリルの直径に基づいている。著者らは、穿孔サイズが 2.0mm より小さい場合にのみ、裂傷した膜の挙上を試みることを推奨しており、穿孔サイズが大きい場合には別の治療が必要となる。しかし、tSFE 中に発生した穿孔が広い(約 5.0mm 以上)場合、短いインプラントの埋入ができず、ラテラルウインドウからのアプローチでも裂傷を修復不可なら、手術の中止を検討することもある。

著者らは、**小さな穿孔か大きな穿孔かを区別することは常に可能ではないと認識している。しかし、顕微鏡や拡大ルーペの使用は、裂傷した SM の視覚化に役立つことが多い。メンブレンの不適切な剥離や、グラフトを充填した結果 SM の挙上や移植材の際に生じる SM の裂傷は、タイプIIの穿孔として分類される (Fig.1,2)。**これらの穿孔は、典型的には、サイナスフロアからのとしての SM の崩壊が原因である。

膜を物理的限界を超えてオーバーストレッチさせるには、多くの要因が重要な役割を果たしていると考えられる。骨移植粒子の構造は、丸みを帯びていたり、比較的尖っていたりする。特に尖った骨移植粒子で、SM の下の空間をオーバーフィルすると、メンブレンのマイクロパーフォレーションを引き起こしたり、メンブレンの崩壊やパーフォレーションを誘発したりする。II 型穿孔を誘発または促進するもう一つの要因は、周囲の骨からのメンブレンの剥離が不十分であることである。これにより、グラフトのポジショニングやインプラント埋入の際に、メンブレンの上昇に対する抵抗が大きくなり、穿孔のリスクが高まる。臨床医の感覚、メンブレンの厚さと形態、サイナスの解剖学的構造、膜の挙上技術も、SM を動かす際の生理的閾値に関与している。Pommer らが示したように、膜が厚いほど、

伸展や負荷に対する耐性が高くなる。

このクラスの穿孔に対しては、tSFE を LSFE に戻すことが最も良い治療法であり、臨床医は穿孔を修復し、骨移植材と同時にインプラントを埋入することができる。繰り返しになるが、可能な限り、ショートインプラントは側方上顎洞粘膜を避けるための妥協案となる。

《タイプ3》

タイプIIIの穿孔は、インプラント埋入後にSMが崩壊して生じる裂傷からなる(Fig.1,2)。Garbaceaらによると、穿孔の多くはインプラント埋入時に発生する。また、インプラント埋入時に発生する穿孔は、**移植材を過剰に充填することで、メンブレン表面に押し付けられた移植材の粉の圧力でメンブレンが崩壊することが原因**となる。さらに、移植材の量が十分か、わずかに少ないと、治癒がより早くなることが示唆されている。**インプラント埋入時に起こる裂傷の主な原因は、ボングラフトのオーバーフィルとSMの垂直方向への伸展限界以上の挙上であると推測される。**

残念ながら、タイプIIIの穿孔のほとんどは気づかれずに終わり、臨床医は逆に助けを求められることになる。したがって、術後のX線撮影は必須である。なぜなら、X線撮影によって、気づかれなかった穿孔に起因する上顎洞内へのグラフトの逸脱が明らかになることがあるからである(Fig.3)。もし、X線写真でSM穿孔が示唆され、上顎洞内に骨移植があってもなくても、状況は頻繁にフォローアップしていく必要がある。術後に上顎洞の症状(慢性的な鼻水、頭痛、頬粘膜等粘膜の炎症など)があり、CTスキャンで感染プロセスを示唆する異常なサインが見られた場合、Urbanらは、感染したグラフト粒子を除去し、全身性抗生物質と一緒にドキシサイクリンを局所的に投与する外科的アプローチを提案している。このプロトコルには、上顎洞炎を併発している場合に鼻腔拡張剤を使用することも含まれる。しかし、著者らは、この方法で感染が解決しない場合は、耳鼻科医によるグラフトの完全除去や内視鏡手術を含む、より積極的な手術が推奨されることを強調している。穿孔の推奨される管理方法のフローチャートをFig.4に示した。

