

原 著

体位変換が一側肺動脈閉塞試験 (UPAO) に及ぼす影響について

東京女子医科大学 医学部 第一外科学 (主任:新田澄郎教授)

*国立療養所 東宇都宮病院 循環器科

ユ アサ ショウヘイ イリ エ トシアキ ニシウチ マサ キ ナカジマ ヒデツグ ニッタ スミオ
湯浅 章平・入江 利明*・西内 正樹・中島 秀嗣*・新田 澄郎

(受付 平成 12年 8月 15日)

Influence of Posture on the Parameters of the Unilateral Pulmonary Arterial Occlusion (UPAO) Test**Shohei YUASA, Toshiaki IRIE*, Masaki NISHIUCHI,
Hidetsugu NAKAJIMA* and Sumio NITTA**Department of Surgery I (Director: Prof. Sumio NITTA),
Tokyo Women's Medical University, School of Medicine

*Department of Cardiology, National Higashi Utsunomiya Hospital

The unilateral pulmonary arterial occlusion (UPAO) test is employed preoperatively to evaluate cardiopulmonary function and determine whether patients can tolerate lung resection. Lung resection is generally performed with the patients in the lateral position. We therefore conducted the UPAO test in both the lateral position and supine position to assess how hemodynamic changes in the acute phase immediately after intraoperative ligation of the pulmonary artery would be predicted by UPAO parameters in both positions.

The subjects were 14 lung cancer patients who were scheduled to undergo pneumonectomy or lobectomy between January 1996 and January 1998. They were 10 males and 4 females, and their mean age was 68.7 ± 11.4 years. Mean pulmonary artery pressure (\bar{P}_{pa}), mean pulmonary arterial wedge pressure (\bar{P}_{pw}), and cardiac output (CO) by the thermodilution method were measured in both the supine and the lateral position to estimate total pulmonary vascular resistance index (TPVRI) and pulmonary vascular resistance index (PVRI). The points selected for making the measurements were the mid-axillary line in the supine position and the spinal midline in the lateral position. Mixed venous blood and arterial blood samples were collected for blood gas analysis. The \bar{P}_{pa} values in the supine and the lateral position during UPAO were 18.4 ± 5.7 and 16.6 ± 5.7 mmHg, respectively, TPVRI values were 516 ± 235 and 467 ± 211 dyne \cdot sec \cdot cm⁻⁵ \cdot m², respectively, and the mixed venous blood gas values ($P\bar{v}O_2$) were 36.8 ± 3.3 and 35.4 ± 3.2 mmHg ($p < 0.001$), respectively.

The TPVRI in the supine position during UPAO has conventionally been used to limit the indications for lung resection. This study showed that TPVRI in the supine position during UPAO may be a useful index for intraoperative management during lung resection, because it reflects pulmonary hemodynamics in the acute phase immediately after ligation of the pulmonary artery.

表1 症例

Case	Age(歳) *	Operation
1	57	Lt. pneumonectomy
2	72	RUL
3	84	RUML
4	69	LLL
5	51	RUL
6	85	LUL
7	49	LUL
8	72	RUL
9	73	LLL
10	76	RUL
11	74	Exploratory
12	76	LLL
13	56	LUL
14	68	Lt. pneumonectomy

* 68.7 ± 11.4 歳 (mean ± SD)

RUL: right upper lobectomy, RLL: right lower lobectomy, RUML: right upper middle lobectomy, LUL: left upper lobectomy, LLL: left lower lobectomy.

緒言

肺全摘術に起因する呼吸循環動態の変化を予測する目的で1951年, Carlensら¹⁾により, 初めて一側肺動脈閉塞試験 (UPAO) が施行された. その後 Uggla²⁾ や Sloanら³⁾ は一側肺動脈閉塞で肺動脈圧が著しく上昇するものは, 術後の肺血管床の減少には耐えられない, すなわち残存肺血管床予備能力に乏しいと述べている. 以来, UPAO は現在でも特に低肺機能症例に対し, 術前に肺切除術後の肺循環動態の予測, 肺予備能力を評価する⁴⁾⁵⁾ 目的で行われており, 仰臥位で評価されている. しかし術中の肺動脈結紮直後, いわゆる超急性期の安全性も仰臥位 UPAO で評価可能であるかを論じた報告はない.

