

汎用X線透視診断装置 EXAVISTA の トモシンセシス撮影機能 — 整形外科領域における有用性 —

Tomosynthesis Imaging Application of the EXAVISTA General-purpose Radiography and Fluoroscopy Table System — Usefulness in the Orthopedic Field —

大武修一郎 Shuichiro Otake

東京北医療センター 整形外科



大武修一郎

ABSTRACT

超高齢化社会を迎え、整形外科疾患の治療においては人工関節置換術や脊椎固定術が増加傾向にある。

また骨粗鬆症から起きる脆弱骨折など、より高精度で質の高い診断と治療が求められている。

汎用X線透視診断装置 EXAVISTA^{*1} (株式会社日立製作所製) に搭載したトモシンセシスの画像処理機能である①厚み加算処理、②金属アーチファクト低減処理 (HiMAR^{*2}: High Quality Metal Artifact Reduction)、③逐次近似処理を用いて、整形外科領域のトモシンセシス撮影画像の評価を行った。

結果、金属アーチファクトが低減され金属周辺の骨癒合の状態や骨梁の観察が可能となった。

特に、撮影後の断層範囲を自由に規定できることによって、一般撮影画像では評価が困難なキャストを装着した症例において、障害物陰影の影響が全く無く、微小骨折を鮮明な画像で得ることが可能であった。

As we have become a super aged society in Japan, arthroplasty and spinal interbody fusion tend to increase in the treatment of the orthopedic diseases. In addition, diagnosis and treatment with higher accuracy and quality are strongly demanded especially for vulnerable fracture caused by osteoporosis. Having said that, we at Tokyo-Kita Medical Center evaluated tomosynthesis images in the orthopedic field by applying the 1) Thickness addition processing, 2) Metal artifact reduction technology (“HiMAR”^{*2}: High-quality Metal Artifact Reduction), and 3) Iterative Reconstruction of Hitachi’s RF system “EXAVISTA”^{*1}. As a result, there was a significant reduction in metallic artifacts, which enabled us to observe the condition of bone union and trabecula around the metal. In particular, EXAVISTA allows us to specify the range of the tomographic imaging; therefore, we have clearly recognized microfractures and there was absolutely no shadows received from an obstacle, which are difficult to evaluate in general radiographic images when wearing a cast.

Key Word: Tomosynthesis, Fracture, Metal Artifact, Iterative Reconstruction, Thickness

はじめに

当センターの病床数は343床で、主に急性期医療を行うことを第一に、周産期医療、小児医療、救急医療にも力を入れ

ている。当センター整形外科では年間約500名の入院を受け入れ、約440件の手術を行っている。主な手術の内訳としては、脊椎外科手術約80件、関節外科手術(関節鏡手術、関節全置換術、靭帯再建術)約80件、骨折手術約170件およびその他

手術となっている。整形外科領域のインプラント挿入手術として、人工関節置換術では関節形態と機能を再建し、椎体固定術においては脊椎の安定化を図ることができる。両者は日常生活の改善を獲得できるが、術後、合併症による疼痛などが多いこともあり、術前の骨組織診断と術後検査および術後の経過観察が重要である。

従来からのコンピュータ断層診断装置Computed Tomography (以下、CT) や磁気共鳴装置Magnetic Resonance Imaging (以下、MRI) では、術後に骨癒合を判定するにあたって体内挿入金属アーチファクトのため、その判定が困難なことがある。

今回、EXAVISTA^{*1}に搭載したトモシンセシスの画像処理機能である①厚み加算処理、②金属アーチファクト低減処理HiMAR^{*2}、③逐次近似処理を用いて、体内挿入金属アーチファクトの低減効果を検証した。

また、臨床治療において微小骨折が疑われる症例、さらには障害陰影となる水硬性プラスチックキャスト等を装着した症例で、EXAVISTAのトモシンセシス撮影画像と一般撮影画像の比較検討を行った。

トモシンセシスとは

トモシンセシスは、透視台映像系の角度を変えながら多方向から連続的に撮影し、得られた投影データにコーンビームCT再構成アルゴリズムを用いることで、 coronal断層画像を作成する機能である。再構成して得られる数十枚の断層画像から、厚み方向の重なりを避けて注目する断面のみを表示し診断できる(図1)¹⁾。

