

## 麻酔回路の変遷

塩 沢 茂

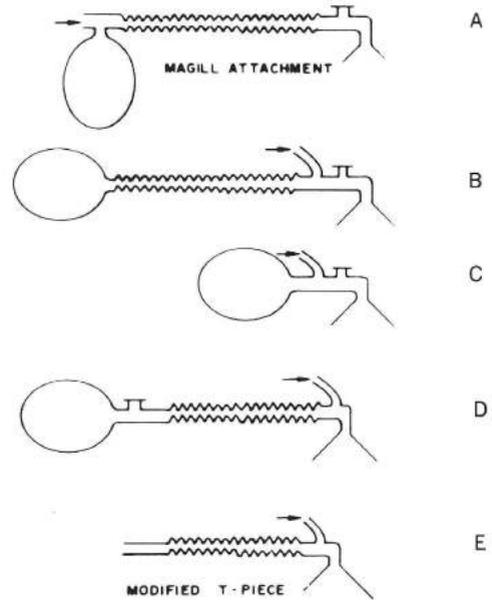
### はじめに

麻酔回路は歴史的に多くの変遷をとげてきたが、現在でもその進歩は続いている。わが国においては成人の麻酔回路といえ、2本の蛇管とYアダプターよりなる循環式回路が一般的であるが、手術部位、体位などによっては、重いYアダプターや蛇管のために、気管内チューブが抜けたり、屈曲することがあり、日常の使用に不便を感じることがしばしばある。この問題を解決するために、プラスチックの軽量な2重管を使用したBain回路、F回路などのいわゆるco-axial circuitが登場してきた。また小児の麻酔回路は、最近、従来の小児循環式回路よりJackson Rees回路への移行が一般化してきた。本稿では主としてBain回路、F回路、Jackson Rees回路およびその改良型について述べ、あわせて最近までの麻酔回路の変遷を回顧し、その問題点について検討してみることにする。

### Mapleson の分類

1954年Mapleson<sup>1)</sup>は麻酔回路を図1のように5つに分類した。AはMagill回路と呼ばれているもので、主として英国で使用されているが、自発呼吸では分時換気量と同量のfresh gas flow (以下FGFと略す)を流すのが適当とされている<sup>2)</sup>。回路の先端にpop-off valveがあるため重くなることと、調節呼吸で使用するのは適当でない<sup>3,4)</sup>ことが欠点とされている。BとCとは現在殆ど使用されていないが、両者の間には蛇管の長さが異なる以来は本質的な差がない。

DはJackson Rees回路とほぼ同様のものであ



→ FRESH GAS INFLOW FROM ANAESTHETIC MACHINE

図1. Maplesonの麻酔回路の分類  
(文献1より引用)

り、またこの方法をmodifyしたのがBain回路である。EはAyre's T tubeと本質的に同じである。Maplesonの分類は非再呼吸法および部分再呼吸法(炭酸ガス吸収装置なしの半閉鎖法)の分類に限られており、その意味では既に古典的なものである。現在の麻酔回路の分類としては、このほかに非再呼吸弁を使用した非再呼吸回路、炭酸ガス吸収装置をもった往復式、循環式回路などを追加する必要がある。

### Bain回路

1972年Bainら<sup>5)</sup>は前述したようにMapleson D systemをmodifyした新しい麻酔回路を発表した。初めこの方法はstreamlined anaesthetic

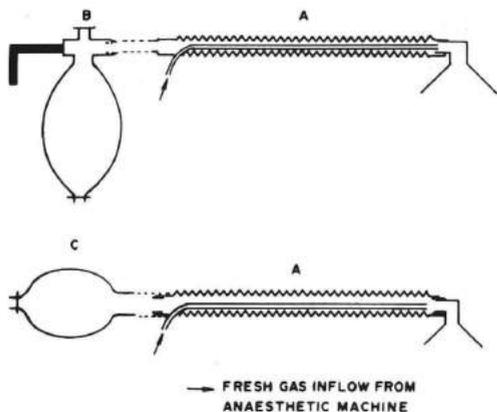


図2. Bain 回路の構造  
A: 2重管 B: pop-off valve C: reservoir bag  
(文献5より引用)

