顔面骨折に対する 3 次元 CT の有用性について

斎藤 晋一・朴沢 二郎・新川 秀一
福岡 敬二・西村 哲也・西山 勉
神 均・谷田 次郎

Diagnostic Value of Three Dimensional Computed Tomography for Maxillofacial Fracture

Shin-ichi Saito, Jiro Hozawa, Hideichi Shinkawa,
Keiji Fukuoka, Tetsuya Nishimura, Tsutomu Nishiyama,
Hitoshi Jin and Jiro Tanita
(Hirosaki University)

Three cases of maxillofacial trauma could be more precisely diagnosed by three dimensional computed tomography, which showed stereotaxically the extent and course of the fracture-line. The stereotaxic investigation of pre- and post-operative X-ray images, not only improves the effectiveness of surgery, but also makes possible a more exact evaluation of what reconstructive procedure can be performed.

Key words: maxillofacial fracture, three dimensional reconstruction, computed tomography

緒 言

顔面の外傷、特に骨折に対する画像診断法として、従来、単純X線写真、断層写真および computed tomography (以下 CT と略す) が用いられ、主に平面像よりその状態を診断してきた。しかし1977年頃よりコンピューターによる3次元立体表示の研究が本格的になり(萬ら)¹⁾、さらに1983年より Marsh ら^{2)4)~7)} と Vannier ら³⁾ や Knap ら⁸⁾ は高分解能 CT 像を3次的に再構築する診断法を開発した。Hemmy ら⁹⁾、Altman ら¹⁰⁾、Cutting ら¹¹⁾¹²⁾、Tessier ら¹³⁾ はこの3次元 CT を使用して複雑な頭蓋骨や顔面骨の診断を行っている。我が国に於いても形成

外科、脳神経外科および放射線科領域において、この3次元 CT を用いて診断を行った顔面の奇形、外傷、変形、さらに腫瘍による骨破壊等の症例報告がなされている(大貫ら¹⁴⁾、新橋ら¹⁵⁾、西村ら¹⁶⁾、西本ら¹⁷⁾、富田ら¹⁸⁾)。しかし耳鼻咽喉科領域においては1986年の DeMarino ら¹⁹⁾ や1988年の Kassel²⁰⁾、1990年の武井ら²¹⁾ の報告を除けば、3次元 CT に関する報告は少ない。今回、筆者らはコンピューターグラフィックスの進歩とソフトウェアの改良により、以前よりも空間分解能が優れ、且つ画像の構成時間が著しく短縮された3次元 CT を使用し、臨床診断上有用であった症例を経験したので文献的考察

を加え報告する。

3次元 CT 画像の作製法

連続高速スキャンが可能で且つ高度の解像力を持つX線 CT(東芝 TCT-900S)を使用し、これに3次元 CT 専用プログラム(CTD-01B)を組み合わせ、光ディスクに記録したCT画像から3次元再構築画像を作成した。撮影条件は骨組織に焦点を合わせ、成人ではX線管電圧:120 KV, X線管電流:150 mA/sを使用し、2秒で投影することを基準としている。各スライス間隔は2 mmで、撮影マトリックスの数が512×512の立方体画素(ボクセル)をスライスごとに積み上げていくボクセル法を採用した。スライス数は30~50枚で、1回の検査のスキャン所用時間が約30分間で終了し、軸位断CTから3次元CT画像を構成するまでの処理時間が約1分間であった。

症 例

平成2年1月より弘前大学耳鼻咽喉科に於いて3次元CTを施行した7症例のうち、交通事故による左上顎骨骨折例、グラインダーによる左上顎骨及び頬骨骨折例、および巨大なグラインダーによる両側上顎洞異物の例、計3症例について報告する。

