

新戦略に基づく  
麻酔・周術期医学

# 麻酔科医のための 循環管理の実際

専門編集●横山 正尚 高知大学

監 修●森田 潔 岡山大学

編集委員●川真田樹人 信州大学

廣田 和美 弘前大学

横山 正尚 高知大学

中山書店

Advanced Approach to  
Anesthesia and  
Perioperative Medicine

---

---

## シリーズ刊行にあたって

現代は情報収集と変革の時代と言われています。IT 技術の進歩により、世界の情報はほとんどリアルタイムに得ることができます。以前のように、時間と労力をかけて文献を調べる必要はなくなっています。一方、進歩するためには、そのめまぐるしく変わる状況にあわせ変化し、変革を遂げていく必要があります。

麻酔科学領域の診療に関してもここ数年で大きな変化がありました。麻酔薬はより安全で調節性がよいものとなり、モニターもより多くの情報が得られるとともに正確性を増しています。そして、その変化は今も続いています。このように多くの変化がある中で、麻酔は手術侵襲から生体を守るという大原則に加え、麻酔の質が問われる時代になりました。たとえば、麻酔法が予後を変える可能性があるという報告もあります。また、麻酔科医の仕事として、手術中の麻酔だけでなく、術前および術後管理、すなわち周術期管理の重要性が加えられています。今まさに手術という侵襲から生体をシームレスに守る学問の一つの分野として、周術期管理が重要視されています。

今回、周術期管理に焦点を絞り、麻酔科医の知識と技術の向上を目的に、シリーズ《新戦略に基づく麻酔・周術期医学》が刊行されることになりました。周術期管理は、麻酔と同様、全身管理を目的にした学問です。呼吸、循環、体液・代謝、酸塩基平衡、栄養、疼痛管理など幅広い分野が対象になります。これらすべての分野をシリーズで、昨今のガイドラインが示す標準医療を含め最新の情報を系統的に発信する予定です。また、いわゆるマニュアル本ではなく、基礎的な生理学、薬理学などの知識を基にした内容にしたいと考えています。これらの内容は、麻酔科の認定医や専門医を目指す医師だけでなく、すべての外科系各科の医師にも理解できるものとなることを確信しています。

多忙な毎日の中、このシリーズ《新戦略に基づく麻酔・周術期医学》が、効率的な最新の情報収集のツールとなり、読者の皆様が日々変革していけることを希望します。

2013 年 4 月

国立大学法人岡山大学長

森田 潔

---

---

# 序

《新戦略に基づく麻酔・周術期医学》シリーズの一冊として、『麻酔科医のための循環管理の実際』の編集に携わった。このシリーズはタイトルにもあるように新戦略をキーワードとしている。すなわち、できるだけ最新のエビデンスを取り入れ、麻酔科医にとって日常臨床に必要な周術期医学をコンパクトにまとめることを編集の基本とした。とくに専門医を目指す若手の麻酔科医にとって、重要項目を理解しやすいようにエッセンスを簡潔な文章でまとめている。また図表を充実させ、必要に応じてトピックスの項目をつけるなど、内容を整理しやすい工夫にも心がけた。また、忙しい臨床業務の中で必要な章だけを読んでも、前後の章に関係なく理解できるように編集している。

さて、本書『麻酔科医のための循環管理の実際』は、麻酔・周術期医学において最も重要な項目の一つである循環管理に焦点を当てている。一気に加速する高齢化社会の到来とともに、今後も高齢者の手術が増加する一方である。術前からの循環系合併症は麻酔・周術期管理で最も注意を要する項目である。術前評価、術前の併用薬、麻酔薬の選択、術中のモニター、術後のリハビリとその要点を本書では順次まとめている。

対象症例のハイリスク化とともに、医療技術の革新も驚くべきスピードで進歩している。循環系作動薬の開発、循環系モニターの進歩、循環補助装置や診断技術の革新、そして麻酔法そのものがエビデンスに基づき日進月歩する時代である。そのような進歩に遅れをとらないように、編集項目にも配慮した。たとえば、麻酔科医が周術期管理で必須となる経食道心エコーやIABP、ペースメーカーなども項目としてあげ、最新のロボット手術の話題も提供している。

社会情勢の変化に伴い、欧米では術後回復能力強化プログラムである Enhanced Recovery After Surgery (ERAS<sup>®</sup>) の重要性が認知されているが、わが国においても麻酔科学会を中心に周術期管理チームの重要性が大きく取り上げられつつある。麻酔科医の仕事は単に手術室で術中管理をする単独の医師の時代から、術前・術中・術後の周術期医学をトータルに管理するチーム医療の中心的役割に変わりつつある。本書は、そのような観点からも新戦略に基づいた情報をコンパクトな一冊としてまとめている。是非、皆さまの臨床の傍らに常に置いて頂ける一冊となれば、編者としてはこの上ない幸せである。

