

〔一般演題〕

振動重疊換気法の呼吸不全に対する適応範囲の検討

小 西 由美子* 安 本 和 正* 細山田 明 義*

高頻度換気法 (HFV と略す) は、胸腔内圧への影響が少ないため循環動態に対し良好に作用する上に、従来の換気法では救命し得ない重篤な呼吸不全に対しても有効であろうと大いに期待された。しかし、現在では、本換気下におけるガス交換の機序解明などの基礎的研究が続けられてはいるものの、残念ながら従来の換気法に比してそれほど勝れているとはいがたい¹⁾。しかし、HFV のなかでも振動重疊換気法 (SOV と略す) は、本邦においてその研究が盛んであり、すでにいくつかの有効例が報告されている。安本らも、SOV が換気力学に及ぼす影響をモデル実験により検討した後²⁾³⁾、高齢者の上腹部手術中に本換気法を行ったところ、ガス交換の改善を得た⁴⁾。しかし、今のところ従来の換気法に比べて SOV がより有効となる呼吸不全、またガス交換に対して最善の振動のタイプなどについて今のところ定説はない。

著者らは、成犬に各種の病的肺を作成し、重疊時期を分けて SOV のガス交換に及ぼす影響を検討してきたが、今回 5 種類の病態が異なる病的肺を作成し、本換気法の適応を検討したので報告する。

研究方法

雑種成犬 34 頭を対象に用い、25 mg/kg のネンブタール静注にて麻酔導入、気管内挿管した後、パンクロニウム 0.1 mg/kg にて非動化し、Paco₂ が 35~40 mmHg になるように間欠的陽圧呼吸 (F_{1O₂}=0.33, f=20) を開始した。動脈圧測定と動脈血採血は大腿動脈に留置したカニューレにより行い、平均気道内圧は、気管内チューブ先端に作成した側孔より測定した。平均胸腔内圧は、食道内圧法によって測定した。また、心拍出量なら

びに肺動脈圧などの測定および混合静脈血の採血は、外頸静脈より肺動脈へ Swan-Ganz カテーテルを留置して行った。

各種の呼吸不全は、Swan-Ganz カテーテルよりオレイン酸 0.09 mg/kg を注入して肺水腫 (7 頭) を、生理食塩水の肺洗浄による RDS (6 頭) を、また、pH 2 の塩酸の肺内注入による aspiration pneumonia (6 頭) を、さらに、メサコリンまたはヒスタミンを点滴静注して、おのおの最高気道内圧が薬剤投与前の約 1.5 倍になるよう薬液量を調節して 2 種類の気管支収縮 (メサコリン 8 頭、ヒスタミン 7 頭) などを作成した。なお、メサコリンならびにヒスタミンなどの薬剤による循環抑制に対しては、塩酸ドパミンとノルエピネフリンにより対処した。

各呼吸不全作成一時間後に、各パラメータを採取した後、Servo HFV unit²⁾³⁾ を用いて SOV を開始した。SOV 時の pulse time (1 振動におけるジェット流の噴出時間) は 50%，周波数 10 Hz のジェット振動を吸気相、呼気相、全呼吸相に分けて重疊し、SOV 開始後 10 分、30 分、60 分に各パラメータを採取した。また、吸気相に振動を重疊すると換気量が増加するので²⁾、V_T を一定にするため、吸気相振動重疊時には IPPV の換気量を調節した。

なお、1 頭の犬における各呼吸相への振動重疊の順序は at random に行った。

推計学的検討には paired t test を用い、P<0.05 をもって推計学的有意差ありと判定した。

結 果

肺水腫犬では、どの相に SOV を行っても、Pao₂ は IPPV 時と変わらなかった。Paco₂ は、呼気相と全呼吸相 SOV 時に IPPV 時より有意に低下した。平均気道内圧には、吸気相 SOV 時に