日立のトモシンセシス撮影機能は、撮影時間を含めて約30秒で断層画像が表示される。また、1×1画素サイズで投影画像を取得し再構成するため、解像度の高い画像を得ることができる。

画像処理

トモシンセシスでは、投影画像を再構成するだけでなく、以下の処理を施した特長のある画像を得ることができる。

図1 撮影風景とトモシンセシス検査の流れ

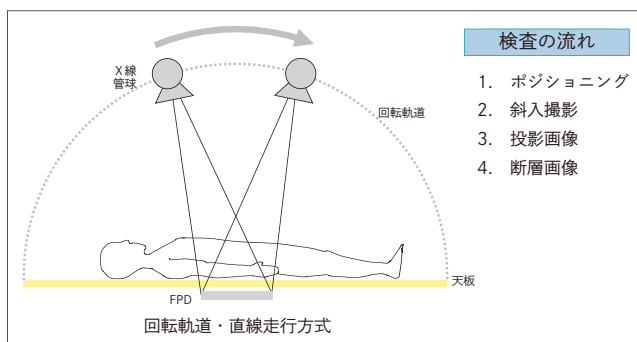
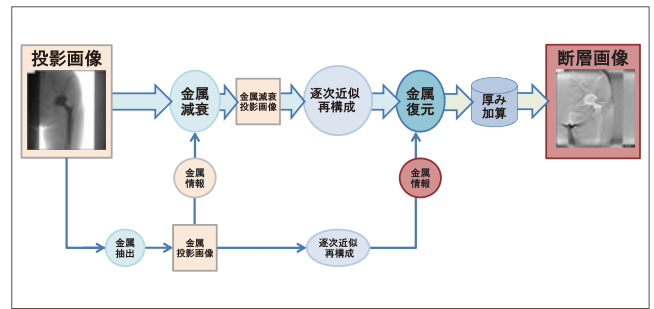


図2 画像処理フロー



1. 厚み加算処理

厚み加算処理は再構成後の断層画像に、前後の画像に重みをつけて加算処理することにより、X線高吸収体の輪郭のエッジ部分つまり骨折等の鮮鋭度を保ちつつノイズ低減した画像を表示することができる。この重みづけは部位に応じて適正化され、検査ごとに最適な画像が得られる。

2. 金属アーチファクト低減処理 HiMAR

金属などのX線高吸収体に対して再構成を行うと、線質硬化現象の影響を受け、その周りにアーチファクトが生じ、読影に影響があることが一般的に知られている¹⁾²⁾。日立のHiMAR処理は、投影データから金属部分を抽出し、金属投影データを作成する。一方、抽出した金属情報を利用して、金属部分を減衰させた金属減衰投影データを作成する。作成したそれぞれのデータを再構成し、最後に金属投影データから再構成した金属情報を利用することで、金属アーチファクトを精度よく低減した断層画像を得ることができる。HiMARによって金属アーチファクトが低減され、金属周辺の骨や骨梁の観察が可能になる(図2)。

3. 逐次近似再構成

逐次近似再構成は、統計的モデルに基づきノイズと構造物を分別するようにノイズ低減処理を実施しつつ、収集した投影画像と、逐次更新中の投影画像とのボケ成分を比較し逐次その誤差を修正することで、ノイズの少ない断層画像を作成する手法である。

例えば、骨線や骨梁および金属などの高吸収体を構造物として処理することにより、ボケのないノイズ低減された画像を得ることができる。本処理により、細かい骨折や骨梁の描出を落とすことなく、より鮮明な断面像が得られる。

また、HiMAR処理と合わせて適用することで、金属周辺の骨や骨梁をより鮮明な画像として得ることができる。

臨床的有用性

1. トモシンセシス 橈骨遠位端骨折画像

正面像の一般撮影では確認しにくかった骨折線が関節面に達していることを確認できた。側面像では、骨折部分が後ろに落ち込んでいるのが確認できる。トモシンセシスは、キャスト等の障害陰影の影響を受けずに画像の断面像を捉えることができるので、骨折線を容易に把握でき有用である(図3)。

図3 橈骨遠位端骨折 (左上:正面画像 右上:側面画像 左下:正面拡大画像 右下:側面拡大画像)