2013年4月

高知大学医学部麻酔科学・  
集中治療医学講座教授  
横山正尚

# CONTENTS

## 1章 術前の体液管理

### 1-1 術前経口補水の考え方 ..... 富田麻衣子, 祖父江和哉 2

① 日本の術前絶飲食ガイドライン 2/② 術前経口補水療法 3/③ 術後回復能力強化プログラム 4/④ 術前経口補水, 術前経口炭水化物摂取の適応 6

Column ORS 誕生—コレラ患者を救うために開発された 5

### 1-2 術前輸液管理の考え方 ..... 矢田部智昭, 横山正尚 9

① 術前輸液の目的 9/② 術前輸液の実際 10/③ 栄養の観点から見た術前輸液管理 11

Column 点滴は不要!? みんなに優しい術前経口補水 9

Column それでも点滴は必要な時がある! 10

Column 周術期管理チームと ERAS® 11

## 2章 術前使用薬剤の管理

### 2-1 術前の循環器系薬剤 ..... 中村隆治, 河本昌志 14

① 内服薬の薬物動態 14/② 内服薬をどうするべきか 15/③ 各種循環器系薬剤の管理 17

Column 内服薬のコンパートメントモデル 15

Column 血中濃度シミュレーションの一例 16

Column 術前の降圧薬は服薬を続けたほうがよい? 17

Column  $\beta$ 遮断薬のエビデンスの変化 18

### 2-2 術前の抗凝固薬 ..... 香取信之, 武田純三 21

① 抗凝固療法の適応 21/② 抗凝固薬の作用機序と副作用 21/③ AT 依存性抗凝固薬 24/④ AT 非依存性抗凝固薬 27/⑤ 今後の抗凝固薬開発 30

### 2-3 術前のスタチン治療 ..... 宮崎良平, 外 須美夫 31

① 周術期スタチン投与のさまざまな効能 31/② スタチンの副作用 33/③ 周術期スタチン投与の実際と今後の展望 34

Topics 横紋筋融解症の治療 33

Topics スタチンの中止に伴う「リバウンド効果」 34

## 3章 合併する心疾患のリスク評価と術前準備

### 3-1 虚血性心疾患 ..... 三尾 寧, 上園晶一 38

① 術前心評価 38 / ② 術前検査と術前治療 40

**Topics** 治療効果のクラスとエビデンスレベル 40

**Column** ガイドラインの「指針」と「エビデンス」 42

### 3-2 心臓弁膜症 ..... 清野雄介, 尾崎 眞 45

① 術前評価のポイント 45 / ② 術前に治療が必要な病変は? 48 / ③ 病態生理と管理のポイント 48

### 3-3 心筋症 ..... 鎌形千尋, 坂本篤裕 53

① 心筋症とは 53 / ② 心筋症の病態: 拡張型心筋症・肥大型心筋症を中心に 53 / ③ 各心筋症の術前評価 55 / ④ 麻酔計画 57

### 3-4 不整脈 ..... 清水盛浩, 林 行雄 61

① 術前のリスク評価対象となる不整脈 61 / ② 不整脈疾患の麻酔管理 62

**Topics** プロポフォールと Brugada 症候群様心電図変化 64

**Topics** 早期再分極 67

### 3-5 心臓ペースングデバイス装着患者 ..... 河野 崇, 横山正尚 70

① ペースングデバイスの特徴 70 / ② 心臓ペースングデバイス装着患者への対応 73

**Topics** MVP モード 70

**Advice** 留置後の心臓ペースングデバイスのリード 73

## 4章 術中輸液・輸血の考え方

### 4-1 術中の循環生理: 適切な術中輸液を行うために ..... 江木盛時, 森田 潔 78

① 輸液の適正化の重要性 78 / ② 輸液反応性 (輸液適正化の指標) 78 / ③ 輸液を行う前に輸液反応性を評価する利点 78 / ④ 中心静脈圧 (CVP) は輸液反応性の指標にならない 79 / ⑤ 輸液反応性の指標としての呼吸性変動 79 / ⑥ 呼吸性変動の指標の閾値 80 / ⑦ 呼吸性変動が有効な指標とならない状況 81 / ⑧ mini-fluid challenge 81 / ⑨ 下肢挙上テスト 81 / ⑩ 輸液反応性を評価する際の注意点 82

### 4-2 Early Goal-Directed Therapy に基づいた輸液管理 ..... 稲田英一 84

① 従来の輸液管理と最近の動向 84 / ② 従来の輸液管理で起こる問題点と EGDT への移行 84 / ③ 輸液管理の指標 85 / ④ British Consensus Guidelines on Intravenous Fluid Therapy for Adult Surgical Patients (GIFTASUP) 86 / ⑤ モニタリングからの 1 回拍出量や前負荷の推定 87 / ⑥ 酸素化の指標: 酸素摂取率 88 / ⑦ liberal 対 restrictive fluid therapy (high 対 low volume replacement therapy) 88 / ⑧ 輸液剤の選択: HES 製剤の有用性と副作用 89

### 4-3 アルブミン輸液の意義 ..... 松田直之 91

① アルブミンの生理学的特徴 91 / ② 臨床研究から評価するアルブミン製剤の意義 96

**Column** アルブミン分子の高次構造 92

### 4-4 新しい HES 製剤は輸液管理を変えるか? ..... 宮尾秀樹 100

① HES の性質と種類 100 / ② 膠質液の大規模スタディについて 101 / ③ 手術中の Volume Therapy 104

**Column** RIFLE criteria 103

### 4-5 輸血製剤の使用法 ..... 吉田真一郎, 山蔭道明 107

① 輸血の開始と終了を判断するための知識 107 / ② 大量出血時の対応 110 / ③ 同種血輸血を回避・減少させる工夫 112 / ④ 急性輸血関連合併症 (acute transfusion reaction : ATR) 113

**Advice** 回収式自己血輸血使用時の注意点 112

**Topics** patient blood management (PBM) 113

## 5章 術中モニタリングの up-to-date

### 5-1 循環モニタリングとは? ..... 古家 仁, 松成泰典 118

① 循環とは? 118 / ② 循環モニタリングの意義 118 / ③ モニタリングの実際 119 / ④ モニタリングの適応 124 / ⑤ モニタリングの限界 124

**Column** 静的状態の観察と動的状態の観察 123

### 5-2 経食道心エコーの活用法: 有効に使いこなすために ..... 渡橋和政 126

① TEE の特徴 126 / ② モニタリングの原則 127 / ③ 体系的に考える 127 / ④ 血圧低下の機序と TEE 診断 127 / ⑤ TEE による冠動脈評価 131 / ⑥ 肺動脈カテーテルと TEE 133

