

原 著

経横隔膜中心静脈圧による術後横隔膜機能 モニターの臨床的試み

野木村 宏, 豊田 太, 小林 亮, 堀口 倫博
鈴木 一也, 原田 幸雄

要 旨

開胸手術後の横隔膜機能モニターとしての経横隔膜中心静脈圧 (ΔP_{DI}) の有用性について臨床例を対象に検討した。

対象は肺腫瘍で予定開胸手術を施行した10例。手術前後の上大静脈平均圧 (\bar{P}_{SVC})、下大静脈平均圧 (\bar{P}_{IVC}) を測定して、各圧の呼吸による変化 (ΔP ; 吸気終末圧-呼気終末圧) から、経横隔膜中心静脈圧 ($\Delta P_{DI} = \Delta \bar{P}_{IVC} - \Delta \bar{P}_{SVC}$) 及び $\Delta \bar{P}_{IVC} / \Delta P_{DI}$ を求め比較した。測定は、安静呼吸と最大努力呼吸にて行った。

手術前後で、 ΔP_{DI} は安静呼吸・最大努力呼吸共に有意な変化は無く、 $\Delta \bar{P}_{IVC} / \Delta P_{DI}$ は安静呼吸・最大努力呼吸共に有意に低下した。この結果は、従来の食道・胃バルーン法により報告されている経横隔膜消化管圧の結果と概ね一致した。

臨床での横隔膜機能モニターのひとつとして、経横隔膜中心静脈圧は活用できると考えられた。

索引用語: 呼吸筋, 横隔膜機能, 開胸術, 経横隔膜圧, 中心静脈圧
respiratory muscle, diaphragm function, thoracotomy, transdiaphragmatic pressure, central venous pressure

はじめに

横隔膜機能の評価方法のひとつに経横隔膜圧の測定がある。これは呼吸による胸腔内圧の変化 ($\Delta P_{PL} = \text{吸気終末胸腔内圧} - \text{呼気終末胸腔内圧}$; 一般に負の値) と呼吸による腹腔内圧の変化 ($\Delta P_{AB} = \text{吸気終末腹腔内圧} - \text{呼気終末腹腔内圧}$; 一般に正の値) から、経横隔膜圧 ($\Delta P_{AB} - \Delta P_{PL}$; 一般に正の値で横隔膜の収縮力に比例する) を求め、横隔膜の運動機能の評価する方法である¹⁾。実際は、胸腔内圧=食道内圧, 腹腔

内圧=胃内圧として測定した経横隔膜消化管圧の値を用いている(食道・胃バルーン法²⁾)。

我々は、経横隔膜圧を中心静脈圧により知ることを目指して、これまでに動物実験により、経横隔膜消化管圧と経横隔膜中心静脈圧を比較し、前者と同様に後者も経横隔膜圧として有用であることを確認した^{3,4)}。

今回は、実際の臨床例において、横隔膜機能モニターとしての経横隔膜中心静脈圧の有用性を検討した。

方 法

術前から合併症等の特に無い、肺腫瘍の診断で予定開胸手術を行った症例を対象に、手術前・術後24時間・同48時間での上大静脈平均圧 (\bar{P}_{SVC})、下大静脈平均圧 (\bar{P}_{IVC}) を測定して、

各圧の呼吸による変化(ΔP ; 吸気終末圧—呼気終末圧)から, 経横隔膜中心静脈圧 ($\Delta P_{DI} = \Delta \bar{P}_{IVC} - \Delta \bar{P}_{SVC}$), 及び呼吸に対する横隔膜の相対的寄与度を表すと考えられる $\Delta \bar{P}_{IVC} / \Delta P_{DI}$ ⁵⁾ を求めた。

測定には, 手術前日に routine で行っている右心機能検査で用いる Swan-Ganz カテーテル (7Fr; 右内頸静脈より挿入) を, 右心機能が正常であることを確認した後に, 先端孔が大静脈 (第4腰椎付近) に, 側孔が上大静脈になるように入れ替えて使用した。体位は背臥位で行い, 安静呼吸と最大努力呼吸で各々10回の呼吸の測定値の平均値とした。

対象は10例で, 術前呼吸機能検査 (スパイログラム) は全例正常であった。手術は肺癌に対する標準的な肺葉切除・リンパ節郭清を行った (右側5例・左側5例)。全例, 術中・術後に特に問題は無く, 術直後に気管内チューブは抜管し, 術後2日目に胸腔ドレーンを抜去した。