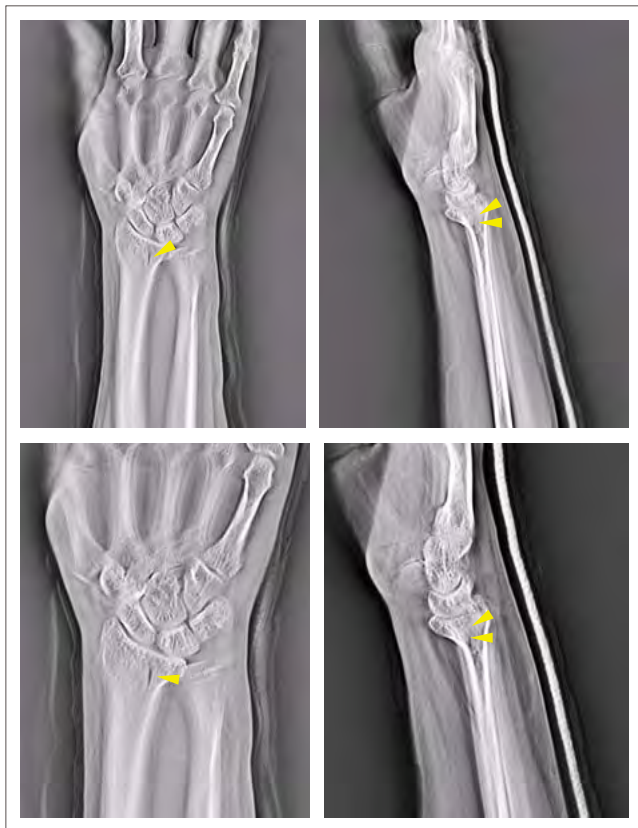
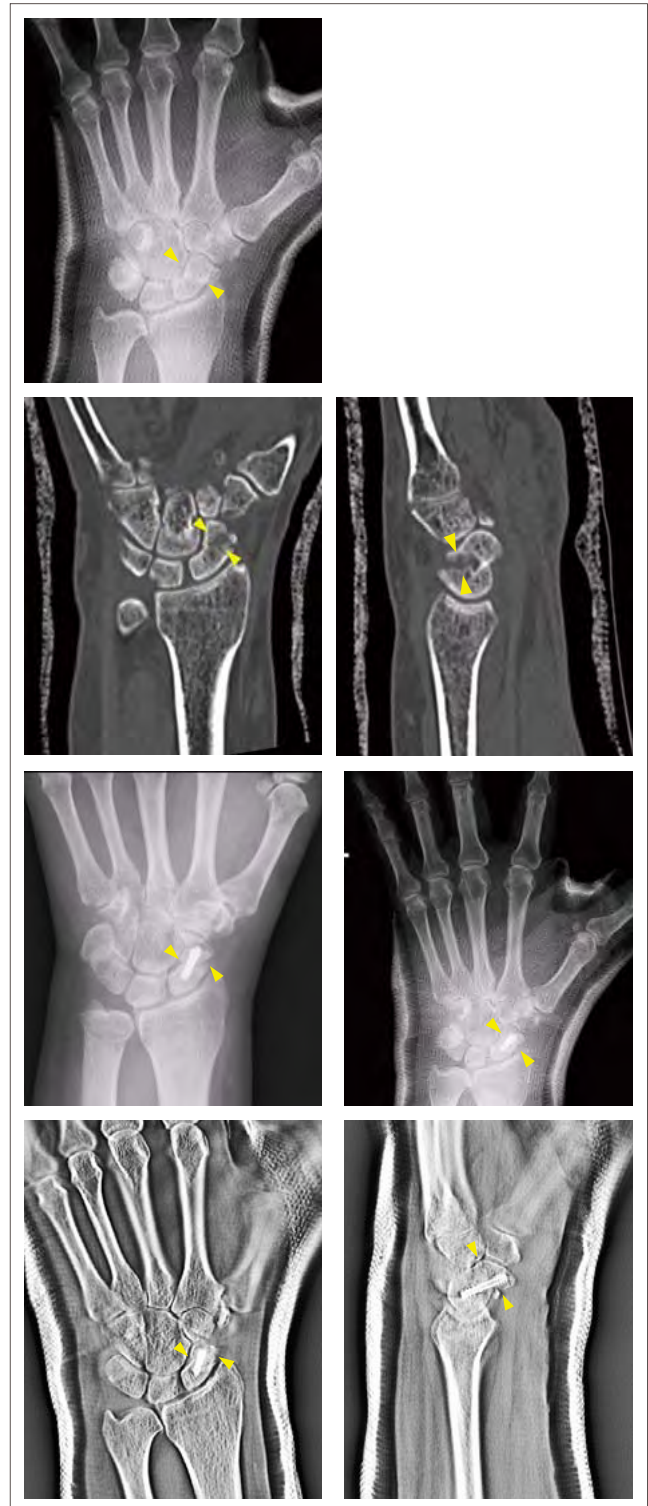


