

## 9. 大動脈内バルーンパンピング

### ( I A B P )

1. I A B Pの目的
2. 膨張・収縮による基本効果
3. 適応基準
4. 血行動態に及ぼす効果
5. 必要機材
6. バルーンカテーテルの挿入
7. 駆動条件の設定
8. 駆動開始
9. 駆動中の管理
10. 離脱
11. 合併症
12. 禁忌

順天堂大学伊豆長岡病院

ME管理室

堀江 智二

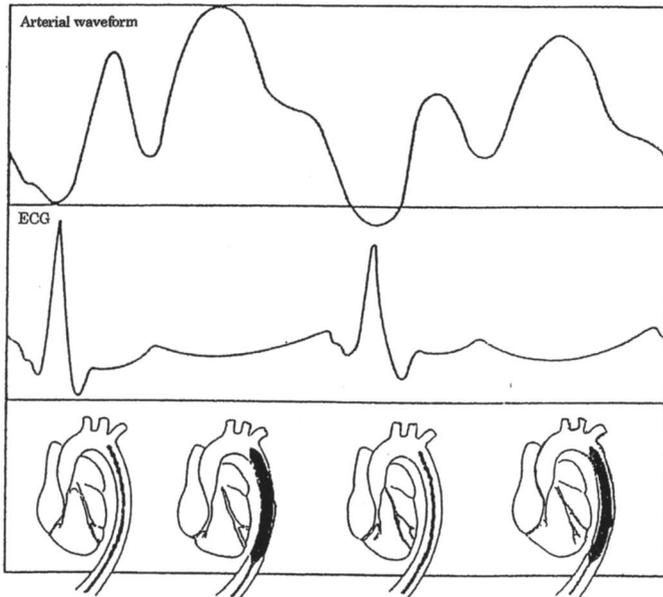
## I A B P : Intra Aortic Balloon Pumping

### 1. I A B Pの目的

鎖骨下動脈分岐部直下に留置したバルーンの膨張・収縮により

①重症心不全の圧力補助を行う。(図-1)

②僧帽弁の逆流量の減少、左室-右室短絡量の減少のためにも用いる。(図-2)

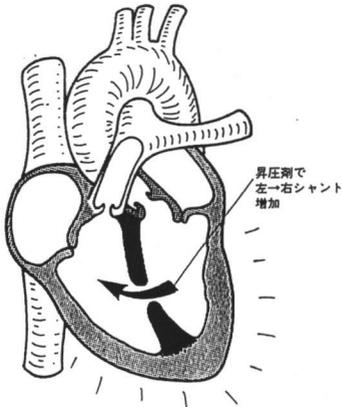


〔図 - 1〕

### 2. I A B Pバルーンの膨張・収縮による基本効果

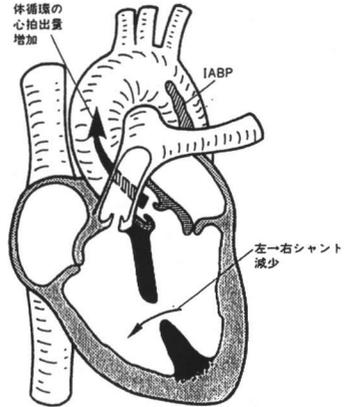
①心拡張期：バルーン膨張 → 拡張期圧の上昇 (Diastolic augmentation)

②心収縮期：バルーン収縮 → 収縮期圧の減少 (Systolic unloading)



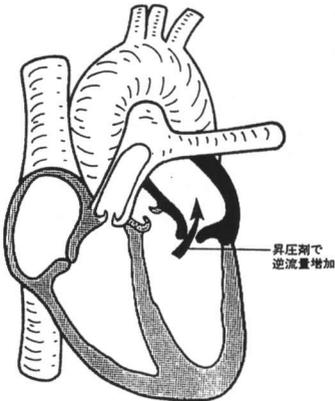
心室中隔穿孔に昇圧剤を用いたとき

心筋梗塞後の合併症である心室中隔穿孔による心原性ショックで、血圧を維持しようとして昇圧剤を使用すると左→右シャントはかえって増加し、左室の仕事量は増加してしまう。(逆効果)



