麻酔器の定期点検について

鈴木朝勝* 黄卓*
牧野多津子* 島田康弘*²

Periodic Inspection of Anesthetic Machines

Asakatsu Suzuki, Taku Koh

and Tazuko Makino

Operating Room, Nagoya University Hospital

Yasuhiro Shimada

*Dept. of Anesthesiology, Nagoya University School
of Medicine*

65 Tsurumacho, Showaku, Nagoya, Japan

Abstract

Equipment failure in anesthesia management may result in serious complications. Therefore, a periodic inspection of anesthetic machines is important to prevent these mishaps. In our operating rooms, a periodic inspection of the machines has been conducted by anesthesiologists since June, 1980. Fifteen anesthetic machines are inspected every month. In 79 inspections carried out during the past six years, we detected equipment failures or abnormalities on 131 occasions. This corresponds to an abnormality rate of 1.7 per each period of inspection.

The breakdown of equipment failure is: 38 times in the body of the machine, 41 times in the head, 18 times in infant circle, 17 times in connecting apparatus, and 17 in the ventilator. Abnormality or failure was frequently found in the following four parts of the machines: i. e. APL valve, pressure manometer, vaporizer and carbon dioxide absorber.

Solution for these problems depends on prompt replacement of the faulty parts. Since anesthetic machines are used almost every day, we recommend that an inspection of the machines should be done at monthly intervals.

はじめに

麻酔器は手術室で毎日使用されるものであり、若し使用中に故障が発生した場合には、患者の生命維持に危険をもたらすこともあり、しかも、使用頻度が高く、手術室では電気メスなどと同様点検整備を十分に行うべき医療用機器の一つ

である。

しかるに麻酔器の安全対策についての論文は数多いが^{1~4)}、点検整備についての報告は少ない^{5,6)}。

名古屋大学医学部附属病院手術室では麻酔器の点検は、以前は麻酔科医師による始業時点検のみであったが、昭和55年新型麻酔器の多数同時購入に伴い、同年6月から毎月1回定期的に点検整備を行うように改めた。本論文では昭和55年6月から昭和61年12月までの6年7か月

* 名古屋大学医学部附属病院手術部

*² 名古屋大学医学部麻酔学教室

(原稿受付：昭和63年1月13日)

(2) 医 学 誌 Vol. 58, No. 2 (1988)

間の麻酔器の定期点検の成績について報告する。

点 検 方 法

麻酔器の点検整備は技術員が行っている病院が多いと思われるが、当手術部では手術部所属の麻酔科医師が担当している。点検時に発見された麻酔器の簡単な異常や調整は麻酔科医師が行い、複雑な修理や部品交換などは、麻酔科医師の指示により技術員が行っている。また、技術員でも修理不能の場合はメーカーに依頼しているが、修理された麻酔器は技術員による点検の後、麻酔科医師による確認を行い、ダブルチェックを確実にしている。毎月最終水曜日午後が手術室の整備日であり、緊急手術を除き手術が行われないため、これに合わせて麻酔器の定期点検を行っている。

手術室は13室であるが麻酔器は15台あり、そのうち13台は人工呼吸器と小児麻酔器（インファントサークル）が組み込まれている。残り2台は心臓手術用と予備の麻酔器である。定期点検は表1に示す如く、①から⑮までこの順序で実施している。

A. 麻酔器本体

①予備酸素ボンベ、予備笑気ボンベの点検
医療ガス配管（壁アウトレット）へ耐圧ホー

スを接続する前に、予備の酸素ボンベと笑気ボンベの残量とリークなどの点検を行う。医療ガス配管接続後では、麻酔器の中にはボンベ圧をゼロにできない機種もある。酸素ボンベは内圧が50kg/cm²に低下した場合、すなわちほぼ $\frac{1}{3}$ になった時点で交換している。交換したボンベは予備酸素ボンベが2本ある麻酔器の第2予備ボンベとしている。

笑気ボンベについては重量測定を行わない限り残量が分からないので、内圧の点検を行いゼロに近い場合のみ交換している。ボンベオパーナは各麻酔器の支柱に、特注品を金属製の鎖により固定し紛失を防止している。

②耐圧ホース

医療ガス配管から麻酔器に至る耐圧ホースの点検を行う。われわれの麻酔器は互換性に重点を置き、どのメーカーの麻酔器でも、購入時に麻酔器側耐圧ホースの途中に逆止弁つきジョイントを設け、ここから壁アウトレットまでの耐圧ホースは、どの麻酔器にも使用できる共通ホースとしている。この耐圧ホースのアウトレットプラグの変形、壁アウトレット接続時のリーク、ホースの劣化などについて点検する。人工呼吸器用耐圧ホースも同時に点検する。