図4 手舟状骨骨折

- 1 段目: 術前一般撮影正面画像
- 2 段目: 術前CT 正面・側面画像
- 3 段目左: 手術直後の一般撮影正面画像
- 3 段目右: 術後水硬性プラスチックキャスト装着中の一般撮影正面画像
- 4 段目: 術後トモシンセシス 正面・側面画像



2. トモシンセシス 手舟状骨骨折画像

術前の水硬性プラスチックキャストを装着した一般撮影画像では、手舟状骨骨折の骨癒合の状態を確認することは難しい。術前CT像では骨折部の骨癒合が遷延していることが観察される。

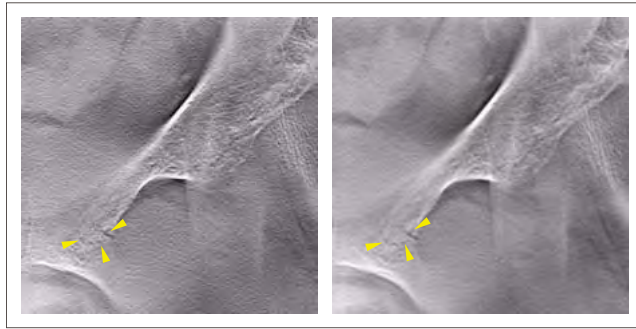
また、手術直後の一般撮影画像では骨折とネジが観察されるが、水硬性プラスチックキャスト装着下では骨折部の評価が困難である。トモシンセシス画像処理機能を用いたところ、一般撮影画像では評価が困難であった微小骨折を描出でき、さらには水硬性プラスチックキャスト装着中であってもそれら障害物陰影の影響が全く無い鮮明な画像を得ることが可能であった(図4)。

3. 厚み加算処理有り無しの比較

通常、一般撮影画像は2D画像しか得られないため、骨折の状態が分かりづらいケースがある。トモシンセシスでは、断層画像を変えながら、骨折線のある断面を確認できるが、骨折によってはある程度深さを持っているため、全体像が把握しにくい場合もある(図5左)。また、前述したように複数の断層画像から任意の断層画像の診断ができるようになったが、診断枚数の増加は診断時間にも影響する。

厚み加算処理された画像(図5右)では大腿骨の陰影がより鮮明に描出されている。骨折の全体像が把握しやすくなるばかりでなく少ない枚数で診断することができるため、診断時間の短縮に効果がある。

図5 恥骨骨折(左:厚み加算処理無し画像 右:厚み加算処理有り画像)