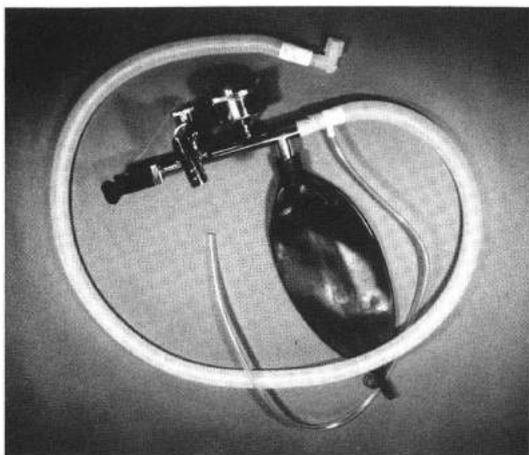


図3. 当院で使用している Bain 回路  
アコマ製付属接続器つき



図4. Bain 回路を用いて頸部手術の麻酔を行っているところ

system と名付けられたが、後で Bain 回路と呼ばれるようになった。本回路は図2, 3, 4に示すように2重管で、外管の蛇管の長さ約150~180 cm, 内径22 mmで容量は約500 mlであり、内管の塩化ビニール管内径は約7 mmである。内径22 mm外管は患者の呼気が流れ、内管は患者の吸気として、麻酔器よりのFGFが流れる。本回路は呼吸弁、炭酸ガス吸収装置をもたない点から呼吸抵抗は小さく、また死腔も少ない。本回路を用いて麻酔する場合、麻酔器との間に特殊な接続器具が必要である(図3)。本回路は本来 disposable で使用するものであるが、エチレンオキシド滅菌によって再使用することができる<sup>6)</sup>。本回路の利点の一つとしてFGFを調節することによって、大きな換気量による調節呼吸時にしばしばみられる高度の hypocarbia が避けられる点があげられているが、本回路が炭酸ガス吸収装置をもたないところから、FGFの流量によっては、hypercarbia をきたす危険性も考えられ、適正なFGFの設定が必要である。

Bain 回路を用いて自発呼吸で麻酔するとき、Bainら<sup>9)</sup>は最初FGF 5.5 l/minおよび7 l/minでは患者のPaCO<sub>2</sub>は生理的範囲内にあったと述べたが、後で検討した思果、正常なPaCO<sub>2</sub>を維持するためには100 ml/kg/minのFGFが必要であり、この流量で安全に麻酔できると述べている<sup>7)</sup>。Mansel<sup>8)</sup>はFGF 5,600 ml/min (70 ml/kg/min)とした場合PaCO<sub>2</sub>が51.3 mmHgに上昇し、Magill回路 (Mapleson A)に切替えることによって、正常範囲内に戻った症例を報告している。Conwayら<sup>9)</sup>は自発呼吸で本回路を使用するには肺胞ガスの再呼吸を避けるべきであるとし、このためFGFは分時換気量の3倍は必要であるとしている。著者ら<sup>10)</sup>の成績では、FGF 6 l/min (95.7~142.8 ml/kg/min)で9例中4例がPaCO<sub>2</sub> 40 mmHg以上を示し、うち1例はPaCO<sub>2</sub> 52 mmHgに達し補助呼吸を行ったところPaCO<sub>2</sub> 38 mmHgまで下降した。図5にみられるようにBain回路を用いて自発呼吸にまかせた場合、PaCO<sub>2</sub>は体重kg当りのFGFの多少よりも、麻酔剤による呼吸抑制の程度によって変動すると考

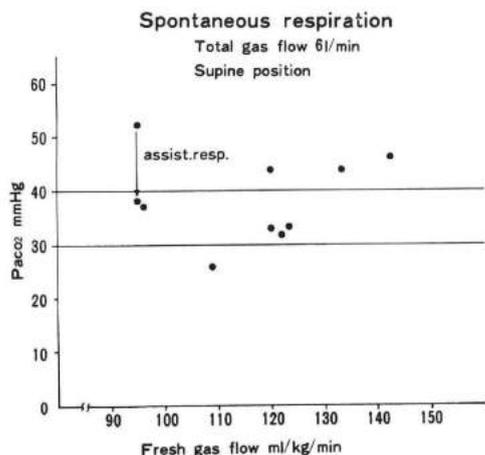


図5. 自発呼吸時の PaCO<sub>2</sub> と体重 kg 当たり FGF との関係 (文献10より引用)

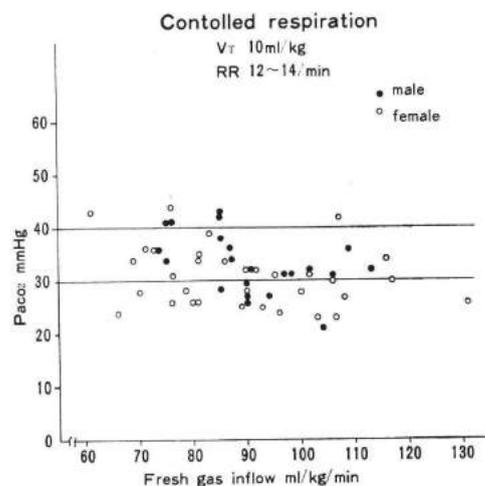


図6. 調節呼吸時の PaCO<sub>2</sub> と体重 kg 当たり FGF との関係 (文献10より引用)

えられるので、常に補助呼吸を行った方が安全と考えられる。

本回路を用いて調節呼吸を行った場合、適正な FGF については諸家によって異っている。

Bain ら<sup>11),12)</sup> は PaCO<sub>2</sub> と体重 kg 当りの FGF ml/kg/min の間に一定の相関関係があることを示したが、著者ら<sup>9)</sup> の 55 例の臨床例の検討からは PaCO<sub>2</sub> と体重 kg 当りの FGF の間には、ばらつきが多く有意の相関関係は得られなかった。(図6)。麻酔中の患者の PaCO<sub>2</sub> は炭酸ガス産生量、

