

●原 著

肺胞蛋白症に対する片側全肺洗浄の経験と洗浄手順を 選択するためのアルゴリズムについて

一和多俊男 時田 心悟 相馬 亮介 菊池 清和 赤坂 圭一
小島 寿郎 高山 賢哉 阿部 篤朗 藤原 寛樹 長尾 光修

要旨：1991年3月～2008年1月の間に、自己免疫性肺胞蛋白症7例とベーチェット病による二次性肺胞蛋白症の1例の8例の肺胞蛋白症症例に対して、片側全肺洗浄を合計41回（途中中止2回を含む）施行した。中止した原因は、高度な低酸素血症と非洗浄肺への洗浄液のリークであった。今回、41回の片側全肺洗浄時の動脈血液ガスの変動や問題点などを提示し、その経験と過去の片側全肺洗浄方法に関する報告に基づいて作成した片側全肺洗浄手順のアルゴリズムについて報告する。

キーワード：肺胞蛋白症，片側全肺洗浄法，アルゴリズム

Pulmonary alveolar proteinosis, Unilateral whole lung lavage, Algorithm

緒 言

全身麻酔下の片側全肺洗浄（Unilateral Whole Lung Lavage, 以下 UWLL と略す）法は、1967年に Ramrez-R¹⁾が massive pulmonary lavage 法を發表して以降、1970年代に UWLL 方法に関する報告が数多くなされている。また、洗浄中の高度な低酸素血症を防止する UWLL 方法に関しても、Rogersらは degassing を施行せずに洗浄液を注入する方法²⁾と volume controlled lavaged 法³⁾を發表し、また Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) を併用した UWLL の報告⁴⁾もなされている。しかし、UWLL 手順を選択するためのアルゴリズムに関する報告はなされておらず、臨床において個々の症例に、どの UWLL 方法を選択するかは問題となる。

当科では1991年3月～2008年1月の間に肺胞蛋白症9例を経験し、そのうち8例に対して全身麻酔下 UWLL を合計41回（途中中止2回を含む）施行した。今回、我々は当科で施行した UWLL における動脈血液ガス値と問題点などを提示し、我々の経験および過去の UWLL 方法に関する報告に基づいて作成した UWLL 手順を選択するためのアルゴリズムを報告する。

研究対象と方法

1991年3月～2008年1月の間に全身麻酔下 UWLL を

施行した自己免疫性肺胞蛋白症7例とベーチェット病による二次性肺胞蛋白症1例の8例を対象とした。8例に施行した41回の UWLL における ECMO の使用基準、degassing の問題点、洗浄方法と洗浄時の最低 PaO₂ (SpO₂) などについてレトロスペクティブに検討した。なお、本研究は、獨協医科大学越谷病院倫理委員会において倫理的、科学的、医学的妥当性の観点から審査を受け、本委員会の承認を得て行った。

成 績

(1) 対象背景 (Table 1)

対象の平均年齢は48.6±8.3歳で、性別は男性6名と女性2名（1名はベーチェット病による二次性肺胞蛋白症）である。各症例の平均全肺洗浄回数は4.9±2.5回（2～8回）で、全肺洗浄により3例は改善したが、2例は洗浄後に再増悪し、そのうち1例は4回の全肺洗浄後に GM-CSF 療法を施行目的で国際医療センターへ転院となった。2例は CT でスリガラス状陰影は残存するが、増悪傾向は認めていない。ベーチェット病に対してプレドニゾン 30mg/日を投与していた二次性肺胞蛋白症の1例は、3回目の全肺洗浄後に肺炎を併発して死亡した。

血清学的検査成績は、LDH 809±384.1 (326～1,458) IU/l, CEA 12.3±11.1 (2.2～29.0) ng/ml で、KL-6 (8例中4例は初回洗浄前に測定) 7,795.0±7,295.2 (1,450～24,200) U/ml, SP-D (7例中5例は初回洗浄前に測定) 460.6±541.9 (184.0～1,680.0) ng/ml であった。また、T-Ch 214±41.0 (140～254) mg/dl, TG 257.3±145.5 (64～543) mg/

