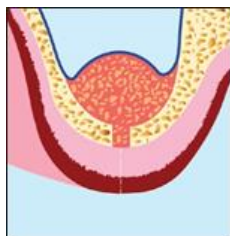


オステオトームによる段階法上顎洞底挙上術 (FSD) 後のコーンビーム CT を用いた骨改造評価



著者 中島和敏

要旨

オステオトームを用いて上顎洞底挙上術をおこない、上顎洞内の骨造成部位の術直後とインプラント埋入前の変化をコーンビームCT (以下 CBCT と略す) を用いて 3 次元的に分析し評価した。2006 年から 2011 年までの間に中島歯科医院にてオステオトーム法を用いて 15 名の患者に段階法上顎洞底挙上術が行われ、臨床結果が後ろ向き研究として評価された。CBCT 画像で上顎洞底は平均 7.28mm (SD1.62) 術直後挙上され、平均骨高径は 9.55mm の結果が得られた。すべての症例でオステオトーム法によりインプラント埋入に必要な骨高径を得ることが出来た。粘膜穿孔等の術中、術後の合併症は認められなかった。手術侵襲と術後不快症状が少ないこの段階法上顎洞底挙上術は有効な骨造成法であることが示唆された。

緒言

上顎臼歯部においては、上顎洞の存在により既存骨の高径が低くなり通常のインプラント埋入が困難になる症例がかなりの割合で見られる。そこにはインプラント支持の不足や上顎洞粘膜の穿孔のリスクが存在する。このような症例においては骨高径を増加させ、成功裏にインプラントの埋入を可能にするため上顎洞底挙上術が必要となる。今までの見解では歯槽頂を介する方法は既存骨高径が 5mm 以上で、かつ上顎洞底の形態が比較的平坦な場合に用い、既存骨高径が 5mm 未満の場合は側方開窓術が推奨されている。¹

側方からの上顎洞挙上術に関しては多くの論文が発表されその予後も良好で、有用性のある術式として現在認識されている。²⁻⁶ しかし、一般的なインプラント埋入と比べると手術侵襲が大きく、上顎洞粘膜の穿孔や感染など術中、術後の合併症の発生も数%であるが報告されている。^{3,5,6} 一方、1994 年 Summers ら⁷⁻⁹ により発表された歯槽頂を介した上顎洞挙上術は、側方からのアプローチと比較すると歴史は浅いが、近年発表されている論文数も増えており、その予後も良好で有用性のある術式として認められてきた。¹⁰⁻¹⁴

この方法は上顎洞内への挙上量に限界があるが、低侵襲で患者にも負担が少なく、また、術中術後合併症の発生も極めて少ない方法であると多くの研究で報告されている。¹²⁻¹⁴ また、近年、患者への不快症状や合併症の軽減をはかり、造成交量を増やす事などを目的として、さまざまな術式の改変がなされて良好な成績が発表されている。¹⁵⁻¹⁸ しかし、これらの報告の多くはインプラントの初期固定が得られる程度の既存骨高径があり上顎洞底挙上術と同時にインプラントを埋

入する症例に適用したものである。

Summers ら⁹の報告の中で既存骨高径が不足しインプラントの同時埋入が不可能な場合,そして広範囲にわたる上顎洞底挙上術必要であるが,側方アプローチを選択しない場合に **Future site development** の術式を選択肢として述べている。この歯槽頂を介しての上顎洞挙上術は骨造成量に限界があるので,既存骨高径のかなり不足している症例ではあまり応用されてこなかった。しかし近年術式の改良が進み,この方法でもインプラント埋入が可能な状態まで上顎洞内に骨造成を行うことができるとの報告も散見されるようになった。¹⁹⁻²¹

そしてこの術式の欠点である可視化できない点については注意をはらわなければならないが,CBCT の普及により上顎洞の形態を術前に充分把握でき,安全で適切な施術を行うことが可能となった。また,術後上顎洞挙上部の造成量および形態を充分把握でき,客観的で正確な評価が可能となってきた。

今回の研究の目的は,この方法を用いて術直後の上顎洞挙上量と,インプラントの埋入が可能になる術後6ヵ月後の骨改造の経時的変化をCBCTにより計測するとともに粘膜の穿孔などの合併症についても評価することであった。

材料,方法

調査対象母集団

2006年10月から2013年3月までの間に中島歯科医院を受診し,歯槽頂を介した段階法上顎洞底挙上術を受けた欠損歯列を有する患者の臨床結果を後ろ向き研究として分析した。