症例1. 26歳, 男性, 左上顎骨骨折。

平成元年12月31日交通事故により、左眼の上転障害が出現し、眼窩吹きぬけ骨折の疑いにて平成2年1月17日当科に紹介され来院した。

1) 単純, 断層X線像および軸位断CT所見

初診時にWaters法によるX線撮影で左上顎骨眼窩面上顎骨頬骨突起部から眼窩下縁正中部分、眼窩下孔に及ぶ骨折線を認めた。又、左上顎洞内に淡いまん性の陰影を認めるも眼窩内容の上顎洞脱出像は認められなかった。上顎の断層X線写真では基準面より4.0 cmのところで、眼窩下縁正中部分の最大6 mmの骨欠損像と上顎骨内側の前頭突起部の最大3 mmの骨欠損像を認めた。頬骨弓レベルの軸位断CTでは左上顎骨前壁の骨折による離断を認め、離散した上顎骨が内方に軽度変位している像と、上

顎骨前頭突起部の僅かな不連続像が観察された。さらに上顎洞内に血腫と考えられる陰影が認められた。しかし、これらの所見から上顎骨骨折と周囲の3次元的な相互関係、骨折の広がり具合や陥没の程度を正確に判断することは必ずしも容易ではなかった。

2) 3次元CT所見

上顎骨を観察するのに障害となる下顎骨の大部分と眼球を除外した状態の正面(図1)および左斜め前より見た(図2)3次元CTである。矢印のごとく、眼窩下縁正中部分から上顎骨前壁を眼窩下孔まで連続する骨折線と上顎骨前頭突起から鼻骨側面を下降する骨折線がたかかも頭

図1 3次元CTの正面像

- ←1: 眼窩下縁正中部分から眼窩下孔までの上顎骨前壁の骨折線。
- ←2: 左鼻骨側面の骨折線。

図2 3次元CTの左斜め前より見た正面像

- ←1: 眼窩下縁から上顎骨前壁をやや斜めに走行する骨折線。眼窩下縁の骨折による変位の程度は軽度である。

蓋骨を再生した模型でも見ているかのように立体的に観察できた。そして2つの骨折線の間の上顎骨が軽度陥没していることも識別できる。なお、右側の上顎骨前壁が一部非常に薄いため欠損像のように見える箇所があるが、外傷等とは関係なく今回の3次元CTの条件設定によるためのものである。軸位断CTの所見と3次元

CTの所見より、この症例は眼窩吹きぬけ骨折ではなく、骨の偏位による眼運動障害であることが判明し、その機序も明らかになった。

症例2. 43歳、男性、左上顎骨頬骨骨折。

平成2年2月10日作業中、研磨用グラインダーが左顔面を直撃し、一横指の開口障害を主訴として来院した。

図3 術前の3次元CT画像

A : 左斜め前方

←1 : 眼窩下孔から犬歯窩まで及ぶ上顎骨前壁の骨折線。

←2 : 頬骨上顎縫合部分を含むY字型の頬骨骨折線のうち、特に下の部分の変位が大きく、頬骨弓が後方に突出している。

◀3 : 前頭頬骨縫合部分の離断。

B : やや下方からの正面

上顎骨骨折(←1)や頬骨骨折(←2)の状態と、左頬骨弓が突出している状態が立体的に理解できる。

C : 内方より見た頭蓋底像

D : 外方より見た頭蓋底像

左頬骨弓の異常な突出が右の頬骨弓と比べ明らかである。

1) 術前単純, 断層X線像および軸位断CT所見

術前の Waters 法および基準面より5.0と6.0 cm 間でスライスした上顎断層写真では眼窩下壁から頬骨中央部までの骨折線があり, 最大5 mm の離開を認めた. また, 前頭頬骨縫合部も3 mm の離断があり, 右側に比べ, 頬骨弓の突出をみた. 軸位断CT で上顎骨前壁の骨折とそ

の外側部分の軽度内側移動を, さらに頬骨の3カ所の骨折線と明らかな頬骨弓の突出を認めた. しかし複雑な状態ゆえに症例1と同じように骨折の具体的イメージを描くことは容易でなかった.

2) 術前3次元CT所見と手術所見

3月7日上顎骨骨折部分は経上顎法にて前壁を開窓し, ワイヤ固定を行った. また, 左眉

図4 術後16日目の3次元CT画像

A: 左斜め前方

◀1: 手術による上顎骨骨欠損部分.

◀2: Y字型の頬骨骨折部分が整復され, 骨変位が改善されている.

◀3: 前頭頬骨縫合部分は変化なし.

