

札幌医科大学医学部麻酔科



# 教育麻酔科講義ノート

第18版 2015年度

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY HOSPITAL

# Anesthesiology

SINCE 1957

講座のロゴマーク

# Anesthesiology

## はじめに

この「教育麻酔科講義ノート」は、学生諸君に麻酔科の講義をよく理解してもらうために、講義を担当する先生が講義時に使用する講義内容を中心にまとめたものです。これは、学生の意見を反映させて毎年改訂しています。臨床医学講座である麻酔科学講義の目的は、侵襲制御学である麻酔科学を机上で理解する以外に、来年行われる参加型臨床実習（Clinical Clerkship）を充実したものとするために、さらに将来どの臨床医を目指すとしても、それに必要な医学・医療の知識や情報を提供するものです。この講義ノートで予習することによって講義を理解しやすくなるだけでなく、復習することによってさらに理解が深まると思います。また、講義中は麻酔科に関わる先生方の興味深い話や閲覧するスライドや動画によって、さらに医学・医療の実情を知ることができるでしょう。先生方が強調したり、あるいは反復して述べていることは重要であり、その都度この講義ノートに書き加えたり、あるいは自分の作成したノートに記載して貼り付けるなどして各自で工夫することは、生涯学習としての基礎にもなります（→ポートフォリオ）。臨床実習に参加するようになると、直接医療行為を行うことができますが、それは各学生の知識や技術、さらに態度の評価・レベルによってさらに大きく異なってきます。是非、この臨床講義によって医師としての必要十分な力をつけてください。そして外科侵襲から患者さんを守る侵襲制御学の実践＝麻酔科学の扉を叩いてみてください。

札幌医科大学医学部麻酔科学講座 教授 山蔭 道明

## 目 次

### 1. 麻酔科学講義（第4学年講義）

(1) 「 麻 酔 総 論 」 山蔭 道明.....	4
(2) 「 吸 入 麻 酔 薬 , 気 道 管 理 」 山蔭 道明.....	14
(3) 「 静 脈 麻 酔 」 中山 穎人.....	21
(4) 「 筋 弛 緩 薬 」 新谷 知久.....	30
(5) 「 循 環 管 理 」 平田 直之.....	38
(6) 「 周術期管理 , 特殊な麻酔 」 新山 幸俊.....	49
(7) 「 周術期のモニタリング 」 枝長 充隆.....	56
(8) 「ペインクリニック, 神経ブロック」 岩崎 創史.....	70

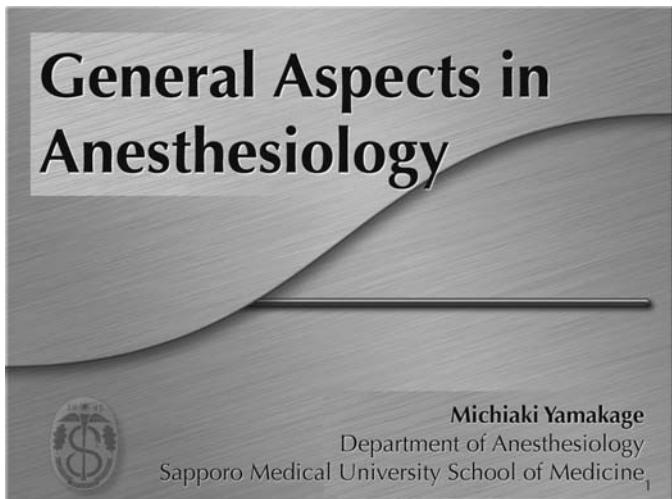
2. 臨床実習.....	79
--------------	----

3. マンガ 臨床実習 .....	89
-------------------	----



# 1. 麻醉科学講義

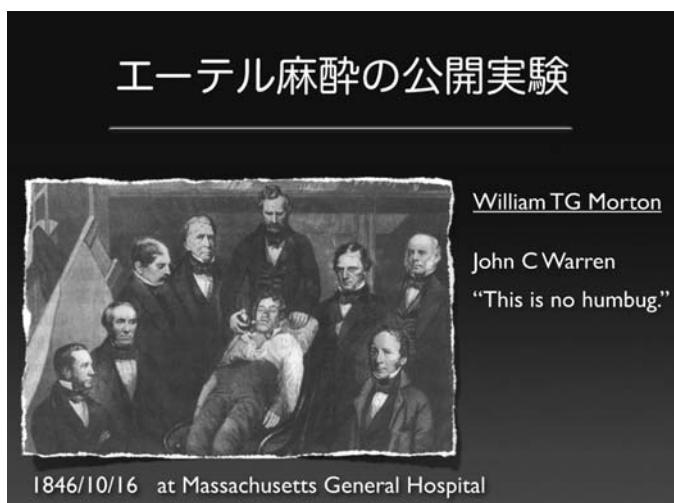
(第4学年講義)



## 麻酔 (Anesthesia) とは

Anesthesiaは、ana（否定）+esthesia（感覚）というギリシャ語を語源とした合成語である。

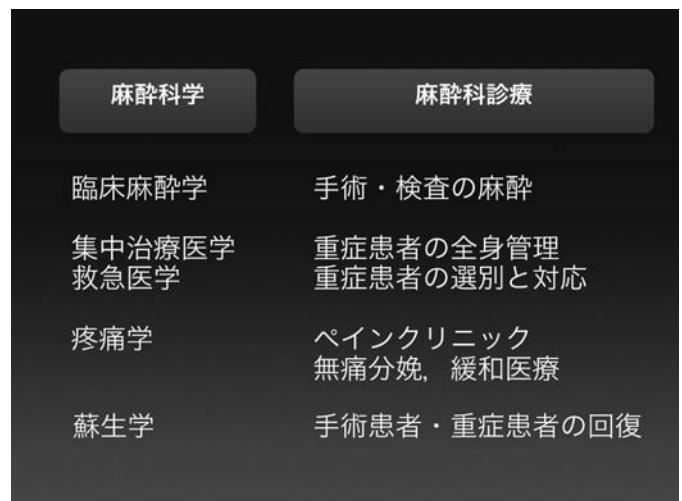
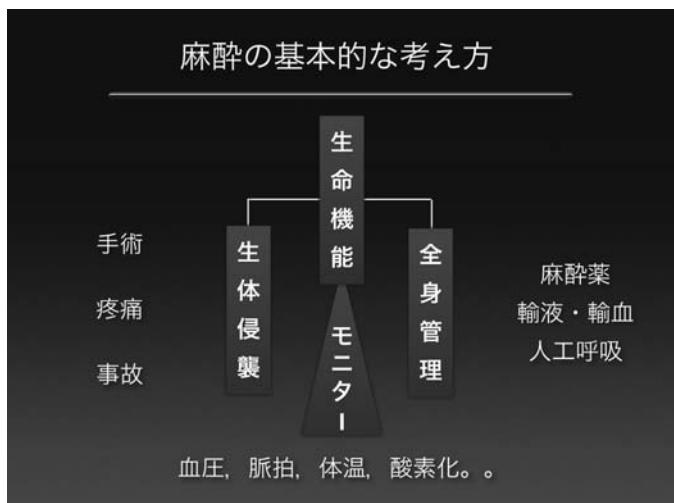
その定義は、生体が受ける深いな  
感覚を必要に応じて遮断し、生体  
のホメオスタシスを維持させること。

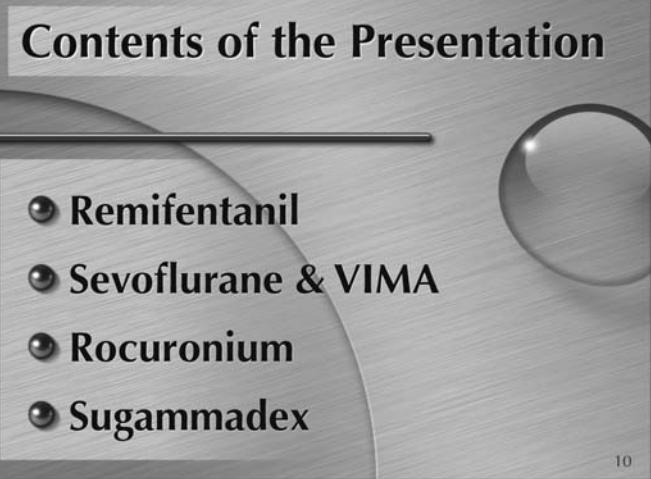
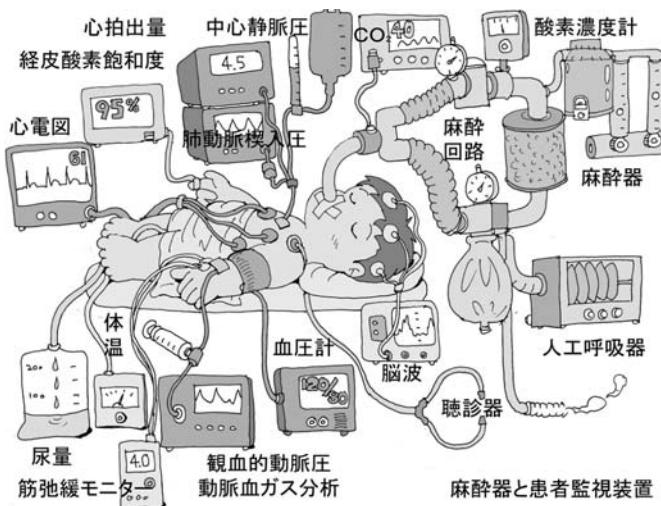
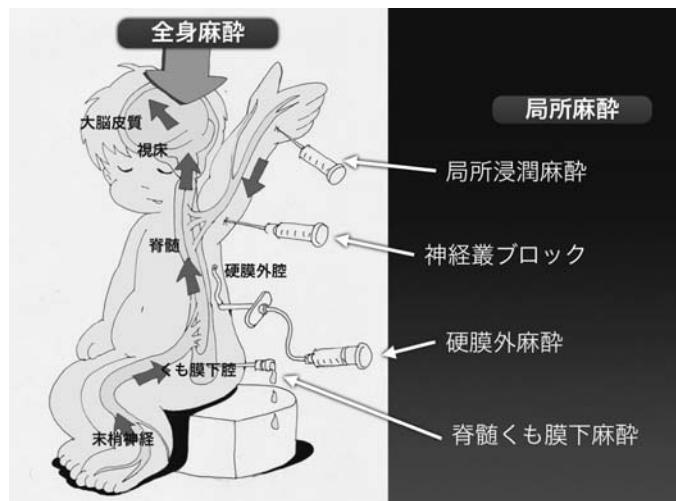


当時は、麻酔の知識や技術が不十分なため、麻酔による合併症、死亡例が多発した。

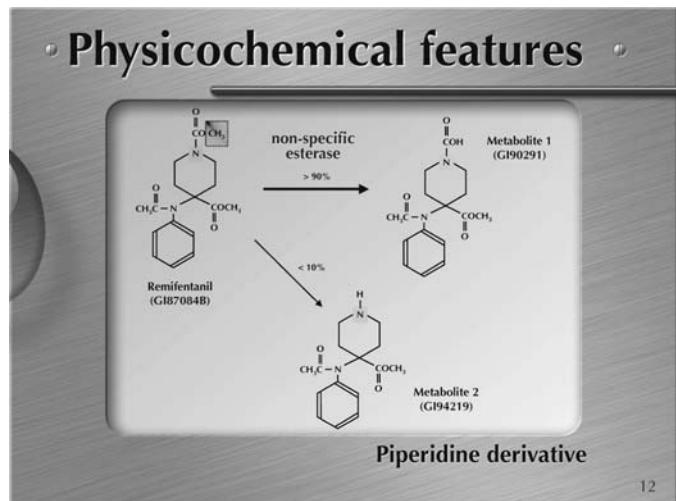


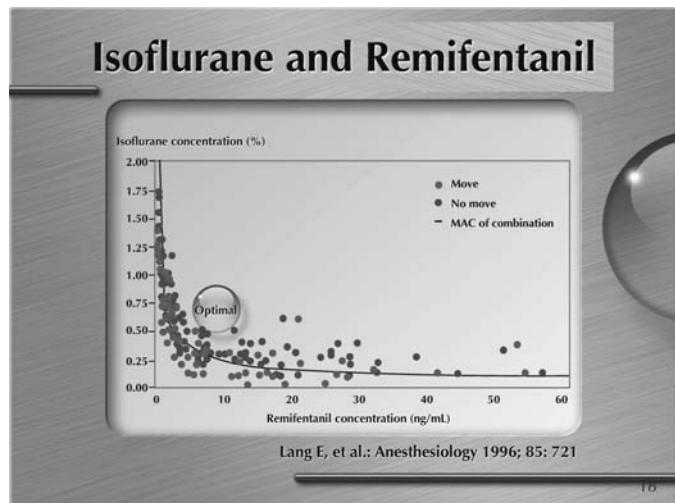
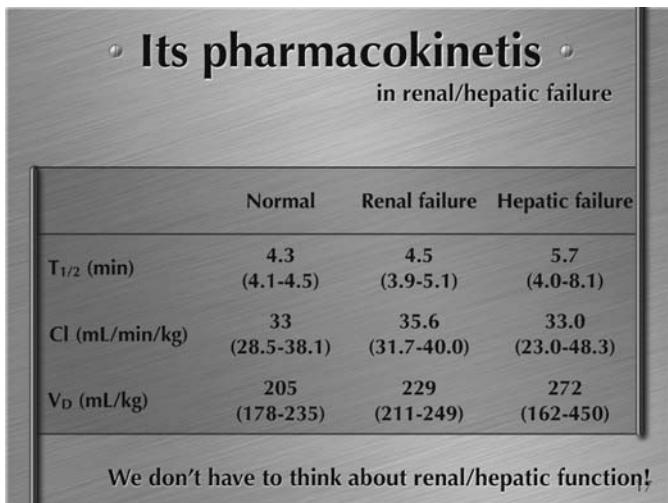
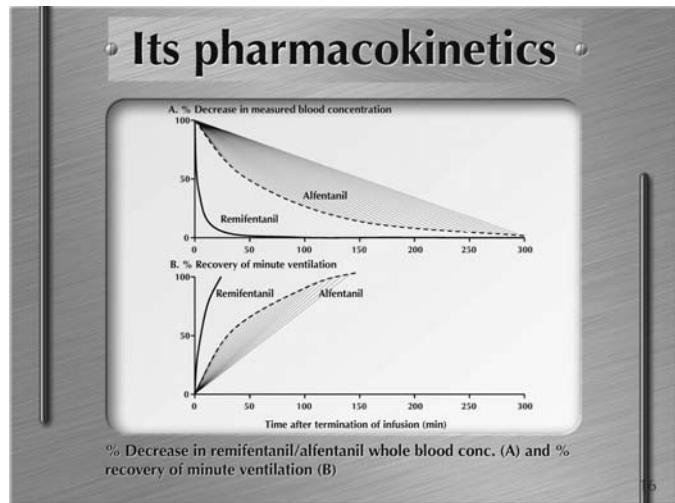
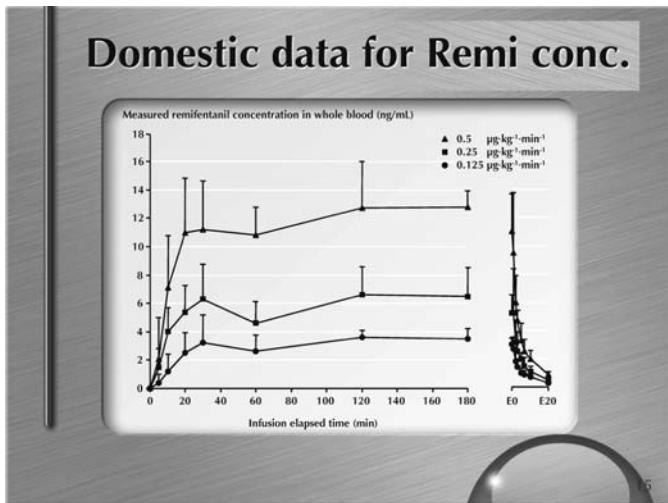
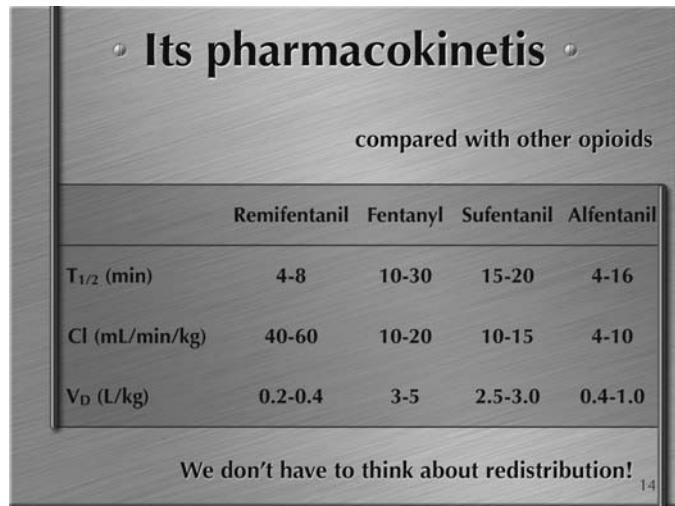
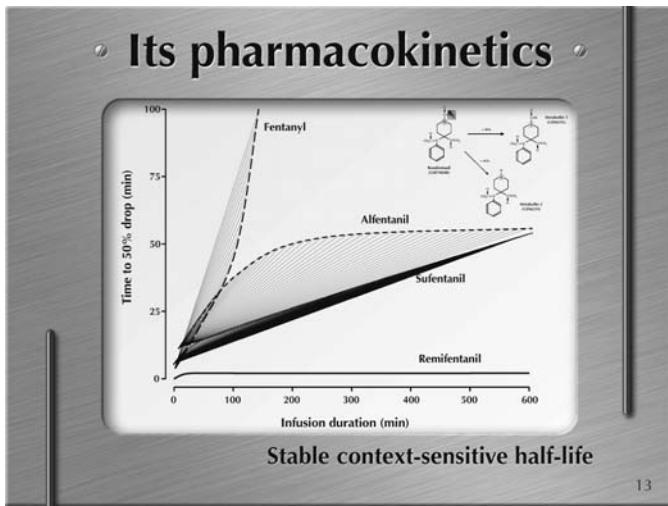
麻酔の重要性が認識され、麻酔の臨床的・基礎的研究が行われるようになった。

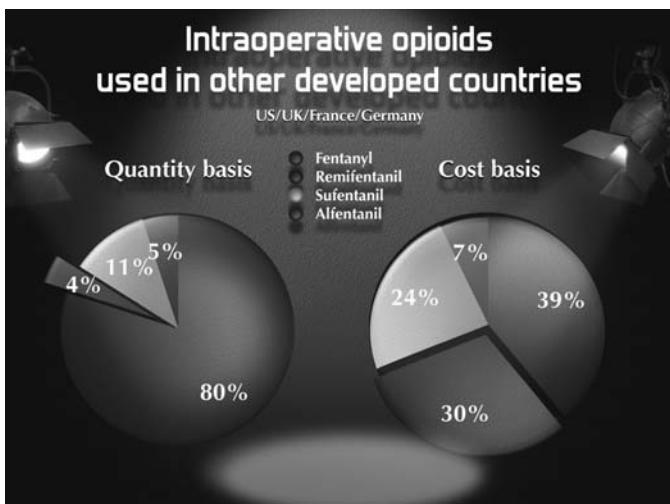
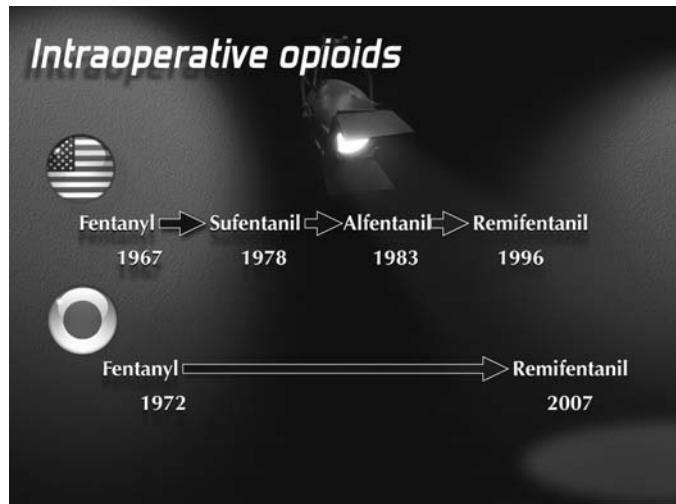
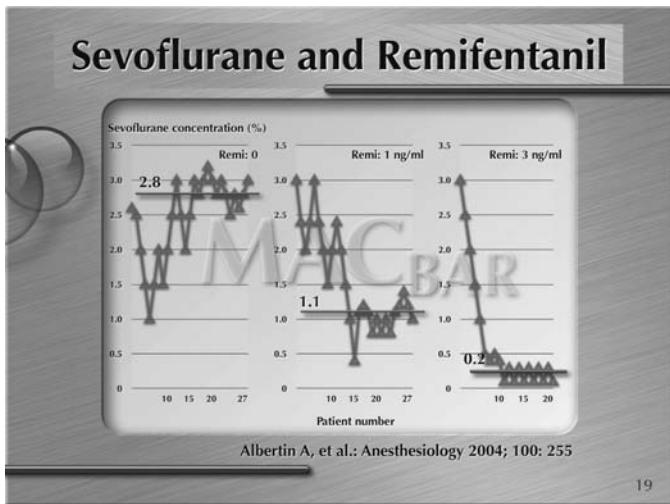




# Remifentanil







### Summary

- Pharmacokinetics of remifentanil is simple!!
- Remifentanil (0.1~0.3 µg/kg/min) is clinically useful with another anesthetic propofol or sevoflurane.
- Rapid and silent recovery is also characteristic, but we should deal with postoperative pain.

22



## Barbiturates

● Exacerbation of Asthma

● Incidence of Wheezing - Anesthesiology 1995;82:1111

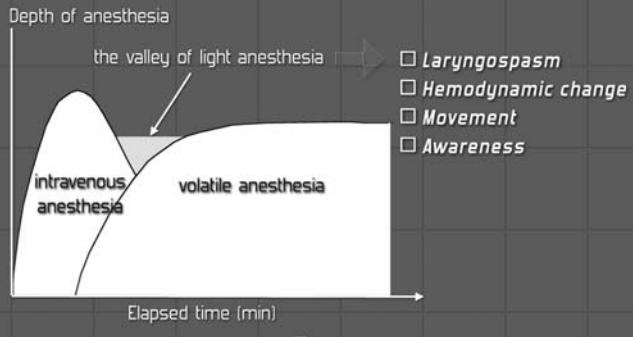
	Total	Thiobarbiturate	Oxybarbiturate	Propofol
Asthmatics				
No	15/59	9/20	6/23	0/16
Incidence	25%	45%	26%	0%
Non-Asthmatics				
No	6/96	5/32	1/32	0/32
Incidence	6%	16%	3%	0%
	25			

## Propofol

● Pain on injection of propofol

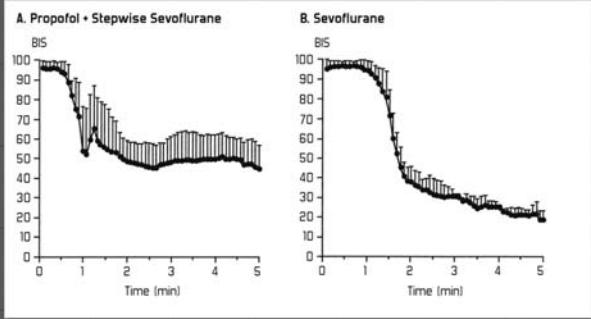
● Hypotension

## Depth of Anesthesia

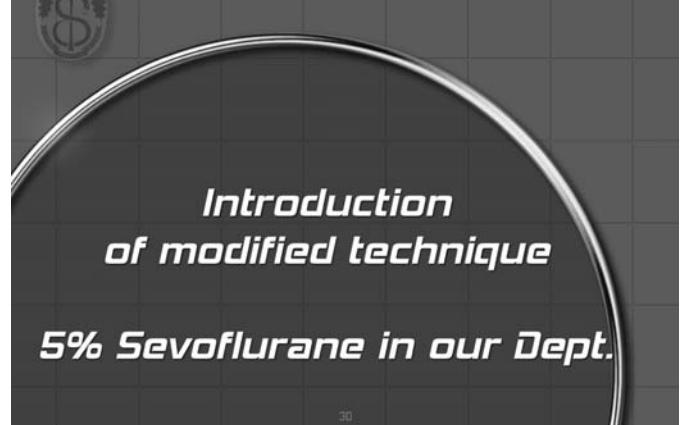
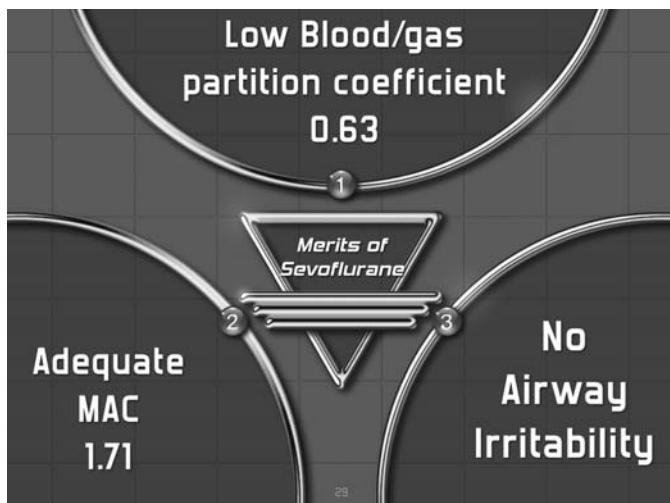


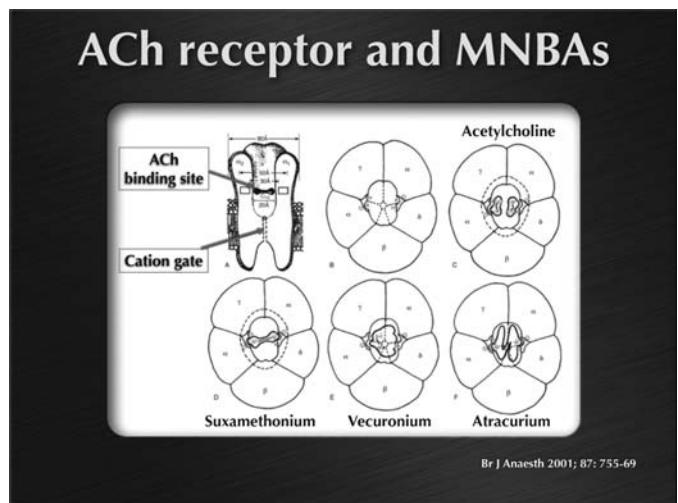
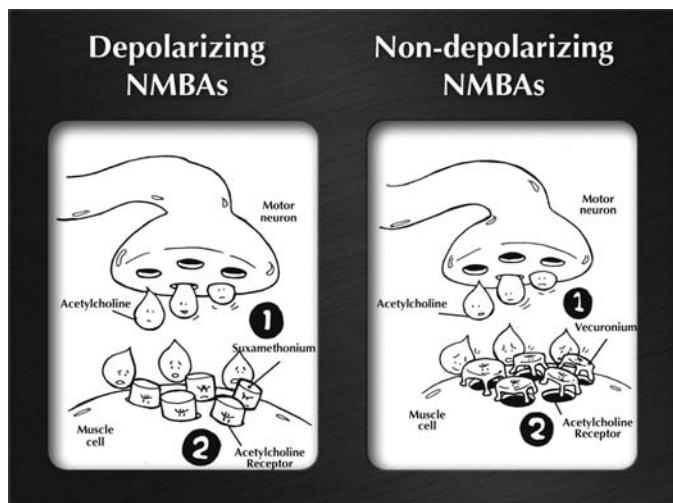
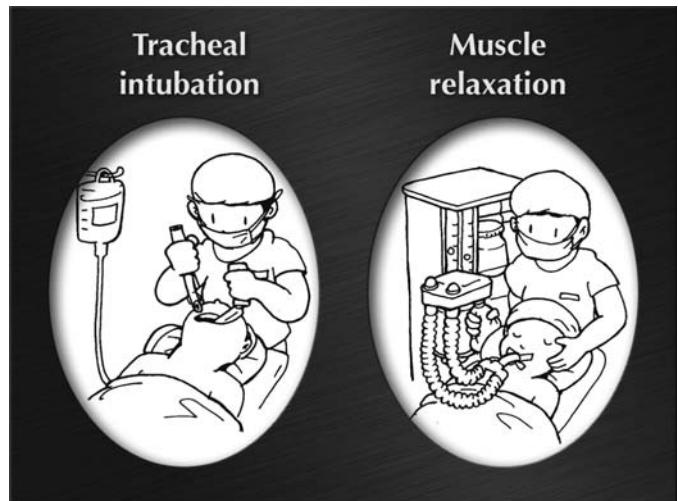
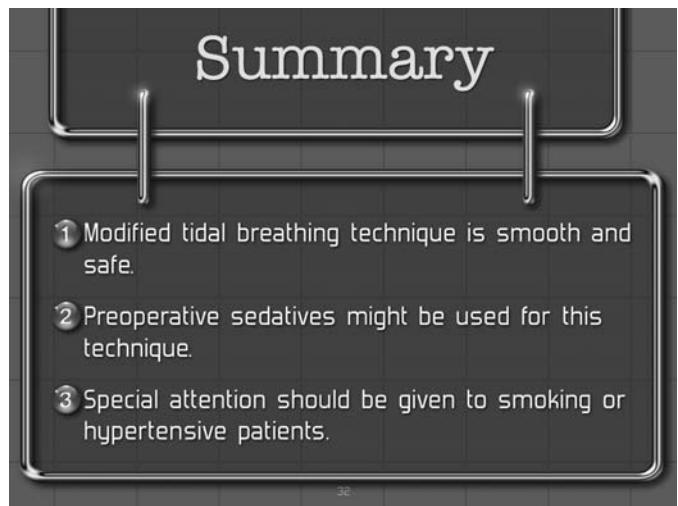
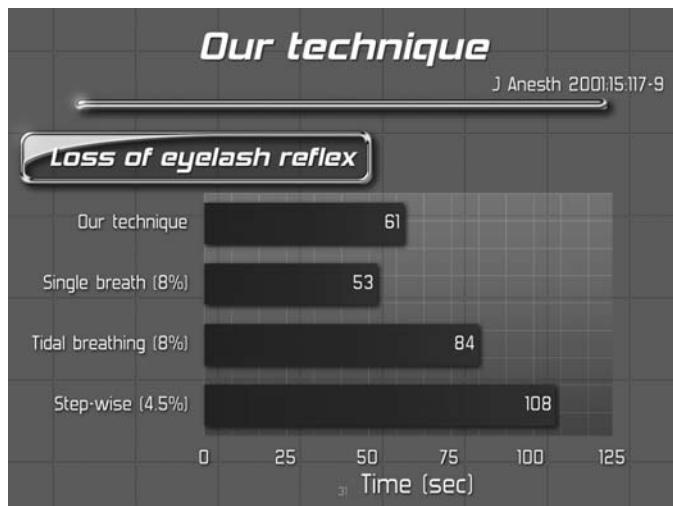
27

