

ないための基本的な設計である。

信号をトリガーするモードには、標準モード（心電図 R 波予測演算方式）、心房細動モード（心電図 R 波トリガー）、ペースメーカーモード（ペーシングスパイクを認知しない）、血圧モードがあり、変化する状況に追従対応できるように設計されているが、効果も変化するため、使い分ける工夫が必要である。

ガスの応答速度を速める工夫として、より軽い気体であるヘリウムを使う機種が多い。作動方式の多くは、コンプレッサー駆動型で、コンプレッサー内で発生した動圧による電磁弁の開閉でダイヤフラムを動かし、バルーンを拡張し、収縮時は陰圧で制御している。ヘリウムガスは破裂時に塞栓を増悪させるため、安全のために炭酸ガスを使用している機種もある。

安全機構として、正しい駆動ができていないことを知らせるガス圧の変化、駆動タイミングのずれなどを監視している。

### ③駆動の至適タイミング設定

IABP では駆動の至適タイミングを得ることが最も大切であり、収縮期にバルーンの拡張が入り込むことは「大変に不都合なこと」とであると常に念頭に置くべきである。「安全な」IABP のためには決して収縮期にバルーンを拡張させないことである。

IABP の動脈圧波形上の効果は、収縮期圧の低下と拡張期圧の上昇によって最も明瞭となる。IABP の開始時には、至適タイミングを決定するために基本的には心電図に同期させ、さらに 2:1 モードで駆動して微調整を行う。

- a) ECG 波形で行う駆動タイミングの仮設定：IABP は、大動脈弁の閉鎖と同時にバルーンを拡張させ、大動脈弁が開放する直前に収縮させる。最終的な微調整は、駆動させた状態で動脈圧波形を確認しながら行うが、駆動させる前に ECG 波形でタイミングの設定をしておく。拡張開始は T 波頂点よりやや遅れた時点に、収縮開始は QRS の直前に、それぞれ設定する。
- b) 動脈圧波形で見る至適タイミング：駆動開始と同時に、2:1 モードで IABP の効果を動脈圧波形で見ながら微調整する。動脈圧波形は、収縮期と拡張期のそれぞれに頂点を有する 2 峰性の波形となる。前者は心臓の収縮により形成され、後者はバルーンの拡張により生ずる拡張期圧の上昇（diastolic pressure augmentation）である。後者の頂点の前後の谷が、それぞれ拡張と収縮の開始時期に当たり、駆動タイミング微調整の指標となる。拡張の時期は、基本的には大動脈弁閉鎖直後であるから **dicrotic notch** ということになるが、動脈圧をモニターしている部位によって脈波伝播時間のずれがあるため、やや早く設定する必要がある（左橈骨動脈ならば 50msec 程度）。収縮の時期は、後負荷減少（systolic unloading）、すなわち心臓収縮直前の動

脈圧が最も低下する効果が得られるように調整することになる。実際には、2：1 モードでバルーンが拡張しない後の収縮期直前の圧に比べて、拡張後収縮した時点の収縮期直前の圧が最も低くなるような駆動タイミングを探ることになる。

- c) 不規則リズム（心房細動など）時の駆動タイミング設定：不規則なリズムは、IABP の効果を半減するどころか、IABP を逆に心負荷をかける機器にしてしまう恐れがある。そのため、可能な限り規則的なリズムにすべきである（抗不整脈剤投与、オーバーペースングなど）が、それができない場合は、効果が減少しても絶対心負荷にならないような駆動タイミングの設定をする。ECG または血圧トリガーの場合は、至適タイミングよりあえて拡張を遅く、収縮を早くすることにより、収縮期にバルーンが膨らまないようにする。

心房細動（af）トリガーモードの場合は、収縮は不規則なリズムによりさらに遅れることはないが、拡張のタイミングが早くなる恐れがあるため、若干遅く設定する方が安全である。

#### ④リスクマネジメント

IABP の最大の効果を得る工夫とともに、デメリットおよびリスクを減らす注意が重要である。最大の効果を得るポイントとしては、a) 駆動タイミング、b) バルーンの留置位置、c) バルーンサイズ、d) 駆動モードなどである。

合併症に関しては、末梢循環不全、出血、バルーン破裂、血管損傷、感染などに注意を要する。刺入部、血圧波形、駆動アラーム、バルーンチューブ内の結露や血液の有無をきちんと観察することが、合併症およびトラブルの早期発見につながる。

## 2) 経皮的心肺補助(percutaneous cardiopulmonary support : PCPS)

PCPS とは、一般的に遠心ポンプと膜型人工肺を用いた閉鎖回路の人工心肺装置により、大腿動静脈経路で心肺補助を行うもので、流量補助の一種である。70～100%の流量補助が可能である。

### ①装置の特徴

装置の構成（図 3-10）は、血液ポンプ（遠心ポンプ）、人工肺、熱交換器（成人では不使用が多い）、送脱血カニューレ、回路チューブである。開心術時の体外循環と違って、貯血槽と吸引回路を持たない。PCPS に要求されることは、主に緊急性（迅速簡単セットアップ）、生体適合性（抗血栓性、低充填量）、搬送性（バッテリー駆動）、安全性（安定駆動、バックアップ機能）であり、それに応えるシステムに工夫されている。