### 5-3 肺動脈カテーテルの是非 ..... 鈴木利保 135

① PAC の是非: 多施設研究によるエビデンス 135 / ② PAC の有用性と問題点 136

### 5-4 循環管理の新たな指標と可能性 ..... 山下幸一, 横山正尚 144

① 目標指標型循環管理 (GDT) とモニタリング 144 / ② これまでの循環管理指標の利点と欠点 146 / ③ 新しい循環管理指標 148

**Advice** 収縮期血圧 (SBP), 拡張期血圧 (DBP), 平均動脈圧 (MAP) の臨床的な意義 145

**Advice** 正確な圧波形評価の留意点 146

**Advice** 末梢動脈圧波形の特徴 147

## 6章 麻酔方法と循環管理の考え方

### 6-1 麻酔薬選択へのヒント ..... 落合亮一 154

① 日本の人口動態統計から示されること 154 / ② 高齢化に伴う薬理学的・生理学

的变化 154／③揮発性麻酔薬による心筋保護について 158／④非心臓血管外科手術における心筋保護作用 159／⑤再灌流傷害への新たなアプローチとは？ 160

**Column** 34,310 例の CABG 症例でのメタ解析 159

**Column** 心臓外科手術後の予後に関する 22 施設におけるメタ解析 160

**Column** 冠動脈疾患以外の心臓外科手術 161

## 6-2 区域麻酔の利点と欠点 ..... 藤原祥裕 164

① 区域麻酔の利点 164／② 区域麻酔の欠点 169

**Column** 臨床の現場での自律神経機能評価法 172

## 6-3 オピオイドの上手な使い方 ..... 稲垣喜三 174

① オピオイド使用の戦略 174／② 頻用されるオピオイドの種類と薬理学的特徴 174／③ 実際の使用法 182

## 6-4 循環作動薬の上手な使い方 ..... 松永 明, 上村裕一 185

① カテコラミン受容体 185／② 交感神経作動薬 185／③ その他の血管収縮薬 193

# 7 章 心血管手術の循環管理のコツ

## 7-1 off-pump CABG ..... 岡本浩嗣 196

① 冠動脈病変や術前合併症と手術予後 196／② 周術期循環管理のコツ 197

## 7-2 人工心肺下心臓手術 ..... 遠山裕樹, 岩崎 寛 204

① 人工心肺開始前の管理 204／② 人工心肺中の管理 206／③ 人工心肺離脱時の管理 209／④ 人工心肺離脱後の管理 212

## 7-3 心臓大血管手術 ..... 垣花 学 214

① 心臓大血管手術の周術期における循環変動の要因 214／② 心臓大血管手術における周術期管理の特性：重要臓器に対する保護 216／③ 心臓大血管手術における全身循環を考慮した循環管理：血圧・血流 218

**Advice** 体位変換の危険性 214

## 7-4 ロボット心臓手術 ..... 藤井優佳, 坪川恒久, 山本 健 221

① da Vinci®とは 221／② da Vinci®心臓手術の実際 221／③ da Vinci®心臓手術の特殊性 223／④ 各 da Vinci®心臓手術の特徴および進行 228

# 8 章 術後循環管理の実際

## 8-1 術後循環動態指標の解釈と対応 ..... 岩崎達雄, 森田 潔 232

① 動的指標による循環血液量の評価 232／② 混合・中心静脈血酸素飽和度による輸液・循環管理 237



|            |                                                                                                                                                       |                  |     |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----|
| <b>8-2</b> | <b>心エコーの活用方法</b> .....                                                                                                                                | 渡橋和政             | 243 |
|            | ① 出血のチェック 243／② acute syndrome のチェック 245／③ 心房細動の<br>チェック 246／④ 既往歴に関連した合併症 246／⑤ 緊急手術の術後 248／<br>⑥ IABP 挿入時のガイド 249／⑦ PCPS 送脱血管挿入のガイド 251             |                  |     |
| <b>8-3</b> | <b>術後の不整脈の原因と対策</b> .....                                                                                                                             | 大塚洋司, 竹内 護, 旗 義仁 | 253 |
|            | ① 術後の不整脈の特徴 253／② 術後の不整脈の原因 254／③ 術後の不整脈の治<br>療 254／④ 抗不整脈薬 256                                                                                       |                  |     |
| <b>8-4</b> | <b>人工呼吸と循環</b> .....                                                                                                                                  | 小島久和, 西村匡司       | 259 |
|            | ① 呼吸と循環の相互作用 259／② 術後人工呼吸患者の循環管理 264                                                                                                                  |                  |     |
| <b>8-5</b> | <b>IABP の適応と限界</b> .....                                                                                                                              | 河野 崇, 大下修造       | 267 |
|            | ① IABP の特徴 267／② IABP の管理 269                                                                                                                         |                  |     |
|            | Topics IABP-SHOCK II 試験 268                                                                                                                           |                  |     |
|            | Advice pending standby IABP 270                                                                                                                       |                  |     |
|            | Advice バルーンのリーク 271                                                                                                                                   |                  |     |
| <b>8-6</b> | <b>PCPS の適応と限界</b> .....                                                                                                                              | 久持邦和, 多田恵一       | 273 |
|            | ① PCPS の適応 273／② PCPS の禁忌 275／③ PCPS の管理 275／④ 開心<br>術後の PCPS の特徴 276／⑤ PCPS からの離脱 276／⑥ PCPS の合併症<br>277／⑦ PCPS の限界 278                              |                  |     |
|            | Column PCPS という名称 274                                                                                                                                 |                  |     |
|            | Column 広義の PCPS 274                                                                                                                                   |                  |     |
| <b>8-7</b> | <b>心臓リハビリテーション</b> .....                                                                                                                              | 徳田雅直             | 281 |
|            | ① 心臓リハビリテーションの位置づけ 281／② 心臓血管外科術後心リハを取り巻<br>く環境 281／③ 周術期における心リハの役割と実際 281／④ 周術期における心<br>リハおよび運動療法の効果 284／⑤ 周術期における心リハの注意点・留意点<br>285／⑥ 周術期心リハの今後 285 |                  |     |

## 9章 術後痛と循環

|            |                                                               |             |     |
|------------|---------------------------------------------------------------|-------------|-----|
| <b>9-1</b> | <b>術後痛の循環系に与える影響</b> .....                                    | 石田高志, 川真田樹人 | 290 |
|            | ① 手術と全身のストレス反応 290／② 手術ストレス反応に対する麻酔の影響<br>292／③ 手術ストレスと予後 293 |             |     |
| <b>9-2</b> | <b>術後に使用する鎮静・鎮痛薬が循環に与える影響</b> ...                             | 豊田浩作, 齊藤洋司  | 294 |
|            | ① 術後患者の循環動態の変化 294／② 術後に使用する鎮静・鎮痛薬が循環に与え<br>る影響 296           |             |     |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| <b>索引</b> ..... | 301 |
|-----------------|-----|