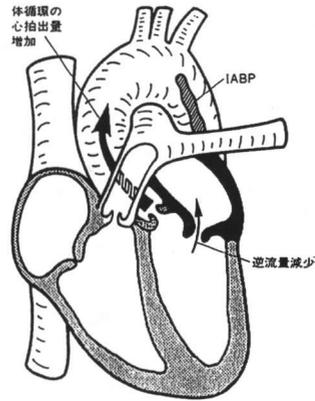
心室中隔穿孔に IABP を使用したとき

心筋梗塞後の合併症である心室中隔穿孔による心原性ショックに対し、IABP を使用すると左室後負荷減少→左→右シャント減少→心拍出量増加



僧帽弁逆流に昇圧剤を用いたとき

心筋梗塞後の合併症である僧帽弁逆流による心原性ショックで血圧を維持しようとして昇圧剤を使用すると、左室後負荷を増加させかえって僧帽弁逆流は増加し、左室の仕事量も増加する。(逆効果)



僧帽弁逆流に IABP を用いたとき

心筋梗塞後の合併症である僧帽弁逆流による心原性ショックに対して IABP を使用すると、左室後負荷減少→心拍出量増加→僧帽弁逆流減少→左室拡張末期圧減少。

[図 - 2]

### 3. IABPの適応基準

#### ①治療的適応

薬剤（カテコラミン等）抵抗性の重症心不全で以下の基準を満たす。

- a. 心係数  $< 2.0\text{L}/\text{min}/\text{m}^2 \cdot \text{BSA}$
- b. 収縮期圧  $< 80\text{mmHg}$
- c. 肺動脈楔入圧  $> 20\text{mmHg}$
- d. 時間尿量  $< 20\text{ml}$

（病名例）

- ・ 心原性ショック
- ・ 体外循環離脱困難
- ・ 術後低心拍出量症候群（LOS：Low Output Syndrome）

#### ②予防的適応

重症心不全に移行しやすい病態

- ・ 不安定狭心症（注-1）
  - ・ 切迫梗塞（注-2）
  - ・ 難治性心室性期外収縮
  - ・ 合併症——心室中隔穿孔（注-3）、僧帽弁逆流
- （注-1） 「不安定狭心症」（unstable angina）
- ・ 狭心症の中で急性心筋梗塞への移行や急死の確立の高さから、臨床上ほかの安定した狭心症と区別して管理すべきものをいう。
- （注-2） 「切迫梗塞」（impending infarction）
- ・ 心筋梗塞は前兆なしに突然発症することが多いが、狭心症様の胸痛発作がみられる心筋梗塞をいう。
- （注-3） 「心室中隔穿孔」（VSP：Ventricular Septal Perforation）
- ・ 心筋梗塞の合併症で心筋壊死による心室中隔の破裂によって起こる。
  - ・ 緊急手術になることが多く術後もIABPを用いることが多い。

### 4. IABPの血行動態に及ぼす効果

#### ①拡張期圧の上昇(Diastolic augmentation)

- a. 環状動脈血流量の増加 → 酸素供給量の増加
- b. 脳血流量の増加

#### ②収縮期圧の減少(Systolic unloading)

- a. 左室駆出抵抗（後負荷）の軽減 → 仕事量・心筋酸素消費量減少
- b. 脳血流量・腎血流量の増加
- c. 心室中隔穿孔（注-3）時の短絡量減少
- e. 僧帽弁逆流症時の逆流量の減少

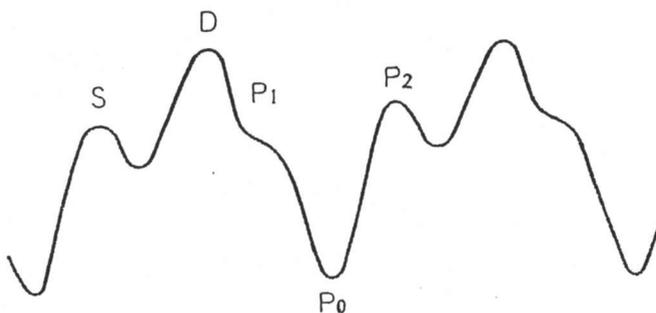
③心筋梗塞に対する総合的効果

a. 梗塞範囲の拡大防止

b. 心筋虚血部の心機能改善

- ・ 収縮期大動脈圧：11~18% 減少
- ・ 冠血流量：5~15% 増加
- ・ 肺動脈楔入圧：21~30% 減少
- ・ 心係数：10~41% 増加

(IABP 中の心拍出量)



$$\left[ CO = BV \times HR \times \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} \right]$$

S : systolic, D : diastolic

BV : Balloon volume (ml)

HR : Heart rate (beats/min.)

