中尾慎一編

本書は、手術麻酔管理前はもちろん麻酔管理中にも参考にできることを目的とした。しかし単なる実技書や暗記本ではなく、最新の知識を満載し、何故そのような手技をするのか、何故その薬をこれだけ使うのか、どうしてそのように対処しなければならないのか等、メカニズムや理由についても深く言及し、知識の習得や日頃の疑問の解決にも役立つものになったと確信する。

麻酔科学の基本は全身管理と疼痛管理であり、薬理学・生理学・生化学といった基礎医学から、循環・呼吸・内分泌学・肝臓・腎臓といった臨床医学まで幅広い知識が必要である。疼痛は交感神経やストレス系を活性化し、高血圧や頻脈、高血糖を引き起こすだけでなく、患者のQOL (quality of life)を下げ免疫能を低下させてしまう。また、麻酔科医は危機管理医でもある。近年、リスクの高い患者や侵襲の大きな手術の麻酔管理を行うようになった結果、麻酔中に不測の事態(喘息発作やアナフィラキシーショック、大出血、心筋虚血や致死的不整脈から心停止)が起こることもたびたびあり、迅速かつ適切に対処することが必要となってきた。これら深刻な合併症や周術期の有害事象についても、症例を挙げて具体的に解説した。

本書では、各章を麻酔科学のスペシャリストに執筆していただいた。重要な分類やガイドライン、薬の使用法を図表化し、麻酔に必要な手技や知識が迅速かつ適切に得られるつくりになっている。マニュアルと名づけてあるものの、周術期に起こりうる緊急事態のメカニズムに言及してあり、事象には必ず原因があることを理解したうえで対応いただけるはずである。本書を手元におき、麻酔の友、そして時には指導者として麻酔の現場でご活用いただければ幸いである。

# 目 次

1 草	術前管理と麻酔導入	• 維持	
1. 1	術前管理(術前評価)		2
			12
1.3	麻酔導入と維持	箱﨑貴大,村川雅洋	18
1.4	麻酔中の異常・緊急事態	五十洲 剛, 村川雅洋	32
1.5	麻酔中の気道管理・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・		42
2章	麻酔関連薬剤の薬理	と効果	
2. 1	全身麻酔薬(吸入麻酔薬,	静脈麻酔薬) ※ 篠村徹太郎	50
=			7
2. 3	筋弛緩薬	篠村徹太郎	79
3章	生理・病態		
3. 1	中枢神経系		88
3. 2	循環器系		95
0.0			
<u>3. 3</u>		溝田敏幸	104
	呼吸器系		
3. 4	呼吸器系 肝臓	溝田敏幸	114
3. 4	呼吸器系 肝臓 腎臓		114 120
3. 4 3. 5 3. 6	呼吸器系 肝臓 腎臓 体液と酸塩基平衡	溝田敏幸 	114 120 125
3. 4 3. 5 3. 6	呼吸器系 肝臓 腎臓 体液と酸塩基平衡	溝田敏幸         正田丈裕         深川博志	114 120 125
3. 4 3. 5 3. 6 3. 7	呼吸器系 肝臓 腎臓 体液と酸塩基平衡	溝田敏幸         正田丈裕         深川博志	114 120 125
3. 4 3. 5 3. 6 3. 7	呼吸器系 肝臓 腎臓 体液と酸塩基平衡 輸液と輸血 モニタリング	溝田敏幸         正田丈裕         深川博志	114 120 125 128
3. 4 3. 5 3. 6 3. 7 <b>4章</b>	呼吸器系 肝臓 腎臓 体液と酸塩基平衡 輸液と輸血 モニタリング 循環器系	溝田敏幸	114 120 125 128
3. 4 3. 5 3. 6 3. 7 <b>4章</b> 4. 1 4. 2	呼吸器系 肝臓 腎臓 体液と酸塩基平衡 輸液と輸血 モニタリング 循環器系 呼吸器系	<ul><li>溝田敏幸</li><li>正田丈裕</li><li>正田丈裕</li><li>深川博志</li><li>深川博志</li><li>白井直人</li></ul>	114 120 125 128 142 152

## 5章 麻酔法の実践

5. 1	区域麻酔	古泉真理,	白神豪太郎 184
5. 2	腹部手術の麻酔・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	田家 諭,	白神豪太郎 197
5.3	呼吸器外科手術の麻酔	宮脇有紀,	白神豪太郎 204
5. 4	小児の麻酔	武田敏宏,	白神豪太郎 214
5. 5	産科の麻酔・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	宮脇有紀,	白神豪太郎 223
5. 6	脳神経外科手術の麻酔	田家 諭,	白神豪太郎 234
5. 7	心臓血管外科手術の麻酔	古泉真理,	白神豪太郎 241
5.8	日帰り手術の麻酔	武田敏宏.	白神豪太郎 250

