

Fallbeispiel 8: PSV: Einfluss der Druckanstiegsgeschwindigkeit auf den Verlauf von Fluss und Druck

Fallbeschreibung

64-jähriger Patient, KOF 1,95 m², nach aortokoronarer Bypassoperation. Untersuchung wenige Stunden nach Operation.

Endotrachealtubus:	Innendurchmesser 8,5 mm, Länge 26 cm
Beatmungsgerät:	Evita 1
Ventilation:	PSV (Evita: ASB); inspiratorische Druckunterstützung: 12 mbar über PEEP; inspiratorischer Fluss-trigger: 33 ml/s; inspiratorische Druckanstiegsgeschwindigkeit: variabel, s. Abbildungen; Af: 12/min; V _T : 0,56 l; V _E : 7 l/min; ⇒ p _a CO ₂ : 6,2 kPa (46,5 mmHg)
Oxygenierung:	F _I O ₂ : 0,40; PEEP: 5 mbar; ⇒ p _a O ₂ : 24,2 kPa (181,5 mmHg)

Beschreibung der Kurven und Schleifen

Fluss-Zeit-Kurve

Abbildungen 17-22 und 17-23 jeweils oben: Die Flusskurven bei schneller und langsamer Druckanstiegsgeschwindigkeit unterscheiden sich bei diesem Patienten erkennbar voneinander. Während der Inspiration ist der Verlauf des Flusses bei rascher Druckanstiegsgeschwindigkeit (Abb. 17-22) nicht weiter auffällig, es zeigt sich lediglich eine kurze Inspirationszeit mit einem inspiratorischen Spitzenfluss von 0,78 l/s. Bei langsamer Druckanstiegsgeschwindigkeit (Abb. 17-23) ist die maximale Flussrate nur noch 0,58 l/s, und die Flusskurve zeigt beim inspiratorischen Maximum die typischen sägezahnartigen Schwingungen.

Expiratorisch kommt es (unabhängig von der Druckanstiegsgeschwindigkeit) zu einer dynamischen Volumenretention mit „intrinsic“ PEEP, da die nachfolgende Inspiration bereits zu einem Zeitpunkt beginnt, an dem der expiratorische Fluss noch nicht den Wert Null erreicht hat.

