

心臓カテーテル室で使用する補助循環装置

東北循環器撮影研究会
東北大学病院 中田 充

はじめに

心臓カテーテル室では種々の機器が使用され、検査・治療が行われている。その中で補助循環装置といわれる機器が PCI のハイリスク症例や、手技中に心源性ショックに移行した際に用いられる。臨床工学技士の方が従事されているカテーテル室では診療放射線技師が関わるのが少ないと思われるが、臨床工学技士等の職種が従事していないカテーテル室もあり、まったく関わらなくても良いとは限らない。今回、心臓カテーテル室で使用されることがある IABP (Intra-Aortic Balloon Pumping: 大動脈内バルーンパンピング)、PCPS (Percutaneous Cardio Pulmonary Support: 経皮的心肺補助) について簡単に説明させていただく。なお、当院においては IABP までは診療放射線技師が装置のセットアップ等を行い、PCPS 導入となった場合に手術室勤務の臨床工学技士の方に対応を依頼している。

【IABP】

IABP とは

IABP は下行大動脈内にバルーンを挿入し、心臓の動きに合わせてそれをヘリウムガスにて膨張・収縮させることにより、ポンプ機能が低下している心臓を助ける補助循環装置である。その適応は図 1 に示すが、心臓カテーテル室では急性冠症候群の検査・治療時やハイリスク症例の PCI の際に使用される場合が多い。

- ・ 心臓性ショックの治療
- ・ 難治性の狭心症の治療
- ・ 人工心肺の離脱が困難なとき
- ・ 再狭窄のリスクが高い患者に、thrombolysis を行った際の付加的な治療
- ・ ハイリスクの、あるいは複雑な血管病変の患者に PCI を行う場合
- ・ LMT 病変の患者、あるいは重大な大動脈弁狭窄症を持った患者の手術待機時

図 1 IABP の適応

IABP の補助効果

IABP の補助効果は、バルーンを膨らませる効果 (Diastolic Augmentation) とバルーンを萎めることによる効果 (Systolic Unloading) の 2 つからなる。心臓拡張期にバルーンを膨らませると拡張期圧の上昇をもたらす、拡張期に多くの血流を得る冠動脈にとって冠動脈血流量増加の効果が得られる (図 2)。また、心臓収縮期にバルーンを萎めさせると左心室の後負荷 (大動脈圧の抵抗) が軽減され、その結果心臓の仕事量は減少し、仕事量減少に伴い心筋酸素消費量減少の効果が得られる (図 3)。これらの効果により、心臓を楽にして休ませることが可能になり、血行動態上の収縮期圧、心拍数、肺毛細管楔入圧の減少、拡張期圧、心拍出量の増加のメリットがある (図 4,5)。

