

Thomas Frietsch
Dr. med.

Geboren am 09. 05. 1962 in Baden-Baden
Reifeprüfung am 18.06.1981 in Rastatt
Studiengang der Fachrichtung Humanmedizin vom SS 1984-WS 1990
Physikum an der Universität Heidelberg
Klinisches Studium in Heidelberg
Praktisches Jahr in Karlsruhe
Staatsexamen am 26. 10. 1990 an der Universität Freiburg

Promotionsfach: Anästhesiologie
Doktorvater: Prof. Dr. med. K. Wiedemann

KLINISCHE STUDIE ZUM STELLENWERT DER KAPNOMETRIE BEI DER STARREN BRONCHOSKOPIE UNTER HOCH-FREQUENZ-JET-VENTILATION (HFJV) IM VERGLEICH ZUM ARTERIELLEN CO₂-PARTIALDRUCK

1 Experimentelle Voruntersuchungen am Lungensimulator LS 800

1.1 Die Einstellung der HFJV

◆ Die Untersuchungen am LS 800 ergaben, daß mit dem verwendeten Jetgenerator (Assistojet, Fa. Medicommerz) in den gewählten Einstellungen $f= 100/\text{min}$, Arbeitsdruck 1,2 bar und dem I:E von 0,6 hohe Atemwegsdrücke normalerweise nicht zu erwarten sind. Die Überwachung des trachealen Drucks über einen zusätzlichen Gaskanal gibt den Alveolardruck befriedigend wieder, wenn er bifurkationsnah gemessen wird.

1.2 Die patientenassoziierten Einflüsse auf den Beatmungsdruck

◆ Die Leckage, hier unter gewählter HFJV- Einstellung mit kaum merklichen Einfluß auf den alveolären und trachealen Druck, war an diesem Modell nicht klinisch relevant einzustellen.

◆ Compliance und Resistance konnten die Druckverhältnisse nicht wesentlich beeinflussen. Das offene Beatmungssystem unter HFJV zur starren BRSK kompensiert Auswirkungen beider Parameter auf den Beatmungsdruck. Dies ermöglicht den Einsatz zur BRSK auch bei schwerer Lungenparenchym und -gerüsterkrankung.

1.3 Die Untersuchungseinflüsse bei der starren BRSK auf die HFJV

◆ Mit zunehmendem Abstand der Bronchoskopspitze von der Bifurkation der Trachea sank der Atemwegsdruck bei gleichbleibenden Ventilatoreinstellungen. Am Lungenmodell waren klinisch verwendete (tief einseitig bronchiale oder supralaryngeale) Brsk-Positionen nicht ausreichend zu simulieren.

◆ Die Instrumentation beeinflußt bei Verwendung des Brsk (ID 8,5 mm) (wie in der Patientenstudie) die Beatmungsdrücke nicht wesentlich.

◆ Das Brsk mit 6,5 mm ID wurde aufgrund der gefundenen Inspirationsbehinderung bei einer Lumenverlegung über 80% für die Patientenstudie ausgeschlossen.

2 Die Lagerungsstabilität der Blutgasproben in Eiswasser

Durch die praktizierte Lagerung der Blutgasproben entstand eine Möglichkeit für eine Fehlanalyse. Die lagerungsbedingte Abweichung vom Ausgangswert war für den PaCO₂ im MW -1,89 +/- 0,9 mmHg und nahm über 7 Stunden nicht wesentlich zu. Für den PaO₂ ergab sich eine lagerungsbedingte Veränderung des sofort analysierten Partialdrucks von 17,49 +/- 10,8 mmHg über eine Dauer von 7 Stunden. Bei der Lagerungsdauer von nur 90 min in der Studie ist die Abweichung für den PaCO₂ somit vernachlässigbar und für den PaO₂ gering .

3 Gaswechsel bei HFJV am Patienten

3.1 Oxigenierung

◆ Normoxie: Unter der HFJV mit einer F_jO₂ von 0,99 betrug der PaO₂ im Mittelwert bei allen Patienten 97.9 +/- 3,1 mmHg. Eine Steigerung des PaO₂ unter HFJV gegenüber dem Wert unter Spontanatmung von 165% konnte zu allen Zeitpunkten erreicht werden.

◆ Hypoxie: Die wenigen Momente der unzureichenden Oxigenierung (24 von insgesamt 655 Messungen, 0,2 % aller PaO₂) waren durch das endoskopische Manöver oder dessen Folgen bedingt. Bei einer HFJV mit einer F_jO₂ (des Jetgenerators) von 0,99 ließ sich mit der Verabreichung eines O₂-Zusatzeinstroms (über den Seitarm des Bronchoskops) die effektive FiO₂ erhöhen. In dieser Studie war nicht untersucht worden, wie oft Hypoxämien ohne dieses Manöver auftraten.

◆ Hyperoxämie: Sie trat unter HFJV von einem PaO₂ über 300 mmHg in 294 Fällen von 655 Meßzeitpunkten, also in 44,9 % auf. Sie wurde bewußt in Kauf genommen, da die weitgehende Auffüllung der funktionalen Residualkapazität mit Sauerstoff einen Puffer für längere untersuchungsbedingten Phasen der Apnoe oder Hypoventilation bildet. Pulmonale Gewebeschädigung, Resorptionsatelektasen oder zerebrale Krampfanfälle wurden nicht beobachtet. Hyperoxämie war für die maximal 90 minütige Untersuchung unter HFJV ohne nachweisbaren schädlichen Einfluß.

