

学位論文要旨

核医学非採血脳血流定量化のためのディープニューラルネットワークを用いる時間
放射能曲線自動フィッティング法実現の可能性

(Feasibility of deep convolution neural network-based automatic time activity curve fitting method
for non-invasive cerebral blood flow quantification)

長岡 里江子

Rieko Nagaoka

指導教員

伊藤 茂樹 教授

熊本大学大学院保健学教育部博士後期課程保健学専攻

学位論文要旨

[目的]

近年、N-isopropyl-p[¹²³I] iodoamphetamine (¹²³I-IMP) を用いた非侵襲的定量化手法である Simple Non-Invasive Microsphere 法 (¹²³I-IMP SIMS) が開発された。さらに、^{99m}Tc-ethyl cysteinyl dimer (^{99m}Tc-ECD) についても、大動脈の血液力学に基づいた Improved Brain Uptake Ratio (IBUR) 法 (^{99m}Tc-ECD IBUR) が開発された。これらの手法では、¹²³I-IMP および ^{99m}Tc-ECD の胸部 radio-isotope (RI) angiography 画像上の肺動脈 (PA) および上行大動脈 (Aao) に関心領域 (ROI) を設置し、ROI 内の時間放射能曲線 (TAC) の積分値 (AUC) から動脈血中の放射能濃度を決定している。しかしながら、手動による曲線解析はオペレーターの技量に大きく依存し、侵襲的定量化手法と比較して再現性と精度が低い傾向にあるため、非侵襲的定量化手法の再現性と測定精度を向上させる必要がある。自動化には数学的曲線フィッティング方法 (数学的手法) と深層畳み込みニューラルネットワークを用いる自動 TAC フィッティング方法 (DCNN 法) が考えられる。

本研究の目的は、脳血流定量の入力関数の決定のための DCNN 法を開発するとともに、DCNN 法、手動方法、数学的手法を比較して、DCNN 法の有用性を明らかにすることである。

[方法]

¹²³I-IMP RI angiography が施行された患者 84 名の単一ピーク TAC と、^{99m}Tc-ECD RI angiography が施行された患者 94 名の 2 つのピーク TAC を用いた。

数学的手法は逐次近似アルゴリズム (EM 法) を使用した。DCNN 法では、U-Net アーキテクチャを (SONY, JAPAN) 使用した。EM および DCNN 法で得られた AUC 値を手動法で得られた AUC 値と比較することによって、DCNN 法の有用性を明らかにした。

[結果/考察]

EM と手動法の AUC 値は、誤差範囲が約 ±20% 以内で一致し、mCBF の誤差範囲は ±8%。DCNN 法では誤差範囲が約 1/2 に減少した。DCNN 法では、AUC 誤差範囲が ±15% であり、mCBF 値の誤差範囲は 8% 未満になることが示唆された。DCNN 法は手動法と同等の精度を提供し、さらに EM 法よりもわずかに優れた精度を示した。これは、DCNN 法が臨床応用において大きなポテンシャルを持ち、非侵襲的な脳血流定量化の精度を向上させる可能性があることを示唆している。

これらの臨床的意義は、核医学および薬物動態学における生理学的測定および薬物取り込み動態の精度向上の可能性にあり、最終的には患者の診断と治療に貢献する。今後、異なる施設で異なる装置を使用した結果を検証し、DCNN 法の堅牢性と汎用性を確保することが重要である。精度向上は、EM 法の近似式やパラメータ調整を通じて探求することもできる。本研究は、様々な分野での DCNN 自動 TAC フィッティング手法の臨床応用への道を開拓した。精度向上とプロセスの効率化により、この研究は核医学および薬物動態学における非侵襲的定量分析技術の進歩に貢献し、最終的には患者ケアと診断に利益をもたらすと考える。

[結論]

DCNN 法は手動法と同等の精度を提供し、さらに EM 法よりもわずかに優れた精度を示した。高い精度で TAC フィッティングを自動化する能力は、核医学分野で幅広い応用の可能性を示唆している。