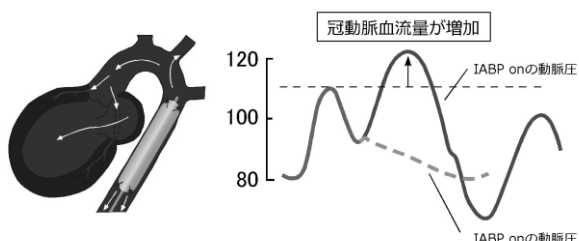


図 2 バルーン膨張による効果

心臓拡張期にバルーンを膨らませると拡張期圧の上昇に伴い冠動脈血流量が増加する。

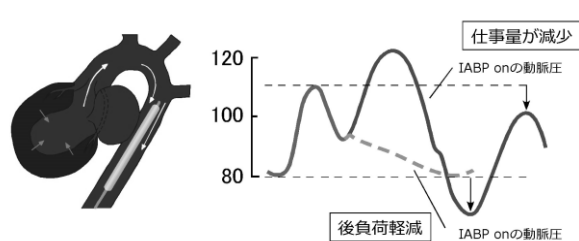


図 3 バルーン収縮による効果

心臓収縮期にバルーンを萎めさせると後負荷軽減により心臓の仕事量が減少する。また、仕事量減少に伴い心筋酸素消費量が減少する。

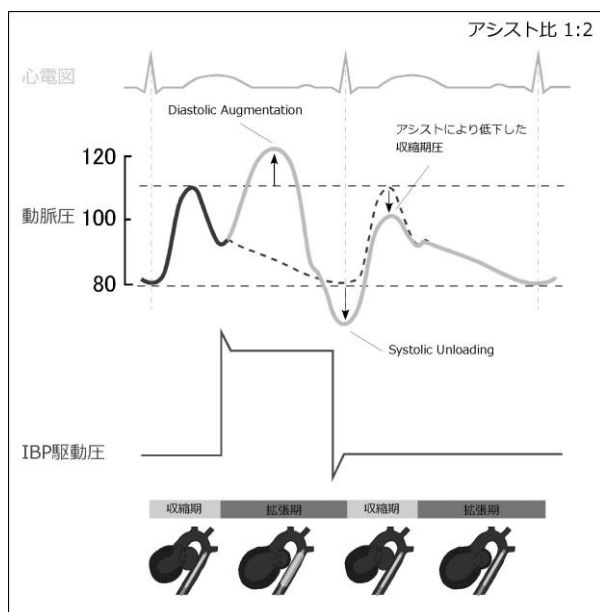


図 4 IABP の動作

しかし、IABP の補助効果にも限界はあり、心係数 $0.8 \sim 1.2 \text{ L/min/m}^2$ 以下、収縮期血圧 50mmHg 以下、左房圧(肺毛細管楔入圧) 30mmHg 以上、左室自由壁の 50% を超える心筋梗塞では有用な効果は得られない。

IABP の動作

バルーン膨張のタイミングは大動脈弁閉鎖の直後である。このタイミングが不適切な場合、冠動脈血流量増加効果の減少や、左心室拡張末期圧の上昇が起こる(図6)。また、バルーン収縮のタイミングは左心室が収縮する直前であり、タイミングが不適切であれば冠動脈血流量の減少や心臓の仕事量増加といったかえって心臓に負担を強いることになるため、注意が必要である(図7)。

同期方法として通常は心電図トリガーが使用されるが、それが不可能な場合には動脈圧やペーシングパルスが使用される(ペーシングパルス使用時はデマンドモードでは使用不可)。また、PCPSなどの定常流補助下では内部レートを使用するインターナルが選択される(図8)。

バルーンの留置とセットアップ

バルーンの留置は通常大腿動脈より挿入し、先端は左鎖骨下動脈より 2cm 程度下に留置、下端は腎動脈より上になるよう配置する。バルーンが短ければその効果は減少し、長すぎれば腹部臓器や腎への血流を阻害するため、患者の身長に応じてバルーンサイズ(駆動容量)を決定する(図9)。当院では留置時には前胸部の第2肋間をペアン等で示し、バルーン先端位置の目安にしている。このことによりバルーンが左鎖骨下動脈にかからずその遠位部に位置するようにしている(図10)。

- 20%の収縮期圧の減少
- 30%の拡張期圧の増加(冠動脈灌流圧の増加)
- 20%未満の心拍数の減少
- 20%程度の肺毛細管楔入圧の減少
- 20%程度の心拍出量の増加

図 5 IABP の血行動態上のメリット

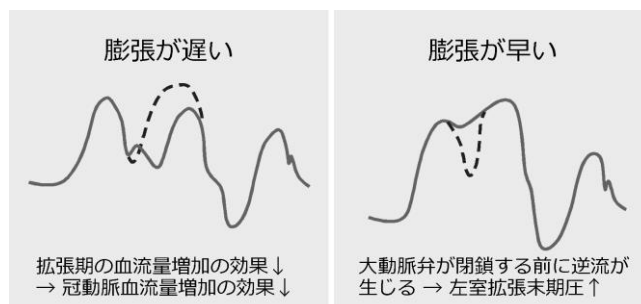


図 6 不適切な膨張タイミング

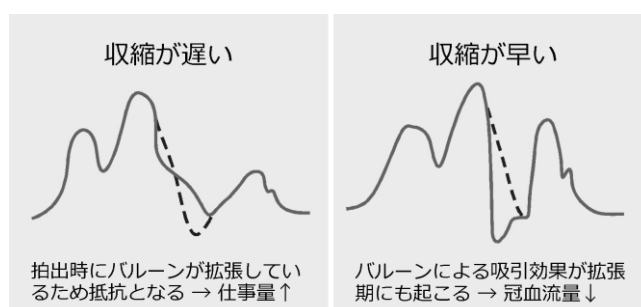


図 7 不適切な収縮タイミング

- 心電図:通常使用されるトリガー
- 動脈圧:心電図が使用不可時に使用
- インターナル:内部レート
- A/A-V ペーシング:心室ペーサーパルス
- A ペーシング:心房ペーサーの影響を受けない

