

氏名	辻本正和
学位の種類	博士(医学)
学位記番号	乙第573号
学位授与の日付	2023年9月21日
学位論文題名	Automated classification of increased uptake regions in bone single-photon emission computed tomography/computed tomography images using three-dimensional deep convolutional neural network 「3次元深層畳み込みニューラルネットワークを用いた骨SPECT/CT画像における高集積部位の良悪性鑑別」 Nuclear Medicine Communications. 2021;42:877-883
指導教授	外山 宏
論文審査委員	主査 教授 藤田 順之 副査 教授 今泉 和良 教授 大野 良治

論文内容の要旨

【緒言】

骨シンチグラフィは、骨転移診断のスクリーニングにおける機能画像診断として広く用いられている。近年、2次元画像であるホールボディを対象とした自動解析が登場した。ホールボディ解析(WB解析)は、全身プランナーから骨格のセグメンテーションと高集積領域の自動検出を行い、機械学習によって高集積領域の良悪性を鑑別する。WB解析は、治療効果判定や予後予測の指標として期待されている一方で、いくつかの課題がある。例えば、前後方向の情報が圧縮され、2次元情報として取り扱う必要があるため、転移パターン(淡い集積)では評価が不十分であること、また、重なりの影響がある部位での精度が低いことは、先行研究でも明らかにされている。そこで、3次元画像である骨Single-photon emission computed tomography/computed tomography(SPECT/CT)を解析できれば、WB解析の課題が克服され、より精度の高い診断法として期待できる。

【目的】

3次元深層畳み込みニューラルネットワーク(3D-CNN)によって、骨SPECT/CTにおける高集積領域の良悪性を自動鑑別するシステムを構築し、その精度を評価する。

【対象】

対象は、2012年4月から2012年11月に藤田医科大学病院にて転移性骨腫瘍の検索目的で施行された骨シンチグラフィのSPECT/CT画像35症例(男性19名、女性16名)であった。年齢の中央値は65歳(59-73歳)であった。撮像範囲は頭頂部から大腿部までとした。症例としては、原発の位置を指定せずに連続症例を用いた。多発性骨髄腫では、骨シンチで溶

骨病変が陰性となりやすいので予備的に除外した。

【方法】

まず全身SPECT画像の高集積領域を中心とした関心体積(Volume of interest :VOI)をSPECT画像、CT画像それぞれに設定し、VOI内の画像を抽出した。SPECT画像とCT画像それぞれについて3D-CNNによって良性、悪性の確率を0~1の数値として出力した。SPECT画像、CT画像それぞれの結果から平均値を算出して統合した。平均値が0.5未満であれば良性、0.5以上であれば悪性とし、最終的な結果とした。

提案手法の有効性を評価するために1つぬき交差検証法による評価を行った。医師の分類した結果と3D-CNNの分類結果による混同行列を求め、良性識別率と悪性識別率を得た。3D-CNNによる解析と同じ対象についてWB解析を行った。同様に良性識別率と悪性識別率を得た。SPECT単体、CT単体、SPECT/CTの解析およびWB解析の結果を比較した。

【結果】

切り出したVOIは良性悪性がそれぞれ50領域ずつであった。SPECT画像単体、CT画像単体の総合識別率はそれぞれ73%、68%であり、同じ部位におけるWB解析の総合識別率は74%であった。一方、SPECT/CT画像を利用した場合総合識別率は最も高く80%となり、悪性識別率は82%、良性識別率は78%であった。

【結語】

3D-CNNを用いたSPECT/CT解析は、SPECT単体や2次元画像であるWBプランナーの解析と比較して悪性病変の識別率が向上した。これらの結果より、SPECT/CTを用いることで集積パターンの特徴を抽出することなく、3D-CNNにより直接分類できる可能性が示唆された。

論文審査結果の要旨

近年、骨シンチグラフィにおける全身プランナーの客観的な骨転移診断および定量評価を目的に、人工知能(AI)による診断ソフトが開発され、臨床でも広く用いられている。しかし、2次元情報の重なりなど、いくつかの問題点が報告されている。筆者らは、それらを解消するために3次元画像である骨SPECT/CTのデータを解析する方法を開発した。

審査では、35例の比較的少数例で解析する方法について議論され、1つぬき交差検証法や、過剰適合の防止のために、回転、反転などでデータ生成を行うなどの工夫を行ったことが説明された。ただし、通常の人工知能研究におけるtraining cases, validation casesおよびtest casesでの評価はなく、あくまでtraining casesのみでの評価であることから、提案手法の初期評価であり、更なる検証が必要であることが指摘された。悪性と良性の決め方については、CT、MRIなどの他の画像検査と、経過観察によって判断されたことが確認された。高集積領域を中心とした関心体積(VOI)の大きさについては、造骨型転移のみでなく、溶骨型や骨梁間型転移も診断するには、今後小さくすることなども検討すべきという意見があった。また、多施設で複数の機種でも検証して、本研究を継続する必要性が確認された。

本研究は、核医学専門の診療放射線技師としての豊富な診療経験をもとに開発されたオリジナリティの高い研究であり、英国核医学会誌であるNuclear Medicine Communicationsに掲載されていることから、学位論文として十分に値するものと評価された。