上顎洞挙上術を受けた患者は下記の選択基準を満たしたものとした。

- ・ 局所および全部欠損。
- ・ 18歳以上で健康状態が良好,あるいは疾患があっても医学的にコントロール(例えば高血圧,糖尿病,喘息)されている。
- ・ 十分なインフォームドコンセントが行なわれ,治療の同意が得られた患者。

また,以下の患者は除外した。

- ・ 免疫疾患。
- ・ 血液疾患。
- ・ 代謝性骨疾患。
- ・ 頭頸部への放射線治療。
- ・ 精神疾患。
- ・ コントロールされていない糖尿病。
- ・ 薬物およびアルコール依存症。
- ・ 口腔衛生不良。
- ・ 未治療の歯周炎。
- ・ 口腔領域の炎症,粘膜疾患。
- ・ 上顎洞炎の既往のある患者。

骨補填材料

使用した骨補填材は Cerasorb(100% β - TCP; particle size,500-1000 μ m RiemserArzneimittel AG,Germany)と, Neobone (100%HA; particle size,500-1000 μ mmMT Co., Ltd., Japan) に口蓋隆起またはレトロモラーパッドから自家骨を 30%~50%混合した物であった。

オステオトームを用いた段階法上顎洞底挙上術

骨造成治癒後, インプラント埋入を単独またはソケットリフトと併用して行った。

上顎洞挙上術, インプラントの埋入および最終補綴装置の装着は 1 人の歯科医が行ない, 患者の状況により 3 ヶ月から 12 ヶ月の間隔でリコールし, プロフェッショナルメカニカルトゥースクリーニングと必要により歯周治療などのメンテナンスプログラムにのっとり継続的に維持管理した。

外科術式

術前 2 時間前に抗生剤 (Zithromac 500m g one time daily Pfizer 社) を投与した。局所麻酔 (エピネフリン 1/80000 添加 2%キシロカイン) を行い, 歯槽頂切開, 全層弁にて粘膜を剥離挙上した。

歯槽頂を介した上顎洞底挙上術は Summers の原法を改良した方法を用いた。

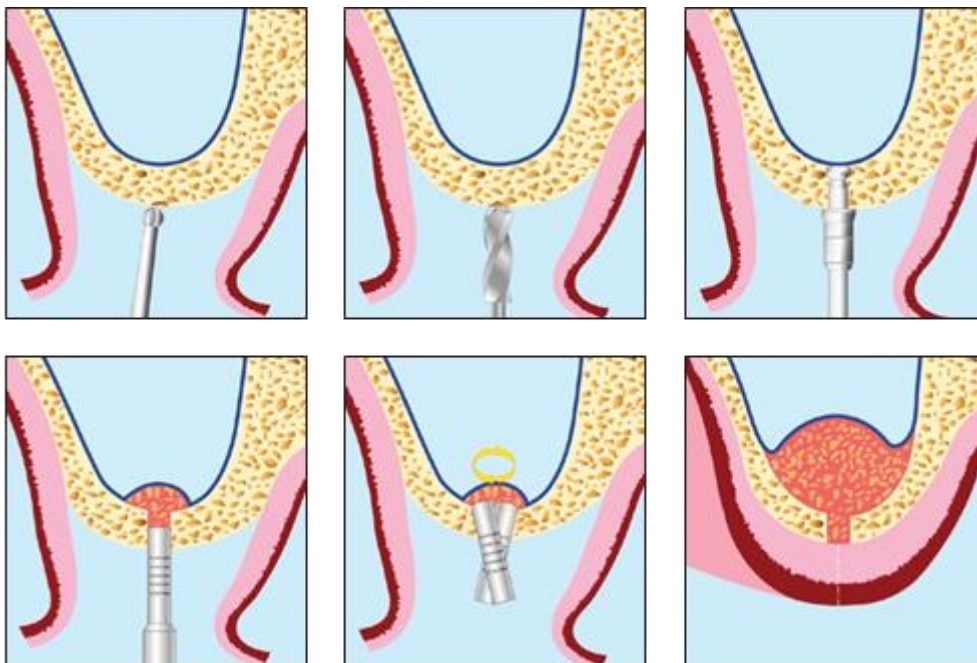


図1 上顎洞底挙上術式 (a)小さい径のラウンドバーを用いて起始点を削合。

(b) 次にパイロットドリルまたはツイストドリルを用いて削合。(c) 上顎洞底に達するまで stopper 付き S-リーマードリルで削合。(d) 骨補填材を形成窩に填塞しオステオトームを用いて上顎洞底を 0.5mm~1.0mm 挙上。(e) さらに骨補填材を形成窩に填塞し深度ゲージを用いて側方へ攪拌。(f) 上顎洞底挙上術により十分な骨造成がなされる。