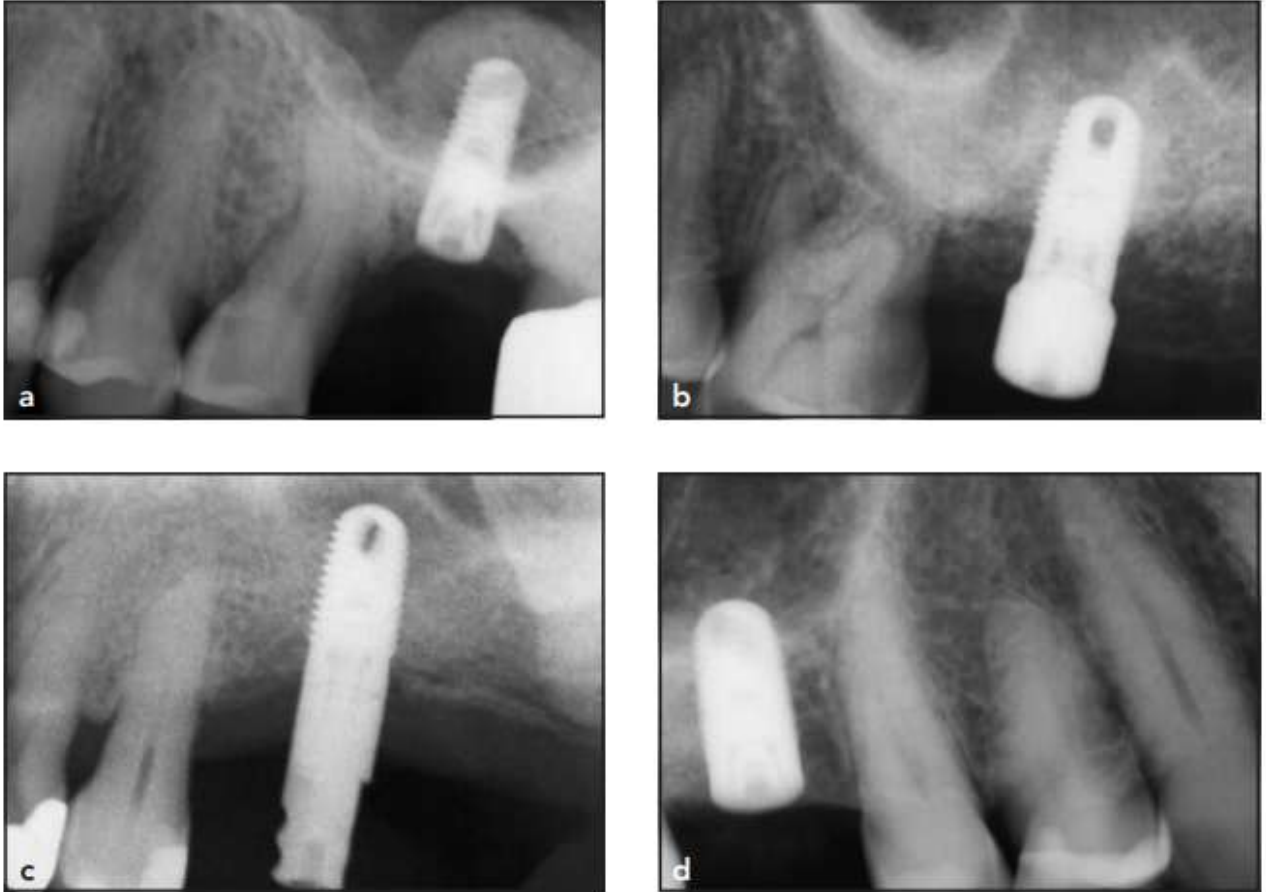


Fig 3 Periapical radiographs following osteotome tSFE suggesting: (a) sinus augmentation without perforation; (b) small membrane perforation with grafting material that may be dislodged into the sinus; (c) membrane perforation without bone graft; and (d) small perforation of the sinus membrane.