術後24時間目の圧測定は胸腔ドレーンをクランプして行い, 術後48時間目の圧測定は胸腔ドレーンを抜去した後に行った。術後疼痛に対し

ては, 全例硬膜外鎮痛法が奏効し, 測定時に疼痛の訴えは無かった。

関連2群の有意差検定は paired t test で行ない, $p < 0.05$ ならば有意であるとした。

結 果

安静呼吸での $\Delta \bar{P}_{SVC}$ は, 術前一術後24時間と術前一術後48時間で有意に低下した (Fig.1; 左)。最大努力呼吸での $\Delta \bar{P}_{SVC}$ は, 術前一術後24時間では有意差は無いものの低下傾向を示し, 術前一術後48時間では有意に低下した (Fig.2; 右)。 $\Delta \bar{P}_{SVC}$ を安静呼吸と最大努力呼吸で比較すると, 術前 (Fig.1; *1)・術後24時間 (Fig.1; *2)・術後48時間 (Fig.1; *3) で各々, 安静呼吸に比べ最大努力呼吸で $|\Delta \bar{P}_{SVC}|$ が有意に大きな値であった。

安静呼吸での $\Delta \bar{P}_{IVC}$ は, 術前一術後24時間と術前一術後48時間で有意な変化は認められなかった (Fig.2; 左)。最大努力呼吸での $\Delta \bar{P}_{IVC}$ も, 術前一術後24時間と術前一術後48時間で有意な変化は認められなかった (Fig.2; 右)。 $\Delta \bar{P}_{IVC}$ を安静呼吸と最大努力呼吸で比較すると,

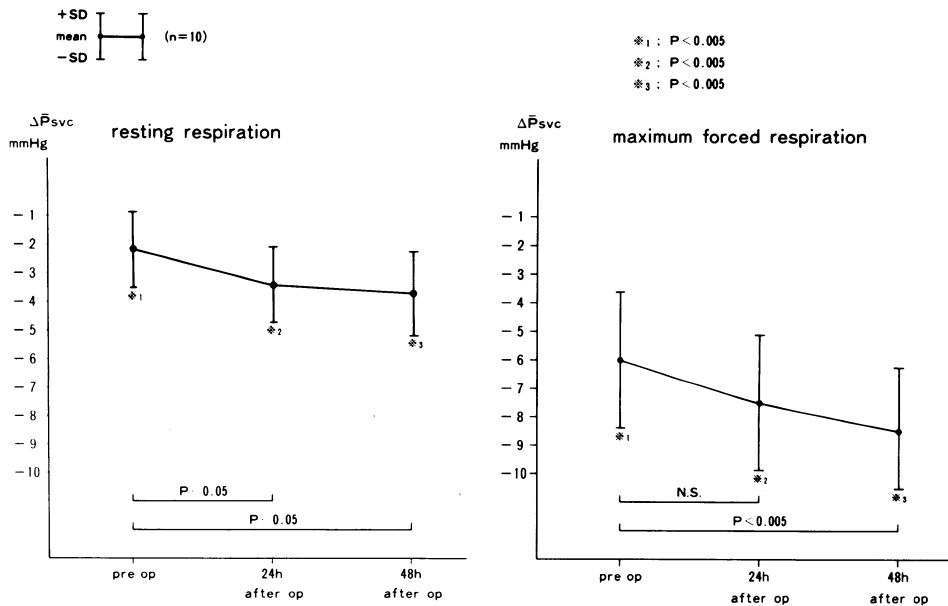


Fig. 1 $\Delta \bar{P}_{SVC}$, before and after thoracotomy $\Delta \bar{P}_{SVC}$ were decreased 24 hrs and 48 hrs after thoracotomy either at rest or during maximum forced respiration. At each time, $|\Delta \bar{P}_{SVC}|$ during maximum forced respiration were larger than that at rest (*).