FGF、換気量によって決定される。麻酔中の炭酸ガス産生には体重、体表面積、年齢、性、体温、麻酔薬、麻酔深度などが複雑に関係していると考えられる。Bain らの場合、換気量を一定にしたとき、PaCO<sub>2</sub> と体重 kg 当りの FGF の間に一定の相関関係がみられたのは、麻酔薬、麻酔深度を一定に保つたためと考えられる。これに反して著者らの場合は、換気量を一定にしても各々の症例で麻酔薬、麻酔深度が異っているため PaCO<sub>2</sub> と体重 kg 当りの FGF の間に有意の相関関係を示さなかったと思われる。Bain ら<sup>13)</sup> は体重 50 kg 以上の成人では、1 回換気量 10 ml/kg、呼吸数 12~14/min で換気する場合、FGF 70 ml/kg/min が適当であるとし、Henville ら<sup>14)</sup> は同様な換気で FGF 70 ml/kg/min では PaCO<sub>2</sub> 平均 40±4.3 (30.4~49) mmHg、FGF 100 ml/kg/min では PaCO<sub>2</sub> 平均 34±4.5 (26~44.9) mmHg となり、normocarbica なら FGF 70 ml/kg/min、mild hypocarbica なら FGF 100 ml/kg/min を奨めている。Baraka<sup>15)</sup> は成人の場合 6 l/min の換気で、FGF 約 5 l/min で normocarbica が得られるとしている。Ramathan ら<sup>16)</sup> は常に 8 l/min の FGF で使用することを奨め、長時間 PaCO<sub>2</sub> を測定することなしに本回路を使用すべきではないとしている。著者ら<sup>9)</sup> の成績では PaCO<sub>2</sub> の平均値でみると、FGF 70~89 ml/kg/min で 34.8±5.7 mmHg、90~99 ml/kg/min で 29.1±2.9 mmHg であるが、PaCO<sub>2</sub> の range からみると、FGF 70~89 ml/kg/min では 26 例中 6 例 (23%) が PaCO<sub>2</sub> 40 mmHg 以上を示していた。安全性を考えて麻酔中は PaCO<sub>2</sub> 30 mmHg 台の mild hypocarbica の状態に保つのが適当との見地にたつと、Bain の奨める FGF 70 ml/kg/min (通常成人で 6~7 l/min) が適当と考えている。

Bain ら<sup>5)</sup> は本回路の利点として、1) 1本の蛇管で麻酔できること。2) 軽量であること。3) 弁が必要でないこと。4) すべての年齢層に用いられること。5) 炭酸ガス吸収装置を必要としないこと。6) 回路の消毒が容易であること。7) 全ての麻酔に適応できること。8) 頭頸部の手術に理

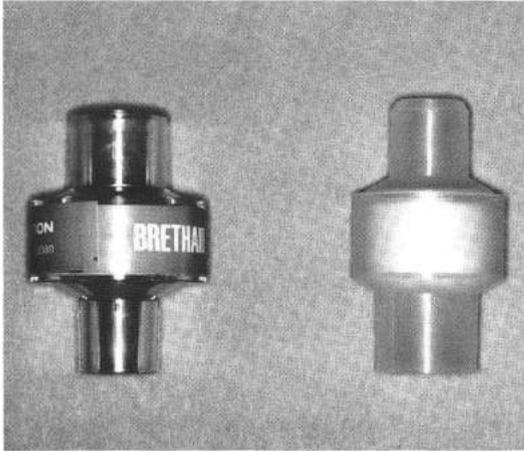


図7. 吸気ガスを加湿する人工鼻  
左はテフロン製, 右はボーテックス製

想的であること、をあげているが、著者らは脳外科の手術に主として使用している。本回路を使用した場合、大量のFGFを必要とすることから、長時間麻酔によって気道の乾燥が起る可能性が考えられるが、吸入ガス湿度は $12\sim 21\text{ mgH}_2\text{O/l}$ といわれている<sup>16),17)</sup>。十分に加湿されたガスは $14\sim 30\text{ mgH}_2\text{O/l}$ とされている<sup>18)</sup>ので、吸気ガスの湿度は十分であると思われるが、著者らは長時間使用の際には図7に示すような人工鼻を使用している。なお本回路は小児にも使用されているが、詳細は小児麻酔回路の項で述べることにする。また山室ら<sup>19)</sup>は本回路とアネソキシソ-50(50%笑気酸素混合ガス)を組合せて救急用簡易麻酔器を試作している(図8)。

## F 回路

前述したように Bain 回路は優れた回路であるが、炭酸ガス吸収装置をもたない点から、大量のFGFを必要とし、経済的な問題、大量の余剰ガス放出による手術室の汚染、長時間麻酔で吸入ガスの適度な湿度の保持の問題がある。また一般の手術に使用するには蛇管の長さがやや長過ぎること、低流量の麻酔が行えず、体重に応じてFGFを算出するなど呼吸管理の条件設定が煩雑であるなどの欠点がある。