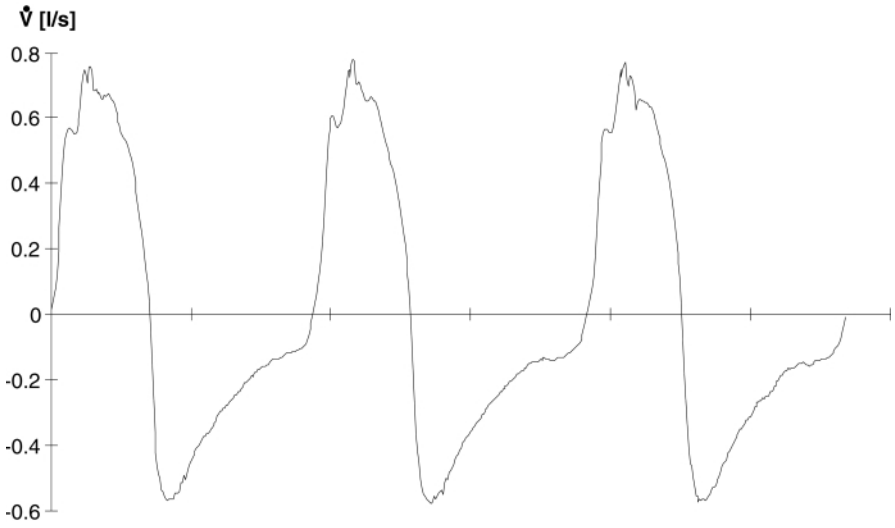


Abb. 17-22 oben

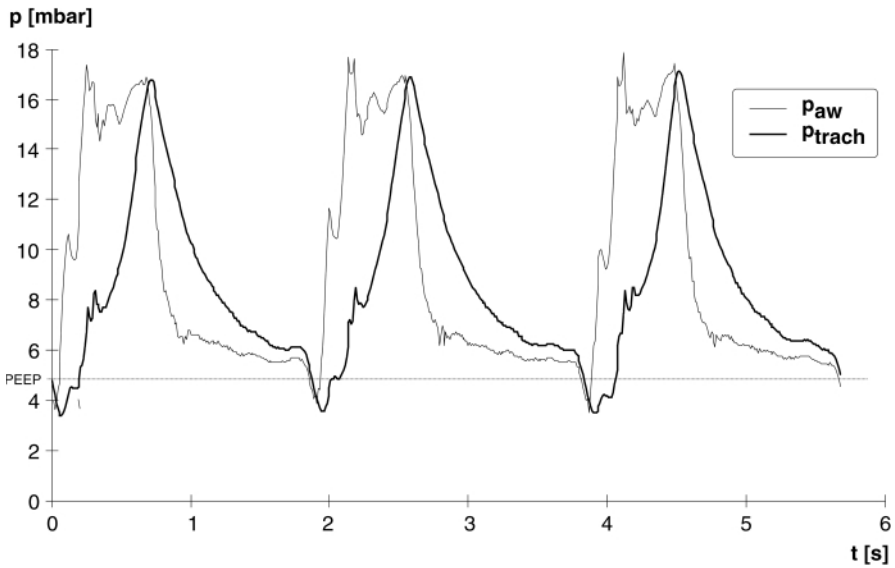


Abb. 17-22 unten

Druck-Zeit-Kurven

Abbildungen 17-22 und 17-23 jeweils unten: Bei einer raschen Druckanstiegsgeschwindigkeit von 12 mbar in 0,20 s (Abb. 17-22) steigt der Atemwegsdruck in der frühen Inspiration rasch an und erreicht bereits nach rund 260 ms die voreingestellte Druckunterstützung von 12 mbar über PEEP (=17 mbar). Bei einer langsameren Druckanstiegsgeschwindigkeit von 12 mbar in 0,80 s (Abb. 17-23) steigt der Atemwegsdruck entsprechend langsamer bis zum voreingestellten Wert von 12 mbar über PEEP an, wobei dieser Wert erst ganz am Ende der Inspiration erreicht wird.

Die Druckanstiegsgeschwindigkeit hat einen Einfluss auf den Verlauf des Trachealdrucks. Dieser Einfluss ist umso entscheidender, je heftiger der Patient einzuatmen versucht. Wenn der Patient heftig einatmet, kommt es – infolge des dann hohen Gasflusses – zu einem ebenso starken Druckabfall über dem Tubus. Deshalb sinkt der Trachealdruck unter PEEP ab, obwohl gleichzeitig der Atemwegsdruck durch die vom Beatmungsgerät gelieferte Druckunterstützung ansteigt.

Erfolgt die vom Beatmungsgerät gelieferte Druckunterstützung langsam (langsame Druckanstiegsgeschwindigkeit, Abb. 17-23), fällt der Trachealdruck umso mehr unter PEEP-Niveau ab, und der Patient muss in vermehrtem Maße zusätzliche (durch den Widerstand des Endotrachealtubus verursachte) Atemarbeit leisten. Erfolgt die vom Beatmungsgerät gelieferte Druckunterstützung schnell (rasche Druckanstiegsgeschwindigkeit, Abb. 17-22), fällt der Trachealdruck weniger unter PEEP-Niveau ab, und der Patient muss in geringerem Maße zusätzliche Atemarbeit leisten.

Man beachte die unterschiedliche Inspirationsdauer: Bei einer raschen Druckanstiegsgeschwindigkeit ist diese kürzer als bei einer langsameren Druckanstiegsgeschwindigkeit.

Während der Expiration fällt der Trachealdruck im Vergleich zum Atemwegsdruck langsamer auf PEEP-Niveau ab. Dies kann als Hinweis auf eine expiratorische Flussbehinderung gewertet werden, insbesondere, da der Gasfluss am Ende der Expiration nicht den Wert Null erreicht (Hinweis auf das Vorliegen von „intrinsic“ PEEP oder von dynamischer Hyperinflation). Diese expiratorische Flussbehinderung kommt hauptsächlich durch den expiratorischen Widerstand des Endotrachealtubus zustande, was am unterschiedlichen Verlauf von Atemwegs- und Trachealdruck ersichtlich ist. Die Tatsache, dass auch der Atemwegsdruck bis zum Ende der Expiration das PEEP-Niveau nicht ganz erreicht, ist ein Hinweis darauf, dass neben der Flussbehinderung durch den Endotrachealtubus auch eine Flussbehinderung durch den Strömungswiderstand der Atemwege (Resistance) des Patienten vorliegt.

