

スキルアップセミナー

乳房班

「デジタルブレストトモシンセシスの運用と課題」 デジタルブレストトモシンセシスの基礎と精度管理

東北大学病院 診療技術部 放射線部門 千葉 陽子(Chiba Yoko)

【はじめに】

デジタルブレストトモシンセシス(Digital Breast Tomosynthesis: DBT)が誕生してからおよそ10年がたとうとしている。近年、このトモシンセシス機能を搭載したマンモグラフィシステムが多く普及しているが、さらに、トモシンセシス機能の利用はマンモグラフィ診断のみならず、吸引式乳房組織生検においても活躍の場を広げている。また、トモシンセシス画像から作成される合成2D画像が診断に有用であるか検討されているところでもある。日本においても、トモシンセシス搭載装置を導入している施設が増えてきた。トモシンセシス搭載装置を購入したい、しかし、運用がわからない。メリットデメリットがわからない。導入はしたものの、精度管理の方法がわからない、などという声が多数聞かれる。そこで、今回この要望に応え、技師が必要となるDBTの知識、そして、精度管理について日本の現状、そして世界の動向を踏まえ報告していきたいと思う。

【技師に知って欲しいDBTの基礎】

トモシンセシスとは、Tomography(断層)とSynthesis(合成、統一)の2つの意味から作られた造語である。マンモグラフィ用のトモシンセシスシステムのことをデジタルブレストトモシンセシス(Digital Breast Tomosynthesis)(以下DBTと示す)という。圧迫した乳房を複数の角度より撮影し、得られた投影データを再構成することにより、任意の断層像を得ることができる。2D画像の場合はX線を照射すると、乳腺組織の重なりにより病変が隠れたり、正常組織が病変のように見えることがあった。しかし、トモシンセシスの場合は乳腺組織の重なりを減少、または排除することができ、目的の病変を見やすくすることができる。そのため、2D画像より重なった構造や高濃度乳房の視認性に優れ、診断精度の向上に期待ができる。

トモシンセシス画像は、X線管球が移動し、各角度からX線が照射され、投影画像が撮影される。その投影画像を再構成し、再構成画像が出来上がる。この始めに撮影された投影画像をprojection Image、投影画像を再構成した再構成画像のことをReconstructed Imageという。また、投影画像から再構成画像を作る再構成方法には、FBP(Filtered Back Projection)法や逐次近似法(IR法)が用いられている。

この投影画像だが、撮影数(投影数)によって、再構成するトモシンセシス画像に影響を与える。投影数が少なすぎると、サンプリング抜けが起り、再構成アーチファクトが発生しやすくなる。逆に投影数が多すぎると、1投影あたりの線量が少なくなったり、スキャン時間が長くなったり、電子ノイズ増えるという影響がある。

次に、X線管の振り角である。X線管の振り角とは、X線管球が動いた角度のことである。この振り角だが、振り角が狭いと、撮影時間が短く、平面内の分解能が非常に優れる。しかし、角度が浅く、深さ方向では分離できないため、深さ方向(Z軸)の分解能が悪いという欠点がある。逆に、振り角が広い場合、狭い場合とは反対に、深さ方向(Z軸)の分解能が良くなる。しかし、狭い振り角で優れていた平面での分解能が悪くなるため、微小石灰化が鮮鋭ではなくなったり、斜入射により組織が欠損するため、その部分のデータ量が減り、鮮鋭度が悪くなったりする。また、圧迫板の端部がビームの経路と干渉してしまう可能性がある。

次に、X線管球の移動の種類である。X線管球が連続的に動きながら撮影するものと、X線管球が止まりながら撮影するものがある。X線管球が連続的に動いて撮影を行う動きをContinuous tube motionという。高速でかつ振動が少ない利点がある一方、動きながらX線を照射しているため、管球の動く方向にぼけるという懸念がある。投影像撮影ごとにX線管球が止まる動きをStep&shootという。こちらは止まってX線が照射されるため、投影像がとてもしっかりという利点があるが、何回も止まりながら撮影するため、時間がかかり動いてしまったり、受診者に負担をかけてしまうという懸念がある。

DBTシステムにおける線量だが、2020年にJ-RIMEから発表された日本における診断参考レベルによると、施設認定をとっている多数の施設の臨床データから導きだした現在のDBTの平均乳腺線量の平均は1.5 mGyだそうだ。1回のトモシンセシスで2D画像の1.4 mGyとほぼ同等な被ばくがあることがわかる。実際撮影では、2D画像と3D画像と一緒に撮影するため、1回1方向の撮影で3 mGy近くかかることがわかる。

【DBTシステムの課題】

DBTシステムは2D画像に加えて3D画像を撮影するため、被ばく量が増加する。また、スライス枚数が多いため、読影時間が増加し、情報量＝データ容量も増加するため、サーバーへの負担がかかってしまうということが課題としてあげられる。技師としては、これらの知識を持ちながら、DBTシステムを扱うこと。また、断層面がとれるので、ポジショニングはおろそかに、圧迫はあまりしなくても良い、ということは全くない。技師は正しい知識を持ちながら、良好なポジショニングをすることはトモシンセシスを扱うにあたって非常に大切なことである。