## 1.1

## 術前経口補水の考え方

- 長時間の術前絶飲食は、慣習として再評価されることなく、漫然と行われてきた。アメリカ麻酔科学会の絶飲食ガイドライン<sup>1)</sup>は、比較的短い設定時間を提示しており、日本におけるその認知度は高いが、術前夜からの絶飲食時間を設ける施設も少なくない。
- 2011 年の日本における調査では、以前と比べ術前絶飲食時間は短縮される傾向にあったものの、成人の平均絶食時間は 11.9 時間、平均絶飲時間は 5.6 時間と、長時間が設定されていた<sup>2)</sup>。このような長時間の絶飲食が、麻酔導入時の嘔吐や誤嚥といった合併症の予防につながるというデータは乏しく、むしろ患者に空腹感や口渇感などの精神的・肉体的苦痛を与え、術前脱水になる可能性や周術期の合併症を増やす可能性がある<sup>3)</sup>。
- さらに近年、術後回復能力を強化し、患者予後の改善を目指す周術期管理方法が、術後回復能力強化プログラムとして提案されている。アメリカでは fast-track<sup>4)</sup>、北欧では Enhanced Recovery After Surgery (ERAS<sup>®</sup>)<sup>5)</sup> といったプログラムが紹介され、その一環として絶飲食の見直し、術前の水分・炭水化物投与が推奨されている。
- 2012 年 7 月に日本麻酔科学会から術前絶飲食ガイドライン<sup>6)</sup>が発表され、わが国においても術前絶飲食時間は短縮され、術前の水分・電解質補給や炭水化物投与の普及が予想される。本項では、術前経口補水療法 (ORT)、術前経口炭水化物摂取について述べる。

## ① 日本の術前絶飲食ガイドライン

- 1990 年代に入り、術前 2～3 時間前までの飲水は、合併症を増加させず、患者の空腹感や口渇感を和らげることが明らかになったことから<sup>1)</sup>、欧米各国では術前絶飲食に関するガイドライン<sup>1,7)</sup>が作成され、その多くが術前 2～3 時間前までの飲水を認めている (表 1)。

術前絶飲食時間の短縮が進んでいる

表 1 欧米各国の術前絶飲食に関するガイドライン

| 国     | ガイドライン              |
|-------|---------------------|
| アメリカ  | 清澄水 2 時間、固形物 6 時間   |
| イギリス  | 清澄水 3 時間、固形物 6～8 時間 |
| カナダ   | 清澄水 3 時間、固形物 6～8 時間 |
| ノルウェー | 清澄水 2 時間、固形物 6 時間   |
| ドイツ   | 清澄水 2 時間、固形物 6 時間   |

- 日本麻酔科学会が発表した術前絶飲食ガイドラインにおいても、清澄水の摂取は年齢を問わず麻酔導入 2 時間前まで安全であるとしている (表 2)。
- 日本では、これまで術前の経口水分・電解質補給はなされていない、もしくは輸液製剤の経静脈投与によって行われてきたため、患者は空腹感や口渇感を余儀なくされ、周術期の QOL や ADL を低下させる原因となっていた。ガイドラインの発表を受け、術前絶飲食時間の短縮が進むことが予想される。

表2 日本麻酔科学会による術前絶飲食ガイドライン (2012年)

| 摂取物               | 絶飲食時間 (時間)        | 推奨度             |
|-------------------|-------------------|-----------------|
| 清澄水 <sup>*1</sup> | 2                 | A <sup>*2</sup> |
| 母乳                | 4                 | C <sup>*3</sup> |
| 人工乳・牛乳            | 6                 | C <sup>*3</sup> |
| 固形物               | 示さず <sup>*4</sup> | —               |

<sup>\*1</sup> 水、茶、アップルあるいはオレンジジュースなどの使用が可能。浸透圧や熱量が高い飲料、アミノ酸含有飲料は胃排泄時間が遅くなる可能性があるので注意が必要であり、脂肪含有飲料、食物繊維含有飲料、アルコールの使用は推奨できない。

<sup>\*2</sup> 十分な症例数 (>100) を対象とした無作為試験で結果が明確な2つ以上の文献により実証されたもの。

<sup>\*3</sup> 根拠として無作為試験ではあるが症例数が十分ではないもの (<100)、結果に不確定要素がある文献しかないもの。

<sup>\*4</sup> 液体に比べて固形食に関するエビデンスが不十分であること、固形食の定義が明確でなく、含まれている栄養素もさまざまであることから、示していない。ただしトーストや清澄水程度の軽食については欧米のガイドラインで摂取から麻酔導入までは6時間以上空けることとしている。

## 2 術前経口補水療法

### a. 経口補水液について

- 経口補水療法 (oral rehydration therapy : ORT) とは、水分と電解質を経口的に補給するというシンプルな方法で、その際に用いられるのが経口補水液 (oral rehydration solution : ORS) である。
- ORS の組成 (表3) の特徴は以下のとおりである。

①電解質 (Na, K, Cl など) を一定量以上含んでいること

乳児用のイオン飲料やスポーツドリンクにも電解質は含まれているが、ORT の推奨組成に比べ濃度が低くなっている。

②素早く吸収できるようにブドウ糖が配合されていること

水分吸収は小腸・大腸で行われるが、経口摂取した水分は主に小腸で吸収される。小腸の絨毛表面にある栄養素吸収細胞には Na-ブドウ糖共輸送機構 (sodium-glucose cotransporter : SGLUT1) が存在し、Na とブドウ糖のモル比が約 1 : 1~2 であれば、この SGLUT1 を介して両者が素早く吸収される。Na とブドウ糖の吸収に伴い、栄養素吸収細胞を挟んで腸管腔と血管のあいだに浸透圧の差が生じ、それにより水分も素早く吸収される。