図 8 IABP の同期方法

装置側のセットアップとして、電源投入後に正常に起動したかを確認後、心電図・動脈圧を装置に入力する（緊急時で新たに心電図電極を貼れない場合はポリグラフより出力する）。入力された心電図からトリガーとして最適な誘導を選択し、トリガーポイントを確認する。術者の穿刺、シース挿入後、IABP カテーテルが挿入される頃、前胸部第2肋間をペアン等で示す。カテーテル留置後にカテーテルと本体を接続し、充填を行った後アシストを開始する。その後、膨張・収縮タイミングを確認する（アシスト比 1:2 で行うと確認し易い）。



身長	165cm 以上	155~ 165cm	145~ 155cm	145cm以下
サイズ 駆動容量	L 40cc	M 35cc	MS 30cc	S 25cc SS 20cc
バルーン全 長	255mm	225mm	195mm	180mm 170mm

Tokai Medical Products : TOKAI 7Fr-Clear

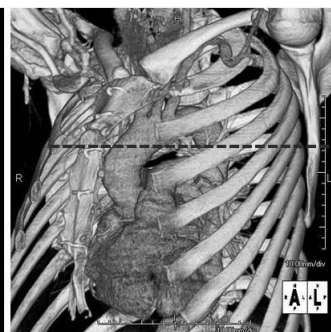
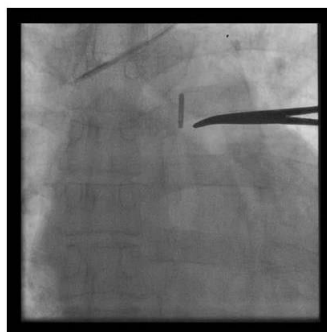


図 9 IABP の留置位置とバルーンサイズ

図 10 バルーン留置位置の目安

IABP の離脱

IABP により血行動態の改善，安定が得られれば離脱を開始する。IABP のアシスト比を 1:1 → 1:2 → 1:3 と減らしていき，患者の自覚症状(胸部症状，呼吸困難感，眩暈，冷汗など)，血圧や心拍出量の低下，虚血症状，心不全徴候の出現がないか，ECG やモニタリング，全身状態の観察を行い問題がなければ離脱を行う。

合併症・禁忌症例

IABP の合併症として，バルーンの破裂，下肢の阻血，挿入部出血，皮下血腫，血小板減少症，大動脈穿孔，大動脈解離，大動脈分岐閉塞症，感染症，腓骨神経麻痺が挙げられる。また，IABP 禁忌症例は，重篤な大動脈弁逆流，腹部大動脈瘤あるいは解離性動脈瘤，コントロールのついていない敗血症，コントロールのついていない出血，重篤な末梢血管障害である。

【PCPS】

PCPS とは

PCPS は主に急性期の心不全時に心肺補助に使用される人工心肺装置であり，重症冠動脈疾患症例の PCI 施行時の循環補助や，重症心不全症例に対して適応される補助循環装置であり，右心房より脱血して血液を酸素化し，大腿動脈より送血することにより，心臓と肺の機能を機械的に代行し補助するものである。その適応は図 11 に示す。

通常の体外循環とは違い，開胸が不要で経皮的に素早くカテーテルを留置し，早急に血液循環を開始維持することができるため，カテーテル施行中の心源性ショック時に使用される。

PCPS の機械的補助

PCPS が行う機械的補助は，心臓の機能と肺の機能に大別される。心臓の代わりとして遠心ポンプを使用し，磁石の力を利用し回転体を高速回転（～3000rpm）させ機械的に回して血液を送り出す（図 12）。また，肺の代わりとして人工肺を使用し，中空糸を介して酸素と二酸化炭素の入替を行う（図 12）。

- 体外循環離脱困難症
- 術後の低心拍出量症候群 (LOS)
- 難治性不整脈
- 急性心筋梗塞後心源性ショック
- 心筋炎による低心拍出量症候群
- 重症冠動脈疾患症例の PCI の施行時
- 呼吸不全に対する ECMO

※ECMO: Extracorporeal membrane oxygenation (体外膜型肺)

図 11 PCPS の適応

13,14).

