横隔膜縫縮術後のフローボリューム曲線の検討

河野 朋哉, 松井 千里, 寺田 泰二

要 旨

横隔神経麻痺は横隔膜の運動低下による呼吸機能の低下をきたし、その低下は横隔膜縫縮術で改善することが知られている。当院で行った横隔膜縫縮術で術前、術後の呼吸機能検査が行われた5例について検討したところ、全例が呼吸困難感の改善を認め、その改善は長期間維持されていたのに対し、肺活量・一秒量が術後長期間改善を続けたのは1例のみであった。術後のフローボリューム曲線を検討したところ、ほぼ全例でフローの改善を認め、改善は長期間にわたって維持されていた。横隔膜縫縮術は呼吸機能を正常化し、呼吸筋の不要の運動を減少させ呼吸困難感の低減に寄与しているとともにフローの改善をもたらしていると思われた。

索引用語：横隔神経麻痺，横隔膜縫縮術，肺機能，フローボリューム曲線

phrenic nerve paralysis, diaphragm plication, pulmonary function, flow-volume curve

はじめに

横隔神経麻痺は横隔膜の筋力低下による呼吸機能の低下をきたすが、横隔膜縫縮術によって機能が改善することが知られている。通常術前後の呼吸機能の評価は肺機能検査、血液ガス分析などによって行われるが、今回フローボリューム曲線によって評価を行った。

対象と方法

2005年7月～2007年6月の間に、6例に完全鏡視下で横隔膜縫縮術を施行した。これらの中で1回以上の術後呼吸機能検査を行った5例を対象とした (Table 1)。

手術手技

全身麻酔，分離換気下に3ポートによる完全鏡視下にて施行した。横隔膜は全例筋層を認めたが、完全に張力を失い弛緩，挙上していた。縫縮にあたっては横隔膜は切除せず、腱中心を折りたたむように2-0ナ

イロン糸を用いた連続縫合 (症例1, 2) または2-0 ポリエステル糸を用いた slip knot による単結紮 (症例3, 4, 5) を行った。横隔膜が平坦になり、緊張がかかるようになるまで縫合を追加した。縫合後の胸腔は24Fr 胸腔ドレーンにて-10 cmH₂Oの圧でドレナージし、ドレーンは問題がなければ術翌日には抜去した。

結 果

患者の平均年齢は73.2歳で、患側は左側が3例、右側が2例であった。原因疾患としては4例が頸椎症であり、1例が大動脈弓部の人工血管置換術後であった。術後の呼吸困難感は全例で改善をみとめた (Table 1)。しかし術後の呼吸機能検査で肺活量、1秒量の著明な改善を認めたのは1例 (Case 1) のみであった (Fig. 1)。フローボリューム曲線を見ると、3例 (Case 1, 2, 5) でフローのピークおよびほぼ全域におけるフローの改善を認め、同時にそれは長期間改善されたまま維持されていた (Fig. 2, 3)。

考 察

横隔神経麻痺は横隔膜の筋力低下，弛緩を起こし、呼吸機能へ悪影響をおよぼす。麻痺の領域により、片側性か両側性かに分けられるが、片側性の横隔神経麻

市立長浜病院 呼吸器外科

原稿受付 2010年1月12日

原稿採択 2010年4月6日

本論文の要旨は第26回日本呼吸器外科学会総会 (2009年5月14日，於小倉) にて発表した。

Table 1 Patient Characteristics

Case	Age	Side	Cause	MRC scale	
				Preoperative	Postoperative
1	62	Left	Cervical spondylosis (C3-7)	3	1
2	78	Left	Cervical spondylosis (C4-6)	3	1
3	85	Right	Cervical spondylosis (C3-6)	3	2
4	73	Right	Cervical spondylosis (C5-7)	3	1
5	68	Left	Aortic arch replacement	4	2
6	78	Left	Cervical spondylosis (C5-7)	4	Unknown

Fig. 1 Spirometry of the patients. In all cases except case 1, the vital capacity (VC) and forced expiratory volume 1 (FEV1) only showed transient improvement.

痺は両側性に比べて圧倒的に数が多い。原因として外傷、頸椎症^{1,2)}、医原性^{3,4)}、悪性腫瘍などが挙げられる。成人の場合、片側性の麻痺ではたいした症状が出ないことが多いが、まれに呼吸困難を訴えることがあり、このような場合の治療法としては横隔膜縫縮術が有効とされ、実際に改善を認めた報告も多い^{1,2,5,6)}。

横隔膜縫縮術は弛緩した横隔膜の筋力を回復するものではない。多くの報告例で横隔膜縫縮術後の呼吸機能の評価として動脈血液ガス分析、スパイロメトリーが用いられている。しかし、スパイロメトリーで測定される FEV1 は、測定中の 1 秒間に横隔膜がどのように動くかは反映されにくく（横隔膜の奇異性運動の有無にかかわらず、1 秒後の横隔膜の位置が同じなら測定値も同じような値になる）、横隔膜縫縮術の評価を行うには不十分である。また動脈血液ガス分析も、肺拡散能力およびその膜面積によるところが大きく、同

Fig. 2 Flow-volume curve of case 1. The black line indicates the curve before the operation. All curves after the operation are located above the black line.