## Changes in BIS during anesthetic induction



28





## Rocuronium bromideの名称の由来

**Rocuronium**  
= **R**apid + **O**nset + **c**uronium

作用発現の速い筋弛緩 (curarization)

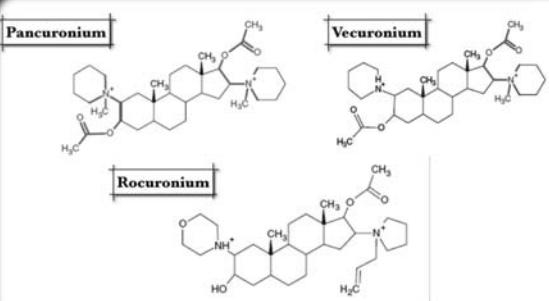
## 筋弛緩剤の分類

- 脱分極性筋弛緩剤  
サクシン<sup>®</sup> (スキサメトニウム)
- 非脱分極性筋弛緩剤  
エスラックス<sup>®</sup> (ロクロニウム)  
マスキュラックス<sup>®</sup> (ベクロニウム)  
ミオブロック<sup>®</sup> (パンクロニウム)

## 筋弛緩剤の分類

- 短時間作用性の筋弛緩剤 (Short acting)  
スキサメトニウム
- 中時間作用性筋弛緩剤 (Intermediate)  
エスラックス<sup>®</sup>, マスキュラックス<sup>®</sup>
- 長時間作用性筋弛緩剤 (Long acting)  
ミオブロック<sup>®</sup>

## アミノステロイド系筋弛緩剤

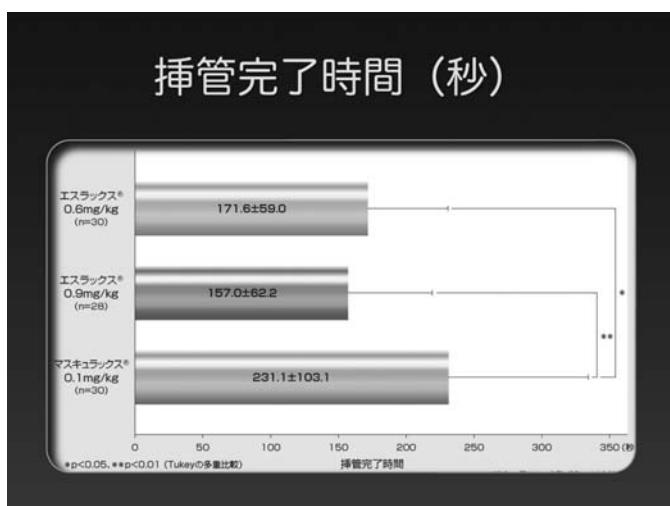
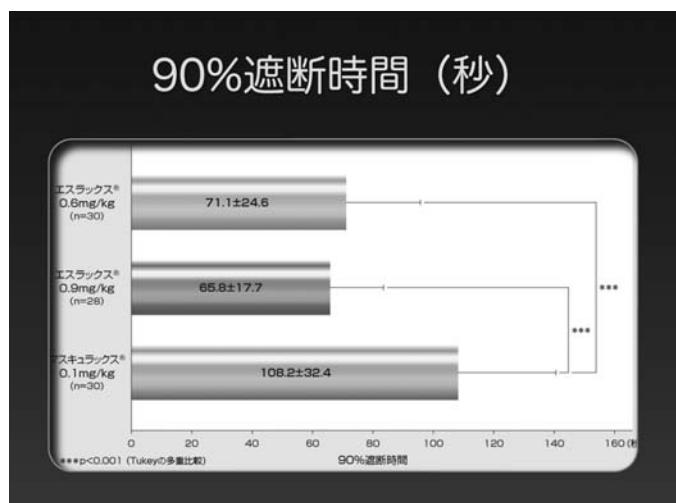
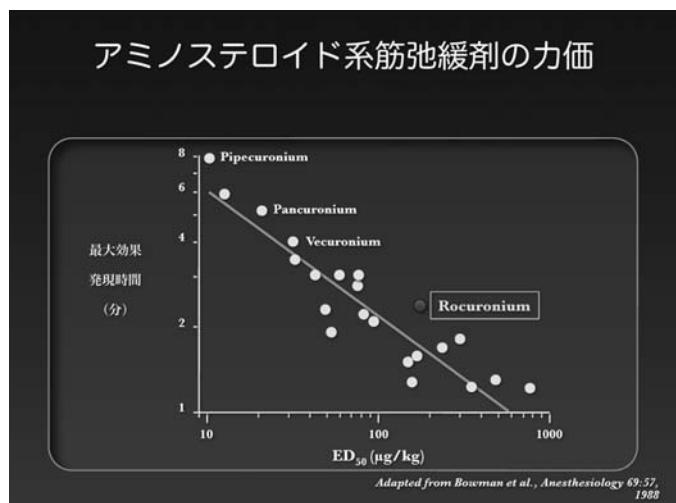
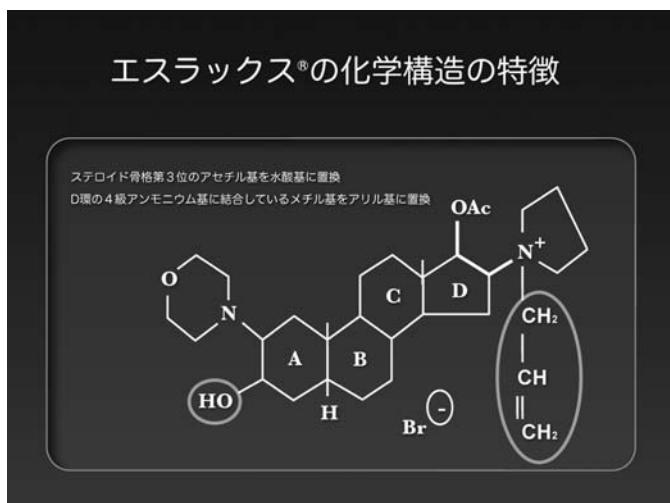


## マスキュラックス<sup>®</sup>で必要とされる改善点

1. 作用発現時間がスキサメトニウムに比べかなり遅い。
2. 安定性がよくない。
  - ・ 水溶液製剤にできなかった。  
(凍結乾燥品で使用直前に溶解させる必要がある)
3. 代謝物 (3-OHベクロニウム) に活性がある。
  - ・ 長時間用いると作用持続時間が延長する。
  - ・ 持続注入に適さない。

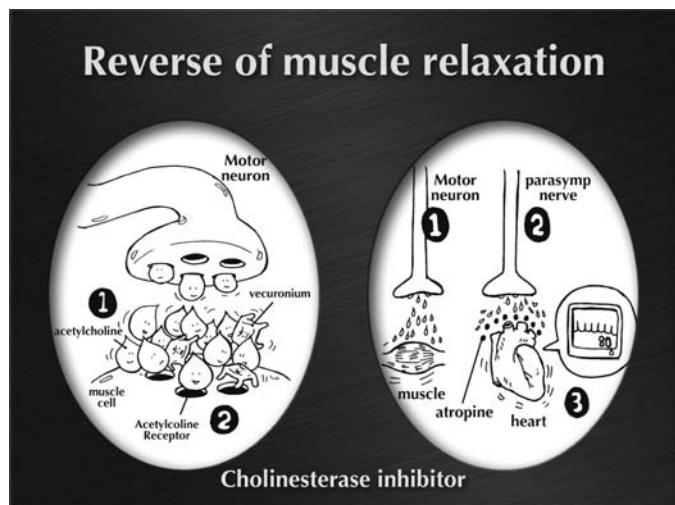
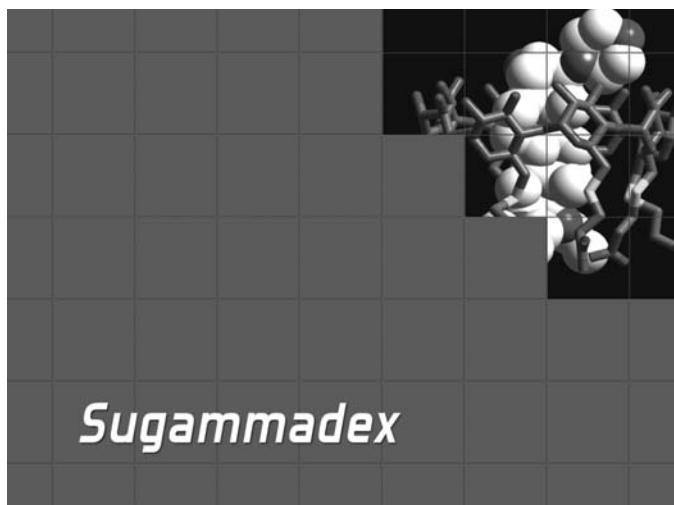
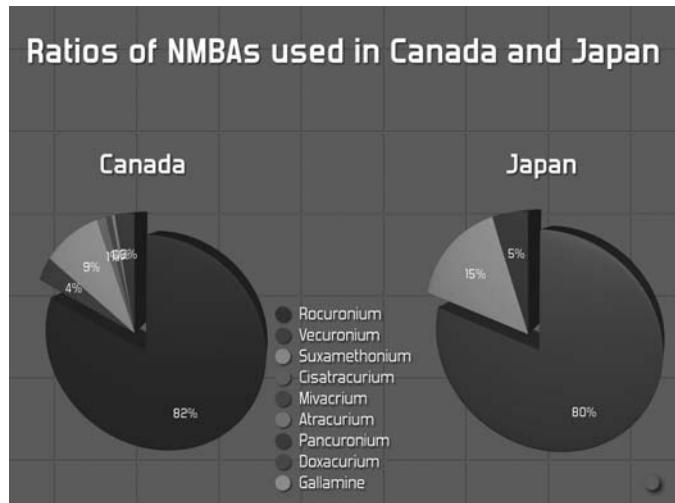
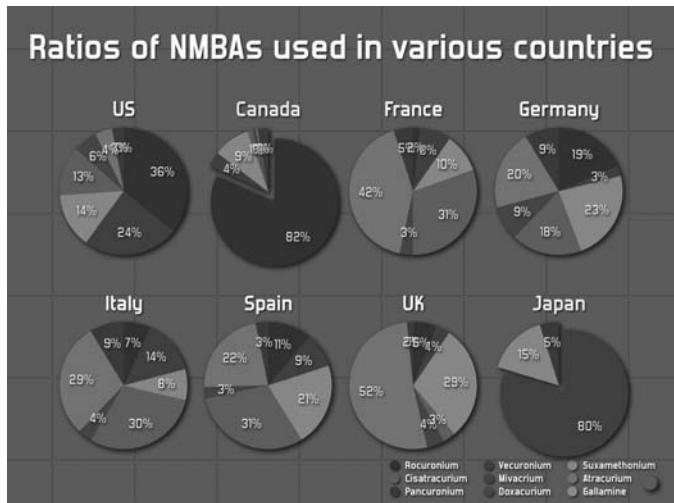
## エスラックス<sup>®</sup>の開発テーマ

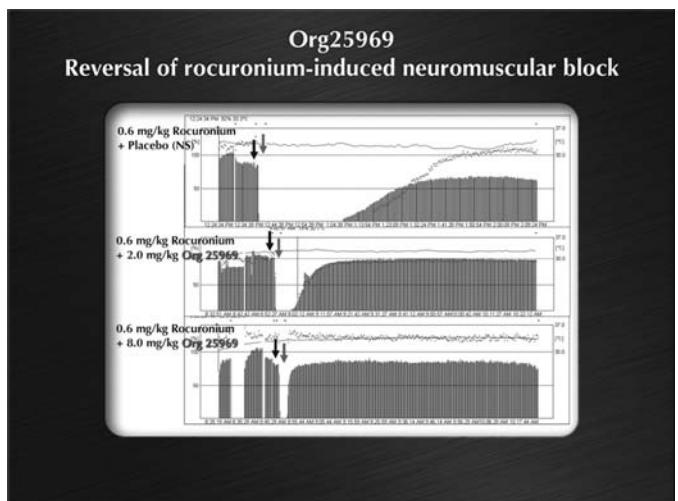
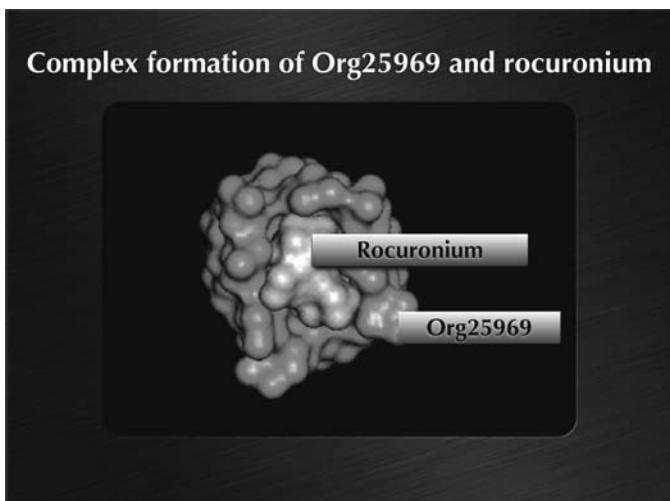
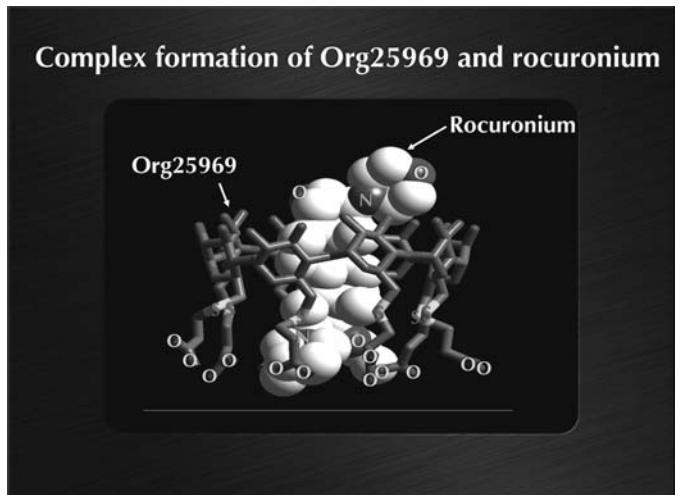
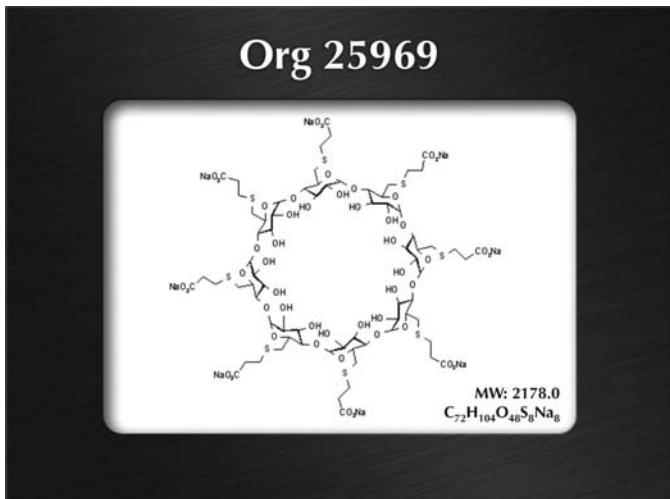
- 作用発現を速くする：  
作用発現の速い非脱分極性筋弛緩剤を開発するには、効力の弱い筋弛緩剤を開発する。投与量を増加させて投与すれば、神経筋接合部に早く到達し、結果として作用発現が速まる。
- 作用持続時間：  
ベクロニウムとほぼ同等の中時間作用性
- 活性代謝物の影響で効果が遷延しないこと  
持続注入にも適している。
- 水溶液で安定



# 1 麻醉總論

Generic name	Trade name	Corporation	First launched	US	Japan
Suxamethonium Succin, Relaxin			1951 in Germany	1975	1955
Pancuronium Mioblock, Pavulon	Organon		1966 in France	1974	1973
Vecuronium Musculax, Norcuron	Organon		1982 in Netherlands	1984	1988
Piperacuronium Arduan, Arplon	Organon		1993 in Hungary	1990	Discontinued
Rocuronium Esmeron, Zemuron	Organon		1994.4 in US	1994.4	2002.10.02
Atracurium Tracurum	GW, Abbott		1982 in UK	1984	
Mivacurium Mivacron	GW, Abbott		1992.4 in US	1992	
Cis-atracurium Nimbex	GW, Abbott		1996.1 in UK	1996.2	





## Conclusion

- Vecuronium must be replaced by Rocuronium in Japan.
- Rocuronium can be used as crash intubation.
- Rocuronium can be used by continuous infusion with propofol/sevoflurane and remifentanil/fentanyl.
- Sugammadex can enhance the safety of muscle relaxation for general anesthesia.

吸入麻酔薬

# Inhalation Anesthetics

山蔭 道明

札幌医科大学医学部麻酔科

## 吸入麻酔薬の種類と薬理作用

### ●揮発性吸入麻酔薬

- 常温で液体である麻酔薬を気化器を用いて気化させてから使用する
- エーテル、ハロタン、エンフルラン、イソフルラン、セボフルラン、デスフルラン

### ●ガス性吸入麻酔薬

- 常温では気体であるが、圧縮ボンベ内では液体化している。
- 亜酸化窒素（笑気）、キセノン

## 1. 挥発性吸入麻酔薬

### ●一般教育目標 (GIO)

- 揮発性吸入麻酔薬の薬理作用やその特徴を理解する。

### ●個別行動目標 (SBOs)

- 現在使用されている揮発性吸入麻酔薬の種類を列挙できる。
- 理想的な吸入麻酔薬の条件を列挙できる。
- 揮発性吸入麻酔薬の物理化学的性質で、とくに分配係数と最小肺胞内濃度 (MAC) について説明できる。
- 各揮発性吸入麻酔薬の呼吸・循環に対する作用の特徴を説明できる。
- 揮発性吸入麻酔薬の代謝・排泄について、とくにハロタンとセボフルランの肝・腎機能に及ぼす影響を説明できる。



## A. 挥発性吸入麻酔薬とは？

- 沸点が常温より低く、常温下では液体で存在する吸入麻酔薬を揮発性吸入麻酔薬という。
- デスフルランは蒸気圧 (20°Cで699mmHg) が大気圧に近いため、正確な濃度で供給するために特殊な加熱加圧式の気化器が必要とする。
- ガス麻酔薬（亜酸化窒素など）は流量計で正確な濃度で供給することができるが、揮発性吸入麻酔薬を使用する際には気化器が必要となる。
- 揮発性吸入麻酔薬は常温下で液体で存在するため、持ち運びや保管が簡単である。

## 全身麻酔とは

投与した全身麻酔薬が、中枢神経系において神経細胞の機能を可逆性に抑制し、無痛状態をもたらすもので、意識の消失を伴う。

### 鎮 痛

自律神経反射の抑制

### 催 眠

### 不 動

## 理想的な吸入麻酔薬の条件

- 麻酔作用が強く、低濃度で使用できる。
- 安全域が広い。
- 麻酔作用が可逆性である。
- 導入・覚醒が速やかで、かつ円滑に施行できる。
- 満足すべき催眠作用、鎮痛作用、ならびに骨格筋弛緩作用がある。
- 化学的に安定しており、他の薬物との間に不都合な相互作用がない。
- 生体内代謝率が低く、かつ代謝産物に毒性がない。
- 不燃性、非爆発性である。
- 臓器（肝、腎など）毒性がない。
- 気道刺激作用や刺激臭がない。
- 呼吸・循環の抑制作用が軽度である。
- 有害な自律神経反射を抑制する。
- 気管支拡張作用を有する。
- 習慣性、耽溺性がない。
- 発癌性、催化性がない。
- 安価である。

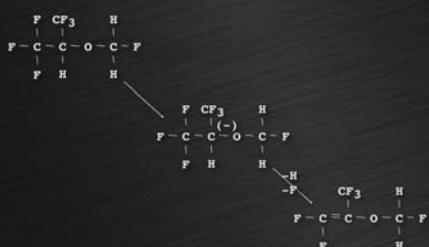
## B. 挥発性吸入麻酔薬の種類

- 現在使用可能な揮発性吸入麻酔薬はハロタン、エンフルラン、イソフルラン、セボフルラン、およびデスフルランの5種類で、すべて不燃性かつ非爆発性である。
- 日本では現時点でデスフルランの使用が許可されておらず、主にイソフルランとセボフルランが使用されている。

## C. 挥発性吸入麻酔薬の物理化学的性質 2) 分子量、蒸気圧、分配係数

分子量	197	184.5	184.5	197.4	168
蒸気圧 (mmHg, 20°C)	244	172	240	160	699
燃焼性	—	—	—	—	—
分配係数					
血液/ガス	2.4	1.9	1.4	0.68	0.42
脳/血液	1.9	1.5	1.6	1.7	1.3
油/ガス	244	98.5	94.0	53.7	48.7
MAC (%)、ヒト	0.75	1.68	1.15	1.71	7.25
ソーダライム中での安定性	不安定	安定	安定	不安定	安定

## ソーダライム (二酸化炭素吸收剤) との反応性



## C. 挥発性吸入麻酔薬の物理化学的性質

### 1) 化学構造



## MACとは？

### ● 最小肺胞内濃度 (minimum alveolar concentration: MAC)

- イヌのしっぽをピンチ（挟む）したときに50%のイヌがそれを払いのけるあるいはしっぽを引っ込めるような体動を引き起こした場合の、麻酔薬の濃度をいう。
- 麻酔薬の力値を評価する際の指標
- ハロタンが0.75%と最も小さく、次いでイソフルランの1.15%、エンフルランの1.68%、セボフルランの1.71%であり、デスフルランは7.25%と最も大きい。
- MACは油/ガス分配係数ときわめて逆相関の関係にあることから、吸入麻酔薬の機序の一つとして脂質説 (Meyer-Overton説) が提唱されている。

## D. 挥発性吸入麻酔薬の薬理作用

### 1) 呼吸器系に対する作用

- 程度は異なるものの、すべての吸入麻酔薬は用量依存性に呼吸を抑制する。
- 呼吸パターン：一回換気量は減少する。呼吸数は増加する。
- 動脈血CO<sub>2</sub>分圧：濃度依存性に上昇する。その作用はエンフルランとデスフルランが最も強い。
- CO<sub>2</sub>に対する換気応答：セボフルランが最も保たれる。
- 気管支拡張作用：すべての吸入麻酔薬にその作用があるが、ハロタンが最も強い。
- 気道刺激性：ハロタンとセボフルランは気道刺激性がなく、緩徐導入に適する。イソフルランとデスフルランは気道刺激性が強いため、緩徐導入には不適切である。

## 2 吸入麻酔薬、気道管理

### D. 振発性吸入麻酔薬の薬理作用

#### 2) 循環器系に対する作用

- 呼吸に対する作用と同様、すべての吸入麻酔薬に循環抑制作用がある。
- 血圧：低下させる。ハロタンとエンフルランは心筋収縮力の抑制に依存し、イソフルランとセボフルランは末梢血管の拡張に依存して、血圧を低下させる。
- 心拍数：ハロタンとセボフルランは変化させないが、イソフルランとデスフルランは気道刺激性に依存し増加させる。
- 心拍出量：低下させるがハロタンとエンフルランが著明である。
- 体血管抵抗：イソフルランとデスフルランで著明である。
- 冠動脈拡張作用：イソフルランとセボフルランに作用がある。
- 不整脈誘発作用：ハロタンにある。アルカン族に特異的である。

### D. 振発性吸入麻酔薬の薬理作用

#### 3) 代謝物

- 代謝率は、ハロタンが約20%と最も高く、次いでセボフルランの3.0%、エンフルランの2.4%である。イソフルランとデスフルランはそれぞれ0.2%、0.02%と低い。
- ハロタンは肝障害で問題となるトリフルオロ酢酸やラジカル中間体 ( $CF_3-COCl$ ) を多量に産生する。エンフルランやイソフルランも同様の代謝物を産生するが、その量は少ない。
- セボフルランは、ヘキサフルオロイソプロパノールと無機フッ素を産生し、トリフルオロ酢酸は産生しない。

## 揮発性吸入麻酔薬の薬理作用

気管支拡張作用	+++	++	++	++	++
気道刺激性	-	±	+	-	++
心拍数増加作用	±	+	++	-	++
心拍出量低下作用	++	++	-	+	-
体血管抵抗低下作用	-	+	++	+	++
不整脈誘発作用	+	-	-	-	-
肝障害	+	±	-	-	-
腎障害	-	±	-	-	-



## 吸入麻酔薬の作用機序

吸入麻酔薬は、それに対する選択的な吸入麻酔薬受容体を持っているわけではなく、そのためその拮抗薬も存在しない。吸入麻酔薬の作用機序はその物理化学的特性と深く関わっているとする説がある。脂溶性が高いほど麻酔作用が強いことから、細胞膜（脂質二重膜）に溶け込む分子の数（量）に依存して細胞機能を抑制するというものである（Meyer-Overton仮説）。

## 2. ガス性吸入麻酔薬



### ●一般教育目標 (GIO)

- 亜酸化窒素の物理化学的性質と薬理作用を理解する。

### ●個別行動目標 (SBOs)

- 亜酸化窒素の物理化学的特性を述べることができる。
- 亜酸化窒素の血液／ガス分配係数について説明できる。
- 亜酸化窒素の薬理作用を述べることができる。
- 亜酸化窒素の臨床使用上の問題点を列挙できる。

## A. 物理化学的性質

- 無色、非刺激性でわずかに甘い香りがする。
- 麻酔用いる濃度では非爆発性、不燃性である。
- 化学式は  $N_2O$ 、分子量は44で空気よりわずかに重い。
- 沸点は  $-89^{\circ}C$ 、蒸気圧は  $39,800\text{mmHg}$  ( $20^{\circ}C$ ) のガス麻酔薬である。
- 血液／ガス分配係数 : 0.47
- 中央配管で供給される、ポンベもある。
- ポンベ内では90%が液化亜酸化窒素で、よって内圧はすべて気化するまでは一定で、ガスだけになると短時間で空になる。

## B. 薬理作用および特徴

- 中枢神経系に対する作用：MACは105%と麻醉作用は弱い。催眠作用はほとんどない。つまり、鎮痛作用がメインである。
- 循環器系に対する作用：心筋収縮力をやや低下させるが、交感神経刺激作用があるため、心臓に問題のない患者では循環抑制は見られない。
- 呼吸器系に対する作用：気道に対する刺激性はない。CO<sub>2</sub>に対する換気応答には変化がない。
- その他：体内で直接代謝されることはない。肝毒性、腎毒性、筋弛緩作用はない。長期の使用で骨髄造血機能の抑制が報告されている。

## C. 臨床上の問題点

- 閉鎖腔がある場合：亜酸化窒素の血液／ガス分配係数は、他の吸入麻酔薬と比較して非常に小さいものの、空気中に80%存在する窒素と比較すると、34倍と大きい。そのため、体内に空気（窒素）を含む腔があると、理論上、窒素が血液に移行する34倍の速さで亜酸化窒素が閉鎖腔に移行し、閉鎖腔の増大および内圧の上昇をきたす。実際の臨床でも、閉鎖腔の容積や内圧は2倍以上になるので注意する。例）イレウス、鼓室形成術、気脳症など
- 拡散性低酸素性血症（Diffusion Hypoxia）：麻酔導入時は、亜酸化窒素が速やかに血中に移行するため、肺胞の酸素濃度は低下しにくい。麻酔覚醒時は逆に血中から亜酸化窒素が肺胞に移行し、肺胞酸素濃度が低下するため、低酸素血症に陥りやすい。そのため、覚醒時には十分な酸素投与が必要となる。

吸入麻酔薬による麻酔導入維持法

VIMA

*Volatile Induction and Maintenance of Anesthesia*

Any Questions ?