B: やや下方からの正面

開窓術による上顎骨骨欠損部分(◀1)と頬骨骨折の整復による固定の状態(◀2)が分かりやすい.

C: 内方より見た頭蓋底像

D: 外方より見た頭蓋底像

左頬骨弓の突出が術前に比べやや軽減している.

毛外側の皮膚裂傷部分に外切開法を加え、上顎骨頬骨突起の裏面に陥没、転移していた頬骨骨折部分を整復し、ワイヤーによる固定を行った。上顎洞粘膜は損傷が少なかったので保存した。

左斜め前方(図3-A)およびやや下方から見た正面(図3-B)の3次元CT像では、眼窩下孔から上顎骨前壁の骨折、下半分が転位したY字型の頬骨骨折および前頭頬骨縫合部の偏位の状態が識別され、また、内方から見た頭蓋底(図3-C)と外方から見た頭蓋底(図3-D)からの3次元CTでは頬骨弓の突出の状態がよく観察された。手術により創部を展開したところ3次元CTどおりの骨折の状態が観察された。

3) 術後3次元CT所見

術後16日目に再び3次元CTにより整復状態を検討した。左斜め前方より見た(図4-A)3次元CT像にて頬骨中央の骨折に対するワイヤーによる固定部分が術前の3次元CTの陥凹および偏位の所見と比べ改善しているのが認められた。又、上顎骨前壁の眼窩下孔下部に今回の上顎洞開窓術による骨欠損部分が認められる。やや下方より見た像(図4-B)や内方(図4-C)および外方より見た頭蓋底(図4-D)の3次元CTで頬骨弓の突出の程度が術前に比べ軽減しているのも認められ、術後の状態を観血的な操作を加えること無く立体的に把握できた。症例は術後経過良好で、現在開口障害は消失している。

図5 術後27日目の3次元CT画像

巨大なグラインダー異物に因る左上顎骨欠損像(←)。

症例3. 52歳、男性、両側上顎洞異物。

平成2年2月18日グラインダーの砥石の約3分の1の破片が左顔面を直撃した。左顔面の陥凹を認め来院し、入院の上、手術的に異物摘出術を行なった。

1) 治癒経過

術前軸位断CT所見として左上顎洞前壁および内側壁を破壊して、左鼻腔、鼻中隔、右鼻腔、さらに右上顎洞に及ぶ巨大な高濃度の異物陰影が認められた。これを手術的にリュエル鉗子にて摘出し、上顎洞内にバルーンを留置した。摘出した異物は3辺の長さ、各々65mm×33mm×53mmの三角形の底辺を有し、高さ7mmであった。術後経過は良好で、開口障害や視力障害も無く、バルーンを抜去後に退院した。

2) 術後3次元CT(図5)

左眼窩下壁から眼窩下孔部までの左上顎洞前壁および上顎骨内側壁から左鼻腔に至る広範囲な骨欠損の状態が立体的に識別できた。しかし右上顎洞表面には骨欠損や骨折線は認められなかった。骨のみ再構成した今回の3次元CTでは上顎洞内の粘膜などの状態も判断できず、正確な情報はむしろ軸位断CTによって得ることができた。

考 察

近年、顔面外傷が増加しつつあるが、診断および治療において骨折線や骨折片の転位の迅速かつ正確な把握が非常に重要であることは言うまでもない(上村ら)²²⁾。これまでの診断は主にWaters法や軸位断CTなど平面的なX線写真を中心とした情報によるものであった。そのため、整復手術を施行した際、術前に想定された病変の立体像と術中所見との間に差異を生じることもあった。しかしここ10年間のコンピューター技術の発展は目覚ましく、3次元CTの出現によりその差異は解消されつつある。

3次元CTの利点としては、①顔面骨など複雑な骨の形態を立体的に、より正確に評価できることである。例えば症例1や2のように上顎骨や頬骨の骨折の状態が一目瞭然で、病変の空