3.2 CO₂-Elimination

◆ Die Fähigkeit der HFJV, CO₂ auszuwaschen, konnte zur Beurteilung der Ventilationsgüte herangezogen werden. Absolute Hypoventilation (PaCO₂ - Anstieg über 45 mmHg) trat in 22,15 % aller Meßzeitpunkte auf, relative Hypoventilation (PaCO₂ - Anstieg um über 20%) unter HFJV trat untersuchungsbedingt in 9,45 % aller Meßzeitpunkte auf. 7 % der Patienten hatten bereits unter Spontanatmung einen eingeschränkten Gasaustausch mit einem PaCO₂ über 45 mmHg. Die auftretende Hypoventilation war in 85% durch Apnoephasen, Umintubationen und Okklusion des Bronchoskops bedingt. Somit war die ungestörte HFJV auch bei einem Kollektiv mit schweren Gasaustauschstörungen zur Beatmung geeignet.

◆ Die zum Teil erhebliche Hyperventilation unter einen PaCO₂ von 22,5 mmHg demonstrierte die Effektivität der HFJV hinsichtlich des Gaswechsels. Erwähnte Hyperventilation trat unter festgelegten Studienbedingungen auf. Erhöhungen des PaCO₂ von über 20 % des Ausgangswerts unter Spontanatmung traten nur in 0,1% aller PaCO₂ auf. Eine moderate Hyperventilation stellt eine Reserve für endoskopische Ventilationbeeinträchtigungen dar. Die CO₂-Auswaschung unter 20 mmHg gilt es im klinischen Alltag durch eine geregelte Einstellung der HFJV zu vermeiden.

◆ Das Verhältnis der Ventilation zur Perfusion wurde anhand des Vergleichs der arterio-endtidalen Gaspartialdrücke zur Beurteilung der Ventilationsgüte herangezogen. Die HFJV konnte die arterio-endtidale Differenz über eine Dauer bis 70 min konstant unter 5 mmHg halten (s.u.).

3.3 Bewertung von Einflußfaktoren auf die HFJV

◆ Bei 23 Patienten lag eine pulmonale Obstruktion mit einer FeV_1 von $< 60\%$ der Vitalkapazität vor. Sie hatte auf die untersuchten Parameter wie PaO_2 , $PaCO_2$, Korrelation des $PaCO_2$ zu $PetCO_2$ und $a-etDCO_2$ keinen signifikanten Einfluß.

Daß die Gasentnahme mittels Single Breath die bessere Meßmethode beim Kollektiv mit schwerer pulmonaler Obstruktion darstellt, konnte nicht gezeigt werden (s.u.).

◆ Die Einflüsse der anthropomorphen Größen waren angesichts der bronchoskopischen Untersuchungsbedingungen als nicht relevant zu betrachten. Hier sind weiterführende Studien nötig.

4 Kapnographie bei HFJV

◆ Die Praktikabilität der Kapnographie konnte auch unter HFJV demonstriert werden. Die Nutzung des Gasleiters im Bronchoskop war einfach. Die Ventilationsgüte konnte ausreichend genau beurteilt werden.

◆ Die Abweichungen von der Normokapnie wurden in 98,4 % als aberrierend erkannt. Nur in 6,5% wurden aktuelle Partialdrücke im normokapnischen Bereich in der Kapnographie als falsch (niedrig oder hoch) angegeben. Dies war für die Methode des Single Breath mit 13,5 % falsch und 89,9 % richtig erkannt, für den nicht obstruktiven Patienten mit einer $FeV_1 > 40\%$ nicht signifikant besser, für den obstruktiven ($FeV_1 < 40\%$) aber tendentiell deutlicher, statistisch jedoch ebenfalls nicht signifikant. Die Grundeinstellung der HFJV wurde allerdings in der vorliegenden Studie nicht verändert, um andere Faktoren des Gaswechsels untersuchen zu können. Bei dieser ausreichenden Sensitivität und Spezifität könnte mit hoher Wahrscheinlichkeit die Einstellung der HFJV richtig korrigiert werden.

5 Überwachung des Gaswechsels bei HFJV durch Kapnographie

◆ Die arterio-enttidale Differenz des PCO_2 ($a-etDCO_2$), bei Mensch und Tier unter verschiedensten Bedingungen normal von 2-5 mmHg, konnte in der vorliegenden Studie zur Beurteilung der Ventilationsgüte herangezogen werden. Sie blieb unter der vorgestellten HFJV und bis zu einen Beatmungszeitraum von 90 min unter 4,75 mmHg. Intermittierend Blutgasanalysen sind, allerdings in deutlich verminderter Frequenz als ohne Kapnographie, bei langen Beatmungsperioden weiterhin nicht verzichtlich.

◆ Einschränkend bleibt die Diskontinuierlichkeit der Messung unter HFJV. Sie erfordert einerseits regelmäßige und bei klinischen Hinweisen zusätzliche Messungen.