Table 1 Clinical data regarding patients with PAP performed UWLL

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8
Age (years)	47	56	56	49	52	56	39	34
Gender	Male	Male	Female	Male	Male	Male	Female	Male
Smoking status	Current smoker	Current smoker	Never smoked	Current smoker	Current smoker	Former smoker	Current smoker	Current smoker
Brinkman Index	810	720	0	580	600	300	1,080	280
Etiology	idiopathic	idiopathic	idiopathic	idiopathic	idiopathic	idiopathic	Behçet disease	idiopathic
Date of WLL (side of WLL)	① 1991.4.17 (Rt) ② 1991.5.20 (Lt) ③ 1991.6.3 (Lt) ④ 1991.6.17 (Rt) ⑤ 1994.7.14 (Lt) ⑥ 1994.7.28 (Rt)	① 1994.7.7 (Rt) ② 1994.7.21 (Lt)	① 1998.7.3 (Lt) ② 1998.7.25 (Rt) ③ 1999.9.13 (Lt) ④ 1999.9.28 (Rt) ⑤ 1999.12.24 (Lt) ⑥ 2000.1.12 (Rt) ⑦ 2002.2.28 (Rt) ⑧ 2002.3.14 (Lt)	① 1999.12.8 (Lt) ② 2000.1.5 (Rt)	① 2002.10.1 (Rt) ② 2002.10.8 (Lt) ③ 2005.1.13 (Rt) ④ 2005.1.20 (Lt) ⑤ 2005.11.28 (Rt) ⑥ 2005.12.8 (Lt) ⑦ 2008.1.29 (Lt) ⑧ 2008.2.8 (Rt)	① 2004.3.2 (Rt) ② 2004.3.9 (Lt) ③ 2004.5.11 (Lt) ④ 2004.5.18 (Rt) ⑤ 2006.5.16 (Lt) ⑥ 2006.5.23 (Rt)	① 2007.11.22 (Rt) ② 2007.12.15 (Rt) ③ 2008.1.5 (Lt)	① 2006.3.9 (Rt) ② 2006.3.16 (Lt) ③ 2007.10.16 (Lt) ④ 2007.10.23 (Rt)
Serum examination								
GM-CSF Autoantibody (pg/ml)	39.5 (2001.12.8)	3.1 (2002.1.31)	15.8 (2001.12.12)	8.4 (2002.1.26)	28.0	44.9	0.0	39.8
LDH (U/l)	1,171	519	749	663	326	1,458	1,058	533
CEA (ng/ml)	29.0	3.4	11.7	2.2	2.4	15.8	28.0	5.5
KL-6 (U/ml)	1,490 (2000.3.7)	1,450 (2001.4.26)	9,900 (1999.11.29)	24,200	6,100	> 9,000	4,770	5,450
SP-D (ng/ml)	371 (2002.4.27)	184 (2002.4.24)	NE	220	235	1,680	209	325
Blood gas analysis (room air)								
pH	7.382	7.397	7.477	7.437	7.401	7.451	7.381	7.411
PaO ₂ (Torr)	46.0	62.0	48.7	67.7	77.8	57.5	64.3	66.3
PaCO ₂ (Torr)	37.2	38.9	31.1	35.8	44.8	34.3	38.8	39.7
Pulmonary function test								
VC (% pred)	74.0	85.2	67.1	103.5	94.2	79.1	81.5	120.9
FEV ₁ (% pred)	97.6	90.0	54.7	101.3	79.5	88.6	79.4	112.5
DLco (% pred)	NE	80.4	NE	52.9	101.9	35.8	31.4	85.5
Status at last follow up	no change	Improvement	Aggravation	Improvement	Aggravation	Improvement	death	no change

dlで、5例はT-ChとTGの両者が高値で、1例はTGのみが高値であり、2例は両者とも正常値であった。

動脈血液ガス（大気下）は、pH 7.417 ± 0.035 (7.382~7.451), PaO₂ 61.3 ± 10.4 (46.0~77.8) Torr と PaCO₂ 37.6 ± 4.1 (31.1~44.8) Torr であった。肺機能検査成績は、%VC 88.2 ± 17.4 (67.1~120.9) %, %FEV₁ 87.9 ± 17.4 (54.7~112.5) % と %DLco (6例で測定) 64.6 ± 28.8 (31.4~101.9) % であった。

(2) ECMOの使用基準, 方法と設定

ECMOの使用基準は、原則的に挿管後の両側肺100% O₂換気時のPaO₂が100Torr以下とした。しかし、UWLLの経験が少なかったCase 3の第1回目の洗浄において、挿管後の両側肺100% O₂換気時のPaO₂が240.1TorrであったがECMOを使用した。