1978年福永<sup>20)</sup>は Bain 回路の co-axial circuit

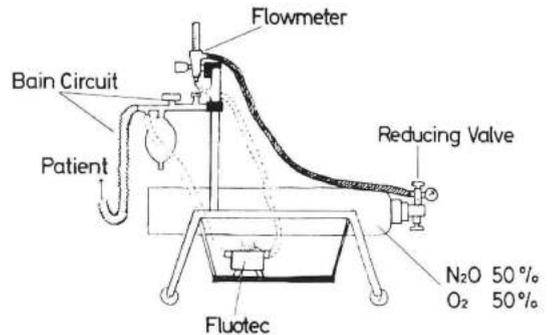
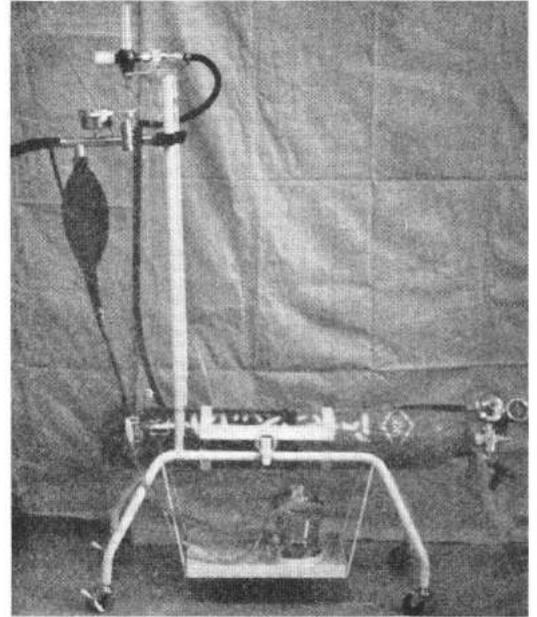


図8. Bain 回路とアネソキシソ-50を組合せた救急用簡易麻酔器  
(文献19より引用)

の特色を生かし、また炭酸ガス吸収装置をもつ麻酔器に接続し循環式回路として使用できる回路を考案した。本回路は初め多用途呼吸回路と名付けられたが、後にF回路とよばれ、わが国は勿論カナダでも追試されている<sup>21)</sup>。図9,10はその構造を示しているが、本回路は麻酔器との接続部のA部,2重管よりなるB部,患者側の接合部C部の3つの部分から成立っている。A部の接続用蛇管の長さを適当に変えることによって、外国製,国産何れの麻酔器にも接続可能であり、それぞれ吸気側,呼気側に連結する。B管は外管はプラスチック製の内径22mmの蛇管,内管は10mmの塩化

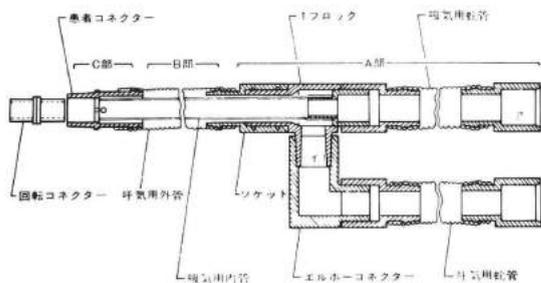


図9. F回路の構造

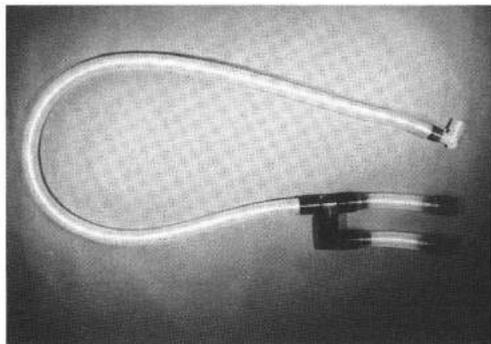


図10. 当院で使用しているF回路（メラ製）

ビニール管よりなっていて、蛇管の長さは820 mmで、吸気は内管を、吸気は外管を通る。C部の内管の先端には側方に4個の側孔があげられており、内外管への通気をより安全にするために工夫されており、またこの部位に生じる死腔は1

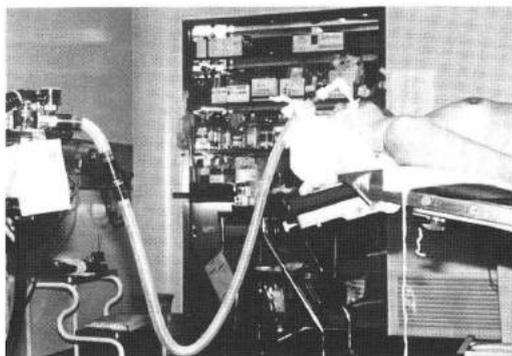


図11. F回路を用いて甲状腺摘出術の麻酔を行っているところ

ml以下になるように作られている。図11はF回路を甲状腺摘出術に用いているところである。福永は本回路と従来の循環式回路の使用時の血液ガス所見を自発呼吸時と調節呼吸時に分けて比較しているが、何れの場合にも本回路の方がすぐれた血液ガス値を示す傾向がうかがわれたとしている<sup>20)</sup>。著者らは臨床例において、自発呼吸時の血液所見を半閉鎖循環式(従来の回路)、Bain回路、F回路に分けて比較検討した。結果は表1に示すようにBain回路にやや炭酸ガス蓄積の傾向がみられ、PaCO<sub>2</sub>でBain回路とF回路の間に有意差がみられた(P<0.025)。また調節呼吸時の血液ガス所見を半閉鎖循環式とF回路で比較してみたが、