③浸透圧が体液よりも低いこと

水は浸透圧の低いほうから高いほうへと移動するため、浸透圧が体液 (285±5 mOsm/L) よりも高い飲料では、水の吸収速度は低下する。

### b. 術前の経口補水療法について

- 世界各国の絶飲食ガイドラインや ERAS<sup>®</sup> が普及するにつれ、ORS を用いて積極的に術前の水分・電解質補給を行う術前 ORT に関心が集まっている。入手可能な製剤としては、OS-1<sup>®</sup> (大塚製薬工場)<sup>★1</sup> とアクアサポート<sup>®</sup> (明治)<sup>★2</sup> がある。

#### ★1 OS-1<sup>®</sup>



OS-1<sup>®</sup>, 大塚製薬工場  
(<http://www.os-1.jp/> より)

#### ★2 アクアサポート<sup>®</sup>



アクアサポート<sup>®</sup>, 明治  
(<http://www.aquasupport.jp/> より)

表 3 経口補水液 (ORS) の組成

| 成分                                | Na            | K             | Cl                                 | Mg            | P | 塩基 | 炭水化物<br>(%) | 浸透圧<br>(mOsm/L) |
|-----------------------------------|---------------|---------------|------------------------------------|---------------|---|----|-------------|-----------------|
|                                   | (mEq/L)       |               |                                    |               |   |    |             |                 |
| WHO-ORS* <sup>1</sup><br>(2002 年) | 75            | 20            | 65                                 | —             | — | 30 | 1.35        | 245             |
| WHO-ORS* <sup>1</sup><br>(1975 年) | 90            | 20            | 80                                 | —             | — | 30 | 2.0         | 311             |
| ESPGHAN* <sup>2</sup><br>(1992 年) | 60            | 20            | 60                                 | —             | — | 30 | 1.6         | 240             |
| AAP* <sup>3</sup><br>(1985 年)     | 40～60         | 20            | 「陰イオン添加」「糖質と Na モル比は<br>2：1 を超えない」 |               |   |    | 2.0～2.6     |                 |
| OS-1®* <sup>4</sup>               | 50            | 20            | 50                                 | 2             | 2 | 31 | 2.5         | 270             |
| アクアサポート®                          | 50            | 20            | 50                                 |               | 4 | 48 | 2.3         | 252             |
| スポーツ飲料                            | 9～23          | 3～5           | 5～18                               | —             | — | —  | 6～10        |                 |
| 水                                 | 0.04～<br>4.04 | 0.01～<br>0.46 | —                                  | 0.01～<br>5.73 | — | —  | —           |                 |

\*1 WHO (世界保健機関) 推奨の組成, \*2 ESPGHAN (欧州小児消化器肝臓学会) 推奨の組成, \*3 AAP (アメリカ小児科学会) 推奨の組成, \*4 AAP の推奨組成に近い組成.

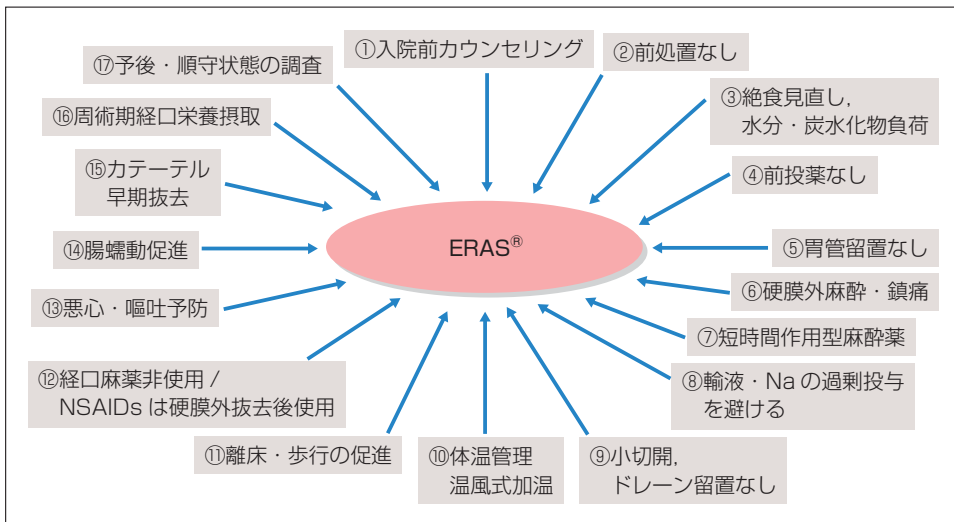
- OS-1<sup>®</sup>の術前投与により、電解質・ブドウ糖の補給効果および腎血流を反映する Na 分画排泄値の増加が認められ、ORS による補水効果が報告されている<sup>8)</sup>。
- また、術前輸液群と比較し、ORT を行った群では術前の口渇感・空腹感・拘束感について患者満足度は有意に高かったとの報告がある<sup>8)</sup>。
- 安全性については、ORT 群でも麻酔導入時の嘔吐・誤嚥は認められず、術前の体重あたりの胃内容量は、ORT 群のほうが有意に少なかったとの報告がある<sup>8)</sup>。
- 術前の脱水状態は、全身麻酔導入時の血圧低下や術中の過剰輸液の原因となりうるため、術前管理では脱水予防に努める必要がある。その方法としては輸液管理もしくは ORT があるが、両者に安全性で差がないのであれば、患者満足度を改善し、輸液関連インシデント数の減少にもつながる ORT は有用だと考えられる。

術前 ORT は患者満足度を増し、輸液関連インシデント数を減らす

### 3 術後回復能力強化プログラム

#### a. Enhanced Recovery After Surgery (ERAS<sup>®</sup>)

- 術後回復能力強化プログラムとして、北欧で Fearon らが発表した ERAS<sup>®</sup> プロトコル<sup>5)</sup>が日本で広く普及している。既存の医療行為を見直し、エビデンスに基づき、周術期管理を行うプログラムである (図 1)。



**図1 ERAS®プロトコル概要**

周術期を総合的に管理することにより、術後の回復を促進する。  
(Fearon KC, et al. Clin Nutr 2005; 24: 466-77<sup>5)</sup>より)