\* IABP の流量補助効果は心拍出量の 10~15% 程度しかない。より強力な流量補助が必要な場合には体外循環による補助循環を行う。

PCPS は流量補助としてよく用いられる。

[図 - 3]

## 5. 必要機材

### ①駆動装置

a. 次ぎのような機種がある。

- ・ Datascope System 97 (パ'クスタ)
- ・ XEMEX 907 (日本'ゼ'ネ)
- ・ AISIN CORART BP-1 (泉工医科)
- ・ KONTRON KAAT (ワ'カ'電子)
- ・ Boston Science Series 3001 (平和物産)
- ・ St. Jude Medican MODEL 700 (ア'イカ)

b. 各々駆動方式や操作方法に特徴がある。

使用にあたっては取扱説明書を熟読することが重要。

### ②IABP 用バルーンカテーテル

現在は各社から日本人の体格に適したサイズのバルーンカテーテルが出されている。

バルーン容量は 25~40cc がある。最も頻繁に使用するのは 30、35、40cc

(日本人成人の大動脈サイズ)

・ 胸部下行大動脈径

男性 16.7 mm                      女性 15.6 mm

・ 胸部下行大動脈~腎上部までの長さ

男性 220~245 mm                  女性 200~230 mm

・ 腹部大動脈径

男性 13.1 mm                      女性 11.5 mm

\* バルーンのサイズが体格に適していないと十分な治療効果が得られない。

\* 体格より太すぎるバルーンでは動脈内壁を損傷させたり、バルーンと動脈壁との摩擦によりバルーンが破裂する危険がある。

\* 体格より長すぎるバルーンでは腹部の動脈を塞ぎ、腎不全や腹部臓器の虚血をもたらす危険がある。

\* 日本国内で市販中のバルーンの太さは 13.5~17.0 mm (拡張時外径) 長さ 200~275 mm で患者の体格に合わせてサイズを選択する。

### ③モニタリング項目

a. 心電図 (雑音混入の無いよう注意)

b. 動脈圧

c. IABP バルーン先端動脈圧

d. 肺動脈圧、肺動脈楔入圧

e. 中心静脈圧

f. 両下肢末梢温

g. IABP バルーン内圧波形 (駆動装置でモニタ)

④モニタリング装置

a. CF 型必須

b. モニタ装置から駆動装置へ心電図・動脈圧の直流信号が送れるもの。

6. IABP バルーンカテーテルの挿入

①経皮的挿入 (図 - 4)

最も一般的な挿入方法で普通は右大腿動脈に挿入する。

②外科的挿入 (図 - 5)

経皮的に挿入が困難な場合に行う。

外総腸骨動脈に人工血管を吻合し人工血管から挿入する。

③バルーン挿入後のバルーン拡張の確認

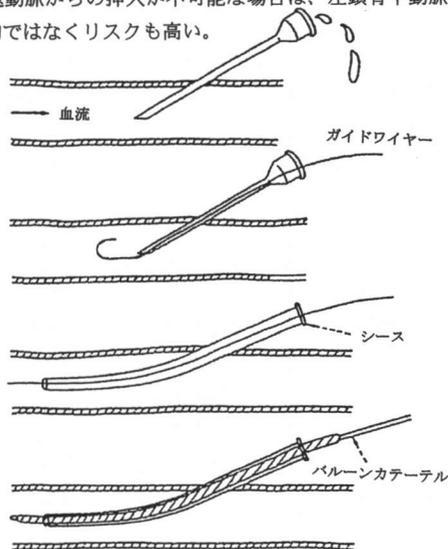
a. バルーン挿入直後にバルーン容量より若干多め (バルーンが 35 cc の場合には 40 cc 位) の空気を注射器でバルーン内部に用手的に送りバルーンを拡張させる。

b. X 線透視下で実際に駆動させ、バルーンの膨張・収縮の状態を確認する。

\* バルーンの膨張確認は必ず挿入後に行う。

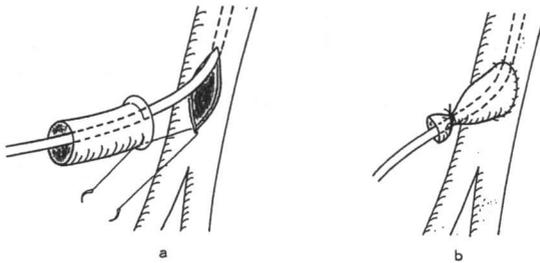
挿入前にバルーンを膨張させると、そのバルーンは使えなくなる。無理に挿入すればバルーンは破れてしまう。