Dept. Homepage: <http://web.saphmed.ac.jp/masui>  
My e-mail: yamakage@saphmed.ac.jp

麻醉科医にとっての気道確保

# Airway & Ventilation

山陰 道明  
札幌医科大学医学部麻酔科

## お話しさせていただく項目

- マスク換気、気管挿管
- 経鼻挿管
- ラリンジアルマスク
- 片肺換気
- 挿管困難

## 教育目標

- 一般教育目標 (GIO)
- 麻酔科的気道確保を習得する。
- 個別行動目標 (SBOs)
- マスク換気法を習得する。
- 気管挿管法を習得する。
- 挿管困難症への対処法を習得する。



## マスク換気

- マスク換気
- 気管挿管などの確実な気道の確保ができないとも、マスク換気を十分に備わっていれば、救命救急処置の現場では有効である。マスク換気は見た目よりも難しく修練を必要とする。
- マスク換気による全身麻酔の維持
  - 他に合併病変が認められない健康な患者
  - 短時間の手術
  - 低侵襲な手術

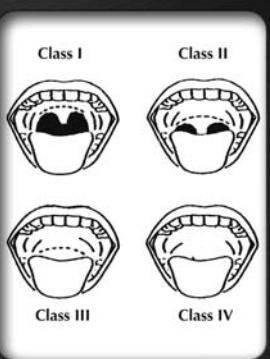
## 気管挿管

- 気管挿管
- 全身麻酔を受ける患者にとって最も安全な気道確保法であり、かつ多用されている方法である。合併症を引き起こすことなく気管挿管を行うためには、上気道の解剖や適切な器具と薬物、とくに筋弛緩薬に対する知識が必要である。
- 気管挿管の難易度を予測する検査
  - 咽頭に対する舌の大きさ
  - 環椎後頭骨関節の伸展
  - 下顎前方の空間

## 咽頭に対する舌の大きさ

Mallanpatiの分類

- 頭を中立位
- 口を最大限に開く
- 舌を突出させる



Class I                    Class II

Class III                    Class IV

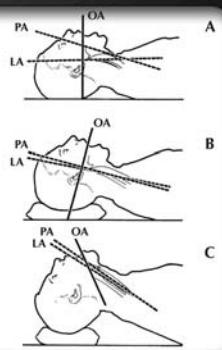
Class III~IVであれば、挿管困難が予想される。

## 環椎後頭骨関節の伸展

### Sniffing position で観察

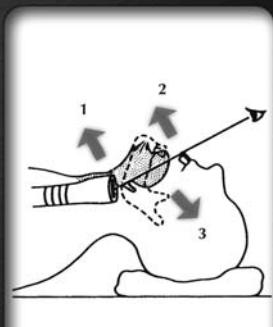
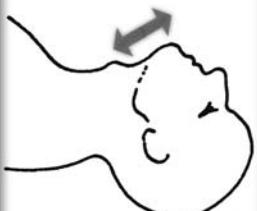
- 枕を入れ、できる限り環椎後頭骨関節を伸展させる。
- 正常では35度程度伸展できる。
- 伸展の度合いが低い場合（例えば肥満、猪首），挿管困難が予想される。

OA: 口腔軸  
PA: 咽頭軸  
LA: 喉頭軸



## 下顎前方の空間

甲状腺軟骨切痕～おとがい先端  
>6 cm



## 気管内チューブのサイズと長さの関係

年齢	内径 (mm)	口唇からの適切な長さ (cm)	気管内径 (mm)	気管の長さ (cm)	口唇から気管分岐部までの距離
未熟児	2.5	6			
成熟新生児	3.0	10			
1~6ヶ月	3.5	11	5	6	13
6~12ヶ月	4.0	12			
2歳	4.5	13			
4歳	5.0	14			
6歳	5.5	15			
10歳	6.5	16	8	8	18
12歳	7.0	17-18			
14歳	7.5	19-20	20 (男性) 15 (女性)	14 (男性) 12 (女性)	28 (男性) 24 (女性)
14歳以上	8.0-8.5	20-22			

経鼻チューブの場合は2~3 cmを加える。

## ラリンジアルマスク

- ラリンジアルマスク=喉頭マスク
- 気管挿管ほどではないが、上気道を確保して全身麻酔を行うことが可能である。

## LMAの禁忌

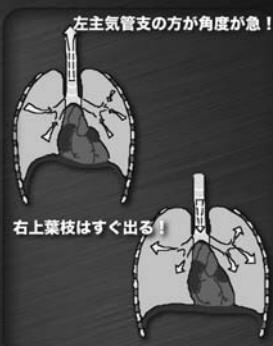
### 絶対的禁忌

- フルストマック
- 消化管通過障害、イレウス
- 挿管困難が過去に指摘されている患者
- 上部消化管手術（胆嚢を含む）の既往
- 腹臥位症例
- 上気道の炎症・腫瘻（気道狭窄のあるもの）
- 気管支喘息重積発作

### 相対的禁忌

- 長時間症例（例えば3時間以上の麻酔症例）
- 肥満
- 扁桃肥大
- Wet lung（気道分泌物や出血のある場合）
- 低肺機能患者
- 頭頸部手術
- オピオイド使用患者
- 載石位

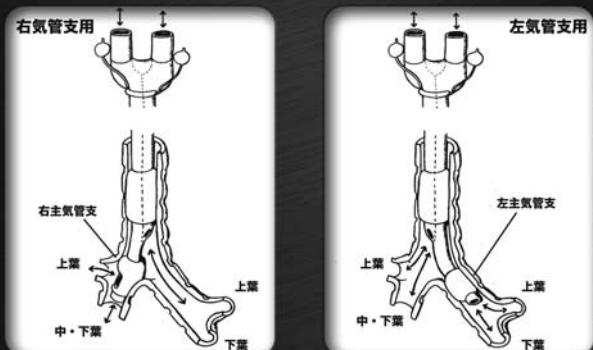
## 肺の構造



## 片肺換気 (OLV) の適応

- 肺腫瘍切除術
- 気胸根治術
- 食道癌根治術
- 胸部下行大動脈瘤
- Volume reduction surgery

## ダブルルーメンチューブ



## OLV の注意点

- チューブトラブル
  - チューブの位置異常による換気異常
  - 体位変換、頭部位置異常
- 低酸素血症
  - 間欠的両肺換気、酸素の吹きつけ、PEEP
- 酸素中毒
  - 特発性間質性肺炎患者では注意が必要！

札幌医科大学医学部医学科 麻酔科講義

## 静脈麻酔 Intravenous Anesthesia

札幌南三条病院 麻酔科  
中山禎人



札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山禎人

### 今日の目標

静脈麻酔薬の特徴、種類(特性と副作用)、および臨床での使用目的を理解する。

- 1 静脈麻酔とは
- 2 主な静脈麻酔薬
- 3 これからの静脈麻酔

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山禎人

### 1 静脈麻酔とは

全身麻酔の一種。全身麻酔薬には、吸入麻酔薬と静脈麻酔薬がある。

静脈麻酔=静脈麻酔薬を静脈内に入れて全身麻酔を得る方法。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山禎人

### 麻酔管理とは…?

- ・ 薬物によって可逆的に感覚を消失させ、(手術)侵襲から生体を守り、生命維持を行うこと
  - ・ 呼吸管理
  - ・ 循環管理
  - ・ 体液管理
  - ・ 体温管理
  - ・ 中枢神経管理
- ・ 手術中、刻々と変化する全身状態への対応が必要になる。



札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山禎人

### 麻酔法の種類

- ・ 麻酔法
  - ・ 全身麻酔
  - ・ 局所麻酔

全身麻酔：麻酔薬を中枢神経に作用させ、意識を可逆的に抑制し、鎮痛・鎮静作用を得る。

局所麻酔：麻酔薬を局所に作用させ、末梢神経の伝導を可逆的に遮断することで鎮痛作用を得る。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山禎人

### 静脈麻酔の利点1

- 吸入しなくても麻酔が可能（臭くない。息を止めても大丈夫）
- 静注後、非常に短時間で麻酔導入が可能 — 興奮期を最短に出来る

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山禎人

---



---



---



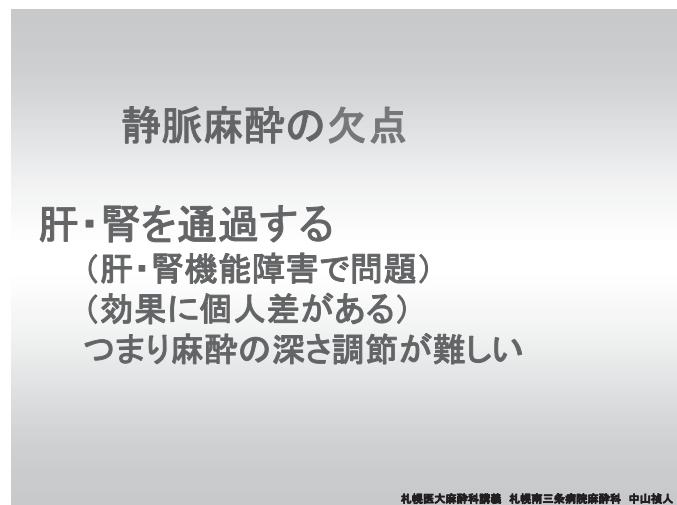
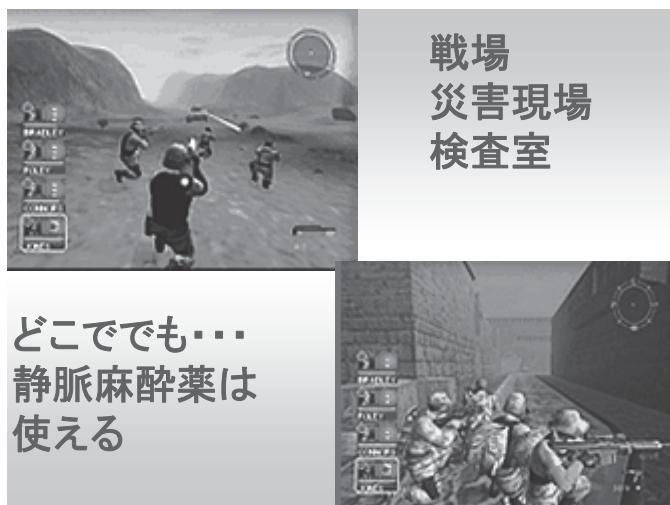
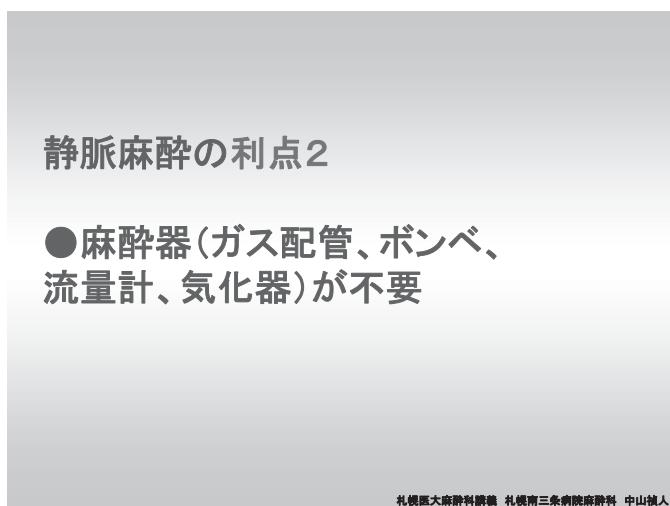
---

### 3 静脈麻酔



静脈麻酔薬を用いると、静注後、通常は数秒で就眠を得ることが出来る。

Dr.コト一診療所4 (2001)



## 静脈麻酔薬の薬理動態と代謝の特徴

- 脂溶性が高い  
(妊婦、肥満での問題)
- 肝で代謝され腎で排泄  
(肝腎障害での問題)

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

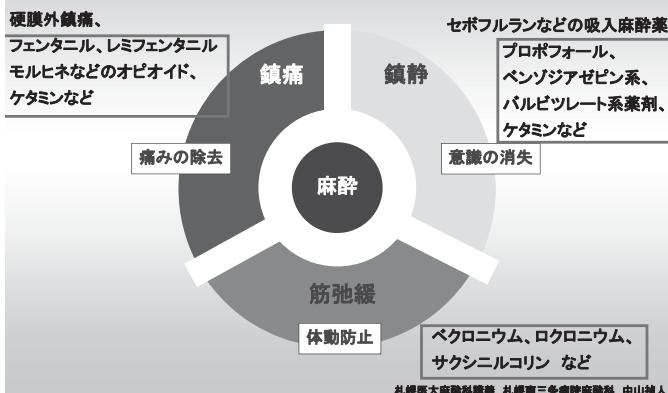
## 2 主な静脈麻酔薬

- (1) プロポフオール
- (2) バルビツレート系
- (3) ベンゾジアゼピン系
- (4) ケタミン
- (5) オピオイド

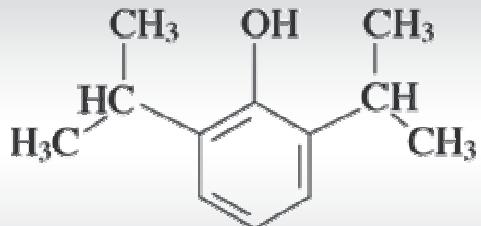
札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

### 麻酔の3要素

#### バランス麻酔の概念



### (1) プロポフオール



Isopropyl phenol  
フェノール(石炭酸)は脂溶性

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

- バルビツレート系に代わって主流となった静脈麻酔薬。1995より日本で発売。GABAa受容体に作用。
- 導入・覚醒が極めて早い。
- 鎮静効果はあるが鎮痛作用はない。
- 白い混濁液である。注入時に血管痛あり。
- 全身麻酔の導入に汎用される。体内での代謝が早く蓄積しないため持続投与による全身麻酔維持も可能である。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

#### ○ 禁忌:

妊娠・授乳期の症例(胎盤通過・乳汁移行が良いため)、大豆・卵アレルギー症例への投与

#### ○ 副作用:

呼吸抑制(バルビツレートよりはるかに強力)、低血圧、乳酸アシドーシス、高脂血症、感染、敗血症、小児で死亡例。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

### 3 静脈麻酔

#### ○プロポフォールの小児への使用

禁忌：小児の集中治療における人工呼吸中の鎮静

(添付文書より)集中治療における人工呼吸中の鎮静においては、小児等には投与しないこと。[因果関係は不明であるが、海外で集中治療中の鎮静に使用し、小児等で死亡例が報告されている。]

(日本麻酔科学会ガイドラインより)プロポフォールによる小児鎮静後に乳酸アシドーシスを生じ、治療抵抗性の徐脈・心停止に至るプロポフォール症候群(propofol infusion syndrome: PRIS)の報告あり。  
発症機序：不明 ミトコンドリアでの脂質代謝障害が原因？ 小児へのプロポフォールの長期使用は厳禁。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

#### ○ジャクソンさんに大手術並みの麻酔薬 検視報告で明らかに 2010.02.10 CNN

昨年6月に死去した米歌手マイケル・ジャクソンさんの専属医だったコンラッド・マレー医師が訴訟されたことを受け、ロサンゼルスの検視官が検視結果報告書を公開した。

マレー医師はジャクソンさんが死亡した6月25日、睡眠誘発のために強力な麻酔薬「プロポフォール」をジャクソンさんに投与したとされ、しかるべき注意を怠ったとして8日に過失致死容疑で訴追された。検視結果を検証した麻酔専門家はプロポフォール投与について「不眠症治療のためにこれが使われた事例は、私の知る限り1件もない。家庭での使用が報告されているのは虐待、自殺、殺人、誤用のケースのみだ」と指摘している。

検視結果では、「大手術のための麻酔に使われるのと同程度のレベルのプロポフォールが見つかった」と報告。しかも、プロポフォールを投与する際は麻酔専門医が付き添い、酸素濃度や血圧などを継続的に測る必要があるのに、そのための機器が使われた様子はなく、必要な手順が守られていなかつたと結論付けた。



札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

#### ○マイケル・ジャクソンとプロポフォール 新聞記事より

マイケル・ジャクソンの血液から致死量レベルの強力な麻酔薬プロポフォールが検出されたことが検索令状からわかった。プロポフォールを含む鎮痛剤と鎮静剤のカクテルを投与されたという。

主治医コンラッド・マレー氏によれば、数週間にわたりプロポフォールからの離脱にためロラゼパムとミダゾラムなどの薬剤を投与していたという。マイケル・ジャクソンは「ミルク」と呼び病院で使用する麻酔薬を要求し、毎晩50mgのプロポフォールを静注して中毒になっていたと言う。

6月25日AM1:30にジアゼパムを与え、AM2:00にロラゼパム2mgを静注した。AM3:00にミダゾラムを、AM5:00にロラゼパム2mg追加、AM7:30にミダゾラム2mg追加。AM10:40に眠れないので再びマイケルの要求により鎮痛剤リドカインで希釈したプロポフォール25mgを投与し、10分その場を離れている間に呼吸が止まっていた。



主治医コンラッド・マレー氏：心臓内科医

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

#### ●TCI

#### Target Controlled Infusion

薬物動態モデルを使って輸液ポンプをコントロールし、望む値の薬物濃度にする。



札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

今日から実現できる

**TIVA**

著者 木山秀哉

記念研究所東京麻酔科

**TIVA(全静脈麻酔)**  
**Total Intravenous Anesthesia**  
静脈麻酔薬のみで  
行う全身麻酔

利点：吸入麻酔薬を  
使わないので、大  
気汚染にならない  
(笑気の地球温暖化作用) など

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

#### (2)バルビツレート系

#### ○主に鎮静、睡眠薬として使用

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

## バルビツレート系の特徴

チアミラール（イソゾール®）



チオペンタール(ラボナール®)

- プロポフォールの一つ前の世代で頻用されていた静脈麻酔薬。現在は脳低体温療法時に使用。
- 導入・覚醒が極めて早いが、分解・排泄は遅い。作用時間が短いのは、脂肪組織に速く移行し、血中濃度が急速に低下するため。→麻酔導入には使用するが、持続・反復投与で体内に蓄積されるので、麻酔維持には通常用いない。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

## バルビツレート系の特徴

○鎮静効果はあるが鎮痛作用はない。

○副交感神経系を緊張させる。ヒスタミン遊離作用がある。→喘息には禁忌

○呼吸・循環抑制作用あり(プロポフォールよりは弱い)。

○ポルフィリン症、筋ジストロフィー症に禁忌。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

## (3)ベンゾジアゼピン系

○マイナー・トランキライザー。基本的に鎮静・睡眠薬で鎮痛作用はない。強い健忘作用がある。GABAの特異的受容体に結合し、クロールチャネルを調節し、主に鎮静作用を示す。

○作用発現時間が遅く、持続時間が長いため、静注剤は手術中の鎮静薬として使用。麻酔前投薬として筋肉注射でも用いられる。

○抗痉挛薬でもあるので、急性局所麻酔中毒で用いることがある。妊婦、急性緑内障、重症筋無力症では禁忌。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

## (4)ケタミン



ケタミン(ケタラール)

○視床皮質系を抑制、大脳辺縁系を賦活化することから解離性麻酔薬と呼ばれる。

○他の静脈麻酔薬と異なり、呼吸・循環の抑制が少ない。

○鎮静に加え、体性痛への鎮痛効果も持つ。筋注も可能。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

## ○静脈内投与は

ジアゼパム(ホリゾン、セルシン)

フルニトラゼパム(サイレース、ロヒプノール)

ミダゾラム(ドルミカム)

—短時間作用性で調節性に富む

## ○拮抗薬

フルマゼニル(アネキセート)

短時間作用型。本薬の方が早く効果が消失し、ベンゾジアゼピンの効果が再出現する可能性があるため、要注意。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人



フォークランド戦争(1982年) ケタミン麻酔50%



湾岸戦争(1991年) ケタミン麻酔5%

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

### 3 静脈麻酔

#### ケタミンの特徴

- 血圧、脳圧、眼圧など、圧という圧は全て上げる。唾液分泌が亢進する。
- 気管支拡張作用があり、喘息症例にも使用可能。
- 麻酔の質が良くない。幻覚や悪夢を見る(予防にはベンゾジアゼピン系の併用が効果的)。濫用が多くなり、近年麻薬指定となつた。
- 禁忌:頭蓋内圧亢進、痙攣性疾患、縲内障脳外科・眼科手術には適さない。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人



札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

#### ●モルヒネ

アヘンに含まれるアルカロイド。オピオイド $\mu$ 受容体に選択的に作動。鎮痛効果は強力。

麻酔では硬膜外投与が行われることが多く、静脈内投与はあまり行われない。身体的、精神的依存性があるが、麻酔時に使用した場合は、依存は起きにくい。

副作用:呼吸抑制、鉛管現象、依存性、耐性、恶心嘔吐、便秘、眠気。ヒスタミン遊離作用があり、喘息では禁忌。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

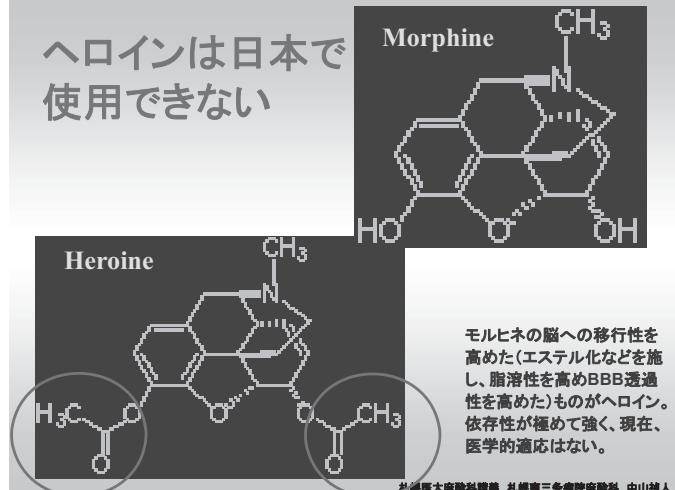
#### (5)オピオイド

オピオイド受容体に作用し、強い鎮痛効果を発揮する。

臨床では静脈内投与薬としてモルヒネと合成麻薬フェンタニル、レミフェンタニルが使われる。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

ヘロインは日本で  
使用できない



## 合成麻薬

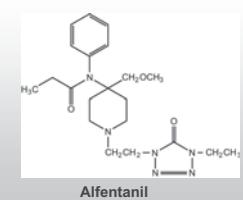
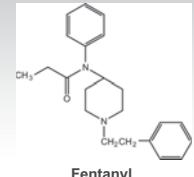
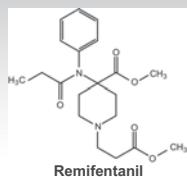
### ● フェンタニル

薬理作用はモルヒネと同様。鎮痛作用は約200倍。  
副作用：モルヒネと同様だが、呼吸抑制は強い。  
便秘、吐気などがない。ヒスタミン遊離作用なし。  
鉛管現象（全身の筋肉の緊張状態）が起きて、換  
気不能になることがある。  
循環抑制が少ないため、  
心臓麻酔によく用いられる  
(大量フェンタニル麻酔)。  
静脈投与、硬膜外・皮下投与、  
皮膚貼付剤(がん性疼痛)



札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

## 様々なオピオイド鎮痛剤



札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

## オピオイド鎮痛剤の作用持続時間

### 作用持続時間

オピオイド鎮痛剤	作用持続時間(分)
レミフェンタニル	3~10分
フェンタニル	20~30分
モルヒネ	180~240分

Mason P.: Intensive Crit Care Nurs., 18, 355-357, 2002  
札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

## 新しい合成麻薬

### ● レミフェンタニル

→アルチバ(静脈麻酔  
薬 2006年より)

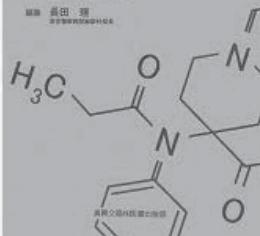
### ● アルフェンタニル

### ● スフェンタニル

### ● カルフェンタニル……

今日から実践できる  
レミフェンタニル麻酔

監修 尾崎 誠  
著者 佐々木千鶴子  
執筆 長田 類



札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

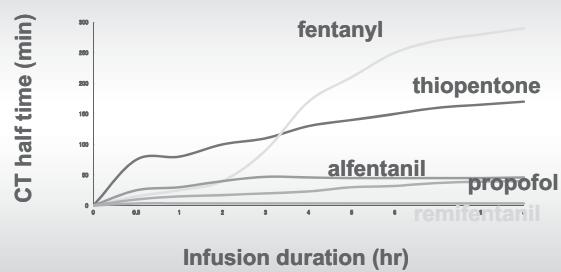
## レミフェンタニル: 夢の麻薬

- 超短時間作用性のオピオイド鎮痛剤(麻薬性鎮痛剤)
- 鎮痛作用の発現と消失が速やか→持続静脈内投与で使用
- 血液中及び組織内の非特異的エステラーゼによって速やかに代謝され、蓄積性なし 肝・腎機能障害症例にも使用可能
- 侵襲刺激に応じた鎮痛のコントロールが可能
- 麻酔からの覚醒に投与時間は影響を与えない
- 添加剤としてグリシン(神経毒性あり)使用→硬膜外腔・くも膜下腔への投与は禁忌 静脈内投与のみ

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

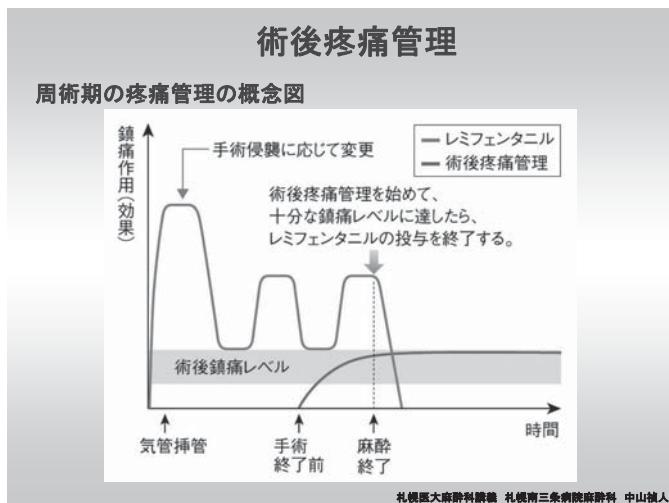
## CONTEXT-SENSITIVE HALF TIME

持続静脈内投与後に血中濃度が半分になる時間



Egan TD, et al.: Anesthesiology, 79, 881-892, 1993を改変 札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

### 3 静脈麻酔



### 3 これからの静脈麻酔

静脈麻酔単独で全身麻酔を行うことは吸入麻酔に較べて難しい。

本が出るくらいだから

The book cover features the title 'バランス麻酔: 最近の進歩' (Advances in Balanced Anesthesia) in large letters. Below it, '改訂 第2版' (Revised 2nd Edition) is indicated. The subtitle reads 'エンドポイント指向型バランス麻酔' (End-point directed balanced anesthesia). It lists various drugs: ENTAN, MAC twiss, MAC, TIVA, and DOPOFOL. The text below the cover states: 'エンドポイント指向型バランス麻酔' が21世紀の麻酔科医の役割が見えてくる! 優れた効率への迅速・的確な対応、さわやかな覚醒、術後鎮痛を考慮した「バランス麻酔」—いは、目の前にいる患者さんに向かってトカ? 麻酔は「質」の時代に突入。 札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

#### 1960年代にもバランス麻酔が試みられた…

#### NLA(Neurolept-analgesia)

- 強力な神経遮断薬neurolepticと鎮痛薬 analgesicを静脈内に投与して、患者の意識を残したまま周囲に全く無関心な状態と無痛を得る方法。
- 喉頭微細手術等で、術中の発声等、患者の協力を得ながら行う手術に適応がある。
- 近年は静脈麻酔薬の進歩で殆ど行わない。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

#### NLAに使用される薬剤

- NLA原法:ドロペリドール+フェンタニル
- 変法:ベンゾジアゼピン系薬+麻薬系薬剤

ドロペリドール:強力な鎮静作用がある。周囲に無関心になる。少量で強力な制吐作用あり。副作用:錐体外路症状...parkinson病症例には禁忌。

麻薬系薬剤

- 変法:ベンゾジアゼピン系薬+麻薬系薬剤

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

#### 最新のバランス麻酔

鎮静薬 = プロポフオール  
鎮痛薬 = レミフェンタニル  
筋弛緩薬 = ロクロニウム

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

## 静脈麻酔薬のまとめ

1. 静脈麻酔薬は全身麻酔において極めて重要な薬剤である。
2. 新たな静脈麻酔薬の開発と共に、麻酔管理は行いやすくなっているが、個々の薬剤の特性、副作用を十分に理解して安全に使用することが重要である。

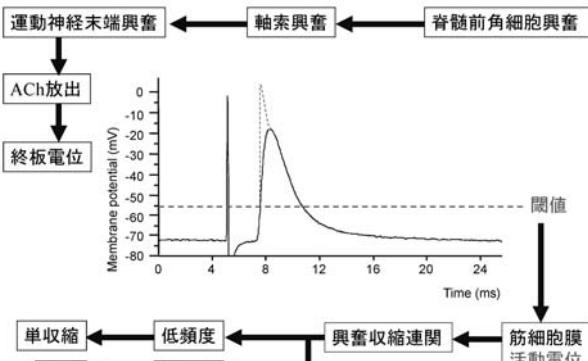
札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