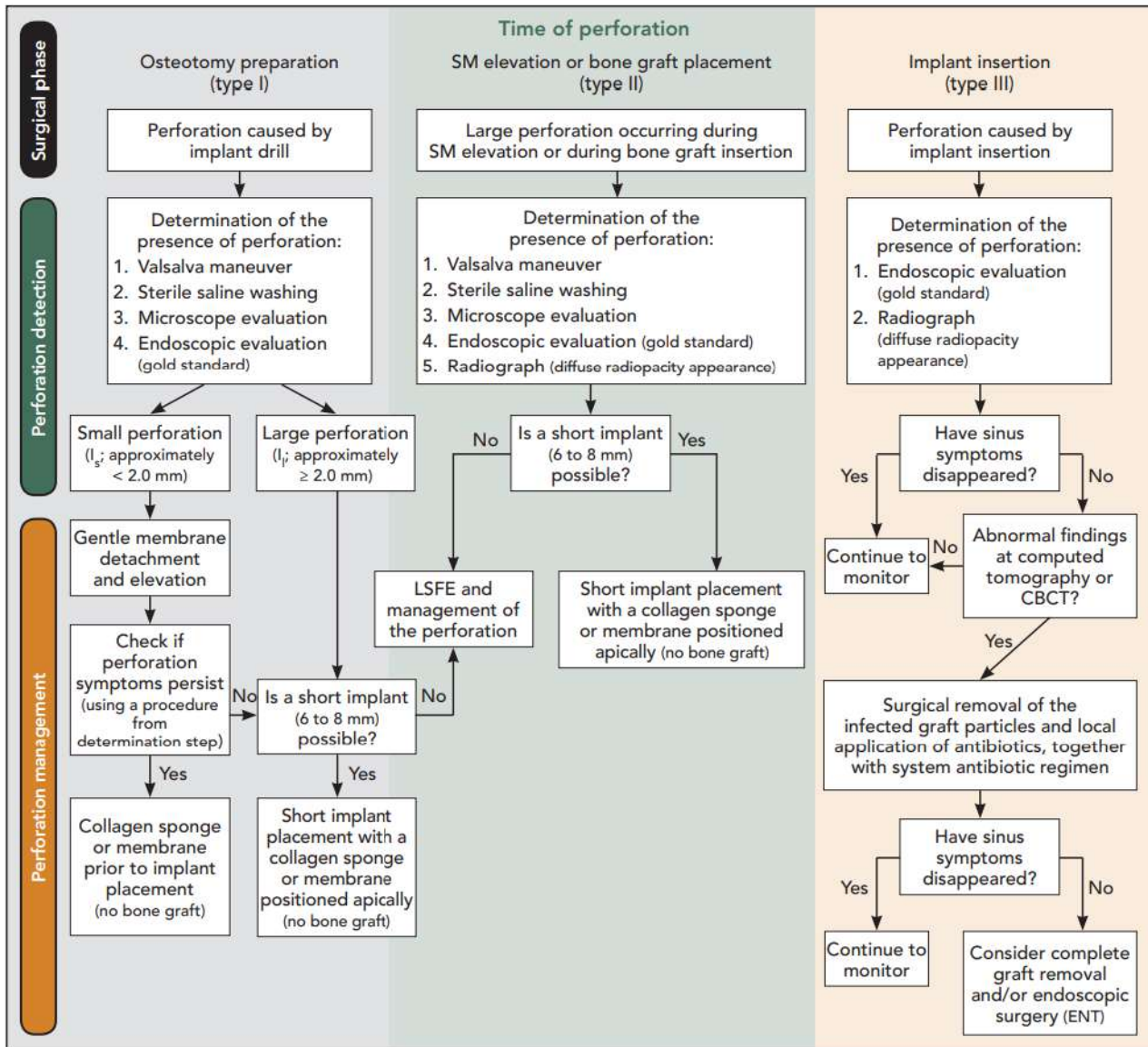


Fig 4 Flowchart of the recommended treatment of each perforation according to the proposed classification. LSFE = lateral window sinus floor elevation; SM = sinus membrane; CBCT = cone beam computed tomography.