\* 患者の動脈の問題などで、大腿動脈からの挿入が不可能な場合は、左鎖骨下動脈から挿入する場合もあるが一般的ではなくリスクも高い。



経皮的挿入法

〔図 - 4〕



外科的切開によるカテーテル挿入法

- a: 総大脳動脈を縦切開し人工血管を通したバルーンカテーテルを挿入する。  
挿入後、人工血管と動脈を連続縫合する。
- b: 縫合終了後人工血管を2~3個所で結紮する。

〔図 - 5〕

## 7. 駆動条件の設定

駆動装置の駆動方式は、容量制御方式と圧制御方式がある。

〈容量制御方式〉

バルーンに送り込むヘリウムガスの量をバルーン容量に合わせて調節する。

バルーン容量が30ccであれば、駆動装置のガウ量を30ccに合わせる。

ガスの微調整は実際に駆動して、バルーン内圧波形を見て行う。但し、バルーン容量以上のガスは送らないのが原則。

〈圧制御方式〉

バルーンに送り込むガスの量を患者の動脈圧波形とバルーン内圧波形により決定する。動脈圧拡張期圧の上昇を見ながら調節する。但し、実際にどれだけの量のガスが送られているかわからない。

\* 容量制御方式の駆動装置でもバルーンに送られている実際のガスの量は不明である。

\* 問題は拡張期圧の上昇と、収縮期圧の減少が正しく得られ、且つバルーン内圧波形が適性であるように調節することである。

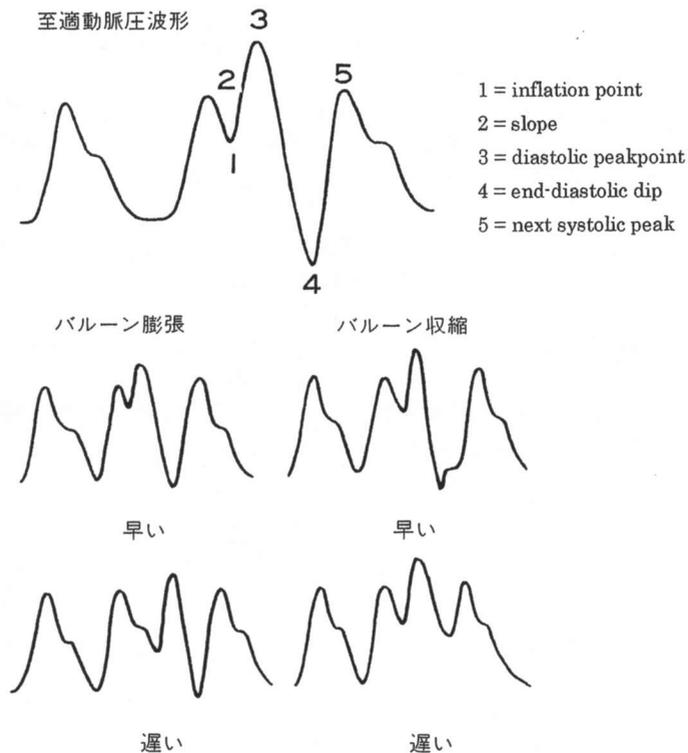
### ①同期（トリガー）モードの選択

a. 心電図トリガーか動脈圧トリガーかを医師と相談の上で医師の指示を受ける。

b. 心電図トリガーの場合、不整脈のある患者には、より細かな設定を医師と相談の上で決めてゆく。

\* 当院ではバルーン先端大動脈圧を、圧トリガー専用とし、モニタ用の動脈圧は別に確保することができる。

②バルーンの膨張(inflation)・収縮(deflation)のタイミング調節 (図 - 6)