間的配置や骨の相互関係が誰にでもよく理解できる。②骨折線など2点間の長さが計測でき、さらに2つの直線のなす角度などの計測も可能である。③簡単な操作で、立体画像をあらゆる角度から観察でき、頭蓋底内側面など従来のX線透過像では観察できなかった内部構造部分も診断できる。さらに西本ら¹⁷⁾が報告しているように、例えば外方より頭蓋底を観察する時に障害となる下顎骨像だけを取り除いた状態での頭蓋底の画像抽出も可能である。④互換性のあるソフトウェアであれば、既存の高性能CT装置を使用し、3次元CT画像診断を通常のCT診断と並行して行うことができる。⑤以前の3次元CTは画像構成に非常に時間がかかることが問題であった。しかし今回使用したシステムでは、軸位断CT画像から3次元CT画像の処理時間が約1分で可能である。従って1回の3次元CT検査は約20～40分で終了する。以前MarshとVannierやDeMarinoらが3次元CT検査に数時間から十数時間かかったことを考えると著しい時間の短縮と言える。さらにそのことは被爆量の減少にもつながっている。⑥術後の骨の整復状態を立体的に観察でき、また、骨新生や骨癒合の変化は単純写真より早期にしかも正確に理解できるため術後の評価にも非常に優れている(西村ら)¹⁶⁾。

次に3次元CTの欠点としては、①骨組織に焦点を合わせた場合、神経や筋肉、軟部組織と骨との関係が不明である。そのため、例えば眼窩吹きぬけ骨折のように上顎洞軟部組織などとの関連が検討されるべき症例に対しては軸位断CTとの併用が必要となる。しかし最近、富田ら¹⁸⁾が3次元CTとマルチスライス撮影のCT画像の合成表示により骨構造全体像および骨構造と軟部組織との関係を共に把握できた前頭洞腫瘍症例を報告している。②空間分解能として、TCT-900Sは3次元使用装置の中でも優れた部類に属するが、それでも小さな骨折線は分かり難く、縫合線との鑑別が難しい場合がある。また、骨破壊像でもおおよそその立体像は把

握できるが、異物や腫瘍が原因のものの中には正確な範囲の判定が難しく、2次元の高分解能CTの方が有用である場合もある。しかしこれも最近、武井ら²¹⁾によって特に腫瘍による骨破壊像が3次元CTによって鮮明に識別できたと報告している。③3次元CTでは下顎より頭頂部まで必要な部分を2mm間隔で走査するため、通常のCT検査と比べてスライス数が多くなり、被爆量が増加する。そのため成人で120KV, 150 mA/s, 2 sec, また、小児では年齢などで多少異なるが大体、120KV, 150 mA/s, 1 sec, として被爆量を出来るだけ低量に抑えるよう心掛けている。しかしMRI検査のように被爆が全く無いわけではない。このような欠点を考慮にいて3次元CT検査の適応症例を決定していく必要がある。

3次元CT検査が臨床に応用されはじめてまだ日は浅く、そのため臨床的にもその活用法に完全な意見の一致が見られていないが、富田ら¹⁸⁾によれば、顔面骨の表面のみでなく、例えば下顎骨のみ、或いは目的とする断面の内部構造の立体像のみをラベリング処理にて抽出することも可能であり、また、骨切削機能によって術前のシュミレーションを行なう試みなども実現できるようになっている。さらに今後の発展により顔面骨の体積、頭蓋内容量の計測や検査時間の短縮が可能になることが期待される。現段階においても3次元CTは複雑な顔面骨の状態を客観的に評価するのに非常に有用な検査方法であり、従来の検査と併用しお互いの利点を生かしながら外傷、特に骨折の症例の診断に積極的に応用し、検討していく価値があると考える。

まとめ

平成2年1月から弘前大学附属病院において3次元CTを用いて診断を行った顔面骨外傷の3症例を呈示し、3次元CTの利点、欠点および将来性について文献的考察を加え検討した。

