

T. Humpl¹ · P. Heister¹ · P.-P. Kleemann² · W. Wagner³ · F.X. Schmid⁴ · R.G. Huth¹ · D. Schranz¹

¹ Kinderklinik, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

² Klinik für Anästhesiologie, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

³ Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

⁴ Klinik für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

Verschuß einer Gaumenspalte bei einer Patientin mit Ebstein-Anomalie unter Hochfrequenzoszillationsbeatmung

Zusammenfassung

Hintergrund: Es wird über den zunächst nicht erfolgreichen Versuch der konventionellen Beatmung während eines kieferchirurgischen Eingriffs bei einer Patientin mit Ebstein-Anomalie berichtet. Verminderter pulmonaler Blutfluß und entsprechend verminderter linksventrikulärer Auswurf führten zu einer arteriellen Hypotonie mit Sauerstoffsättigungsabfall. Unter Spontanatmung normalisierte sich der kritische Zustand rasch.

Operation: Der Einsatz eines Hochfrequenzoszillationsbeatmungsgeräts (SensorMedics 3100A) mit gleichbleibendem mittlerem Atemwegsdruck und Vermeiden inspiratorischer Spitzendrücke ermöglichte 2 Jahre später eine adäquate Ventilation und Oxygenierung der Patientin, so daß die Operation durchgeführt werden konnte.

Schlüsselwörter

Hochfrequenzoszillationsbeatmung · Hämodynamik · Ebstein-Anomalie · Gaumenspalte

Der Einfluß der Atmung, insbesondere der maschinellen Beatmung, auf die Hämodynamik ist aus Physiologie und Intensivmedizin bekannt [9, 19]. Vom kardial und pulmonal gesunden Menschen werden die während der maschinellen Beatmung entstehenden größeren Druckunterschiede normalerweise kompensiert.

Es wird über eine Patientin mit Ebstein-Anomalie [10] berichtet, bei der in Intubationsnarkose eine operative Korrektur einer Gaumenspalte vorgesehen war. Der erste Versuch, diesen Eingriff unter Anästhesie mit konventioneller Beatmung durchzuführen, mißlang. Eine arterielle Hypotonie mit konsekutivem Sauerstoffsättigungsabfall führten zum Narkoseabbruch. Unter einer Hochfrequenzoszillationsbeatmung konnte die Operation zu einem späteren Zeitpunkt komplikationslos durchgeführt werden. Nach der uns zugänglichen Literatur wurde ein operativer Eingriff unter Hochfrequenzoszillationsbeatmung bei Patienten jenseits der Säuglingsperiode bisher noch nicht beschrieben.

Kasuistik

Anamnese

Die Patientin wurde in Kasachstan mit einer Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte geboren. Der Verschuß der Lippenspalte erfolgte im Heimatland im 1. Lebensjahr. Während der Allgemeinnarkose

kam es nach Angaben der Mutter der Patientin zu einem nicht geklärten Herz-Kreislauf-Stillstand mit erfolgreicher Reanimation. Der Eingriff wurde in Lokalanästhesie beendet.

Im Alter von 7 Jahren wurde die Patientin – bei bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht abgeklärtem Herzgeräusch – zur Diagnostik und zum operativen Verschuß der Gaumenspalte aus einem auswärtigen Krankenhaus unserem Klinikum zugewiesen.

Körperlicher Untersuchungsbefund

Das Mädchen war blass, mit einer geringen Zyanose der Lippen, Uhrglasnägel an allen Fingern und Zehen. Es bestand eine deutliche linksseitige Gaumenspalte. Cor: 3/6 Systolikum mit p.m. über dem 3. ICR links parasternal, Blutdruck 125/90 mm Hg.