洗浄前の大気下と挿管後の両側肺100% O₂換気時のPaO₂を24回測定し、そのうち11回はUWLL前の大気下のPaO₂は70Torr未満であった。しかし、挿管後の両側肺100% O₂換気によりPaO₂は 59.9 ± 8.7 (42.8~68.0) から 328.3 ± 126.7 (83.0~564.1) Torrへ上昇し、両側肺100% O₂換気時のPaO₂が100Torr以下であったのは、Case 1の第2回目の洗浄のみであった。非挿管下に測定したPaO₂でECMOの使用を判断することは

難しく、UWLL前にECMO使用の判断が困難な症例に対しては、迅速にECMOを施行できるように洗浄前に血管を確保した。

当科ではvenous-venous bypassによるv-vECMOを使用し、混合静脈血酸素飽和度(SvO₂)が75%になるように設定した。v-vECMOを使用したUWLLを3回行ったが、高度な低酸素血症は回避され、また重大な合併症は出現しなかった。

(3) degassingの問題点

1991年3月~1999年12月の間は、degassing後に洗浄液（生理的食塩水）を注入した。ECMOを使用せずにdegassingを行った8回のUWLLにおいては、PaO₂はdegassing時に最も低下し、その平均値はpH 7.378 ± 0.055 (7.266~7.441), PaO₂ 65.5 ± 15.0 (49.6~89.0) Torr, PaCO₂ 44.5 ± 4.4 (38.0~52.7) Torrであった。また、1999年12月に施行したCase 4の2回目のUWLLにおいて、degassing時に挿管チューブの位置がずれ、洗浄液が非洗浄肺へリークしたため途中で中止した。2000年1月以降は、挿管チューブの位置ずれを回避するためにdegassingせずに洗浄液を酸素摂取量以下の速度（約100 ml/min）で注入するようにした。

