

氏名	松清亮
学位の種類	博士(医学)
学位記番号	甲第1270号
学位授与の日付	2021年3月14日
学位論文題名	Deep learning-based and hybrid-type iterative reconstructions for CT: comparison of capability for quantitative and qualitative image quality improvements and small vessel evaluation at dynamic CE-abdominal CT with ultra-high and standard resolutions 「深層学習型および逐次近似応用再構成法による超高精細CTと従来CTにおける腹部造影ダイナミックCTの定量および定性的画質改善と血管評価能の検討」 Japanese Journal of Radiology. 2021;39:186-197
指導教授	外山宏
論文審査委員	主査 教授 白木良一 副査 教授 堀口明彦 教授 廣岡芳樹

論文内容の要旨

【緒言・目的】

腹腔鏡手術やロボット手術などの低侵襲手術において術前に腹部血管の詳細な情報を得ることは重要である。近年、高精細CT(UHR-CT)が臨床導入され、空間分解能の改善が報告されている。しかし、UHR-CTは逐次近似応用再構成法(Hybrid IR)などを用いても信号対ノイズ比(SNR)やコントラストノイズ比(CNR)が低下することが問題点として示唆されている。今回我々は深層学習を用いた再構成法(DLR)を開発した。本研究ではUHR-CTおよび従来CTとして320列面検出器型CT(ADCT)を用いて腹部造影ダイナミックCTにおける定量および定性的画質改善と腹部小血管評価能をDLRとHybrid IR間で比較検討した。

【対象・方法】

in vitro研究では分解能評価ファントムをUHR-CTおよびADCTにて撮像し、DLRおよびHybrid IRを用いて再構成をするとともに、UHR-CTでは512×512 matrixにと1024×1024 matrixにて再構成した。次いで分解能評価の指標として描出精度の指標であるedge rise slope(ERS)を算出した。in vivo研究では、32名の患者をUHR-CTまたはADCTにて腹部造影ダイナミックCTを施行し、DLRおよびHybrid IRにて再構成した。また、UHR-CTにおいては512×512 matrixに加え1024×1024 matrixにて再構成した。次いで、腹部

血管のCNRを求めるとともに、血管描出能を5段階評価で視覚評価した。

検討項目はin vitro研究ではERSをUHR-CTおよびADCTにおける各データ間で統計学的に比較検討した。また、in vivo研究ではCNRおよび各血管の視覚評価を統計学的に比較検討した。

【結果】

in vitro研究ではUHR-CTおよびADCTにおいてDLRのERSはHybrid IRに比して有意に高い値を示した(p<0.05)。また、UHR-CTにおいてERSは1024×1024 matrix再構成が512×512 matrix再構成に比して有意に高い値を示した(p<0.05)。

in vivo研究では定量評価において大動脈以外の血管でCNRはUHR-CTおよびADCTにおいてDLRがHybrid IRに比して有意に高い値を示した(p<0.05)。また、胃十二指腸動脈において両再構成法で再構成されたUHR-CTのCNRは1024×1024 matrix再構成が512×512 matrix再構成に比して有意に高い値を示した(p<0.05)。また、定性評価では大動脈以外の血管でUHR-CTおよびADCTにおいてDLRはHybrid IRに比して有意に高い描出能を示した(p<0.05)。また、同血管において両再構成法にてUHR-CTの血管描出能は1024×1024 matrix再構成が512×512 matrixに比して有意に高かった(p<0.05)。

【考察】

本研究結果は世界で初めてDLRがHybrid IRよりノイズ低減効果が高いのみならず、解剖学的情報を損なうことがないため、ERS、CNRおよび血管のコントラストを向上させることを明らかにした。本研究結果はDLRにおいて人工知能が各解剖領域におけるノイズパターンを学習し、ノイズのみを低減するがHybrid IRは逐次近似を応用しているため、解剖学的情報を失うことが示唆されている。したがって、本研究における定量および定性評価結果は妥当であるとともに、DLRの腹部ダイナミックCTにおける小血管描出における有用性が示唆された。

【結語】

DLRはHybrid IRに比してUHR-CTおよびADCTにおける腹部造影ダイナミックCTの画質改善や腹部小血管評価能改善において有用であることが示唆された。

論文審査結果の要旨

1972年に発表されたX線CT装置は近年大きく進歩し、被ばく線量の低減、短時間で広範囲の撮像が可能となり、空間分解能も改善された。論文申請者らが開発した深層学習を用いた再構成法(DLR)は人工知能がノイズパターンを学習し、解剖学的情報を維持しながらノイズを低減する方法である。本研究では、本学が共同開発した面検出器CT(ADCT)及び高精細CT(UHR-CT)において、腹部造影ダイナミックCTの画質改善と小血管描出能をDLRと逐次近似応用再構成法(Hybrid IR)間で比較検討した。分解能評価ファントムによる基礎的検討では、ADCT及びUHR-CTにおいてDLRはHybrid IRに比して有意に描出精度が高かった。臨床的検討では、腹部の小動脈においてDLRはHybrid IRに比して有意に高いコントラストノイズ比を示し、視覚評価でも有意に高い描出能を示した。審査では、視覚的評価法、脈管のみでなく、実質臓器の描出能、脂肪組織・胆管浸潤・微小腫瘍の評価の可能性などの質問があり、適切な回答がなされた。CTの新たな可能性を期待するとのコメントが審査員全員からあった。本研究は、本学で産学共同研究として開発された装置・方法による独自性の高い研究であり、Impact Factor 1.439(2019)の英文誌に掲載されていることから審査委員会として学位授与に十分値するものと判断した。