* 昭和大学医学部麻酔学教室

表 1 Pulmonary edema

	PaO_2 (mmHg)	PaCO_2 (mmHg)	$\overline{\text{Paw}}$ (cmH ₂ O)	$\overline{\text{AP}}$ (mmHg)	CO (L/min)	$\overline{\text{PPA}}$ (mmHg)
IPPV	163±37	38±1	3.7±0.2	153±4	2.0±0.2	19±2
↓ respiratory failure						
<INS.>						
IPPV	64±13	41±4	5.5±0.5	131±7	1.4±0.1	19±2
SOV 10'	63±12	42±3	5.6±0.5	130±8	1.4±0.1	22±3
30'	62±11	40±3	5.7±0.5*	132±7	1.4±0.1	21±3
60'	61±10	40±4	5.9±0.5*	132±7	1.4±0.1	23±3
<EXP.>						
IPPV	69±10	42±3	5.5±0.4	133±6	1.4±0.1	21±2
SOV 10'	68±8	37±3*	5.9±0.4	133±6	1.4±0.1	22±2
30'	60±6	38±3*	5.9±0.6	138±11	1.3±0.2	21±2
60'	64±8	38±4*	6.1±0.5	134±10	1.3±0.1	20±2
<Whole.>						
IPPV	68±14	46±3	5.6±0.7	132±6	1.4±0.2	20±2
SOV 10'	69±13	38±3**	6.0±0.7	136±6	1.4±0.1	21±2
30'	73±14	38±3**	6.0±0.6	136±5	1.4±0.1	21±2
60'	72±12	38±3**	6.5±0.6	139±6*	1.3±0.1	22±2

N=7 mean±S.E. * P<0.05 ** P<0.01

表 2 RDS

	PaO_2 (mmHg)	PaCO_2 (mmHg)	$\overline{\text{Paw}}$ (cmH ₂ O)	$\overline{\text{AP}}$ (mmHg)	CO (L/min)	$\overline{\text{PPA}}$ (mmHg)
IPPV	142±6	36±2	4.3±0.3	165±8	1.9±0.8	18±1
↓ respiratory failure						
<INS.>						
IPPV	65±8	42±2	6.0±0.5	144±8	1.9±0.0	24±3
SOV 10'	68±9	37±1*	6.2±0.4	144±8	2.0±0.2	21±2
30'	67±10	38±2	6.2±0.4	145±8	1.8±0.2	21±2
60'	68±10	38±1	6.4±0.5	145±8	1.8±0.2	23±3
<EXP.>						
IPPV	57±7	36±1	6.2±0.4	146±11	1.9±0.2	21±3
SOV 10'	58±8	34±1*	7.3±0.6*	146±12	1.9±0.2	21±2
30'	61±10	34±1**	7.0±0.5**	146±9	1.7±0.2	22±2
60'	65±11	34±2*	6.7±0.5	148±10	1.8±0.2	21±2
<Whole.>						
IPPV	59±9	43±4	6.3±0.4	145±10	2.1±0.2	23±2
SOV 10'	65±11	36±3	7.3±0.5*	148±8	1.9±0.1	22±3
30'	63±9	35±2	7.2±0.4*	145±9	1.9±0.1	25±4
60'	67±11	34±3	7.2±0.4*	144±8	2.1±0.2	24±4

N=6 mean±S.E. * P<0.05 ** P<0.01

表3 aspiration pneumonia

	PaO_2 (mmHg)	PaCO_2 (mmHg)	$\overline{\text{Paw}}$ (cmH ₂ O)	$\overline{\text{AP}}$ (mmHg)	CO (L/min)	$\overline{\text{PPA}}$ (mmHg)
IPPV	141±4	37±1	3.2±0.2	146±6	1.7±0.2	18±2
↓ respiratory failure						
<INS.>						
IPPV	87±2	36±1	4.2±0.0	141±6	1.8±0.0	26±5
SOV 10'	88±2	33±2	4.5±0.2	139±7	1.8±0.1	25±5
30'	91±1	33±1*	4.8±0.3	138±6	1.7±0.1	25±5
60'	94±2	34±1	4.8±0.2*	138±5	1.6±0.1	25±3
<EXP.>						
IPPV	94±2	38±2	4.1±0.4	142±7	1.8±0.1	25±3
SOV 10'	97±3	34±1*	5.0±0.3*	144±8	1.8±0.1	25±2
30'	94±3	32±1**	4.9±0.0	138±8	1.8±0.1	24±2
60'	94±4	31±1**	4.5±0.1	134±6	1.7±0.1*	26±3
<Whole.>						
IPPV	86±6	36±2	4.8±0.3	142±7	1.8±0.2	26±3
SOV 10'	88±6	32±1	4.8±0.5	142±7	1.8±0.2	25±3
30'	88±6	31±1*	4.6±0.3	143±7	1.7±0.1	26±4
60'	86±4	32±1	4.7±0.5	143±6	1.7±0.1	25±3

