

令和 3 年 6 月 3 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K10783

研究課題名(和文) CO2ガスによる気胸法を用いた肺癌に対するロボット支援手術の安全性と有用性の検討

研究課題名(英文) Study for usefulness and safty management of robotic surgery for lung cancer with using CO2 insufflation technique

研究代表者

中村 廣繁 (NAKAMURA, Hiroshige)

鳥取大学・医学部・教授

研究者番号：30252852

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：胸腔鏡手術あるいはロボット支援下手術を行う際にCO2ガス送気を用いた気胸法が、手術操作性に向上すること、出血量の軽減効果をもたらすことを検証するために、ブタを使用した実験を行ってきた。結果は、胸腔内のCO2圧5～10mmHgで、呼吸・循環動態の維持と胸腔の拡大効果が得られ、肺動脈損傷時の出血抑制効果も認められた。15mmHg以上では出血抑制効果はさらに著明となるが、酸素飽和度と血圧の低下がみられ、実験した中で1頭は心停止も生じ、呼吸・循環動態の維持は不可能であった。本研究により、CO2ガス送気を用いた気胸法の有用性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

CO2送気による気胸法の有用性と安全性が、ブタの実験を通して検証できた。特に、胸腔鏡手術やロボット支援手術における適正圧を確認できた点で学術的意義は大きい。また、現在急速に普及しているロボット支援手術を推進する上でも社会的意義が大きい。しかしながら、本研究ではあくまでブタでの実験であり、必ずしも人を対象とした実臨床においての適正圧とは言えない。人では一人一人の病状や特性が異なるため、呼吸・循環系への影響は個体差が大きくなることを考慮し、今後は実臨床での経験症例を蓄積して、有効性と安全性を検証することが大切である。

研究成果の概要(英文)：Experiments using pigs have been conducted to verify that (1) pneumothorax method using CO2 gas air is improved in the surgical operability when performing thoracoscopic surgery or robot-assisted surgery, and (2) the effect of reducing the amount of bleeding has been performed. The results showed that CO2 pressure of 5 to 10 mmHg in the thoracic cavity maintained respiratory and circulatory dynamics and enlarged the thoracic space, and the effect of suppressing bleeding during pulmonary artery injury was also observed. At 15 mmHg or more, the effect of suppressing bleeding was even more remarkable, but there was a decrease in oxygen saturation and blood pressure, and one of them also had cardiac arrest during the experiment, and it was impossible to maintain respiratory and circulatory dynamics. This study showed the usefulness of pneumothorax method using CO2 gas air.

研究分野：呼吸器外科学分野

キーワード：胸腔鏡手術 ロボット支援手術 気胸法 胸腔内CO2送気 有効性と安全性

1. 研究開始当初の背景

近年、急速に発展してきたロボット支援下手術の卓越した操作性は、精緻な手術を可能にし、低侵襲手術として定着している胸腔鏡手術を凌駕する治療成績の向上に期待がかかる。近年、特に CO₂ ガス送気による気胸法はロボット手術に特有の手法で、最大限の効果を引き出すことが期待されている。しかしながら、過去にこのことを実証した検討はなく、CO₂ ガス送気による気胸法の有用性を解析する本研究は、今後のロボット手術の発展に必須と考える。

2. 研究の目的

胸腔鏡下あるいはロボット支援下に肺葉切除を行う時の CO₂ ガス送気を用いた気胸法は、胸腔内が拡大するため操作性が向上し、出血量の軽減作用を有するとされている。そこで今回、ブタを用いた動物実験において、CO₂ ガス送気による胸腔鏡下肺葉切除を行い、実際に手術の操作性と安全性が向上するかどうかを、手術時間、出血量、循環動態の解析をもとに検討することを目的とする。本結果から肺癌に対する胸腔鏡下肺葉切除における CO₂ ガス送気を用いた気胸法のメリットが実証できる。

3. 研究の方法

生後 3 ヶ月の SPF (Specific Pathogen Free) ブタを使用し、胸腔鏡下肺葉切除 (気胸法あり、気胸法なし) を行ない、以下の項目を解析する。