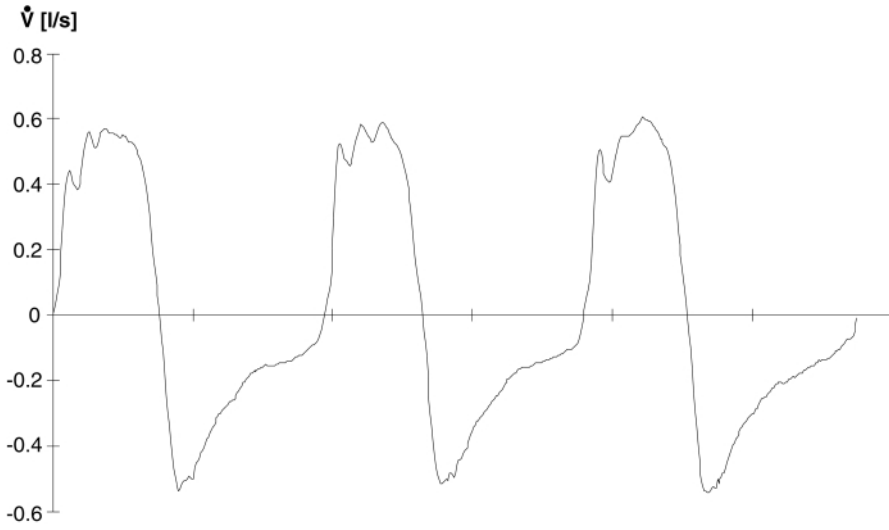


Abb. 17-23 oben

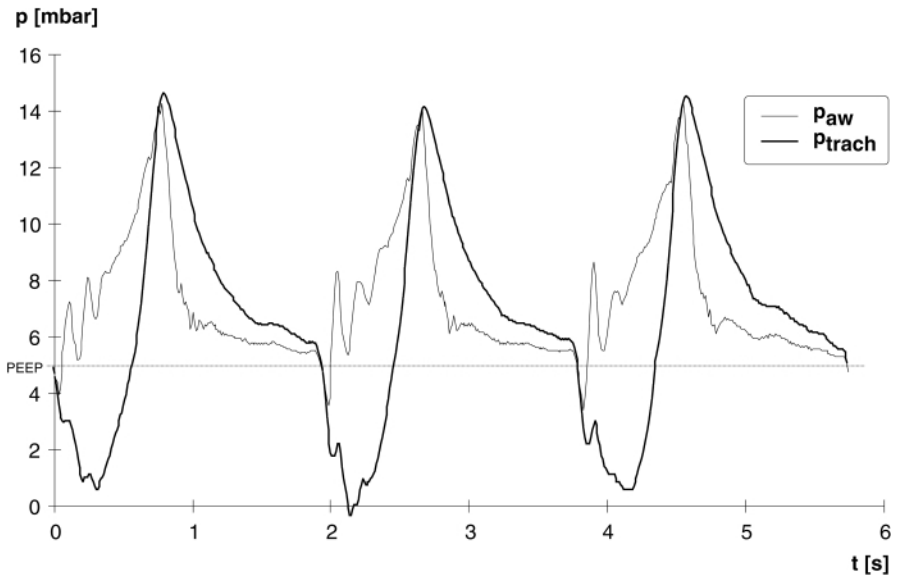


Abb. 17-23 unten

Druck-Volumen-Schleifen

Abbildungen 17-24 und 17-25: Bei der raschen Druckanstiegsgeschwindigkeit (Abb. 17-24) erreicht der Atemwegsdruck (*dünne Linie*) bereits nach rund 100 ml inspiriertem Volumen die voreingestellte Druckunterstützung von 12 mbar über PEEP (=17 mbar). Der Trachealdruck (*fette Linie*) verläuft nur während der ersten 100 ml unter PEEP-Niveau (links der PEEP-Linie). Dementsprechend ist die zusätzliche, durch den Widerstand des Endotrachealtubus bedingte Atemarbeit klein. Die restlichen 350 ml dieses Atemzugs erhält der Patient mit wirksamer Unterstützung durch das Beatmungsgerät.

Bei der langsamen Druckanstiegsgeschwindigkeit (Abb. 17-25) erreicht der Atemwegsdruck die voreingestellte Druckunterstützung erst am Ende der Inspiration. Der Trachealdruck verläuft während der ersten 300 ml des Atemzugvolumens von insgesamt 350 ml unter PEEP-Niveau (links der PEEP-Linie). Das bedeutet, dass der Patient erhebliche zusätzliche Atemarbeit infolge des Tubuswiderstands leisten muss. Effektiv wird der Patient vom Beatmungsgerät nur während den letzten 50 ml des Atemzugs unterstützt, dann nämlich, wenn der Trachealdruck oberhalb des PEEP-Niveaus (rechts der PEEP-Linie) verläuft.