〔図 - 6〕

a.患者心拍と IABP 駆動の割合を 2 : 1 にする。

(心臓が 2 拍する内の 1 拍に IABP 作動)

b.動脈圧波形の監視

- 1) まず、心電図の T 波の終わる点に膨張のタイミングを、P 波の始まる点に収縮のタイミングを暫定的に合わせる。
- 2) IABP を駆動する。  
2 : 1 で駆動しているので、IABP で補助された動脈圧波形と補助されない波形が交互に現れる。
- 3) 収縮期末期 (大動脈弁が閉じる瞬間) にバルーンが膨張するように、動脈圧波形の diastolic notch に膨張のタイミングを合わせる。

- 4) 次の収縮が始まる直前にバルーンが収縮するように、動脈圧波形を見て収縮のタイミングを細かく調節する。
  - 5) 拡張期圧の上昇と収縮機圧の減少が正しく得られているか確認する。
  - 6) バルーン内圧波形が適正か確認する。
  - 7) ヘリウムガス残量を調べ、残りが少ない場合は予備ポンペを用意しておく。
- \* 拡張期圧の上昇と収縮期圧の減少が正しく得られているかの確認は、IABP によって補助された動脈圧波形と補助されていない波形を比較する。(最初は必ず 2:1 で駆動するのが基本)
- \* 駆動条件の設定は必ず動脈圧波形とバルーン内圧波形を見て行う。(心電図のみでタイミングを合わせるのでは正しい設定はできない。)

## 8. 本格的駆動開始

- ①全ての設定が終了したらその時点の心電図・動脈圧波形を記録する。
- ②全ての設定条件を医師と共に確認し、1:1 または医師の支持する比率で駆動する。
- ③本格駆動開始の心電図・動脈圧波形を記録する。
- ④バルーン内圧の記録をする。
- ⑤各種警報の設定をする。

## 9. 駆動中の装置管理

- ①補助効果は十分に得られているか。
  - a. 血圧波形で補助効果を確認
    - Diastolic augmentation
    - Systolic unloading
  - b. バルーンの膨張・収縮のタイミングは適正か。
  - c. トリガーはうまくいっているか。
    - 不整脈等でトリガーが不良な場合には、トリガーモードの変更、タイミングの微調節を行ってみる。
    - トリガーモード等の条件を変更した場合は、医師・看護婦に必ず報告する。
- ②デバイスに以上はないか。
  - a. ヘリウムガスチューブ内に血液の逆流、又は霧状の血液付着はないか。
    - \* もしあれば、バルーンの破裂やピンホールの可能性があるため、直ちに医師に連絡しバルーンの交換を検討する。
    - \* IABP に完全に依存している患者のバルーン交換は慎重を要する。反対側の動脈から挿入する場合もある。
  - b. バルーン内圧は正常か。
  - c. ガスチューブ内に水滴はないか。

あれば除去する。但し、その間駆動を停止するので、必ず医師・看護婦に患者の様子を見てもらい共同で行う。

- d. ヘリウムガスは十分にあるか確認する。
- e. 装置にトレンド表示機能が付いている場合には、過去 24 時間の運転状況を調べる。
- f. コンピュータにデータが取りこめる機種は、過去 24 時間のデータを取り異常がなかったか確認する。

## 10. IABP からの離脱 (weaning)

### ①絶対条件

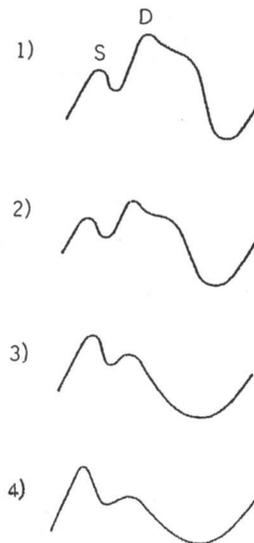
- a. 収縮期圧 90 mmHg 以上
- b. 心係数 2.0 L/min/m<sup>2</sup> 以上  
(平均血圧 60 mmHg 以上、脈圧 30 mmHg 以上)
- c. 肺動脈楔入圧 20 mmHg 以下

### ②相対条件

- a. 不整脈の消失
- b. 心係数 110 /min 以下
- c. 尿量 30 ml/h 以上

(動脈圧波形より見た IABP の離脱時期)

1) から 4) への波形が移行すれば  
離脱が可能になる。(図 - 7)



(図 - 7)