## b. 水分・炭水化物摂取

- ERAS®プロトコルでは、必要以上の絶飲食を避けることに加え、短時間の絶飲食でも栄養指標の悪化を認めるため、炭水化物含有飲料（carbohydrate beverage：CHO）の術前摂取を推奨している。術前からCHOを摂取することで内因性のインスリン分泌が促進され、術後合併症であるインスリン抵抗性は軽減される可能性がある。
- 具体的には、手術前日の夜に800 mLと手術当日の術前2時間前までに400 mLのCHO（炭水化物濃度12.5%）を摂取することで効果が得られるとされており、安全性に関するデータも多く報告されている<sup>9)</sup>。
- しかしながら、12.5%炭水化物含有飲料は日本では商品化されておらず、炭水化物濃度が18%の飲料水であるアイソカル®・アルジネード®ウォーター（AW、ネスレ日本株式会社ネスレヘルスサイエンス）（表4）<sup>★3</sup>がよく使用

**表4 アイソカル®・アルジネード®ウォーター成分**

| 成分    | 125 mL 中の含有量 |
|-------|--------------|
| 熱量    | 100 kcal     |
| 水分    | 107 mL       |
| 炭水化物  | 22.5 g       |
| アルギニン | 2.5 g        |
| 脂質    | 0 g          |
| Na    | 0 mg         |
| P     | 225 mg       |
| 亜鉛    | 10 mg        |
| 銅     | 1 mg         |

**★3 アイソカル®・アルジネード®ウォーター**



アイソカル®・アルジネード®ウォーター、ネスレ日本株式会社ネスレヘルスサイエンス  
(<http://www.nestlehealthscience.jp/products/13.html>より)

### Column ORS 誕生——コレラ患者を救うために開発された

本項で述べた経口補水療法（ORT）は、もともとは発展途上国でコレラなどの感染性下痢によって命を落としていた多くの患者を救うために、世界保健機関（WHO）が1970年代にORS（Oral Rehydration Salts）という粉末飲料を開発したのが始まりである。ORTは安全な水にORSを溶かし経口摂取させるだけでよく、医療知識をもたない人たちでも簡単に使うことができる。また、ORS製品が手に入らないときは、比較的簡単に作ることが可能である。

## 8.5

## IABP の適応と限界

- 大動脈内バルーンパンピング (intraaortic balloon pumping : IABP) は、難治性心不全の治療として、機械的に心機能の回復を促す経皮的に挿入可能な補助循環の一つである★<sup>1</sup>。
- 周術期における IABP は、心筋梗塞などの重篤な心イベントに対する緊急処置に、また高リスク患者の心臓合併症を予防するために使用されることがある<sup>1,2)</sup>。
- 周術期の IABP の挿入と管理には、IABP に関連する合併症に加え、ヘパリン化による出血への配慮も必要であり、その適応と限界を熟知していなければならない。

## 1 IABP の特徴

## a. IABP の作用機序

- IABP は胸部上行大動脈に留置したバルーンカテーテルを心拍動と同期させ、バルーンを膨張（デフレーション）・脱気（インフレーション）することにより★<sup>2</sup>、圧補助主体の効果を期待する補助循環装置である（図 1, 2）。
- 左室拡張期にバルーンを膨張させる。これにより、大動脈拡張期圧が上昇し、冠動脈血流や脳への血流が増加する（diastolic augmentation 効果）★<sup>3</sup>。
- 左室収縮期にバルーンを脱気させる。バルーンの閉じる陰圧により大動脈内で吸引効果が生じ、収縮期駆出量が増加する。さらに、後負荷が減少することにより、心仕事量と心筋酸素消費量が減少する（systolic unloading 効果）。

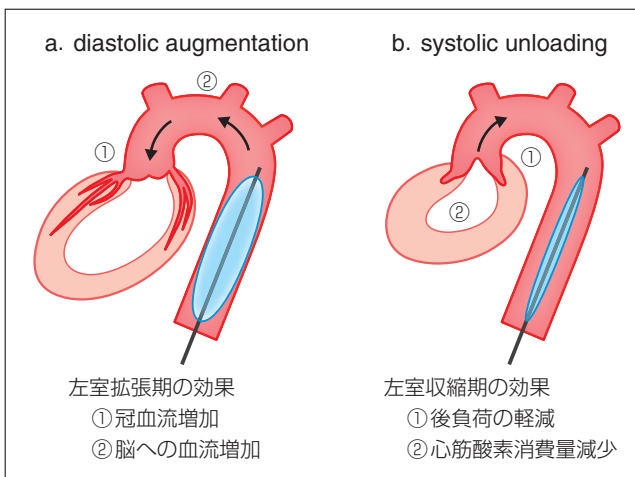


図1 IABP の作用原理

- diastolic augmentation : 拡張期にバルーンを膨張させることによって拡張期圧を上昇させ、冠動脈の灌流圧を増加させる効果。
- systolic unloading : 収縮期にバルーンを急速に脱気させることによって左室の駆出量が増加、後負荷が減少、これに続く収縮期の心臓の仕事量が減少する効果。

## ★1

最初に臨床応用したのはアメリカのKantrowitzらで、1967年に急性心筋梗塞ショックに使用した。

IABPの管理では、患者の循環動態への管理に加えてIABP自体の管理も必要

## ★2

バルーンの容積は、30～40 mLであり、患者の身長に合わせてサイズを決定する。

## ★3

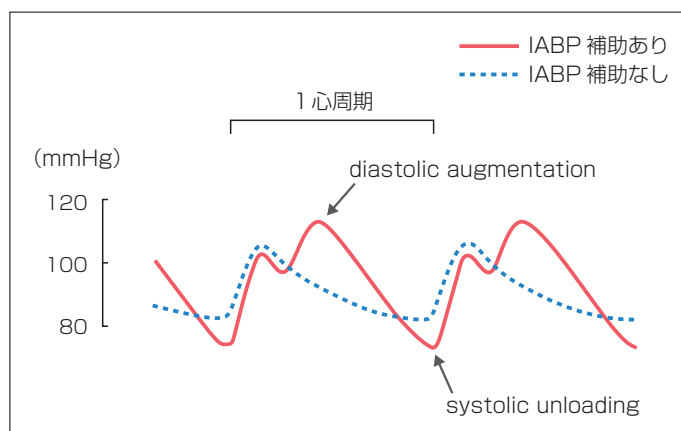
冠動脈は拡張期優位に血流が流れるため、冠動脈の灌流圧は大動脈拡張期圧に依存する。