## 4 筋弛緩薬

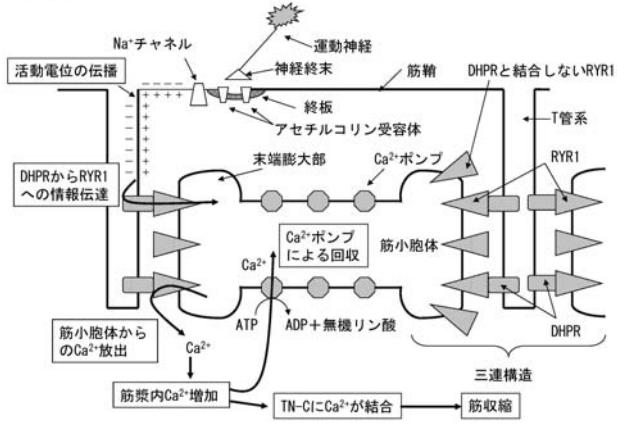
### 筋弛緩薬 (神経筋遮断薬)

札幌医科大学 麻酔科学講座  
新谷 知久

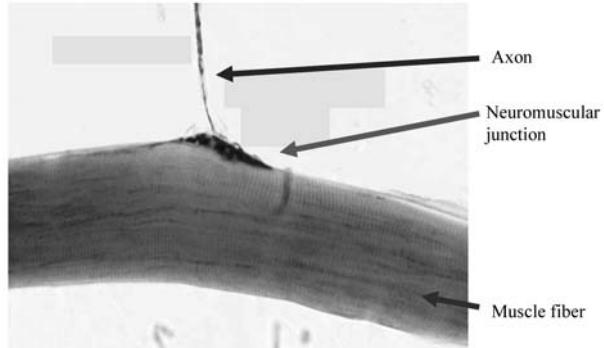
#### 生理的神経筋伝達



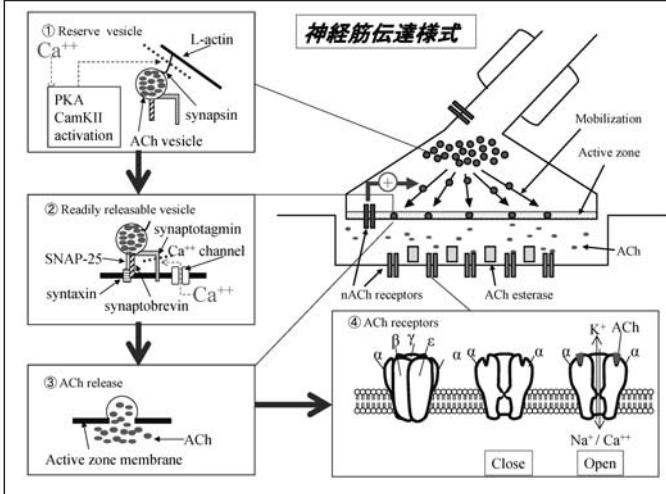
#### 骨格筋の興奮収縮連関



#### 電子顕微鏡でみたMotor Unit



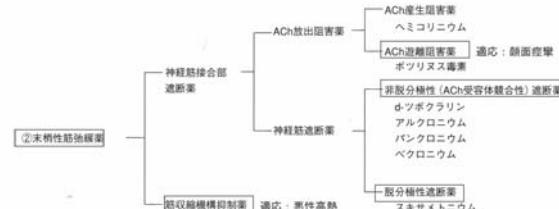
#### 神経筋伝達様式



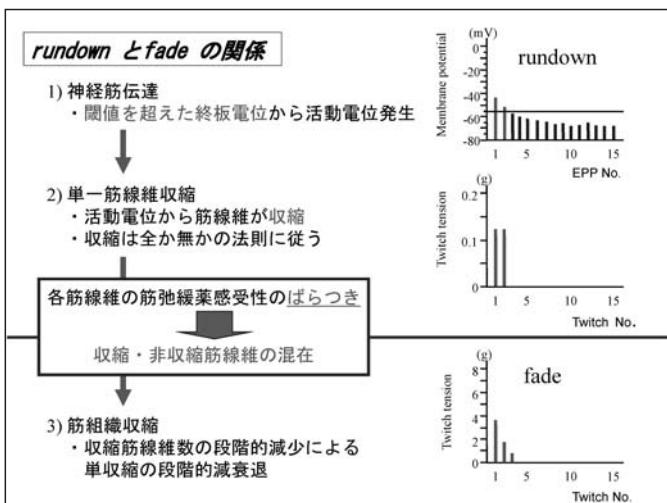
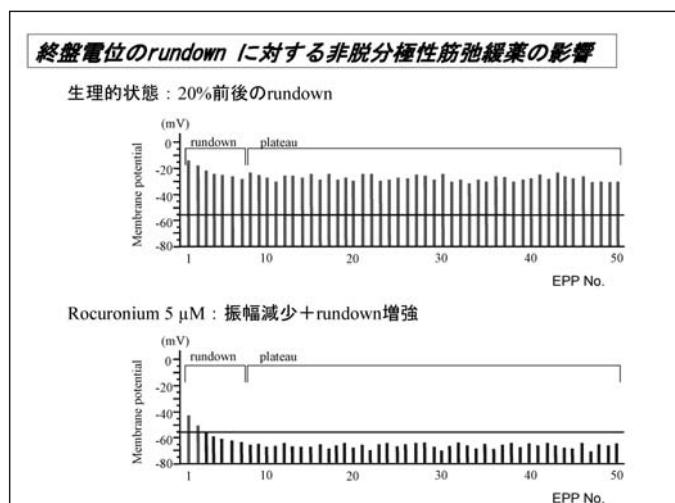
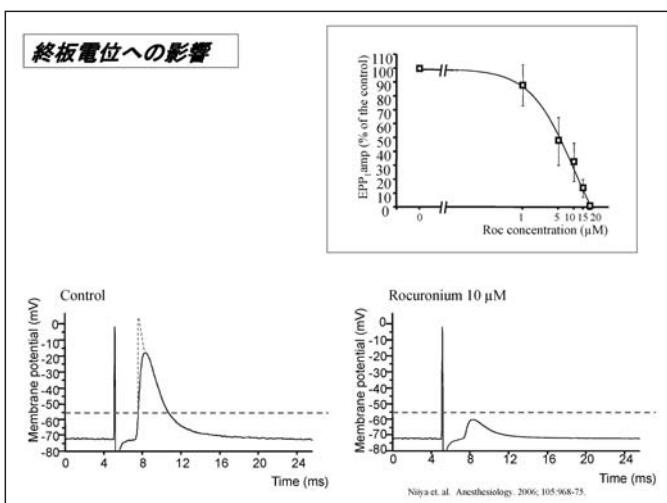
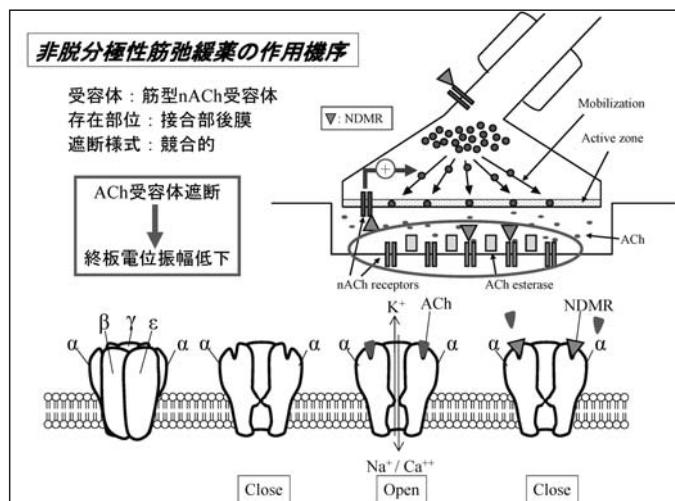
#### 筋弛緩薬の種類

図1 骨格筋弛緩薬の分類 ACh：アセチルコリン

①中枢性筋弛緩薬（脊髄・脳幹におけるシナプス応答を抑制：脳血管障害、痙攣、麻痺、脳梗塞など）  
カルバミン酸クロルフェニシン、クロルメゾン、フェンプロバメトクロロフェン、塩酸エペリゾン、  
塩酸チザニゾン、塩酸トルベリゾン



神経筋遮断薬の適応	
1. 気管挿管時 :	声門部の筋群の弛緩、喉頭痙攣の防止
2. 手術操作を容易にする :	自発呼吸が手術操作の妨げとなる場合に調節呼吸とする 開腹時の腹筋の筋緊張を取り除き腹壁縫合を容易にする 肩・股関節の脱臼時に筋緊張を取り除き整復を容易にする
3. 全身麻酔中の有害反射の防止 :	浅麻醉時の体動、吃逆、バッキング（気道刺激による咳嗽反射）防止 特に、脳外科、眼科手術中では脳圧、眼圧を上昇させ危険
4. 全身痙攣時 :	電気痙攣療法（Electro-convulsive therapy (ECT)）での脊椎骨折、 口腔内損傷の防止



**非脱分極性筋弛緩薬の種類**

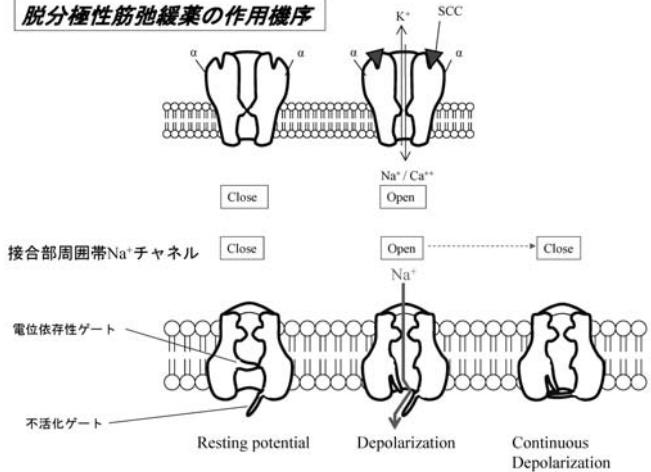
	作用時間	排泄経路	循環系への作用
d-Tubocurarine	長	腎臓 一部胆汁	頻脈・血圧低下 血管拡張
Pancuronium	長	腎臓	頻脈・血圧低下
Vecuronium	短	胆汁 一部腎臓	ほとんどなし
Rocuronium	短	胆汁 一部腎臓	ほとんどなし
Atracurium	短	ホフマン 分解	ほとんどなし

## 4 筋弛緩薬

### 非脱分極性筋弛緩薬 : Rocuronium の特徴

- 初回投与量 : 0.6 mg/kg 効果発現時間 : 90秒、持続時間 : 40分  
初回投与量 : 0.9 mg/kg 効果発現時間 : 75秒、持続時間 : 50-70分
- 大半が肝臓から排泄され、20~40%程度が腎から尿中へ排泄される  
腎からの排泄が優位の場合もあることに注意が必要
- 代謝産物の筋弛緩作用をほとんど考慮しなくて良い
- ノルウェー、フランスでアナフィラキシーの報告が多い
- 注入時血管痛、fentanyl, remifentanil, ketamine, lidocaine で予防
- 通常量投与では循環期系への影響はない
- 胎盤通過性は低く臨床上問題とならない

### 脱分極性筋弛緩薬の作用機序

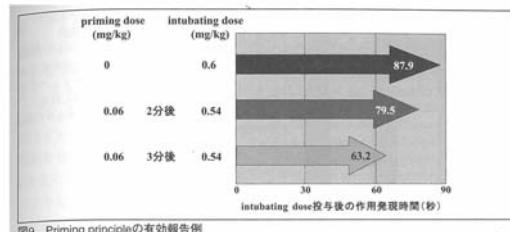


### 脱分極性筋弛緩薬 : Succinylcholine の特徴

- 初回投与量 : 1.0 mg/kg、効果発現時間 : 1分、持続時間 : 10分
- 反復投与で耐性が見られる (phase II block : 45分程度持続)
- 血中の偽性コリンエステラーゼで速やかに分解される
- 投与時に線維束痙攣 (fasciculation)、その後筋弛緩  
腹筋・・胃内圧上昇 (0~40 cmH<sub>2</sub>O)、外眼筋・・眼圧上昇 (5~10 mmHg)
- 痙攣による術後筋肉痛 (女性に多い)、precurarization で予防可能  
術後CPK上昇、ミオグロビン尿の排出
- 洞性徐脈、まれに心静止 (副交感神経作動による) Atropine が有効
- K上昇 : 0.5~1.0 mEq/L (腎不全、広範囲熱傷、筋疾患ではさらに上昇)  
治療 : Ca 投与、重炭酸投与、G-I療法、過換気
- 悪性高熱症の trigger
- 胎盤通過性はあるが臨床上問題とならない

### 投与法の工夫一① : Priming principle

目的 : 非脱分極性筋弛緩薬の作用発現を速める  
機序 : 非脱分極性筋弛緩薬は筋終板のAChレセプターを75%以上 (横隔膜では90%以上) 占拠しないとブロックされない  
方法 : 気管挿管に必要な非脱分極性筋弛緩薬を一度に投与せず、その一部を導入2-3分前に投与し、静脈麻酔導入後に残りを投与する  
- Rocuronium - 0.06 mg/kg 2-3分後 0.54 mg/kg



### 投与法の工夫一② : Timing principle

目的 : 患者就眠から気管挿管までの時間を短縮する  
機序 : 非脱分極性筋弛緩薬の効果発現までの潜時を考慮して静脈麻酔薬による導入を遅らせる  
方法 : Lidocaine 1mg/kg、Remifentanil 1ug/kg/min 持続開始直後に  
Rocuronium 1 mg/kg、15秒後から30秒かけてpropofol 適量  
その15秒後に気管挿管

### 投与法の工夫一③ : Precurarization

• Succinylcholine (SCC) 投与時に生じる痙攣 (fasciculation) を抑制し、高K血症、胃内圧の上昇、筋肉痛を防止させる  
• 少量の非脱分極性筋弛緩薬を SCC投与 3 分前に投与する  
Vecuronium - 0.02 mg/kg 投与、(Rocuronium - 0.12 mg/kg ??)

### 投与法の工夫一④ : 筋弛緩薬の筋注

- Slow 導入でルート確保前、ルート事故抜去時の喉頭痙攣
- Rocuronium - 1~2 mg/kg 幼児 7分、小児 9分 で筋弛緩
- Succinylcholine - 4 mg/kg 幼児 4分 で筋弛緩

**筋肉の筋弛緩薬感受性の違い**

- ・横隔膜、喉頭筋は筋弛緩薬が効きにくい (respiratory sparing effect)
- ・母指で10%回復時には横隔膜の回復率は90%に達する

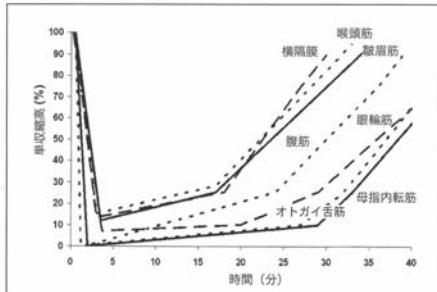


図1 筋肉別の筋弛緩薬に対する感受性

**筋弛緩薬のモニタリング～刺激部位**

- ・尺骨神経一母指内転筋 (測定し易いため)
- ・顔面神経一皺眉筋 (横隔膜と筋弛緩薬感受性が類似)
- ・顔面神経一眼輪筋 (筋弛緩薬への感受性は腹筋と母指内転筋の中間)
- ・母指内転筋で TOF: 0 でも横隔膜の筋弛緩の程度はわからない

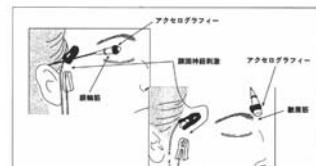
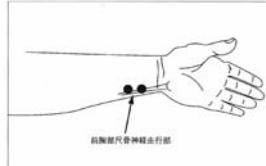


図12 手首に刺激電極を付ける

**筋弛緩薬のモニタリング～刺激方法**

四連刺激 (Train of Four : TOF) : 2 Hz で 4 回 (2秒間) の刺激

- ・TOF Ratio (TOFR) :
- TOFで、第1発目の収縮高 (T1) と第4発目 (T4) の比 T4/T1 (%)
- ・TOF Count (TOFC) : TOF 刺激で 単収縮が何発出るか 0, 1, 2, 3

テタヌス刺激 : 50Hz 以上の高頻度で、持続収縮をきたすような刺激

- ・Post Tetanic Count (PTC) : 50Hz のテタヌス刺激を 5秒間与え、その後1Hz で刺激して 単収縮が何発出るか TOF [0] の際の指標

表1 PTC, TOFCと臨床的ブロックレベル	
PTC≤1	Deep block
PTC≤2~8	Moderate deep block
PTC≤9 or TOFC 1	Good for operation
PTC≥10 or TOFC 2	AntiChE
PTC : post-tetanic count, TOFC : 四連刺激カウント	

**筋弛緩薬のモニタリング～適応**

## 1) 術中筋弛緩の適正調節

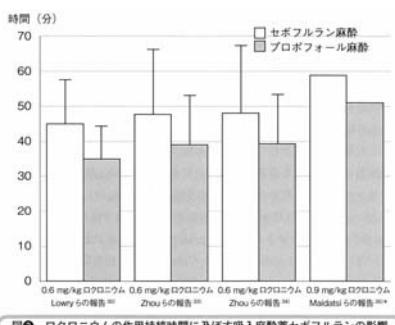
- ・術中体動が許容されない脳外科・眼科その他のマイクロ手術
- ・手術室およびICUにおける筋弛緩薬の長期持続投与時

## 2) 残存筋弛緩効果の判定

- ・筋弛緩作用の異常が懸念される患者の麻酔
- ・日帰り麻酔
- ・脳死判定時
- ・筋弛緩拮抗薬投与を回避したい時
- ・ごく少量の筋弛緩残存が合併症を引き起こす懸念がある時

 **Rocuronium の単回投与と麻酔薬**

- ・Sevoflurane は Rocuronium の作用持続時間を延長させる

図14 ロクロニウムの作用持続時間に及ぼす吸入麻酔薬セボフルランの影響  
(文献 30, 33-35 より引用改変)

平均値または平均値±標準偏差。T1が25%までの回復時間。\*のみ T1が5%までの回復時間。

 **Rocuronium の反復投与**

- ・Rocuronium の反復投与で作用時間は延長しない →蓄積性がない
- ・Rocの代謝産物は筋弛緩作用がない →持続投与に適している

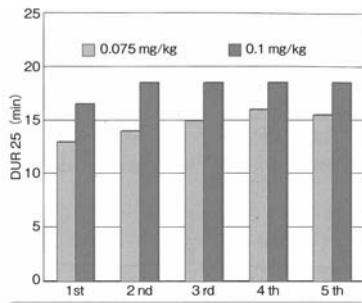


図15 ロクロニウムでは、維持量を繰り返し投与しても、作用持続時間は延長しない (詳細は本文を参照)

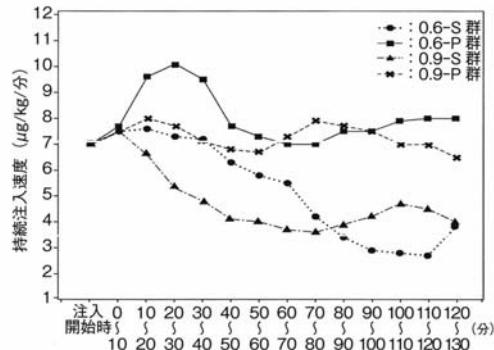
DUR 25 : ロクロニウム投与から 25% 回復までの作用持続時間。

GOI 麻酔

## 4 筋弛緩薬

### Rocuronium の持続投与と麻酔薬

- Sevoflurane 維持では  $3.5 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  (Sev の筋弛緩作用による)
- Propofol 維持では  $7 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  (Rocを減じる必要なし)



### 小児における Rocuronium

- 小児（新生児、乳幼児、学童）では細胞外液量が多く分布容積が大きい（多く必要）
- 新生児、乳児では AChR が未熟で、筋弛緩薬の感受性が高い（少量で良い）
- 新生児、乳児では肝腎機能が未熟で筋弛緩薬の排泄遅延（作用時間延長）

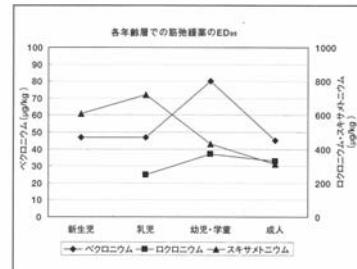


図1 各年齢層における筋弛緩薬必要量の変化  
成人に比して、小児の方が分布容積が大きいため、どの筋弛緩薬についても成人より小児の方が必要量は多くなる。しかし、非脱分極性筋弛緩薬への感受性の高さや排泄機能の未熟性から、新生児・乳児ではロクロニウム・ベクロニウムの必要量は成人と同程度かむしろ少ない。  
〔文献18〕より引用・改変〕

### 肝不全患者における Rocuronium

- 肝硬変患者では作用発現時間が遅延することがあるため注意が必要
- 作用持続時間が延長するため投与量を減じる必要がある
- クリアランスは低下、消失半減期は延長

表2 肝不全患者と正常肝機能患者におけるロクロニウムの作用性と薬物動態						
	Knall	Magirian	van Miert	Servin	鈴木	正常
肝不全	正常	肝不全	正常	肝不全	正常	正常
作用発現時間(s)	158±56*	106±33	59±26	69±24	60±25	64±26
作用発現時間(min)	4.2±1.6	4.1±1.7	7.3±4.3	4.7±1.2	5.4±1.8*	4.2±1.4
作用持続時間(25%)(min)	42±16	57±11	47±12	54±18*	42±14	41±21*
作用持続時間(75%)(min)	77±25*	57±11	84±25*	67±27	30±10	37±12
クリアランス(mL/kg/min)	2.4±0.6	2.8±0.6	2.7±0.6	3.7±1.0		4.1±1.0
クリアランス(mL/min)			217±22	差を認めず		
定常状態分布容積(mL/kg)	294±50	184±41	248±60	211±55	264±92	151±59
定常状態分布容積(%)			23.4	16.4		181±48
消失半減期(min)	96±37	88±18	112	76	143±80*	92±40
消失半減期(min)					98±34*	56±27

\*: 平均土標準偏差

作用発現時間：ロクロニウム  $0.6 \text{mg}/\text{kg}$  (Servinの報告はロクロニウム  $0.12 \text{mg}/\text{kg}$ ) 投与完了から单回輸入の最大抑制発現 (van Miertの報告は单回輸入の50%抑制発現)までの時間

作用持続時間(25%)：ロクロニウム  $0.6 \text{mg}/\text{kg}$  (Servinの報告はロクロニウム  $0.65 \text{mg}/\text{kg}$ ) 投与完了から单回輸入がコントロールの25%に回復するまでの時間

作用持続時間(75%)：ロクロニウム 投与完了から单回輸入がコントロールの75%に回復するまでの時間

\*：正常肝機能患者と比較して  $P < 0.05$

日本人における正常肝機能患者の値を参照するために鈴木らの報告<sup>ii</sup>を表の右端に示す(N=29)。

### 腎不全患者における Rocuronium

- 慢性腎不全患者ではクリアランスの低下により血漿濃度が増加し作用持続時間が延長するため、投与量を減じる必要がある
- ただし慢性腎不全患者での Rocuronium の作用性の変化は個人差が大きい

表1 腎不全患者と正常腎機能患者におけるロクロニウムの作用性と薬物動態(0.6mg/kg投与時)

	Cooper		Robertson		Szenohradzky		Khueni-Brady		鈴木	
	腎不全	正常	腎不全	正常	腎不全	正常	腎不全	正常	腎不全	正常
作用発現時間(s)	61±25	65±16	137±130	116±64	63±17	69±24	182±82	126±54	140±82	
作用持続時間(min)	55±27	42±9	49±21*	32±8	54±22	47±12	26±12	28±6	37±12	
クリアランス(mL/kg/min)	2.5±1.1*	3.7±1.4	2.7±0.7*	4.5±1.2	2.9±0.3	差を認めず			4.1±1.0	
定常状態分布容積(mL/kg)	212±47	207±49	220±77	194±45	264±19	264±19	207±14		181±48	
消失半減期(min)	104±41	97±26	70±23	57±17	97±17	71±5			75±28	

値：平均土標準偏差

作用発現時間：ロクロニウム投与完了から単回輸入の最大抑制発現までの時間

作用持続時間：ロクロニウム投与完了から単回輸入がコントロールの25%に回復するまでの時間

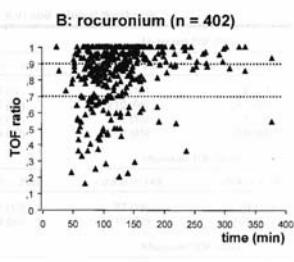
\*：正常腎機能患者と比較して  $P < 0.05$

日本人における正常腎機能患者の値を参照するために鈴木らの報告<sup>ii</sup>を表の右端に示す(N=29)。

### 残存筋弛緩

- TOF 比  $< 0.9$  肺合併症・呉嚙の危険性↑、上気道閉塞の可能性

筋弛緩からの至適回復の指標：TOF 比  $> 0.9$



対象患者：婦人科・形成外科手術  
Rocuronium  $0.6 \text{mg}/\text{kg}$  単回投与  
筋弛緩薬拮抗しない

PACU（回復室）入室時  
TOF 比  $< 0.7$  16%  
TOF 比  $< 0.9$  45%

→ 残存筋弛緩予防のため筋弛緩拮抗の必要性

### 従来の筋弛緩薬拮抗薬：抗コリンエステラーゼ薬の特徴

#### ChE阻害により接合部間隙にACh蓄積

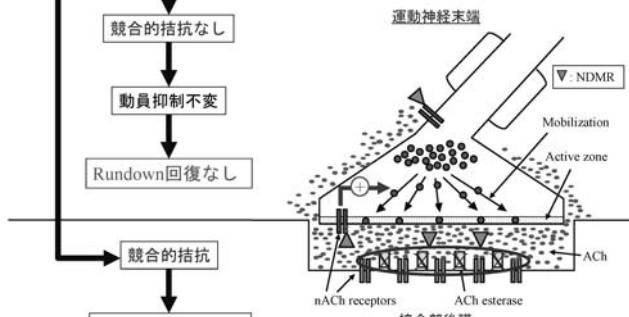
競合的拮抗なし

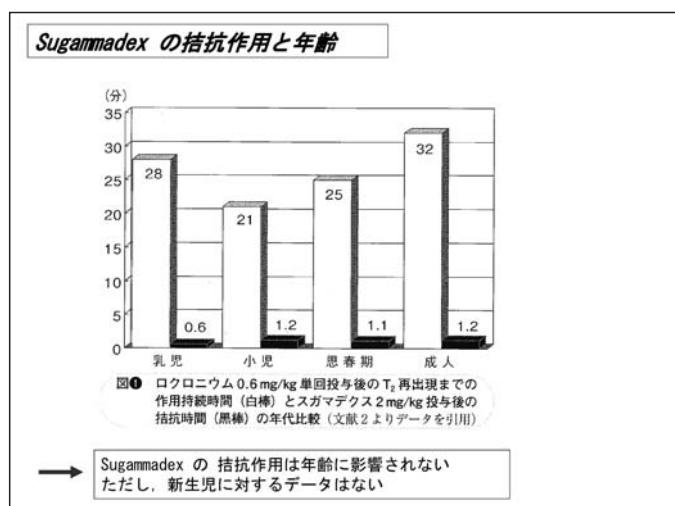
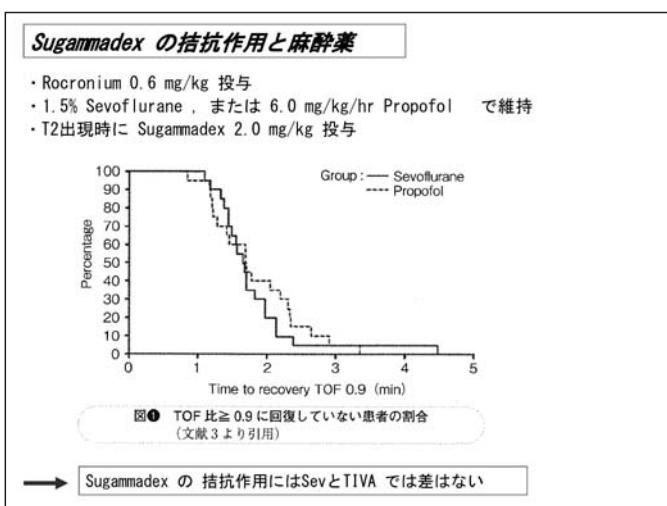
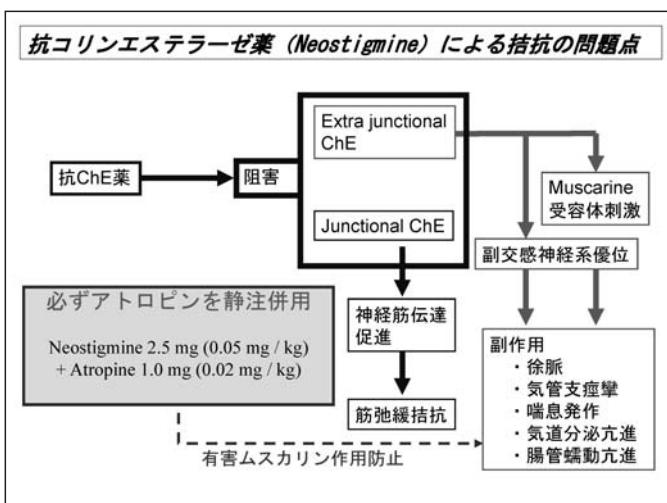
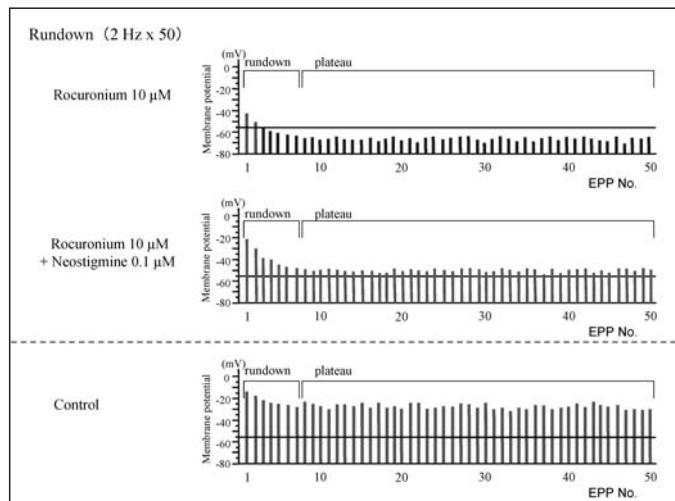
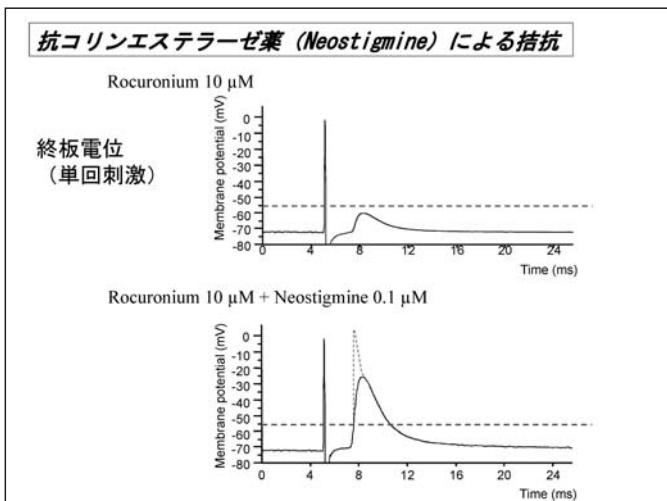
動員抑制不变

Rundown回復なし

競合的拮抗

終板電位振幅回復





## 4 筋弛緩薬

### 腎不全患者における Sugammadex の拮抗作用

対象患者：Ccr < 30 mL/min の慢性・末期腎不全患者15名  
Ccr > 80 mL/min の対照群15名  
Rocuronium 投与法：0.6 mg/kg を 単回 bolus 投与  
Sugammadex 投与法：T2 出現時に 2.0 mg/kg 投与

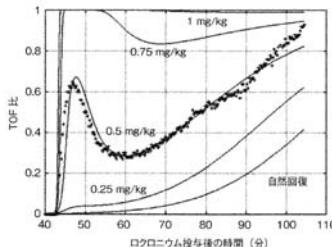
Table 2 Time (min) from the start of administration of sugammadex to recovery of the TOF ratio to 0.7, 0.8, and 0.9 by patient group. \*One patient was excluded from the control group due to poor recording resulting in unreliable TOF traces and recovery variables. ANOVA, analysis of variance; CL<sub>Ccr</sub>, total plasma creatinine clearance; NS, not significant; SD, standard deviation; TOF, train-of-four.

