

研 究

簡易呼吸陽圧発生装置が自発呼吸に及ぼす影響
—呼吸力学パラメータによる分析—

久慈 昭慶¹⁾, 菊池 和子¹⁾, 熊谷 美保¹⁾, 小板橋 航¹⁾, 守口 霞¹⁾,
佐賀 明子¹⁾, 磯部可奈子¹⁾, 大谷亜紀子¹⁾, 佐藤 健一²⁾, 四戸 豊²⁾

¹⁾ 岩手医科大学歯学部口腔保健育成学講座小児歯科学・障害者歯科学分野

(主任：田中 光郎 教授)

²⁾ 岩手医科大学歯学部口腔顎顔面再建学講座歯科麻酔学分野

(主任：城 茂治 教授)

(受付：2014年10月31日)

(受理：2014年12月25日)

全身麻酔中の無気肺の発生防止と酸素化促進のため、呼吸陽圧 (PEP) 発生装置を工夫した。この装置は、水を入れたガラス瓶を用いて呼吸終末圧を自発呼吸に負荷するものである。この研究の目的は、PEP が機能的残気量を増やして無気肺の発生を防止し、酸素化を促進させることを明らかにすることである。患者は、歯科治療のためにラリンジアルマスクを用いた日帰り麻酔を受けた、障害をもつ患者12名であった。12名をコントロール群 (ZEP 群, n = 7) と PEP 発生装置を用いて呼吸終末気道内圧を5cmH₂O 上昇させた群 (PEP 群, n = 5) に分類した。測定は NICO モニタ 7300 (Novamatrix Medical Systems inc.) を用いて行った。両群とも PEP 負荷あるいは負荷なしの20分を挟んで2回、動脈血ガス分析値、呼吸・循環モニター値、さらには呼吸力学パラメータ値を測定した。その結果は以下のようであった：1) 吸呼気相比 (ZEP, 1.5±0.2; PEP, 2.1±0.4) と呼吸仕事量 (ZEP, 416±179; PEP, 929±290 mL・cmH₂O) が PEP 群で有意に増加していた。2) PEP 群においては、気道死腔 (1回目, 118±14.3; 2回目, 125±13.6 mL) と死腔換気率 (1回目, 0.59±0.09; 2回目, 0.63±0.08) が増加していた。3) PEP 群においては、PaO₂が低下していた (1回目, 250±29; 2回目, 230±23 mmHg)。4) PEP 群においては、血圧上昇が抑制された。

PEP 装置の適応は、機能的残気量の増加、ひいては無気肺発生予防を期待できるが、その一方で呼吸努力の増加には注意が必要である。

Effects of positive expiratory pressure on spontaneous ventilation during anesthesia

— Analyses of respiratory mechanics —

Akiyoshi KUJI, Kazuko KIKUCHI, Miho KUMAGAI, Wataru KOITABASHI, Kasumi MORIGUCHI, Akiko SAGA, Kanako ISOBE, Akiko OHYA, Ken-ichi SATOH* and Yutaka SHINOHE*

Division of Pediatric and Special Care Dentistry, Department of Developmental Oral Health Science, School of Dentistry, Iwate Medical University

(Chief : Prof. Mitsuru TANAKA)

*Division of Dental Anesthesiology, Department of Reconstructive Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Iwate Medical University

(Chief : Prof. Shigeharu JOH)

1-3-27, Chuo-dori, Morioka, Iwate 020-8505, Japan

緒 言

ラリンジアルマスクエアウェイ（以下 LMA と略す）は、気管挿管に比べて、喉頭以下の気道に非侵襲的であるため^{1,2)}、術後の呼吸状態はより良好である³⁾。障害者の麻酔ではしばしば日帰り麻酔を要することから⁴⁾、LMA は障害者の麻酔に適していると言える^{5,6)}。また自発呼吸の温存が可能のため、酸素化⁷⁾や導入時の確実な換気⁸⁾に有利である。しかしながら自発呼吸のみでは、肺胞および細気管支の拡張が小さく、さらには麻酔薬に起因する気道の繊毛運動の減弱⁹⁾も加わるため、無気肺が起こりやすい。肥満者や長時間の麻酔においては、なおさらである¹⁰⁾。