術中となるべく同じ状況をつくるため, 肺切, 肺葉切除術の標準体位である健側下側臥位下で UPAO を行い, 仰臥位 UPAO の結果と比較し, 肺動脈結紮直後の循環血行動態の変化も従来の仰臥位 UPAO で評価可能かを検討した.

対象と方法

1. 対象

1996年1月から1998年1月までに, 国立療養所東宇都宮病院で, 肺癌のため肺全摘, 肺葉切除が予定され informed consent が得られた14例を

対象とした. 男性10例・女性4例, 平均年齢は 68.7 ± 11.4 歳で, 既往歴, 心電図所見からは心疾患合併例は認めなかった. 14例中6例はほぼ正常肺機能症例であり, 5例が閉塞性肺疾患を有していた. また3例に拘束性肺疾患を認めた. 術式別では, 右上葉4例, 右上中葉1例, 左上葉3例, 左下葉3例, 左全摘2例, 試験開胸1例であった(表1).

2. 方法

仰臥位で X 線透視下に右大腿静脈より 7.5Fr 肺動脈閉塞用サーモダイリユーションカテーテル (バクスター社) を患側主肺動脈に留置し, 次いで同様に 7Fr スワングアンツカテーテル (バクスター社, カテックス社) を健側肺動脈主幹に挿入留置した. 15分間安静の後, 平均肺動脈圧 (\bar{P}_{pa}), 平均肺動脈楔入圧 (\bar{P}_{pw}) および熱希釈法により心拍出量 (CO) を記録し, 混合静脈血および大腿動脈より動脈血を採取し, 対照血液ガス分析値とした. 次いで, 5~10ml の造影剤をバルーン内に注入し, 先端圧波形から肺動脈圧波形の消失を確認し, 患側肺動脈閉塞 (UPAO) 10分後の \bar{P}_{pa} , \bar{P}_{pw} , CO, 混合静脈血, 動脈血ガス分析を行った. その後, 肺動脈を閉塞したまま, 健側下側臥位に体位を変え15分間安静とし, 各値を同様に測定し, 健側下側臥位閉塞後の値とした. さらにバルーンをデフレートし, 15分間の安静後, 各値を測定し健側下側臥位対照分析値とした. 仰臥位, 側臥位とも肺動脈閉塞前後の全肺血管抵抗係数 (TPVRI) を \bar{P}_{pa}/CI で求めた. また $\bar{P}_{pa}-\bar{P}_{pw}$ を肺動脈駆動圧 (driving pressure: DP) とし, 肺小血管抵抗係数 (PVRI) を DP/CI として求めた.

仰臥位の基準点は中腋窩線上, 側臥位の基準点は背骨中線上 (棘突起上) とした. 両群の各数値は paired t-test で検定した. また Bonferroni の補正を用いて 0.8% 未満, $p < 0.008$ を有意差ありとして判定した.

結果

1. 肺動脈圧の変化 (図1)

左肺全摘術を施行した57歳男性の仰側臥位コントロール, UPAO それぞれの肺動脈圧, 動脈血, 混合静脈血ガス分析の結果を示す.

