脳分離体外循環における安全対策

—空気引き込み防止回路の作製—

配野 治 杉本 響

要旨 脳分離体外循環中の空気引き込みを防止する目的で安全弁付簡易回路を作製し、実験を行った。実験に用いた安全弁は、人工肺出口が陽圧であれば閉じ、圧力が低下すればただちに安全弁は開く特性を持つ。実験でメインポンプと脳灌流それぞれローラーポンプを用い、メインポンプが停止した状態で脳灌流ポンプ流量を増加させたときに、人工肺より空気を引き込むか検証した。その結果、我々が作製した安全弁付回路を用いることで人工肺出口での脳灌流ポンプ流量が 2000mL/min まで空気を引き込まず、脳分離体外循環の安全性が向上し有用であると考えられた。

牽引用語：脳分離体外循環、ローラポンプ、安全対策、空気、安全弁

Safety measures in selective cerebral perfusion — development of a circuit to prevent air inhale —

Osamu Haino, kyou Sugimoto,

Key words : Selective cerebral perfusion, Roller pump, Safety measures, Air, Safety valve

[J Extra-Corporeal Technology 35(1) : 37-39, 2008]

I. 緒言

脳分離体外循環において、静脈貯血槽とメインにローラーポンプ（以下、RP）を使用し、人工肺の出口より回路を二股に分けて一方を体循環、もう一方を脳灌流用 RP の仕様とした回路構成である。この回路ではメイン RP が停止した場合や脳灌流 RP 流量がメイン RP 流量を上回った時点で、人工肺より空気を引き込む可能性がある^{1,2)}。今回、人工肺出口に安全弁付回路を用いることでメイン RP が停止した場合でも空気を引き込まないよう改良を行った回路を作製し、安全性について検討を行った。

II. 対象および方法

模擬回路を図 1 に示す。静脈貯血槽一体型膜型人工肺としてテルモ社製 CAPIOX RX-25 を使用した。回路構成は静脈貯血槽→メイン RP（1/2 インチチューブ）→人工肺出口より回路を二股に分岐させ、一方を体循環（3/8 インチチューブ）、もう一方を脳循環に分けた。脳循環には 100mm φ の RP を使用し、チューブ径 6mm にて灌流させた。二股に分ける手前

に T 字回路を立て乳酸リンゲル液に接続し、その間に安全弁を入れた回路を作製した。

実験方法は、メイン RP を停止した状態で脳灌流用 RP を各流量において 1 分間灌流させたのち、人工肺出口において気泡数を Hatteland 社製 ULTRASONIC BUBBLE DETECTOR BD-100 により 1 分間測定した。この条件で脳灌流 RP を 100mL/min ずつ増加させ、2,000mL/min まで実験を行った。充填液には牛血を使用し、貯血槽レベル 2,000mL、温度 20℃に設定した。圧力は RP の影響で脈圧を生じるため、人工肺の入口と出口の最高圧、平均圧、最低圧をモニタリングした。安全弁にはクエストメディカル社製動脈用チェックバルブ ACV-38（図 2）と

図 1 模擬回路

◎千葉中央メディカルセンター 臨床工学課
配野 治 (Osamu Haino)
〒264-0017 千葉県千葉市若葉区加曾利町 1835-1
Department of Clinical Engineering, Chiba
Central Medical Center
1835-1, Kasori-chou, Wakaba-ku, Chiba-shi,
Chiba, 264-0017, Japan

表 1 実験結果 ACV-38

脳灌流RP 流量(ml/min)	入口圧			出口圧			空気 引き込み
	S	M	D	S	M	D	
0	35	33	35	32	30	32	無し
100	22	17	1	20	11	8	無し
200	29	16	-1	25	6	5	無し
300	30	15	-2	28	3	2	無し
400	38	14	-3	38	0	1	無し
500	43	13	-4	40	0	1	無し
600	37	12	-5	41	11	1	無し
700	35	12	-5	41	9	0	無し
800	33	10	-8	40	9	-3	無し
900	35	10	-8	41	8	-10	無し
1000	33	8	-11	44	6	-15	無し
1100	30	7	-12	47	5	-16	無し
1200	25	5	-11	45	3	-17	無し
1300	20	4	-12	48	1	-20	無し
1400	17	4	-10	46	1	-19	無し
1500	13	2	-10	44	0	-19	無し
1600	9	1	-10	42	-2	-21	無し
1700	7	-1	-10	40	-4	-23	無し
1800	7	-2	-10	38	-5	-24	無し
1900	4	-3	-11	37	-6	-27	無し
2000	2	-4	-11	34	-7	-28	無し

S:最高圧 M:平均圧 D:最低圧 ※40 μ m以上の空気を有りとした

テルモ社製安全弁 N-130B（並列に 2 個接続）（図 3）を使用した。人工肺には酸素 1L/min を送気した。

Ⅲ. 結 果

表 1 に ACV-38 の実験結果を示す。入口圧では、100mL/min まで最低圧が陽圧、1,600mL/min まで平均圧が陽圧であった。出口圧では、700mL/min まで最低圧が陽圧、1,500mL/min まで平均圧が陽圧であ