## 6 章 術中の合併症と対処

6 草	術中の合併症と対処			
6. 1	悪性高熱・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	岩元辰篤,	中尾慎一	264
6. 2	アナフィラキシーショック	岩元辰篤,	中尾慎一	266
6. 3	心筋虚血	岩元辰篤,	中尾慎一	268
6. 4	肺血栓塞栓症	岩元辰篤,	中尾慎一	272
6. 5	喘息発作(気管支痙攣)	岩元辰篤,	中尾慎一	274
6. 6	不整脈と心肺停止	岩元辰篤,	中尾慎一	276

## 7章 術後管理

7.	1	集中治療	西	憲一	-郎,	廣田喜	₹.—	288
7.	2	術後鎮痛対策	[	中本達	趁夫,	新宮	興	308

## 8章 麻酔関連薬剤の使い方

8 麻酔関連薬剤の使い方 ------ 岩元辰篤, 中尾慎一 322 循環作動薬/鎮痛薬/麻酔薬

付	録	中尾慎一	
1	脳神経系(JCS, GCS)		344
2	心血管系(周術期の心血管系危険因子/非心臓	手術の術式	ごに
	よる周術期危険度分類/CCSの狭心症重症度	分類)	345
3	呼吸器系(肺の区域)		347
4	ワクチンの種類と手術までに休薬が望まし	Jい期間 <del>···</del>	348
5	重症加算		349
6	代表的な薬剤の持続投与法		350
略語	一覧		352
索	引······		358
Me	ssage from the Mentor		
普通	のお医者さん?	篠村徹太郎	86
麻酢	科医の矜持	村川雅洋	140
ŧΞ	ターのない時代の麻酔 モニターのない		
11	能の麻酔	見立傳字	102

麻酔科ローテーションへようこそ! ------ 自神豪太郎 262

 ーマニュアル医師にはなるな
 中尾慎一 286

 マニュアルの上をめざそう
 新宮 興 320

常に理由を科学的に考える臨床

# 12 麻酔器と麻酔回路

## **Point**

- 多くの教育病院では、麻酔器はさまざまなモニターと一体 化されて運用されており、初学者が初めて目にすると、一 見複雑な構造に圧倒されがちである。まずは役割別に一つ 一つ眺めていくのがよい
- 最初に「麻酔器部分」と「生体モニター、電子カルテ・電子 チャートシステム部分 | を見分ける (図1.2.1) とくに後 者のモニター類については、生体情報の何がどこに表示さ れるかを、研修初日のうちに確認しておく、

## 麻酔器の役割

- ▶ 麻酔器具としての役割:酸素・空気を任意の割合で混合し た医療ガスに、必要に応じて揮発性吸入麻酔薬を混合させ、 人工呼吸回路中に供給する.
- ▶ 人工呼吸器 (蘇生器具)としての役割:患者の状態や気道 確保法に応じて、ただちに用手バッグ換気と機械的人工呼 吸を切り替えることができる. 熟練者が行えば. 患者の呼 吸状態を自在にコントロールできる。

## 麻酔器の構造(図1.2.2, 1.2.3)

ガスの流れを追って解説する。以下、カッコ内の丸数字は 図1.2.2 1.2.3のものに対応

## 

麻酔ガス供給部は、医療ガス配管設備(壁またはペンダン トとよばれる天井つり下げユニットに配置された穴)より供 給される麻酔ガスを連結し、適切なガス圧に調整する、災害 などでガス供給が停止した場合は酸素や亜酸化窒素は麻酔器 裏の補助ボンベから供給される



- 麻酔器部分

図1.2.1 麻酔器の全体像

酸素や亜酸化窒素の投与濃度は、流量調節装置(②)で調 整する。また、患者呼吸回路を短時間に高流量酸素で満たす 酸素フラッシュ機構(③)ももつ. さらに. 酸素供給圧が低 下した場合。高濃度亜酸化窒素(つまり酸素0%)投与を避け るために、すべてのガスを遮断する安全装置を備えている。 気化器(④)は、麻酔器本体から流出するガスに、揮発性吸 入麻酔薬(セボフルラン、デスフルランなど)を任意の濃度 で付加する.