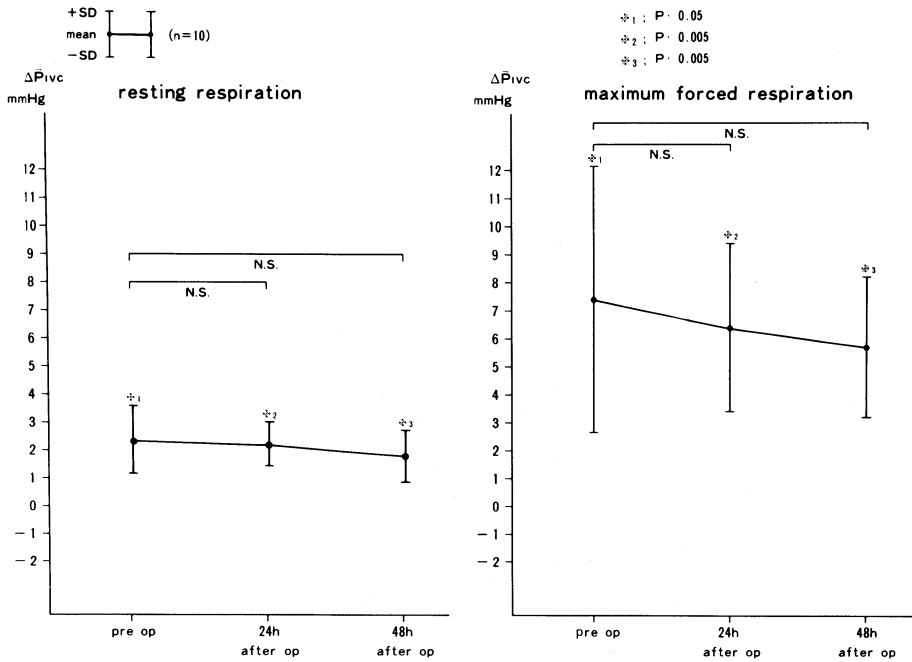


Fig. 2 $\Delta \bar{P}_{IVC}$, before and after thoracotomy
 $\Delta \bar{P}_{IVC}$ were not changed 24 hrs and 48 hrs after thoracotomy either at rest or during maximum forced respiration. At each time, $|\Delta \bar{P}_{IVC}|$ during maximum forced respiration were larger than that at rest (*).

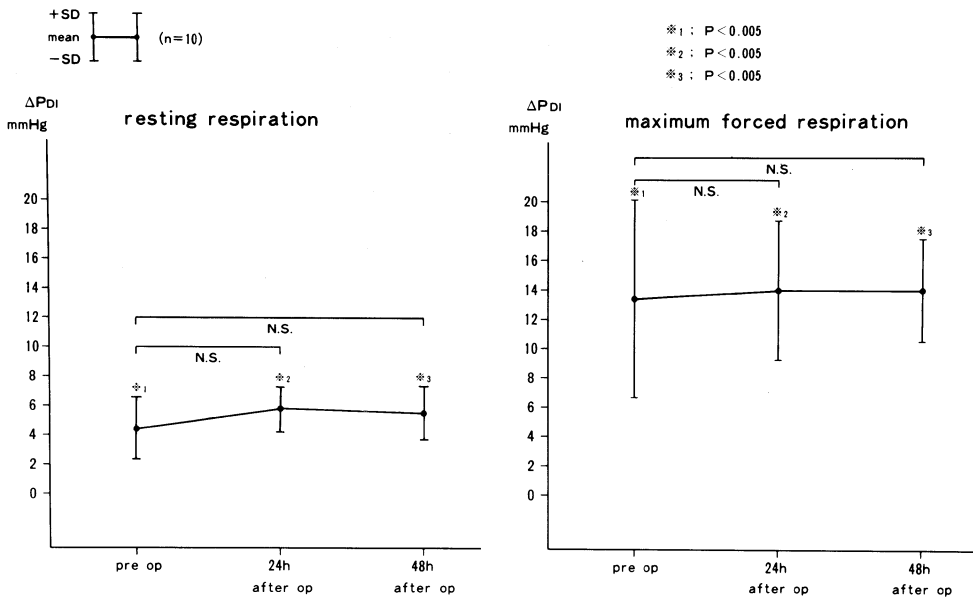


Fig. 3 ΔP_{DI} ($=\Delta \bar{P}_{IVC}-\Delta \bar{P}_{SVC}$), before and after thoracotomy
 ΔP_{DI} were not changed 24 hrs and 48 hrs after thoracotomy either at rest or during maximum forced respiration. At each time, $|\Delta P_{DI}|$ during maximum forced respiration were larger than that at rest (*).