Patient group	CL <sub>Ccr</sub> <30 mL min <sup>-1</sup> (n=15)	CL <sub>Ccr</sub> ≥80 mL min <sup>-1</sup> (n=14)*	ANOVA
Recovery to TOF ratio 0.7, mean (SD)	1.45 (0.47)	1.17 (0.38)	NS
Recovery to TOF ratio 0.8, mean (SD)	1.60 (0.57)	1.32 (0.45)	NS
Recovery to TOF ratio 0.9, mean (SD)	2.00 (0.72)	1.65 (0.63)	NS

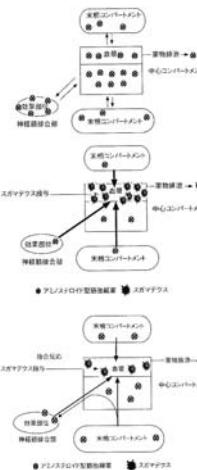
→ 末期腎不全患者においても Sugammadex は迅速な筋弛緩拮抗作用を示す

### Sugammadex による拮抗の注意点-①

過小投与によるリバウンド



図① スガマデクス過小投与によるリバウンド  
PTCI の時点でスガマデクス各用量を投与した場合の TOF 比の変化。点線は実際の症例から得られたデータ、実線はシミュレーションによるもの



### Sugammadex による拮抗の注意点-②

Sugammadex 投与後の再手術時の Rocuronium 投与量は？

表7. スガマデクスによるリバース後のロクロニウム再投与

スガマデクス投与量	再投与した筋弛緩剤の投与量	スガマデクス投与後、筋弛緩剤を再投与した時間	筋弛緩作用の平均発現時間(分)	筋弛緩作用の持続時間(分)
4mg/kg	ロクロニウム 1.2mg/kg <sup>※2</sup>	5分後 (n=6)	2.94 (range: 1.92 - 4.72)	17.7 - 41.0
		30分後 (n=1)		29.9
		45分後 (n=1)	1.32 (range: 1.23 - 1.43)	46.0
		60分後 (n=1)		43.6

ロクロニウム0.6mg/kg投与後、1-2PTC出現時にスガマデクス4mg/kgでリバースした後、5~60分後に再度ロクロニウム1.2mg/kg<sup>※2</sup>を再投与した。  
Kam PJ. Annual Meeting of the American Society Anesthesiologists 2009 A357

### Sugammadex による拮抗の注意点-③

腎不全患者での Sugammadex の薬物動態

●外国人腎機能低下患者及び正常患者に単回静脈内投与したときの薬物動態パラメータ

	投与量	AUC <sub>0-t</sub> (μg·min·mL)	CL (mL/min)	Vd (mL)	t <sub>1/2</sub> (min)	
腎機能正常患者	13	1,728±34.8	95.2±22.1	13,800±20.5	139±44.4	2時間20分
腎機能低下患者	13	27,463±114	5.53±108	15,986±35.5	2,139±121	35時間40分

Sugammadex と血液透析

対象患者：Ccr < 30 mL/min 末期腎不全患者15名  
Rocuronium 投与法：0.6 mg/kg を 単回 bolus 投与  
Sugammadex 投与法：T2 出現時に 2.0 mg/kg 投与  
術後72時間以内に血液透析（9例）

High flux 膜（2例） 透析後 Sugammadex の血漿濃度が40% 減少  
Low flux 膜（7例） 透析後 Sugammadex の血漿濃度に変化なし

→ 透析による Sugammadex の除去は確実ではないとされている

腎不全患者で Sugammadex 投与後の再手術時の Rocuronium 投与量は ???

### Sugammadex による拮抗の注意点-④

Sugammadex の他剤との相互作用（理論上）

- ホルモン性避妊薬  
sugammadex 4mg/kg の単回投与で 経口避妊薬1日分内服し忘れと同等？
- 抗癌剤：トレミフェン（乳癌、子宮体癌などで）  
sugammadex による筋弛緩拮抗後の投与で再クラーレ化？

### 非脱分極性筋弛緩薬の作用に影響する病的因子

作用抑制

敗血症病態

- 敗血症
- 重症感染症
- 熱症

作用増強

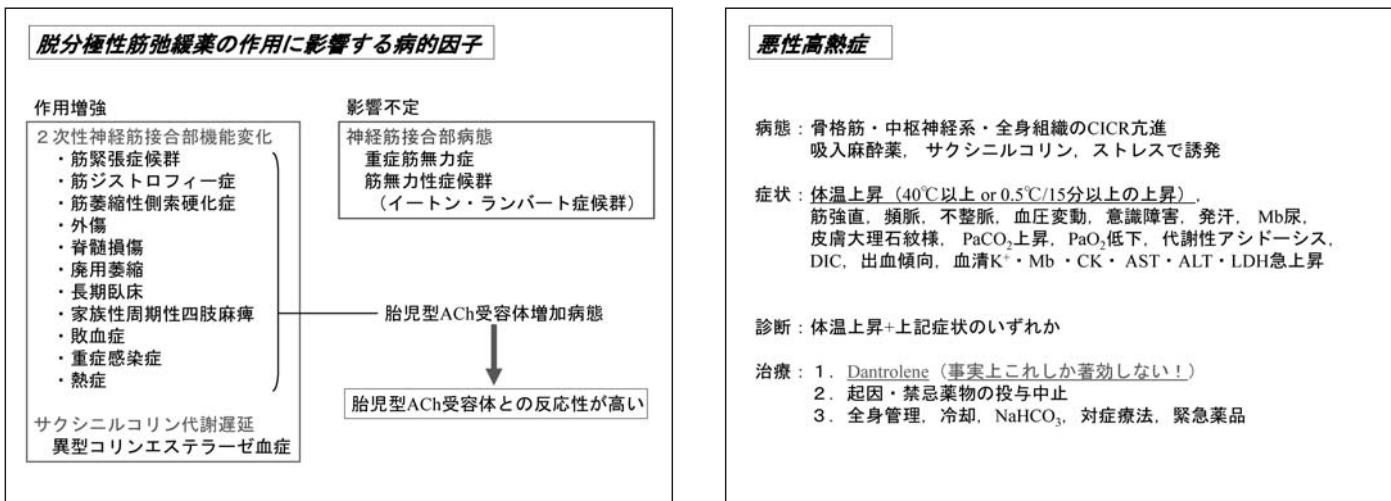
神経筋接合部病態

- 重症筋無力症
- 筋無力性症候群  
(イートン・ランバート症候群)
- 家族性周期性四肢麻痺
- 高マグネシウム血症

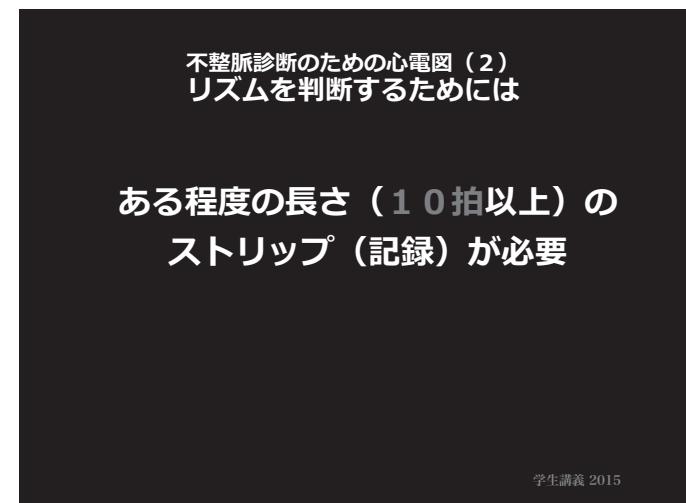
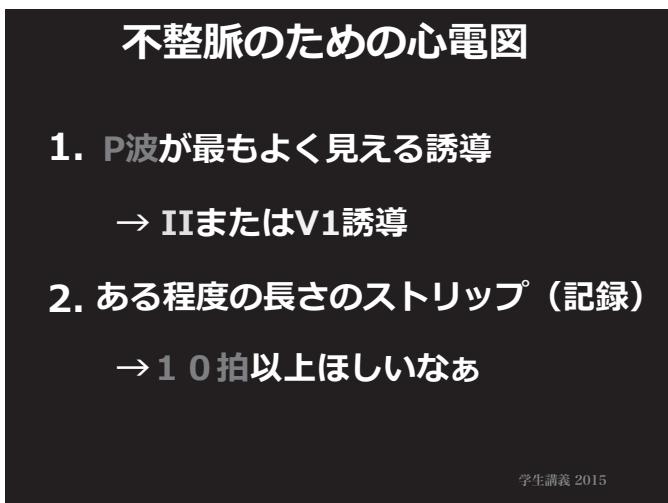
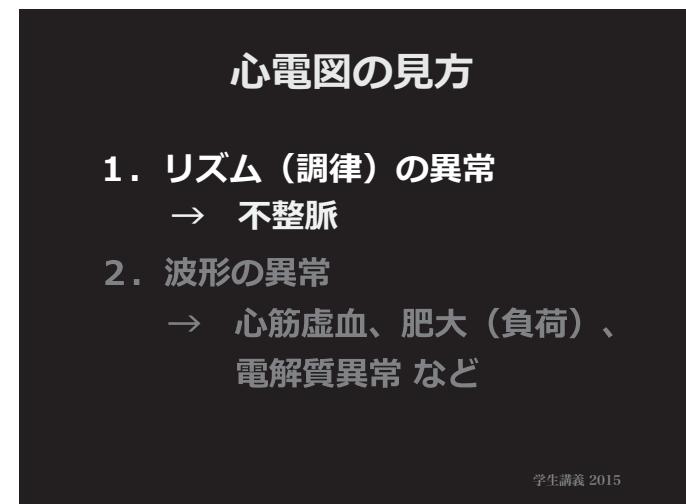
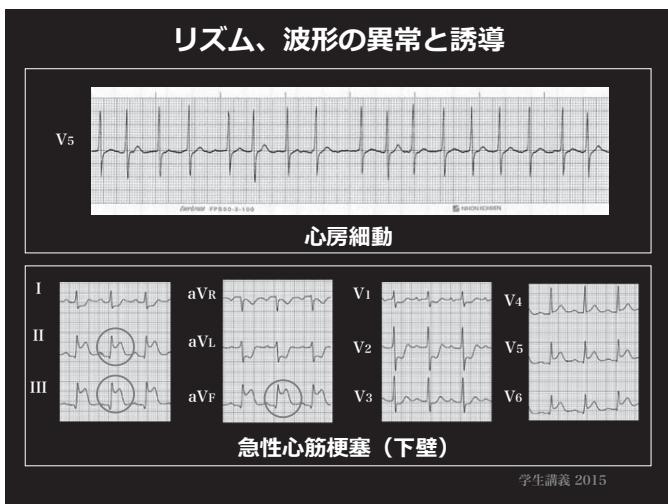
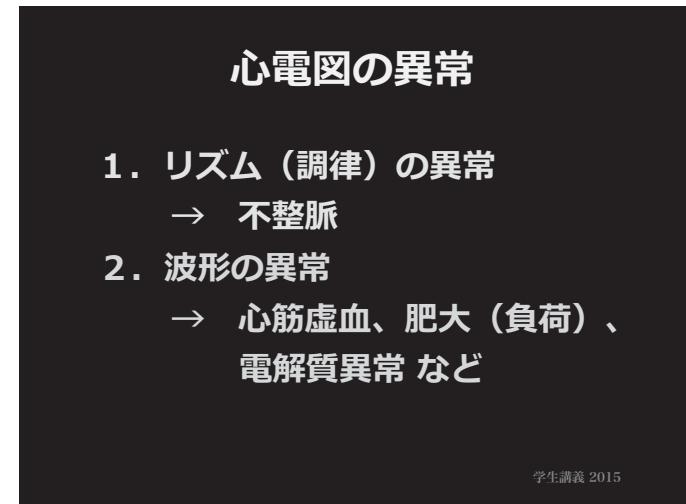
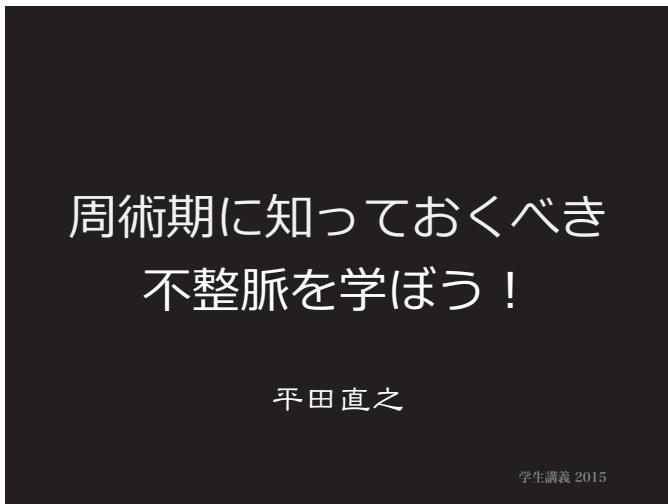
影響不定

2次性神経筋接合部機能変化

- 筋ジストロフィー症
- 筋萎縮性側索硬化症
- 外傷
- 脊髄損傷
- 廃用萎縮
- 長期臥床



## 5 循環管理



## 危険な不整脈の識別 Part I

学生講義 2015

### 心停止調律 (arrest)

### 非心停止調律 (non-arrest)

学生講義 2015

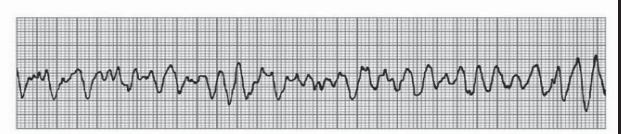
### 心停止調律 (arrest)

- 1) 心室細動／無脈性心室頻拍：  
**VF / Pulseless VT**
- 2) 無脈性電気活動：  
**Pulseless Electrical Activity (PEA)**
- 3) 心静止：**Asystole**

学生講義 2015

### 心室細動

### VF (Ventricular Fibrillation)



無秩序なQRS complex

学生講義 2015

### 心室頻拍

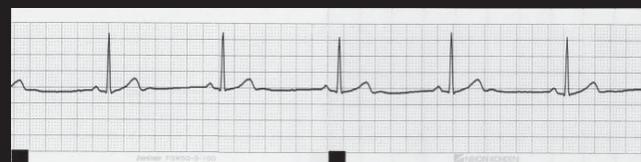
**VT : Ventricular Tachycardia**



規則正しいQRS complex

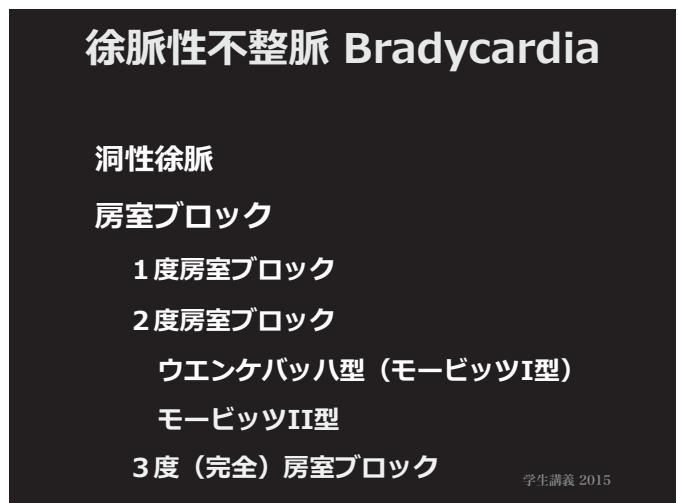
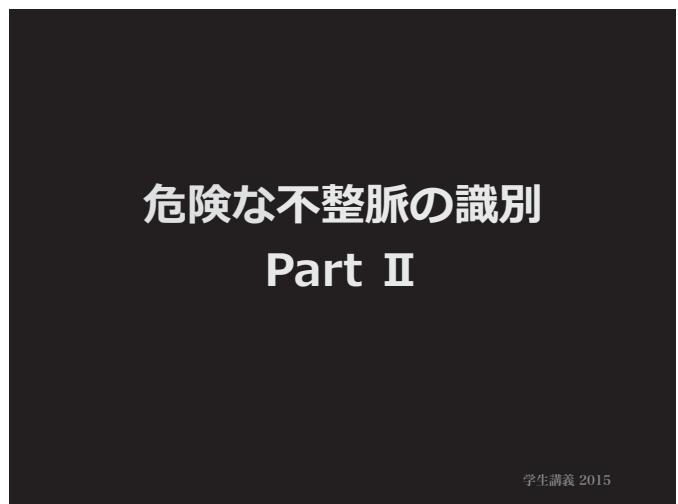
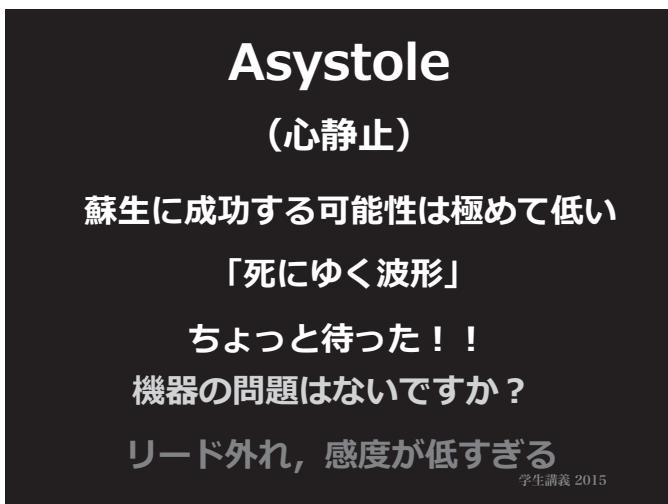
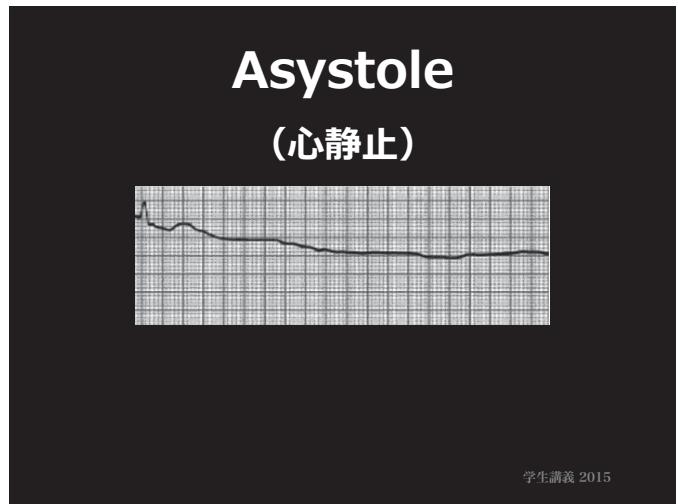
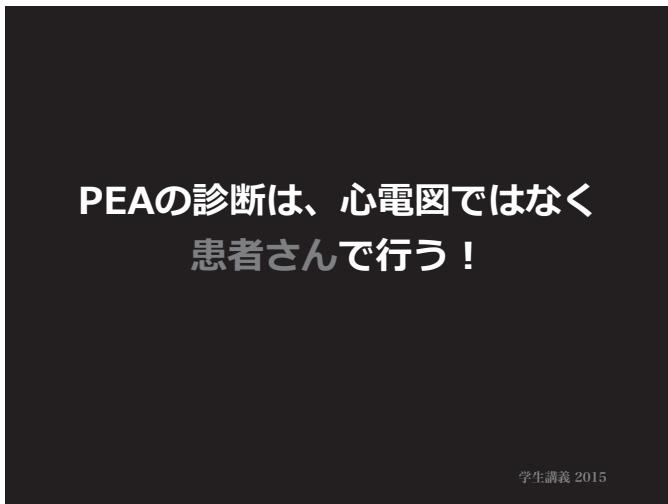
学生講義 2015

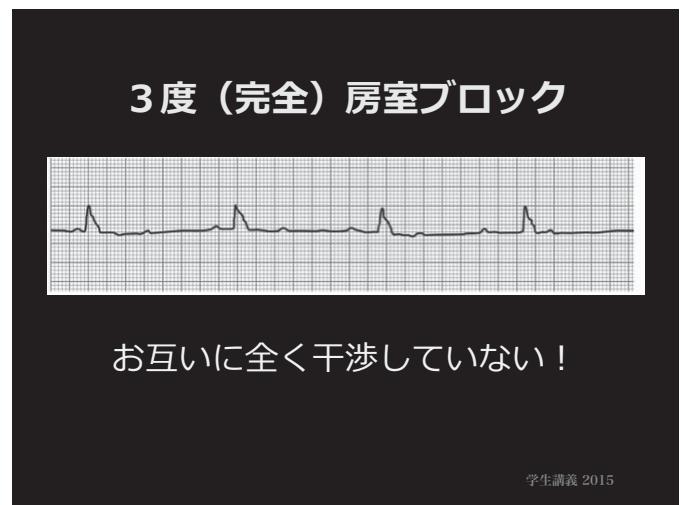
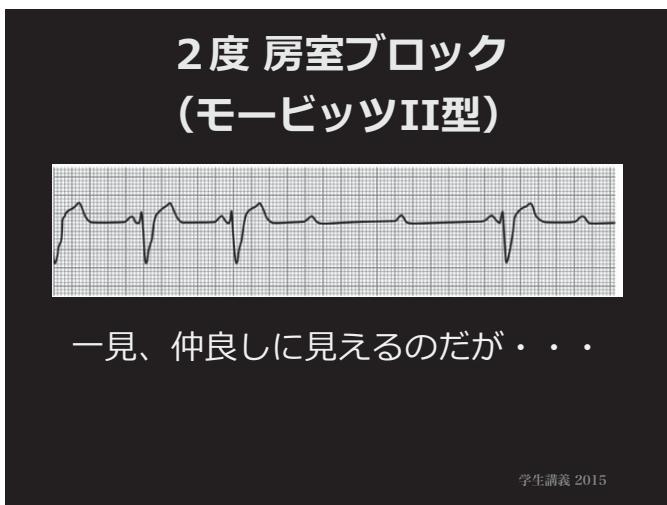
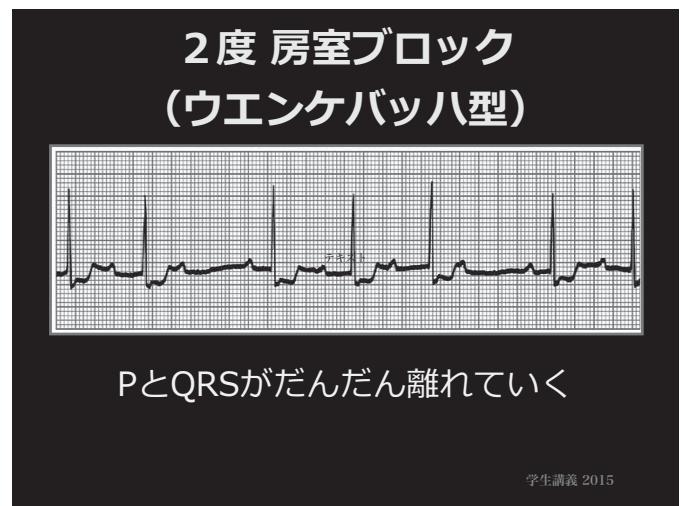
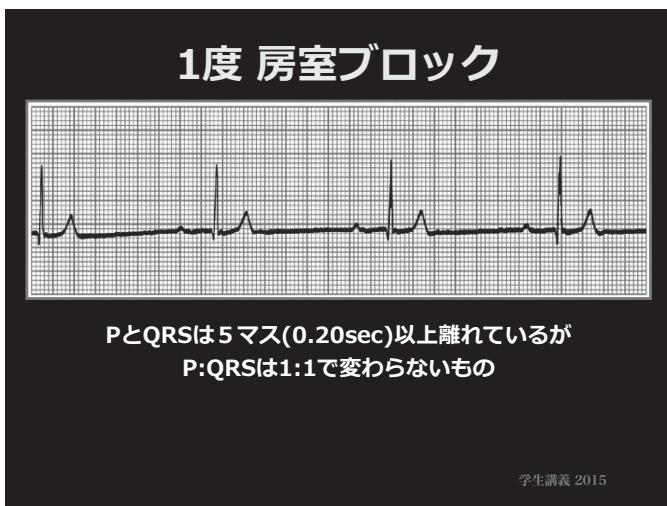
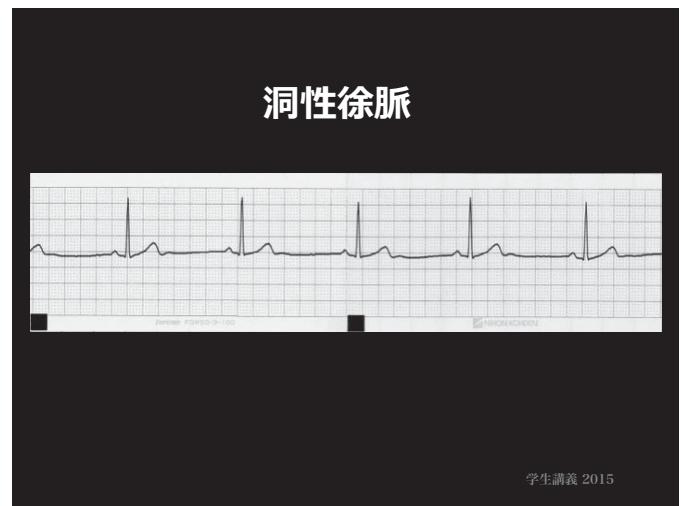
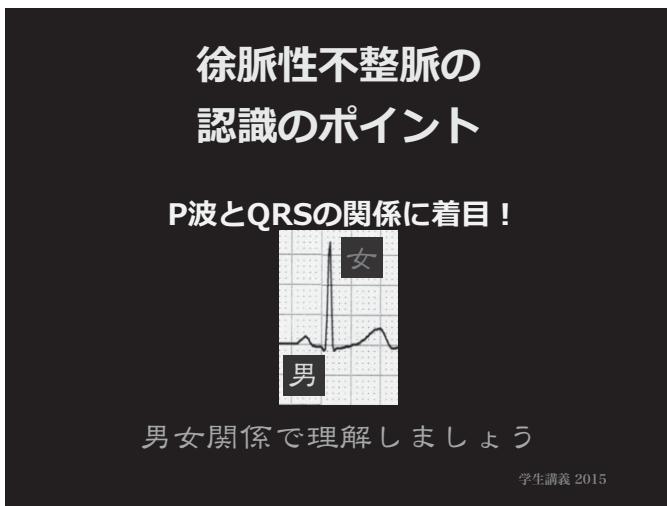
### 洞性徐脈



脈が触れない！

学生講義 2015





## 危険な徐脈性不整脈

- ★ II度房室ブロック (モービッツ2型)
- ★ III度房室ブロック

↓

### 心停止のリスク

学生講義 2015

## 非心停止調律 (non-arrest)

### 頻拍性不整脈

1. 心室性頻拍 Ventricular Tachycardia
2. 上室性頻拍 SupraVentricular Tachycardia

学生講義 2015

### 心室性頻拍と上室性頻拍をどう鑑別するか？

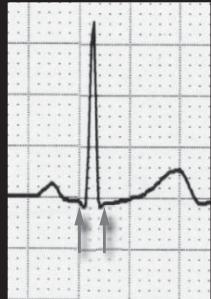
## Q R S 波の幅

学生講義 2015

### 心室性頻拍と上室性頻拍をどう鑑別するか？

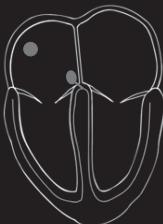
Q R S 波 = 心室の興奮

Q R S 波の幅 = 心室の興奮にかかる時間



学生講義 2015

QRSの幅 狹い(3mm以内)  
↓  
心室内の興奮は正常の  
刺激伝導系を  
通っている  
↓  
興奮は上室からきている = 上室性



学生講義 2015

### QRSの幅

上室性

Wide(広い) QRS

心室性

Narrow(狭い) QRS

2.5mm=0.10秒

3mm=0.12秒

学生講義 2015

## 非心停止調律 (non-arrest)

### 頻拍性不整脈

1. 心室性頻拍 Ventricular Tachycardia
2. 上室性頻拍 SupraVentricular Tachycardia

学生講義 2015

## 非心停止調律 (non-arrest)

### 頻拍性不整脈

1. 幅の広いQRSの頻拍 (心室性)
2. 幅の狭いQRSの頻拍 (上室性)

学生講義 2015

## 非心停止調律 (non-arrest)

### 頻拍性不整脈

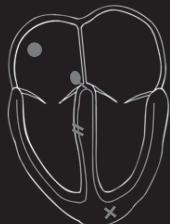
1. 幅の広いQRSの頻拍 (心室性)
2. 幅の狭いQRSの頻拍 (上室性)

学生講義 2015

### QRSの幅 広い



心室内の興奮は正常の刺激伝導系を通っていない



すでに異常あり！

学生講義 2015

心室性頻脈(VT)は危険です

- ★ 刺激伝導路にすでに異常あり！
- ★ 血行動態異常（低血圧など）が加わると....



