

CT診断の普及を目指して

十河がゆく

十河 基文 (そごう もとふみ)

大阪大学歯学部招聘教員（歯科補綴学第二教室）
株式会社アイキャット 代表取締役 CTO・CCO
研究開発や臨床の傍らCT診断普及を目指して東奔西走中
(題字: 小宮山潤太郎先生)

あけましておめでとうございます

昨年の12月号に引き続き、本年最初の「十河がゆく」も十河からお話をしたいと思います。昨年9月(Vol.30)号で、梅田和徳先生に臨床面から「ガイドサージェリー」についてお話をいただきました。今月は、そのガイドの誤差原因など基礎的なお話をします。

呼び方は「ステント」?

CT撮影時に装着する装置や、手術時に装着する装置を俗に「ステント」と呼びます。これらの目的の異なる2つの装置を間違えないように、十河はCT撮影時に埋入位置の指標となる“雑形”的な装置である前者を「CT(撮影用)テンプレート」といい、また手術時に用いる後者はドリルを“導く(ガイドする)”ために「外科用(または手術用)ガイド、サーチカルガイド」と呼んでいます。



図1 Dr. Charles Stent (1807-1885)

ステントとはイギリスの歯科医師Stent先生の名前が由来で(図1)、元々は印象用コンパウンドを示していました^{※)}。それが今では回りまわって心臓の冠動脈や尿管など管腔形状を確保する器具を「ステント」と呼ぶようになりました。歯科におけるテンプレートやガイドのことを何故ステントと呼ぶようになったのか、十河はまだ調べていません(涙)。

※) <http://circinterventions.ahajournals.org/content/4/2/206.full.pdf+html>

寸法精度を左右する2種類の誤差

第4回ITIコンセンサス会議(2008年)では、臨床研究レビューからサーチカルガイドによる埋入起始点の平均誤差は1.12mm(最大4.5mm)、尖端における平均誤差は1.2mm(最大7.1mm)など大きな値を示しています。何故、そのような大きな誤差が生まれてくるのでしょうか?

ガイドサージェリーの寸法精度は、CT撮影からガイド完成までの「作製過程の誤差」と、口腔内へのガイド固定からインプラント体埋入までの臨床における「使用過程の誤差」という2種類の影響を受けます。



誌上セミナー

ガイドサージェリーの基礎知識



今年も「十河がゆく」をまた「アイキャット」を、さらには「RevolutionX」や「LANDmarker」もよろしくお願ひ申し上げます。

2014 謹賀新年

「ガイド作製過程」では、適正な撮影条件・再構成条件でCT撮影されCTデータを元にCAD/CAMでガイドが作られますが、大部分がコンピュータ上の話のために誤差はわずかしか生じません。

「CTの限界」も原因の1つ

「作製過程」のわずかな誤差の原因に、CT由来の誤差が考えられます。

■金属アーティファクト

CTではクラウンから発生する金属アーティファクトで骨データが拾えなかったり(図2黄色○)、またCTデータと模型データを合成する場合には歯の形状が潰れてフィットが困難になったりするため、ガイドの骨面への適合が悪くなることがあります。



図2 金属アーティファクトで骨データが壊れている

■画像ノイズ

医科用CTに比べて、歯科用CTの検出器は濃淡を表現する「ダイナミックレンジ」が小さくすぐに飽和するために、(低被曝はメリットですが)強いX線が出せません。また、歯科用CTの撮影範囲は小さいために「はみ出し補正」が難しいこともあります。これらのことから歯科用CTの画像ではノイズが乗りやすくなります(図3b)。

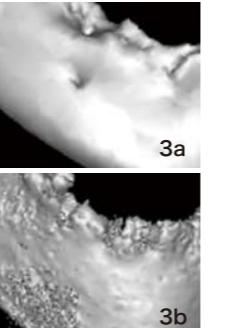


図3 歯科用CTはノイズが多い(a,bは別症例)。

■CT値

また、臨床的骨質診断に有効な「CT値」が歯科用CTの多くで出力できないことも、ガイド作製を困難にする原因の1つです。CT値のある閾値でサーフェスレンダリングを行いSTLデータに変換した後ガイド作製をしますが、CT値が出ていないと試行錯誤が多くなります。一方、医科用CTはCT値が出ていますが歯科用CTよりも画素が粗いため、診断においては歯科用CTには勝てません。

以上のように、術者(歯科医師)にはコントロールできないCT自体の限界がガイドサージェリーの誤差の原因の一部にあります。

ヒューマンエラーを認識して手術に臨む

しかしながら何といつても誤差を招いているのはガイド使用過程における「ヒューマンエラー」だと思います。そして、誤差を最小限にとどめるには術者による「ヒューマンエラーの認識が重要だ。」と思い、まとめてみました。

■ガイドの固定時

○骨上ガイド

- ・粘膜の剥離不足によるガイド辺縁における粘膜の巻き込み。
- フランプレスガイド

 - ・粘膜の被圧変位によるガイドの沈み込み。

- 両ガイドに共通

 - ・偏った押込みでガイドが傾き、知らずに手術してしまうこと。
 - ・傾いた状態でガイドが固定されても認識しづらいこと。

■ドリリング時

- ・傾斜埋入のドリリング時、無意識にドリルが立ってくること。
- ・上下運動すべきドリルが、手首を中心に回転させてしまうこと。
- ・対合歯にヘッドが当たり、ドリルが近心傾斜しやすいこと。
- ・ドリルが回転するために、チューブとの間に遊びがあること。
- ・ドリルを誘導するチューブが(金属アーティファクトなどにより)ドリル起始点から離れると、尖端でのブレ幅が大きくなること。

表1 ガイドサージェリーにおけるヒューマンエラーの項目(もちろん私見)。

もっと考慮すべきことはあるかもしれません、いずれにせよ目的にガイドを使うのではなく、少なくともこれらを理解した上でガイドサージェリーに臨まないと良い結果にはつながりません。

骨質を考慮すると「フルサポート」は難しい?

