

Vent-1-AI

Development of an artificial intelligence for mechanical ventilation optimization during one-lung ventilation

Programm / Ausschreibung	KS 24/26, KS 24/26, BRIDGE 2025/01	Status	laufend
Projektstart	02.03.2026	Projektende	29.08.2028
Zeitraum	2026 - 2028	Projektlaufzeit	30 Monate
Projektförderung	€ 359.942		
Keywords	Künstliche Intelligenz; Medizin; Anästhesie; Maschinelle Beatmung		

Projektbeschreibung

Stand der Technik und Forschungslücke

Die mechanische Beatmung ist für die Behandlung des Atemversagens unverzichtbar geworden und bildet weltweit die Grundlage der Anästhesiepraxis. Die intraoperative Beatmung, insbesondere während der Ein-Lungen-Beatmung, ist jedoch aufgrund der dynamischen Physiologie komplex, und postoperative Lungenkomplikationen (PPCs) sind nach wie vor häufig und kostspielig, was zu einer erhöhten Morbidität und Gesundheitsausgaben in Milliardenhöhe führt. Reinforcement Learning, eine KI-Technik, bei der Systeme durch Versuch und Irrtum optimale Handlungen erlernen, bietet vielversprechendes Potenzial für die Personalisierung und Verbesserung von Beatmungsstrategien.

Forschungsfrage und Ziele

Dieses Projekt soll einen KI-Agent entwickeln, der mittels Reinforcement Learning anhand klinischer Daten trainiert wurde, und die Beatmungseinstellungen während der Ein-Lungen-Beatmung optimiert um die Sicherheit zu verbessern und PPCs zu reduzieren.

Forschungsplan & Methodik

Das Projekt umfasst die Entwicklung einer harmonisierten und umfassenden Datenbank mit Daten von erwachsenen Patienten mit Ein-Lungen-Beatmung, die retrospektiv an der Medizinischen Universität Wien und der Universitätsklinik Bonn erhoben wurden. Unter Verwendung des Wiener Datensatzes wird ein Markov-Entscheidungsprozess zur Modellierung des Zustands der Patienten und der Beatmungsmaßnahmen erstellt, auf dessen Grundlage ein Agent für verstärktes Lernen mit künstlicher Intelligenz trainiert wird. Dabei kommt modellbasiertes Policy-Iteration-Lernen zum Einsatz, das auf die Optimierung der Sicherheit und Wirksamkeit der Beatmung ausgerichtet ist. Das KI-System wird einer gründlichen Evaluation unterzogen werden, wobei Off-Policy-Importance-Sampling auf den Bonner Datensatz angewendet werden wird. Die KI-Policy wird mit den Entscheidungen der Ärzte sowie mit Basisrichtlinien wie „keine Änderung“ oder „zufällige Maßnahmen“ verglichen, um die Leistung, Sicherheit und potenziellen klinischen Verbesserungen zu bewerten. Um eine sichere und zuverlässige klinische Umsetzung zu gewährleisten, wird eine formale Sicherheitsüberprüfung mit Lagrange-Reachtubes durchgeführt werden, die die Systemreaktionen unter Störungen quantifizieren und so die

Betriebssicherheitsgrenzen der KI definieren können. Darüber hinaus werden Modellkompressionstechniken eingesetzt werden, um eine Echtzeit-Inferenz mit hoher Genauigkeit zu ermöglichen.

Erwartete Ergebnisse und Wirkung

Vent-1-AI stellt einen bahnbrechenden Fortschritt in der mechanischen Beatmung dar, insbesondere für Ein-Lungen-Verfahren, wobei verstärktes Lernen auf der Grundlage hochwertiger Daten zum Einsatz kommt. Das Ziel der KI besteht darin, die Sicherheit zu optimieren, pulmonale Komplikationen zu reduzieren und die perioperativen Ergebnisse zu verbessern. Dank seiner breiten Anwendbarkeit und Erklärbarkeit ist Vent-1-AI in der Lage, die perioperative Versorgung zu revolutionieren und Österreich als führendes Land im Bereich der KI-gestützten Gesundheitsversorgung zu etablieren.

Abstract

State of the art and research gap

Mechanical ventilation has become vital for treating respiratory distress and forms the foundation of anaesthetic practice globally. However, managing intraoperative ventilation, especially during one-lung ventilation, is complex due to the dynamic physiology and postoperative pulmonary complications (PPCs) remain common and costly, leading to increased morbidity and billions in healthcare expenses. Reinforcement learning, an AI technique where systems learn optimal actions through trial and error, offers promising potential to personalize and improve ventilation strategies.

Research question and objectives

This project shall investigate whether an AI agent, trained via reinforcement learning on clinical data, can optimize ventilator settings during one-lung ventilation, improving safety and reducing PPCs.

Research Plan & Methodology

The project will involve the development of a harmonized and comprehensive database containing data from one-lung ventilated adult patients retrospectively collected at the Medical University of Vienna and the University Hospital Bonn. Using the Vienna dataset, a Markov Decision Process to model patient states and ventilation actions will be constructed on which an artificial intelligence reinforcement learning agent will be trained using model-based policy iteration learning focused on optimizing ventilation safety and efficacy. The AI system will undergo a thorough evaluation using off-policy importance sampling applied to the Bonn dataset. Its policy will be compared against clinician decisions, as well as baseline policies like no change or random actions, to assess performance, safety, and potential clinical improvements. To ensure safe and reliable clinical implementation, formal safety verification will be performed using Lagrangian Reachtubes, which quantify system responses under perturbations, thereby defining the AI's operational safety boundaries. Additionally, model compression techniques will be employed to enable real-time, high-fidelity inference.

Expected results and Impact

Vent-1-AI represents a groundbreaking advancement in mechanical ventilation, especially for one-lung procedures, using reinforcement learning trained on high-quality data. It aims to optimize safety, reduce pulmonary complications, and improve outcomes. Its wide applicability, explainability, and environmental benefits position it to transform perioperative care and establish Austria as a leader in AI-driven healthcare.

Projektkoordinator

- Medizinische Universität Wien

Projektpartner

- DatenVorsprung GmbH