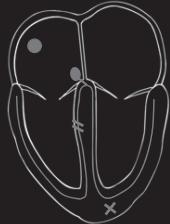
心停止のリスク

学生講義 2015

### QRSの幅 広い



心室内の興奮は正常の刺激伝導系を通っていない



1. 興奮が心室起源 = 心室性
2. 心室内の刺激伝導系に障害がある  
(脚ブロック) = 上室性

学生講義 2015

## 幅の広いQRSの頻拍症 Wide QRS Tachycardia

1. 上室性 Supraventricular (SVT)
2. 心室性 Ventricular (VT)

のどちら可能性もありうる



学生講義 2015

## 幅の広いQRSの頻拍症

上室性？ 心室性??

わからない、診断できない…

どうしよう…



学生講義 2015

## 幅の広いQRSの頻拍症

心室性頻拍 (VT)

として対処してよい



学生講義 2015

## 心室頻拍 (VT) として対処してよい根拠

- 1) 幅の広いQRSの頻拍症の,  
90%以上は VTである
- 2) VTとして治療する方が安全

学生講義 2015

## 心室頻拍 VT

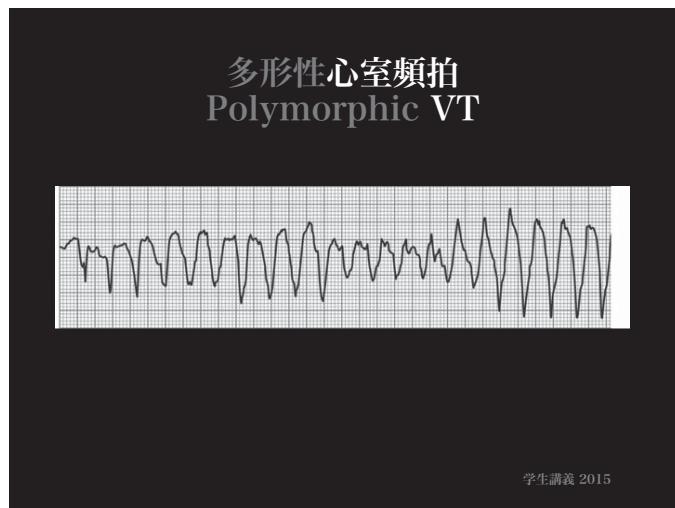
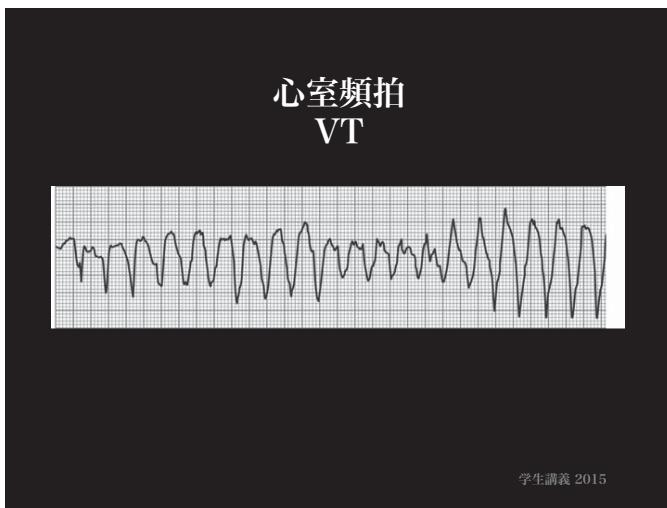


学生講義 2015

## 単形性心室頻拍 Monomorphic VT



学生講義 2015



## 心室頻拍（VT） を波形で分ける理由

**原因が異なるから**

- ⌚ 単形性VT；心臓自体が要因
- ⌚ 多形性VT；心臓以外の要因を考慮

学生講義 2015

### 多形性VTの要因となる薬剤

- 1) 抗不整脈薬
  - Ia群：キニジン、ジソピラミド、プロカインアミド、シベンゾリン
  - Ic群：フレカイニド、ビルジカイニド
  - III群：アミオダロン、ソタロール、シンビット
- 2) 抗菌薬：エリスロマイシン、クラリスロマイシン、S-T合剤、アンビシリン、ペンタミジンなど
- 3) 抗真菌薬：イトラコナゾールなど
- 4) 抗ヒスタミン薬：テルフェナジンなど
- 5) 抗高脂血症薬：プロブコールなど
- 6) 抗精神薬：ハロベリドール、クロルプロマジンなど
- 7) 三環系抗うつ薬：イミプラミン、アミトリオブチリンなど

学生講義 2015

### 多形性VTの要因となる薬剤

- 1) 抗不整脈薬
  - Ia群：キニジン、ジソピラミド、プロカインアミド、シベンゾリン
  - Ic群：フレカイニド、ビルジカイニド
  - III群：アミオダロン、ソタロール、シンビット
- 2) 抗菌薬：エリスロマイシン、クラリスロマイシン、vw 合剤、アンビシリン、ペンタミジンなど
- 3) 抗真菌薬：イトラコナゾールなど
- 4) 抗ヒスタミン薬：テルフェナジンなど
- 5) 抗高脂血症薬：プロブコールなど
- 6) 抗精神薬：ハロベリドール、クロルプロマジンなど
- 7) 三環系抗うつ薬：イミプラミン、アミトリオブチリンなど

学生講義 2015

心室性不整脈(VT)は危険です  
心停止のリスクがある

★ 単形性、多形性に関わらず

↓

ドクターコール！  
除細動器の準備

学生講義 2015

## 非心停止調律 (non-arrest)

### 頻拍性不整脈

1. 幅の広いQRSの頻拍 (心室性)
2. 幅の狭いQRSの頻拍 (上室性)

学生講義 2015

### 幅の狭いQRSの頻拍

Narrow QRS complex Tachycardia



### 上室性頻拍

VTではない！

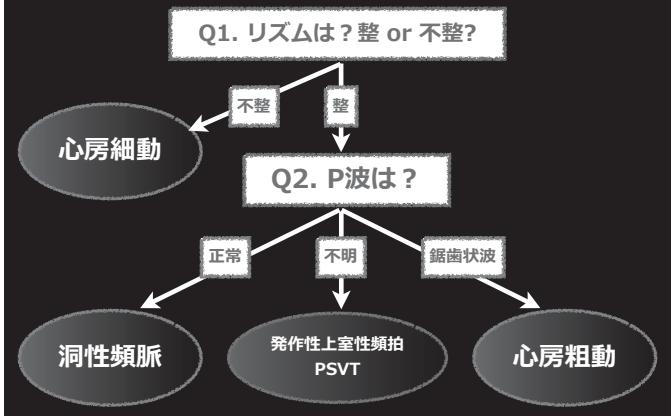
学生講義 2015

## 上室性頻拍 (SVT)

1. 洞性頻脈
2. 心房細動頻拍 (Af)
3. 発作性上室性頻拍 (PSVT)
4. 心房粗動頻拍 (AF)
5. 接合部頻拍 (JT)
6. 多源性心房頻拍 (MAT)

学生講義 2015

### 幅の狭いQRSの頻脈 (心拍数>100)の鑑別方法



## 洞性頻脈



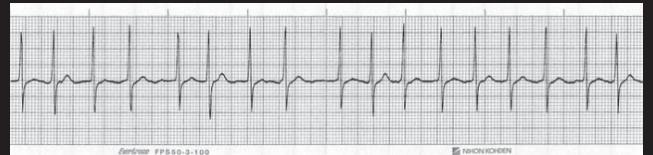
幅の狭いQRSの頻拍 上室性の頻拍

- 1.リズム整
- 2.P波は正常

頻脈になっている  
原因が大切である

学生講義 2015

## Af (心房細動頻拍)



幅の狭いQRSの頻拍 上室性の頻拍

- 1.リズム不整

学生講義 2015

## Atrial Flutter (2:1) (心房粗動 2:1伝導)



幅の狭いQRSの頻拍 上室性の頻拍

- 1.リズム整
- 2.P波は鋸歯状

学生講義 2015

## PSVT (発作性上室性頻拍)



幅の狭いQRSの頻拍 上室性の頻拍

- 1.リズム整
- 2.P波は正常で

PSVTの臨床的特徴  
突然発症!!

学生講義 2015

## 規則正しい幅の狭いQRSの頻拍

Regular Narrow QRS complex Tachycardia



幅の狭いQRSの頻拍 上室性の頻拍

- 1.リズム整
- 2.P波は不明。“のこぎり”みたいにも見えるな～

## 規則正しい幅の狭いQRSの頻拍

Regular Narrow QRS complex Tachycardia

### リエントリー性上室性頻拍

Reentry supraventricular Tachycardia

上室性頻拍は即、心停止  
にはならない



★ 症状をみながらDr.コール

上室性頻脈で  
リズムは整、HRは150, BP120あります

学生講義 2015

危険な  
不整脈を認識する

学生講義 2015

## 5 循環管理

### 心停止調律 (arrest)

- 1) 心室細動／無脈性心室頻拍：  
VF / Pulseless VT
- 2) 無脈性電気活動：  
Pulseless Electrical Activity (PEA)
- 3) 心静止：Asystole

学生講義 2015

### 非心停止調律 (non-arrest)

#### 頻拍性不整脈

1. 心室性頻拍 Ventricular Tachycardia
2. 上室性頻拍 SupraVentricular Tachycardia

#### 徐脈性不整脈



学生講義 2015

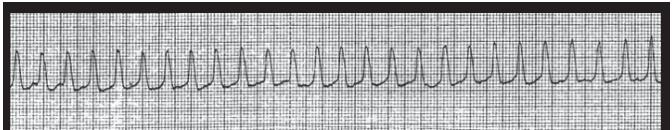
心室性不整脈(VT)は危険です

- ★ 刺激伝導路にすでに異常あり！
- ★ 血行動態異常（低血圧など）が加わると....



### 心停止のリスク

学生講義 2015



#### 幅の広いQRSの頻拍症

心室性頻拍 (VT)  
として対処してよい



学生講義 2015

上室性頻拍は即、心停止  
にはならない

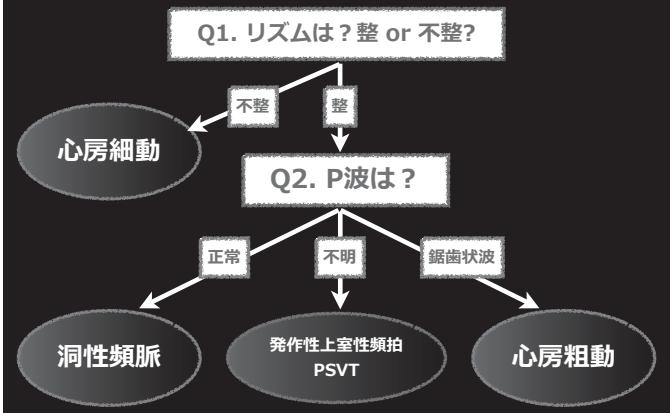


★ 症状をみながらDr.コール

上室性頻拍で  
リズムは整、HRは150, BP120あります

学生講義 2015

#### 幅の狭いQRSの頻脈 (心拍数>100)の鑑別方法



札幌医科大学医学部第4学年講義 2015.11.16

# 周術期管理・特殊な麻酔

perioperative care and anesthetizing method for special cases

札幌医科大学医学部麻酔科学講座  
新山幸俊



## 本日の目標



「麻酔」という視点から周術期管理を学び、  
その上で特殊な麻酔管理および術後痛管理  
について理解する。

## 本日の内容

1. 麻酔とは…？
2. 個々の麻酔法・麻酔薬の特徴
3. 特殊な麻酔管理
4. 術後痛管理
5. ふたたび麻酔とは…？
6. 理想的な麻酔科医とは…？
7. 周術期管理と麻酔

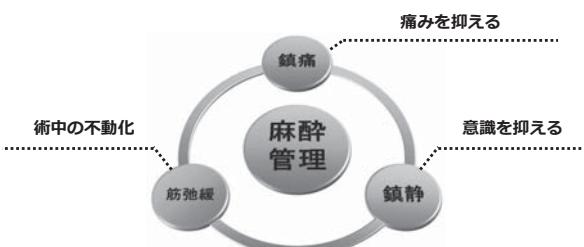


## 麻酔とは…？

薬物で可逆的に感覚を消失させ侵襲から生体を守り、生命維持を行うこと



## 麻酔管理における3つの要素



## 麻酔法・薬剤の分類



### 表面麻醉

胃内視鏡や気管支鏡検査の際に粘膜表面に施行される麻酔

- 局所麻酔薬のスプレー噴霧
- 局所麻酔薬含有のゼリーを塗布



切開を伴うような処置の侵襲  
を抑えることは不可能



### 浸潤麻酔

限局した部位に局所麻酔薬を注入し、末梢神経の情報伝達を阻害することで、その領域における無痛状態を得る方法



切開を伴う低侵襲手術が可能

- 皮膚科などの体表の手術
- 病理生検
- 歯科麻酔

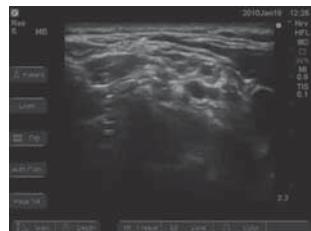


### 硬膜外麻酔と脊髄くも膜下麻酔



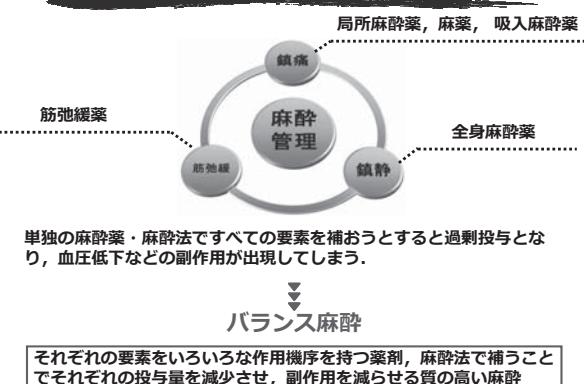
神経走行に従って、中枢側の神経に局所麻酔薬を注入し、それよりも末梢の神経が支配する領域の鎮痛を得る方法

- 1) 上肢  
腕神経叢ブロック
- 2) 下肢  
大腿神経ブロック  
坐骨神経ブロック



近年、エコーガイドブロックや神經刺激法などがさかんに行われるようになってきている。

### 具体的な麻酔管理



### 特殊な麻酔① 帝王切開術

#### 「2人同時の麻酔管理」

- 妊婦と胎児の2人以上に麻酔をかけなければならない
- 胎児に対する影響を考慮して麻酔法を選択する  
局所麻酔管理が基本、超緊急手術では全身麻酔管理
- 肥満状態が多い  
(神經ブロック困難、気道確保困難)
- フルストマック症例 (誤嚥の可能性)
- 緊急性が要求されることがある
- DICを合併していることがある



## 特殊な麻酔② 困難気道

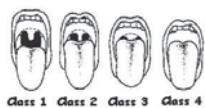
### 「生命に係る事態」

- CICV (cannot intubate-cannot ventilate)
- 麻酔管理に関する死亡原因の1位  
(2002年、日本麻酔科学会)

■ 気道・換気のトラブルは予後が悪い

■ 予測が重要

- 閉塞型睡眠時無呼吸または鼾の既往
- 55歳以上の男性
- BMI 30kg/m<sup>2</sup>以上
- Mallampati分類 III or IV
- あごひげ
- 無歯顎



■ ガイドラインに則った対応が必要

## 特殊な麻酔③ Awake craniotomy

### 「覚醒下の全身麻酔管理という矛盾」

- 手術操作部位の脳機能を確認するために意識下に反応を確認しながら行う手術

■ 患者の意識を残した上で無痛状態を作る

基本的に脳内は痛みを感じない

脳以外の部位の侵襲を感じなくさせさせることが必要



- 手術の目的を確保させながら患者の安全性を保ち、満足度の高い麻酔管理を行わなければならない

■ 頭皮ブロックを併用

## 特殊な麻酔④ 緊急手術

### 「さまざまな危険をはらんだ管理・治療」

■ 既往・全身状態が十分に把握できないことが多い

■ フルストマック症例（誤嚥の可能性）

■ 大量出血の可能性



■ 麻酔準備

■ マンパワーの問題

■ ショック状態で入室することもある

## 特殊な麻酔⑤ ショック症例

### 「循環動態を保ちつつ原因を考慮して正しい処置を」

■ 出血性ショック → 太い静脈路を確保して補液、輸血

■ 心原性ショック → 評価、中心静脈路確保、冠動脈拡張薬、カテコラミン

■ アナフィラキシーショック → 気道確保、エビネフリン、補液、ステロイド

■ 敗血症性ショック → 原因除去、補液、中心静脈路確保、カテコラミン

■ 神経原性ショック → 中心静脈路確保、カテコラミン

■ 熱傷性ショック → 補液、中心静脈路確保、カテコラミン



## 特殊な麻酔⑥ da Vinci 手術

### 「低侵襲の最先端手術だが麻酔管理は悩ましい」



① Surgeon Console

② Patient Cart

③ Vision Cart

## 特殊な麻酔⑦ 小児の麻酔

### 「小児は小さな大人ではない」



■ 解剖学的・生理学的に成人とは異なる

■ 導入時は緩徐導入が用いられる

■ 母子同伴の入室

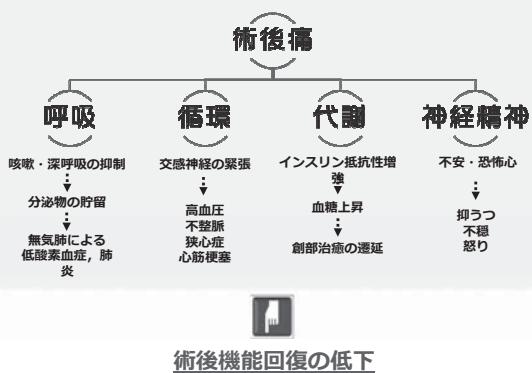
■ 協力性が得られないことが多い

■ 症状を訴えることができない

■ 覚醒時の興奮

■ 適切な術後鎮痛が必要

### 術後痛が生体に与える影響



### 術後鎮痛の重要性

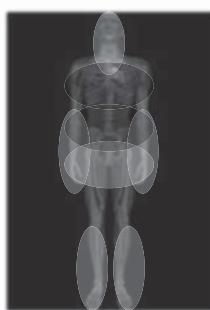
適切に術後痛を軽減することで以下の利点がある。

1. 患者の不安の軽減
2. 術後の合併症の減少
3. 患者の術後療養生活におけるQOLの向上
4. 術後のリハビリテーションの促進
5. 早期離床を促進

### 術後痛管理の最終目標

患者に痛み・ストレスを与えずに呼吸、咳嗽、体動を容易にすることで機能の回復を促し、良好な経過を得る。

### 術後痛の程度を決定する要因



#### A. 手術の要因

1. 手術部位
  - ・皮膚および体表の手術
  - ・筋膜、筋肉、骨、関節の手術
  - ・開腹術、開胸術  
(一般的に内視鏡手術では軽度)
2. 術式

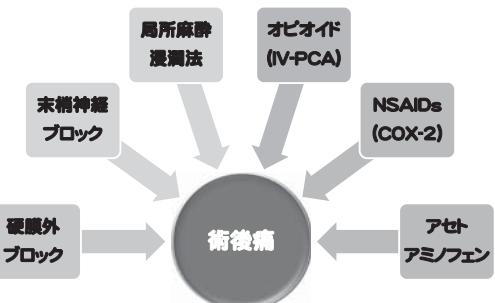
#### B. 患者の要因

1. 年齢
2. 性別
3. 性格
4. 合併症
5. 過去の手術における痛みの経験

### Multimodal analgesia

Multimodal analgesiaとは作用機序の異なる薬剤を組み合わせて使用することにより、相乗的な鎮痛作用を得つつ、それぞれの薬剤の必要量を少なくすることで、それぞれの鎮痛法の副作用を減少させようとする概念。

### Multimodal analgesia



## PCA: Patient Controlled Analgesia

患者が痛みを感じた時に、自分の判断で  
予め設定された量の鎮痛薬を投与する方法

## PCA: Patient Controlled Analgesia

### 利点

- 1) 鎮痛薬の要求から投薬までを最短にできる。
- 2) 患者自身が疼痛管理に 参加できることで満足感を得られる。
- 3) 効果を実感できる。



患者が痛みを訴えてから鎮痛薬が投与されるまでの時間的経過  
～従来の方法とPCAとの違い～

患者が鎮痛薬を要求

↓  
ナースコール

↓  
医療スタッフが対応

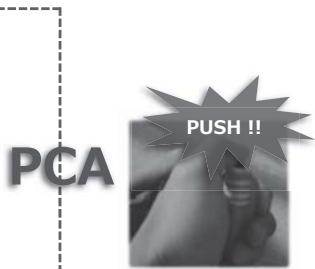
↓  
痛みの評価

↓  
指示を確認

↓  
鎮痛薬を処方

↓  
鎮痛薬投与の準備

↓  
鎮痛薬の投与



## 術後鎮痛のまとめ

1. 術後痛は長い間、避けることのできないものとして十分な対策を講じられずにきた。
2. 強い術後痛が様々な術後合併症の原因となり十分な術後対策が患者の予後を改善することが分かってきた。
3. 新たな術後鎮痛の概念や方法が発達し、術後痛管理の質および医療従事者の意識が向上してきている。
4. 術後鎮痛はひとつの方法で解決できるものではなく、複数の方法を組み合わせていく必要がある。

## ふたたび麻酔とは・・・？

- 麻酔管理上、最も重要なことは患者さんの安全性を守ること
- 術中は患者さんに非常に大きな侵襲が加えられる
- 麻酔は患者さんにとって最強の防御（保護）システムである
- 麻酔には大きな副作用がある
- 合併症の多い患者さんは安全域が狭く、術式を十分に考慮した上で手術侵襲と麻酔のバランスを考慮して管理を行わなければならない



## 全身管理とは…？

### 最低限の全身管理とは・・・

いかなる状況においても人間として生きていくために最も重要な組織である脳・心臓への血流を保ち、酸素を送ること



## 6 周術期管理、特殊な麻酔

### ふたたび麻酔とは…？

薬物で可逆的に感覚を消失させ侵襲から生体を守り、生命維持を行うこと

呼吸管理



体液管理

循環管理

体温管理

中枢神経管理

麻酔とは手術中にリアルタイムで病態治療を行っていくこと

### 周術期管理と麻酔科

術前

術中

術後

■ 患者状態の把握

■ 必要な検査の追加

■ 麻酔計画

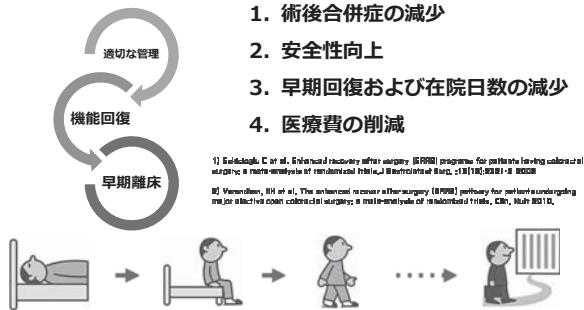
■ 術後診察

■ 合併症の対応

■ フィードバック

### ERAS(enhanced recovery after surgery)

手術患者の術後回復力を高めるため、多くのエビデンスを集約して周術期管理を行う<sup>1-2)</sup>



### 現在、ERASが導入されている術式

#### 開腹結腸切除術

胆囊摘出術

脾頭十二指腸切除術

肝臓切除術

腹部人工血管置換術

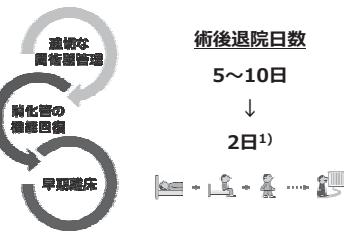
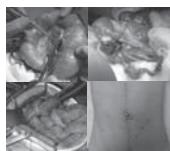
乳房切除術

人工股関節置換術



など・・・

### 開腹結腸切除術におけるERASプロトコールの目的



手術によってもたらされる生体の破綻（神経、内分泌、免疫系）を可能な限り小さくすることにより、術後の消化管機能をいかに早く回復させるか

### 開腹結腸切除術におけるERASプロトコールの成果

当初は懐疑的に思っていた



- 性急すぎるのは・・・？
- 合併症発生が増加するのでは・・・？
- 再入院が増加するのでは・・・？

検討項目	ERAS導入前後での変化
平均在院日数	有意に減少 (6~10日 → 5日)
死亡率	変化なし
合併症発生率	有意に減少
再入院率	変化なし
再入院時の在院日数	有意に減少

Ekelund C et al. Enhanced recovery after surgery (ERAS) programs for patients having colorectal surgery: a meta-analysis of randomized trials. *Esophageal Surg*; 13(1):323-1. 2008

## ERASが注目される社会的事情

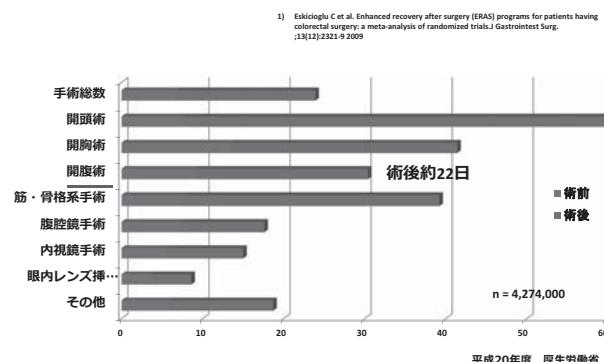


### 本邦に導入する場合の問題点

- 術後回復期の管理を家庭、介護施設に託すことができるか？
- 高齢者が多くなってきている家庭が耐えられるか？
- 完全に直してもらってから退院したいという患者の意識

## 本邦における手術内容別に見た平均在院日数

欧米におけるERAS導入後の開腹術後入院日数：6～10日 → 5日<sup>1)</sup>



## 開腹結腸切除術におけるERASプロトコール



## 周術期管理におけるチーム医療の重要性



## まとめ

- 麻酔とはさまざまな手技や薬剤を組み合わせて行うリアルタイムの治療である。
- さまざまな疾患に対して、それぞれの特徴を理解した麻酔管理が必要となる。
- 術後痛を適切に管理することは患者満足度を高め、手術からの早期回復を促進させる。
- 周術期管理はチーム医療であり、全身管理を行う麻酔科医はその調整役である。

## 周術期のモニタリング

札幌医科大学医学部麻酔科学講座 枝長 充隆

## モニタリングの重要性

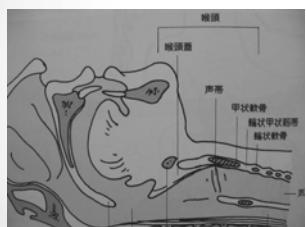
- 生体活動を捉えるあるいは予測する上で、モニタリングは非常に重要である。
- 麻酔領域においては、とくに呼吸および循環の指標が必要不可欠となります。

## モニタリングの盲点

- モニターを過信すると、事故につながる可能性があるため注意が必要である。
- 視診、聴診、触診が大切であることは言うまでも有りません。この上にモニタリングを利用することが、患者さんを安全に寄与します。

## 呼吸 モニタリング

## 上気道の解剖と麻酔薬



- 麻酔薬を投与すると鎮痛・鎮静を得ることで患者さんの苦痛をとることはできますが、副作用として呼吸器系に対する影響があります。
- それは、舌根沈下による気道閉塞や呼吸抑制です。

## 呼吸抑制のモニタリング

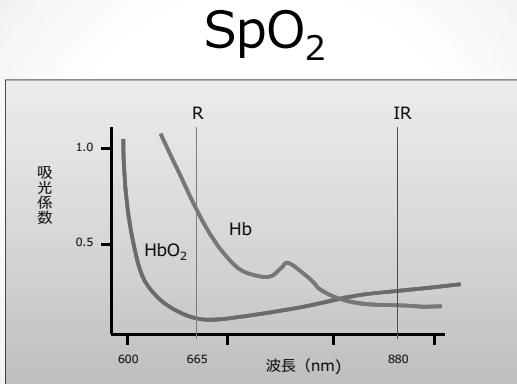
- 動脈血酸素飽和度：酸素化
- カプノグラフィ：換気と呼吸回数
- RRa (acoustic respiration rate : 呼吸回数)

## $SpO_2$

Saturation of pulseoximeter oxygen

## $SpO_2$ (動脈血酸素飽和度)

- 酸素はヘムoglobin (Hb) と結合して酸化ヘムoglobin ( $HbO_2$ ) として全身に運ばれます。
- 全身の末梢組織で、ヘムoglobinから酸素が離れて還元ヘムoglobin (Hb) となります。
- $SpO_2$ は酸化ヘムoglobinと還元ヘムoglobinから測定される
  - センサーから放出される光を反対側の受光部で光を検知します。
  - 酸化ヘムoglobinと還元ヘムoglobinはそれぞれ光の波長が違う成分を吸収します。
  - 吸光率の比から $SpO_2$ を測定しています。
  - $SpO_2 = HbO_2 / (HbO_2 + Hb)$



## $SpO_2$

### 利点

- 非侵襲的かつ連続的に動脈血酸素飽和度が測定できる。

### 欠点

- 低体温や循環不全では測定不能になりやすい。
- マニキュアなどの色素によって値の信頼性が低くなる（低い値になりやすい）。
- 今、現在表示されている値は、何秒か前の値であるということ（リアルタイムではない）。

## 酸素解離曲線

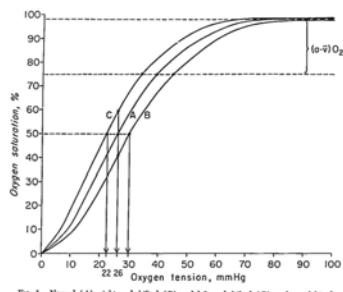


Fig. 1. Normal (A), rightward-shifted (B) and leftward-shifted (C) oxyhemoglobin dissociation curves, showing normal, decreased and increased affinity of hemoglobin for oxygen, respectively. A normal resting arterial oxygen saturation can be maintained only by an increase in  $PvO_2$ . Oxygen saturation increases in the case of a rightward shift (A) due to a decrease in  $PvO_2$  in the case of a leftward shift (curve C) if cardiac output remains unchanged.