術前(Fig. 2; *1)・術後24時間(Fig. 2; *2)・術後48時間(Fig. 2; *3)で各々, 安静呼吸に比べ最大努力呼吸で $|\Delta\bar{P}_{IVC}|$ が有意に大きな値であった。

安静呼吸での ΔP_{DI} は, 術前—術後24時間と術前—術後48時間で有意な変化は認められなかった(Fig. 3; 左). 最大努力呼吸での ΔP_{DI} も, 術前—術後24時間と術前—術後48時間で有意な変化は認められなかった(Fig. 3; 右). ΔP_{DI} を安静呼吸と最大努力呼吸で比較すると, 術前(Fig. 3; *1)・術後24時間(Fig. 3; *2)・術後48時間(Fig. 3; *3)で各々, 安静呼吸に比べ最大努力呼吸で $|\Delta P_{DI}|$ が有意に大きな値であった。

安静呼吸での $\Delta\bar{P}_{IVC}/\Delta P_{DI}$ は, 術前—術後24時間と術前—術後48時間で有意に低下した(Fig. 4; 左). 最大努力呼吸での $\Delta\bar{P}_{IVC}/\Delta P_{DI}$ も, 術前—術後24時間と術前—術後48時間で有意に低下した(Fig. 4; 右). $\Delta\bar{P}_{IVC}/\Delta P_{DI}$ を安静呼吸と最大努力呼吸で比較すると, 術前(Fig.

4; *1)・術後24時間(Fig. 4; *2)・術後48時間(Fig. 4; *3)で各々, 安静呼吸に比べ最大努力呼吸で有意差は認められなかった。

考 察

開胸手術や上腹部手術に伴う術後呼吸器合併症の原因のひとつに横隔膜機能障害がある。食道・胃バルーン法による外科手術術後の横隔膜機能については, これまでにいくつかの報告がなされている⁶⁻⁸⁾。しかし, 食道・胃バルーン法は, 経横隔膜消化管圧を測定するために食道と胃にバルーンカテーテルを挿入する必要がある。実際の術後の患者での反復・連続した測定には使用しにくい。また, 消化管へのカテーテルによる刺激は, 交感神経求心路→横隔神経による反射回路により, 横隔膜の運動を抑制する可能性もある⁹⁾。術後の横隔膜機能低下を注目して, 呼吸器合併症の発生を予防するためには, 侵襲が軽くて反復・連続した測定が可能なモニターが望まれる。

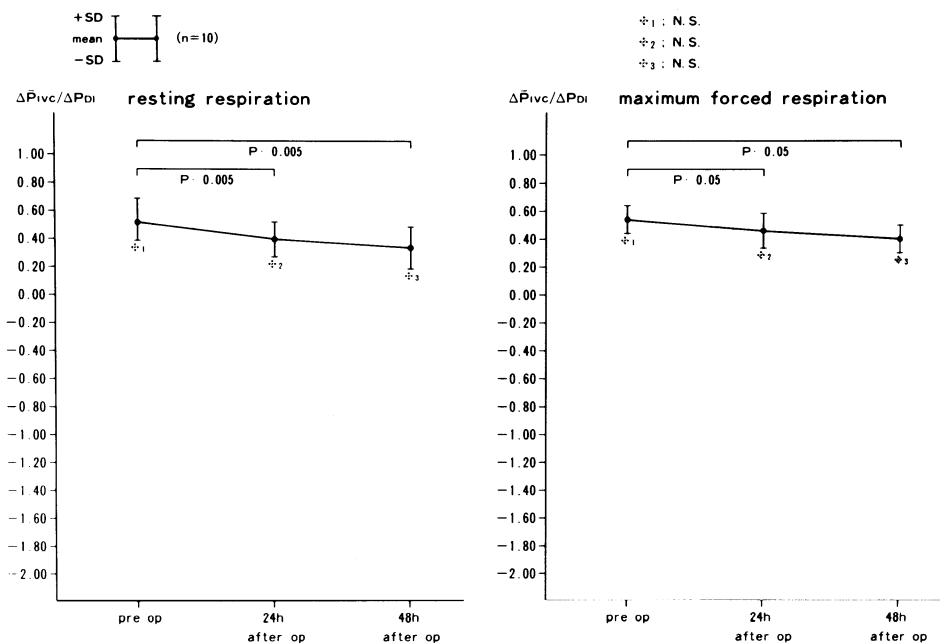


Fig. 4 $\Delta\bar{P}_{IVC}/\Delta P_{DI}$, before and after thoracotomy
 $\Delta\bar{P}_{IVC}/\Delta P_{DI}$ were decreased 24 hrs and 48 hrs after thoracotomy either at rest or during maximum forced respiration. At each time, $|\Delta\bar{P}_{IVC}/\Delta P_{DI}|$ during maximum forced respiration were not larger than that at rest (*).

