



Temporal subtraction of low-dose and relatively thick-slice CT images with large deformation diffeomorphic metric mapping and adaptive voxel matching for detection of bone metastases: A STARD-compliant article

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 浜松医科大学 公開日: 2020-10-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 土屋, 充輝 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10271/00003753

博士（医学） 土屋 充輝

論文題目

Temporal subtraction of low-dose and relatively thick-slice CT images with large deformation diffeomorphic metric mapping and adaptive voxel matching for detection of bone metastases: A STARD-compliant article.

（低線量かつ比較的厚いスライスのCTにおける大変形微分同相メトリックマッピングとアダプティブボクセルマッチングに基づく経時差分法を用いた骨転移検出: STARD 準拠論文）

論文の内容の要旨

[はじめに]

骨転移はがん患者の生活の質を低下させる大きな原因の一つであり、早期発見が求められる。がん患者の経過観察には主に CT が広く用いられるが、一般的な CT による骨転移の検出能は ^{18}F -FDG PET/CT、造影 MRI、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -骨シンチグラフィなどと比較して低い。先行研究では、経時差分法により CT での骨転移検出能が改善されると報告されているが、いずれも 1.0 mm 以下のスライス厚で経時差分画像が作成されている。一般臨床では 2.5–5.0 mm 程度のスライス厚が用いられるため、臨床応用においては 1.0 mm より厚いスライス条件の CT 画像から作成された経時差分画像での骨転移検出能評価が望まれる。また骨は十分な X 線吸収特性を有するため、PET/CT に用いられる低線量 CT においてもスタンダード線量の CT と同等の骨転移検出感度が得られる可能性がある。本研究の目的は低線量かつ比較的厚いスライス厚の CT 画像から作成された経時差分画像による骨転移の検出能について評価することである。

[材料ならびに方法]

本研究は聖隷浜松総合病院臨床研究審査委員会に承認され書面でのインフォームド・コンセントは免除された（承認番号 2062）。対象として 2005 年 12 月から 2016 年 7 月の間に初回 CT および経過観察 CT（初回 CT から経過観察 CT の間の平均経過観察日数 618 日、範囲 73–1639 日）が施行された 12 人の骨転移陽性患者（男性 5 人、女性 7 人、平均年齢 64.8 ± 7.6 歳、範囲 51–81 歳）と 12 人の骨転移がないコントロール患者（男性 5 人、女性 7 人、平均年齢 64.8 ± 7.6 歳、範囲 51–81 歳）が当研究に含まれた。Large deformation diffeomorphic metric mapping (LDDMM) により経過観察 CT 画像から初回 CT 画像を差分し、経時差分画像を作成した。本研究では比較的厚い 3.75 mm スライス CT における差分画像特有のアーチファクトを軽減させるために adaptive voxel matching (AdVM) を併用した。3 名の放射線科医が独立して、経時差分画像あり、経時差分画像なしの条件で骨転移の有無について CT 画像を評価した。骨転移の診断能について jackknife alternative free-response receiver operating characteristics (JAFROC) 解析を行い、

figure of merit (FOM) により比較した。

[結果]

3名の放射線科医による平均 JAFROC FOM は経時差分画像なしでは 0.687 であったが、経時差分画像を加えることで 0.803 と上昇し、統計学的に有意な改善を示した ($P = 0.031$, F statistic = 5.24)。初回 CT と経過観察 CT 間での CT 値 (HU) の経時的変化量は、真陽性 (TP) 病変が平均 194.2 ± 181.5 HU であり、偽陰性 (FN) 病変の平均 78.1 ± 128.6 HU と比較して有意に高値を示した ($P < 0.001$)。1 症例あたり読影時間は経時差分画像なしでは 258.1 ± 152.7 秒であり、経時差分画像を追加することで 246.8 ± 199.2 秒とわずかな短縮を認めたが、統計学的有意差は認めなかった ($P = 0.552$)。

[考察]

本研究の目的は、LDDMM と AdvM を組み合わせた新しい postprocessing によって低線量かつ比較的厚いスライスの CT 画像から経時差分画像を作成し骨転移の検出能について調査することであった。本研究によって、初回 CT と経過観察 CT のみで評価した場合と比較して、初回 CT と経過観察 CT に経時差分画像を併せて読影することで骨転移の検出能は有意に改善することが示され、臨床的にも有用な手法であることが判明した。骨転移の検出における CT 以外の代替画像モダリティにも様々な限界がある。代表的なモダリティをあげると ^{99m}Tc -骨シンチグラフィは溶骨性骨転移病変の検出率が低く、造影 MRI は撮影範囲の制限・撮影時間が長い・体内金属がある患者などは禁忌である。 ^{18}F -FDG PET/CT においても被曝・コストの問題があり、硬化性骨転移病変は偽陰性となる可能性がある。これらの観点から本研究ではがん患者の診断および経過観察のために最も一般的に施行される CT を臨床画像の範囲内で応用し、経時差分画像を作成した。本研究では異なる時相の CT 画像における変形位置合わせの手法として LDDMM を用いた。LDDMM は幾何学的連続性を保持しつつ滑らかな変形を行うことで生体に起こり得ない変形を抑制することが可能であるが、比較的厚いスライスを用いた経時差分では位置ずれや部分容積効果の影響を受け、アーチファクトにより視認性が低下する。本研究では、これを補うためにアーチファクトの原因である離散化の基準位置ずれを考慮した AdvM を採用した。LDDMM に加えて AdvM を組み合わせて使用することで最大 3.75 mm までのスライス厚の CT 画像から経時差分画像を作成することが可能で、骨転移の検出能向上に寄与することが示された。

[結論]

低線量かつ比較的厚いスライス厚の CT 画像から LDDMM と AdvM を併用することにより正確な経時差分画像を作成することに成功した。本手法により CT における骨転移の検出能に際しては、読影時間の延長を来すことなく、検出能が有意に改善された。