外傷の中でも骨折に対しては従来の画像診断法と比較して、その進展度や骨片の転位、術後

の整復の状態が立体的にかつ客観的に把握できるので、3次元CTは診断および治療に有用な手段であると考えられる。

参考文献

- 1) 萬 淳一, 横井茂樹, 鶴岡信治, 他 : 頭部CT像の三次元表示の一方法. 医用電子と生体工学 **21** : 439~444, 1983.
- 2) Marsh JL and Vannier MW : The "Third" dimension in craniofacial surgery. Plast Reconstr Surg **71** : 759~767, 1983.
- 3) Vannier MW, Marsh JL and Warren JO : Three dimensional CT reconstruction images for craniofacial surgical planning and evaluation. Radiology **150** : 179~184, 1984.
- 4) Marsh JL, Vannier MW and Stevens WG : Surface reconstructions from computerized tomographic scans for evaluation of malignant skull destruction. Am J Surg **148** : 530~533, 1984.
- 5) Marsh JL, Vannier MW, Bresina S, et al : Application of computer graphics in craniofacial surgery. Clin Plast Surg **13** : 441~448, 1986.
- 6) Marsh JL, Vannier MW, Gade M, et al : In vivo delineation of facial fractures ; the application of advanced medical imaging technology. Ann Plast Surg **17** : 364~376, 1986.
- 7) Marsh JL, Vannier MW, Stevens WG, et al : Computerized imaging for soft tissue and osseous reconstruction in the head and neck. Clin Plast Surg **12** : 279~291, 1985.
- 8) Knap RH, Vannier MW and Marsh JL : Generation of three dimensional images from CT scans. Radiol Technol **56** : 391~398, 1985.
- 9) Hemmy DC and Tessier PL : CT of dry skulls with craniofacial deformities ; accuracy of three dimensional reconstruction. Radiology **157** : 113~116, 1985.
- 10) Altman NR, Altman DH, Wolfe SA, et al : Three-dimensional CT reformation in children. AJNR **7** : 287~293, 1986.
- 11) Cutting C, Bookstein FL, Grayson B, et al : Three-dimensional computer-assisted design of craniofacial surgical procedures ; optimization and interaction with cephalometrics and CT-based models. Plast Reconstr Surg **77** : 877~885, 1986.
- 12) Cutting C, Grayson B, Bookstein FL, et al : Computer-aided planning and evaluation of facial and orthognathic surgery. Clin Plast Surg **13** : 449~462, 1986.
- 13) Tessier P and Hemmy D : Three dimensional imaging in medicine ; a critique by surgeons. Scand J Plast Reconstr Surg **200** : 3~11, 1986.
- 14) 大貫一信, 市来 潔 : CT・3次元イメージの有用性その1(顔面外傷の一例). 日本放射線技術学会雑誌 **44** : 150, 1988.
- 15) 新橋 武, 友成 博, 石井昌博, 他 : 顎顔面変形に対する3次元CTの応用(第一報). 形成外科 **30** : 580~590, 1987.
- 16) 西村二郎, 佐藤 薫, 清水靖夫, 他 : Three dimensional surface reconstruction CT (3D-CT) による craniofacial surgery の術後評価. 形成外科 **31** : 648~662, 1988.
- 17) 西本 博, 築山 節, 西村二郎, 他 : Cranio-synostosis における Three Dimensional Surface Reconstruction CT (3D-CT) の検討. CT研究 **9** : 543~552, 1987.
- 18) 富田和美, 片田和広 : 頭部領域における三次元表面再構成法 (3DCT) の臨床応用. メディカルレビュー **34** : 16~23, 1989.
- 19) DeMarino DP, Steiner E, Poster RB, et al : Three-dimensional computed tomography in maxillofacial trauma. Arch Otolaryngol Head Neck Surg **112** : 146~150, 1986.
- 20) Kassel EE : Traumatic injuries of the paranasal sinuses. Otolaryngol Clin North Am **21** : 455~493, 1988.
- 21) 武井泰彦, 行木英生 : 前中頭蓋底病変に対する3次元CTの臨床的応用. 日耳鼻 **93** : 1328~1334, 1990.
- 22) 上村敏夫, 朴沢二郎, 斎藤久樹, 他 : 弘前大学耳鼻咽喉科における過去8年間の上顎骨骨折26例の検討. 耳鼻臨床 **80** : 413~419, 1987.

(原稿受付 : 平成2年12月19日
原稿採択 : 平成3年2月8日
別刷請求先 : 斎藤晋一
〒036 弘前市在府町5
弘前大学医学部耳鼻咽喉科学教室)