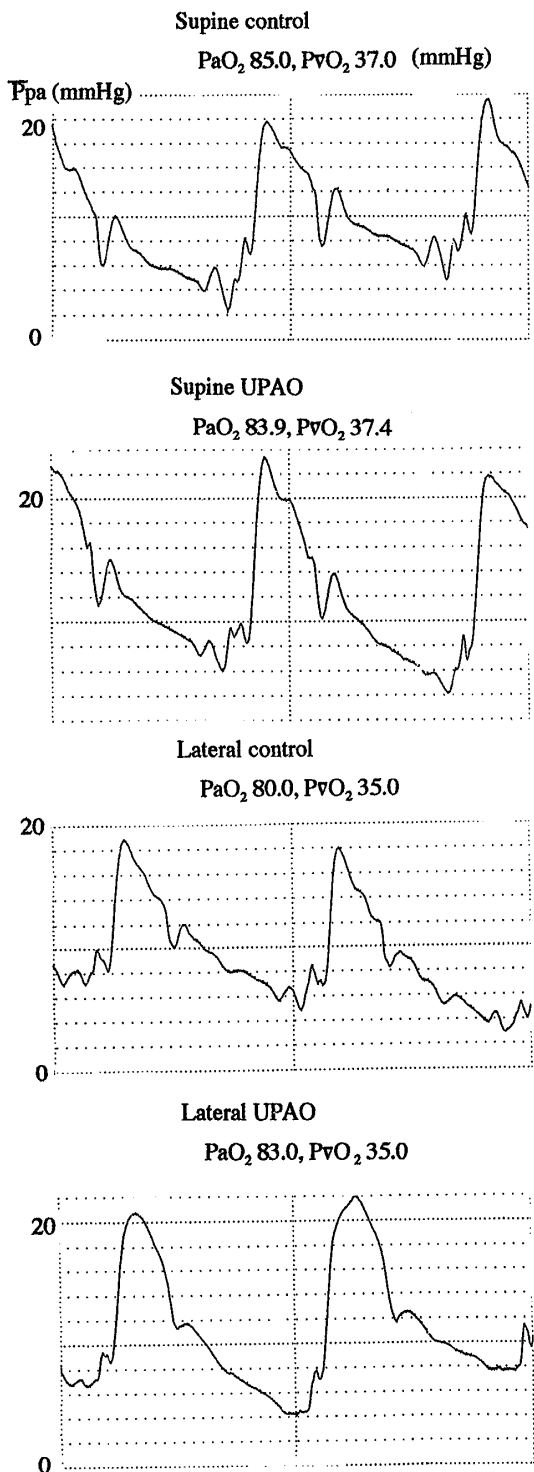


図1 肺動脈圧の変化 (症例1)

2. 平均肺動脈圧 (\bar{P}_{pa}) の推移 (表2, 図2)

仰臥位 UPAO は仰臥位コントロールと比べ有意に上昇した。また仰臥位 UPAO に比べ側臥位 UPAO では低下する傾向にあった。側臥位コントロールは側臥位 UPAO と比べ有意に低下した。

3. 平均肺動脈楔入圧 (\bar{P}_{pw}) の推移 (表2, 図

3)

仰臥位 UPAO・仰臥位コントロール間・仰臥位 UPAO・側臥位 UPAO 間, 側臥位 UPAO・側臥位コントロール間のいずれにも有意差を認めなかった。

4. 心係数 (CI) の推移 (表2, 図4)

仰臥位 UPAO・仰臥位コントロール間, 仰臥位 UPAO・側臥位 UPAO 間, 側臥位 UPAO・側臥位コントロール間のいずれにも有意差はなかった。

5. 全肺血管抵抗係数 (TPVRI) の推移 (表2, 図5)

仰臥位 UPAO は仰臥位コントロールと比し有意に上昇した。また仰臥位 UPAO と比べ側臥位 UPAO は低下する傾向にあった。さらに側臥位コントロールは側臥位 UPAO と比べ低下傾向にあった。

6. 肺小動脈血管抵抗係数 (PVRI) の推移 (表2, 図6)

仰臥位 UPAO は仰臥位コントロールと比べ有意に上昇した。仰臥位 UPAO・側臥位 UPAO 間に有意差を認めなかった。また側臥位コントロールは側臥位 UPAO と比べ低下傾向にあった。

7. 肺動脈駆動圧 (DP) の推移 (表2, 図7)

仰臥位 UPAO は仰臥位コントロールと比べ有意に上昇した。仰臥位 UPAO・側臥位 UPAO 間に有意な差はなかった。側臥位コントロールは側臥位 UPAO と比べ低下傾向にあった。

8. 動脈血ガス分析 (P_{aO_2}) の推移 (表2, 図8)

仰臥位 UPAO・仰臥位コントロール間, 仰臥位 UPAO・側臥位 UPAO 間, 側臥位 UPAO・側臥位コントロール間のいずれにも有意差を認めなかった。

9. 混合静脈血ガス分析 (P_{vO_2}) の推移 (表2, 図9)

仰臥位 UPAO・仰臥位コントロール間に有意差を認めなかった。仰臥位 UPAO と比べ側臥位 UPAO は有意に低下した。また側臥位コントロールは側臥位 UPAO と比べ上昇傾向にあった。