表1. 自発呼吸時の血液ガスの比較

麻酔: GOF (N<sub>2</sub>O:O<sub>2</sub>=2:1), FGF 6 l/min, 仰臥位

No.	Age	Sex	Weight (kg)	Semiclosed circuit ̄ CO <sub>2</sub> absorber				Bain circuit				F circuit			
				PaO <sub>2</sub>	PaCO <sub>2</sub>	pH	BE	PaO <sub>2</sub>	PaCO <sub>2</sub>	pH	BE	PaO <sub>2</sub>	PaCO <sub>2</sub>	pH	BE
1	20	M	54	134	47	7.30	-3.0	138	47	7.31	-2.3	156	43	7.34	-2.3
2	18	M	46	142	45	7.38	+1.0	133	47	7.35	+0.4	155	43	7.40	+1.6
3	16	M	62	155	39	7.32	-4.8	160	45	7.30	-3.8	159	37	7.37	-3.0
4	13	M	55	166	46	7.34	-1.2	154	44	7.34	-1.7	180	45	7.32	-3.0
5	78	M	50	145	43	7.35	-1.2	136	43	7.35	-1.8	166	42	7.35	-1.8
6	12	M	51	169	55	7.24	-4.5	181	54	7.24	-4.7	166	46	7.27	-4.6
7	21	M	62	131	52	7.28	-3.3	123	55	7.24	-4.9	129	50	7.28	-3.9
8	37	M	51.5	154	40	7.33	-4.2	137	47	7.26	-5.4	162	47	7.29	-4.0
Mean ±SD				149.5 ±13.9	45.8 ±5.5	7.31 ±0.04	-2.6 ±2.0	145.2 ±18.6	47.7 ±4.4	7.29 ±0.04	-3.0 ±2.0	159.1 ±14.5	44.1 ±3.8	7.32 ±0.04	-2.6 ±1.9

PaCO<sub>2</sub>でBain回路とF回路の間にP<0.025で有意差がみられた (paired t-test)

同一患者に半閉鎖循環→Bain回路→F回路を使用して麻酔した。

表2. 調節呼吸時の血液ガスの比較

麻酔: GOF/Pancuronium (N<sub>2</sub>O:O<sub>2</sub>=2:1) FGF 6 l/min

No.	Age	Sex	Weight (kg)	Semiclosed circuit c̄ CO <sub>2</sub> absorber				F circuit			
				PaO <sub>2</sub>	PaCO <sub>2</sub>	pH	BE	PaO <sub>2</sub>	PaCO <sub>2</sub>	pH	BE
1	55	F	45	175	32	7.43	+0.8	171	35	7.44	+0.6
2	67	M	52	118	34	7.43	-2.6	116	33	7.42	-2.6
3	70	M	49	195	34	7.43	-0.3	162	32	7.48	+1.6
4	40	F	47	157	32	7.43	-1.3	159	32	7.43	-1.2
5	61	M	50.5	151	34	7.41	-1.6	153	32	7.43	-1.4
6	38	F	48	149	27	7.44	-2.7	153	27	7.46	-2.7
Mean ±SD				157.5 ±26.0	32.1 ±2.7	7.42 ±0.0	-1.2 ±1.3	152.3 ±19.0	31.8 ±2.6	7.44 ±0.02	-0.9 ±1.7

アコマARF-850使用 V<sub>T</sub> 10 ml/kg, RR 12/min, 同一患者に半閉鎖循環→F回路を使用して麻酔した。

表3. 循環式回路, Bain回路, F回路の比較

	半閉鎖循環	Bain回路	F回路
重量	約680 g (金属性Y ピース付)	約160 g	約330 g
長さ	約95 cm	約160 cm	約150 cm
ガス流量	低流量可	低流量不可 100 ml/kg/min 以上	低流量可
蛇管の数	2本	1本	1本
炭酸ガス 吸収装置	必要	不要	必要

表2に示すように両群間に有意差はみられなかった。以上の結果からみてF回路は従来の半閉鎖循環式と同様に安全に使用されることが分かった。表3は当院手術室で使用している半閉鎖循環式, Bain回路, F回路それぞれの特徴を比較したものである。なお福永によると, この回路は小児にも使用できるとしており, 生後2週間の小児にも用いている。

F回路の合併症として石原ら<sup>22)</sup>は二重管内管の狭窄と吸気用蛇管の接続部の不良による閉塞を報告している。同様の合併症はBain回路でも報告されており, Mansell<sup>23)</sup>は内管の屈曲による閉塞を報告している。著者らは現在まで脳外科を除く2,000例以上の症例にF回路を使用してきたが, 未だこのような合併症に遭遇していない。しかし一応このような合併症を念頭において, 使用

