



Nagoya City University Academic Repository

学位の種類	博士 (医学)
報告番号	甲第1464号
学位記番号	第1050号
氏名	小川 正樹
授与年月日	平成 27年 3月 25日
学位論文の題名	Dual-energy CT can evaluate both hilar and mediastinal lymph nodes and lesion vascularity with a single scan at 60 seconds after contrast medium injection (Dual energy CTを用いた造影後60秒1回撮影法による肺門縦隔リンパ節及び病変血流の同時評価の試み) Acad Radiol. 2012; 19: 1003-10
論文審査担当者	主査： 新実 彰男 副査： 稲垣 宏, 芝本 雄太

論文内容の要旨

【背景】

肺癌におけるリンパ節転移の評価は予後や治療方針を決定する上で非常に重要であり、リンパ節の正確な存在診断、形状評価のためには、周囲組織とのコントラストを高める必要がある。以前より低電圧撮影により高コントラストの画像が得られることが知られているが、通常撮影で用いられる 120kVp と CT 値が異なり造影効果の判定ができず、ノイズも増加する欠点がある。近年開発された Dual Energy (DE) CT は 2 管球を搭載することで異なる電圧の画像を一回の撮影で得ることができる。今回我々は肺門・縦隔リンパ節描出への応用を目的として、造影開始から 30 秒後（早期相）、100 秒後（後期相）の 120kVp 通常撮影と 60 秒後の DE 撮影とを比較検討した。

【方法】

2009 年から 2010 年の間に原発性肺癌が疑われ、かつ胸部の手術歴がない、術前造影 CT を施行した 83 人（35~82 歳）を対象とした。

非イオン性ヨード造影剤を 2 ml/秒（最大 100ml）で投与し、30 秒後（早期相）と 100 秒後（後期相）に通常の 120kVp、60 秒後に DE mode（80、140kVp）で撮影し、DE mode の 2 画像から合成 120kVp 像を再構成した。下記のように客観的評価、及び 3 名の放射線科医による視覚評価を施行した。

①CT 値測定による客観的評価；早期 120kVp 像、60 秒後の 80kVp 像、合成 120kVp 像においてそれぞれ両側肺門リンパ節、両肺動脈、両下肺静脈の CT 値を測定、平均化し、肺動静脈とリンパ節の差から肺動静脈、リンパ節間コントラストを求めた。

②視覚的評価； 3 名の放射線科医により、肺動静脈、リンパ節間コントラストを 5 段階、造影剤による beam hardening artifact (BHA) を 4 段階で、視覚的に評価した。

③肺腫瘍の造影効果； 充実性病変 60 例につき、造影早期相、後期相の 120kVp 像、60 秒後の合成 120kVp 像で CT 値を測定した。

【結果】

①客観的評価；肺動脈/静脈とリンパ節間の CT 値の差は、早期 120kVp 像、60 秒後 80kVp 像、60 秒後合成 120kVp でそれぞれ、184/155、130/140、84/92 Hounsfield units (H.U.) ($P<.001$) であった。

②視覚的評価； 上記 3 画像と後期 120kVp 像につき、肺門部/縦隔リンパ節コントラストは、平均スコアでそれぞれ 4.5/4.7、3.7/4.2、3.3/3.6、2.4/2.5 ($P<.01$) であった。BHA につき、平均スコアはそれぞれ 1.2、3.4、3.6、4.0 であった。

③肺腫瘍の造影効果； 60 病変中、55 病変（92%）が 60 秒後で最も強い造影効果を示した。5 病変（8%）が 60 秒後よりも後期相で強い造影効果を示したがその差は 8 H.U. 以内とわずかであった。

【考察】

当院ではリンパ節診断に際して、肺動静脈、リンパ節間コントラストに優れた 30 秒後、腫瘍造影効果の評価のために 100 秒後、計 2 相を撮影している。早期相 120kVp 撮影ではコントラストが高く、リンパ節の同定が容易である一方、造影剤アーチファクトにより奇静脈周囲や造影側の肺尖部の評価が困難となり、かつ病変の造影所見は評価困難である。このため遅延相の撮影も必要であり、被曝量が増加し、さらに息止めの程度によって早期相と遅延相のスライス位置がずれてしまうという欠点がある。

DECT では 1 回の撮影で 80kVp 像、140kVp 像、これらより合成 120kVp 像を得られる。今回造影剤投与 60 秒後の DECT において、80kVp 像では早期相 120kVp 像にやや劣るものの、十分

な高い肺動静脈、リンパ節間コントラストが得られた。造影剤アーチファクトは早期相より軽減した。病変の造影効果は 60 秒後で最大となり後期相ではむしろ低下し、肺病変の造影効果の有無の評価については 60 秒後がより適していることが示された。

DE mode での合成 120kVp 像は従来の 120kVp 撮影とほぼ同等の被曝、及びノイズ量で設定されており（80kVp 像のみではノイズが増加するが視覚評価に影響は及ぼさなかった）、DECT による造影 60 秒後 1 相撮影は従来の 2 相撮影に比べ、被曝を半分に抑えることができる。また今回肺腫瘍の造影効果は充実性病変のみ検討したが、DE mode の 2 種類の画像から計算しすりガラス状吸収値病変のわずかな造影効果を検出する技術の有用性も報告されており、今後さらなる検討が望まれる。