Fig. 3 Flow-volume curves of cases 2, 3, 4, and 5. Cases 2 and 5 showed improvement after the operation.

Fig. 4 (A) Expiratory phase of the patient with phrenic nerve paralysis. A part of the flow created by the normal diaphragm flowed into the diaphragm on the paralytic side. It caused a paradoxical movement of the diaphragm. (B) Expiratory phase of the patient who underwent diaphragm plication. The flow created by the normal diaphragm did not flow into the other side because the diaphragm was not loose. All the flow that the normal diaphragm created expired, so the measured flow improved.

じく横隔膜の評価を行えない。見かけ上これらの数字が改善するのは、ともに横隔膜縫縮術により全肺気量 (Total Lung Capacity ; TLC) が増えたことによる副次的な増加であると考えられる。我々の検討した5例の症例でも、術後の肺機能検査が著しく改善し、その効果が持続したのは症例1の1例のみであった。しか

し全例が術後肺機能の評価とは異なる自覚症状の改善を認めていた。

横隔神経麻痺の患者では、呼気時に健側から流出した呼気の一部が患側へと流入すること (Fig. 4A)、また健側横隔膜が挙上することにより腹圧が下がり、患側の横隔膜が尾側へ牽引されることなどが、横隔膜の

奇異運動の原因となる。この奇異運動のため、労作時の呼吸に労力（エネルギー）を通常より多く必要とし、呼吸困難が強く出る。横隔膜を縫縮することによりこの奇異性運動が消失し（Fig. 4B）、呼吸困難の改善が認められるものと考えられる。また武田らは犬を使った実験で、麻痺した横隔膜を縫縮すると、健側横隔膜の収縮力が増加することを示している⁷⁾。これらが協調することにより呼吸状態が正常化し、呼吸筋の不要の運動が減少し呼吸困難感が改善するとともに、フローが改善するものと考えられる。呼吸筋の運動を直接的に測定することは難しいが、呼吸筋の運動効率を客観的に判断できる方法としてフローボリューム曲線は有用であると考えられる。

また胸腔鏡下で横隔膜縫縮術を行うと、術後の疼痛の軽減以外に、強制換気に必要な補助呼吸筋への影響が少なく済み、肺機能のデータにおいて手術の影響が少なくなると考えられ、術後の呼吸困難感の改善に関与していると思われる。

結 語

横隔膜縫縮術は呼吸状態を正常化させることにより、呼吸筋の不要の運動を減少させるとともにフローの改

善をもたらし、その改善は長期間維持された。

文 献

1. Graham DR, Kaplan D, Evans CC, Hind CR, Donnelly RJ. Diaphragmatic plication for unilateral diaphragmatic paralysis: a 10-year experience. *Ann Thorac Surg* 1990; **49**: 248-52.
2. Higgs SM, Hussain A, Jackson M, Donnelly RJ, Berrisford RG. Long term results of diaphragmatic plication for unilateral diaphragm paralysis. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002; **21**: 294-7.
3. 白石義定, 宮本忠臣, 嶋田一郎, 朴 昌禧, 新蔵信彦, 大野暢久. 横隔膜縫縮術が奏効した冠動脈バイパス術後両側横隔神経麻痺の1例. *日胸外会誌* 1991; **39**: 1927-31.
4. 佐山淳造, 標葉隆三郎, 平山 克, 西平哲郎, 森 昌造. 胸部食道癌手術後に横隔神経麻痺を呈した4症例の検討 *日胸外会誌* 1994; **42**: 562-7.
5. Wright CD, Williams JG, Ogilvie CM, Donnelly RJ. Results of diaphragmatic plication for unilateral diaphragmatic paralysis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985; **90**: 195-8.
6. Freeman RK, Wozniak TC, Fitzgerald EB. Functional and physiologic results of video-assisted thoracoscopic diaphragm plication in adult patients with unilateral diaphragm paralysis. *Ann Thorac Surg* 2006; **81**: 1853-7.
7. 武田伸一, 中原数也, 藤井義敬, 他. 横隔神経麻痺に対する横隔膜縫縮術が横隔膜機能に及ぼす影響についての研究. *日外会誌* 1991; **92**: 1367-70.

Review of flow-volume curve after diaphragm plication

Tomoya Kono, Chisato Matsui, Yasuji Terada

Department of Chest Surgery, Nagahama City Hospital, Shiga, Japan

It is well-known that a poor pulmonary function due to phrenic nerve paralysis can be improved by diaphragm plication. We encountered 5 cases of diaphragm plication, and the improvement of dyspnea was maintained in all cases, but only one case showed an improved vital capacity and forced expiratory volume 1. Improvement of flow in the flow-volume curve was recognized in all cases, and continued. Because diaphragm plication normalized the respiratory function, it was thought to improve the flow and decrease dyspnea.