Echokardiographie

Es wurde eine Ebstein-Anomalie mit atrialisiertem rechtem Ventrikel gefunden. Es bestanden eine Trikuspidalinsuffizienz Grad III, ein sehr hoch im Ventrikel inserierendes septales Segel, ein elongiertes anteriores Segel, sowie ein Aneurysma am Septum membranosum beim Zustand nach Spontanverschuß eines Ventrikelseptumdefekts.

Dr. T. Humpl
Universitäts-Kinderklinik Mainz,
Langenbeckstraße 1, D-55101 Mainz

T. Humpl · P. Heister · P.-P. Kleemann
W. Wagner · F.X. Schmid · R.G. Huth
D. Schranz

Closure of a cleft palate in a patient with Ebstein's anomaly under high-frequency oscillatory ventilation

Summary

Background: We report on the unsuccessful attempt to put a young patient with Ebstein's anomaly on conventional ventilation for maxillofacial surgery. Reduced pulmonary bloodflow and cardiac output were followed by arterial hypotension and reduction of oxygen saturation. Spontaneous breathing without positive pressure ventilation normalized of the hemodynamic situation. **Operation:** Two years later, using a high-frequency oscillatory ventilator (SensorMedics 3100A), with relatively constant intrathoracic pressures and avoidance of high inspiratory pressures, the patient was adequately ventilated and oxygenated during the operation.

Key words

High-frequency oscillatory ventilation · Cardiopulmonary interactions · Ebstein's anomaly · Cleft palate

Herzkatheteruntersuchung in Spontanatmung

Es wurden ein Rechts-links-Shunt auf Vorhofebene von 23%, normale rechtsseitige bzw. pulmonalarterielle Drücke und kein Ventrikelseptumdefekt gefunden.

Therapie und Verlauf

Bei leichter Zyanose mit 90% Sauerstoffsättigung bedingt durch den Rechts-links-Shunt auf Vorhofebene, stabilen Kreislaufverhältnissen und subjektivem Wohlbefinden wurde auf eine kardiochirurgische Korrektur der Ebstein-Anomalie verzichtet.

Nach Einleitung der Narkose mit Etomidat, Fentanyl und Suxamethonium kam es nach Intubation unter kontrollierter Beatmung – bei am konven-

tionellen Beatmungsgerät bestimmten Spitzendrücken von 20 cm H₂O (mittlerer Atemwegsdruck 9 cm H₂O, positiver endexpiratorischer Druck 1 cm H₂O) – zu einem pulsoxymetrisch gemessenen Abfall der Sauerstoffsättigung auf 72%, obwohl die Sauerstofffraktion im Einatemungsgemisch umgehend von 0,4 auf 1,0 angehoben wurde. Abbildung 1 zeigt einen deutlichen Blutdruckabfall, der bei adäquatem präoperativem Volumenersatz nicht in Zusammenhang mit einer latenten Hypovolämie bzw. den injizierten Medikamenten gebracht werden konnte. Unter Spontanatmung – durch den Tubus – unter 100% Sauerstoff wurde eine pulsoxymetrische Sauerstoffsättigung von 96% gemessen. Bei Raumluft (21% Sauerstoff) wurden die auch präoperativ erreichten 90% Sauerstoffsättigung bestimmt, von einer Fortsetzung des Eingriffs jedoch abgesehen.