考 察

一側肺動脈閉塞試験 (UPAO) は肺全摘, 肺葉切

表2 結果

	Supine-control	Supine-UPAO	Lateral-UPAO	Lateral-control
$\bar{P}pa$ (mmHg)	13.6 ± 4.4	18.4 ± 5.7 *	16.6 ± 5.7	13.6 ± 4.8 *
$\bar{P}pw$ (mmHg)	5.0 ± 1.8	5.1 ± 2.4	5.5 ± 2.3	5.7 ± 2.7
CI (l/min/m ²)	3.25 ± 0.87	3.08 ± 0.87	3.03 ± 0.85	3.10 ± 0.82
TPVRI (dyne · sec · cm ⁻⁵ · m ²)	363 ± 122	516 ± 235 *	476 ± 211	373 ± 168
PVRI (dyne · sec · cm ⁻⁵ · m ²)	236 ± 107	372 ± 186 *	368 ± 198	269 ± 131
DP (mmHg)	8.6 ± 3.9	13.3 ± 4.7 *	13.1 ± 5.5	9.9 ± 3.8
PaO ₂ (mmHg)	83.1 ± 12.2	80.4 ± 12.9	78.2 ± 13.4	83.9 ± 10.8
P $\bar{V}O_2$ (mmHg)	37.0 ± 3.0	36.8 ± 3.3	35.4 ± 3.2 *	36.5 ± 2.8

mean ± SD, * p < 0.001.

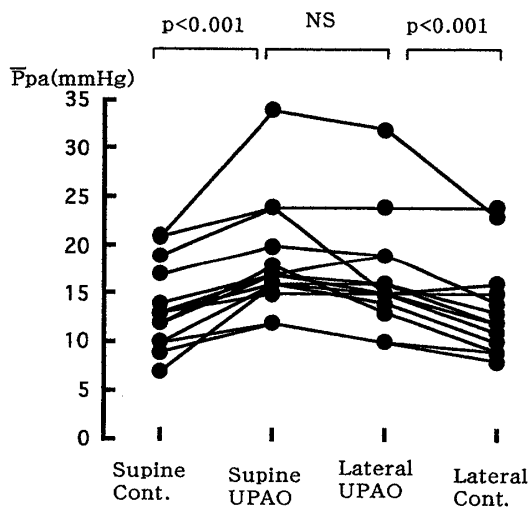


図2 平均肺動脈圧 ($\bar{P}pa$) の推移

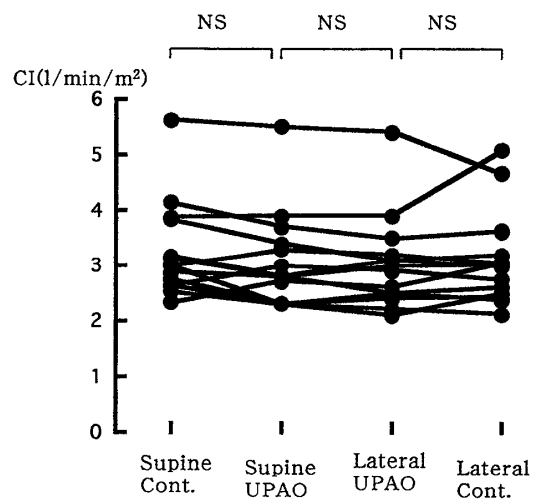


図4 心係数 (CI) の推移

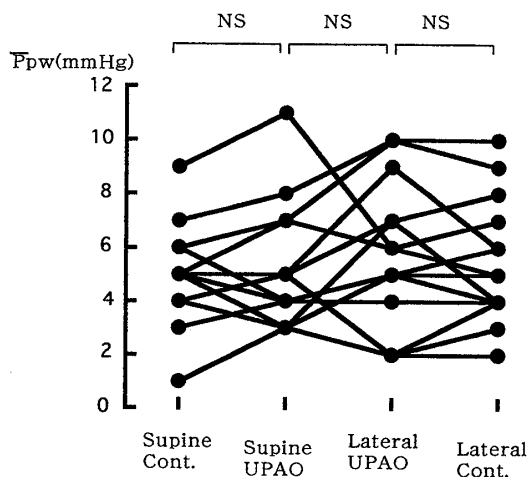


図3 平均肺動脈楔入圧 ($\bar{P}pw$) の推移

行われている⁴⁾⁵⁾。Carolynら⁶⁾は肺全摘、肺葉切除術中、肺動脈結紮直後の肺循環動態の変化として絶対的、あるいは機能的肺血管床減少により急激な右心不全とはならないものの、術前値に比べ、肺動脈圧、肺血管抵抗は上昇したと述べている。したがって手術に際し、術中肺動脈結紮直後からの超急性期の肺循環動態の変化も考慮しなければならない。