### Column

### モニター監視での注意点

Q1. モニター監視でまず気をつけることはありますか? A1. まずは自分の使う麻酔器やモニターについて「何につい てのアラームが機能しているか」を把握しておきましょう. 逆に、たとえば、呼気セボフルラン濃度や吸入麻酔薬の残量 にアラームがついていない場合は、術中覚醒を防ぐためより 注意して目視確認する必要があります.



②流量調節装置 ③酸素フラッシュ機構 (7) 吸気弁 9呼気弁 ⑪バッグ ①API 弁 (4)蛇管 (f5)バッグ/ 呼吸器切り替え装置 16人工呼吸器

図1.2.2 麻酔器の構造 丸数字は図1.2.3中のものに対応している.

## 患者呼吸回路部(⑤)・・・・・

ガス供給部で調整され、ガス共通流出口(⑥)から供給さ れた麻酔ガスを、患者の肺に送り込む、麻酔ガスは吸気弁 ((7))→患者((8))の呼吸器系→呼気弁((9))→バッグ((10))→二 酸化炭素吸着装置(⑪)→吸気弁(⑦)のようにぐるぐる回る. 呼気時には呼気弁が開放し、ガスはバッグに流れ込み、吸気 弁は閉鎖している。逆に吸気時には、吸気弁は開放して患者 にガスが送られ、呼気弁が閉じている.

一部の余剰なガスはAPL (adjustable pressure limiting)弁 (ポップオフ弁ともいう)(⑩)を経て排出され、残りの呼気ガ

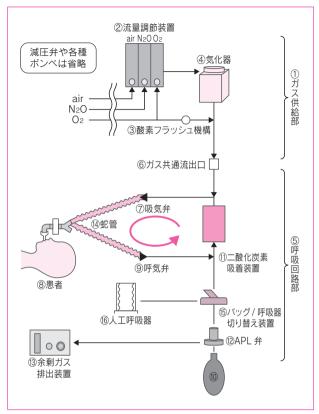


図1.2.3 麻酔器の簡略化した構造

スは二酸化炭素吸着装置を通って、吸気弁の上流に常時供給される新鮮ガスと混合され、再度吸気ガスとなる。このシステムを"半閉鎖(ガスの一部は入れ替わるため)循環(ぐるぐる回るため)回路"とよぶ。

なお、APL弁を完全に閉じると回路からの排気はなくなる、 つまりAPL弁は、呼気ガスについて吸気ガスとして再利用 する分と排出する分の比率を決めているといえる.

# 4.3 筋弛緩

## **Point**

- 近年、ロクロニウムやスガマデクスの登場により、筋弛緩 薬使用の調節性や安全性が高まってきたが、挿管や手術に 対して適切な筋弛緩作用を得るためや、残存筋弛緩作用に よる合併症を防ぐためにも筋弛緩モニターは必要である.
- 筋弛緩モニターの原則は、末梢神経を刺激して、これに対 する筋収縮の状態を観察することである.

## なぜ筋弛緩モニタリングが必要か

現代の全身麻酔において、筋弛緩薬が頻用されることはい うまでもない。ロクロニウム、スガマデクスの発売により、 以前に比較して筋弛緩薬の調節性、安全性も高まってきてい る. しかしながら. 筋弛緩薬に対する反応には個人差があり. 年齢、体格により投与量の調節が必要となる。また、麻酔薬 による影響も大きく、吸入麻酔薬を使用しているか、静脈麻 酔薬を使用しているかによって、筋弛緩薬の投与量、追加投 与間隔が異なってくる.

麻酔導入後、気管挿管時には完全な筋弛緩状態であること が望ましい。術中は、腹腔鏡手術においては開腹手術にもま して、十分な筋弛緩を必要とするという報告が出てきている し、顕微鏡使用など、手術の状況によっては患者の体動がき わめて危険な場合もある。ほかの麻酔薬や鎮痛薬の適正な使 用と同時に、十分な筋弛緩状態を維持することが安全な術中 管理の重要なポイントになる手術も多い.

手術終了後には完全に筋弛緩作用を拮抗して、残存筋弛緩 による合併症を防ぐこともまた重要であり、麻酔終了後に筋 弛緩を拮抗する必要があるかどうか、あるいは投与する拮抗 薬の量を決定するためには、その時点での筋弛緩状態を知る ことが必須になる

筋弛緩状態は末梢神経を電気刺激して,筋収縮の状態を感知することで客観的に知ることが可能であり,筋弛緩薬を使用する以上,客観的な筋弛緩モニターを用いて,根拠に基づいた筋弛緩薬,筋弛緩拮抗薬の使用が現代の麻酔科学では求められている.