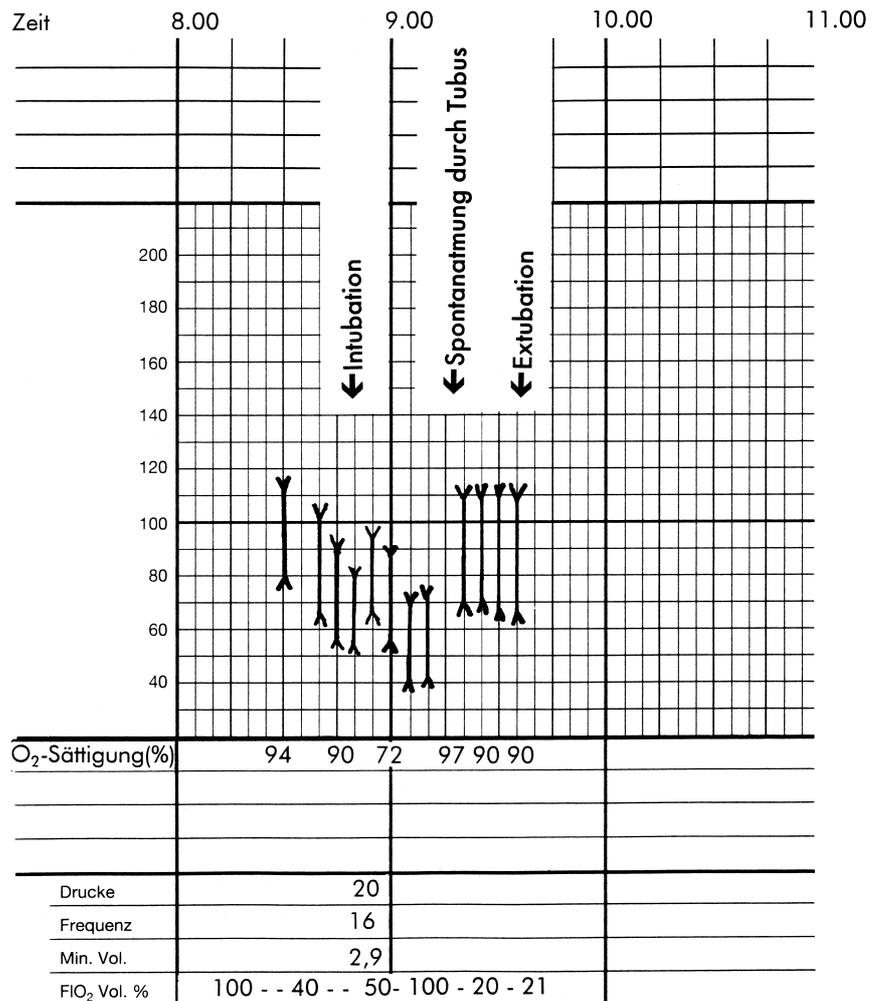


Abb. 1 ▲ Narkoseprotokoll unter konventioneller Beatmung (intermittierende Überdruckbeatmung), vereinfacht dargestellt