## ②安全機構

a) 装置は、搬送時も使えるように内蔵バッテリーを有し、バックアップ用の駆動ポンプも常備されている。b) 回路は、抗凝固を最小限に留めたいため、抗血栓（ヘパリンコーティングなど）チューブと血流停滞箇所のない回路設計にする場合が多い。c) 緊急性が高い場合での使用のために、回路充填を数分でできるようにクイックプライミングモードが装備されている機種がある。

## ③安全管理

- a) 貯血槽および動脈フィルターを持たないため、空気混入時は除去されず血管内へ送気される危険がある：回路からの輸液・脱血はしない。脱血回路から空気を吸うような右房切開などの手術時は使用しない。
- b) 最小限の抗凝固：抗血栓（ヘパリンコーティングなど）チューブや血流停滞箇所のない回路設計であっても、抗凝固レベルは変動するので、血栓形成の危険があり注意を要する。流量が 2L/分以下の場合は、抗凝固剤を通常より増量すべきである。
- c) 血液ポンプおよび人工肺の耐久性：通常 3～7 日で交換を余儀なくされる。ポンプからの異常音やガス交換能・血漿成分の漏れ（プラズマリーク）などを限界の目安にする。交換時は、回路ごと全て交換することを第一選択とすべきである。
- d) 回路内圧をモニターしていない：送血回路の過陽圧、脱血回路の過陰圧による流量維持困難や溶血の発生がわかりにくいため、異常を早期に発見するには開始当初のポンプ回転数と流量との関係や脱血チューブの振動などの観察に努めるべきである。
- e) 移動する：手術室、ICU、検査室などに移動することがあるので、移動時、接触して破損や回路の閉塞を起こさないように留意する。あらかじめ、バッテリー駆動、酸素ポンペを装備した小さなシステムを作るべきである。
- f) 体内の動脈血流分画：大腿動脈の人工肺酸素加血と自己肺酸素加血の境界を理解し、ガス分析や経皮的酸素飽和度モニターの部位を考慮する必要がある。多くの場合は腎動脈付近が混合領域であり、それよりも上流は自己肺酸素加能を、下流もしくは PCPS 送血回路血は人工肺酸素加能を反映する

30 31。

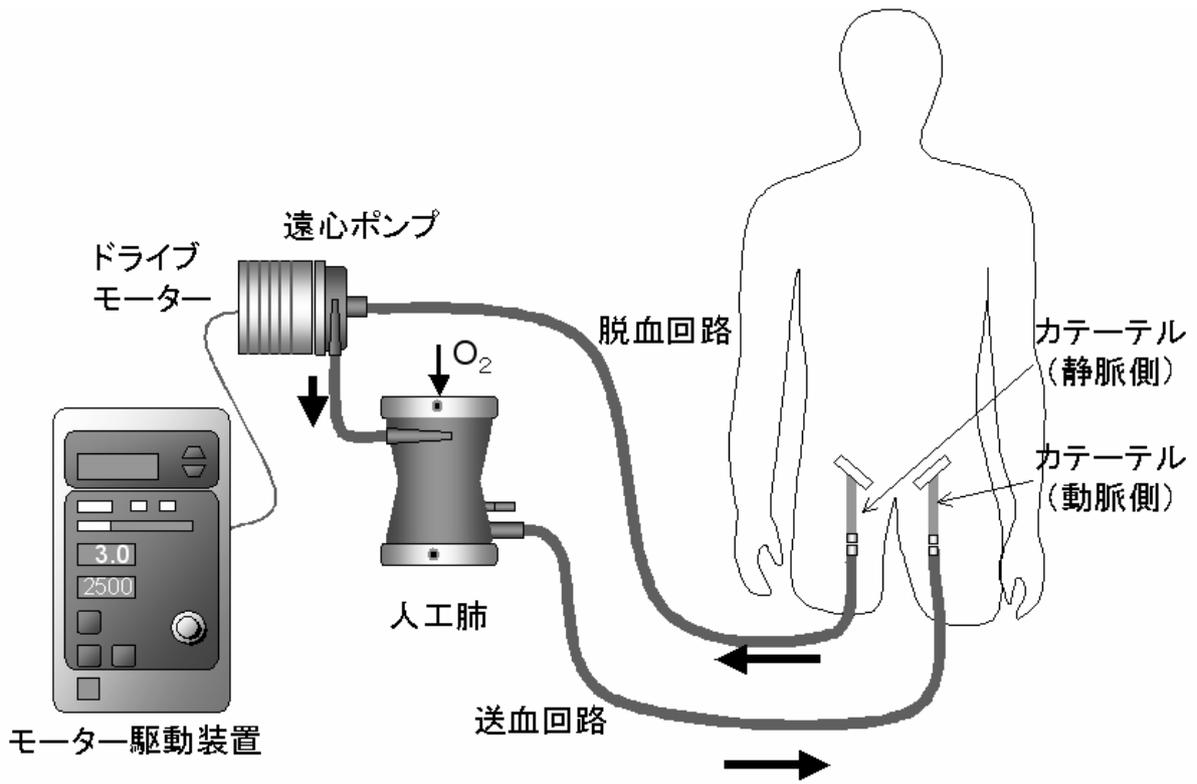


図 3-10 PCPS の構成