なお、日本での使用の実情とモニタリングの必要性から、 本項でいう筋弛緩薬は、とくに断りのない限り非脱分極性筋 弛緩薬であり、脱分極性筋弛緩薬は含んでいない。

## **2 筋弛緩モニタリングのための神経刺激**

### 

末梢神経の電気刺激では、個々の筋線維の反応はall or none (全か無か)であり、筋肉全体の収縮の反応は活性化された筋線維の数で決定される。十分な刺激強度で神経を刺激すれば、その神経で支配されている筋線維はすべて活性化され、最大の筋収縮が得られる。筋弛緩のモニタリングにおいてはこのような最大上刺激での電気刺激が必要であるが、この刺激は覚醒状態では痛みを伴う。

客観的筋弛緩モニタリングを正確に行うためには、筋弛緩薬を投与する前に最大上刺激値を決定して、かつ、センサーの適正な測定範囲に筋収縮反応が収まるような適正刺激値を決定するキャリブレーションを行って、コントロールの反応をとっておくことが望ましい。患者への痛みを避けるためには麻酔導入後、筋弛緩薬投与前に行うのがよい。最近の市販の筋弛緩モニターでは1分程度のきわめて短時間でキャリブレーションが可能になっている。

## 

- ▶ 単一刺激: 0.1~0.2 msec の幅の矩形波で、単一刺激を0.1~ 1 Hzの頻度で繰り返す.最大上刺激を求める際に用いられる基本的な刺激である.筋弛緩薬投与前のコントロール 反応に対する割合で評価する.
- ▶ 四連 (train of four: TOF)刺激: 0.2 msecの幅の矩形波による単一刺激を2 Hzで4回繰り返して行う(図4.3.1).

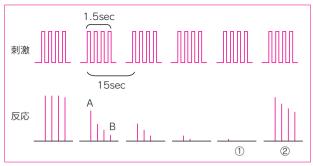


図4.3.1 四連刺激 (train of four: TOF): B/A

- ①一般的な外科的筋弛緩状態
- ②十分な回復の最低基準 (B/A>75%)

(中尾慎一編. 20141)

各単一刺激は4回の単収縮反応(T1-T4)を引き起こす.第1反応(T1)と第4反応(T4)の比(T4/T1)を四連反応比(TOF比)とよぶ.深い筋弛緩状態ではそもそも単収縮反応が出現しない.筋弛緩が回復していくにつれて単収縮反応が1回だけ出現し始め、徐々に2回、3回、4回と単収縮反応の数が増加していく.この単収縮反応の数をTOFカウントという.T4が出現するようになり、初めてTOF値が計算される.その値は筋弛緩の回復に従って次第に増大していく.

この刺激は臨床で最も多用されているが、その最大の理由は筋弛緩薬投与前のコントロールをとっておかなくても測定可能なことである。また、後述のダブルバースト刺激やテタヌス刺激よりも患者の痛みが少ない。しかしながら、神経刺激に対する筋収縮の反応がきわめて弱い、あるいは強い場合には、TOFに対する反応の一部がセンサーの測定範囲外になり、不正確な値を示す可能性があり、筋弛緩薬投与前のキャリブレーションはできるだけとっておくことが望ましい。

▶ テタヌス刺激: テタヌス刺激は通常50 Hzの高頻度刺激を 5秒間行う. 筋弛緩薬が投与されていなければこの刺激に 対して筋収縮は維持されるが, 非脱分極性筋弛緩薬の効果 中山書店の出版物に関する情報は、小社サポートページを御覧ください.

http://www.nakayamashoten.co.jp/bookss/define/support/support.html



# 麻酔ポケットマニュアル

2016年5月13日 初版第1刷発行 ◎ 〔検印省略〕

編集——中尾慎一

発行者——平田 直

発行所——株式会社 中山書店

〒112-0006 東京都文京区小日向 4-2-6 TEL 03-3813-1100 (代表) 振替 00130-5-196565 http://www.nakayamashoten.co.jp/

装 丁———株式会社 真興社

印刷·製本---株式会社 真興社

Published by Nakayama Shoten Co., Ltd. ISBN 978-4-521-74370-7

Printed in Japan

- 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、そのつど事前に、(社) 出版者著作権管理機構 (電話 03-3513-6969, FAX 03-3513-6979. e-mail:info@icopv.or.ip) 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。