自発呼吸下に気道および肺胞を拡げて無気肺発生を予防する方法としては、持続気道内陽圧 (continuous positive airway pressure) が考えられるが^{11,12)}、これには高価な設備が必要となる。1970 年代、麻酔および ICU 管理において利用された、水圧を利用した呼気陽圧発生装置 (positive expiratory pressure generator, 以下 PEP 発生装置と略す) は、使用時の設定に多少の煩雑さはあるが、安価で単純な構造の麻酔器

にも装着でき、無気肺の予防に有効とされている¹³⁾。われわれも水圧を利用した単純な PEP 発生装置 (図 1,2) を工夫したので、その気道および肺胞の拡張効果を検証することとした。通常の術中モニターおよび血液ガス分析値にくわえ、呼吸力学から導き出した死腔量を分析したので、考察を加えて報告する。

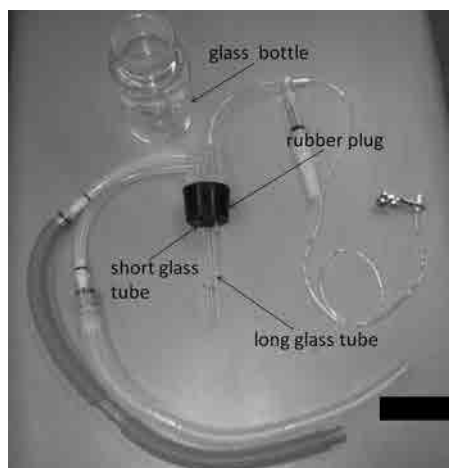


図 2 呼気陽圧発生装置

ガラス瓶およびゴム栓、長短ガラス管からなる。なお、注射筒およびそれに連なる方の短いガラス管は、ガラス瓶内の水量の初期設定に用いる

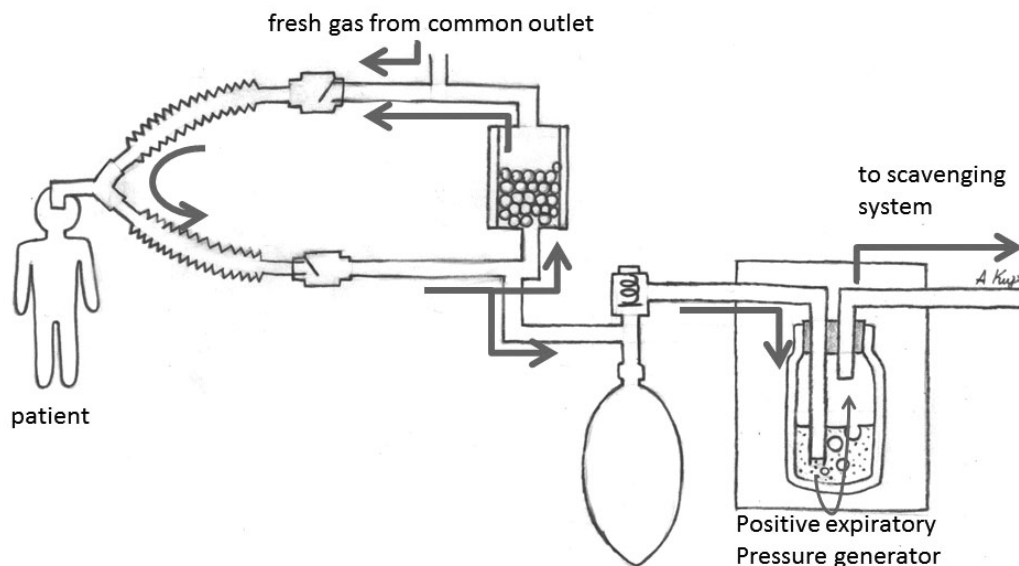


図 1 麻酔回路と呼気陽圧発生装置の位置関係 (矢印は気流の方向)