前点検や使用中注意深い観察が必要であろう。

### 小児麻酔回路

小児の麻酔法はエーテルの開放点滴以来多くの変遷を経てきた。1930年代には小児にエーテルやサイクロプロペインが用いられたところから, 小型のキャニスターとバックをもった往復式回路が使用された。しかしソーダーライムの消費による死腔の拡大, 取扱い上の不便, ソーダーライム粉末の気道吸入の危険性などの欠点から, やがて小児循環式回路が代って用いられるようになった。1957年 Bloomquist<sup>24)</sup>が pediatric circle absorber を発表するに及んで, Bloomquist型の infant circle が主として使用されてきた。Infant circleの欠点として, 構造の複雑さ, 高価な点, 自発呼吸時の抵抗の大きいことがあげられる。一方1937年 Ayre<sup>25)</sup>は非再呼吸法として Ayre's T-tube (図12上段)を作り小児の唇裂, 口蓋裂の麻酔に使用した。その後この方法では補助呼吸, 調節呼吸が困難であるところから, 1940年代から1960年代にかけて非再呼吸弁をもった非再呼吸法に変わっていった。初期には, 補助呼吸, 調節呼吸時に両手で操作しなければならない Stephen-Slater, Digby Leighの valveがあり, 後で片手で操作できるように改良され, Fink, Lewis-Leigh, Ruben, Frumin, Sierraなどの valveが作られた。しかしこの方法は弁の抵抗, 故障など

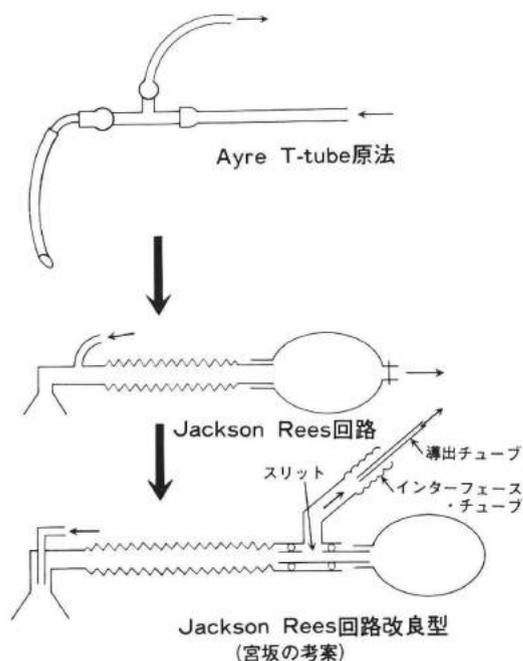


図12. Ayre T-tubeより Jackson Rees 回路への発展

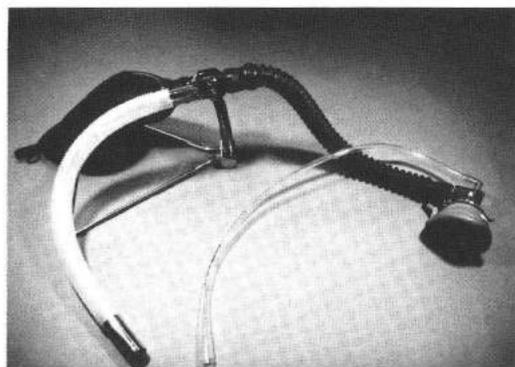


図13. 当院で使用している Jackson Rees 回路(メラ製)支持台, 余剰ガス排除装置つき(宮坂改良型)

のために次第に使用されなくなり、わずかに Ambu-bag のような救急蘇生器にその面影を残している。1960年 Jackson-Rees は Ayre's T-tube を modify して Jackson-Rees 回路 (図12中段) を作った。後に Keats elbow adapter がとりつけられたり、余剰ガス排除装置として Dupaco scavenging valve, 宮坂の装置<sup>27)</sup> などが組みこまれたりして改良が加えられた(図12下段, 図13, 14)。

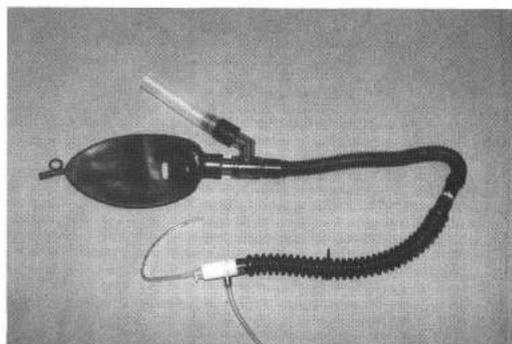


図14. 当院で脳外科, 眼科領域で使用している Jackson Rees 回路  
小児用蛇管が2本連結してあり, マリンクロット社製 RAE 小児気管内チューブがつけられている。

Jackson-Rees 回路は FGF を分時換気量の約2~3倍以上流すことによって非再呼吸法として使用できる。この方法は器具の簡便さから現在小児麻酔回路の主流として用いられている。