Konsequenzen für die Beatmung

Es gibt keinen vernünftigen Grund, im Modus PSV nicht eine möglichst rasche Druckanstiegsgeschwindigkeit zu wählen, um die zusätzliche, tubusbedingte Atemarbeit für einen spontanatmenden Patienten möglichst klein zu halten. Die gefürchteten Drucksprünge, wie sie beim Atemwegsdruck bei rascher Druckanstiegsgeschwindigkeit erfolgen, treten – wenn überhaupt – auf Trachealdruckniveau weniger deutlich auf. Dies deshalb, weil der Tubuswiderstand einen Drucksprung des Trachealdrucks teilweise verhindern kann: Je höher der Drucksprung, desto höher die Flussrate und desto größer der flussabhängige Tubuswiderstand.

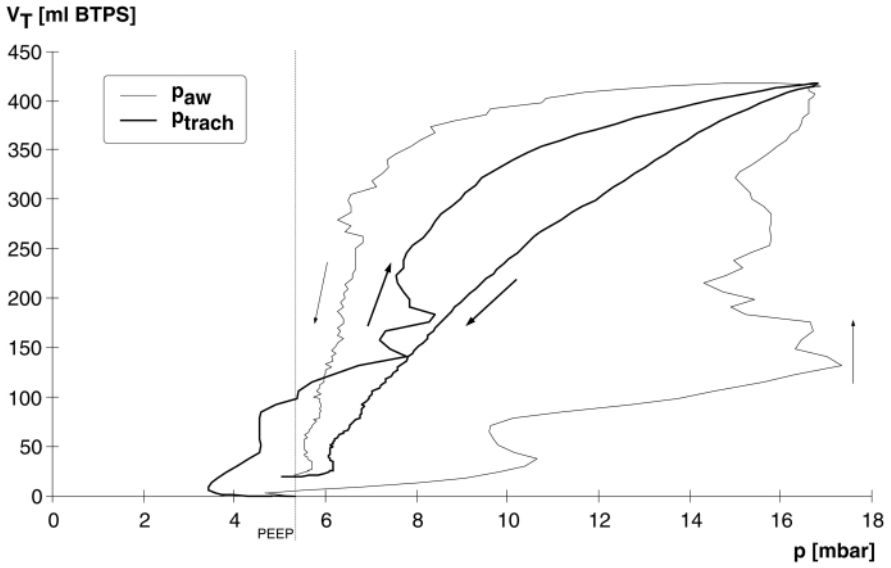


Abb. 17-24

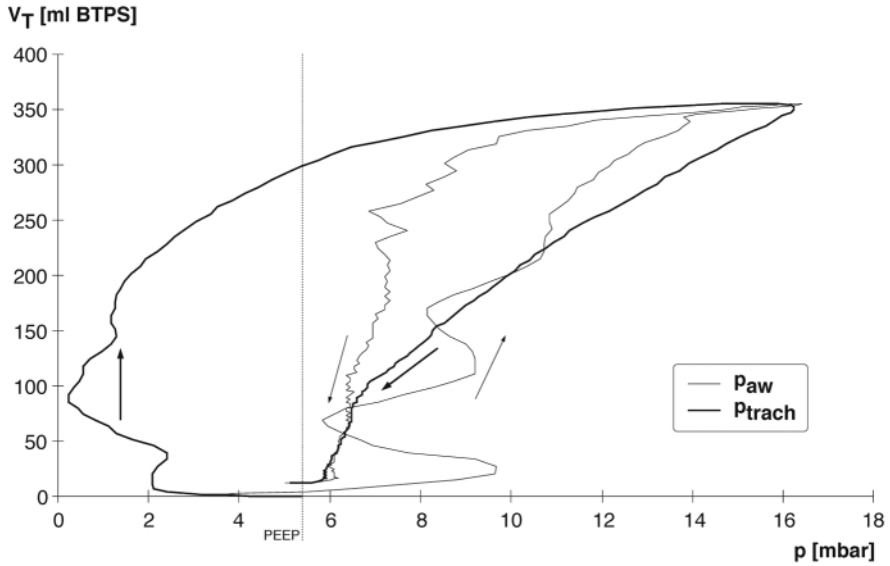


Abb. 17-25