インプラント埋入予定部の歯槽骨頂に 0.8mm のランドバーにて埋入部位の起始点をドリルし、次に 1.2mm のランドバーで形成、その後上顎洞底部直近まで 2.8mm または 3.5mm のツイストドリルにて削合し、最後に上顎洞粘膜の損傷を最小限に抑えるため直径 2.8mm または 3.2mm の S-Reamer(Sinus Crestal Approach Kits, Forest-one Co., Ltd., Japan)で上顎洞底まで切削を行った。その後骨補填材を形成窩に填塞し、オステオトーム (Straumann Osteotome Kits, Straumann AG, Waidenbourg, Switzerland) 直径 2.8mm または 3.5mm のアングルタイプにて追打上顎洞底部を挙上、上顎洞粘膜の穿孔の有無の確認のため Valsalva manoeuvre (nose blowing test)を行った。挙上後オステオトームは上顎洞内に 1-2mm ほど入り込む深度に調整した。骨補填材を形成窩に填入し、数回にわたりオステオトームと深度ゲージにて骨補填材を洞内へと送り込み最終的に使用した骨補填材の量は 1 箇所あたり約 0.5~1.1cc であった。(図 1) 骨補填材填入後、再び Valsalva manoeuvre (nose blowing test)を行い、息もれがあるかどうかを確認した。4-0 の縫合糸により縫合閉鎖を行った。患者は術後 2 日間、計 3 日間抗生剤 (Zithromac500mg x 3 日) が投与された。

その後 6 ヶ月、上顎洞造成部の治癒を待った後表面性状 SLA の Straumann または Camlog screw のインプラントを 5-20Ncm の締め付けトルクで埋入を行った。

CT による形態学的評価

術前、術直後、インプラント埋入前に CBCT (3DX multi-image micro CT Morita 社製、京都、日本) が撮影され挙上された骨補填材の形状及び高径が測定された。

使用した CBCT の撮影条件は

- 1, Ø40×H40mm でボクセルサイズ 80µm の小範囲撮影とした。
- 2, スカー撮影によりインプラント埋入予定部位の既存骨中央に中心が来るよう設定し撮影した。その後の撮影もこの位置を記録し、同位置及び条件で行った。

被爆量は小範囲撮影で行ったので 0.03mSV と被爆を低く抑えて撮影は行われた。

測定部位は、

- A, 術前の歯槽頂から上顎洞底までの既存骨の高さはインプラント埋入予定部位中心を測定した。
- B, 上顎洞挙上量はインプラント埋入予定部位中心の上顎洞底から骨補填材または新生骨の境界までの距離とした。(図 2)

これらの測定は、どの骨補填材を使用したか知らされていない 1 人の測定者により 3 回計測されその平均値とした。

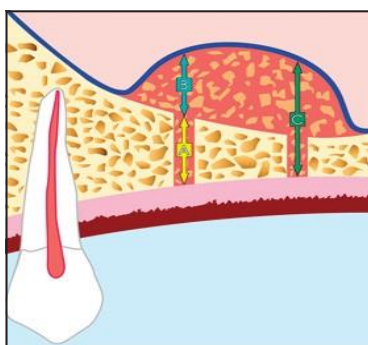


図 2 A は既存骨高径。B は上顎洞挙上高径。C は歯槽骨頂から骨造成部辺縁までの高径。いずれもインプラント埋入予定部位中心で測定。

インプラント成功基準

- ・ 痛み, 異物感, 感覚異常などの主観的苦痛が存在しない
- ・ インプラント周囲炎が存在しない
- ・ 動揺を認めない
- ・ インプラント周囲の連続的な X 線透過像を認めない

統計分析

統計分析は SPSS Statistics 22.0 software (IBM)を用いて行われた。

カップランマイヤー法がインプラント残存率と成功率を算出するため用いられた。頬側・口蓋側間の距離と挙上量の関係は Pearson の積率相関係数を用いて分析した。

結果

2006 年 10 月から 2013 年 5 月の間に適格基準を満たした部分無歯顎患者合計 15 人(男性:4 名, 女性 11 名; 年齢 52~72 歳, 平均年齢 60.4 歳, SD6.3) にオステオトーム法により上顎洞底挙上術が行われこの研究に参加した。(表 1)