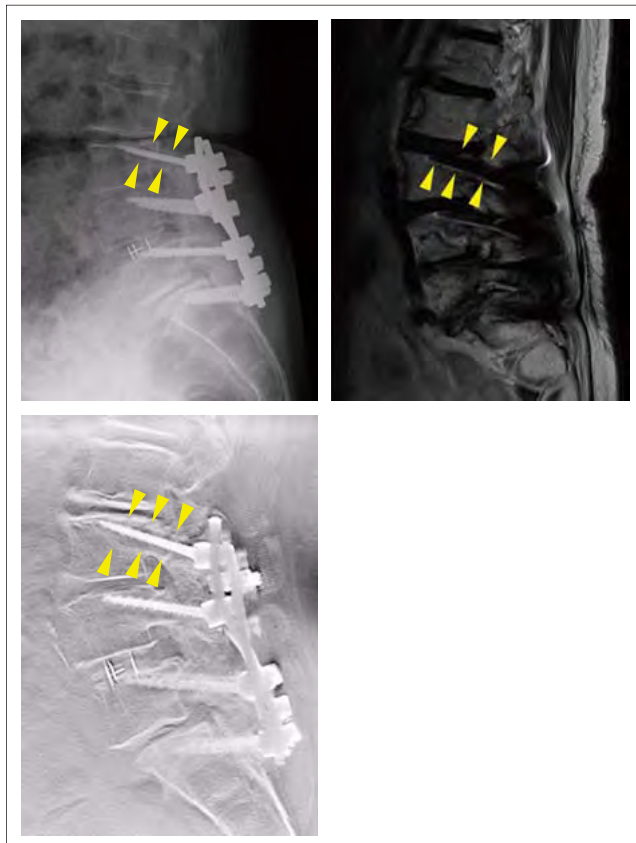


4. 金属アーチファクト低減処理画像

(1) 脊椎固定術

トモシンセシスの再構成時にHiMAR処理を付加すると、金属周辺のアーチファクトが低減されるため、脊椎固定術後はスクリーのエッジと脊椎とのかみ合わせの確認がしやすくなった。また、摩擦粉に対する異物反応で起こる骨融解および機械的ストレスが原因で発生するlooseningの検証についても有用性が確認できた。従来の一般撮影画像(図6左上)では金属周囲に描出する透亮像で、またMR画像(図6右上)では人工関節周囲から生じる微小摩耗粉の分布により発生する金属アーチファクトにより判断していた³⁾⁴⁾。一方、トモシンセシスでは再構成時にHiMAR処理を適用することにより、緩みの無い場合は金属周辺のアーチファクトが低減でき、

図6 脊椎固定術(左上:一般撮影画像 右上:MR画像 左下:HiMAR処理有り画像)



looseningが起きていると金属周辺のアーチファクトが低減されないため(図6左下)looseningの有無の判断が的確に行える。脊椎固定術後の経過観察にトモシンセシスとHiMAR処理はとても有用である。

(2) 人工股関節置換術

HiMAR処理前(図7左)とHiMAR処理後(図7右)の画像を比較した。断層像再構成時に金属部分から発生するアーチファクトが低減されることで、インプラントと骨の境界部分やその周辺の骨梁の観察ができるようになり、骨とステムとの固着状態の評価がしやすくなったため術後の経過観察にとっても有用である。

図7 人工股関節置換術(左:HiMAR処理無し画像 右:HiMAR処理有り画像)

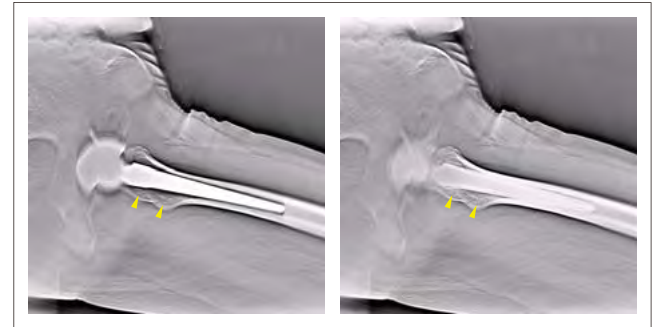
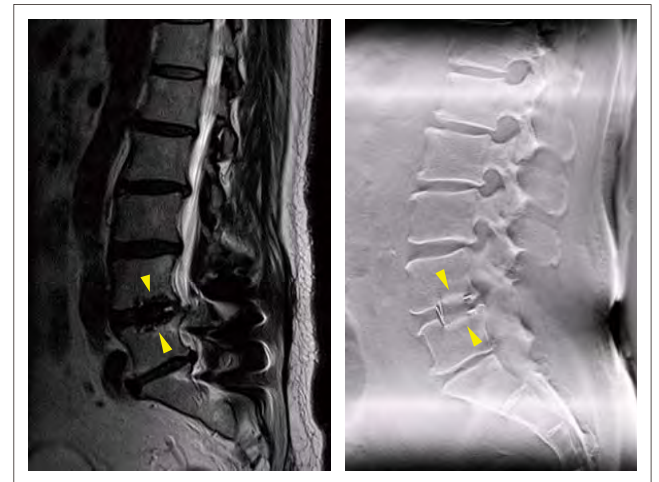