われわれは肺動脈結紮直後の肺循環動態の変化も従来の仰臥位UPAOで予測可能かを検討するため、術中とできる限り同じ状況をつくりだす意味で、肺全摘、肺葉切除術の標準体位である健側下側臥位でUPAOを試みた。

側臥位UPAOを施行する際、基準点を設定する必要があるが、仰臥位同様右房に基準点をおくと、左右側臥位間で圧に開きがでるため正中線上を基

除術に際し術後急性期、あるいは遠隔期の肺循環動態を予測し、機能的手術適応を決定する目的で

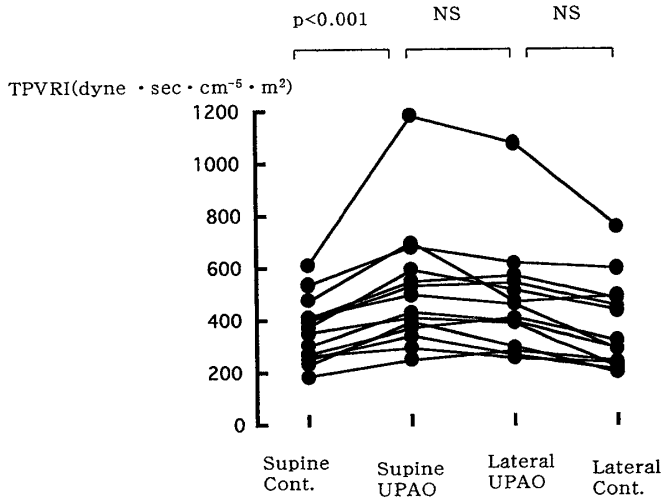


図5 全肺血管抵抗係数 (TPVRI) の推移

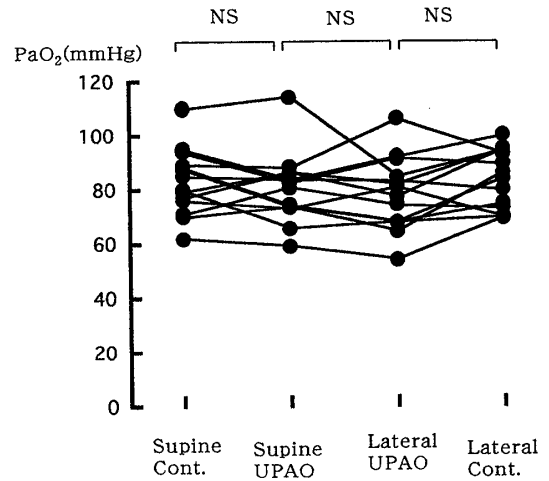


図8 動脈血ガス分析 (PaO₂) の推移

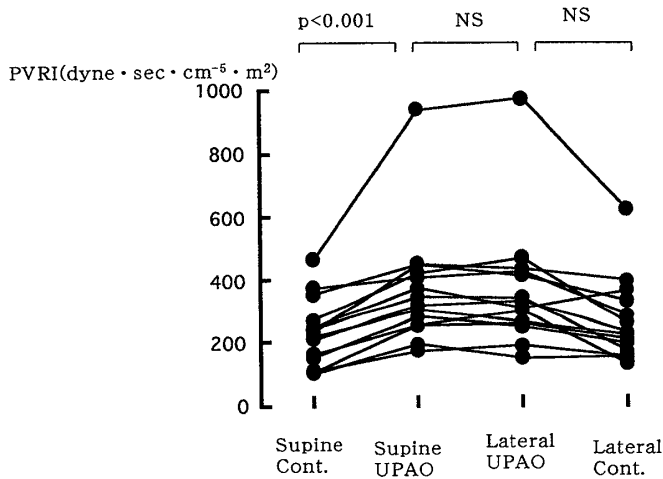


図6 肺小動脈血管抵抗係数 (PVRI) の推移

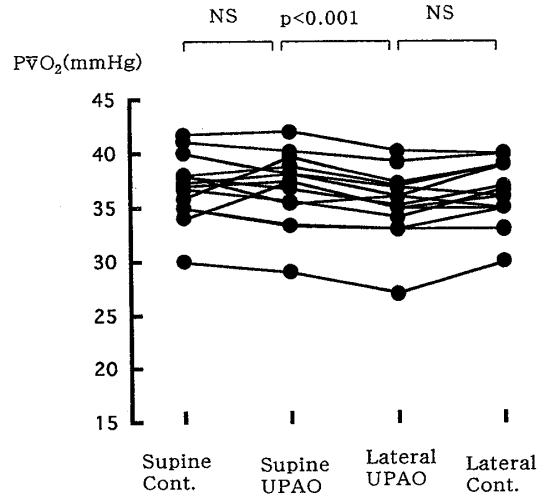


図9 混合静脈血ガス分析 (Pv̄O₂) の推移

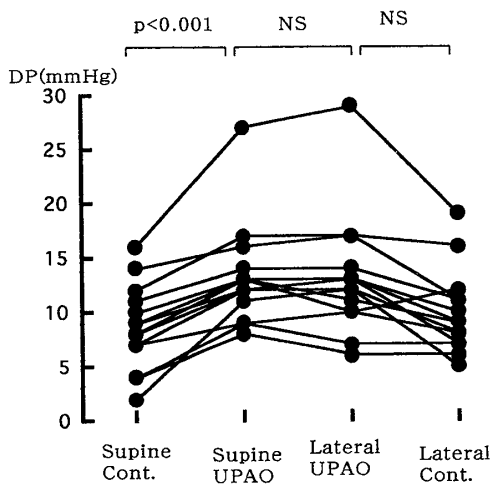


図7 肺動脈駆動圧 (DP) の推移

準点とした。

側臥位コントロールとUPAO間でみられる $\bar{P}pa$ やTPVRI, PVRIの上昇は、仰臥位コントロール, UPAO間とほぼ同様の変化を示しており、側臥位においてもUPAOは術後の肺循環動態を反映していると考えられる。

仰側臥位UPAOを比べると側臥位UPAO時、 $\bar{P}pa$ が低下傾向にあり、TPVRIも低下傾向を示した。肺血管床予備能力のみを評価するPVRIに有意な変化を認めなかったことから、これは基準点の上昇によるものと考えられたが、 $\bar{P}pw$ が有意差はないものの側臥位UPAO値で高い傾向を示しており、このことは基準点の上昇では説明がつかない。 $\bar{P}pw$ が高い傾向を示した理由として、スワ