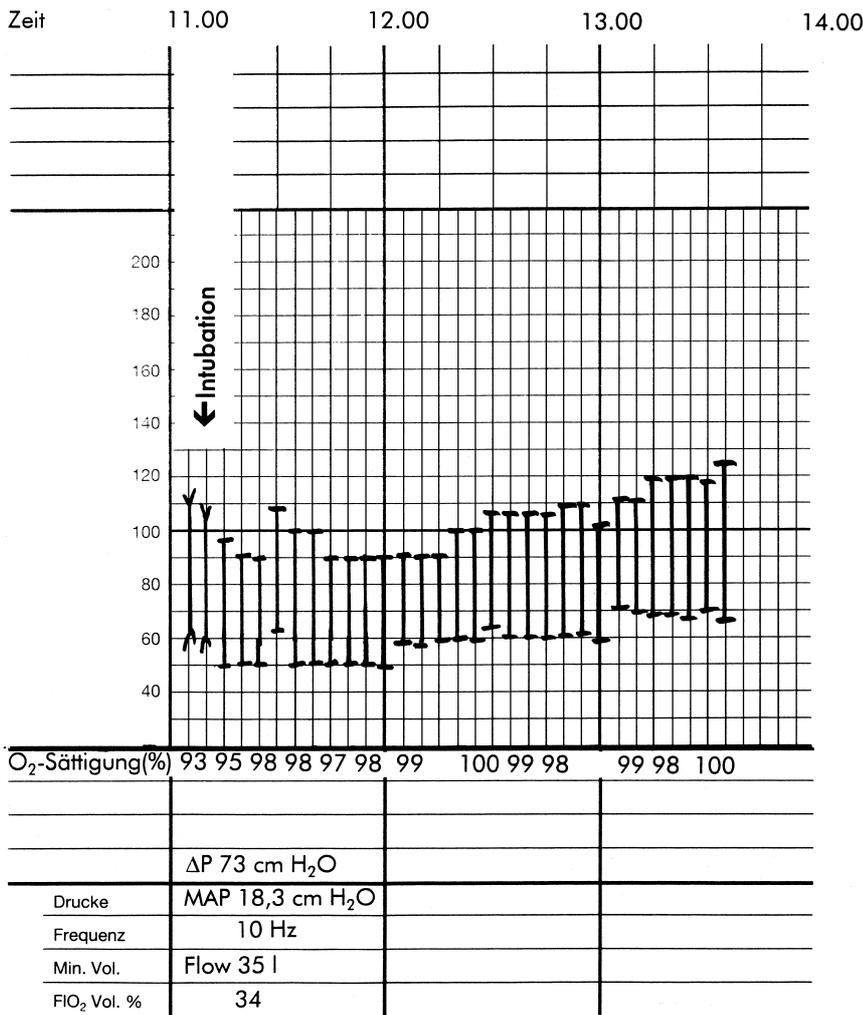


Abb. 2 ▲ Narkoseprotokoll unter Hochfrequenzoszillationsbeatmung, vereinfacht dargestellt

Die nicht begonnene kieferchirurgische Operation konnte 2 Jahre später nach Zulassung und Beschaffung eines Hochfrequenzoszillationsbeatmungsgeräts (SensorMedics 3100A) ohne Komplikationen durchgeführt werden. Nach fiberoptischer Intubation der 9 Jahre alten Patientin – ohne Verwendung von Muskelrelaxanzien zur Einleitung oder Narkoseführung (Fentanyl, Ketamin und Midazolam) – wurden bei einem am Hochfrequenzoszillationsbeatmungsgerät (proximal des Tubus) gemessenen mittleren Atemwegdruck von 18,3 cm H₂O, einer Inspirationszeit von 33%, einer Frequenz von 10 Hz, einer Amplitude von 73 cm H₂O und einer Sauerstofffraktion von 0,34 eine adäquate Oxygenierung und Ventilation bei stabilen Kreislaufverhältnissen erreicht (Abb. 2).

Diskussion

Kinder und Erwachsene mit nicht korrigierten kongenitalen Herzfehlern bedürfen hinsichtlich der Narkoseführung und der intensivmedizinischen Betreuung besonderer Aufmerksamkeit: Arrhythmie, paradoxe Embolie (venoarterielle Kurzschlüsse), reduzierte pulmonale Perfusion bei ventrikulärer Dysfunktion sowie Gerinnungsstörungen zählen zu den häufigsten Komplikationen [4, 5]. Von besonderem klinischem Interesse ist die Interaktion von Atmung bzw. maschineller Beatmung und Hämodynamik [1, 16]. Im Gegensatz zur Spontanatmung mit Erzeugung eines Unterdrucks in der Inspirationsphase wird bei der während der Allgemeinnarkose üblichen kontrollierten Beatmung (intermittierende Überdruckbeatmung) ein Überdruck aufgebaut. Es treten vergleichsweise

größere Veränderungen der Lungenvolumina auf als dies bei der Spontanatmung zu beobachten ist. Insbesondere das rechte Herz reagiert sensibel auf den intrathorakal entstehenden „positiven Druck“, der den Rückfluß des venösen Bluts zum Herzen beeinflusst [18].

Der venöse Rückstrom – per Definition dem Herzzeitvolumen entsprechend – erfolgt passiv als Funktion eines Gradienten zwischen dem mittleren Füllungsdruck des Kreislaufs und dem Druck im rechten Atrium. Bei einem rechtsatrialen Druck von 0 mm Hg liegt kein Gradient vor, und der venöse Rückstrom in den rechten Vorhof ist maximal. Unter Spontanatmung bleibt der rechtsatriale Druck niedrig, der venöse Rückstrom wird begünstigt [14, 22].