③流 量 計

表1 麻 酔 器 定 期 点 検 順 序

A. 麻 酔 器 本 体	① 予備ボンベ（酸素、笑気） ② 耐 圧 ホ ー ス ③ 流 量 計 ④ 気 化 器 ⑤ 酸 素 濃 度 計 ⑥ 台 車
B. 麻 酔 器 ヘ ッ ド	⑦ APL 弁（ポップオフバルブ） ⑧ 呼気弁、吸気弁 ⑨ 回 路 内 圧 計 ⑩ 炭酸ガス吸収かん（カニスタ） ⑪ 余剰ガス排除装置
C. 連 結 部	⑫ コネクタ、アダプタ、チューブ類
D. 小 児 麻 酔 器 (インファントサークル)	⑬ 成人用麻酔器ヘッドに準ずる
E. 人 工 呼 吸 器	⑭ 動作状態の点検 ⑮ 静止状態の点検

蛇管、呼吸バッグを接続し作動状態で点検を行う。麻酔器の流量計は笑気シャットオフ機構、または、酸素と笑気の混合比の調節機構付の安全なタイプと旧式の笑気酸素が独立している流量計があるが、いずれも少なくとも数回流量計の浮子を上下させて、安全機構の作動状態についても点検する。笑気酸素混合比調節機構付流量計は、酸素濃度30%として笑気4 l/分流量の時、酸素が2 l/分前後の流量となるかどうかの点検を行う。酸素流量がこの条件で2.3 l/分以上、または、1.7 l/分以下の場合流量計の修理を行っている。この理由は前者の場合笑気濃度が63.5%以下となり、笑気麻酔時の濃度不足となるおそれがあり、後者は酸素濃度が30%以下となり低酸素の危険が起こるためである。

④気化器

すべての麻酔器にハロセンとエトレンの気化器が組み込まれ固定されているが、濃度測定は2年毎に行っているため、定期点検では気化器のダイヤルの回転具合、および、ハロセン1.0%、エトレン1.5%としてそのにおいにより麻酔剤の誤注入を点検している。麻酔科医師から濃度の異常を指摘された気化器についてのみ濃度測定を行っている。

⑤酸素濃度計

昭和57年購入の5台の麻酔器にバッテリーを電源とする酸素濃度計が組み込まれていたが、初期の製品であり、バッテリーと酸素電極の消耗、および、誤作動のためこの酸素濃度計は使用されていない。現在別の酸素濃度計を購入テスト中である。

⑥台車

麻酔器の台車の点検は主にキャスターの回転性について点検している。

B. 麻酔器ヘッド

次いで、いわゆる麻酔器ヘッド、すなわち、炭酸ガス吸収かん、呼吸気弁、APL弁などの点検を行う。

⑦APL弁（ポップオフバルブ）

APL弁を閉じて酸素毎分4-6 lを流量計から流し、Yピース出口を指で押えて呼吸バッグを圧迫し呼吸回路のリークを点検する。次いで、APL弁をフルオープンとして酸素フラッシュ

を行い回路内圧の上昇程度を点検する。続いてAPL弁の開閉を繰り返し、回転がスムーズであるか点検する。

⑧呼吸弁、吸気弁

Yピースに点検者が口を付け、実際に呼吸しながら呼吸弁、吸気弁の動きを点検する。

⑨回路内圧計

回路内圧計は指針の動き、および、ずれを点検し、大気圧で指針のゼロが $\pm 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ を超えた場合交換している。

⑩炭酸ガス吸収かん（カニスタ）

ゴムパッキングの状態、底部の液体貯留、リークなどについて点検する。

⑪余剰麻酔ガス排除装置

われわれの装置はAPL弁にホースを接続して、陰圧となっている各手術室排気口へ排除する方式であり簡単な点検を行っている。

C. 連結部

⑫コネクタ、アダプタ、チューブ類

麻酔器本体と麻酔器ヘッド、小児麻酔器、人工呼吸器などとのコネクタ、接続チューブ類の点検を行う。コネクタ、チューブ類の紛失は小さいことではあるが麻酔科医を悩ますものであり、整備を怠ってはならない。