非再呼吸法の欠点として、冷く乾燥した大量のガスの吸入による全身的な熱と水分の喪失と局所的な気道内分泌物の乾燥、粘膜の線毛運動の低下が起こることが予想される。熱の喪失は体重9kgの小児で加湿していないガスを吸入した場合3236.4 cal/hr., 加湿したガスを吸入した場合1252.8 cal/hr. となる。気道から失われる水分は加湿していないガスを吸入した場合3.3 g/hr., 加湿したガスを吸入した場合1.3 g/hr. である<sup>28)</sup>。これらは麻酔中の加温、補液によって是正できる。麻酔中の乾燥ガスの吸入が術後の気道合併症を増加させるか否かについてはなお議論の多いところであるが、1時間以上の麻酔の場合には加熱加湿器を用いるのが安全であろう。著者らは Bennett Cascade Humidifier (図15) を用いている。

この加湿器は有効であるが、水滴が回路内にたまる欠点がある。

Bain 回路による部分再呼吸法もまた小児麻酔に用いられている。Bain らは最初50kg以下の小児には FGF 3.5 l/min を奨めた<sup>12)</sup> が、後で調節呼吸では10kg以下の小児では FGF 2 l/min, 35kg以下の小児では100 ml/kg/min に訂正してい



図15. Bennett Cascade humidifier, Jackson Rees回路使用時の加温加湿器として使用している。

る<sup>29)</sup>。Nightingaleら<sup>30)</sup>は13.5 kg (30 ポンド) 以下の小児ではFGF 3 l/minで十分であるとし、Rayburnら<sup>31)</sup>は小児のCO<sub>2</sub>産生の多少は体重より体表面積m<sup>2</sup>に関係するとし、PaCO<sub>2</sub> 40 mmHgを保つには体表面積当りのFGF 2,500 ml/m<sup>2</sup>/minが必要であったとしている。このFGFで麻酔した場合は吸入ガス湿度は24~26 mgH<sub>2</sub>O/lとなり、加湿の必要性はないと述べている<sup>32)</sup>。またGwilt<sup>33)</sup>らは体重2~4 kgの家兎を用いた実験から1回換気量10 ml/kg,呼吸数40/minの調節呼吸, FGF 3 l/minで血液ガスは適正であったことから、この方法の新生児麻酔への適用を示唆している。自発呼吸の場合には、Rayburnらは浅い、または中等度の麻酔時に大きな小児ではFGF 400 ml/m<sup>2</sup>/minで十分であったといっている<sup>34)</sup>。調節呼吸による高度のアルカローシスを防ぐため、Bain回路を用いての部分再呼吸法は今後の小児麻酔の新しい方向を示唆するものと思われるが、このような低流量部分再呼吸法が全ての小児にCO<sub>2</sub>蓄積の危険なく使用され得るかについては、なお検討の余地がある。また市販のBain回路を小児に用いるには蛇管が長過ぎる欠点があ

り、この点から小児用の小型のBain回路の開発が望まれる。

### おわりに

以上述べてきたように、麻酔回路は最近において大きな進歩をとげてきた。特に2重管を用いたいわゆるco-axial circuitの導入がその主なものである。Bain回路の使用は、頭頸部・口腔内手術はもとより、腹臥位および坐位手術の麻酔管理に大きな便宜を与えるとともに、成人の麻酔回路において、炭酸ガス吸収装置を必ずしも必要としないことを示した。

従来は麻酔回路の完全な滅菌、消毒は困難であったが、この回路の出現によって、回路自体をdisposableとして使用することができ、また回路のエチレンオキサイドガス滅菌が可能となり、感染症患者対策を一步前進させた。

F回路は従来の循環式回路にとりつけることによって、Bain回路の利点を失うことなく、Bain回路の呼吸管理にともなう適正なFGF設定の煩雑さから解放され、低流量麻酔も可能となった点に大きな特色をもっている。現在小児麻酔の領域ではJackson-Rees回路やBain回路が定着してきたが、今後はこれらの回路を用いての非再呼吸法としての使用から、部分再呼吸法としての使用への移行の適否が課題となろう。本稿が麻酔を研修する人々にいく分でも資するところがあれば幸いである。

### 文 献

- 1) Mapleson, W.W.: The elimination of rebreathing in various semiclosed anaesthetic systems. *Brit. J. Anaesth.*, **26**: 323, 1954.
- 2) Kain, M.L., Nunn, J.F.: Fresh gas economics of the Magill circuit. *Anesthesiology* **29**: 964, 1968.
- 3) Waters, D.J., Mapleson, W.W.: Rebreathing during controlled respiration with various semiclosed anaesthetic systems. *Brit. J. Anaesth.*, **33**: 374, 1961.
- 4) Sykes, M.K.: Rebreathing during controlled respiration with the Magill attachment. *Brit. J. Anaesth.*, **31**: 247, 1959.