- ・ 血圧、脈拍、心電図、SpO₂ の変化を生体モニターでモニタリングする。
- ・ 気胸法ありと気胸法なしで、バイタルの変化を比較する。
- ・ エアシール (気胸装置) を用いて、圧設定を 0mmHg から 5mmHg ずつ最高 20mmHg まで変化させて、バイタルサインをモニタリングする。さらに、その時の胸腔内スペースの拡大効果を解析する。
- ・ 血管損傷時の出血量とエアシール (気胸装置) の設定圧の関係をモニタリングし、安全に肺切除術が出来るかどうかを確認する。

4. 研究成果

本研究では生後 3 か月の SPF ブタ 4 頭を用いて、胸腔内の CO₂ 圧を 20mmHg まで 5mmHg 毎に段階的に上げることにより、ワーキングスペースの拡大効果と 出血抑制効果を検証した。

(1) 胸腔内スペースの拡大効果

表 1 はワーキングスペースの拡大効果を示すが、気胸圧に応じてブタの胸腔内の広さは拡大し、20mmHg 圧では気胸なしに比較して、高さ (縦幅) が約 2 倍となった。図 1 に示すように、CO₂ 圧により、縦隔が対側に大きく圧迫されて、偏移することにより、ブタの狭い胸腔は格段に拡大した。しかしながら、15mmHg 圧以上になると、血圧と酸素飽和度の低下を認め、呼吸・循環系への影響が大きくなる。

表 1 CO2 送気による気胸圧と胸腔内スペースの拡大効果

気胸 (CO2) 圧	胸腔内スペース縦 (mm)*	血圧 (mmHg)	心拍数 (回/分)	SpO2(%)
なし	35.7	114/49	90.0	99.3
あり 5mmHg	46.0	105/56	89.8	99.3
あり 10mmHg	59.3	95/46	89.5	97.0
あり 15mmHg	65.5	75/28	95.0	90.0
あり 20mmHg	73.3	55/23	95.3	85.3

* 呼吸を止めて、肺表面から胸壁までの径を測定
** 測定値はブタ4頭の平均

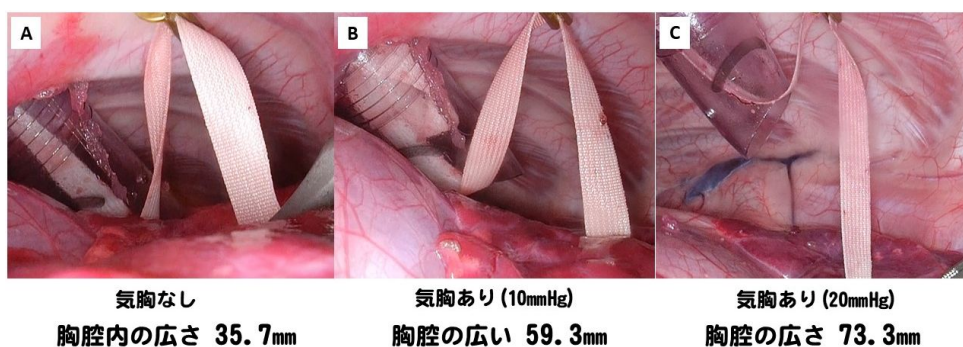


図 1 CO2 送気による実際の胸腔内スペースの拡大効果

(A) 気胸なし, (B) 気胸あり (10mmHg), (C) 気胸あり (20mmHg)
気胸圧を上げるにより, 胸腔内のスペースは拡大する。

(2) 出血抑制効果

葉間の肺動脈に 18 ゲージ針で穴をあけると噴出性の出血を認めるが, 気胸圧を加えることにより, 段階的に出血量は減少した (表 2)。10mmHg にすると, 出血の勢いは著明に減少し, 20mmHg ではほぼ出血は認めなくなった (図 2)。しかしながら, 気胸圧の増加とともに血圧と酸素飽和度は著明に低下し, 20mmHg 圧では, 4 頭のうち, 1 頭は VF から心停止をきたした。通常は気胸圧 10mmHg までが, 呼吸・循環系への安全範囲と考えるのが妥当と考えられた。