D. 小児麻酔器（インファントサークル）

⑬小児麻酔器についても成人用麻酔器ヘッドと同様に、APL弁、呼吸弁、吸気弁、回路内圧計、炭酸ガス吸収かんなどの点検を行う。

E. 人工呼吸器

15台の麻酔器すべてに人工呼吸器が組み込まれている。この点検はテスト肺を付け、⑭動作状態の点検を行う。次いで、⑮静止状態の点検を行う。これは動作状態では換気量の調節が不正確となる機種があり、動作、静止の両状態で点検を行う。

成 績

麻酔器は定期点検を開始した昭和55年6月の時点では、笑気酸素混合比調節機構付麻酔器8台、旧型麻酔器7台であったが、昭和57年3月までに旧型麻酔器も更新され、それ以後昭和61年12月までは麻酔器の変動は無い。

6年7ヵ月の間に合計79回の定期点検が行わ

(4) 医器学 Vol. 58, No. 2 (1988)

れ、表2に示す如く、131件の故障または異常が発見されている。これは1回の点検につき1.7件であり件数としては多くはないが、年別では表2に示すように昭和59年から異常の件数が急増している。この理由は、昭和55年に購入された麻酔器の使用年数の増加により、故障または異常の発生件数が増加したためである。麻酔器の耐用年数は5年とされているが、丁度5年を経過するところから修理を必要とする異常

の発生率が増加している。

麻酔器の部位別異常発生件数は、表2の如く麻酔器ヘッドが最も多く41件、31.3%、次いで、麻酔器本体が38件29.0%であり、この両者で60.3%を占めている。小児麻酔器、連結部、人工呼吸器はそれぞれ18件、17件、17件であり、ほぼ13.0%ずつを占めている。

A. 麻酔器本体

麻酔器本体の故障または異常は表3に示した

表2 年別、部位別麻酔器の故障または異常発生件数
(昭和55年6月～昭和61年12月)

部位 \ 年	昭55 ¹⁾	昭56	昭57	昭58	昭59	昭60	昭61	計	(%)
麻酔器ヘッド	1	4	4	4	11	11	6	41	(31.3)
麻酔器本体	1	3	4	2	9	8	11	38	(29.0)
小児麻酔器	3	0	1	0	3	8	3	18	(13.7)
連結部	1	2	2	4	0	6	2	17	(13.0)
人工呼吸器	0	2	2	1	4	6	2	17	(13.0)
計	6	11	13	11	27	39	24	131	(100.0)

1) 昭和55年の点検回数は7回、その他の年は12回

表3 麻酔器部位別故障または異常内容と件数

部 位	項 目	件数	計
A. 麻 酔 器 本 体	耐圧ホース, ボンベ, 電源	17	38
	気 化 器	15	
	流 量 計	5	
	台 車	1	
B. 麻 酔 器 ヘ ッ ド	APL 弁	15	41
	炭酸ガス吸収かん	13	
	回路内圧計	10	
	呼気弁, 吸気弁	3	
C. 連 結 部	連結チューブ不良	9	17
	コネクタ, アダプタ不良	5	
	誤 接 続	3	
D. 小 児 麻 酔 器	回路内圧計	5	18
	炭酸ガス吸収かん	4	
	連結チューブ, コネクタ不良	4	
	APL 弁, 呼気弁, 吸気弁	3	
	支 柱	2	
E. 人 工 呼 吸 器	アラーム故障	4	17
	リ ー ク	4	
	動作不良	3	
	ベローの劣化	2	
	そ の 他	4	

が、耐圧ホース、予備ボンベ、電源などに関するものが最も多く17件であり、この内容は予備酸素ボンベの空、または 50 kg/cm^2 以下の残量となったものが6件、耐圧ホースのパイピングプラグの変形による接続不良、またはリークが5件であり、このほとんどは不用意の落下または衝突による変形である。その他、バックキングの不良による笑気、酸素ボンベの容器連結部のリーク、圧力計の故障、電源コンセントの不良であった。このように耐圧ホースのパイピングプラグの異常が多いため、笑気用、酸素用とも予備耐圧ホースを多数用意している。

気化器の異常は15件であるが、7件はハロセン気化器の濃度調節ダイヤルの固着またはスムーズに回転できないものであり、ペントレン、エトレン気化器ではこのような異常は皆無であった。その他の異常としては、気化器連結部のゆるみ、気化器固定ねじの不良、麻酔剤の誤注入、酸素フラッシュによるゆるんだコネクションの外れ、エトレン気化器のダイヤルロック用ノブが押し込んだ状態で戻らない故障があり、この場合使用中にエトレンの追加注入を行うと注入口からのリークが起こる。また1件はハロセン気化器からの刺激臭であり原因不明であった。