対象および方法

本研究は岩手医科大学歯学部倫理委員会において承認された(承認番号 01129)。また患者保護者には、あらかじめ PEP 発生装置の装着およびデータ測定、発表について説明を行い、承諾を得た。

1. PEP 発生装置

今回工夫した装置は、広口瓶とゴム栓、ガラス管、シリコンチューブで構成される(図2)。広口瓶の水の中に麻酔排気ガスを導き入れることによって、水圧を気道に逆行性に負荷する仕組みとなっている(図1)。負荷圧は水量で調節し、一定の値を超えると水泡が生じて麻酔排気ガスが解放されるため、一定値以下に保たれる。自発呼吸時は、とくに呼気相において受動的な気道内圧(以後 Paw と略す)の増加が生じる(図3)。本装置は、たとえば今回用いた PRO45S(アコマ医科工業株式会社, 東京)のような、人工呼吸器を後付けできるような単純な構造の麻酔

器では、ベンチレーター接続口とガスポケット接続口間の人工呼吸器を装着する部分(図1)に容易に装着して使用することができる。

2. 対象

測定を行った患者は、2012年2月~7月の期間に岩手医科大学附属病院歯科医療センター障がい者歯科において、LMA を用いて自発呼吸を温存した全身麻酔^{5,6)}下に歯科治療を受けた患者14名である。これら患者を無作為に対照群(zero expiratory pressure 群, 以後 ZEP 群と略す)7名と PEP 発生装置にて呼気陽圧を負荷した群(以後 PEP 群と略す)7名に振り分けた。

3. 方法

1) 呼吸力学および循環パラメータと動脈血ガスの測定: 以前、著者らが報告した^{5,6)}ように、セボフルランと亜酸化窒素にて緩徐導入を行い、静脈路を確保した。プロポフォルとミダゾラムにて適切な麻酔深度が得られた後、flexible LMA¹⁴⁾にて気道確保をおこなった。た

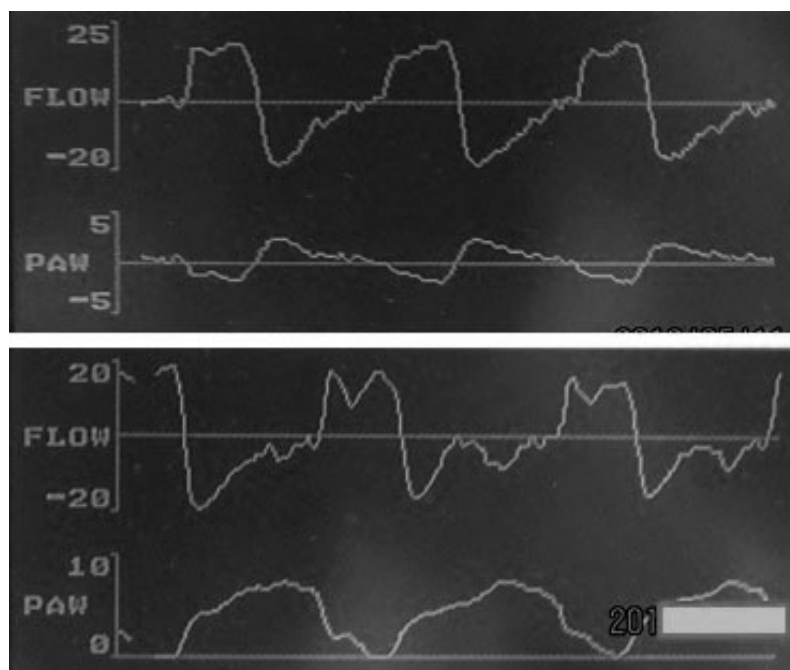


図3 典型的な流量曲線と気道内圧曲線の同時トレース
上図: 呼気陽圧非負荷時, 下図: 呼気陽圧負荷時, FLOW: 気流 (m/s), PAW: 気道内圧 (mmH₂O)。