Table 2 Methods of UWLL and Blood Gas Analysis during UWLL

Number	Number of Case	Number of UWLL	Date	Side of UWLL	Methods of UWLL				BGA					
					EC-MO	dega-ssing	Massive Pulmonary Lavage	Volume Control Lavage	before UWLL		ventilated with 100% O ₂ PaO ₂ (Torr)	Lowest PaO ₂ or SpO ₂ Dduring UWLL		
									Condition	PaO ₂ (Torr)		Condition	PaO ₂ (Torr)	SpO ₂ (%)
1	Case 1	1 (stoppage)	1991.4.2	Rt					Room Air	42.8	83.0			
2		2	1991.4.17	Rt	○	○			O ₂ 10L Mask	95.0	74.7	(without hypoxia for use of ECMO)		
3		3	1991.5.20	Lt		○		○	O ₂ 4L Nasal	71.0	150.0	Degassing	59.0	
4		4	1991.6.3	Lt		○		○	Room Air	53.0	232.0	Degassing	69.0	
5		5	1991.6.17	Rt		○		○	Room Air	52.0	NE	*	NE	77
6		6	1994.7.14	Lt		○		○	Room Air	89.0	290.0	Degassing	51.0	
7		7	1994.7.28	Rt		○		○	Room Air	73.0	290.0		NE	
8	Case 2	1	1994.7.7	Rt		○			Room Air	68.0	409.0	Degassing	86.0	
9		2	1994.7.21	Lt		○			Room Air	70.0	326.0	Degassing	89.0	
10	Case 3	1	1998.7.3	Lt	○	○			Room Air	48.1	240.1	(without hypoxia for use of ECMO)		
11		2	1998.7.25	Rt	○	○			*	*	(without hypoxia for use of ECMO)			
12		3	1999.9.13	Lt		○		○	Room Air	55.8	391.6	Degassing	63.2	
13		4	1999.9.28	Rt		○		○	Room Air	63.1	248.3	Degassing	49.6	
14		5	1999.12.24	Lt		○		○	Room Air	82.2	349.4	*	NE	94
15		6	2000.1.12	Rt				○	Room Air	74.9	NE	*	NE	94
16		7	2002.2.28	Rt				○	Room Air	72.6	342	1st Fluid out	41.3	82
17		8	2002.3.14	Lt				○	Room Air	(SpO ₂ 94%)	564.0	1st Fluid out	63.0	87
18	Case 4	1	1999.12.8	Lt		○			Room Air	67.7	291.4	Degassing	57.0	
19		2 (stoppage)	1999.12.22	Rt		○								
20		3	2000.1.5	Rt				○	Room Air	78.5	313.1	*	NE	88
21	Case 5	1	2002.10.1	Rt				○	Room Air	77.8	345.6	*	NE	83
22		2	2002.10.8	Lt				○	Room Air	74.0	282.4	*	NE	85
23		3	2005.1.13	Rt			○		Room Air	67.5	381.0	*	NE	87
24		4	2005.1.20	Lt			○		Room Air	76.5	NE			
25		5	2005.11.27	Rt			○		Room Air	88.6	403.0	*	NE	87
26		6	2005.12.8	Lt			○		Room Air	77.0	NE	*	NE	92
27		7	2008.1.29	Lt			○		Room Air	80.5	435.9	*	NE	92
28		8	2008.2.8	Rt			○		*	483.8		*	NE	91
29	Case 6	1	2004.3.2	Lt			○		O ₂ 5L Nasal	67.6	351.7	1st Fluid out	67.2	88
30		2	2004.3.9	Rt			○		O ₂ 2L Nasal	91.0	454.3	1st Fluid out	53.3	80
31		3	2004.5.11	Lt			○		O ₂ 4L Nasal	58.1	398.2	*	NE	93
32		4	2004.5.18	Rt			○		O ₂ 2L Nasal	102.1	508.9	*	61.9	
33		5	2006.5.16	Lt			○		Room Air	90.2	531.8	1st Fluid out	NE	82
34		6	2006.5.23	Rt			○		Room Air	75.3	NE	1st Fluid in	NE	71
35	Case 7	1	2005.11.22	Rt			○		Room Air	63.4	376.1	1st Fluid out	84.8	93
36		2	2005.12.15	Rt			○		O ₂ 5L Nasal	54.0	360.8	*	NE	83
37		3	2006.1.5	Lt			○		O ₂ 5L Nasal	(SpO ₂ 96%)	315.4	*	NE	80
38	Case 8	1	2006.3.9	Rt			○		Room Air	66.3	564.1	1st Fluid out	NE	84
39		2	2006.3.16	Lt			○		Room Air	70.2	424.0	1st Fluid in	NE	89
40		3	2007.10.9	Lt			○		Room Air	62.9	394.9	*	NE	85
41		4	2007.10.16	Rt			○		Room Air	73.9	334.3	1st Fluid out	NE	76

* unknown

(4) 洗浄方法, 洗浄時の最低 PaO₂ (SpO₂) と洗浄効果 (Table 2)

UWLL は, 基本的に各洗浄で注入した洗浄液を可能な限り排液する massive pulmonary lavage (以下 MPL と略す)法と, 洗浄液の一部を洗浄肺に残す volume controlled lavage (以下 VCL と略す)法がある. 途中で中止した2回と ECMO を使用した3回を除く36回の UWLL は, A 法: degassing+MPL (3回), B 法: de-

gassing+VCL (8回), C 法: MPL (19回), D 法: VCL (6回) の4つの方法で洗浄した. 1991年3月~1999年12月の間は主に B 法 (degassing+VCL) で, 2000年1月以降は主に C 法 (MPL) で洗浄した. また, 注入した洗浄液の一部は吸収されるため, 注入した洗浄液量と排液量を記録して, 注入する洗浄液量を適時増量し, 排液が清明になるまで注入と排液を繰り返した.