Mit Anstieg des Drucks im rechten Vorhof nimmt der Gradient zu und der venöse Blutfluß zum rechten Herzen ab. Eine solche intrathorakale Druckerhöhung, mit Übertragung auf den rechten Vorhof, findet bei der maschinellen Beatmung mit Erhöhung des Atemwegdrucks, insbesondere bei (intermittierender) Überdruckbeatmung statt [12, 17]. Dies hat eine Abnahme der rechtsventrikulären Vorlast zur Folge, und der pulmonale Gewäßwiderstand steigt an. Entsprechend verringert ist das rechtsventrikuläre Schlagvolumen. Signifikant verminderte Vorlast und erhöhte Nachlast [20] resultieren letztlich in einem verminderten linksventrikulären Volumen mit arteriellem Blutdruckabfall. Dieses spezifische Phänomen des low-cardiac-output ist einerseits bei Volumenmangel oder, wie im Fall unserer Patientin, bei einem die rechte Herzhälfte betreffenden Vitium zu beobachten. Hierfür spricht die sofortige Normalisierung der Kreislauffunktion bei Wegnahme des positiven Inspirationsdrucks und Spontanatmung durch den Tubus während der ersten Narkoseführung.

Um während eines 2. Eingriffs eine stabilere Kreislaufsituation zu gewährleisten, wurde neben dem Verzicht auf ein Muskelrelaxans zur Einleitung der Narkose eine andere Beatmungsform gewählt: Postuliert wurde, daß die intermittierende Überdruckbeatmung mit jedem Beatmungshub die Perfusion der Lunge progredient verschlechtert (vermehrter Rückstrom über die dystope Trikuspidalklappe und Erhöhung des Rechts-links-Shunts). Unter der Vorstel-

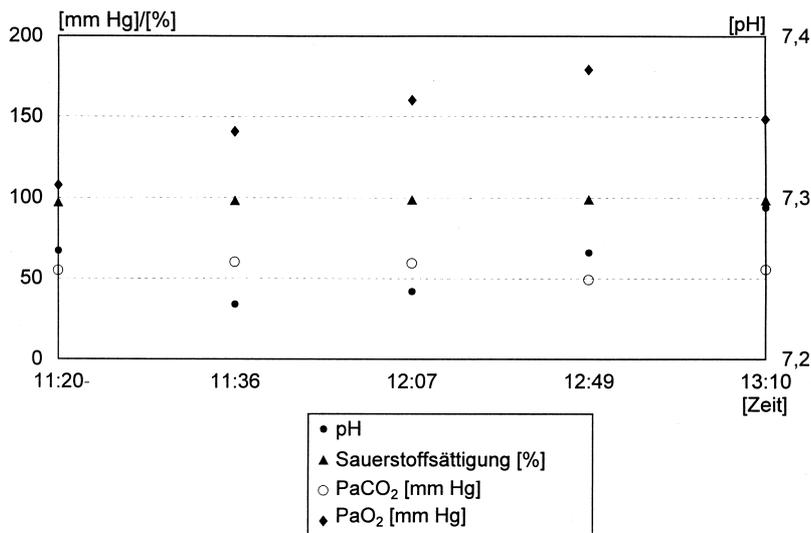


Abb. 3 ▲ Sauerstoffsättigung, pH, arterielle pCO₂- und pO₂-Messungen während Hochfrequenzoszillationsbeatmung