だちに歯科処置および亜酸化窒素投与($O_2:N_2O = 1:1$)を開始し、20分後に1回目の動脈血採取を行ってpH, PCO_2 , PO_2 を測定した。同時にプロポフォル投与速度、循環モニター値として脈拍(PR)および血圧(BP)、呼吸モニター値として分時呼吸回数(f)、1回換気量(V_T)およびPaw, 呼吸力学パラメータ値として吸呼期相比(I:E ratio), 気道内死腔量(V_{Daw}), 肺胞死腔量(V_{Dalv}), 死腔換気率(V_D/V_T), および呼吸仕事量(WOB)を測定した(1回目測定)。その後20分間、ZEP群はそのままの呼吸状態で、PEP群はPEP発生装置による5cmH₂Oの呼気陽圧を負荷して、再び1回目と同じ項目について測定をおこなった(2回目測定)。なお、呼吸力学パラメータはNICOモニター7300(Novametrix Medical Systems inc. Wallingford, CT, USA)を用いて測定した。そのうち呼吸仕事量については、NICOモニター画面の圧量図(図4)のループ内側の面積を、長さ・面積測定フリーソフトlenaraf220b.xls(atelier M&M, <http://hp.vector.co.jp/authors/VA004392/>)を用いて計算した。

2) 圧力負荷の方法: 麻酔器にPEP発生装置を装着し、終末呼気の最高気道内圧(Paw_{max})が1回目測定時より5cmH₂O上昇するまで広口瓶中の水を増量した。なお、 Paw_{max} を上昇させながら、なおかつ吸気相において最低気道内圧

(Paw_{min})の上昇および呼吸バッグ虚脱の両者を防ぐため、呼吸バッグのサイズを小さめ(2L)とし、 O_2 と N_2O からなる混合気の流量を3~4 L/minの範囲内で調節した。また、1回目と2回目の呼吸力学パラメータ各値の比較を容易にするため、 V_T ができるだけ同じ値になるようにプロポフォル投与速度を適宜調節した。

3) 統計解析: ZEP群とPEP群間の男女構成および障害の種類については、フィッシャーの直接確率計算法を用いて検定した。その他の値については、群間はスチューデントのt検定、群内(1回目と2回目)の値には対応のあるt検定を行った。いずれの検定も $P < 0.05$ で有意差ありと判定した。

結 果

PEP群として測定していた7名のうち、2名において V_T あるいはfが安定しなかったため、測定を中止した。その結果ZEP群は7名、PEP群は5名となった。両群間の年齢および体重、body mass indexに有意差はなかった。また、男女構成および障害の構成についても違いはなかった(表1, 2)。

プロポフォル投与速度および V_T , fでは、両群間に差はなかった。さらに群内においても1回目と2回目の値に差はなかった(表3)。

Paw_{min} および Paw_{max} , I:E ratioでは、いずれ

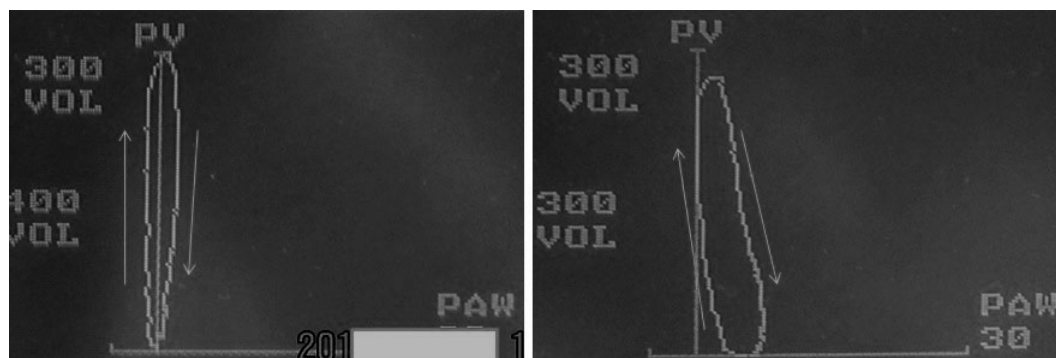


図4 典型的な圧量図(PV)

左図: 呼気陽圧非負荷時

右図: 呼気陽圧負荷時, 縦軸: 肺容量(最大300cm³), 横軸: 気道内圧(最大30mmH₂O).