一方、術後の患者には循環動態のモニターとして、輸液ルートも兼ねて中心静脈カテーテルが挿入されていることが多く、中心静脈圧が呼吸により変動することもよく知られている。経横隔膜圧を中心静脈圧により知ることができれば、食道・胃バルーン法に比べ侵襲が軽くて反復・連続した測定が可能な横隔膜機能モニターとして術後呼吸管理に応用できると考えられる。

我々のこれまでの動物実験により、経横隔膜消化管圧 (ΔP_{di}) と経横隔膜中心静脈圧 (ΔP_{Di}) との間に有意な相関が得られ^{3,4)}、また、上腹部開腹手術後の ΔP_{di} の変化率と ΔP_{Di} の変化率との間にも有意な相関が得られた⁴⁾。これらから、経横隔膜圧の測定方法として経横隔膜消化管圧と同様に経横隔膜中心静脈圧は有用であると考えられた。今回は、実際の臨床例を対象に、開胸術前後の横隔膜機能を経横隔膜中心静脈圧から検討した。

Maeda らによる、食道・胃バルーン法を用いた、臨床例を対象とした開胸術前後の横隔膜機能の検討では、次のように報告されている⁹⁾。まず、安静呼吸・術前一術後 2・3 日の比較で、呼吸による胸腔内圧の変化 (食道内圧の変化; ΔP_{es}) は有意な低下を認め、呼吸による腹腔内圧の変化 (胃内圧の変化; ΔP_{ga}) と ΔP_{di} ($= \Delta P_{ga} - \Delta P_{es}$) は有意な変化は認めず、 $\Delta P_{ga}/\Delta P_{di}$ に有意な低下を認めた。また、最大吸気努力時の経横隔膜圧は有意な低下を認めた。

今回の安静呼吸の $\Delta \bar{P}_{svc}$, $\Delta \bar{P}_{ivc}$, ΔP_{Di} , $\Delta \bar{P}_{ivc}/\Delta P_{Di}$ の結果と、Maeda らの ΔP_{es} , ΔP_{ga} , ΔP_{di} , $\Delta P_{ga}/\Delta P_{di}$ の結果とは各々一致した。しかし、今回の最大努力呼吸時の ΔP_{Di} は有意な変化は無く、Maeda らの結果とは一致しなかった。この違いは、今回の対象例の方が術前・術後共に状態の良い患者であったためであると考えられる。Maeda らの報告例は 20 例中、術前の呼吸機能異常が 8 例、片肺全摘施行 5 例、術後呼吸不全が 4 例であるのに対し⁹⁾、今回の対象例は、全て術前・術後の呼吸機能異常が無い肺葉切除例であった。今回の結果では、 $|\Delta \bar{P}_{svc}|$, $|\Delta \bar{P}_{ivc}|$, $|\Delta P_{Di}|$ は全て、安静呼吸時に比べ最大努力呼吸時に大きな値を示し

た。これは、患者に呼吸予備力があつたからと考えられる。

安静呼吸時・最大努力呼吸時共に術後 $\Delta \bar{P}_{ivc}/\Delta P_{Di}$ の低下を認め、また、 $|\Delta \bar{P}_{ivc}/\Delta P_{Di}|$ の安静呼吸時と最大努力呼吸時の差を認めなかったことは、Maeda らがその報告で述べているように⁹⁾、開胸術後に呼吸に寄与する横隔膜の運動が減少し、最大収縮力はその他の呼吸筋よりも横隔膜の方がより大きく低下していることを示すと考えられる。

中心静脈圧を測定する際の問題として、中心静脈圧への循環動態の影響がある。また、循環動態そのものが呼吸機能にも直接影響を与える¹⁰⁾。今回の対象は、測定方法により術前の右心機能検査正常例に限られ、術中・術後も循環系の問題は無かった。経横隔膜中心静脈圧への循環動態の影響に関しては、今後検討が必要である。

経横隔膜中心静脈圧の測定の汎用により、開胸法、切除範囲、郭清の程度、手術時間、出血量、等による手術侵襲の差や、疼痛、出血、空気塞、等による術後状態の差と、術後横隔膜機能の関連を、今後明らかにしたい。