流量計の異常は5件であり、すべて笑気酸素混合比濃度の異常であり、酸素濃度30%で笑気流量 4 l/分 の時、酸素流量が 2.3 l/分 を超える流量のずればかりであった。

麻酔器台車の故障は1件のみでキャスターの回転不良であった。台車故障の少ない理由は同型の麻酔器が多く、麻酔器の移動が少ないためと思われる。

B. 麻酔器ヘッド

炭酸ガス吸収かんを含むいわゆる麻酔器ヘッドの異常は表3に示す如く41件であった。このうち最も多い異常はAPL弁の15件であり、すべて弁の固着または回転が困難になる故障であり、これに対してはどの麻酔器にも使用できる予備APL弁を用意して取り替えを行っている。予備APL弁は15台の麻酔器に2個あれば充分である。

炭酸ガス吸収かんの異常が13件あるが、ソー

ダライム交換時の不手際によるリークが4件、ゴムバックキングの劣化によるリーク3件、カニスタ支柱の変形3件などが多い方である。その他、カニスタのき裂、カニスタ底部の多量の液体貯留などであった。炭酸ガス吸収かんのゴムバックキングは、同時期購入の麻酔器1台に劣化が発見されると、同型麻酔器のゴムバックキングはすべて交換している。

回路内圧計の異常は10件あり、7件は大気圧で指針がゼロから $\pm 5 \text{ cm}$ 以上ずれた場合であり、3件は内圧計の指針が動かない故障であり、すべて予備の回路内圧計と交換している。13台の麻酔器は2社の製品であり2種類の内圧計を用意すればほぼ対処できる。

吸気弁、呼気弁の故障は3件と少ないが、弁カバーのき裂2件、弁の回着1件であった。

C. 連結部

麻酔器本体の共通ガス流出口と麻酔器ヘッドは、通常コネクタと内腔が閉塞し難い弾力性の連結チューブにより接続され、小児麻酔器への切り替え、ジャクソンリースを使用する場合、酸素吸入を行う場合などしばしば取り外されることが多い。この結果、コネクタの紛失チューブの紛失などが頻回に起こり、麻酔科医師を困惑させることも多い。この部位の異常は表3に示す如く17件である。チューブが内腔の閉塞し易い軟らかいチューブに交換されていたもの、チューブの劣化などが9件あり、次いで、金属コネクタの変形や紛失などであった。その他1社の麻酔器では誤接続が3件あり、炭酸ガス吸収かんがバイパスする誤接続であった。

D. 小児麻酔器

小児麻酔器は15台の麻酔器中13台に組み込まれている。故障または異常は表3の如く18件あった。回路内圧計の異常は5件であり、指針の $\pm 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ 以上のずれ、指針の動かないものなど成人用麻酔器の場合と同様であり、炭酸ガス吸収かんの故障は、カニスタ接続蛇管の劣化によるリークが4件であった。呼吸バッグ接続アダプタの紛失が4件であり、APL弁、吸気弁、呼気弁の異常は3件で少ない。また、小児麻酔器の支柱の故障が2件あった。

E. 人工呼吸器

人工呼吸器は15台の麻酔器に5種類の人工呼吸器が組み込まれている。表3に示す如く17件の異常が発生しているが、そのうち4件はアラームの鳴らない故障であり、リークが4件、作動不良3件、その他、ベローの劣化、雑音の発生、マニュアル駆動の故障、換気量調節不良など種々の故障であった。

以上の成績から故障頻度の多い部品の順位は表4の如く、① APL 弁、②回路内圧計、③気

表4 故障または異常の多い部品

順位	部 品 名	件数
1	APL 弁	17
2	回路内圧計	15
3	気 化 器	15
4	炭酸ガス吸収かん	13

化器、④炭酸ガス吸収かんの順である。

このように故障頻度の多い部品は、予備の交換部品を持つことが大切であり、手術部で麻酔器用として保有している予備物品は、①笑気酸素用耐圧ホース、②気化器、③炭酸ガスカニスタ、④ゴムパッキング各種、⑤回路内圧計、⑥弁カバー、⑦ APL 弁、⑧麻酔器1台などである。

