

学位論文審査の結果の要旨

令和 2年 12月 9日

審査委員	主査	西山 佳宏 (印)		
	副主査	横井 英人 (印)		
	副主査	久富 信之 (印)		
願出者	専攻	医学	部門	
	学籍番号	17D708	氏名	片山 博貴
論文題目	Accuracy of target delineation by positron emission tomography-based auto-segmentation methods after deformable image registration: A phantom study			
学位論文の審査結果	合格 (印) ・ 不合格 (該当するものを○で囲むこと。)			
<p>〔要旨〕</p> <p>【背景・目的】</p> <p>PET/CT画像を使用した放射線治療計画は、FDGの集積を利用して病変の広がり把握し、正確な標的体積（腫瘍）の描出が可能である。腫瘍の輪郭作成においてはFDG集積度を表すSUVに基づいて自動抽出 (PET auto segmentation: PET-AS)することが可能である。</p> <p>近年では非剛体レジストレーション(Deformable image registration: DIR)といわれる画像変形技術を利用して、診断用のPET/CT画像を変形させることで計画CT画像と一致させることができる。しかし、画像変形にともなってSUVが変化し、変形後のPET画像を使用した輪郭作成では描出される領域が異なることが予想された。そこで、腫瘍形状を特定できるファントムを利用して、変形PET画像のSUVとPET-ASの精度を評価した。</p> <p>【方法】</p> <p>4種類の球ファントム（直径16,20,27,38 mm: S16, S20, S27, S38）と3種類の楕円球ファントム（S38と同一体積で形状が異なるA, B, C）を使用した。</p> <p>S38ファントムの中にFDGを注入し、PET/CT画像を取得した。PET-AS法として① SUV2.5 ② SUV_{max}の40%(SUV40%max) ③ Gradient-based(GB)でS38の輪郭を描出した。次に、DIRを適用しS38の画像を他のファントム形状に変形した。変形PET画像を使用して方法①②③でS38を描出した。</p> <p>DIR前後でS38のSUV_{max}および各PET-AS法で描出される体積を比較した。次に、CT画像から描出されるS38と方法①②③の輪郭の一致度をDice similarity coefficient (DSC)を用いて評価した。</p>				

【結果】

• SUV_{max}の変化

SUV_{max}はDIR後にA-Cでは -0.09 ± 0.04 , S16-S27では -0.12 ± 0.04 低下した。

• 描出輪郭の体積差とCT画像との一致度

DIR前後でSUV2.5およびSUV40%_{max}で描出される体積は変形状によらず5%以内で一致した。GB法で描出される体積は、変形状がA-Cの場合はDIR前と比べて $8.6 \pm 2.1\%$ 増加した。体積が減少するS20への変形では $17.1 \pm 2.2\%$ 、S16では $-22.8 \pm 1.4\%$ となり、DIR後の輪郭描出においてDSCが低下した。

【考察】

• SUV_{max}の変化

変形PET画像のボクセルの強度は変形前の値から補間によって作成されるため、均一なFDG集積のファントム条件では大きな変化は生じなかった。

• 描出輪郭の体積差とCT画像との一致度

SUVを直接利用するSUV2.5やSUV40%_{max}では描出される領域はCT画像上の腫瘍境界とよく一致したと考える。一方で、GB法ではDIRによるプロフィール形状の歪みの影響を受け、描出精度が低下すると考えられた。

【結論】

DIRによって腫瘍領域のSUV_{max}は低下する傾向を示したが、その差は非常に小さかった。変形PETを使用したGB法による腫瘍描出では、強度プロフィールの変形により描出精度が低下するため注意が必要である。

本研究に関する学位論文審査委員会は令和2年12月9日に行われた。

本研究は放射線治療計画における輪郭作成に関して、PET/CT画像の変形に伴う描出精度の違いを指摘したもので結果に対する十分な考察もなされている。本研究で得られた成果は、放射線治療計画において画像上でのより正確な腫瘍領域の描出において意義があり、学術的価値が高い。委員会の合議により、本論文は博士（医学）の学位論文に十分値するものと判定した。

審査においては、

1. 臨床ではどのような部位に対してDIRを治療計画に利用しているか。
2. 画像変形においてFree Form Deformationのアルゴリズムを使用した理由は何か。
3. GB法の場合に変形状がType20とType16で体積変化の傾向が異なるが理由は何か。
4. 不均一な集積の場合にはどのようなSUVの変化が考えられるか。
5. スライス厚の違いによる描出精度の違いは何か。
6. GTVの描出精度が最終的な照射範囲に及ぼす影響はあるか。
7. 腫瘍の変形状が大きくなるような場合の変化はどうか。

などについて多数の質問がなされた。申請者はいずれにも明確に回答し、博士（医学）の学位授与に値する十分な見識と能力を有することが認められた。

掲載誌名	Physica Medica 第76巻		
(公表予定) 掲載年月	2020年 8月	出版社(等)名	Elsevier

(備考) 要旨は、1, 500字以内にまとめてください。