## $SpO_2$ と $PaO_2$ の目安

### $SpO_2$ (%)

98~100  
95  
90  
75

### $PaO_2$ (mmHg)

95~  
80  
57  
40

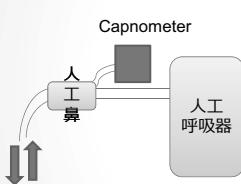
## 7 周術期のモニタリング

***EtCO<sub>2</sub>***  
Endtidal CO<sub>2</sub>  
呼気終末CO<sub>2</sub>濃度

### ***EtCO<sub>2</sub>***

- CO<sub>2</sub>は4.3μmの波長の赤外線を吸収（吸収される光量がCO<sub>2</sub>分圧と比例）する。吸入麻酔薬は8~9μmの赤外線を吸収する。この吸収率の変化から濃度を測定する。
- サンプリングチューブを用いて測定装置まで導く
- 人工鼻からのサンプリングは死腔にならない

### Capnometer



### ***EtCO<sub>2</sub>***

- 目的  
呼気CO<sub>2</sub>濃度をモニターする  
呼吸回数を測定  
正常値 35mmHg  
(PaCO<sub>2</sub>との差は5mmHgと言われている)
- 食道内留置のチェック  
肺梗塞かどうかを判断する際に鋭敏  
気道狭窄かどうかの判断に使える

### ***EtCO<sub>2</sub>*の利点と欠点**

#### 利点

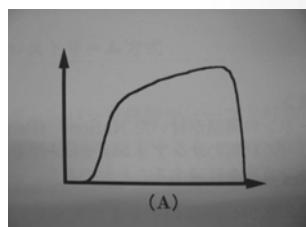
- 非侵襲的に測定できる。
- 換気機能の指標
- PaCO<sub>2</sub>を推定できる

#### 欠点

- チューブが長いと呼気中の水分が凝集して装置のトラブルになる
- チューブがキンクすると波形がでなくなる。
- 病棟の簡易式モニターは、カプノグラムは標準装備となっていない。
- 病棟では、専用のコードを鼻近くに装着する必要があり、不快

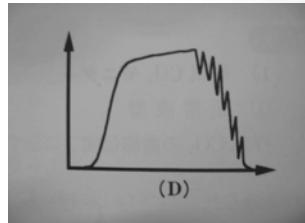
### ***EtCO<sub>2</sub>*の波形の意味**

- 閉塞性肺疾患（喘息や肺気腫など）では、呼出障害があるため呼気の延長が見られる。



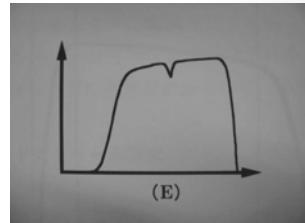
## EtCO<sub>2</sub>の波形の意味

- 心拍により機械的にCO<sub>2</sub>が押し出されるために出る。



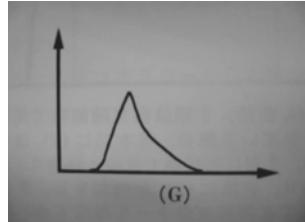
## EtCO<sub>2</sub>の波形の意味

- 自発呼吸が混入した際や胸腹部が圧迫された時に見られる。



## EtCO<sub>2</sub>の波形の意味

- 小児でリークの多いチューブを使用した時やカフがあまい時に見られる。



**Ra**

Acoustic Respiration Rate

## 呼吸数を測定する仕組み



- 音響トランステューサ内臓の粘着式センサにより呼吸数を測定する。
- Signal Extraction Technology (SET®)を導入し、呼吸数測定のサポートをしている。

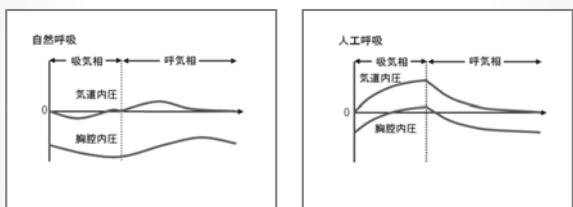
マシモ社資料より転載

● 23

**PIP**

Peak inspiratory pressure  
最高気道内圧

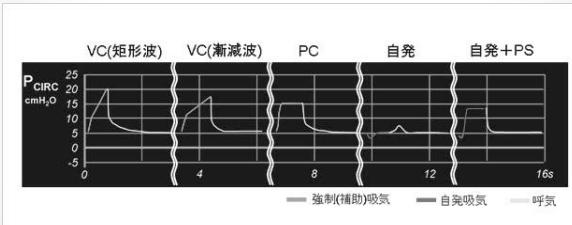
## 自発呼吸と人工呼吸



## 非生理的呼吸方式

- 気道内圧の上昇によって、気胸の発生する可能性がある
- 気道内圧のモニタリングは人工呼吸では必須

## 人工呼吸



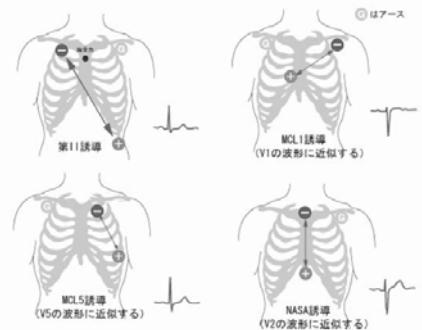
## 循環 モニタリング

## 麻酔薬の影響

- 麻酔薬を投与すると鎮痛・鎮静を得ることで患者さんの苦痛をとることはできますが、副作用として血圧低下や徐脈など循環器系に対する影響があります。

**ECG**  
Electrocardiogram

## 心電図3極のつけ方



## 心電図の読み方

- リズムはregular or irregular ?
- 脈は速いか遅いか ?
- P波はあるか ?
- P波の後にQRS波はあるか ?
- P波とQRS波の幅は ?
- 上室性か心室性か ?

## 不整脈

脈の遅い不整脈

脈の速い不整脈

- P波はあるか ?
- 上室性か心室性か ?

期外収縮

頻拍 (100~250bpm)

粗動 (250~350bpm)

細動 (350bpm以上)

## 心電図所見

- 入室時の波形を十分把握し、周術期の変化に注意する。
- ST-T変化や不整脈をすぐに察知することが、早急な治療へつながる。

### 周術期の処置/治療に関するクラス分類I、II、IIIとエビデンス(A、B、C)

術前の左心室機能の非侵襲的検査	クラスIIa (C)-III (B)	肺動脈カテーテル	クラスIIb (B)-III (A)
術前の安静時12導導心電図	クラスI (B-C)-III (B)	TEE	クラスIIa (C)
非心臓手術前の非侵襲的運動	クラスI (B)-III (C)	吸入麻酔	クラスIIa (B) 心筋虚血リスクを持つ、薬理動態が安定した患者の 非心臓手術の維持麻酔に 有用*
薬物負荷試験	クラスI (A)-III (B)	正常体温の保持	クラスI (B)
非心臓手術前の冠血管再建	クラスI (B-C)-III (C)	血糖管理	クラスIIa (B)-IIb (C)
$\beta$ プロッカー	クラスI (B-C)-III (C)	術中・術後のST変化モニター	クラスIIa (B)-IIb (B)
スタチン療法	クラスI (B)-IIb (C)	周術期の心筋梗塞兆候のモニター	クラスIIa (C)-III (C)
$\alpha_2$ アゴニスト	クラスIIb (B)-III (C)		
ニトログリセリンの予防的投与	クラスIIb (C)		
術前の集中的モニタリング	クラスIIb (B)		

\*多くのランダム化比較試験において、CABG手術を切入麻酔で受けた者は他の各種全身麻酔法よりもローリーの上昇抑制に心室機能の保持を示していた。

これらのデータは非心臓手術を受けた冠状疾患患者にもあてはまると考えられる。

## 虚血検知力

Number of lead	Combination	Sensitivity (%)
1 lead	II	33
	V5	75
2 lead	II/V5	80
4 lead	II/V2~V5	100

## Blood pressure

### 血圧

- ・ 血圧 = 心拍出量 × 血管抵抗
- ・ 心拍出量 = 1回拍出量 × 心拍数
- ・ 1回拍出量は前負荷、心収縮力に影響する
- ・ 前負荷 = 静脈還流量であるため、中心静脈圧が一つの指標となる。

## CVP

- ・ 右房圧あるいは上大静脈圧
- ・ 正常値 5から 8 mmHg
- ・ 輸液投与のgold standard

N Eng J Med  
2001;345:1368-77.

Early goal-directed therapy  
in the treatment of  
severe sepsis and septic shock.

## Resuscitation goals (標準的治療)

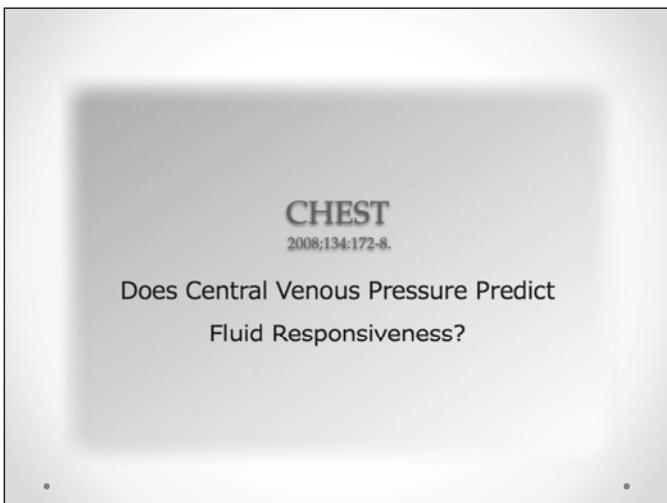
- ・ CVPを8から12 mmHgに保つ
- ・ Mean Arterial Pressure  $\geq$  65 mmHg
- ・ Urine output  $\geq$  0.5 ml/kg/hr

→ 院内死亡率  
46.5%

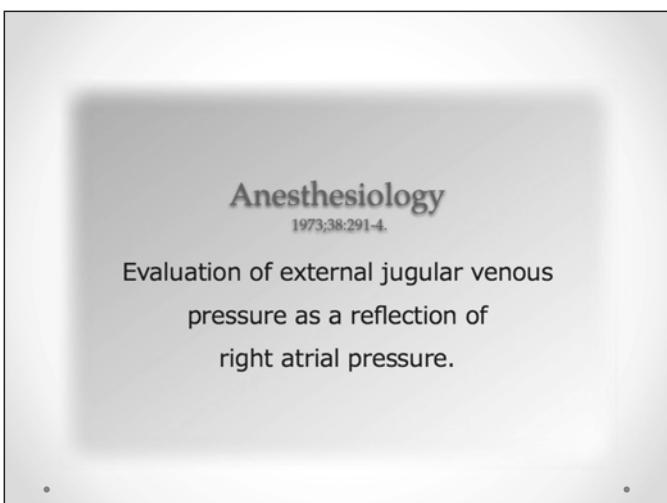
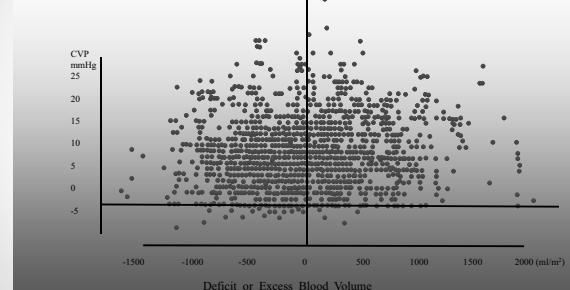
## Resuscitation goals (早期ScvO<sub>2</sub>モニタリング)

- ・ CVPを8から12 mmHgに保つ
- ・ Mean Arterial Pressure  $\geq$  65 mmHg
- ・ Urine output  $\geq$  0.5 ml/kg/hr
- ・ ScvO<sub>2</sub>  $\geq$  70 %
- ・ SpO<sub>2</sub>  $\geq$  93 %
- ・ Hct  $\geq$  30 %
- ・ CI and VO<sub>2</sub>

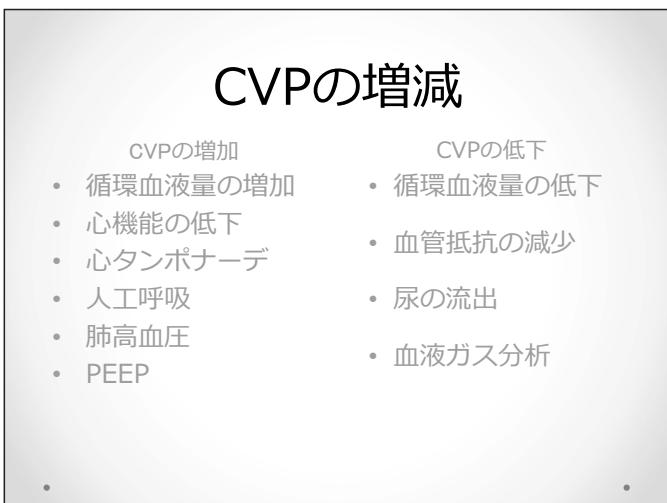
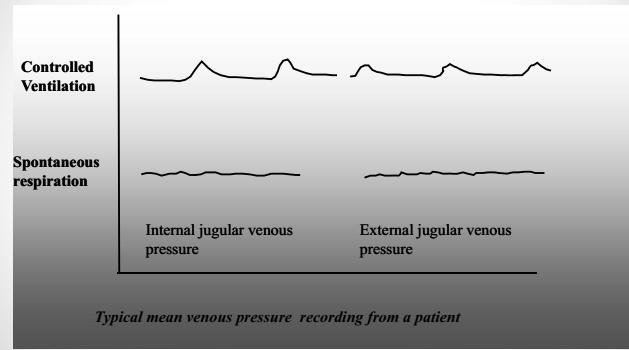
→ 院内死亡率  
30.5%



## Blood volumeとCVP値の関係



## Venous pressureの呼吸変動



**S-G catheter**  
Swan-ganz catheter

## 7 周術期のモニタリング

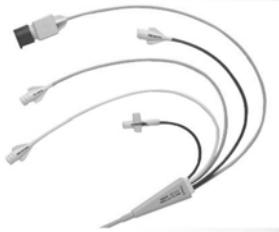
### S-G catheter

スワンさんとガンツさんによって  
発明（帆船から）

右心系に入っているながら左室機能  
が測れる優れもの

測定項目

- CO : 心拍出量
- $SvO_2$  : 混合静脈血酸素飽和度
- PA : 肺動脈圧
- PCWP : 肺動脈楔入圧
- CVP : 中心静脈圧
- SVR : 体血管抵抗
- PVR : 肺血管抵抗



<http://www.edwards.com/products/pacatheters/pages/thermodilutioncatheter.aspx>

### S-G catheter挿入時の波形

- RA圧 0~5mmHg
- RV圧 20~30/0mmHg
- PA圧 20~30/5~10mmHg
- PCWP 5~10mmHg

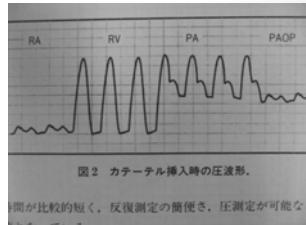
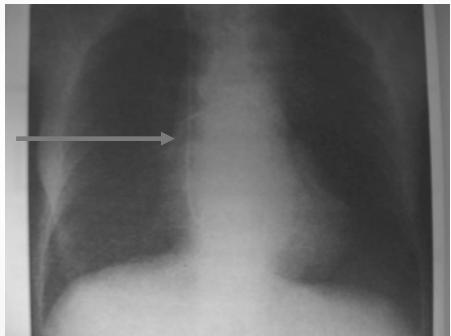


図2 カテーテル挿入時の圧波形。

時間が比較的短く、反復測定の簡便さ、圧測定が可能な

### S-G catheter

カテーテルの先端



### S-G catheter

#### • 適応

各種ショックの病態解析

肺水腫、ARDS、低酸素血症の診断と評価

乏尿あるいはBUN/Creaが上昇する場合

治療に抵抗する右心不全、左心不全

肺梗塞など肺血管系の変化が疑われる時

心臓術後の循環動態管理の目的

### 心拍出量連続測定装置

CCO (continuous cardiac output)

CCI (continuous cardiac index)

• Forrester 分類に使用する。

• CCIの正常値 2.2L/min/m<sup>2</sup>

測定は直前の3分間から6分間に連続測定して得られた値の平均値で30秒毎に更新する。

### 心拍出量連続測定装置

$SvO_2$

- 混合静脈血酸素飽和度
- $SvO_2 = SaO_2 - VO_2 / CO \times Hb$  ( $VO_2$  : 酸素消費量)
- 正常値 65~75%

センサーが、カテーテルを短軸で考えたときに、中心ではなく外側にある。そのため、血管壁につくと信頼性が低くなる。

## PCWP

- 肺動脈楔入圧
- 正常値 $\leq$  18mmHg
- Forrester分類における管理の指標
- 心臓血管外科手術でのルーチン

## Forrester分類

(l/min/m <sup>2</sup> )			
心 係 数	Subset 1 末梢循環不全 (-) 肺うっ血 (-) 治療：経過観察	死亡率3%	Subset 2 末梢循環不全 (-) 肺うっ血 (+) 治療：利尿薬 血管拡張薬
		死亡率9%	
2.2	Subset 3 末梢循環不全 (+) 肺うっ血 (-) 治療：輸液 カテコラミン ペーシング	死亡率23%	Subset 4 末梢循環不全 (+) 肺うっ血 (+) 治療：利尿薬、カテコラミン 血管拡張薬 IABP
		肺動脈楔入圧	18 (mmHg)

## PCWPの限界

- 自発呼吸時および人工呼吸時
- PEEPを上げた際
- 血管作動薬（収縮および拡張）
- 心不全時

**Flotrac**

フロートラックセンサー

## Vigileo monitor

- 動脈圧心拍出量測定をする装置
- 動脈圧波形から心拍出量を連続的に測定し、患者のデータを入力することで以下の項目が測定可能となる
- 測定項目
  - CO :心拍出量
  - CI :心係数
  - SV :1回拍出量
  - SVI :1回拍出量index 35ml/m<sup>2</sup>以上を目標
  - SVV :stroke volume variance 10~13%
  - SVR :体血管抵抗
  - ScvO<sub>2</sub> :上大静脈酸素飽和度

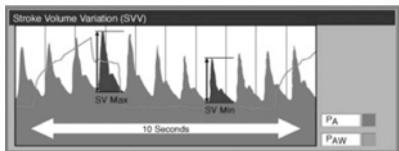
## SVV

- Flotrac/Vigileo にて測定できる指標のひとつ
- 専用の動脈ラインイントロデューサーに接続すれば画面に表示される
- 輸液の反応性を図る指標として期待されている



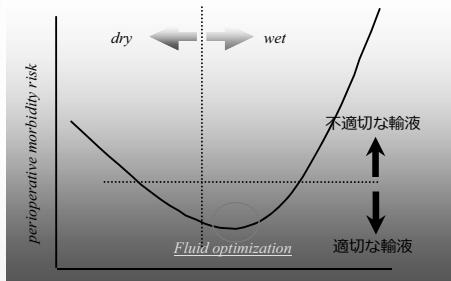
<http://www.edwards.com/Products/MinInvasive/pages/Vigileo.aspx>

## SVVの意味

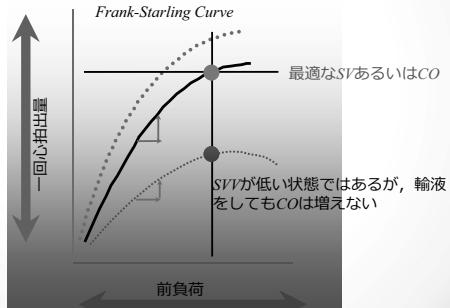


- 100%人工呼吸に依存している患者は、呼吸性に血圧変動があると同時に脈圧も変化する。
- これは、Stroke volumeが吸気と呼気で変化することである。
- この変動をstroke volume variation : SVVという。
- 

## 最適な輸液量を求めて



## SVVの注意点



## SVVの限界

- 不整脈時
- PEEPを上げた際
- 血管作動薬（収縮および拡張）
- 心不全時

## 血圧と脳血流

## 血圧を維持する重要性

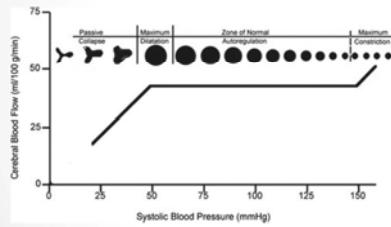


Figure 1. Graphic representation of the relationship between cerebral blood flow and mean blood pressure in the normal brain. This may be partially or completely absent following traumatic brain injury leading to a situation where cerebral blood flow becomes dependent on blood pressure.



**rSO<sub>2</sub>**

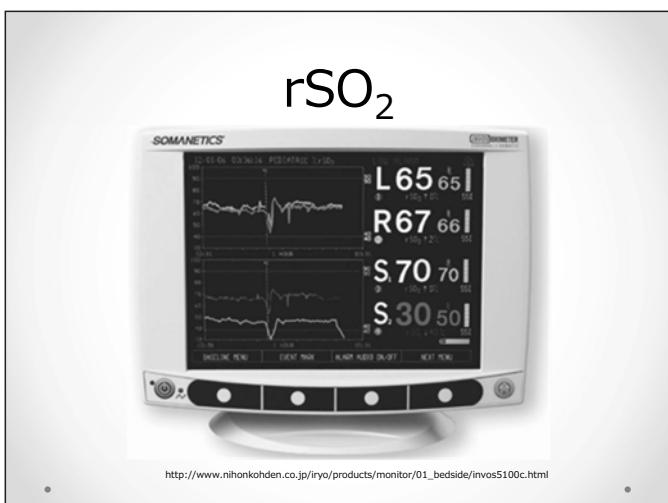
脳局所酸素飽和度  
 $rSO_2 = 0.25 \times SpO_2 + 0.75 \times SvO_2$

正常値 55~75%

適応は、脳血管手術（特に内頸動脈内膜剥離術）や心臓血管手術

左右差は認められることが多い（優位半球が高い）

絶対値ではなく、相対変化が重要  
(絶対値で50%以下、相対変化で20%以上の変化は注意)



**rSO<sub>2</sub>**

增加

- 低体温（酸素消費量が減少するため）
- COが上昇
- 輸血

減少

- 体温が上昇
- COが低下（低還流）
- 貧血
- 低酸素血症



**NIROモニター**

照射プローブ 検出プローブ  
脳組織

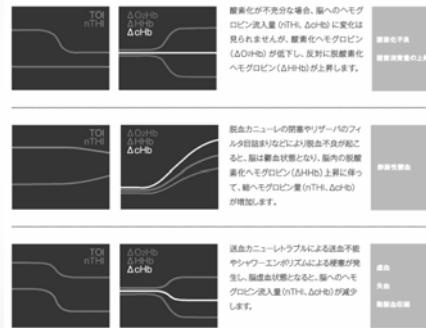
The monitor displays four sets of data: L 64, R 64, S 64, and S 64. Each set includes a waveform graph and numerical values.

