

論 文 内 容 の 要 旨

Machine learning for the prediction of successful extubation among patients with mechanical ventilation in the intensive care unit: A retrospective observational study

(訳) 機械学習を用いた人工呼吸器離脱の成否予測

日本医科大学大学院医学研究科 救急医学分野

大学院生 太田 黒 崇 伸

Journal of Nippon Medical School 第 88 卷 第 5 号(2021)掲載予定

【背景】

人工呼吸器は重症患者における呼吸補助に重要な生命維持装置である。一方で抜管の失敗は合併症や死亡率の増加に繋がるため、適切な離脱を行うことが望ましい。

しかし、現在に至るまで人工呼吸器離脱に際して様々なプロトコルが用いられてきたが、失敗率は10-20%程度と依然として高い。

そこで本研究では機械学習を用いることによる人工呼吸器離脱の予測精度を検討した。

【方法】

2015年1月-2018年12月において呼吸不全が原因で24時間以上の人工呼吸器管理を受けた患者を対象とした。18歳未満、意識障害や緊急手術のための気管挿管施行例、抜管前の死亡、転院、及び気管切開術の施行例は除外した。

年齢、性別、体型、バイタルサイン、人工呼吸器の測定値、動脈血液ガス所見、及び血液検査など57項目を特徴量としデータを収集した。バイタルサイン及び人工呼吸器の測定値は気管挿管施行後から抜管時まで1分間毎の測定値であり、その他の観察項目及び血液検査は次測定まで前回測定値と同値、動脈血液ガス所見は測定前後1時間を同値として欠損値を補完した。また、抜管失敗は抜管後72時間以内の再挿管と定義した。

教師あり学習を行うため、人工呼吸器管理を必要とする状態か否かでラベル付けを行った。具体的には抜管成功例の抜管3時間前から抜管可能と想定し、気管挿管施行後2時間までと抜管失敗例の抜管3時間前から抜管不能と想定した。

機械学習にはRandomForest(RF)、XGBoost(XGB)、LightGBM(GBM)の3つのモデルを用いてarea under the curve(AUC)、accuracy、precision、recall、F1 scoreから各々の予測精度を評価した。また各モデルにおける特徴量の重要度を分析した。

更に得られた予測アルゴリズムにテストデータを導入することで時間経過に沿った抜管予測率を示すトレンドグラフを作成した。

【結果】

計117人が解析対象となった。そのうち男性が66%で年齢中央値は73歳であった。疾患内訳としては肺炎が39人(33%)、外傷が13人(11%)、CO₂ナルコーシスが10人(9%)の順で多く見られた。入院時の重症度はAPACHE II、SOFA、SAPS IIの中央値でそれぞれ22、11、52であった。また人工呼吸器装着期間の中央値は5日で、在院日数の中央値は16日だった。

抜管失敗例は全体で13人であり、原因内訳は呼吸不全が7人(54%)、上気道狭窄が3人(23%)、誤嚥が3人(23%)であった。AUCはそれぞれRFで0.931、XGBで0.947、GBMで0.950だった。またaccuracy、precision、recall、F1 scoreはそれぞれRFで0.897、0.910、0.909、0.909。XGBで0.910、0.912、0.931、0.921。GBMで0.927、0.915、0.960、0.937。

特徴量における重要度の上位3項目は以下の通りであった。RFでは人工呼吸器装着期間、最高気道内圧、平均気道内圧。XGBでは人工呼吸器装着期間、CPK、平均血圧。GBMでは人工呼吸器装着期間、年齢、PEEP。

更に各モデルにおいて、典型的な抜管成功例と抜管失敗例に対して抜管成功率を予測する経時的なトレンドグラフを図示した。

【考察】

本研究の結果、機械学習を用いることで人工呼吸器離脱を高い精度で予測可能であることが示された。評価指標では accuracy が高ければ再挿管を減少させ、recall が高ければ不要な人工呼吸器管理や気管切開術を減少させることを意味することになるが、RF、XGB、GBMの3つのモデルにおいてはGBMが最も良い精度を示した。

また、本研究では人工呼吸器離脱の予測に影響を与える特徴量も明らかにした。全てのモデルにおいて人工呼吸器装着期間が最も重要度の高い特徴量であったが、人工呼吸器装着期間の他に最高気道内圧、平均気道内圧、FiO₂、CPK、平均血圧、PEEP、年齢、LDHなどが寄与した。従来のプロトコルとは異なり、機械学習は特徴量の臨床的意義を説明することが困難である一方で、多数の特徴量を導入することで人工呼吸器離脱を予測することが可能なツールとなり得ることが示唆された。

本研究における限界を以下に示す。第一に、研究対象を呼吸不全の患者のみとしたため意識障害など他の理由で人工呼吸器管理を要した患者に適応可能かは不明である。第二に、胸部X線検査やカフリークテストなど人工呼吸器離脱の予測に有用と考えられているいくつかの項目を導入できていない。

【結語】機械学習によって高精度で人工呼吸器離脱の成否を予測できた。今後は本研究モデルが他データで人工呼吸器離脱を予測するために有用であるか否かを検証する必要がある。