表1 患者背景 (n = 12)

	ZEP (n=7)	PEP (n=5)
年齢 (歳)	21.1±4.8	18.6±3.3
男:女	6:1	5:0
体重 (Kg)	60.0±16.7	62.3±18.0
body mass index	22.4±6.0	22.1±4.7

ZEP: 対照群, PEP: 呼吸陽圧負荷群
統計量は平均±標準偏差

表2 各群の患者が有する障害

	ZEP(n=7)	PEP(n=5)
精神遅滞	2	1
自閉症	5	4
てんかん	3	2
脳性麻痺	1	0

ZEP: 対照群, PEP: 呼吸陽圧負荷群

表3 Propofol 投与速度, 1回換気量, 分時呼吸回数

	Propofol速度 (mg/Kg/hr)		1回換気量(mL)		分時呼吸回数 (breaths/mim)	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
ZEP	16.5±5.1	17.3±5.2	202±43	207±46	21.2±4.9	21.3±4.4
PEP	18.4±6.1	18.6±5.9	227±50	230±48	16.8±4.3	16.5±4.2

ZEP: 対照群, PEP: 呼吸陽圧負荷群
統計量は平均±標準偏差

表4 気道内圧と吸・呼気相比

	Pawmin (cmH2O)		Pawmax (cmH2O)		I:E ratio	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
ZEP	-0.1±0.2	-0.1±0.2	1.2±0.4	1.3±0.6	1.6±0.2	1.5±0.2
PEP	-0.1±0.2	1.1±0.2*†	0.9±0.5	6.1±0.2*†	1.8±0.3	2.1±0.4*†

Pawmin: 最小気道内圧, Pawmax: 最大気道内圧, I:E ratio: 吸・呼気相比

ZEP: 対照群, PEP: 呼吸陽圧負荷群

統計量は平均±標準偏差

†対照群と有意差あり (P<0.05), *1回目と有意差あり (P<0.05)

表5 死腔と呼吸仕事量

	VDaw (mL)		VDalv (mL)		VD/VT		WOB (mL・cmH2O)	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
ZEP	117±11.8	117.2±11.6	13.0±6.1	12.3±6.9	0.64±0.10	0.65±0.05	404±157	416±179
PEP	118±14.3	125±13.6*	12.0±4.1	15.4±2.3	0.59±0.09	0.63±0.08*	556±236	929±290*†

VDaw: 気道死腔, VDalv: 肺胞死腔, VD/VT: 死腔換気率, WOB: 呼吸仕事量

ZEP: 対照群, PEP: 呼吸陽圧負荷群

統計量は平均±標準偏差

†対照群と有意差あり (P<0.05), *1回目と有意差あり (P<0.05)

表6 動脈血ガス分析値

	pH		PCO ₂ (mmHg)		PO ₂ (mmHg)	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
ZEP	7.24±0.06	7.25±0.05	65.8±12.5	64.5±11.4	218±62	208±56
PEP	7.22±0.04	7.22±0.04	70.6±9.5	71.7±11.4	250±29	230±23*

ZEP: 対照群, PEP: 呼吸陽圧負荷群

統計量は平均±標準偏差

*1回目と有意差あり (P<0.05)

表7 血圧と脈拍

	脈拍 (beats/min)		拡張期血圧 (mmHg)		収縮期血圧 (mmHg)	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
ZEP	92.0±17.3	90.0±16.2	40.0±5.0	44.0±6.1*	96.4±9.2	102.7±9.1*
PEP	86.8±10.9	86.8±9.3	40.4±5.8	41.2±4.4	101.4±10.5	99.4±9.7