考 察

全身麻酔中に発生する種々の事故または合併症の原因として Cooper⁷⁾ は人為的な原因が70%，機器類の故障が11%，呼吸回路の外れ、その他が19%であり、人為的なものが最も多いと述べている。機器類の故障による事故の大部分は日常の麻酔器の点検整備により防ぐことも可能と思われる。麻酔器の故障は患者の生命維持に重大な結果を起こすこともあり、この点検は手術室では最重要事項の一つである。

麻酔器の定期点検間隔については、櫛山⁶⁾ は年2回位を予定していると記載している。精密点検はこの位で十分と思われるが、麻酔器は使用時間、使用頻度が多く、小さな部品や附属品の故障や紛失も多い。われわれの毎月の定期点検でも平均1.7件の異常が発見されており、で

きれば毎月点検を行うことが望ましい。

故障頻度の多い部品は表4に示す如く、APL 弁、回路内圧計、気化器、炭酸ガス吸収かんなどであり、これらの故障または異常に直ちに対応するためには、予備の交換部品を保有することが不可欠である。われわれの麻酔器は主に2社の製品であり、2社の部品を確保しておけばよいことになる。この点多数のメーカの麻酔器が混在していると交換部品の確保が困難になる。

麻酔器の部品の中で最も故障頻度の多いものは APL 弁であり、岡本⁸⁾ は2ヵ月位で取り替えるのが適当であると述べているが、われわれは故障の多い麻酔器の APL 弁は故障の少ない他社の APL 弁に取り替えているため、このような短期間の交換は不要である。そして、この故障の少ない APL 弁を2個予備として保有している。

麻酔器の点検の際1台の麻酔器の部品に故障または異常が発見された場合、同型の麻酔器の同一部品にも異常が発見されることも多く、特に、麻酔器のゴム部品については、1台に劣化が発見された場合、同時期購入の麻酔器のゴム部品はすべて交換している。ゴム部品についてはメーカは交換時期を明記すべきである。また、麻酔器メーカは Rendell-Baker⁸⁾ の述べているように、麻酔器の目に付く場所に使用前点検項目を貼付すべきである。

著者の一人が米国で麻酔科レジデントとしてトレーニングを受けた病院では、毎年12月末に各レジデントに1台ずつ麻酔器が割り当てられ隅から隅まで清掃を行う習慣があった。これは現在の日本の実状には合わないかも知れないが、麻酔科医師が麻酔器を大切にする心構えを養うことに役立っていると思われる。

最近の麻酔器はモニター類が数多く組み込まれ、麻酔科医師の手を離れ専門の技術員でないと定期点検は困難になると思われるが、大修理を行った麻酔器の点検は、必ず麻酔科医師も参加すべきであると考えている。

結 論

麻酔科医師により6年7ヵ月間毎月15台の

麻酔器の定期点検を行った結果、故障または異常の発生件数は131件であり、1回の点検につき1.7件であった。

故障頻度の多い部品は、多い方から APL 弁、回路内圧計、気化器、炭酸ガス吸収かんの順であり、この対策としては予備の交換部品を確保することが大切である。

麻酔器は使用頻度が高く、できれば毎月点検を行うことが望ましい。

本論文要旨は昭和62年5月第62回日本医科器械学会大会において発表した。

文 献

- 1) 佐藤暢：麻酔器の安全対策，麻酔，32(10)：1276—1280，1983
- 2) 釘宮豊城，都築正和，稻田豊：麻酔器の安全性に対する一考案，手術部医学，5(3)：276—281，1984
- 3) 高橋敬蔵，館田武志，金子敏雄，永納和子：麻酔器のメカニカルな面における安全対策，医器学，55(3)：111—115，1985
- 4) 釘宮豊城：麻酔器と人工呼吸器の安全対策と保守管理，医器学，56(7)：344—347，1986
- 5) 櫛山三蔵，芦村浩一：手術部技術員による麻酔器点検，手術部医学，3(1)：169—172，1982
- 6) 岡本耕一郎，高城文雄，江原博ほか：麻酔器ポップ・オフ・バルブの整備について，手術部医学，7(2)：272—274，1986
- 7) Cooper, J. B., Newbower, R. S., Kitz, R. J., : An analysis of major errors and equipment failures in anesthesia management: Considerations for prevention and detection. Anesthesiology, 60 : 34—42, 1984
- 8) Rendell-Baker, L. : Problems with anesthetic gas machines and their solutions, International Anesthesiology Clinics, 20 (3) : 1—82, 1982