

## 4. MICS に用いられる体外循環装置

### 1) はじめに

心臓手術における体外循環での脱血方法として、サイフォンの原理を利用した落差脱血が多く用いられる。しかし、低侵襲心臓手術（MICS）では、小さな術野を有効に使用するために小口径のカニューレや末梢血管からのカニューレーションを用いるため、落差脱血では脱血が不良になりやすい。そのため、脱血を補助する補助脱血法を用いる。補助脱血法には、遠心ポンプを用いて脱血を行う遠心ポンプ補助脱血<sup>25</sup>と、静脈貯血槽に陰圧をかけて行う陰圧吸引補助脱血<sup>26</sup>がある。両者が開発されたことにより、末梢血管から脱血できるようになったばかりでなく、カニューレの小口径化、回路の短縮・細径化による充填量の低減などが可能となり、適用が広がった。

### 2) 遠心ポンプ補助脱血

ポンプ補助脱血は、脱血回路にローラーポンプや遠心ポンプを装着して脱血を行う方法である。以前より小児を中心にローラーポンプを用いたポンプ補助脱血が行われていたが、脱血回路が過陰圧になりやすく、脱血量の調節が困難であったことから、遠心ポンプを用いた脱血法が開発された。遠心ポンプ補助脱血では、カニューレの小口径化と、カニューレーションを末梢血管から行っても十分に脱血が可能となった。経皮的心肺補助（PCPS）および mini-circuit、mini CPB system などの低侵襲人工心肺システムにもおいても用いられている。この方法では、脱血回路に遠心ポンプを装着するため、脱血回路中に圧力計、流量計が必要である（図 3-8）。

#### ①構成物品

##### a) 遠心ポンプ

コーンタイプ、インペラータイプなど、どのタイプの遠心ポンプでも使用可能である。脱血回路より気泡が混入した場合の対策を講じておく。

##### b) 圧力計

遠心ポンプ補助脱血では、循環血流量の低下や脱血カニューレの位置の変化により脱血不良になると、過陰圧が発生し、溶血の原因となる。そのため、脱血回路の陰圧を観察し、-100mmHg を越える陰圧では遠心ポンプの回転数を下げ、過陰圧を防止する。

##### c) 流量計

遠心ポンプ補助脱血では、低い回転数による低い陰圧で、最大の脱血量を得たい。そのためには、脱血回路の陰圧と同様に、血流量の観察も重要である。

## ②遠心ポンプ補助脱血の注意点

### a) 過陰圧

体外循環中には、循環血流量の低下および脱血カニューレの位置の変化による脱血不良のほか、遠心ポンプの回転数を上げ過ぎても過度の陰圧が発生する。回転数を上げ過ぎた場合には、回転数を下げる。使用するカニューレサイズの陰圧と流量の関係を把握し、同じ脱血量なのに高い回転数が必要な場合は、カニューレの位置を確認する。

### b) 脱血回路に混入する気泡

遠心ポンプ内に気泡が混入すると脱血ができなくなる。

### c) 知識と技術の習得

遠心ポンプによる補助脱血法は落差脱血とは異なり、圧力と流量の関係や遠心ポンプの操作について正確な知識と操作技術の習得が必要である。適切な操作方法を取得し、事前に水回しなどのトレーニングを行い、この方法に伴う危険性を熟知し、確実な安全対策を行う。

## 3)陰圧吸引補助脱血

陰圧吸引補助脱血は、回路構成は通常的人工心肺と同じだが、静脈貯血槽に陰圧をかけて脱血する方法である。密閉できる静脈貯血槽、専用の陰圧コントローラー、およびそれらを接続する陰圧吸引補助ラインなど、以下の物品で構成される（図3-9）。

### ①構成物品

#### a) 壁吸引装置

壁吸引装置の配管内圧力は-300～-500mmHg で、末端部の最大流量は40NL/min (NL/min とは1気圧0度でのガスの量) 以上と、日本工業規格 (JIS T7107) で規定されている。陰圧吸引補助脱血時には、壁吸引装置がこの規定に合っていることを確認する。電気式吸引器の使用は可能であるが、吸引流量が少ないため、サクション・ベントポンプを高回転で使用するときには注意する。基本的に、電気式吸引器は壁吸引装置が何らかの原因で停止した場合のバックアップと考える。