## 1 1. IABP の合併症

- ① 挿入側下位の虚血
- ② 動脈壁の損傷・穿孔
- ③ 動脈解離・仮性動脈解離
- ④ 血塞栓
- ⑤ 感染
- ⑥ 出血・血腫
- ⑦ バルーン破裂によるガス塞栓
- ⑧ バルーンのピンホールによるバルーン内凝血塊形成
  - \* ピンホールの発見が遅れると、ヘリウムガスと接触した血液はすぐに凝固し、バルーンが血管から抜けなくなる。
- ⑨ 腹部臓器血流阻害（バルーンの位置異常、サイズの不適切）

## 1 2. IABP の禁忌

- ① 大動脈弁閉鎖不全
- ② 大動脈瘤・解離性動脈瘤
- ③ 重度の血管石灰化・硬化性病変を伴う大動脈疾患
- ④ 閉鎖性動脈硬化症

〈バルーンのピンホール・破裂の早期発見と対策〉

- ・ バルーン挿入時に動脈の石灰化・硬化病変・強い血管の蛇行がないか観察する。もし問題があればCCUの看護婦にも報告しておく。
- ・ IABP 駆動中は臨床工学技士と看護婦でダブルチェックの体制をとる。
- ・ 破裂・ピンホールが少しでも疑われたら、直ちに医師へ報告しバルーンの入替えの検討をする。

大動脈バルーンカテーテル仕様一覧

メーカー	データスコープ				
販売会社	バクスター				
品名(タイプ)	TRUE8		ARM		
シース/シースレス	両用		両用		
品番	3441	4041	0138	0140	0142
バルーン容量	34cc	40cc	25cc	34cc	40cc
カテーテル外径	8Fr		9.5Fr		
バルーン部径	8Fr		9.5Fr		
カテーテル材質	ポリウレタン		ポリウレタン		
バルーン長	219mm	263mm	175mm	219mm	263mm
バルーン径	14.7mm	15mm	14.2mm	14.7mm	15mm
バルーン材質	ポリウレタン		ポリウレタン		
適用シース	8Fr		10Fr		
挿入有効長	650mm	697mm	687mm		

メーカー	日本ゼオン					
販売会社	ゼオンメディカル					
品名(タイプ)	スタンダードタイプ			ヘモプラグタイプ		
シース/シースレス	シースあり			ピールアウェイシース		
品番	BPCA3049	BPCA3569	BPCA4045	BPCH3059	BPCH3579	BPCH4055
バルーン容量	30cc	35cc	40cc	30cc	35cc	40cc
カテーテル外径	9.0Fr		9.5Fr	9.0Fr		9.5Fr
バルーン部径	>9.0Fr		>9.5Fr	>9.0Fr		>9.5Fr
カテーテル材質	抗血栓ポリウレタンコート付きナイロン					
バルーン長	210mm	214mm	243mm	210mm	214mm	243mm
バルーン径	15.3mm		16.3mm	15.3mm		16.3mm
バルーン材質	抗血栓ポリウレタン					
適用シース	9.5Fr			10Fr		
挿入有効長	735mm	740mm	745mm	735mm	740mm	745mm

メーカー	アロー(元SJM)			
販売会社	アロウジャパン			
品名(タイプ)	レディーガード		テーパーシール	
シース/シースレス	シースあり		シースレス	
品番				
バルーン容量	30cc	40cc	30cc	40cc
カテーテル外径	9.0Fr			
バルーン部径	10Fr		10.5Fr	
カテーテル材質	抗血栓ポリウレタン			
バルーン長	240mm	275mm	240mm	275mm
バルーン径	14.1mm	16.0mm	14.1mm	16.0mm
バルーン材質	抗血栓ポリウレタン			
適用シース	10.5Fr		11.0Fr	
挿入有効長	730mm			

メーカー	アロー			
販売会社	アロウジャパン/フクダ電子/その他			
品名(タイプ)	ナローフレックス			
シース/シースレス	シースあり		シースレス	
品番	IAB-04830	IAB-04840	IAB-04830-S	IAB-04840-S
バルーン容量	30cc	40cc	30cc	40cc
カテーテル外径	8.4Fr			
バルーン部径	9.8Fr			
カテーテル材質	スーパーアローフレックス			
バルーン長	228mm	262mm	228mm	262mm
バルーン径	15.0mm	16.0mm	15.0mm	16.0mm
バルーン材質	カーディオセン51			
適用シース	>9.8Fr			
挿入有効長	660mm	710mm	660mm	710mm