ンガンツカテール楔入の位置が適切でなかった、あるいは側臥位 UPAO 時、一時的に心臓に負荷がかかったことなどが推測されるが、明らかな理由づけは困難であり、基準点の問題も含め、再考を要すると思われる。

また仰臥位 UPAO と比べ、側臥位 UPAO 時に \bar{PvO}_2 が有意に低下した。この理由について明らかなことはいえないが、坐位と仰臥位を比較すると、仰臥位の際に lung volume が増加し、それにより起こる肺活量の減少を最小限に抑えるため、一時的に静脈還流が低下する⁷⁾ことが知られており、側臥位、仰臥位間にも同様の関係があるとも推測される。

Benumof⁸⁾は側臥位における肺血流、換気の変化を覚醒時、閉胸麻酔時、開胸麻酔時に分けてその生理学的相違について述べている。すなわち覚醒時には下側肺の血流、換気がともに増加する。閉胸麻酔時と比べると肺血流の分布は変わらないが、閉胸麻酔時には大部分の換気が下側肺から上側肺に移る。さらに閉胸麻酔時、開胸麻酔時を比べると肺血流の分布に大差はないが、開胸麻酔時においては、上側肺（開胸側肺）のコンプライアンスが低下し、その結果換気血流の不均等が増大する。側臥位での UPAO は、生理学的には Benumof のいうところの覚醒時の肺血流、換気状態に相当するが、術中の麻酔や開胸等の操作の影響を考慮しておらず、術中の状態を正確に反映するものではない。しかし仰臥位のコントロールと UPAO 間の変化と同様に \bar{Ppa} が上昇し、TPVRI、PVRI も上昇傾向を示したことから、術中肺動脈結紮直後の肺循環動態を予測するうえで、少なからず意義があると思われる。

