

令和 4 年 6 月 1 日現在

機関番号：84101

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K17947

研究課題名（和文）機械学習を用いた脳出血後の血腫増大予測モデルの作成

研究課題名（英文）Machine learning prediction of hematoma growth in acute intracerebral hemorrhage

研究代表者

谷岡 悟（Tanioka, Satoru）

独立行政法人国立病院機構三重中央医療センター（臨床研究部）・その他部局等・脳神経外科医師

研究者番号：80838003

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000 円

研究成果の概要（和文）：脳出血は発症後約3割で増大を認めるとされており、入院当初に血腫増大の予測を行うことは、治療戦略を立てる上で極めて重要である。

4施設から422症例の脳出血患者データを収集した。351症例を機械学習モデル作成用のトレーニングデータとし、71症例をモデル検証用のデータとした。トレーニングデータを用いて、機械学習モデルを作成した。モデルは検証用データを用いて評価した。またこれまでに提唱されている脳出血増大予測スコア（BAT, BRAIN, 9-point）を、同様の検証用データを用いて評価した。機械学習モデルと、従来の増大予測スコアの結果を比較したところ、有意に機械学習モデルの方が良い性能を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

機械学習は人工知能の根幹となる技術で、近年様々な分野で応用されているが、データの分類やデータから導き出される結果の予測に秀でている。本研究では、脳出血患者の入院時の年齢や性別、採血データ、既往歴等の臨床情報と、血腫量や血腫吸収値の特徴等のCT所見を、機械学習を用いて解析し、血腫増大の予測モデルを作成した。

使用したアルゴリズム、データについては、第三者による使用や検証が可能な状態とすることが重要である。アルゴリズム、匿名化したデータはインターネット上にアップロードした。

研究成果の概要（英文）：Hematoma expansion occasionally occurs in patients with acute intracerebral hemorrhage (ICH), associating with poor outcome. Machine learning (ML) approaches perform well in outcome prediction. Patients with acute ICH from three hospitals (n=351) and those from another hospital (n=71) were retrospectively assigned to the development and validation cohorts, respectively. Machine learning (ML) models were evaluated for their performance on the patient data in the validation cohort, which was compared with previous scoring methods, the BAT, BRAIN, and 9-point scores.

The k-NN algorithm achieved the highest area under the receiver operating characteristic curve (AUC) of 0.790 among all ML models, and the sensitivity, specificity, and accuracy were 0.846, 0.733, and 0.775, respectively. The BRAIN score achieved the highest AUC of 0.676 among all previous scoring methods, which was lower than the best ML model by k-NN algorithm (p=0.016).

研究分野：脳卒中

キーワード：機械学習 脳出血 増大 予測

1. 研究開始当初の背景

脳出血は脳卒中の約 2 割を占め、致死的となることも多い。脳出血発症後、約 3 割で血腫増大を認めると言われているが、増大により、神経症状の悪化を認めたり、外科的治療が必要となる場合もある。このため、入院時の血腫増大の予測は、脳出血の治療戦略において重要な役割を果たす。これまでも血腫増大予測に対する様々な研究が国内外で行われているが、入院時の血腫量、Glasgow coma scale、年齢、抗血栓薬の内服等が増大リスク因子として報告されている。また、入院時 CT における spot sign、swirl sign、black hole sign、blend sign などの血腫吸収値の特徴（図 1）も、増大リスク因子として報告されている。しかし、これら個別のリスク因子を様々な組み合わせで、血腫増大を予測した研究はなく、臨床応用可能な高い精度の予測モデルは報告されていない。

近年、医学を含む様々な分野で人工知能を用いた研究が行われており、その根幹となる機械学習の技術も急速に発達してきている。機械学習は、様々なデータを分類したり、そのデータから導き出される結果を予測することができる。この技術を応用すれば、脳出血後の血腫増大を正確に予測するモデルを作成できる可能性があり、臨床現場において、有用なツールとなり得る。