これらの患者の既存骨高径は CBCT 分析で歯槽頂から上顎洞底までの距離が 1~5mm のものを対象とした。自家骨は主に下顎枝(臼後三角)部より採取したが、口蓋隆起が発達した患者 3, 10 においては口蓋隆起部より採取した。採取した骨片は 1~2mm ほどの大きさに粉碎し β -TCP または HA 骨補填材と混合した。

症例 1 から 8 (症例 6 の歯式 25 部位を除く) と症例 13 は上顎洞底挙上術後に十分な骨高径 (> 8mm)までは獲得できなかったため、これらの症例は 6 か月後のインプラント埋入時に同時法オステオトーム上顎洞底挙上術を併用した。残りの症例は最小限必要な骨高径が獲得できたので 6 か月後にインプラント埋入のみを行った。

表 1 に示すよう 15 名の患者の既存骨平均骨高径は 2.27mm (SD 0.85mm) であり 1.00~3.44mm の範囲であった。上顎洞底から 5mm 上方の上顎洞幅径は平均 12.53mm (SD2.67mm) で 8.02~16.76mm の範囲であった。上顎洞挙上直後の造成量は平均高径 7.28mm (SD1.62mm) であり 5.25~11.07mm の範囲であった。歯槽頂から造成部辺縁までは平均高径 9.55mm (SD 1.43mm) であり 7.50~13.3mm の範囲であった。(表 1)

歯槽頂から骨造成部辺縁までの平均高径は 7.92mm (SD 1.64mm) で造成直後から 6 か月後に平均 1.62mm 減少し骨改造後の造成量は 5.65mm となった。

術直後 CBCT にて確認された造成部位の多くは 1 歯欠損で側面, 正面共にドーム上を呈し, 複数歯欠損で側面観は丘状に隆起し, 正面ではドーム上に隆起した像を呈していた。(図 3ab) 骨補填材として使用した HA は β -TCP より多くの骨造成が観察された。

治癒期間後の平均骨高径は β -TCP 群が 6.91mm (SD1.13) に対して HA 群は 8.88mm (SD1.48) であった。

表 1 オステオトーム法を用いた段階法上顎洞底挙上術後の患者の資料

患者 ID (年齢, 性別)	歯式	既存骨高径 (mm)	使用骨補填材	上顎洞幅径 (5mm 上方)	術直後の骨高径 (mm)	インプラント埋入時骨高径 (mm)	獲得骨挙上量 (mm)
1 (58, F)	16	3.26	β-TCP	12	8.63	6.26	3.00
2 (58, F)	17	3.10	β-TCP	12.72	9.01	5.26	2.16
3 (55, F)	15, 16	2.52	β-TCP	10.89	9.07	7.50	4.98
4 (52, M)	16	2.13	β-TCP	13.76	7.50	5.88	3.75
5 (72, F)	16, 17	3.44	β-TCP	12.41	8.74	6.27	2.83
6 (67, M)	25, 26	3.08	β-TCP	11.9	9.61	8.44	5.36
7 (61, F)	16, 17	1.70	β-TCP	11.06	8.46	7.12	5.42
8 (62, F)	26, 27	1.44	HA	14.15	8.51	7.52	6.08
9 (58, F)	16, 17	2.26	HA	16.76	10.65	8.39	6.13
10 (58, M)	16	1.88	HA	12.23	10.26	9.18	7.30
11 (54, F)	15	2.23	HA	8.02	13.30	12.10	9.87
12 (57, F)	26	2.63	HA	10.05	9.42	8.88	6.25
13 (72, M)	16	1.00	HA	15.13	9.57	7.86	6.86
14 (55, F)	26	1.24	HA	12.96	9.19	8.10	6.86
15 (67, F)	26, 27	1.81	HA	12.27	10.45	10.11	8.30
平均	N/A	2.27	N/A	12.53	9.55	7.92	5.65

β-TCP = beta-tricalcium phosphate; HA = hydroxyapatite.

表 2 異なる骨補填材料で獲得された上顎洞挙上量の比較

使用した骨補填材料	既存骨高径 (mm)	挙上量 (mm)	術直後の骨高径 (mm)	6 か月後骨高径 (mm)	6 か月後挙上量 (mm)
β-TCP (n = 7)	2.72 (SD 0.89)	6.08 (SD 0.68)	8.81 (SD 0.86)	6.91 (SD 1.13)	5.65 (SD 1.57)
HA (n = 8)	1.82 (SD 0.54)	8.32 (SD 1.33)	10.06 (SD 1.47)	8.88 (SD 1.48)	7.06 (SD 1.32)
平均値(n = 15)	2.27 (SD 0.85)	7.28 (SD 1.62)	9.55 (SD 1.43)	7.92 (SD 1.64)	5.65 (SD 1.93)

β-TCP = beta-tricalcium phosphate; HA = hydroxyapatite.