lung, mit einem konstanten, relativ hohen Atemwegmitteldruck – und damit auch intrathorakalem Druck – einen venösen Rückstau zu vermeiden, wurde die Option der Hochfrequenzoszillationsbeatmung [8, 21] gewählt. Bei aktiver Inspiration und Expiration erfolgt eine geringe, phasische Volumen- und Druckänderung. Der Gasaustausch erfolgt bei niedrigeren Atemwegdrücken als bei der intermittierenden Überdruckbeatmung: Das Lungenvolumen wird durch einen gleichbleibenden „Blähdruck“ (mittlerer Atemwegdruck) über der funktionellen Residualkapazität gehalten [8]. Niedere Tidalvolumina (kleiner als der Totraum) [7] mit einer Frequenz, die um ein Mehrfaches über der physiologischen Atmungsfrequenz liegt, werden vom Gerät generiert und ermöglichen den Gasaustausch durch die Applikation eines relativ hohen endexpiratorischen Drucks – unter Vermeidung hoher Spitzendrücke in den Atemwegen [21]. Tierexperimentell konnte insbesondere ein niedriger Druck im Alveolarbereich nachgewiesen werden [11], was letztlich ein relativ niederes, gleichbleibendes Lungenvolumen fördert.

In der Neonatologie wird diese Beatmungsform sowohl zur Prävention oder Therapie des primären Atemnotsyndroms des Neugeborenen [15] bzw. bei kongenitaler Zwerchfellhernie [6] als auch als „rescue“ bei bronchopulmonaler Dysplasie oder beim akuten respiratorischen Distress-Syndrom eingesetzt

[1, 2]. In Deutschland war ein Hochfrequenzoszillationsrespirator für bis zu 35 kg schwere Patienten erst mit der Zulassung ab 1993 verfügbar. Erfahrungen mit der Hochfrequenzoszillationsbeatmung bei pädiatrischen Patienten (jenseits des Säuglingsalters) im Sinn kontrollierter Studien sind selten [2, 3, 13]. Prolembereiche und Komplikationen, wie mögliche Veränderungen des intrakraniellen Drucks und Störung der mukoziliären Klärfunktion, wurden bereits an anderer Stelle diskutiert [6–8, 21]. Eine nicht ausreichend sorgfältige Einstellung des mittleren Atemwegdrucks mit Erhöhung des Lungenvolumens und Überblähung (radiologische Kontrolle) kann ebenfalls zu einer Einschränkung des cardiac output führen [20]. Limitierende Faktoren für den intraoperativen Einsatz der Hochfrequenzoszillationsbeatmung sind fehlende Möglichkeit der Narkosegaseinleitung, die starren Zuleitungsschläuche und die damit verbundene eingeschränkte Lagerungsfähigkeit des Patienten sowie die Vibration des Operationssitus. Die beiden letztgenannten Einflußgrößen haben den Ablauf der dargestellten Operation nicht beeinträchtigt.

Wie in Abb. 3 gezeigt, ließ sich die Patientin mit dem Hochfrequenzoszillationsbeatmungsgerät bei einem relativ hohen mittleren Atemwegdruck von 18,3 cm H₂O und einem optimierten Lungenvolumen, aber ohne rhythmisch applizierte hohe Spitzendrücke adäquat oxygenieren und ausreichend

ventilieren. Die diskrete Azidose und Hyperkapnie wurden toleriert, da mit dem verfügbaren Monitoring kein negativer Einfluß auf die pulmonalarterielle Perfusion erfaßbar war. Der systemvenöse Rückstrom und damit der cardiac output wurden mit der Hochfrequenzoszillationsbeatmung nicht beeinträchtigt und letztlich stabile Kreislaufverhältnisse während der Operation erzielt (Abb. 2).