【結論】

DECT により造影 60 秒後 1 相の撮影のみで 2 種類の有用な画像、すなわち造影剤由来のアーチファクトが少なく、かつ肺門縦隔リンパ節評価に優れたコントラストを示す 80kVp 像、肺病変の造影効果判定に適した合成 120kVp 像を、同じスライス位置で得ることができた。

論文審査の結果の要旨

【目的】

肺癌におけるリンパ節転移の評価は予後や治療方針を決定する上で非常に重要であり、正確な評価のためには、周囲組織とのコントラストを高める必要がある。以前より低電圧撮影により高コントラストの画像が得られることが知られており、近年開発された Dual Energy (DE) CT は 2 管球を搭載することで異なる電圧の画像を一回の撮影で得ることができる。肺門・縦隔リンパ節描出への応用を目的として、造影開始から 30 秒後（早期相）、100 秒後（後期相）の 120kVp 通常撮影と 60 秒後の DE 撮影とを比較検討した。

【方法】

原発性肺癌が疑われ、術前造影 CT を施行した 83 人を対象とした。非イオン性ヨード造影剤を 2 ml/秒（最大 100ml）で投与し、30 秒後 100 秒後に通常の 120kVp、60 秒後に DE mode (80、140kVp) で撮影し、2 画像から合成 120kVp 像を再構成、下記の評価を行った。

①CT 値測定による客観的評価；早期 120kVp 像、60 秒後の 80kVp 像、合成 120kVp 像において両側肺門リンパ節、両肺動脈、両下肺静脈の CT 値を測定、平均化し、肺動静脈とリンパ節の差からコントラストを求めた。②視覚的評価；肺動静脈、リンパ節間コントラストを 5 段階、造影剤による beam hardening artifact (BHA) を 4 段階で、視覚的に評価した。③肺腫瘍の造影効果；充実性病変 60 例につき、120kVp 像で造影効果の推移を測定した。

【結果】

①肺動脈/静脈とリンパ節間の CT 値の差は、早期 120kVp 像、60 秒後 80kVp 像、60 秒後合成 120kVp でそれぞれ、184/155、130/140、84/92 Hounsfield units (H.U.) (P<.001)であった。

②上記 3 画像と後期 120kVp 像につき、肺門部/縦隔リンパ節コントラストは、平均スコアでそれぞれ 4.5/4.7、3.7/4.2、3.3/3.6、2.4/2.5 (P<.01) であった。BHA につき、平均スコアはそれぞれ 1.2、3.4、3.6、4.0 であった。

③60 病変中、55 病変 (92%) が 60 秒後で最も強い造影効果を示し、5 病変 (8%) が 60 秒後よりも後期相で強い造影効果を示したがその差は 8 H.U. 以内とわずかであった。

【考察】

当院ではリンパ節診断に際して、肺動静脈、リンパ節間コントラストに優れた 30 秒後、腫瘍造影効果の評価のために 100 秒後、計 2 相を撮影している。早期相 120kVp 撮影ではコントラストが高く、リンパ節の同定が容易である一方、造影剤アーチファクトにより奇静脈周囲や造影側の肺尖部の評価が困難となり、かつ病変の造影所見は評価困難である。このため遅延相の撮影も必要となる。

DECT では 1 回の撮影で 80kVp 像、140kVp 像、これらより合成 120kVp 像を得られる。今回造影剤投与 60 秒後の DECT において、80kVp 像では早期相 120kVp 像にやや劣るものの、十分な高い肺動静脈、リンパ節間コントラストが得られた。造影剤アーチファクトは早期相より軽減した。病変の造影効果は後期相ではむしろ低下し、肺病変の造影効果の有無の評価については 60 秒後がより適していることが示された。

【結論】

DECT により造影 60 秒後 1 相の撮影のみで 2 種類の有用な画像、すなわち造影剤由来のアーチファクトが少なく、かつ肺門縦隔リンパ節評価に優れたコントラストを示す 80kVp 像、肺病変の造影効果判定に適した合成 120kVp 像を、同じスライス位置で得ることができた。

【審査の内容】

上記の論文要旨が申請者より発表された後、第一副査の稲垣教授から術前症例のみを対象とした理由、質的診断について、高電圧の有用性など、主査の新実教授からは肺病変の種類と造影効果の関連、アーチファクトの解説などの質問があった。また第二副査の芝本教授から多列化 CT の意義、リンパ節評価の MRI の有用性など専門領域について 3 項目の質問があった。これらの質問におおむね満足すべき回答が得られ、学位論文の主旨を十分理解していると判断した。

本研究は近年登場したデュアルエネルギー CT を肺癌術前評価に利用したものであり、今後さらなる応用が期待される。よって本論文の筆頭著者は博士（医学）の学位を授与されるにふさわしいと判定された。

論文審査担当者 主査 新実 彰男 副査 稲垣 宏、芝本 雄太