CTは骨造成直後と6か月治癒期間後のインプラント埋入前に撮影された。(図3)

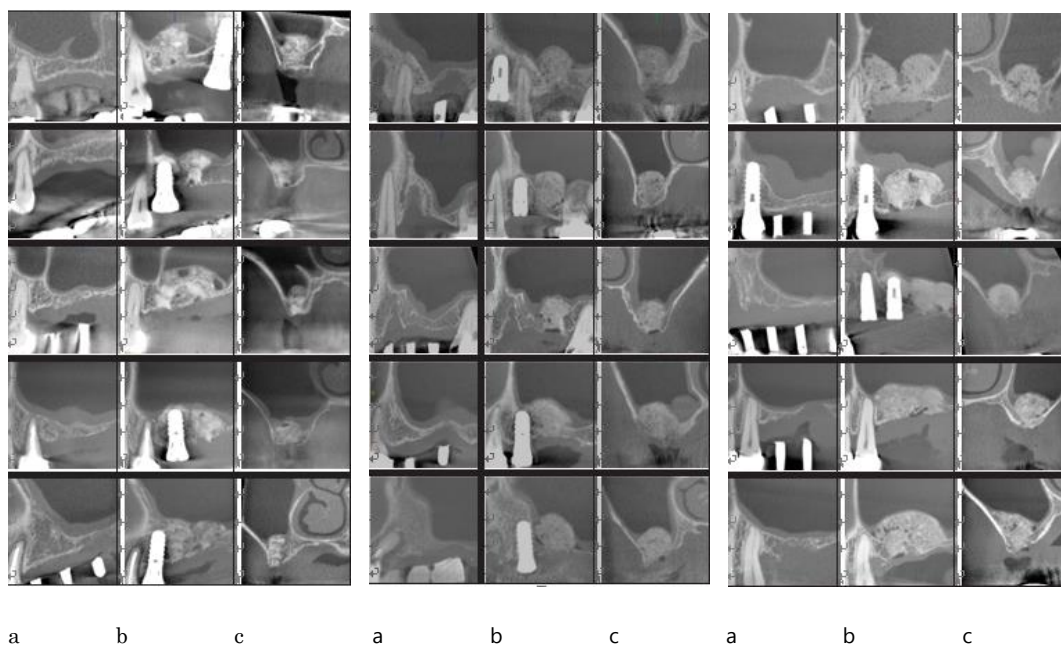


図3 患者15人の上顎洞挙上部位術前と術直後のCTスキャン像。(a)術前側面像 (b)術直後側面像 (c)術直後正面像



図4 CTスキャン側面像の変化(a)術前 (b)術直後 (c)2歯欠損部挙上6か月後(症例9)骨補填材: β -TCP

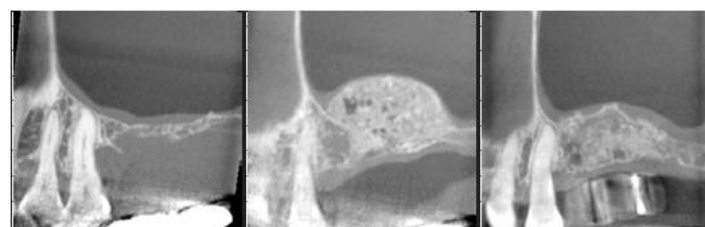


図5 CTスキャン側面像の変化(a)術前 (b)術直後 (c)2歯欠損部挙上6か月後(症例9)骨補填材: HA

治癒期間後は骨改造の結果, 上顎洞内骨造成部の多くは既存骨との境界が不明瞭となり造成部のみの高径は計測できなかった. 造成後約6ヶ月経過したCBCT像は骨改造途上と思われる像と,

既存骨と近似した像も一部認められ、丘状またはドーム状の形態は平坦化が進むと同時に造成部と既存骨の境界は消失し、新たな上顎洞底線が多くの症例で認められた。(図 4, 5)