Literatur

- Alexi-Meskhisvili VV, Falkowski GE, Nikoljuk AP, Popov SA (1985) **Hemodynamic changes during mechanical ventilation in infants and small children after open heart surgery.** Thorac Cardiovasc Surg 33:215–217
- Arnold JH, Truog RD, Thompson JE, Fackler JC (1993) **High-frequency oscillatory ventilation in pediatric respiratory failure.** Crit Care Med 21:272–278
- Arnold JH, Hanson JH, Toro-Figuero LO, Gutiérrez J, Berens RJ, Anglin DL (1994) **Prospective, randomized comparison of high-frequency oscillatory ventilation and conventional mechanical ventilation in pediatric respiratory failure.** Crit Care Med 22:1530–1539
- Bengtsson IM, Magno R, Wickström I (1977) **Ebstein's anomaly – anaesthetic problems. A case report.** Br J Anaesth 49:501–503
- Burrows FA (1992) **Anaesthetic management of the child with congenital heart disease for non-cardiac surgery.** Can J Anaesth 39:R60–R65
- Chan V, Greenough A, Giffin F (1994) **Disease severity and optimum mean airway pressure level on transfer to high frequency oscillation.** Pediatr Pulmonol 17:178–182
- Chang HK (1984) **Mechanisms of gas transport during ventilation by high-frequency oscillation.** J Appl Physiol 56:553–563
- Clark RH (1994) **High-frequency ventilation.** J Pediatr 124:661–670
- Courmand A, Motley HL, Werko L, Richards DW (1948) **Physiological studies of the effects of intermittent positive pressure breathing on cardiac output in man.** Am J Physiol 152:162–174
- Ebstein W (1866) **Ueber einen sehr seltenen Fall von Inufficienz der Valvula tricuspidalis, bedingt durch eine angeborene hochgradige Missbildung derselben.** Arch Anat Physiol Wiss Med 238–254
- Gerstmann DR, Fouke JM, Winter DC, Taylor AF, DeLemos RA (1990) **Proximal, tracheal, and alveolar pressures during high-frequency oscillatory ventilation in normal rabbit model.** Pediatr Res 28:367–373

Originalien

12. Goertz A, Heinrich H, Winter H, Deller A (1991) **Hemodynamic effects of different ventilatory pattern.** Chest 99: 1166–1171
13. Gutiérrez JA, Levin DL, Toro-Figueroa O (1995) **Hemodynamic effects of high-frequency oscillatory ventilation in severe pediatric respiratory failure.** Intensive Care Med 21:505–510
14. Guyton AC, Jones CE, Coleman TG (1973) **Circulatory physiology: cardiac output and its regulation.** Saunders, Philadelphia
15. HiFO study group (1993) **Randomized study of high-frequency oscillatory ventilation in infants with severe respiratory distress syndrome.** J Pediatr 122: 609–619
16. Lister G, Pitt BR (1983) **Cardiopulmonary interactions in the infant with congenital cardiac disease.** Clin Chest Med 4: 219–232
17. Morgan BC, Martin WE, Hornbein TF, Crawford EW, Guntheroth WG (1966) **Hemodynamic effects of intermittent positive pressure respiration.** Anesthesiology 27: 584–590
18. Pinsky MR (1997) **The hemodynamic consequences of mechanical ventilation: an evolving story.** Intensive Care Med 23: 493–503
19. Robotham JL, Cherry D, Mitzner W, Rabson JL, Lixfeld W, Bromberger-Barnea B (1983) **A re-evaluation of the hemodynamic consequences of intermittent positive pressure ventilation.** Crit Care Med 11: 783–793
20. Rosenberg RB, Broner CW, Peters KJ, Anglin DL (1993) **High-frequency ventilation of acute pediatric respiratory failure.** Chest 104: 1216–1221
21. Traverse JH, Korvenranta H, Adams EM, Goldthwait DA, Carlo WA (1989) **Cardiovascular effects of high-frequency oscillatory and jet ventilation.** Chest 96: 1400–1404
22. Wetzel RC, Gioia FR (1987) **High frequency ventilation.** Pediatr Clin North Am 34: 15–38
23. Wise RA, Robotham JL, Summer WR (1981) **Effects of spontaneous ventilation on the circulation.** Lung 159: 175–186