十河が研究者の端くれとしてガイドサージェリーを発想したのは1994年頃。当時はガイドサージェリーという言葉もありませんでした。しかし今ではシミュレーションメーカーだけでなく、インプラントメーカーもガイドサージェリーに参画するようになりました。

そんな中、ガイドサージェリーの臨床をよくされている山羽徹先生(十河がゆくVol.4)や立木靖種先生(十河がゆくVol.6)とお話をしていると、「骨質を考慮して埋入をしないとインプラント体の埋入位置がずれてしまう。」「インプラント体埋入時に皮質骨などの硬い骨があればインプラント体は硬い骨に蹴られ(図4a)、一方、抜歯窩のように軟らかい骨があればそちらに流されてしまう。」とお聞きしました(図4b)。大納得です。

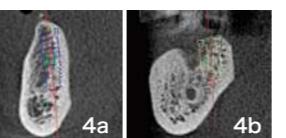


図4 インプラント体は硬い骨に蹴られ(a)、軟らかい骨に流される(b)。
(画像は山羽徹先生のご厚意による)

すなわち、「事前にCTによって骨質状態を把握し、インプラント体埋入時にはガイドを外して『骨に蹴られるな。』『こっちに流れるな。』といった気持ちでハンドピースをねじって埋入する方が術者の意図した位置にインプラント体が埋入できるはずだ!」と考えられます。また論文で「ガイドサージェリーの寸法誤差が大きい。」といわれるのも、シミュレーションの位置と最終埋入位置との比較が行われますが、「顎骨は均質ではない。」ということを考慮していない埋入方法が研究デザインに採用さ

れているからではないかと思っています。

以上のことから、十河はiCATのLandmark Guideをインプラント体の埋入までを行うフルサポートのガイドにはしませんでした。埋入のスタートイングポイントと最終に近い形成窓を作るまでの間にガイドを利用し、インプラント体埋入時にはガイドを口腔内から外して蹴られないようにまた流されないように力を入れてインプラント体を顎骨に埋入できるような「Φ3mmまでのドリル手術支援システム」としました。

埋入方向をパノラマでは確認できない

ガイドサージェリーの後、埋入ポジションを確認するためにCTでは被曝が大きいことや、また自院にCTがないと撮影に出向いてもらうのも大変なのでパノラマ撮影をしている先生も多いと思います。しかし十河は「埋入ができるかどうか?」といった定性的な判断にとどめておき、「埋入位置を定量的に診断すべきではない。」と思っています。

簡単な実験をしました。両側の5番と7番にインプラントのレプリカを埋入し、一側は平行埋入、もう一側は7番を傾斜埋入した模型を準備しました(図5)。この模型をパノラマに設置し、咬合平面を床と平行にした場合と、15度咬合平面を傾けた場合でパノラマ撮影を行いました。さらに同模型を上顎に模倣して同じく咬合平面の角度を変えてパノラマ撮影を行いました。



図5 実験模型。レプリカはカムログ。(アルタメント様のご厚意による)

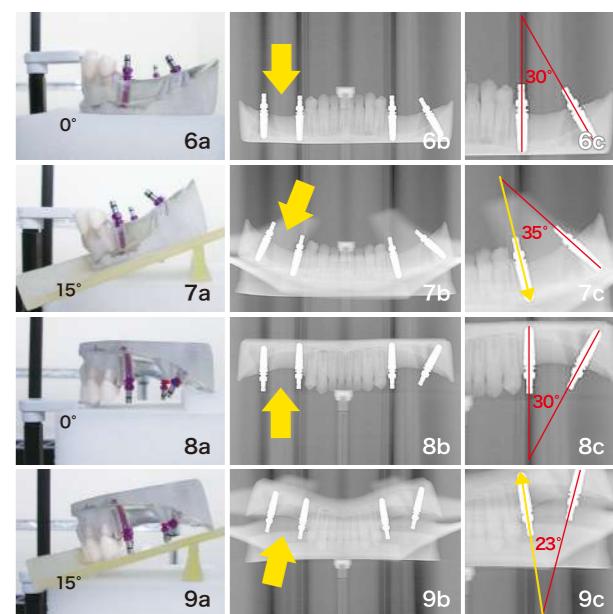


図6~9 咬合平面の傾きを変えた場合の埋入ポジションの違い。

結果、模型右側の平行埋入を見ると、咬合平面が傾くことで下顎ではインプラント体尖端が遠心に(図7b矢印)、上顎では近心に傾きます(図9b矢印)。さらに、時間の合間に行った実験なので計測精度の信頼性は低いですが、咬合平面が傾くと埋入方向が変わるだけでなく、模型左側の5番と7番の30°の実角度は下顎では広がり(図7c)、上顎では狭くなりました(図9c)。パノラマは通常、脊椎や下顎角の障害陰影を避けるため眼耳平面を水平に(咬合平面を傾けて)撮影するため(図7a, 9a)、インプラントの方向や角度は再現できないことがお分かりいただけのではありますか。