diastolic augmentationとsystolic unloadingはIABPの2大効果



**図 2 IABP 補助中の動脈圧波形**

diastolic augmentation と systolic unloading が認められる。

**表 1 IABP の使用限界**

- 心係数 (CI) : 0.8~1.2 L/分/m<sup>2</sup> 以下
- 収縮期血圧 : 50 mmHg 以下
- 肺動脈楔入圧 (PCWP) : 30mmHg 以上
- 左室壁運動低下

- IABP は強心薬による内科的治療と異なり、左室後負荷を増加せず、僧帽弁逆流および左室-右室短絡量を減少させることから、心筋梗塞後に合併した僧帽弁逆流や心室中隔穿孔による心原性ショックにも効果が期待される。

## b. IABP の限界

- IABP の効果は、バルーンの容積、患者の心拍数や大動脈コンプライアンスなどにより変化するため症例間にばらつきがある。
- 冠動脈狭窄が強い場合、IABP による冠動脈血流量の改善効果が認められないこともある。このような症例では、早期の冠動脈血行再建術が必要となる<sup>3)</sup>。
- IABP で補助できるのは左室のみであり、肺機能を補助する効果はない。
- IABP の流量補助効果は自己心拍出量の 10~15% 程度 (0.8~1.0 L/分) である。したがって、状態によっては IABP を挿入しても有効性が得られないことがある (表 1)。ショック状態が遅延する場合は、より強力な流量補助が得られる経皮的心肺補助装置 (percutaneous cardiopulmonary support : PCPS) の併用が必要となる。
- IABP は心臓の機能が回復するまで、多くの場合、集中治療室などで数日~1 週間程度使用されるが、補助人工心臓 (ventricular assist device : VAD)<sup>★4</sup> のように長期間使用することはできない<sup>4)</sup>。

IABP は直接的に循環血流を補助するものではないため、その有効限界が存在する

### ★4 VAD

IABP や PCPS よりも長期の循環補助が可能である。患者を歩行させる目的や心臓移植までのつなぎ (ブリッジユース) としても用いられる。装着には開胸操作が必要である。

### Topics IABP-SHOCK II 試験

心原性ショックを合併した急性心筋梗塞患者に対する IABP 併用による死亡抑制効果を検討した 600 例のランダム化比較試験が行われた。その結果、30 日全死因死亡率は IABP 群 39.7 %、非 IABP 群 41.3 %で、内科治療に IABP を併用しても死亡率を低下させなかったことが報告されている<sup>5)</sup>。

## c. IABP の適応と禁忌

- IABP の適応疾患・病態および導入基準の目安をそれぞれ表 2, 3 に示す。
- IABP の適応は、日本循環器学会をはじめとした合同研究班により作成された「急性心不全治療ガイドライン (2011 年改訂

表 2 IABP の適応疾患・病態

- 心原性ショック
- 左心不全
- 薬物治療抵抗性の急性冠症候群
- 心筋梗塞後の僧帽弁閉鎖不全・心室中隔穿孔
- 難治性心室性不整脈
- 周術期の心筋虚血イベント
- 人工心肺離脱後の低心拍出量症候群
- ハイリスク冠動脈インターベンションのバックアップ

表 3 IABP の導入基準（薬剤抵抗性心不全で以下の基準を満たす場合）

- 心係数 (CI) : 2.2/分/m<sup>2</sup> 以下
- 収縮期血圧 : 90 mmHg 以下
- 肺動脈楔入圧 (PCWP) : 20 mmHg 以上
- 中心静脈圧 (CVP) : 22 mmHg 以上
- 尿量 : 0.5 mL/kg/時 以下
- 混合静脈血酸素飽和度 (SvO<sub>2</sub>) : 60% 以下

表 4 IABP の禁忌事項

| 禁忌事項         | 理由                                   |
|--------------|--------------------------------------|
| 重度の大動脈弁閉鎖不全  | バルーンの膨張により逆流量が増え、左心前負荷の増大による心不全が増悪する |
| 大動脈瘤、解離性動脈瘤  | バルーンの挿入や膨張・脱気により大動脈が損傷する             |
| 動脈の高度な蛇行・石灰化 | バルーンの損傷が生じる                          |
| 閉塞性動脈硬化症     | 下肢血行障害が生じる。予防策として小径の IABP カテーテルを使用する |
| 重篤な血液凝固異常    | 止血困難や血栓、塞栓症が生じる                      |

版)』<sup>1)</sup>に最新の知見に基づいてまとめられている。

- 内科的治療に抵抗する急性心不全や心原性ショックが主な適応となる（クラス I）★<sup>5</sup>。
- 急性冠症候群、切迫梗塞、ハイリスクの冠動脈再建術など重症心不全に移行しやすい病態に対する予防的 IABP も有効であると考えられている（クラス IIa）★<sup>6</sup>。
- 現時点で質の高い確かなエビデンスはないが、予防的 IABP は心臓手術を受ける高リスク患者に低心拍出量症候群の予防や治療に使用されている<sup>2)</sup>。
- 周術期心筋梗塞は、非心臓手術における最大の手術死亡原因の一つである。したがって、重度の心合併症を有する非心臓手術患者に対しても、周術期死亡率を減らすために予防的 IABP 挿入を考慮する。
- IABP の禁忌事項とその理由を表 4 に示す。

## 2 IABP の管理

### a. IABP の挿入

- IABP 治療ではバルーンを正しい位置に留置することが要求される。
- 一般的に、バルーンカテーテルは大腿動脈から挿入し★<sup>7</sup>、先端が大動脈弓の鎖骨下動脈起始部から 2~3 cm 末梢側になるように留置する。
- バルーンの先端位置や膨張/脱気の動きは X 線透視などで確認するが、手