考 察

何人かの研究者は、初期の残存骨の高さが少なくとも 4~5mm ある場合には、TSFE を推奨することに同意している。骨吸収がひどい場合、LSFE でなく tSFE を行うと、メンブレンの物理的閾値に負担がかかる。Pommer らは、死体の洞粘膜を一次元的に伸ばすと、元の部位の 132.6%まで伸びると報告している。最終挙上前の全周性の膜剥離が不十分な場合、膜の完全性に負の相関があると考えられているが、残念ながらこの処置は過小評価されがちである。

アクセスと視界が限られているため、tSFE 中に発生した穿孔の修復は、困難となる。このような理由から、膜の剥離と挙上を行った後、緩衝剤（コラーゲンテープ、生体吸収性膜）を使用することで、全体的に限られた数の穿孔をうまく処理することができる。残念ながら、穿孔のほとんどは、予定外のショートインプラントを埋入するか、LSFE を行う必要があり、後者の方がより侵襲的であることは間違いない。著者らは、パーフォレーション

画像・文書・情報について複製や無断転載・複製を一切禁じます。

Copyright (C) 5-D Japan All Rights Reserved.

ンが生じた場合にショートインプラントを埋入することは、残存歯槽骨が 6mm 以上ある場合にのみ検討すべきであることを強調したい。

また、SM を犬歯窩から内視鏡的に修復することも提案されているが、著者自身、日常の外科診療において特殊な器具が必要であることが、このアプローチの限界を認識している。術中の穿孔を管理する上で最も成功するアプローチは、穿孔を連続して治療するのではなく、穿孔を予防することであることを念頭に置き、術前の CBCT 評価を慎重に行うことを強く推奨する。この必要不可欠な条件により、穿孔のリスクを高めるいくつかのパラメータを検出することができる。例えば、傾斜したサイナスの形態、アンダーウッドの隔壁(上顎洞の骨隆起；Underwood's Septa)の存在、0.5mm より狭いまたは 3mm より広い膜の厚さなどである。

形成された上顎洞下の空間(subantral space)に骨を移植することに、さらなる利点があるかどうかについては、まだ議論中だが、無傷の SM が既存の血栓を含み、インプラントの根尖部周辺に優れた治癒環境を与えるのは間違いない。Jung らは、サイナス内に 2mm 以下しか突出していないインプラントは、新たに形成されたメンブレンによって完全かつ自然に覆われるが、4mm 以上突出しているインプラントは、術後の合併症を起こすことなく、新たなメンブレンによって部分的にしか覆われないことを示した。しかし、著者らは、tSFE 中も含めて、すべての症例でインプラントを完全に骨で囲むことを目指すべきだと考えている。骨移植を行わなくても、新たな骨形成が可能であるという証拠がある。これはおそらく、メンブレンの完全性が、インプラントのテンティング効果(implants tenting effect)とともに、血栓が上顎洞スペースを満たし、新たな骨新生を可能にしているためである。このように、メンブレンの完全性は、術後の合併症リスクを増大させることなく、治癒プロセスと新しい骨の形成に關与する重要な要素といえる。

この分類の限界は、穿孔を評価するために高倍率（顕微鏡や拡大ルーペなど）を必要とすることである。しかし、著者らの考えでは、オステオトームのアクセスホールから内視鏡を挿入する新しい方法が近いうちに開発され、プロセスが容易になり、この分類をチェアサイドで簡単に適用できるようになると予想している。

