



Beatmungsmodi verstehen und vergleichen

Kronberger Liste der Beatmungsmodi

Vorwort	3
Vergleichstabelle Parameter	6

Volumenkontrollierte Beatmungsmodi

VCV	8
PLV	10
VC-SIMV	12
Optionales VCV	14
Flexibles VCV	16

Druckkontrollierte Beatmungsmodi

PCV	18
BiLevel	20
BiLevel ST	22
Mand. BiLevel	24
PC-SIMV	26
PC-APRV	28
Optionales BiLevel	30

Spontane Beatmungsmodi

CPAP	32
PSV	34
Dynamisches PSV	36
Proportionales PSV	38
HFOT	40

Hybride Beatmungsmodi

Dynamisches BiLevel	42
Duales BiLevel	44
Flexibles BiLevel	46
Volumenadaptives BiLevel	48
Dynamisches BiLevel ST	50
Duales BiLevel ST	52

Closed-Loop-Beatmungsmodi

(IntelliVent-) ASV	54
SmartCare	56
Automode	57

Messwerte, Indizes

RCexp: Expiratorische Zeitkonstante	58
P01: Okklusionsdruckmessung	59
RSBI: Rapid Shallow Breathing Index	60
MIP: Maximum Inspiratory Pressure	61
PEEPi (intrinsischer PEEP)	62

Vorwort

Die meisten Versuche, eine einheitliche Beatmungssystematik zu finden, sind gescheitert. Gerade eine einfache Zuordnung nach den Kategorien „spontan“, „druckkontrolliert“ oder „volumenkontrolliert“ werden insbesondere modernen Beatmungsmodi wie Dynamisches BiLevel oder Closed-Loop-Modi wie IntelliVent-ASV nicht gerecht. Eine solche Nomenklatur ist somit kaum geeignet, dass der Anwender die klinische Eignung einordnen kann. Im Bemühen, für den Leser geeignete Kategorien zu finden, wurde folgendes Cluster gewählt:

Volumenkontrollierte Beatmungsmodi

Bei der volumenkontrollierten Beatmung wird das eingestellte Tidalvolumen (Atemzugvolumen) unabhängig der Atemwiderstände oder der Dehnungsfähigkeit der Lunge appliziert. Die Beatmungsdrücke ergeben sich nach der aktuellen Resistance und der Compliance.

Druckkontrollierte Beatmungsmodi

Bei der druckkontrollierten Beatmung wird ein konstantes Druckniveau für die Inspiration (P_{insp}) gewählt. In Abhängigkeit der Compliance ergibt sich das applizierte Tidalvolumen.

Spontane Beatmungsmodi

Zur Unterstützung einer noch nicht ausreichenden Spontanatmung unterstützen spontane Beatmungsmodi das Offenhalten der Alveolen oder reduzieren die erhöhte Atemarbeit des Patienten.

Hybride Beatmungsmodi

Als Weiterentwicklung der druckkontrollierten Beatmung kombinieren hybride Beatmungsmodi die bekannten Vorteile von druckkontrollierten Beatmungsformen mit den Vorzügen einer volumenkonstanten Beatmung. Dabei definieren die Anwender über die Einstellparameter ein sicheres Fenster, innerhalb dessen sich die Druckniveaus selbständig an die jeweiligen Veränderungen anpassen können.

Closed-Loop-Beatmungsmodi

Unter Closed-Loop-Modi können Beatmungsformen zusammengefasst werden, welche sich durch komplexe Algorithmen oder unterschiedliche Einflusskriterien selbständig an die aktuelle Patientensituation anpassen können.

Den Autoren ist bewusst, dass sich ähnliche Beatmungsformen oft in kleinen Details unterscheiden. Gleichfalls können auch Beatmungsformen durch Einstellung der Parameter (z.B.: PSV mit Druckunterstützung von 0 = CPAP) modifiziert werden. Im Sinne der Vergleichbarkeit wurden diese Details aber sorgfältig abgewogen, sowie gewertet, und dann den entsprechenden Kategorien zugeordnet. Wir bedanken uns für die Unterstützung des RespiCode Trainings- und Simulationszentrums Karlsruhe und der Firmen Salvia medical und Heinen & Löwenstein.

Karlsruhe, im Januar 2016
Peter Kremeier, Christian Woll

Vergleichstabelle: Parameter

Prozentualer Anteil des inspiratorischen Sauerstoffangebotes	O ₂	FI _O ₂	Sauerstoff
Inspirationszeit von mandatorischen Modi. In Kombination mit der Atemfrequenz ergibt sich das Atemzeitverhältnis (I:E) und die Expirationszeit. Zusammen mit der Atemfrequenz beeinflusst die Inspirationszeit den Beatmungsmitteldruck.	T _{insp}	T _i	T hoch
Höhe des oberen Druckniveaus aufbauend auf dem PEEP	P _{insp}	IPAP	P _i
Eingestellte Druckunterstützung aufbauend auf dem PEEP-Niveau	PS	ASB	Psupport
Das Tidalvolumen ist das eingestellte Volumen, das pro Atemhub appliziert werden soll.	TV	VT	
Als Bias-Fluss ermöglicht der Byflow die Entnahme des eingestellten Triggerflows und stellt gleichzeitig eine Art „Flowreservoir“ für den spontanatmenden Patienten dar. Die Byflow-Funktion ist in allen Beatmungsmodi verfügbar. Die Einstellung kann erhöht werden, wenn das dynamische Verhalten des Geräts während oder nach einer Triggerung bei ungeblochten Tuben unbefriedigend ist oder eine CO ₂ -Rückatmung beim Einsatz eines Beatmungshelmes verhindert werden soll.	Byflow	Basisflow	Flowby

Umschaltkriterium für die Expiration von druckunterstützenden Modi. Der druckunterstützte Beatmungshub wird beendet, wenn der Flow zum Patienten (gemessen in Prozent des höchsten PS-Flows) auf den vorgegebenen PS-Endflow zurückfällt.	PS End-flow	E_{SENS}	ETS
Sicherheitseinstellung für druckunterstützende Modi: maximale Dauer der inspiratorischen Phase für die Druckunterstützung, wenn die Umschaltung durch die PS Endflow-Einstellung nicht erfolgt	PS TI max	Timax	
Mit dem „Volumen Support“ wird der Umfang der Kompensation der Compliance eingestellt. Die Druckunterstützung ist proportional zum inspiratorischen Atemzugvolumen.	Volume support	Volumen Assist	VA Max
Mit dem Flow Support wird der Umfang der Kompensation der Compliance eingestellt. Die Druckunterstützung ist proportional zum Flow.	Flow Support	Flow Assist	FA Max
Weaningindikator. Gemessen wird die maximale Einatemanstrengung eines Patienten nach vorheriger Ausatmung während einer verlängerten Expiration	MIP	NIF	