N=6 mean±S.E. * P<0.05 ** P<0.01

表4 bronchial constriction (Methacholine)

	PaO_2 (mmHg)	PaCO_2 (mmHg)	$\overline{\text{Paw}}$ (cmH ₂ O)	$\overline{\text{AP}}$ (mmHg)	CO (L/min)	$\overline{\text{PPA}}$ (mmHg)
IPPV	116±7	37±1	4.1±0.2	140±12	2.0±0.3	29±2
↓ respiratory failure						
<INS.>						
IPPV	84±8	44±2	6.0±0.2	107±8	1.9±0.4	26±2
SOV 10'	86±10	38±2**	6.6±0.2	102±10	1.9±0.4	27±2
30'	87±11	36±3**	6.6±0.2	100±10	1.8±0.4	27±2
60'	89±11	35±3**	6.5±0.5	101±11	1.8±0.4	27±3
<EXP.>						
IPPV	69±6	42±2	6.0±0.3	108±7	2.1±0.3	29±2
SOV 10'	108±16*	40±2	7.1±0.2**	103±7	2.1±0.4	28±2
30'	113±19*	39±2	7.0±0.1**	105±8	2.0±0.4	27±2
60'	110±16*	39±2	6.9±0.2**	104±8	1.8±0.3	29±2
<Whole.>						
IPPV	77±7	44±2	5.7±0.4	105±10	2.0±0.3	28±1
SOV 10'	100±15	41±3	7.0±0.2*	107±10	2.0±0.3	27±1
30'	100±14	39±4	7.0±0.2**	95±9	1.8±0.3	26±1
60'	101±13	39±3	6.8±0.2	98±9	1.8±0.3	28±1

N=8 mean±S.E. * P<0.05 ** P<0.01

表 5 bronchial constriction (Histamine)

	Pao ₂ (mmHg)	Paco ₂ (mmHg)	Paw (cmH ₂ O)	AP (mmHg)	CO (L/min)	PPA (mmHg)
IPPV	152±12	36±1	3.6±0.3	145±5	2.2±0.2	18±1
↓ respiratory failure						
<INS.>						
IPPV	86±4	49±3	5.9±0.7	103±5	2.3±0.2	22±2
SOV 10'	85±5	48±2	6.0±0.8	101±4	2.4±0.2	21±2
30'	85±4	49±3	5.7±0.6	96±3*	2.2±0.2	22±2
60'	83±4	51±4	6.0±0.7	98±2	2.4±0.2	23±1
<EXP.>						
IPPV	89±7	52±3	5.0±0.3	98±2	2.4±0.1	21±2
SOV 10'	87±7	44±2*	5.7±0.3*	100±3	2.3±0.1	20±2
30'	85±6	42±2*	5.5±0.3*	97±3	2.4±0.2	21±2
60'	85±6	43±2*	5.8±0.5*	96±3	2.2±0.1	22±2
<Whole.>						
IPPV	93±7	54±4	5.2±0.4	97±6	2.4±0.2	22±2
SOV 10'	92±6	44±4**	6.3±0.6**	99±4	2.4±0.2	23±2
30'	91±7	43±3**	6.5±0.6**	96±10	2.3±0.3	23±2
60'	87±7	43±3**	6.4±0.4**	97±2	2.2±0.2	23±2

N=7 mean±S.E. * P<0.05 ** P<0.01

30乃至60分値で有意に上昇したが、その程度は小さかった。また、平均動脈圧、心拍出量、平均肺動脈圧などには、SOV 施行前後にさしたる変動はみられなかった（表 1）。

RDS 犬では、どの相に振動を重畠しても Pao₂ は上昇しなかった。Paco₂ は、呼気相および全呼吸相 SOV 時に低下し、とくに呼気相では有意差を認めた。平均気道内圧は、呼気相と全呼吸相重畠時に上昇し、有意差を認めた。平均動脈圧、心拍出量、平均肺動脈圧などには、振動重畠によるさしたる変化はみられなかった（表 2）。

aspiration pneumonia 犬の Pao₂ には、振動重畠による変化はみられなかった。Paco₂ は、呼気相と全呼吸相 SOV で低下した（呼気相では有意差あり）。平均気道内圧、平均動脈圧、心拍出量、平均肺動脈圧などには、振動重畠によるさしたる変化はなかった（表 3）。