図8 脊椎固定術後(側面像)(左:MR画像 右:トモシンセシス)



5. 脊椎固定術スクリュー抜去後

術後、脊椎が固定されたことを確認し得た時点でスクリューの抜去を行う。

MR画像(図8左)では、Cage内にあるピンからのアーチファクトのため観察が困難であったが、トモシンセシス腰椎側面像(図8右)では、Cage内部に埋めた自家骨と上下椎との癒合状態を確認できる。

トモシンセシスでは骨癒合状態が明瞭に分かるため、術後の癒合評価に有用である。

6. 逐次近似処理の有無の比較

従来処理による画像はノイズが多く骨線や骨梁が診断しづらいが、逐次近似処理を用いることで、ノイズを低減させながら骨線や骨梁がよりはっきりと描出された画像が得られている。厚み加算処理と併用することで、従来よりもノイズが少なく診断しやすい画像が得られるようになった(図9)。また、逐次近似処理を追加してもほぼ同等の処理時間で再構成されるので、検査後に余分な時間を費やすことが無いこともメリットの1つである。

7. 画素サイズ1×1と2×2の画像比較

最後に、画素サイズ1×1で撮影した画像とその画像を

2×2の画素サイズに変換した画像で比較を行った。

画素サイズ1×1で再構成された画像のほうが、骨梁などの微細構造が鮮明に描出され観察しやすい画像が得られている。画素サイズ2×2の画像は全体的に骨梁がぼやけて見えており、骨梁などの微細構造のためには画素サイズ1×1が有用である(図10)。

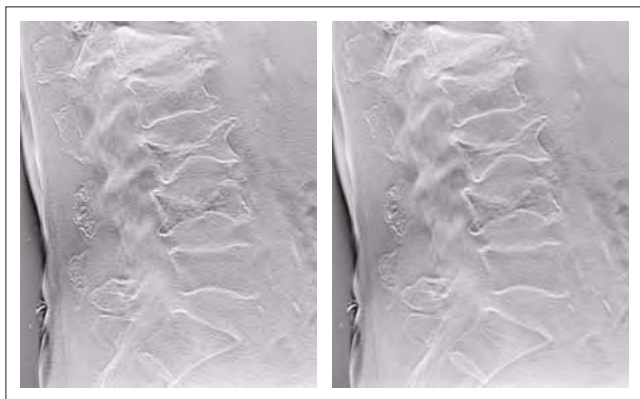
まとめ

EXAVISTAに搭載したトモシンセシスの画像処理機能である①厚み加算処理、②金属アーチファクト低減処理HiMAR③逐次近似処理を用いて整形外科領域のトモシンセシス撮影画像の評価を行ったところ、金属アーチファクトが低減され金属周辺の骨癒合の状態や骨梁の観察が可能となった。

撮影後、断層範囲を自由に規定できることによって、一般撮影画像では評価が困難であった微小骨折の描出や水硬性プラスチックキャスト等の障害陰影の影響が無い鮮明な画像を得ることが可能であった。

また、X線透視撮影検査数が減少する中で透視検査を施行していない時間帯の活用手段としてトモシンセシスのような機能は臨床的な有用性があるばかりでなく、稼働率向上が図れることから病院経営面においても高い価値があるといえる。

図9 腰椎側面(左:逐次近似処理無し画像 右:逐次近似処理有り画像)



販売名:汎用X線透視診断装置 EXAVISTA
医療機器認証番号:220ABBZX00236000

- ※1 EXAVISTA
- ※2 HiMARは株式会社 日立製作所の登録商標です。

参考文献

- 1) 杉本 英治,ほか:関節リウマチの画像診断:12-18,メディカル・サイエンス・インターナショナル,2017
- 2) 山崎 勝誠:CT画像におけるアーチファクト発生原因と低減方法, Multislice CT 2017 BOOK 映像情報メディカル 2017年増刊号:172-175, 産業開発機構株式会社,2017
- 3) 川原 康弘:関節リウマチの画像診断:128-132,メディカル・サイエンス・インターナショナル,2017
- 4) 茂呂 徹ほか:耐摩耗を考慮した関節摺動面, Bone Joint Nerve,5(4):671-676,2015

図10 膝関節正面(左:画素サイズ1×1画像 右:画素サイズ2×2画像)

