

氏 名（本 籍）	やまだ さちこ 山田 祥子 （ 兵庫県 ）
学 位 の 種 類	博士（医学）
学位授与番号	乙 第 99 号
学位授与日付	令和 6 年 3 月 14 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	機械学習を用いた熱傷患者の入院死亡予測に関する検討
審 査 委 員	教授 伊藤 達男 教授 北中 明 教授 玉田 勉

論文の内容の要旨・論文審査の結果の報告

（目的）本研究の主な目的は、熱傷患者の入院死亡リスクに対して機械学習アルゴリズムを用いて予測し、早期にリスクの高い患者に適切な医療介入を提供することを目的とした研究である。

（方法）データ収集について：今回の研究では、2011 年 4 月から 2019 年 3 月までの一般社団法人日本熱傷学会熱傷入院患者レジストリ(以下、熱傷レジストリ)に登録された患者 13,557 例から特定の条件で 9,111 例を抽出して JSBI 群とし、外部検証として、川崎医科大学附属病院に 2001 年 1 月から 2019 年 12 月までに熱傷で入院した 20 歳以上の 531 例のうち、20 歳未満の 67 例を除いた 465 例を KMS 群として使用している。

データ準備及び、機械学習モデルの作成：機械学習モデル作成と内部検証を行う目的で、JSBI 群を JSBI-train 群（5,000 例）と JSBI-test 群（4,111 例）に分割し、R による複数の機械学習モデル（それぞれ、Random Forest、Support Vector Machine、Artificial Neural Network、XGBoost）を用いて解析した。さらにその制度について KMS 群を用いて検証した。

（結果）全入院死亡に対する予測精度について ROC 解析を用いて検討したところ、機械学習モデル全てで従来指標による予測精度を上回る精度を示した。年齢層別解析により従来指標、機械学習モデルのいずれにおいても 80 歳以上の患者でその精度が低下しており、XGBoost モデルの精度が最も高かった（Area Under Curve (95%CI):0.931(0.905-0.957)）。外部検証として、KMS 群における外部検証では、従来指標による予測精度よりも機械学習モデルで高い精度を示した。全入院死亡に対する予測精度としては、全てのモデルで 85%を超える一致率を示したが、JSBI-test 群に比較して低下していた。

（考察）研究の結果は、臨床現場での実用性を検証するために医療専門家と協力して検討されている。予測モデルが成功すれば、入院死亡リスクが高いと予測される患者に対して迅速で効果的な治療が提供され、治療結果が向上することが期待される重要な結果を示した研究であることから、学位論文に資すると考えられた。

学位審査会（最終試験）の結果の要旨

最終試験においては、申請者のプレゼンテーションの後に、質疑が行われた。発表内容は、研究を始める動機、熱傷患者に対して早期にリスクの高い患者に適切な医療介入を行う上での医師の経験機会が少ないこ

との課題について説明した。その解決策として、機械学習を利用して医療サポート技術を現場に提供することで、医療者の経験値を補うことを目指す上で、研究課題として、機械学習モデルが熱傷患者の予後予測を熟練者の診断と同様の結果を提示できるかを検討した。研究結果として、機械学習モデル全てで RBS を上回る精度を示した。しかしながら、年齢層別解析により従来指標、機械学習モデルの両方で 80 歳以上の患者で精度が低下していた。これは、初診時の画像所見、併存疾患や治療撤退などの指標を投入することで、機械学習モデルの精度が上がる可能性があるため、今後の研究課題として、検討する旨が示された。プレゼンテーションの内容は分かり易いものであった。研究のより根底の意義や解釈、現場の課題、機械学習の特性等、研究の大局的な勉強が十分に行われていた。しかしながら、解析手法の説明が不足していた事と、プレゼンテーションの時間を超過したため、発表に向けて、適切な準備が行えたか疑問点が残った。

質疑では、研究手法の理解の確認として、機械学習に適切なデータ収集に関して、過学習の原因と定義について問われた。過学習とは機械学習モデルが訓練データに対して過度に適合してしまい、未知のデータに対しては一般化が難しくなる現象であるが、本研究計画では、JSBI 群の十分なサンプルサイズによる解析に加えて外部検証まで行われ、研究としての質が担保されていることが確認された。また、本研究では、年齢、性別、II 度熱傷面積、III 度熱傷面積、気道熱傷の有無、熱傷の原因(火炎、化学熱傷、高温物質、高温液体、爆発、電撃、その他)、および死亡退院が機械学習の教育のためのデータとして含まれており、これらを用いて機械学習モデルの作成および検証を行なったが、学習に投入されたデータは多重解析を行なった上で選択されたデータであるのかの問いに関しては、%TBSA, PBI, RBS を得るための検証データを選択した事を確認した。これは、熱傷レジストリより取得できるデータに限界がある事が背景にあると回答を得た。この度の研究目的が、機械学習での生命予測精度が従来の%TBSA, PBI, RBS と比肩しうるものであるかを確認するものであるので、適切なデータ選択であるとの説明を添えた。本研究結果の臨床現場での実用性を検証するためには、専門家と協力して更なる検討が必要であると考え。熱傷患者の予後予測モデルが成功すれば、入院死亡リスクが高いと予測される患者に対して迅速で効果的な治療が提供され、治療結果が向上することが期待される。研究手法についての理解が不足している点については、申請者が今後の研究活動を経ることで解決して貰いたい、医学研究の実施過程で学習すべきことの理解は十分であると確認でき、学位授与に値すると判断した。