メサコリン気管支収縮犬では、Pao₂ は、呼気相ならびに全呼吸相 SOV 時に IPPV 時に比べて上昇し、とくに呼気相重畠時には有意差を認めた。Paco₂ は、吸気相 SOV 時に有意に低下した。平

均気道内圧は、呼気相と全呼吸相 SOV 時に有意に上昇し、呼気相ではその傾向が強かった（表 4）。

ヒスタミン気管支収縮犬では、振動重畠による Pao₂ の上昇はみられなかった。Paco₂ は、呼気相と全呼吸相 SOV により有意に低下した。平均気道内圧は、呼気相と全呼吸相 SOV 時に有意に上昇した（表 5）。

なお、犬の平均体重には 5 群間に有意差はみられなかった。

考 察

VT が解剖学的死腔量またはそれ以下では、いくら換気回数を増して分時換気量を多くしてもガス交換は行われないと考えられてきた。しかし、HFV は、この呼吸生理学的常識を逸脱した新しい換気方式であり、そのガス交換の機序に大きな興味が持たれるとともに、重篤な呼吸不全に有効であろうとも考えられ、注目を集めてきた¹⁾。ところが、HFV を行い得るレスピレーターがいくつか開発されて臨床応用が開始されると、IPPV に比

して利点が驚くほど少ないことが報告され、HFVに対する期待はうすれてきたようである。

一方、HFVの中でもSOVは、HFVと従来の換気法の中間型とも解され、概念的にも馴染みやすいためか、本邦においてもすでにいくつか臨床応用が試みられている^{4)7)~9)}。しかし、本換気法が適応となる病態や、ガス交換に有効な振動重疊時期については、一定の見解を得ていない。

著者らは、この点の解明を目的として、教室における以前の基礎的な検討の基に、一定のプロトコールを作成して研究を行った。SOVにより酸素化能の改善が認められたのは、メサコリン気管支収縮群の、それも呼期相に振動を重疊した時だけであった。メサコリン気管支収縮群でのみ Pao_2 が改善したことは、教室の桑迫が行った、6種類の呼吸不全に対するHFJVの検討と一致する⁵⁾⁶⁾。しかし、いずれにせよ今回の検討により SOV の適応範囲は、HFJVと同様に比較的狭いことが示唆される。また、呼気時のジェット振動の重疊が有効であったのは、安本の臨床例における検討と一致するが⁴⁾、その機序については不明である。

SOVによる酸素化能改善と、 CO_2 排泄促進については、有効な振動重疊時期が呼吸不全の種類により様々であることは興味ある結果であり、ガス交換の機序解明への足がかりになると思われる。

5種類の実験的呼吸不全を作成し、SOVの効果を重疊時期を分けて比較検討したが、 Pao_2 の有意の上昇を得たのは、メサコリン気管支収縮群の呼気相重疊時だけであった。

文 献

- 1) 安本和正：高頻度換気。医学のあゆみ 129 : 1212, 1984
- 2) 安本和正：各種 oscillation 重疊による換気動態の変動。人工呼吸 1 : 54, 1984
- 3) 安本和正、稲田 豊：Servo HFV unit 使用時ジェット振動のタイプが換気力学に及ぼす影響について。麻酔 34 : 173, 1985
- 4) 安本和正、稲田 豊：高齢者に対する術中呼吸管理。麻酔 35 : 91, 1986
- 5) 桑迫勇登：HFJV が 4 タイプの実験的病的肺に及ぼす影響。麻酔 34 : 1085, 1985
- 6) Kuwasako Y, Yasumoto K : The comparison of conventional ventilation and HFJV on respiratory failure. Proceeding of the 3rd WPACCM Congress, 1985, p. 119
- 7) 太田保世、榎本 浩：振動呼吸法に於ける血液ガス異常の改善。厚生省特定疾患呼吸不全調査研究班、昭和 53 年度研究業績、1979
- 8) 財津昭憲：Servo ventilator 900 B による Vibratory PEEP の検討。ICU と CCU 5 : 229, 1981
- 9) 宮野英範ほか：累積高頻度ジェット換気法。ICU と CCU 11 : 967, 1982