Degassing を施行しなくなった2000年1月以降は,

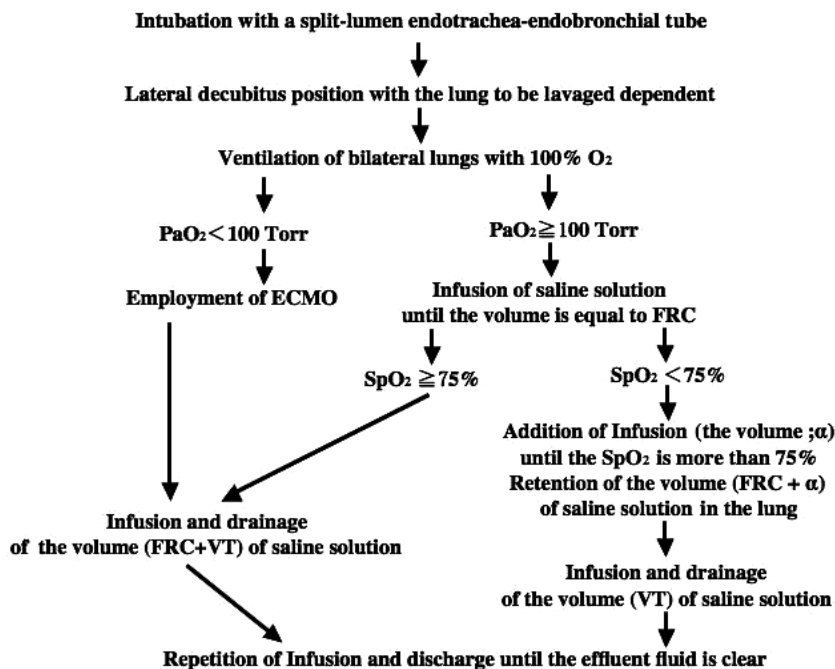


Fig. 1 Algorithm for the Selection of Procedures of UWLL in Patients with PAP

機能的残気量 (FRC) 相当の洗浄液注入時の SpO₂ 値により, 以下の2つの方法で UWLL を施行した. SpO₂ が 75% 未満な場合には, SpO₂ が 75% 以上なるまで洗浄液 (αml) を追加注入し, 1 回換気量 (V_T) に相当する洗浄液を排液して FRC + αml の洗浄液を洗浄肺に残す VCL 法で 6 回洗浄した. SpO₂ が 75% 以上な場合には, V_T に相当する洗浄液を追加注入し, 洗浄液を可能限り排液する MPL 法で 19 回洗浄した. なお, 中止 2 例を除く 39 回の UWLL は, 重大な合併症を認めずに臨床的にほぼ満足する洗浄効果が得られた.

洗浄中の最低 PaO₂ (SpO₂) 出現状況は, 18 回の UWLL においてが確認できた. 4 つの方法における最低 PaO₂ (SpO₂) は, A 法; PaO₂ 77.3 ± 17.7 (57.0 ~ 89.0) Torr (3 回とも degassing 時), B 法; PaO₂ 58.4 ± 8.2 (49.6 ~ 69.0) Torr (5 回とも degassing 時), C 法; SpO₂ 82.9 ± 7.2 (76.0 ~ 93.0) % (6 回は第 1 回目の洗浄液排液後, 2 回は第 1 回目の洗浄液注入後), D 法; PaO₂ 52.2 ± 15.3 (41.3, 63.0) Torr (2 回とも第 1 回目の洗浄液排液後) であった.

(5) UWLL 手順を選択するためアルゴリズム (Fig. 1)

NLA 麻酔後, 左側用ダブルルーメンチューブを挿管後, 洗浄肺を下にした側臥位にする. カフを膨らませて, 気管支鏡でダブルルーメンチューブの位置を確認し, また洗浄側の肺を 40 ~ 50 cmH₂O で加圧して非洗浄側の肺からエアリークがないことを確認する. 次に, 両側肺を 15 分間 100% O₂ で換気して, 動脈血ガス分析 (または SpO₂ 測定) を行い, PaO₂ が 100 Torr 未満の場合は

ECMO を使用する. ECMO の設定は, Swan-Ganz カテーテル先端より混合静脈血酸素飽和度 (SvO₂) を連続モニターして, SvO₂ を 75% とする. なお, 洗浄時に ECMO の使用できる可能性がある症例では, venous-venous bypass による ECMO を直ちに施行できるように, 全肺洗浄前に内頸静脈と大腿静脈の血管を確保しておく. Degassing せずに, 37°C に加温した生理学的食塩水を酸素摂取量以下の速度 (約 100 ml/min) で洗浄肺の FRC 相当量 (右肺は全肺の FRC の 55%, 左肺は 45%) を注入する. FRC 相当量注入後の SpO₂ が 75% 以上な場合には, V_T (通常は 500 ml) に相当する洗浄液を追加注入して, 約 5 分間, 背部と胸部をバイブレーターでタッピングしてから, 自然落差で可能な限り排液する. FRC 相当量注入後の SpO₂ が 75% 未満な場合には, SpO₂ が 75% 以上なるまで洗浄液を 30 cm の高さから追加 (α ml) して, さらに V_T に相当する洗浄液を追加注入して, 約 5 分間, 背部と胸部をバイブレーターでタッピングしてから, 自然落差で 1 回換気量に相当する洗浄液を排液し, FRC 相当量 + α ml の洗浄液を洗浄肺に残す. いずれの洗浄法でも, 洗浄液の注入と排液は, 排液が清明になるまで繰り返すが, 肺から吸収される生理学的食塩水量を考慮して, 注入する洗浄液量を適時増量する. また, 2 回目以降の洗浄液の注入は, 200 ~ 300 ml/min の速度で注入する.