メーカー	アロー (元ボストンサイエンティフィック)			
販売会社	平和物産			
品名 (タイプ)	シンメトリータイプ		サイドウィンダータイプ	
シース/シースレス	シースあり/ビールアウェイ両用			
品番	930	940	DL30	DL40
バルーン容量	30cc	40cc	30cc	40cc
カテーテル外径	9.0Fr			9.5Fr
バルーン部径	>9.0Fr			
カテーテル材質	ポリアミド/ポリウレタン			
バルーン長	210mm	270mm	200mm	220mm
バルーン径	15.0mm			17.0mm
バルーン材質	ポリウレタン			
適用シース	10Fr		11Fr	12Fr
挿入有効長	700mm			

メーカー	東海メディカルプロダクツ (TMP)				
販売会社	東海メディカルプロダクツ (TMP)				
品名 (タイプ)	KX				
シース/シースレス	シースあり				
品番	SS	S	MS	M	L
バルーン容量	20cc	25cc	30cc	35cc	40cc
カテーテル外径	8.5Fr				9.5Fr
バルーン部径	9Fr				9.5Fr
カテーテル材質	ポリウレタン (ステンレスメッシュ入りセントラルルーメン)				
バルーン長	170mm	180mm	185mm	195mm	225mm
バルーン径	13.5mm			15.5mm	
バルーン材質	ポリウレタン				
適用シース	9Fr				10Fr
挿入有効長	670mm		700mm		710mm

メーカー	東海メディカルプロダクツ (TMP)				
販売会社	東海メディカルプロダクツ (TMP)				
品名 (タイプ)	KZ				
シース/シースレス	シースレス				
品番	SS	S	MS	M	L
バルーン容量	20cc	25cc	30cc	35cc	40cc
カテーテル外径	8.5Fr				9.5Fr
バルーン部径	9Fr				9.5Fr
カテーテル材質	ポリウレタン (ステンレスメッシュ入りセントラルルーメン)				
バルーン長	170mm	180mm	185mm	195mm	225mm
バルーン径	13.5mm			15.5mm	
バルーン材質	ポリウレタン				
適用シース	9Fr				10Fr
挿入有効長	720mm			750mm	

メーカー	東海メディカルプロダクツ (TMP)				
販売会社	東海メディカルプロダクツ (TMP)				
品名 (タイプ)	ソフトタイプ				
シース/シースレス	シースあり/シースレス別品番				
品番	S	MS	M	L	
バルーン容量	25cc	30cc	35cc	40cc	
カテーテル外径	8.5/9.0Fr			9.5/10.0Fr	
バルーン部径	>9.0Fr			>10.0Fr	
カテーテル材質	ポリウレタン				
バルーン長	180mm	185mm	195mm	225mm	
バルーン径	13.5mm	15.5mm			
バルーン材質	ポリウレタン				
適用シース	10Fr			11Fr	
挿入有効長	700mm			710mm	

メーカー	アイシン精機			
販売会社	泉工医科工業			
品名 (タイプ)	ECG電極付き		ECG電極無し	
シース/シースレス	シースあり			
品番	E1		C1	
バルーン容量	32cc	40cc	32cc	40cc
カテーテル外径	10.5Fr		9.5Fr	
バルーン部径	>11.0Fr		>10.0Fr	
カテーテル材質	ポリウレタン			
バルーン長	225mm	250mm	225mm	250mm
バルーン径	14.0mm	15.5mm	14.0mm	15.5mm
バルーン材質	ポリウレタン			
適用シース	12Fr		11Fr	
挿入有効長	730mm			

メーカー	アイシン精機			
販売会社	泉工医科工業			
品名 (タイプ)	ECG電極無し			
シース/シースレス	シースあり		シースレス	
品番	A1			
バルーン容量	32ccショート	40cc	32ccショート	40cc
カテーテル外径	9.0Fr			
バルーン部径	>9.5Fr			
カテーテル材質	ポリウレタン			
バルーン長	195mm	245mm	195mm	245mm
バルーン径	15.0mm			
バルーン材質	ポリウレタン			
適用シース	10Fr			
挿入有効長	730mm		750mm	