

5 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung der Beatmungsverfahren NRV und BIPAP mit Rampe hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Ventilation. Zu diesem Zweck wurden digitale und mechanische Simulationen beider Verfahren durchgeführt. Die mechanische Simulation an einem Lungenmodell erfolgte v.a. zur Validierung der Ergebnisse der digitalen Simulation, die auf Berechnungen der physikalischen und technischen Gegebenheiten und Abläufe basieren. Es wurden verschiedene Einstellungen mit unterschiedlichen Muskeldrücken und -anspannungszeiten, diversen oberen Assistenzdruckniveaus, verschiedenen Assistenzzeitverhältnissen, unterschiedlichen Rampenzeiten bei BIPAP mit Rampe, Veränderungen von Compliance und Resistance sowie Regelung auf den Atemwegsöffnungs- oder den Trachealdruck (bzw. ohne oder mit ATC) untersucht. Zur Analyse der Ergebnisse diente die Erfassung und Auswertung verschiedener beatmungstechnischer Parameter.

Zusammengefaßt lassen sich folgende Ergebnisse nennen:

1. Eine Vergrößerung des Mitteldrucks über die Zeit kann sowohl durch Zunahme der "Maschinenaktivitäten" (Assistenzdruck-Erhöhung, vergrößertes $THi:TLo$ -Verhältnis, halbe statt ganzer Rampenzeit, Tracheal- statt Atemwegsöffnungsdruck-Regelung) als auch der Patientenaktivitäten (Muskeldruck-Vermehrung, Muskelanspannungszeit-Verlängerung) verursacht werden und führt zu größeren Atemminutenvolumina sowie einer gesteigerten Gesamtarbeit.
2. Die Durchsetzungsmöglichkeit des Patienten gegenüber dem Respirator richtet sich, mit Ausnahme der Einstellungen mit Trachealdruck-Regelung, v.a. nach dem Arbeitsanteil des Patienten an der Gesamtarbeit.
3. Bei der Regelung auf den Trachealdruck bzw. der automatischen Tubuskompensation als deren rechnerische Entsprechung kommt es zu einer Verlagerung von Arbeitsanteilen des Patienten auf die Maschine und als Folge davon zu erhöhten Hub- und Atemminutenvolumina, einer gesteigerten Maschinen- sowie Gesamtarbeit.
4. Sowohl bei BIPAP mit Rampe als auch bei NRV führen steigende Muskeldrücke und längere Muskelanspannungszeiten zu einer größeren Patientenkontrolle über die Ventilation.
5. Bei BIPAP mit Rampe und bei NRV bedeutet ein höheres Assistenzdruck-Niveau eine geringere "Selbstbestimmung" des Patienten.
6. Im Modus BIPAP mit Rampe ergibt sich - im Gegensatz zum NRV-Modus - eine bessere Patientenkontrolle über die Ventilation bei einem $THi:TLo$ -Verhältnis von 2 : 1.
7. Die Near Relaxation Ventilation ermöglicht dem Patienten, v.a. bei Regelung auf den Trachealdruck, eine bessere Kontrolle über die Ventilation als BIPAP mit und ohne Rampe.

8. Sowohl bei NRV als auch bei BIPAP mit Rampe ist in allen Einstellungen mit mittelgroßen Assistenzdrücken ($P_{Hi} \geq 10$ mbar) schon bei geringen Muskeldrücken eine ausreichende Mindestventilation sichergestellt.
9. Im Gegensatz zu druckunterstützenden Verfahren wie PSV ist bei BIPAP, BIPAP mit Rampe und NRV bei akzeptablen Assistenzdrücken ($P_{Hi} \geq 15$ mbar) - selbst bei fehlenden Muskelaktivitäten - stets eine ausreichende Ventilation gesichert.
10. Bei NRV sind in vielen Einstellungen geringere Spitzenflüsse zu verzeichnen als bei BIPAP mit Rampe oder BIPAP.
11. Sowohl bei NRV als auch bei BIPAP mit Rampe steht bei Regelung auf den Trachealdruck dem Vorteil einer besseren Patientenkontrolle als Nachteil ein höherer Spitzenfluß gegenüber.
12. Zustände mit dynamischer Überblähung fallen bei NRV weniger ins Gewicht als bei BIPAP mit Rampe oder BIPAP, da die Differenz zwischen tatsächlichem Lungenvolumen und druckspezifischem Relaxationsvolumen bei NRV zu Inspirationsbeginn geringer ausfällt als bei BIPAP mit Rampe oder BIPAP.
13. Eine "Beschleunigung" des respiratorischen Systems aufgrund der Verkleinerung der Zeitkonstante τ durch Compliance-Abnahme oder Resistance-Verminderung führt wegen schnelleren Erreichens des Relaxationsvolumens zu einer Verringerung der dynamischen Überblähung.
14. In der Praxis ist eine Umsetzung der Zeitkonstanten-Verringerung zur "Beschleunigung" des respiratorischen Systems durch Verminderung der Resistance in Form der Regelung auf den Trachealdruck oder deren rechnerischer Entsprechung ATC möglich.
15. Auch eine - praktisch nicht sinnvolle - Compliance-Verminderung bewirkt aufgrund der Verringerung der Zeitkonstante τ eine deutlich größere Patientenkontrolle.
16. Die genannten Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß NRV eine vorteilhafte Kombination aus ausreichender Patientenkontrolle, garantierter Mindestventilation, moderaten Flüssen sowie limitierter dynamischer Überblähung darstellt.
17. In bezug auf den Patientenkomfort bei der Beatmung ist die Annahme zulässig, daß NRV - verglichen mit BIPAP und BIPAP mit Rampe - subjektiv als komfortabler empfunden wird.
18. Der NRV-Modus ist dem Modus BIPAP mit Rampe v.a. im Hinblick auf Patientenkontrolle, dynamische Überblähung und Patientenkomfort überlegen.
19. Zur Verifizierung des Nutzens von NRV für die Patienten sowie zur Ermittlung weiterer Parameter sind Studien am Menschen erforderlich.