ZEP: 対照群, PEP: 呼吸陽圧負荷群

統計量は平均±標準偏差

*1回目と有意差あり (P<0.05)

も1回目の測定で両群間に差はなかったが、2回目測定において群間に差がみられた。さらにPEP群内において1回目と2回目の測定値間に差がみられた(図3, 表4)。

呼吸力学パラメータ値では、WOBの2回目測定にて群間に差がみられた。また V_{Daw} および V_D/V_T 、WOBにおいては、PEP群内(1回目と2回目)の測定値に差がみられた(表5, 図4)。

動脈血ガス分析値には群間での差は生じなかったが、PEP群内において2回目の PaO_2 が低下していた(表6)。

循環系モニター値では、ZEP群内において拡張期および収縮期血圧のいずれもが2回目の測定時に上昇していた(表7)。

考 察

プロポフォール投与速度および V_T 、 f は、2度の測定時において差はなかった。これは処置による侵襲の大きさに著しい違いはなかったことを示していると思われる。

PEPによりI:E ratioは増加していたが、その一方で f は不変であった。このことは、呼気相の延長、およびその分の吸気相の短縮を示している。また圧量図ループ(図4)は、PEP適応前には $Paw = 0$ の直線を中心軸としてほぼ対称であったが、PEP適応後には右方へ移動し、なおかつ左方へ傾斜していた。また、ループ内の面積は増加していた。これらは、PEPが呼気相における呼吸努力を増加させたことを示唆している。したがって、とくに呼吸筋の疲労が問題となる患者においては、術後の注意深い観察が望まれる。

自発呼吸下に、気道および肺胞を拡げて無気肺の発生を予防する方法としては、持続気道内陽圧やPEPが有効といわれている¹¹⁻¹³⁾。両者とも自発呼吸下に、肺内水分の肺胞付近から気道付近への再分配、および機能的残気量(functional residual capacity, 以後FRCと略す)を大きく保つことによって無気肺や急性呼吸促進症候群の予防および治療に有効といわれ

ている¹¹⁾。FRCの増加は、肺における空気とらせこみを防止するため、無気肺の発生予防や再拡張への寄与が期待できる¹¹⁾。Visickら¹²⁾によれば、持続気道内陽圧によって V_D/V_T は約15%増加する。今回は、PEPによって V_{Daw} (6%)および V_D/V_T (7%)の増加、および V_{Dalv} の増加傾向がみられた。持続気道内圧ほどではないが、本装置によるPEPにも気道・肺胞の拡張作用があると考えられ、ひいてはFRCの増加が期待できる。

従来の報告では、持続気道内陽圧によってA-a DO_2 が約13mmHg改善したとの報告もあるが¹²⁾、今回の研究では、PEP群内において PaO_2 値の低下がみられた。今回の研究に協力を得た患者は、いずれも肥満のない患者であったうえ、自発呼吸下であったことから、換気血流比も非常に良好な状態であったと推測される。したがってVimlatiら⁷⁾が報告しているように、 Paw_{max} における5cmH₂Oの増加が、むしろ換気血流などの不均衡をもたらした可能性が考えられる。

血圧上昇はZEP群においてみられたが、PEP群内ではみられなかった。当外来では、術前・術後の補液が困難な患者も多いため、全身状態が許せば、術中に前日の夕食後から当日の夕方までの水分として約20ml/kgの輸液を行うことにしている¹⁵⁾。この輸液による容量負荷によって血圧が上昇した可能性がある。PEP群においては、Leithnerら¹⁶⁾の報告と同様、容量負荷による血圧上昇が、わずかな循環抑制によって相殺されたと思われる。

