

HiELuVent

Highly Efficient Lung Ventilation

Programm / Ausschreibung	FinVn 22/23, Kooperationsstrukturen, Bridge Ausschreibung 2023	Status	laufend
Projektstart	01.10.2023	Projektende	30.09.2026
Zeitraum	2023 - 2026	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	Ventilation / Airflow lung / High frequency jet ventilation / Computational Fluid Dynamics		

Projektbeschreibung

Der kritisch kranke Patient entwickelt in vielen Fällen eine respiratorische Insuffizienz, bis hin zur schwersten Form, dem akuten Lungenversagen, welches mit sehr hoher Mortalität verbunden ist. Die mechanische Beatmung ist für viele Patienten lebensrettend, kann aber auch eine direkte Schädigung des Lungengewebes hervorrufen, aufgrund von unphysiologisch hohen Beatmungsdrücken und der Erzeugung von Scher- und Zugkräften, die an den Grenzflächen der Lungenbläschen zu Zerreißen und Entzündungsreaktionen führen. Das Konzept der überlagerten Hochfrequenz-Jetventilation (SHFJV) stellt eine Alternative zu weiteren Druckerhöhungen und dem damit einhergehenden Risiko von Komplikationen dar. SHFJV ist eine druckgetriebene Beatmungstechnik, die zwei Jetstreams mit unterschiedlichen Frequenzen gleichzeitig verwendet. Klinische Studien haben eine Verbesserung der Oxygenierung und Rekrutierung von Alveolarflächen bei hochfrequenter Beatmung gezeigt, der genaue Wirkmechanismus dieser Technik ist aber bisher nicht bekannt. Für eine weitere Verbesserung der Beatmungstechnik ist es essentiell, die Charakteristik der Gasströmung in den distalen Lungenabschnitten und mögliche Mechanismen, die zu einer raschen Rekrutierung von Alveolen führen, zu klären.

Ziel des Projektes HiELuVent ist es, unter Verwendung modernster numerischer (CFD) und experimenteller (μ 3D PIV) Methoden, die transiente Gasströmung und den Massentransport von der Trachea bis zu den Alveolen in einem Mehrskalenmodell zu modellieren und zu analysieren. Dabei werden die Expertisen der beiden involvierten Teams an der TU Wien zusammengeführt. Im Anschluss soll eine automatisierte Simulationsplattform (digitaler Zwilling - Digital Twin) für die Untersuchung der Auswirkung von Beatmungsparametern der Hochfrequenz-Jet-Ventilation auf das Strömungsverhalten und den Gasaustausch in der Lunge entwickelt werden. Ein GUI (Graphisches User Interface) soll dem Nutzer die einfache Eingabe der Randbedingungen (Einstellungen des Beatmungsgerätes wie Frequenz, Druck, Amplitude) und Auswahl einiger definierter Prozess- und Ausgabeparameter ermöglichen. Dabei sollen Einflussparameter wie Größenverhältnisse, betroffene Lungenareale und aktuelle Lungenmechanik (Compliance, Resistance) berücksichtigt werden, sodaß die Beatmungsmethode auf individuelle physiologische Parameter und Krankheitsbilder abgestimmt werden kann, mit dem Ziel, die Schädigungen und Mortalitätsraten bei der mechanischen Beatmung zu reduzieren.

Abstract

The critically ill patient in many cases develops respiratory insufficiency, up to the most severe form, acute respiratory

failure, which is associated with very high mortality. Mechanical ventilation is life-saving for many patients, but it can also cause direct damage to lung tissue, due to unphysiologically high ventilation pressures and the generation of shear and tensile forces that lead to rupture and inflammatory reactions at the interfaces of the alveoli. The concept of superimposed high-frequency jet ventilation (SHFJV) provides an alternative to further increases in pressure and the associated risk of complications. SHFJV is a pressure-driven ventilation technique that uses two jet streams at different frequencies simultaneously. Clinical studies have shown improvement in oxygenation and alveolar recruitment with high-frequency ventilation, but the exact mechanism of action of this technique is not yet known. For further improvement of the ventilation technique, it is essential to clarify the characteristics of gas flow in distal lung segments and possible mechanisms leading to rapid recruitment of alveoli.

The aim of the HiELuVent project is to model and analyze transient gas flow and mass transport from the trachea to the alveoli in a multi-scale model using state-of-the-art numerical (CFD) and experimental (μ /3D PIV) methods, an approach where we will combine competences from both TU Wien teams involved. Subsequently, an automated simulation platform (digital twin) will be developed for studying the effect of ventilation parameters of high-frequency jet ventilation on flow behavior and gas exchange in the lungs. A GUI (Graphical User Interface) shall allow the user to easily enter boundary conditions (ventilator settings such as frequency, pressure, amplitude) and select defined process and output parameters. Influencing parameters such as size ratios, affected lung areas and current lung mechanics (compliance, resistance) shall be taken into account, so that the ventilation method can be adapted to individual physiological parameters and clinical pictures, with the aim of reducing damage and mortality rates during mechanical ventilation.

Projektkoordinator

- Technische Universität Wien Institut für Konstruktionswissenschaften und Produktentwicklung

Projektpartner

- Carl Reiner GmbH