#### ★5

クラス I : 手技、治療が有効、有用であるというエビデンスがあるか、あるいは見解が広く一致している。

#### ★6

クラス IIa : エビデンス、見解から有用、有効である可能性が高い。

#### ★7

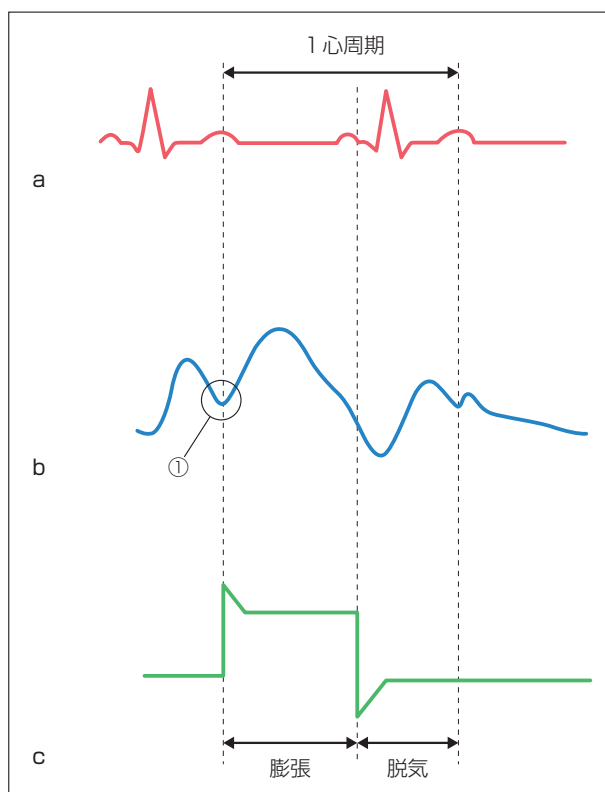
大腿動脈が使用できない場合は、鎖骨下・腋窩動脈などの上肢からも挿入可能である。



**図3 IABPの作動タイミング**

IABP 補助のタイミングは心電図または動脈圧波形を用いて調節する。

- a: 心電図波形. T波の中央から膨張させ, P波の終了からQRSのあいだで脱気させる.
- b: 動脈圧波形. diastolic notch (①)に合わせてバルーンを膨張させ, 収縮期圧の波形が出る前に脱気させる.
- c: ガス圧波形. IABP装置内のヘリウム圧を示す.

**★8**

ただし, ヘパリン化が必要だという明らかなエビデンスはない。

**★9**

IABP バルーンの駆動用ガスには, ガス移動時の応答性が良いヘリウムが使用される。

術室では経食道心エコーで確認することもできる。

- バルーンの位置が中枢側へずれた場合, 脳への血流量が低下し, 神経症状を生じる危険性がある。
- バルーンの位置が末梢側へずれた場合, バルーンの膨張 / 脱気の効果が心臓へ有効に伝わらず, IABP の効果が得られなくなる。さらに, バルーンが腎動脈にかかった場合, 腎臓への血流量が低下し腎障害を生じる危険性がある。
- IABP 挿入中は, 血栓形成予防のため, ヘパリンにより ACT (activated clotting time : 活性凝固時間) を 150 前後に維持することが推奨されている<sup>★8</sup>。

**Advice****pending standby IABP**

予防的 IABP を留置するためには, 留置自体の合併症に加えて, ヘパリン化による術中・術後出血の危険性が生じる。pending standby IABP とは, 緊急に IABP が必要になったとき, すみやかにカテーテルが留置できるように, あらかじめ IABP 用シースの留置のみ施行しておく方法である<sup>2)</sup>。この方法によって, 周術期の無用なヘパリン化を避け, かつ緊急時には確実に IABP を開始できる。

**b. IABP の作動タイミング**

- IABP の効果を十分に発揮するには, バルーンの膨張 / 脱気のタイミングが重要である<sup>★9</sup>。
- IABP の作動を心周期に同期させるには心電図波形か動脈圧波形のいずれかを用いる(図3)。心電図波形の場合は, T波の頂上からバルーンを膨張させ, P波の直後からQRSの直前にかけて脱気させる。動脈圧

---

しんせんりやく もと ま すい しゅうじゆつきいがく  
新戦略に基づく麻酔・周術期医学

ま すい か い じゆんかんかんり じっさい  
麻酔科医のための循環管理の実際

2013 年 5 月 31 日 初版第 1 刷発行 ©

〔検印省略〕

よこやまさたか  
専門編集——横山正尚

発行者——平田 直

発行所——株式会社 中山書店  
〒 113-8666 東京都文京区白山 1-25-14  
TEL 03-3813-1100 (代表) 振替 00130-5-196565  
<http://www.nakayamashoten.co.jp/>

装丁——花本浩一 (麒麟三隻館)

印刷・製本——株式会社シナノ

---

Published by Nakayama Shoten Co., Ltd.

Printed in Japan

**ISBN 978-4-521-73708-9**

落丁・乱丁の場合はお取り替え致します。

---

・本書の複製権・上映権・譲渡権・公衆送信権 (送信可能化権を含む) は株式会社中山書店が保有します。

・**JCOPY** ( (社) 出版者著作権管理機構 委託出版物 )

本書の無断複写は著作権法上での例外を除き禁じられています。複写される場合は、そのつと事前に、(社) 出版者著作権管理機構 (電話 03-3513-6969, FAX 03-3513-6979, e-mail: info@jcopy.or.jp) の許諾を得てください。

---

本書をスキャン・デジタルデータ化するなどの複製を無許諾で行う行為は、著作権法上での限られた例外 (「私的使用のための複製」など) を除き著作権法違反となります。なお、大学・病院・企業などにおいて、内部的に業務上使用する目的で上記の行為を行うことは、私的使用には該当せず違法です。また私的使用のためであっても、代行業者等の第三者に依頼して使用する本人以外の者が上記の行為を行うことは違法です。