上顎洞粘膜の穿孔は確認されなかった。粘膜穿孔有無の判断は術中の Valsalva manoeuvre (nose blowing test), 術中と術後の鼻出血, CBCT 像のいずれか 1 つの所見でも認められれば、穿孔と判断した。

CBCT アキシャル像と 3D 像を詳細に観察することで穿孔による骨補填材の漏出の有無をかなりの精度で判断できる鮮明な像が得られた。(図 6)

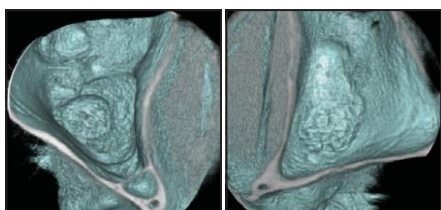


図 6 挙上した上顎洞底の 3 次元 CBCT 像。(a)1 歯欠損部を挙上した上顎洞底はドーム状を呈している。(症例 11) (b) 2 歯欠損部は丘上に盛り上がっている(症例 8)

インプラントタイプ	本数	患者 ID
ST standard(4.1×8.0mm)	4	1,5-17,8
ST standard(4.1×10mm)	6	3-15,5-16,6-25,11,15
ST standard WN(4.1×8.0mm)	5	2,9-16,12,13,14
ST standard WN(4.1×8.0mm)	5	3-16,4,6-26,9-17,10
Cam Screw (5.0 × 11 mm)	2	7
合計	22	

他に術中、術後の合併症は認められなかった。

合計 20 本の SLA 表面性状の Straumann 充実スクリューインプラントと 2 本の Camlog インプラントが 5~20Ncm の締め付けトルクで埋入された。(表 3)

カップランマイヤー法を用いた 7 年インプラント累積残存率と成功率は 100%を示した。上顎洞に獲得された挙上量と上顎洞幅径は統計的な有意差はなく、また 6 か月後の減少量との関係も有意差は認めなかった。

考察

この後ろ向き研究は 2006 年から 2013 年の間に改良型オステオトーム法を用いた患者 15 名の骨造成後に埋入した 22 本のインプラントを評価したものである。

この術式は術中、術後の合併症が認められず、患者にとって良好で許容されるものであった。すべての患者はインプラント埋入が可能で適切な上顎洞底挙上が達成され、インプラント残存率・成功率ともに 100%であった。

このインプラント埋入のための FSD 概念は紹介されてからあまり広く普及しなかった⁹。既存骨高径が < 5mm 未満の場合には、結果があまり予測出来ないと考えられたため、オステオトーム

法を用いた段階法上顎洞底挙上術の研究はわずかしかなかった²⁰。この研究における平均既存骨高径は 2.27 mm (SD 0.85 mm)であった。オステオトーム法を用いたインプラント埋入部造成量は平均合計骨高径 7.92 mm (SD 1.64 mm), 新生骨量は平均 5.65 mm (SD 1.93 mm)で標準的なインプラントサイズの埋入が可能なまで回復した。いくつかの症例ではインプラント埋入時に同時法上顎洞挙上術が必要であったが、この術式に習熟してきた後半の症例においては、インプラント埋入予定部の骨高径は平均 8.80mm(SD 1.48 mm)まで回復し、ソケットリフトを併用しないでインプラントを埋入できる症例が増えてきたことは注目に値する。これらの所見は同じアプローチを行った Kang²⁰の研究でエックス線での計測であるが、術前既存骨平均高径 3.05mm(SD 0.96 mm)から上顎洞内骨獲得量は平均 6.9mm(SD 1.79 mm)で既存骨高径と合計すると 9.93mm(SD 1.48 mm)まで回復し、同法においてもインプラント埋入可能なまで骨造成が図られてきたと報告した。

オステオトーム法を用いた上顎洞底挙上術に伴う主な合併症は上顎洞粘膜の穿孔であり、これは上顎洞内への骨補填材の漏出をもたらす可能性がある。

この術式を明視下で行なうには内視鏡管理下で行なうことが勧められるが、解剖学的制約、内視鏡のための専従者の確保、手術侵襲や時間、コストの増加など通常の術式として取り入れるには多くの問題を抱え²⁴現実的な対応ではない。

穿孔をチェックするための現在可能な選択肢は、骨補填材漏出の有無を鮮明な CBCT アキシアル像と 3D 像を得ることができる CBCT を用いることである。

インプラント埋入と同時の上顎洞挙上術を行ったシステマティックレビュー研究では上顎洞粘膜穿孔率 3.8%と報告されているように、歯槽頂を介した方法では上顎洞粘膜の穿孔の発生率は一般的に低い¹⁴。一方側方開窓術では歯槽頂法よりも高い穿孔率（粘膜穿孔率 10%や 19.5%）が報告^{3,5}されている。