結 語

無気肺の発生防止と酸素化促進を目的として、PEP発生装置を用いて、自発呼吸を維持した全身麻酔中の患者の最高気道内圧を5cmH₂O上昇させ、呼吸力学および循環パラメータの測定と動脈血ガス分析を行ってPEPの効果を検討した。その結果：1) 呼気相での呼吸努力が増大するため、呼吸筋の疲労が問題となる患者では慎重な適応が必要と考えられた。2) 気道

および肺胞の拡張効果が示唆されたため, FRCの増加, ひいては無気肺発生の予防が期待できた。3) ZEP 群にみられた容量負荷によると思われる血圧上昇が, PEP 群ではみられなかったことから, わずかな循環抑制が考えられた。

謝 辞

杉浦 剛博士には, 研究の計画立案と資料分析に際し, 多くのご助言をいただきました。感謝いたします。

利益相反について

論文に関して, いかなる利益相反関係も有しない。

文 献

- 1) Watcha, M. F., White, P. F. and Stevens, J. L.: Comparative effects of laryngeal mask airway and endotracheal tube insertion on intraocular pressure in children. *Anesth. Analg.*, 75 : 355-360, 1992.
- 2) Tanaka, A., Isono, S., Ishikawa, T., Sato, J. and Nishino, T.: Laryngeal resistance before and after minor surgery: endotracheal tube versus laryngeal mask airway. *Anesthesiology*, 99 : 252-258, 2003.
- 3) Ferrari, L.R. and Goudsouzian, N.G.: The use of the laryngeal mask airway in children with bronchopulmonary dysplasia. *Anesth. Analg.*, 81 : 310-313, 1995.
- 4) 酒井信明: 障害者歯科学. 相川書房, 東京, 38-44 ページ, 1999.
- 5) 久慈昭慶, 市川真弓, 菊池和子, 岡本明子, 熊谷美保, 城茂治, 矢部雅哉: ラリンジアルマスクエアウェイを用いた障害者歯科麻酔 49 例の検討. *日臨麻会誌*, 26 : 171-178, 2006.
- 6) 久慈昭慶, 市川真弓, 菊池和子, 熊谷美保, 福井昌志, 佐藤健一, 城茂治, 杉浦剛, 鈴木史人: プロポフォールとラリンジアルマスクエアウェイを用いた麻酔の有有用性—障害者歯科の日帰り麻酔 100 例の検討—. *日歯麻誌*, 35 : 365-372, 2007.
- 7) Vimlati, L., Kawati, R., Hedenstierna, G., Larsson, A. and Lichtwarck-Aschoff, M.: Spontaneous breathing improves shunt fraction and oxygenation in comparison with controlled ventilation at a similar amount of lung collapse. *Anesth. Analg.*, 113 : 1089, 2011.
- 8) Parmet, J. L., Colonna-Romano, P., Horrow, J. C., Miller, F., Gonzales, J. and Rosenberg, H.: The laryngeal mask airway reliably provides rescue ventilation in cases of unanticipated difficult tracheal intubation along with difficult mask ventilation. *Anesth. Analg.*, 87 : 661-665, 1998.
- 9) Rezaiguia-Delclaux, S., Jayr, C., Luo, D. F., Saidi, N. E., Meignan, M. and Duvaldestin, P.: Halothane and isoflurane decrease alveolar epithelial fluid clearance in rats. *Anesthesiology*, 88 : 751-760, 1998.
- 10) Pelosi, P., Croci, M., Ravagnan, I., Tredici, S., Pedoto, A., Lissoni, A. and Gattinoni, L.: The effects of body mass on lung volumes, respiratory mechanics, and gas exchange during general anesthesia. *Anesth. Analg.*, 87 : 654-660, 1998.
- 11) Miller, R. D.: *Anesthesia*. 3ed ed., Churchill Livingstone Inc., New York, pp2187-2197, 1990.
- 12) Visick, W. D., Fairley, H. B. and Hickey, R. F.: The effects of tidal volume and end-expiratory pressure on pulmonary gas exchange during anesthesia. *Anesthesiology*, 39 : 285-290
- 13) Patton, C. M., Dannemiller, F. J. and Broennle, A. M.: CPPB during surgical anesthesia: Effect on oxygenation and blood pressure. *Anest. Analg.*, 53 : 309-316, 1974.
- 14) Kuji, A., Ichikawa, M., Kikuchi, K., Kumagai, M., Joh, S., Yabe, M. and Kawaguchi, T.: An application of a reinforced laryngeal mask airway to anesthesia for dental treatment. *J. Anesth.*, 20 : 353, 2006.
- 15) Yogendran, S., Asokumar, B., Cheng, D. C. H. and Chung, F.: A prospective randomized double-blinded study of the effect of intravenous fluid therapy on adverse outcomes on outpatient surgery. *Anesth. Analg.*, 80 : 682-686, 1995.
- 16) Leithner, C., Podolsky, A., Globits, S., Frank, H., Neuhold, A., Pidlich, J., Schuster, E., Staudinger, T., Rintelen, C., Roggla, M., Glogar, D. and Frass, M.: Magnetic resonance imaging of the heart during positive end-expiratory pressure ventilation in normal subjects. *Crit. Care Med.*, 22 : 426-432, 1994.