考 察

1991 年 4 月, 大気下の PaO₂ が 46.0 Torr と高度な低

酸素血症を呈する自己免疫性肺胞蛋白症症例に対して、初めて全身麻酔下 UWLL を試みた。しかし、挿管後の両側肺 100% O₂ 換気時の PaO₂ が 83.0 Torr であったため洗浄を断念し、後日、v-v ECMO を使用して UWLL を施行した⁴⁾。その後、2008 年 1 月までに、自己免疫性肺胞蛋白症 7 例とベーチェット病による二次性肺胞蛋白症の 1 例の合計肺胞蛋白症 8 例に対して、全身麻酔下 UWLL を合計 41 回（途中中止 2 回を含む）施行した。この 41 回の全身麻酔下 UWLL の経過およびデータをもとにして、安全で確実に施行できる UWLL の手順を選択するためのアルゴリズムを作成した。

ECMO の使用の有無を決定する基準としては、Claypool ら⁵⁾は両側肺 100% O₂ 換気時の PaO₂ が 100 Torr 以下と報告している。しかし、UWLL における最低 PaO₂ が予測できれば、ECMO 使用基準がより明確になると思われる。UWLL における PaO₂ は、一般に degassing 時に最も低下するため、degassing を行えば最低 PaO₂ を予測することが可能であるが、PaO₂ は洗浄液注入および排液時に最も低下する可能性もある。そこで、我々は Case 1 の 3 回目の UWLL 時に肺洗浄肺を 100% 窒素で換気して、UWLL 時の最低 PaO₂ の予測を試み、その有用性を報告した⁶⁾。

我々は degassing を行った UWLL を 3 回施行したが、健常者の SvO₂ が 75% であることから、SvO₂ が 75% になるように v-v ECMO を設定した。同設定において効率的に洗浄することができたことから、air pocket を発生させずに洗浄液を肺胞に注入することが可能であると推測された。

degassing は、シャント効果の増加による高度な低酸素血症と、吸収性無気肺によりチューブの位置がずれる可能性がある。Degassing せずに酸素摂取量以下の速度で洗浄液を注入すると、air pocket を発生せずに洗浄液を注入することが可能である²⁾。正確な洗浄肺の酸素摂取量は、ダブルルーメンチューブ挿管後に実測すれば得られるが、当科では約 100 ml/min の速度で注入した。

Degassing を行わない場合は、一般に FRC 相当の洗浄液を注入すると洗浄肺への血流量（シャント量）が増加し、PaO₂ が最も低下する。洗浄液をさらに追加注入して FRC 以上となると、シャント血流量が漸減して低酸素血症が軽減する³⁾。FRC 相当の洗浄液注入時の SpO₂ が 75% 以上であれば、V_T に相当する洗浄液を追加注入して、洗浄液を可能な限り排液する MPL 法¹⁾で UWLL を行った。SpO₂ を 75% とした明確な理論的根拠はないが、当科では低酸素血症に基づく合併症を経験せず、臨床的に十分な洗浄効果が得られた。FRC 相当の洗浄液注入後の SpO₂ が 75% 未満な場合には、VCL 法³⁾に準じて、SpO₂ が 75% 以上なるまで洗浄液を追加（αml）注

入し、さらに V_T に相当する洗浄液を追加注入してから V_T に相当する洗浄液を排液し、FRC + αml の洗浄液を洗浄肺に残した。この方法は、高度な低酸素血症を防止することが可能であるが、洗浄効率が悪く、洗浄時間が長くなる。また、洗浄液の過剰注入より hydropneumothorax が出現する可能性があるが、圧規定注入法に準じて 30 cm の高さから洗浄液を注入することにより防止することが可能であると考えられた。また、VCL 法は FRC + αml の洗浄液を洗浄肺に残すため、洗浄液の吸収に起因するうっ血性心不全などが出現する可能性がある。