2. 研究の目的

本研究では、研究代表者の所属する三重大学関連病院において、脳出血の診断で入院となった約 400 名の患者を対象とし、入院時の臨床情報、CT 画像所見を後方視的に抽出する。CT 画像所見からは、血腫増大の有無も抽出する。それらのデータを機械学習のアルゴリズムに読み込ませ、脳出血後の血腫増大予測モデルを作成することを目的とした。

3. 研究の方法

4 施設から 422 症例の高血圧性もしくはアミロイドアンギオパチーが原因と考えられる脳出血患者データを収集した。なお、発症から 24 時間以内に初回 CT を撮影、初回 CT から 30 時間以内に 2 回目の CT を撮影、20 歳以上、入院後急性期に降圧療法を実施、に該当する者を抽出した。また、外傷性脳出血/脳動脈瘤/脳動静脈奇形/脳動静脈瘻/もやもや病/脳腫瘍による脳出血、脳室内出血のみ、血腫除去術を実施、に該当する者を除外した。データ収集にあたっては、各施設での倫理委員会での審査を経た。351 症例を機械学習モデル作成用のトレーニングデータとし、71 症例をモデル検証用のデータとした。機械学習のアルゴリズムには、k 最近傍法、線形モデル、サポートベクタマシン、ランダムフォレスト、XGboost を用いた。これらのアルゴリズムとトレーニングデータを用いて、機械学習モデルを作成した。モデルは検証用データを用いて評価した。また、これまでに提唱されている脳出血増大予測スコア（BAT、BRAIN、9-point）を、同様の検証用データを用いて評価した。

4. 研究成果

機械学習モデルと、従来の増大予測スコアの結果を比較したところ、有意に機械学習モデルの方が、良い性能を示した（Table 1）。なお、使用したアルゴリズム、データについては、インターネット上にアップロードし、第三者による使用や検証が可能な状態とした [1,2]。

1. <https://github.com/taniokas-neuro/predict-hematoma-expansion>

2. <https://osf.io/kv6wq/>

Table 1 Test characteristics of previously reported scoring methods and machine learning models in the validation cohort

	Accuracy	Sensitivity	Specificity	AUC
Previous scoring methods				
BAT score	0.606 (0.483-0.720)	0.654 (0.443-0.828)	0.578 (0.422-0.723)	0.616 (0.497-0.734)
BRAIN score	0.620 (0.497-0.732)	0.885 (0.698-0.976)	0.467 (0.317-0.621)	0.676 (0.579-0.772)
9-point score	0.690 (0.569-0.795)	0.538 (0.334-0.734)	0.778 (0.629-0.888)	0.658 (0.543-0.774)
Machine learning models				
k-nearest neighbors algorithm	0.775 (0.660-0.865)	0.846 (0.651-0.956)	0.733 (0.581-0.854)	0.790 (0.693-0.886)
Logistic regression	0.648 (0.525-0.758)	0.769 (0.564-0.910)	0.578 (0.422-0.723)	0.674 (0.563-0.784)
Support vector machines	0.732 (0.614-0.831)	0.769 (0.564-0.910)	0.711 (0.557-0.836)	0.740 (0.634-0.846)
Random forests	0.775 (0.660-0.865)	0.615 (0.406-0.798)	0.867 (0.732-0.949)	0.741 (0.633-0.849)
XGBoost	0.732 (0.614-0.831)	0.731 (0.522-0.884)	0.733 (0.581-0.854)	0.732 (0.623-0.841)

Data are presented as value (95% confidence interval).

AUC = area under the receiver operating characteristic curve.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 谷岡 悟
2. 発表標題 機械学習を用いた脳出血の増大予測
3. 学会等名 第46回 日本脳卒中学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷岡 悟
2. 発表標題 脳血管障害領域における臨床所見と画像情報を組み合わせた機械学習モデルの作成
3. 学会等名 第50回日本神経放射線学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷岡 悟
2. 発表標題 機械学習を用いた脳出血の増大予測
3. 学会等名 第75回国立病院総合医学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------