Pommer ら²⁶は上顎洞粘膜の機械的特性について *in vitro* の興味深い研究を行った。歯槽頂アプローチによる上顎洞底挙上術では上顎洞粘膜の局所に応力が集中し、ある程度以上の力がかかると粘膜の穿孔を引き起こす危険があるので高度に吸収した上顎臼歯部では側方開窓術の方が好まれるだろうと指摘している。しかし、今回の研究結果に見られるように上顎洞粘膜の穿孔を引き起こす事無く、術直後平均 7.28mm の上顎洞底挙上が達成された事を考えると、本術式で行ったように少量の骨補填材と血液等の水分が挙上時に介在することで、挙上圧が粘膜に均等にかかり、粘膜穿孔に至る限界点まで達せずに挙上される可能性も考えられる。

上顎洞粘膜の穿孔は全症例において認められなかった。この術式は明視化では行えないので、穿孔の有無については確証をもって判断はできない。

しかし、今回の研究では、出来る限り上顎洞粘膜穿孔の兆候を見逃すことの無いように術中の Valsalva manoeuvre (nose blowing test), 術中と術後の鼻出血, CBCT 像のいずれか 1 つの所見でも認められれば、穿孔と判断した。

Valsalva manoeuvre (nose blowing test)については、内視鏡下でソケットリフトを行なった研究で 1 症例粘膜の穿孔を認めたが Valsalva manoeuvre は陰性であったとの報告があり²⁴, このテストの

信憑性について疑問を投げかけている。

このように歯槽頂を介した段階法ソケットリフトは明視化で行えない欠点があるが、CBCTにより上顎洞に関する術前、術後の情報を分析することで、この術式の明視化で行えない欠点を補うことがある程度可能となってきた。また、CBCTは術者が残存骨および獲得した骨量ならびに骨改造過程を評価する事も可能にした。

段階法上顎洞挙上術を行うには、側方開窓術または歯槽頂を介する方法のいずれにおいてもCT撮影は2~3回は必要となる¹。CTはエックス線と比較すると圧倒的に多くの情報を得ることが可能だが、被爆量は多くなり慎重な運用が必要である²⁷。今回出来る限りこの被爆量を少なくするため必要最小限度の小範囲撮影(Ø40×H40mm)に努めた結果、実行線量は0.03m sとなり、ヘリカルCTや頭部撮影をするCBCTと比較するとかなり軽減することが可能となった²⁸。今後さらなる被爆の軽減が図れるような撮影機材や撮影方法の改良が望まれる。²⁹

結論

この後ろ向き研究の結果から、歯槽頂を介した段階法ソケットリフトは限界があるものの、インプラント埋入可能な状態まで骨造成を行うことができることを示した。この方法は予知性が高く、低侵襲で許容できる術式であり高いインプラント残存率と成功率を示すものと考えられる。今後さらに同法を用いた研究によりその有用性を立証し、同法の適応症が再認識されることが望まれる。

謝辞

CBCTに関するさまざまなご助言をいただいた新井嘉則教授に心より感謝の意を表します。

参考文献

1. Jensen SS. Proceedings of the 4th ITI consensus conference and literature review: Sinus floor elevation procedures. In: Chen S, Buser D, Wismeijer D (eds). ITI Treatment Guide Volume 5: Sinus floor elevation procedures. Chicago: Quintessence Publishing Co Ltd, 2011:3-9.
2. Jensen OT, Shulman LB, Block MS, Iacono VJ. Report of the sinus consensus conference of 1996. Int J Oral Maxillofac Implants 1998;13:11-32.
3. Pjetursson BE, Tan WC, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation. Part I: Lateral approach. J Clin Periodontol 2008;35:216-240.
4. Aghaloo TL, Moy PK. Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? Int J Oral Maxillofac Implants 2007;22:49-70.
5. Jensen SS, Terheyden H. Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: Clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. Int J Oral Maxillofac Implants 2009;24:218-236.
6. Chiapasco M, Casentini P, Zaniboni M. Bone Augmentation procedures in implant dentistry. Int J Oral