PCPS 作動時の模式図を図 15 に示す．経皮的に大腿動静脈にそれぞれカニューレを挿入し，静脈側のカニューレ先端は右心房付近，動脈側は腸骨動脈付近に位置させて遠心ポンプを作動させる．右心房付近から脱血された血液は遠心ポンプを通り，人工肺に送られて酸素化され，腸骨動脈より送血し心肺の補助を行う．

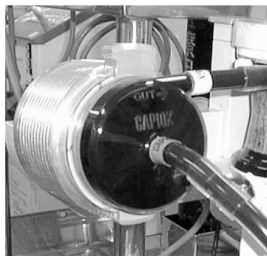


図 12 PCPS の遠心ポンプ

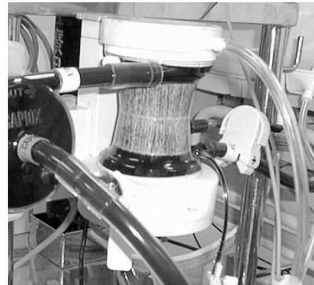


図 13 PCPS の人工肺

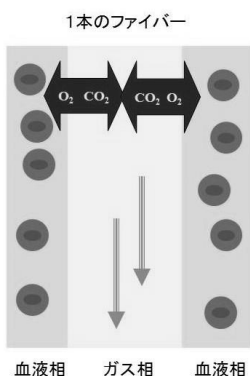
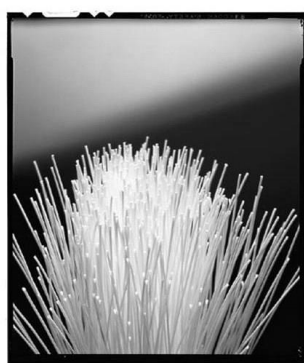


図 14 中空糸

ストロー状のファイバーで，材質はポリプロピレンが多く使用されている．ファイバーには無数の微細孔が存在し1個の孔径は約 $0.03 \sim 0.07 \mu\text{m}$ であり，1本のファイバーの太さは約 $200 \mu\text{m}$ である．

補助循環の長所・短所

図 16 に IABP, PCPS, VAD (補助人工心臓) の長所・短所を示す．IABP, PCPS は経皮的アプローチが可能なので，VAD と比して低侵襲で導入することができるが，その補助効果，長期使用，感染リスク等のデメリットも生じる．

まとめ

補助循環装置は我々診療放射線技師にはなじみのない装置ではあるが，緊急時に使用される重要な装置であり，速やかに導入されることが患者のメリットとなる．職域にこだわることなく一医療従事者として，できることを遂行するためにもいろいろな機器の役割や重要性を理解することが望ましい．

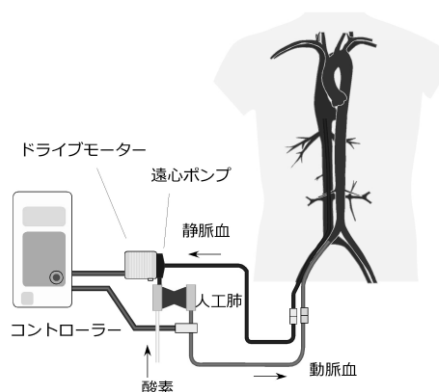


図 15 PCPS 作動時の模式図

補助循環法	長所	短所
IABP	導入操作が容易 経皮的アプローチ	圧力補助であり 補助効果が低い
VAD 補助人工心臓	ポンプ機能を 直接代行できる	開胸術が必要でありコ ストが掛かる
PCPS	経皮的アプローチ 流量補助ができる	人工肺使用のため 耐久性に劣る

図 16 補助循環の長所・短所