研 究

Effects of positive expiratory pressure on spontaneous ventilation during anesthesia —Analyses of respiratory mechanics—

Akiyoshi KUJI¹⁾, Kazuko KIKUCHI¹⁾, Miho KUMAGAI¹⁾, Wataru KOITABASHI¹⁾,
Kasumi MORIGUCHI¹⁾, Akiko SAGA¹⁾, Kanako ISOBE¹⁾, Akiko OHYA¹⁾,
Ken-ichi SATOH²⁾ and Yutaka SHINOHE²⁾

¹⁾ Division of Pediatric and Special Care Dentistry, Department of Developmental Oral Health Science,
School of Dentistry, Iwate Medical University
(Chief : Prof. Mitsurou TANAKA)

²⁾ Division of Dental Anesthesiology, Department of Reconstructive Oral and Maxillofacial Surgery,
School of Dentistry, Iwate Medical University
(Chief : Prof. Shigeharu JOH)

[Received : October 31, 2014 : Accepted : December 25, 2014]

Abstract : We designed a positive expiratory pressure (PEP) generator for prevention of occurrence of atelectasis and promotion of oxygenation during anesthesia. This device superimposes end-expiratory pressure on spontaneous breathing by using a glass bottle including water. In this report, we planned to assure that PEP increases the functional residual capacity, and contributes to prevention of atelectasis and promotion of oxygenation. Patients were 12 people with disabilities who required outpatient anesthesia using a laryngeal mask airway for dental treatment. The patients were divided into two groups, one was a zero expiratory pressure (ZEP) group and the other was a PEP group, in which airway pressure at end-expiratory periods was raised by 5 cmH₂O using the PEP generator. Measurements of the valuables of respiratory mechanics were performed with the NICO monitor 7300. In both groups, measurements were performed two times with a 20 minute interval with or without 5 cmH₂O PEP, which included arterial blood gas analyses, regular monitors in respiratory and circulation, and valuables in respiratory mechanics, and the results were as follows: 1) inspiratory-expiratory ratio (ZEP, 1.5±0.2 ; PEP, 2.1±0.4) and work on breathing (ZEP, 416±179 ; PEP, 929±290 mL · cmH₂O) increased in PEP group significantly. 2) in PEP group, airway dead space (1st, 118±14.3 ; 2nd, 125±13.6 mL) and ratio of dead space to tidal volume (1st, 0.59±0.09 ; 2nd, 0.63±0.08) increased. 3) in PEP group, oxygen pressure in arterial blood decreased (1st, 250±29 ; 2nd, 230±23 mmHg). 4) in PEP group, increasing tendency in blood pressure was restrained.

Application of PEP is expected to be effective in raising functional residual capacity and prevention of atelectasis. However, PEP causes an increase in breathing effort, which requires vigorous monitoring.

Key Words : spontaneous, expiratory, mechanics, positive, laryngeal mask airway