全肺洗浄は排液が清明になるまで繰り返すが、洗浄肺の残気量に相当する量の貯留、肺胞腔の脂質との置換や肺胞上皮から吸収などにより、注入した洗浄液は 100% 回収されない⁷⁾。しかし、洗浄液の回収率が著しく低下した場合には、hydropneumothorax または非洗浄肺へのリークを考慮しなければならない。そのため、注入した洗浄液量と排液量を記録して、洗浄肺に残存する洗浄液量を計算しながら注入量を決定した。また、注入した生理的食塩水は約 350 ml/hr の速度で洗浄肺から吸収⁸⁾されるため、吸収される生理学的食塩水量を考慮して注入量を適時増量した。

当科で全身麻酔下 UWLL を施行した肺胞蛋白症の 8 例は明らかな肺の線維化は認めなかったが、肺の線維化をきたした症例では洗浄時により高度な低酸素血症が出現する可能性がある。今回、報告した UWLL 手順を選択するためのアルゴリズムは全ての肺胞蛋白症症例に適応されるものではなく、肺の線維化や心疾患などの合併症など有無を考慮して、安全かつ確実に施行するには個々の症例に適した UWLL 手順を選択すべきである。

引用文献

- 1) Ramirez-R J. Pulmonary Alveolar Proteinosis, Treatment by massive bronchopulmonary lavage. Arch Intern Med 1967; 119: 147—156.
- 2) Rogers RM, Tatum KR. A "New" Approach to old problems. Med Clin North Amer 1970; 53: 755—771.
- 3) Rogers RM, Szindon JP, Shelburne J, et al. Hemodynamics response of the pulmonary circulation to bronchopulmonary lavage in man. New Engl J Med 1972; 286: 1230—1233.
- 4) 田辺貞雄, 佐野英基, 横田 洋, 他. ECMO の臨床応用: 気管支肺洗浄による肺胞蛋白症の 1 治療例. 人工臓器 1992; 21: 731—736.
- 5) Claypool WD, Rogers RM, Matuschak GM. Update on the clinical diagnosis, management, and pathogenesis of pulmonary alveolar proteinosis (phosphol-

- ipidosis). *Chest* 1984 ; 85 : 550—558.
- 6) 一和多俊男, 長尾光修, 岩田祥吾, 他. 窒素換気により片側全肺洗浄時も最低動脈血酸素分圧の予測を試みた肺胞蛋白症の1例. *日胸疾会誌* 1994 ; 32 : 179—183.
- 7) Altose MD, Hicks RE, Edwards MW. Extracorporeal membrane oxygenation during bronchopulmonary lavage. *Arch Surg* 1976 ; 111 : 1148—1153.
- 8) Blenkarn GD, Lanning CF, Kylstra J. Anesthetic Management of Volume Controlled Unilateral Lung Lavage. *Canada Anaesth Soc J* 1975 ; 22 : 154—163.
- 7) Altose MD, Hicks RE, Edwards MW. Extracorporeal membrane oxygenation during bronchopulmonary lavage. *Arch Surg* 1976 ; 111 : 1148—1153.

Abstract

Unilateral total pulmonary lavage for pulmonary alveolar proteinosis and an algorithm to select lavage procedures

Toshio Ichiwata, Shingo Tokita, Ryosuke Soma, Kiyokazu Kikuchi, Keiichi Akasaka, Toshio Kojima, Kenya Kouyama, Tokuro Abe, Hiroki Fujiwara and Kosu Nagao
Department of Respiratory Medicine, Dokkyo Medical University Koshigaya Hospital

In 8 patients with pulmonary alveolar proteinosis (7 with autoimmune pulmonary alveolar proteinosis and 1 with secondary pulmonary alveolar proteinosis related to Behcet disease), we performed unilateral total pulmonary lavage 41 times (including 2 sessions in which lavage was discontinued) between March 1991 and January 2008. Reasons for discontinuation consisted of severe hypoxemia and leakage of lavage fluid into the non-washed lung. In this study, we describe changes in arterial blood gas and limitations in 41 sessions of unilateral total pulmonary lavage, and report an algorithm for lavage procedures prepared based on our experience and previous studies regarding unilateral total pulmonary lavage.