結 語

臨床例の検討により、開胸手術侵襲に対する経横隔膜中心静脈圧の変化は、従来から横隔膜の運動機能の指標とされる経横隔膜消化管圧の変化と同様の変化を示した。経横隔膜中心静脈圧は横隔膜機能の指標のひとつとして、用いることができると考えられた。

なお、本論文の要旨の一部は、第 9 回日本呼吸器外科学会総会 (1992 年 5 月, 大宮)、及び第 33 回日本肺癌学会総会 (1992 年 11 月, 名古屋) にて発表した。

文 献

- 1) 吉野克樹: 呼吸筋力の測定. 呼吸 596-600, 1988.
- 2) Agostini E, Rahn H: Abdominal and thoracic pressures at different lung volumes. J Appl Physiol 15: 1087-1092, 1960.
- 3) 野木村宏: 中心静脈圧による横隔膜機能モニターの試み. 日呼外会誌 6: 2-9, 1992.

- 4) 野木村宏: 経横隔膜中心静脈圧による術後横隔膜機能モニターの実験的試み. 日呼外会誌 **6**: 628-133, 1992.
- 5) Gilbert R, Auchincloss JH, Peppi D: Relationship of rib cage and abdomen motion to diaphragm function during quiet breathing. *Chest* **80**: 607-612, 1981.
- 6) Ford GT, Whitelaw WA, Rosental TW, et al: Diaphragm function after upper abdominal surgery in humans. *Am Rev Respir Dis* **127**: 431-436, 1983.
- 7) Simoneau G, Vivinen A, Sartene R, et al: Diaphragm dysfunction induced by upper abdominal surgery. *Am Rev Respir Dis* **128**: 899-903, 1983.
- 8) Maeda H, Nakahara K, Ohno K, et al: Diaphragm function after pulmonary resection: relationship to postoperative respiratory failure. *Am Rev Respir* **137**: 678-681, 1988.
- 9) DeTroyer A, Rousso J: Reflex inhibition of the diaphragm by esophageal afferents. *Neurosci Letters* **30**: 43-46, 1982.
- 10) Scharf SM, Bark H: Function of canine diaphragm with hypovolemic shock and betaadrenergic blockade. *J Appl Physiol* **56**: 648-655, 1984.

Monitoring postoperative diaphragm function by transdiaphragmatic central venous pressure measurement, a clinical study

*Hiroshi Nogimura, Futoru Toyoda, Ryou Kobayashi, Tomohiro Horiguchi
Kazuya Suzuki, Yukio Harada*

First Department of Surgery, Hamamatsu University School of Medicine

Diaphragm dysfunction in one of the postoperative complications after thoracotomy and upperlaparotomy.

The measurement of transdiaphragmatic pressure by the esophago-gastric balloon technique is a method of evaluating diaphragm function, but its use in continuous measurements in postoperative patients is difficult. On the other hand, a central venous catheter has been inserted in most postoperative patients. Provided that transdiaphragmatic pressure can be deduced from transdiaphragmatic central venous pressure, it can be used as a diaphragm function monitor in postoperative patients.

Our animal experiments showed correlations between respiratory changes in transdiaphragmatic gastrointestinal pressure and transdiaphragmatic central venous pressure. In the present study, we measured transdiaphragmatic central venous pressure in clinical cases and evaluated its usefulness in determining diaphragm function.

In patients undergoing standard lobectomy, the superior vena cava mean pressure (P_{SVC}) and inferior vena cava mean pressure (\bar{P}_{IVC}) were measured and pressure changes during respiration (ΔP) were recorded. Changes in the transdiaphragmatic central venous pressure ($\Delta P_{DI} = \Delta \bar{P}_{IVC} - \Delta \bar{P}_{SVC}$) and the ratio of $\Delta \bar{P}_{IVC} / \Delta P_{DI}$ were calculated. The pressures were measured before, 24 hrs and 48 hrs after thoracotomy, at rest and during maximum forced respiration.

There were no significant changes in ΔP_{DI} either at rest or during maximum forced respiration. $\Delta \bar{P}_{IVC} / \Delta P_{DI}$ decreased significantly 24 hrs and 48 hrs after thoracotomy either at rest or during maximum forced respiration.

The results suggest that the measurement of transdiaphragmatic central venous pressure can be employed clinically as a parameter for continuous monitoring of postoperative diaphragm function.