表 2 CO2 送気による気胸圧と出血制御効果

損傷部位	気胸(CO2)圧	出血量(gram/分)*	血圧 (mmHg)	心拍(回/分)	SpO2(%)
肺動脈	なし	19.3	87/36	78.3	100
肺動脈	あり 5mmHg	13.3	83/36	86.7	93.3
肺動脈	あり10mmHg	10.0	70/28	87.0	88.7
肺動脈	あり15mmHg	8.0	61/23	97.3	82.7
肺動脈	あり20mmHg	2.7	44/16	99.3	81.2

* 葉間肺動脈を18G針でパンクチャーしてガーゼ出血量を測定
** 測定値はブタ3頭の平均

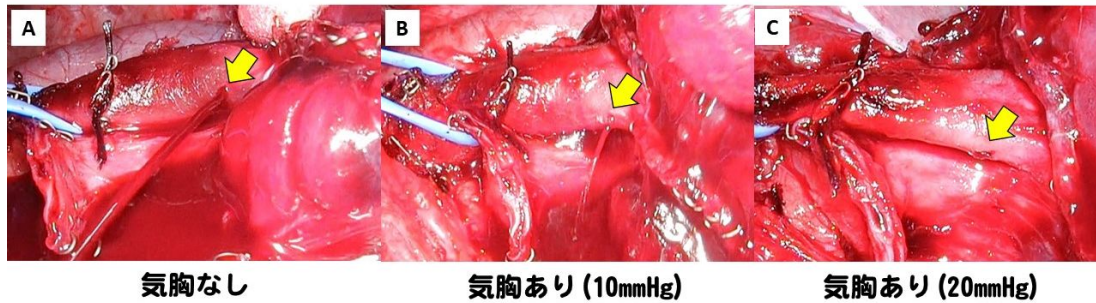


図2 CO2送気による実際の出血制御効果
 (A) 気胸なし, (B) 気胸圧 10mmHg, (C) 気胸圧 20mmHg
 肺動脈からの出血は気胸圧を上げることにより, 著明に減少する。

<引用文献>

- 1) Okamura R, Takahashi Y, Dejima H, *et al.*: Efficacy and hemodynamic response of pleural carbon dioxide insufflation during thoracoscopic surgery in a swine vessel injury model. *Surg Today*. 2016; 46:1464–1470.
- 2) Cerfolio RJ, Bryant AS, Skylizard L, *et al.*: Initial consecutive experience of completely portal robotic pulmonary resection with 4 arms. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011; 142: 740-746.
- 3) Adams RD, Bolton WD, Stephenson JE, *et al.*: Initial multicenter community robotic lobectomy experience: comparisons to a national database. *Ann Thorac Surg*. 2014; 97: 1893-1898.
- 4) Taniguchi Y, Nakamura H, Miwa K, *et al.*: Initial results of robotic surgery for primary lung cancer: Feasibility, safety and learning curve. *Yonago Acta Med*. 2017; 60: 162-166.
- 5) Haruki T, Kubouchi Y, Nakamura H, *et al.*: Comparison of medium-term survival outcomes between robot-assisted thoracoscopic surgery and video-assisted thoracoscopic surgery in treating primary lung cancer. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*. 2020; 68:984-992.
- 6) Cerfolio RJ, Watson C, Minnich DJ, *et al.*: One hundred planned robotic segmentectomies: Early results, technical details, and preferred port placement. *Ann Thorac Surg*. 2016; 101: 1089-1095.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 中村廣繁	4. 巻 46
2. 論文標題 CO2ガスによる気胸法を用いた肺癌に対するロボット支援手術の安全性と有効性に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medical Science Digest	6. 最初と最後の頁 279-282
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村廣繁	4. 巻 35
2. 論文標題 CO2ガスによる気胸法を用いた呼吸器外科ロボット支援手術の安全性と有効性に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bio Clinica	6. 最初と最後の頁 70-74
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中村廣繁
2. 発表標題 胸腔内手術におけるCO2送気装置使用のコツと注意点
3. 学会等名 第32回日本内視鏡外科学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	谷口 雄司 (TANIGUCHI Yuji) (10304239)	鳥取大学・医学部附属病院・教授 (15101)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	三和 健 (MIWA Ken) (40419495)	鳥取大学・医学部附属病院・助教 (15101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関