図 2 ACV-38

図 3 N-130B（並列 2 個）

表 2 実験結果 N-130B（並列 2 個）

脳灌流RP 流量(ml/min)	入口圧			出口圧			空気 引き込み
	S	M	D	S	M	D	
0	30	28	30	28	26	28	無し
100	19	11	7	17	10	7	無し
200	20	7	0	18	7	0	無し
300	30	4	-8	20	4	-5	無し
400	34	1	-15	22	0	-9	無し
500	34	-2	-21	22	-3	-11	無し
600	34	-5	-26	20	-6	-16	無し
700	33	-9	-30	21	-9	-24	無し
800	25	-12	-31	21	-12	-28	無し
900	18	-15	-35	18	-15	-31	無し
1000	15	-19	-40	14	-19	-36	無し
1100	14	-22	-45	13	-22	-42	有り
1200	14	-25	-51	12	-25	-48	有り
1300	12	-29	-54	5	-29	-51	有り
1400	6	-33	-55	4	-32	-55	有り
1500	-2	-35	-57	3	-35	-59	有り

S:最高圧 M:平均圧 D:最低圧 ※40 μ m以上の空気を有りとした

り 2,000mL/min においても空気の引き込みは確認されなかった。表 2 に N-130B（並列 2 個）の実験結果を示す。入口圧では、200mL/min まで最低圧が陽圧、400mL/min まで平均圧が陽圧であった。出口圧では、200mL/min まで最低圧が陽圧、400mL/min まで平均圧が陽圧であり、1,100mL/min において人工肺より空気の引き込みが確認された。その時、人工肺入口では最高圧 14mmHg、出口では最高圧

図 4 ACV-38 安全付回路

15mmHg であり、両者共に陽圧の状態であったにも関わらず空気を引き込んだことから、最低圧でモニタリングし陽圧に維持することが重要であると考え²⁾。

IV. 考 察

脳分離体外循環を行う上で、メインポンプに RP を使用している施設では、人工肺より空気を引き込まないために³⁾、メイン RP は脳灌流 RP を上回る圧力で循環する必要がある。その上回った圧力を逃がすための工夫として、送血回路と脱血回路をバイパスする再循環回路や送血回路から貯血槽へ循環するバイパス回路を設けている。しかし、このような回路を用いると、送血回路が陰圧となった場合には人工肺だけではなく、再循環回路やバイパス回路から

も空気を引き込む危険性が考えられる。

実験結果から人工肺出口に ACV-38 を用いた安全弁付回路により、脳灌流 RP を 2,000mL/min においても空気を引き込まないことを確認でき、脳分離体外循環の安全性を向上させるのに有用と考えられた(図4)。

明石ら⁴⁾は、静脈貯血槽直下より安全弁を用いて人工肺出口に接続するシャント回路の空気の引き込みの安全性について報告しているが、我々も同様に安全弁付回路を作製できたと考えられる。

更に我々は、異常が発生したときに警報で感知できるシステムを検討し、シャント回路のみを用いた方法より安全性を高めることが可能となった。

このシステムは、メイン RP が停止すると、ただちに安全弁が開き乳酸リングル液が流れ過度の陰圧を回避することが可能となる。また、乳酸リングル液がなくなる前に警報で確認できるよう乳酸リングル液のボトルにレベルセンサーを装着した。ボトル内の容量が減少するとレベルセンサーの警報が作動し、脳灌流 RP を連動停止することで安全性を確保することが可能となったと考えられる(図5)。

V. 結 語

メイン RP 停止状態にて脳灌流 RP が 2,000mL/min まで、人工肺より空気を引き込まない安全弁付回路を作製できた。なおかつ、レベルセンサーと連動停止させることで、異常状態を回避でき脳分離体外循環の安全性が向上したと考えられた。

●参考文献

- 1) 配野 治、杉本 馨: 人工肺の陰圧に対する性能評価。体外循環技術, 33(2); 177-179, 2006.
- 2) 配野 治、杉本 馨: 膜型人工肺の空気引き込みに対する検討 Oxia-LP と CAPIOX-RX15 の比較。体外循環技術, 34(2); 120-123, 2006.
- 3) 川脇雄次、穴井博文、宮本伸二、ほか: 簡便で操作性に優れた脳分離体外循環法の実験的検討。体外循環技術, 26(3); 99-103, 1999.
- 4) 明石尚樹、寺田尚人、渡邊武敏、ほか: 脳分離体外循環におけるプレコネクト回路の安全性。体外循環技術, 34(2); 136-137, 2007.

図5 レベルセンサー

〔本論文は、第33回日本体外循環技術医学会
大会にて報告した。〕