- Maxillofac Implants 2009;24:237–259.
7. Summers RB. A new concept in maxillary implant surgery: The osteotome technique. *Compendium Contin Educ Dent* 1994;15:152–162.
 8. Summers RB. The osteotome technique: Part 3—Less invasive methods of elevating the sinus floor. *Compendium Contin Educ Dent* 1994;15:698–708.
 9. Summers RB. The osteotome technique: Part 4—Future site development. *Compendium Contin Educ Dent* 1995;16:1090–1099.
 10. Lai HC, Zhuang LF, Lv XF, Zhang ZY, Zhang YX, Zhang ZY. Osteotome sinus floor elevation with or without grafting: A preliminary clinical trial. *Clin Oral Impl Res* 2010;21:520–526.
 11. Tetsch J, Tetsch P, Lysek DA. 9; Long-term results after lateral and osteotome technique sinus floor elevation: A retrospective analysis of 2190 implants over a time period of 15 years. *Clin Oral Impl Res* 2010;21:497–503.
 12. Pjetursson BE, Rast C, Brägger U, Schmidlin K, Zwahlen M, Lang NP. Maxillary sinus floor elevation using the (transalveolar) osteotome technique with or without grafting material. Part I: Implant survival and patients' perception. *Clin Oral Impl Res* 2009;20:667–676.
 13. Ferrigno N, Laureti M, Fanali S. Dental implants placement in conjunction with osteotome sinus floor elevation: A 12-year life-table analysis from a prospective study on 588 ITI implants. *Clin Oral Impl Res* 2006;17:194–205.
 14. Tan WC, Lang NP, Zwahlen M, Pjetursson BE. A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation. Part II: Transalveolar technique. *J Clin Periodontol* 2008;35:241–254.
 15. Nedir R, Nurdin N, Szmukler-Moncler S, Bischof M. Placement of tapered implants using an osteotome sinus floor elevation technique without bone grafting: 1-year results. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009;24:727–733.
 16. Sohn DS, Lee JS, An KM, Choi BY. Piezoelectric internal sinus elevation (PISE) technique: A new method for internal sinus elevation. *Implant Dentistry* 2009;18:458–463.
 17. Fu PY. Piezoelectric-assisted osteotome-mediated sinus floor elevation: An innovative approach. *Implant Dentistry* 2010;19:299–306.
 18. Pommer B, Watzek G. Gel-pressure technique for flapless transcrestal maxillary sinus floor elevation: A preliminary cadaveric study of a new surgical technique. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:817–822.
 19. Stavropoulos A, Karring T, Kostopoulos L. Fully vs. partially rough implants in maxillary sinus floor augmentation: A randomized-controlled clinical trial. *Clin Oral Impl Res* 2007;18:95–102.
 20. Kang T. Sinus elevation using a staged osteotome technique for site development prior to implant placement in sites with less than 5 mm of native bone: A case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:73–81.

21. Simon BI, Greenfield JL. Alternative to the gold standard for sinus augmentation: Osteotome sinus elevation. *Quintessence Int* 2011;42:863–871.
22. Buser D, Weber HP, Lang NP. Tissue integration of non-submerged implants. One-year results of a prospective study with 100 ITI hollowscreen and hollow-cylinder implants. *Clin Oral Impl Res* 1990;1:33–40.
23. Kaplan EL, Meier P. Non-parametric estimation from incomplete observation. *J Am Stat Assoc* 1958;53:457–481.
24. Nkenke E, Schlegel A, Schultze-Mosgau S, Neukam FW, Wiltfang J. The endoscopically controlled osteotome sinus floor elevation: A preliminary prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:557–566.
25. Berengo M, Sivolella S, Majzoub Z, Cordioli G. Endoscopic evaluation of the bone-added osteotome sinus floor elevation procedure. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004;33:189–194.
26. Pommer B, Unger E, Sütö D, Hack N, Watzek G. Mechanical properties of the Schneiderian membrane in vitro. *Clin. Oral Impl. Res* 2009;20:633-637.
27. SEDENTEXCT. Radiation protection: Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence based guidelines 2011 (v2.0 final).
URL: http://www.sedentexct.eu/files/guidelines_final.pdf
28. Suomalainen A, Kiljunen T, Käser Y, Peltola J, Kortetniemi M. Dosimetry and image quality of four dental cone beam computed tomography scanners compared with multislice computed tomography scanners. *Dentomaxillofac Radiol* 2009;38:367–378.
29. Neves FS, Vasconcelos TV, Campos PSF, Haiter-Neto F, Freiter DQ. Influence of scan mode (180°/360°) of the cone beam computed tomography for preoperative dental implant measurements. *Clin Oral Impl Res* 2014;25:e155–e158.