【DBTの精度管理】

日本において、DBTの精度管理マニュアルは存在していない。世界では、ヨーロッパのEUREF (European Reference Organization: EU標準化機構)が2015年にQCプロトコルversion 1.0を発表した。その後、イギリスのNHS Breast Screening Programme(NHSBSP: 国民健康保険 乳癌検診プログラム)がEUREFのQCプロトコルを参考に、各メーカ、各装置における精度管理評価を発表した。そして、2020年2月、IEC(International Electrotechnical Commission)より、マンモグラフィを行う医療施設における、「受入試験」と「不変性試験」の概要が示された。適応範囲としては、トモシンセシス操作モードで使用した場合の乳房X線装置の性能に適用し、この性能には画質と線量を含む、とされている。IEC61223-3-6での品質管理項目を示す(Table 1)。

また、今までマンモグラフィ品質管理マニュアル等には、IEC 60223-3-2:2007に従って、圧迫板の高さをPMMA上面に接する高さにしてきた。しかし、IEC61223-3-6では、EUREFのプロトコル同様PMMAの厚さに等価な乳房の厚さに一致するように変更になった。こちらは、今後我が国におけるマニュアル等の改訂が必要になってくると思われる。

Table 1 質管理項目

試験項目	試験間隔
目視検査及び機能試験	少なくとも単年に1回
アライメント及び(X線) 絞りの確認	少なくとも単年に1回
AECシステム:短期再現性	少なくとも単年に1回
AECシステム:長期再現性	少なくとも週に1回
AECの性能	少なくとも単年に1回
受像器:応答性	受入時のみ
受像器:検出器の画素欠損	少なくとも単年に1回
受像器:補正されない検出器の画素欠損	少なくとも単年に1回
システム投影MTF	少なくとも単年に1回
再構成画像の画質:ファントム試験	毎日(臨床使用時)
再構成画像の画質:z軸方向の解像	少なくとも単年に1回
再構成されたトモシンセシスのボリューム内の胸壁側での欠損組織	少なくとも単年に1回
再構成されたトモシンセシスのボリュームの上面及び底面での欠損組織	少なくとも単年に1回
再構成トモシンセシス画像のアーチファクト:アーチファクトの評価	少なくとも単年に1回
再構成トモシンセシス画像のアーチファクト:幾何学的なひずみ	受入時のみ
乳房用トモシンセシスに関する線量測定	少なくとも単年に1回

【ユーザー側からの課題】

実際、IECにそって、管理項目をやってみたが、ユーザー側からの課題がある。投影画像の取得、再構成画像の切り出し可否の対応は製造業者によって異なっている。そのため、IEC 61223-3-6がリリースされたことを踏まえ、今後対応が可能になると予測されると思われる。品質管理ツールについては、海外の測定器メーカからは、

EUREFプロトコルに準拠した品質管理ツールが提供されている。そのツールを使用すれば問題なく管理が行えるが、高価で普及には課題が残り、ツール自体の精度も重要であると考えられる。画像解析については、各品質管理項目に関連した解析ソフトが多数提供されている。しかし、すべての項目を同一解析できるソフトは少なく、解析精度も含め、統一した解析ソフトが必要であると思われる。

最後に、国内で販売しているDBTシステムは、振り角、X線の発生方式、検出器(方式、濃度分解能、空間分解能)、再構成法、画像フォーマットなど各製造業者で異なるため、全ての装置を同じ基準で比較することが困難な項目があり、現状では統一した基準値をいうものを作成することは困難である。しかし、IECによって規格化されたことにより、各製造業者による対応が徐々に可能になってくると予想される。また、品質管理マニュアルを作成する必要があると思うが、やはりシステムごとの作成が望ましいと考える。そのため、今後、品質管理を普及させるためには、我が国におけるDBT品質管理マニュアルの作成および用語の規定は必須であると考えている。

【まとめ】

技師は正しい知識を持ちながら、良好なポジショニングをすることはトモシンセシスを扱うにあたって非常に大切なことである。また、精度管理においては、現段階では施設ごとで検討し、施設で基準値を作ることが望ましいと考えられるが、普及のためにも、我が国におけるDBT品質管理マニュアルの作成は急務であると思われる。

【参考文献】

- 1)落合是紀、Smith A:乳房トモシンセシスの最適化:MEDIX Vol.56;36-42
- 2)落合是紀、Smith A:乳房トモシンセシスーマンモグラフィの性能向上ー:MEDIX Vol.54;30-36
- 3)IEC 61223-3-6:2020, Evaluation and routine testing in medical imaging departments -Part 3-6: Acceptance and constancy tests - Imaging performance of mammographic X-ray equipment used in a mammographic tomosynthesis mode of operation