- 5) Bain, J.A., Spoerel, W.E.: A steamlined anaesthetic system. *Can. Anaesth. Soc. J.*, **19**: 426, 1972.
- 6) Enright, A.C., Parney, F.L.: Contamination and reesterilization of the Bain circuit. *Can. Anaesth. Soc. J.*, **23**: 545, 1976.
- 7) Spoerel, W.E., Aitken, R.R., Bain, J.A.: Spontaneous respiration with the Bain rebreathing circuit. *Can. Anaesth. Soc. J.*, **25**: 30, 1978.
- 8) Mansell, W.H.: Spontaneous breathing with the Bain circuit at low flow rates: A case report. *Can. Anaesth. Soc. J.*, **23**: 432, 1976.
- 9) Conway, C.M., Seeley, H.F., Barnes, P.K.: Spontaneous ventilation with the Bain anaesthetic system. *Brit. J. Anaesth.*, **49**: 1245, 1977.
- 10) 塩沢 茂, 佐藤光雄: Bain circuit の検討, 臨床麻酔 **2**: 247, 1978.
- 11) Bain, J.A., Spoerel, W.E.: Prediction of arterial carbon dioxide tension during controlled ventilation with modified Mapneson D system. *Can. Anaesth. Soc. J.*, **22**: 34, 1975.
- 12) Bain, J.A., Spoerel, W.E.: Carbon dioxide output in anaesthesia. *Can. Anaesth. Soc. J.*, **23**: 153, 1976.
- 13) Bain, J.A., Spoerel, W.E.: Flow requirement for a modified Mapleson D system during controlled ventilation. *Can. Anaesth. Soc. J.*, **20**: 629, 1973.
- 14) Henville, J.D., Adams, A.P.: The Bain anaesthetic system. An assessment during controlled ventilation. *Anaesthesia* **31**: 247, 1976.
- 15) Baraka, A.: PaCO<sub>2</sub> control by fresh gas flow controlled ventilation with semi-open circuit. *Brit. J. Anaesth.*, **41**: 527, 1969.
- 16) Ramanathan, S. et al.: Rebreathing characteristics of Bain anesthesia circuit. *Anesth. & Analg.*, **56**: 822, 1978.
- 17) Weeks, D.B.: Provision of endogenous and exogenous humidity for the Bain breathing circuit. *Can. Anaesth. Soc. J.*, **23**: 185, 1976.
- 18) Weeks, D.B.: Humidification during anaesthesia. *N.Y. state J. Med.*, **75**: 1216, 1975.
- 19) 山室 誠ほか: 50% 笑気酸素混合ガスを用いた救急用簡易麻酔器, 臨床麻酔, **2**: 1062, 1978.
- 20) 福永敦翁: 多用途呼吸回路の考察—循環式麻酔装置への応用, 麻酔 **27**: 1113, 1978.
- 21) Byrick, R.J., Janssen, E., Yamashita, M.: Rebreathing and co-axial circuit: A comparison of the Bain and Mera F. *Can. Anaesth. Soc. J.*, **28**: 321, 1981.
- 22) 石原弘規ほか: F呼吸回路使用の合併症, 臨床麻酔 **6**: 102, 1982.
- 24) Mantell, W.H.: Bain circuit: "The hazard of the hidden tube" *Can. Anaesth. Soc. J.*, **23**: 227, 1976.
- 24) Bloomquist, E.R.: Pediatric circle absorber. *Anesthesiology* **18**: 787, 1957.
- 25) Ayre, P.: Endotracheal anesthesia for babies: with special reference to hare-lip and cleft-palate operations. *Anesth. & Analg.*, **16**: 330, 1937.
- 26) Rees, G.J.: Pediatric anaesthesia. *Brit. J. Anaesth.*, **32**: 132, 1960.
- 27) 宮坂勝之ほか: Tピース用余剰ガス排除装置, 臨床麻酔 **3**: 1329, 1979.
- 28) Smith, R.M.: Anesthesia for infants and children (IV Edition) Chapt. 6. Design and function of pediatric anesthesia system p.144, The C.V. Mosby company, London, 1980.
- 29) Bain, J.A., Spoerel, W.E.: Carbon dioxide output and elimination in children under anaesthesia. *Can. Anaesth. Soc. J.*, **24**: 533, 1977.
- 30) Nightingale, D.H., Richards, C.C., Glass, A.: An evaluation of rebreathing in a modified T-piece system during controlled ventilation of anaesthetized children. *Brit. J. Anaesth.*, **37**: 762, 1965.
- 31) Rayburn, R.L., Greves, S.A.: A new concept in controlled ventilation of children with the Bain anaesthetic circuit. *Anesthesiology* **48**: 250, 1978.
- 32) Rayburn, R.L., Watson, C.R.L.: Humidity in children and adults using the controlled partial rebreathing anesthesia method. *Anesthesiology* **52**: 291, 1980.
- 33) Gwilt, D.J., Goat, V.A., Maynard, P.: The Bain system gas flow in small subjects. *Brit. J. Anaesth.*, **50**: 127, 1978.
- 34) Rayburn, R.L.: Pediatric anesthesia circuits. p.117, 32 nd Annual Refresher Course Lectures, ASA, 1981.

(昭和57年6月12日 受理)