結	論
---	---

提示された分類は、tSFE 中に発生する可能性のある穿孔を認識しマネジメントするための方法である。この提案された分類およびその後の tSFE 穿孔の管理を検証するためには、臨床研究が必要である。

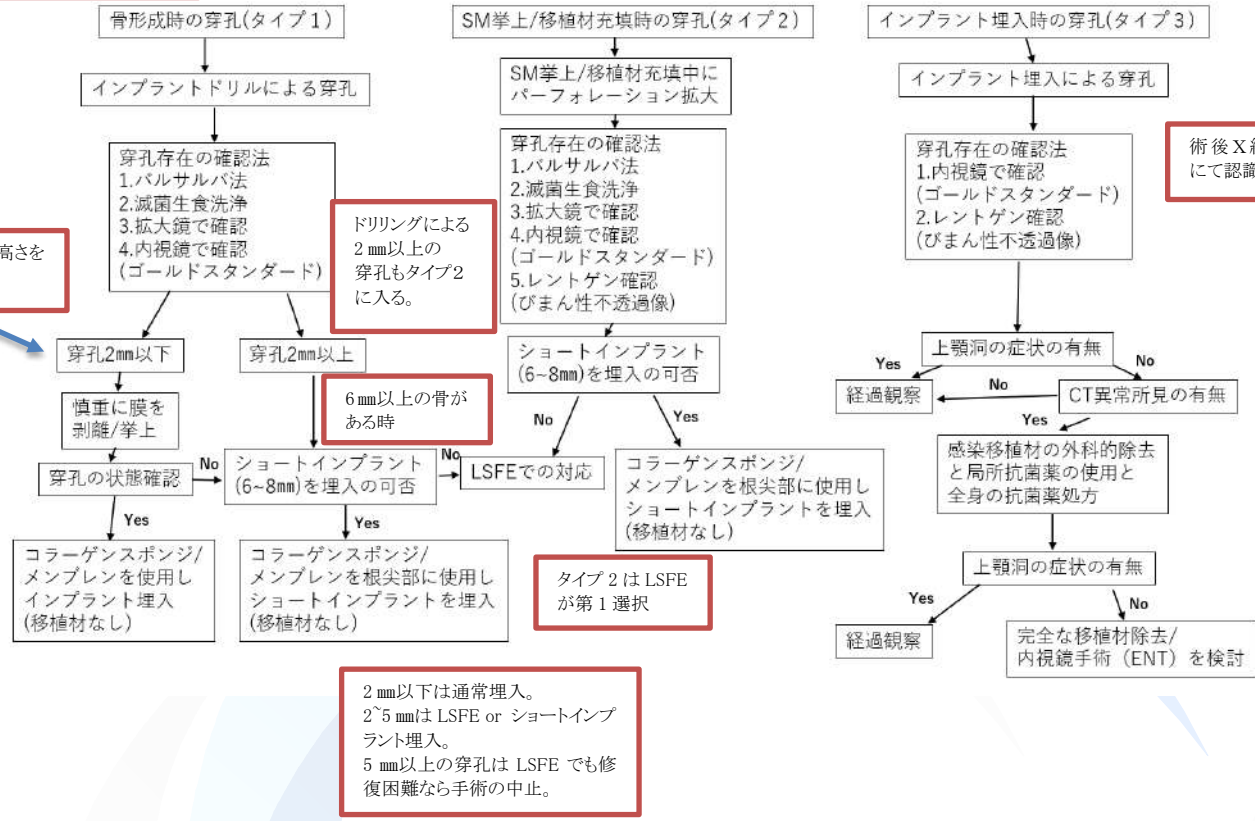
藤田裕允/船登彰芳

文献紹介

オステオームは初期残存骨の高さが4~5 mm以上あるときに適応

レントゲンで骨の高さを正確に確認

術後X線画像にて認識する



2 mm以下は通常埋入。
2~5 mmはLSFE or ショートインプラント埋入。
5 mm以上の穿孔はLSFEでも修復困難なら手術の中止。