#### b) 壁吸引装置から陰圧コントローラーへのライン

壁吸引装置から陰圧コントローラーへは、陰圧が低下しない硬いラインを用いる。また、屈曲、圧閉しないよう注意する。

#### c) 陰圧コントローラー

陰圧吸引補助脱血専用の陰圧コントローラーには圧力ゲージと調節つまみがあり、0 から-100mmHg 程度の陰圧の微調節が可能である。また、

-100mmHg を越える陰圧では過陰圧防止機能が作動するものもある。

d) 陰圧吸引補助ライン

陰圧吸引補助ラインは、陰圧コントローラーと静脈貯血槽のベントポートに接続する。サクションポートに接続すると、血液を吸い込む可能性があり危険である。陰圧吸引補助ラインには、静脈貯血槽内を大気に開放にする大気開放ラインを設ける。また、ライン内の結露による水分を貯めるウォーターラップを組み込む。ガスフィルターを代用すると、結露による水分でフィルターが目詰まりし、ラインが閉塞する可能性が高いため用いてはならない<sup>27</sup>。また、結露による水分がラインより静脈貯血槽に吸い込まれるため、必ず滅菌された新品の陰圧吸引補助ラインを清潔操作下に静脈貯血槽に装着する。

e) 静脈貯血槽

陰圧吸引補助脱血に用いる静脈貯血槽は、密閉が可能で、陰圧による形状変化がないものを選択する。使用前に各ポートのキャップを観察し、確実に閉鎖されていることを確認する。

f) 圧力計

陰圧吸引補助脱血では、静脈貯血槽内の陰圧が陰圧コントローラーで設定している値であるかを監視する。しかし、陰圧コントローラーの圧力ゲージは設定値であり、静脈貯血槽の内圧を計測している訳ではない。したがって、静脈貯血槽に圧力計を装着し、静脈貯血槽の内圧を把握する。また、警報を設定して、安全性を担保する。

g) 陽圧防止弁

何らかの原因で静脈貯血槽が陽圧になった場合、陽圧を排出する弁が必要であるが、輸液ラインなどに用いられる小さな一方弁だけでは不十分である<sup>28</sup>。現在では、陽圧の解除機能が向上した専用の陽圧防止弁が装着された静脈貯血槽が販売されている。

## ②陰圧吸引補助脱血の注意点

a) 過陰圧

陰圧吸引補助脱血では、脱血カニューレの位置が多少不適切でも脱血は可能であるが、強い陰圧が必要となる。この状態でさらに陰圧を強めると過陰圧となり、溶血や脱血不良の原因になる。使用するカニューレサイズの陰圧と流量の関係を把握し、通常より強い陰圧が必要とする場合は、カニューレの位置を確認する。

b) 静脈貯血槽が陽圧になる危険性

壁吸引の停止または故障、陰圧コントローラーの故障、陰圧吸引補助ライ

ンの閉塞時には、密閉された静脈貯血槽は、サクションやベントポンプからの吸引により内部が陽圧になる。静脈貯血槽には必ず圧力計を装着し、静脈貯血槽の内圧を把握する。

c) 専用の装置、ライン、機器の使用

陰圧吸引補助脱血では、必ず専用の陰圧コントローラー、陰圧吸引補助ライン、圧力計、陽圧防止弁などを使用する<sup>29</sup>。気管内吸引や外科手術時に出血の吸引に用いる吸引レギュレーターの使用は危険である。また、決して陰圧吸引補助ラインにガスフィルターを組み込んではいけない。

d) 知識と技術の習得

落差脱血では落差（高低差）や脱血回路径を鉗子やオクルーダーで調節して脱血量を決めるように、陰圧吸引補助脱血では陰圧コントローラーを調節して脱血量を決める。同じ脱血カニューレで同じ流量の場合、落差脱血でも陰圧吸引補助脱血でも、脱血カニューレにかかる陰圧は同じである。このことを理解することが重要である。また、陰圧コントローラーや陰圧吸引補助ラインの操作の正確な知識と操作技術を習得するために、事前に水回しなどのトレーニングを行い、この方法に伴う危険性も熟知し、適切な操作方法の習得と確実な安全対策を行わなければならない。

#### 4)おわりに

低侵襲心臓手術では遠心ポンプ補助脱血、陰圧吸引補助脱血を用いることにより、末梢血管からの脱血や小口径カニューレが使用できるようになり、また、回路の短縮・細径化による充填量の低減などが可能となった。この方法の注意点として、新しく導入する場合には、必ず水回しなどのトレーニングを行い、その特性と危険性を熟知してから、臨床に用いなければならない。また、臨床導入後にも、その利点・欠点・注意点の確認を怠らず、その応用の幅を広げていくことが重要である。遠心ポンプ補助脱血、陰圧吸引補助脱血でも安全対策として、静脈血酸素飽和度モニターや各種安全装置（レベルセンサー、気泡センサー、人工肺前後での圧力測定）、動脈フィルター、安全弁（逆流防止弁など）を用いて、通常の体外循環と同様に安全で確実な体外循環を行わなければならない。

(担当：又吉、四津)