仰側臥位間の UPAO を比較し、動静脈血ガス分圧上、 \bar{PvO}_2 の低下がみられ、若干注意を払う必要があるものの、肺循環動態的にはコントロールと比較して UPAO 時に \bar{Ppa} 、TPVRI が上昇し、この上昇率は仰臥位、側臥位間でほぼ同様であること、仰側臥位 UPAO 時の \bar{Ppa} 、TPVRI の相違はコントロールと比較した、 \bar{Ppa} 、TPVRI の上昇に比べ少ないこと、また UPAO 時の \bar{Ppa} 、TPVRI は仰臥位のほうが側臥位より高い傾向にあることより、

仰臥位 UPAO が許容範囲内であれば、側臥位肺切除時においても大きな影響を及ぼすことはなく、肺切除適応限界として従来行われている仰臥位 UPAO は、側臥位術中肺動脈結紮直後の超急性期の肺血行動態を反映しており、肺全摘、肺葉切除術中管理の指標として有用である。

結 論

一側肺動脈閉塞試験 (UPAO) を仰臥位と健側下側臥位の両体位で施行した結果、患側肺動脈閉塞前後の平均肺動脈圧 (\bar{Ppa})、全肺血管抵抗係数 (TPVRI)、心係数 (CI) はそれぞれ仰臥位: 13.6 ± 4.4 , 18.4 ± 5.7 mmHg, 363 ± 122 , 516 ± 235 dyne \cdot sec \cdot cm⁻⁵ \cdot m², 3.25 ± 0.87 , 3.08 ± 0.87 mmHg, 側臥位: 13.6 ± 4.8 , 16.6 ± 5.7 mmHg, 373 ± 168 , 476 ± 211 dyne \cdot sec \cdot cm⁻⁵ \cdot m², 3.10 ± 0.82 , 3.03 ± 0.85 l/min/m² となり、仰臥位 UPAO に比し側臥位 UPAO で \bar{Ppa} 、TPVRI が低値を示す傾向にあった。また混合静脈血ガス分圧がそれぞれ仰臥位: 37.0 ± 3.0 , 36.8 ± 3.3 mmHg, 側臥位: 36.5 ± 2.8 , 35.4 ± 3.2 mmHg となり、仰臥位 UPAO に比し側臥位 UPAO で有意に低値を示した ($p < 0.001$)。混合静脈血ガス分圧は仰臥位、側臥位 UPAO 間で僅差がみられたが、肺切除の主たる許容限界値である。肺循環動態からは、 \bar{Ppa} 、TPVRI が側臥位で仰臥位より低い傾向にある。従って仰臥位 UPAO が許容範囲内であれば、側臥位肺切除時においても問題なく、仰臥位での UPAO は、側臥位での術中肺動脈結紮直後の超急性期の肺循環動態を反映し、評価しうるとされる。

文 献

- 1) Carlens E, Hansen HE, Nordenstrom B: Temporary unilateral occlusion of the pulmonary artery. J Thorac Surg 22: 527-536, 1951
- 2) Ugglia LG: Indication for and results of thoracic surgery with regard to respiratory and circulatory function tests. Acta Chir Scand 111: 197-213, 1956
- 3) Sloan H, Morris JD, Figley M et al: Temporary unilateral occlusion of the pulmonary artery in the preoperative evaluation of thoracic patients. J Thorac Surg 30: 591-597, 1957
- 4) 新田澄郎, 石木幹人, 小池加保児ほか: 低肺機能者肺切除適応と予後. 日外会誌 86: 1038-1040, 1985

- 5) 石木幹人：低肺機能患者の肺切除術の機能的適応決定と術後急性期及び遠隔期の心肺動態に関する研究。抗研誌 36: 159-169, 1985
 - 6) Carolyn ER, Francis GS, Fred AC: Effect of pulmonary resection on right ventricular function. Ann Thorac Surg 53: 578-582, 1992
 - 7) Fishman AP: Pulmonary circulation. In Handbook of Physiology. The Respiratory System, pp 93-165, American Physiological Society, Bethesda Maryland (1985)
 - 8) Benumof JL: Physiology of the lateral decubitus position, the open chest and one-lung ventilation. In Thoracic Anesthesia, pp93-221, Churchill Livingstone, New York (1992)
-