## 7 周術期のモニタリング

### NIRO

- ・脳の局所へモグロビン濃度を捉えること
- ・O<sub>2</sub>Hb濃度とHb濃度を捉えて血液の酸化状態を測定
- ・Tissue Oxygenation Index (TOI)
  - TOI = O<sub>2</sub>Hb/cHb
- ・頭蓋から約3cmの深さ、脳実質表面から約1cm程度の深さを中心とした強湾バナナ状の部位を測定
- ・組織に含まれるO<sub>2</sub>Hb濃度の割合を測定し、拍動がなくても測定できる。
- ・人工心肺下、心拍停止時にも測定できる。
- ・

### モニター



<http://www.hamamatsu.com/jp/ja/product/alpha/N/C10448/index.html>

### 麻酔レベルのモニタリング

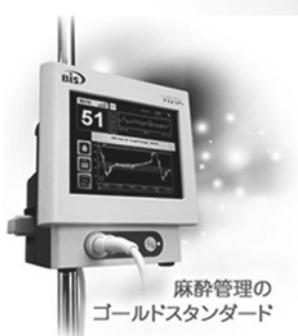
### 麻酔レベルをどうチェック

- ・鎮静度：BIS (bispectral index)
- ・鎮痛度：麻酔中には測定できない。術後に関しては、VAS (visual analog scale)がある。
- ・筋弛緩の程度：TOF watch (train-of four)

### BIS

#### 利点

- ・患者の脳波（EEG）信号を連続的に処理し、複雑な計算を実行してBIS値を算出
- ・BIS値 = 100は完全な覚醒状態を示し、BIS値 = 0は脳の電気的活動の消失を示す。
- ・術中覚醒のモニタリング
- ・鎮静薬の投与量をある程度少なくできる可能性あり。



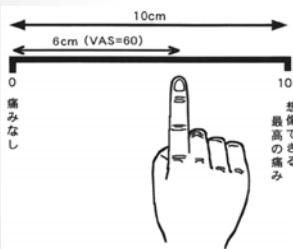
[http://www.nihonkohden.co.jp/iryo/products/monitor/01\\_bedside/a3000.html](http://www.nihonkohden.co.jp/iryo/products/monitor/01_bedside/a3000.html)

### 鎮静度を測定する

#### 利点

- ・患者の脳波（EEG）信号を連続的に処理し、複雑な計算を実行してBIS値を算出
- ・BIS値 = 100は完全な覚醒状態を示し、BIS値 = 0は脳の電気的活動の消失を示す。
- ・術中覚醒のモニタリング
- ・鎮静薬の投与量をある程度少なくてできる可能性あり。

## 鎮痛度を測定する



- 0 : 痛みなし
- 10 : 最高の痛み
- 感情などいろんな要素に影響されるため、完璧な客観的指標にはなり得ない。

## 筋弛緩薬の効果を測定



- 筋弛緩状態を数値により定量評価が可能
- 0～1回 良好的筋弛緩
- 2～3回 筋弛緩薬の追加
- 4回になると%表示

## Body Temperature 体温

## 体温管理

- 36°以上に保つ。以下を低体温
- 低体温となると、出血量や輸血量が増加、止血凝固機能の異常、創部感染が増える、心筋虚血を起こしやすいなどがいわれている。
- 鼓膜温、直腸温、膀胱温、血液温、食道温
- 温水/温風ブランケット、室温、輸液/輸血の加温で対処

## 安全な麻酔のための モニター指針

- 麻酔科医が絶え間なく看視すること
- 酸素化
- 換気
- 循環
- 体温
- 筋弛緩

## 8 ペインクリニック、神経ブロック

### 麻酔科学講座第4学年講義 ペインクリニック・神経ブロック

～慢性痛に対する治療、神経ブロック、局所麻酔について理解する～

岩崎 創史

### 痛みとは？

BC3 アリストテレス：「情動」である

1600年初期 デカルト：「感覚」である



1979年 国際疼痛学会（IASP）

「痛み」とは、実質的または潜在的な組織傷害と関連した「不快な感覚的・情動的体験」，あるいはこののような傷害と関連して述べられる「不快な感覚的・情動的体験」

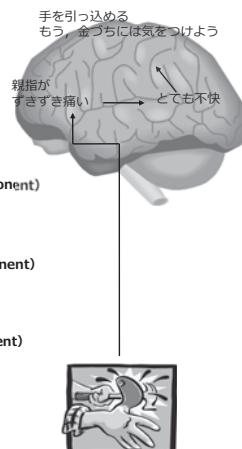
「痛み」をあらわす言葉で表現される「不快な情動」

#### 痛みの3要素

感覚・弁別要素 (sensory-discriminative component)  
；痛みの位置・強さ・性質

情動・動機要素 (affective-motivational component)  
；痛みの不快さ

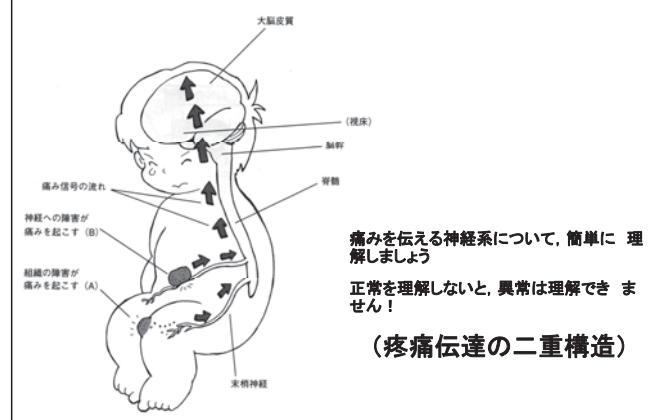
認知・評価要素 (cognitive-evaluative component)  
；痛みの評価



痛みを伝える神経系について、簡単に理解しましょう

正常を理解しないと、異常は理解できません！

#### (疼痛伝達の二重構造)

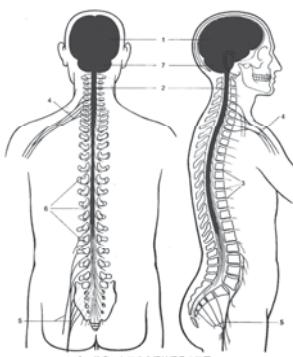


#### 神経の分類

- ・中枢神経系
- ・末梢神経系

- ・運動神経
- ・感覚神経
- ・自律神経

太い  
↓  
細い



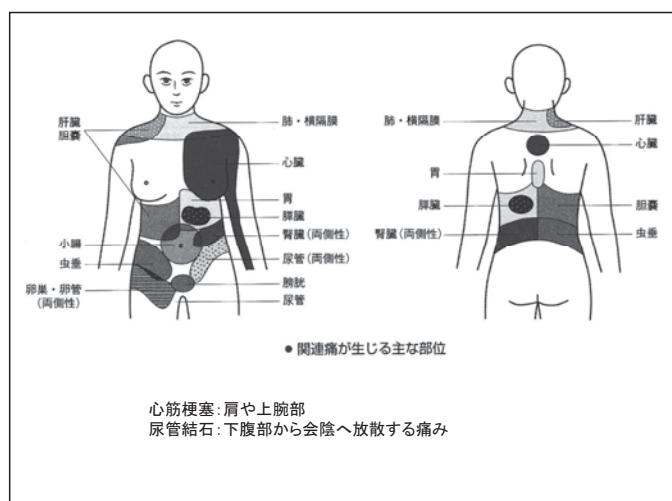
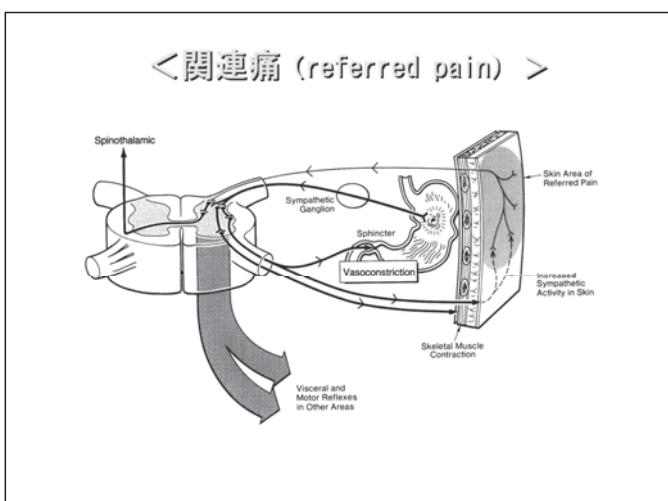
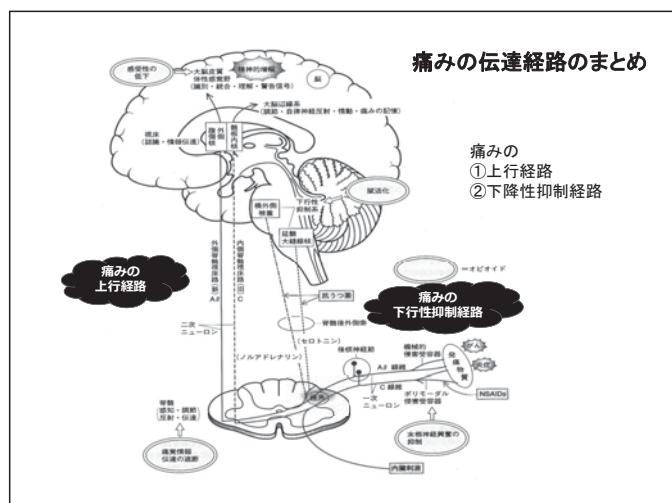
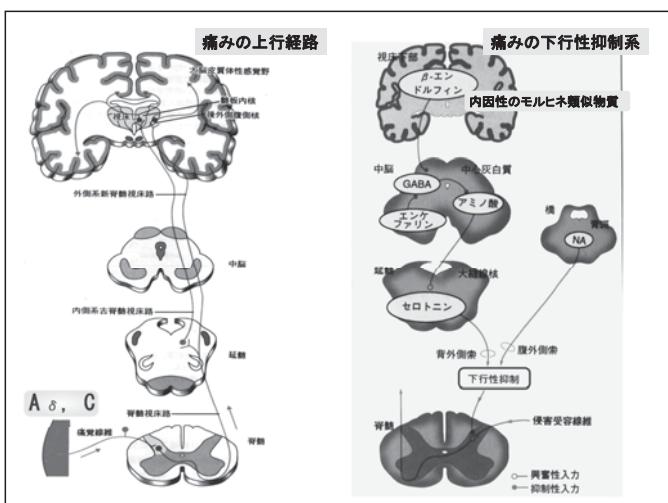
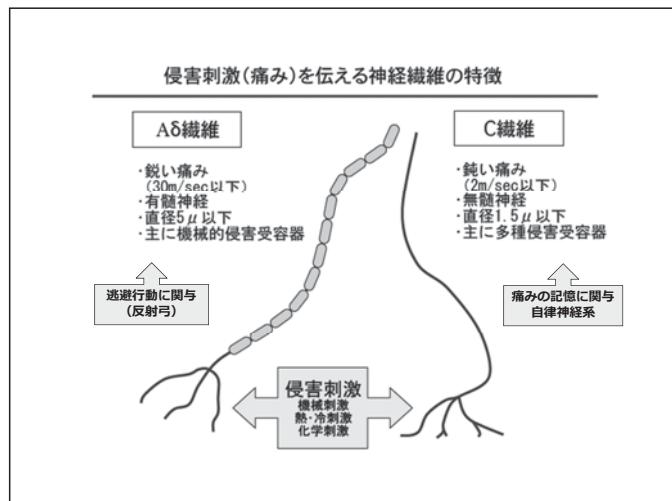
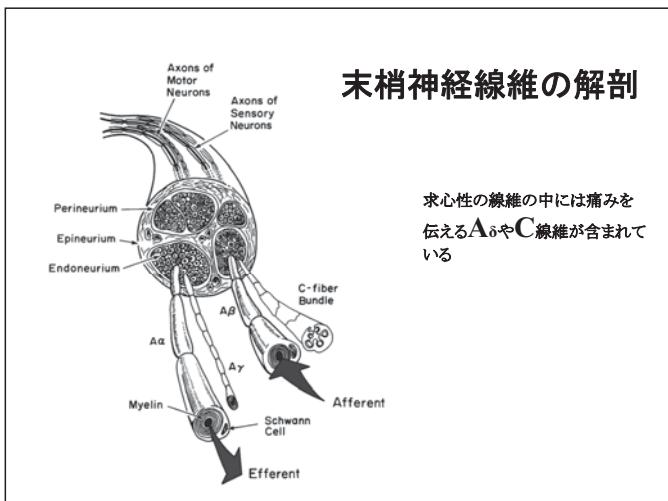
#### 末梢神経の基本的な分類

TABLE 29-3. Classification of Peripheral Nerves According to Fiber Size and Physiologic Properties

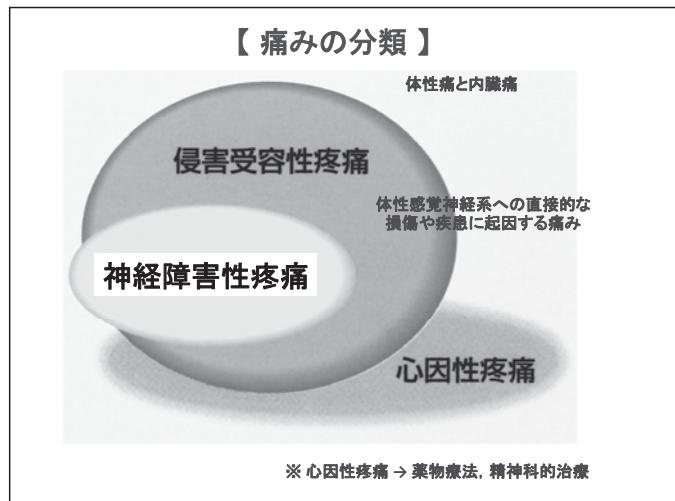
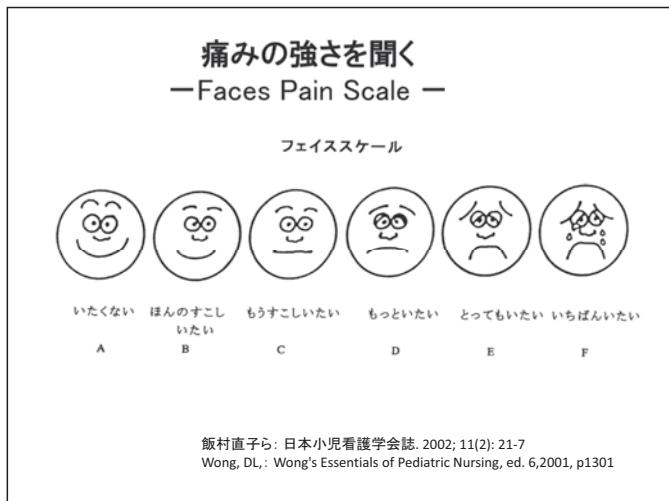
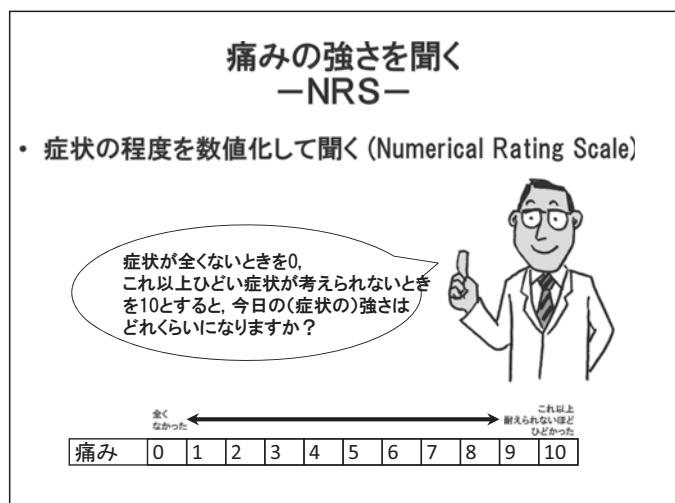
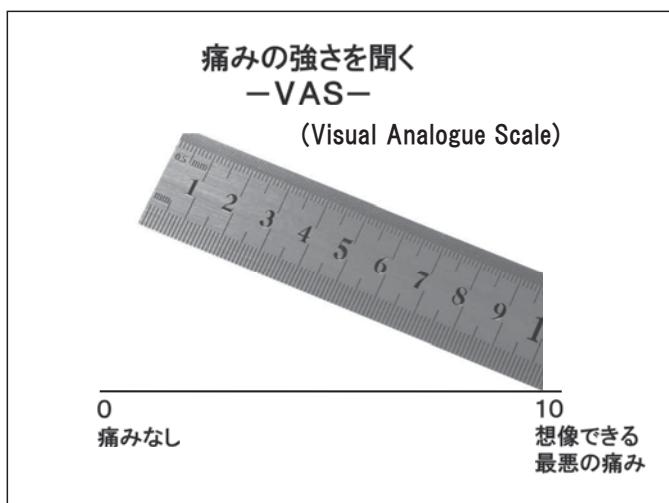
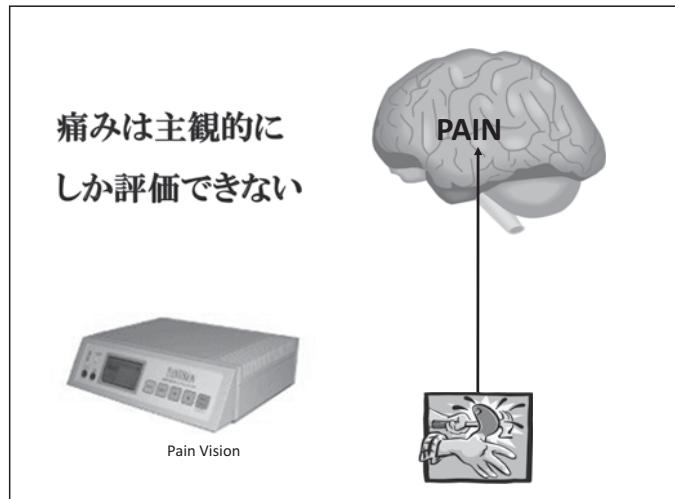
Fiber Class	Subclass	Myelin	Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Conduction Velocity (M/sec)	Location	Function
A	$\alpha$	+	6-22	30-120	Afferent to and efferent from muscles and joints	Motor, proprioception
	$\beta$	+	6-22	30-120	Afferent to and efferent from muscles and joints	Motor, proprioception
	$\gamma$	+	3-6	15-35	Efferent to muscle spindles	Muscle tone
	$\delta$	+	1-4	5-25	Afferent sensory nerves	Pain, temperature, touch
	sC	-	<3	3-15	Preganglionic sympathetic	Various autonomic functions
B	sC	-	0.3-1.3	0.7-1.3	Postganglionic sympathetic	Various autonomic functions
C	dyC	-	0.4-1.2	0.1-2.0	Afferent sensory nerves	Pain, temperature, touch

(Bonica JJ: Principles and Practice of Obstetric Analgesia and Anesthesia. Philadelphia, FA Davis, 1967.)

c.f.)M-18 局所麻酔薬



痛みの分類	
時間経過による分類	<ul style="list-style-type: none"> <li>・急性痛</li> <li>・慢性痛</li> </ul>
原因による分類	<ul style="list-style-type: none"> <li>・侵害受容性疼痛</li> <li>・神経障害性疼痛</li> <li>・心因性疼痛</li> </ul>
部位による分類	<ul style="list-style-type: none"> <li>・体性痛</li> <li>・内臓痛</li> </ul>



## 【侵害受容性疼痛】

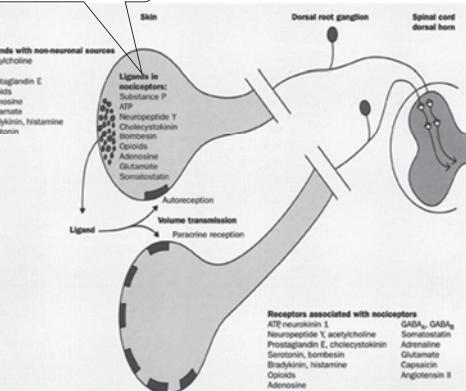
### 1. 体性痛

a. 表在性

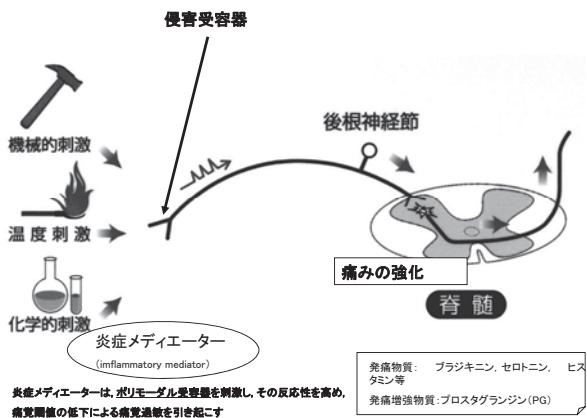
b. 深部性

### 2. 内臓痛

## 侵害受容器



## 【持続的な侵害受容刺激 → 痛みの強化】



## 【侵害受容性疼痛の生理的意義】

・病気の症状のひとつ

・健康人にとって傷害を未然に防止

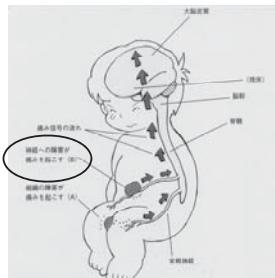
## 【神経障害性疼痛】

※ 痛みを理解するためには大切なところ！

体性感覚神経系への直接的な損傷や  
疾患により惹起される疼痛

(機能異常に起因したものは除外)

末梢神経系の障害性と中枢神経系の  
障害性のもの



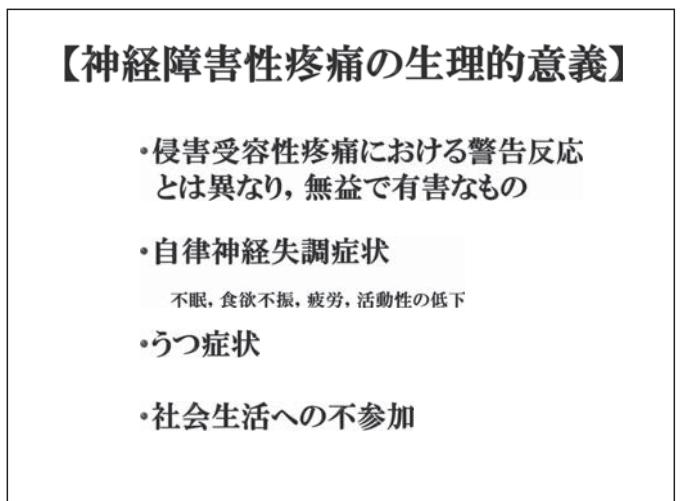
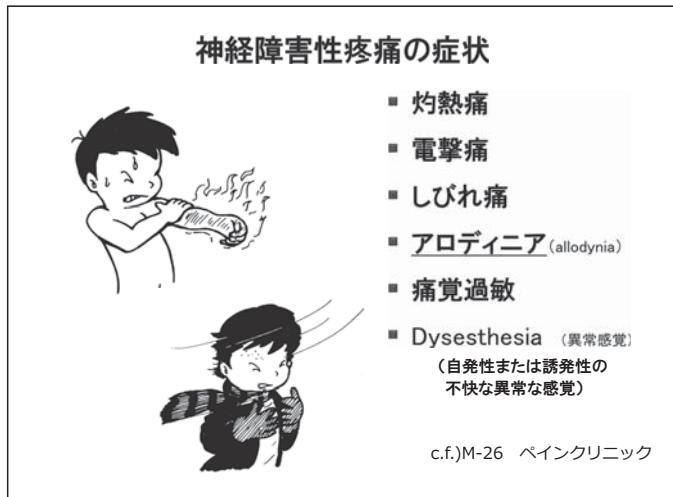
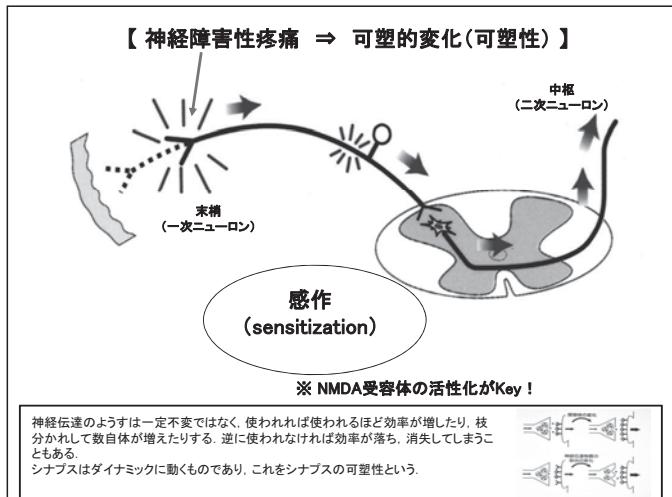
## 【末梢性機序】

- ワーラー変性と再生、神経腫形成
- 脱ミエリン鞘後の異所性発火
- 神経腫の自発発射
- Naチャネルの発現と蓄積
- 交感神経—知覚神経のカプリング
- 末梢神経内のクロストーク (ephaptic transmission)

## 【中枢性機序】

- 中枢性感作: 痛み情報伝達の変化
- NMDA受容体の活性化
- 一酸化窒素(NO)やプロスタグランジン(PG)の産生
- 疼痛関連遺伝子の発現
- 構造的変化
- $\alpha\beta$ 線維の脊髓後角第III相への発芽とC線維の萎縮
- 抑制系の脱抑制: 内因性抑制機構の破綻
- GABA性、グリシン性ニューロン

## 8 ペインクリニック、神経ブロック

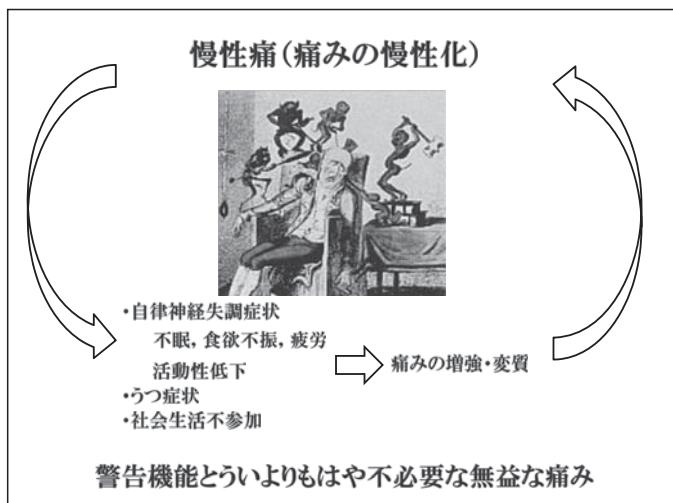
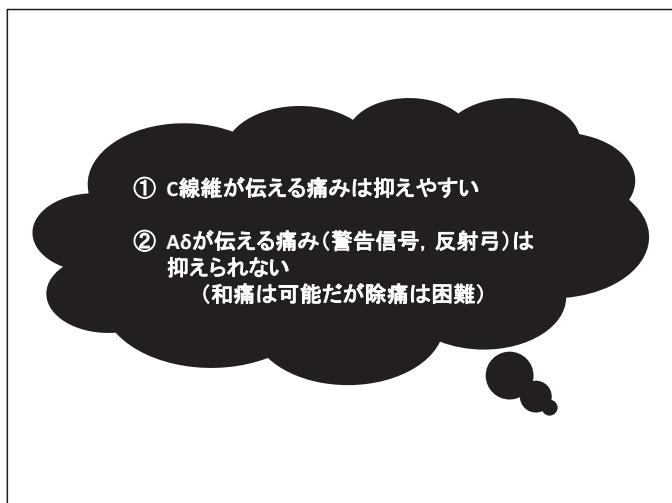


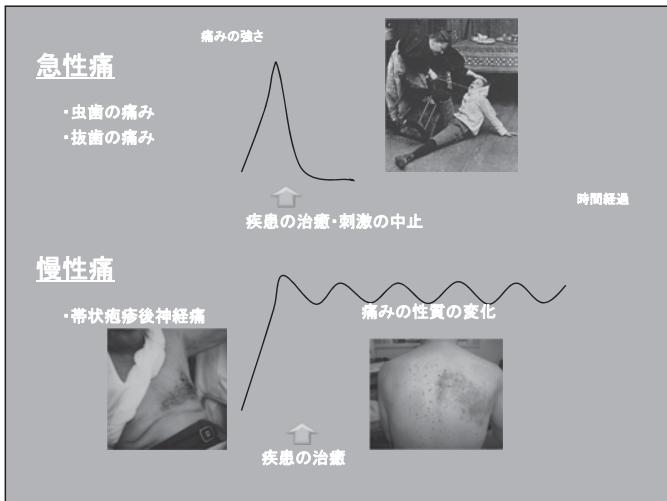
急性痛(生理的痛み)の意義

警告機能-異常事態を知らせる

- 病気の症状の一つ
- 健康人にとって傷害を未然に防止

痛みは生物進化のごく初期から備わるもともと基本的な生体警告信号  
痛みを感じなければ生きていけない





## 【厄介な慢性痛の代表:CRPS】

CRPS: Complex regional pain syndrome複合性局所疼痛症候群

神経障害性疼痛の代表的疾患。

従前より、交感神経系の影響により慢性疼痛となる可能性は指摘されていた。その中に、カウザルギー・反射性交感神経性ジストロフィー(RSD)・肩手症候群(Shoulder hand syndrome:SHS)・外傷後ジストロフィー・ズデック骨萎縮・交感神経性持続疼痛等々各領域でばらばらの疾患として扱われていた。

現在では、これらの用語が病気の兆候や症状を適切に表現するには適切でないとされ、国際疼痛研究学会(IASP; International Association of the Study of Pain)は、複合性局所疼痛症候群(CRPS)という用語の使用を推奨した。

しかし、臨床現場では依然として旧名称が用いられる事が多く混迷している。

また、以前はCRPS自体がtype1とtype2に分かれていたが、現在はCRPSに統合されている。

### CRPS診療用診断基準 (IASP, 2005)

- 1.きっかけとなった外傷や疾病に不釣り合いな持続性の痛みがある
- 2.以下の4項目のうち、3つ以上の項目で1つ以上の自覚的徵候がある
  - 1.感覺異常:自発痛、痛覚過敏
  - 2.血管運動異常:血管拡張、血管収縮、皮膚温の左右差、皮膚色の変化
  - 3.浮腫・発汗異常:浮腫、多汗、発汗低下
  - 4.運動異常・萎縮性変化:筋力低下、振戻、ジストニア、協調運動障害、爪・毛の変化、皮膚萎縮、関節拘縮、軟部組織変化

※交感神経が疼痛に影響するメカニズムは現在まで明らかにされていないが、交感神経求心性線維または遠心性線維から放出される神経伝達物質によって、侵害受容器を直接刺激することに起因するのではないかと考えられている。疼痛により生じる交感神経活性は、求心性C線維を活性化させることがあり、これはいわゆる二次痛を増大させる。これはさらに交感神経の活性を亢進させ、痛みの悪循環が形成されることになる。

## 神経ブロックとは？

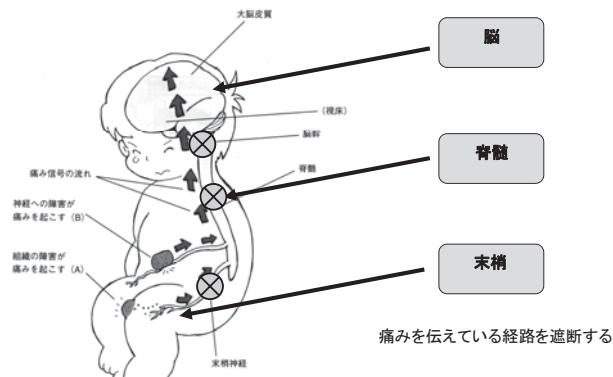
神経ブロックとは、麻酔の技術を応用した鎮痛法の一つで、痛みを伝えている神経を遮断し除痛を図る方法。

➢薬物療法や他の手段で十分な除痛が得られない場合

➢薬物療法による副作用が強い場合

など難渋する症例で、神経ブロックが大きな力を発揮する。

### 神経ブロックとは？



### 臨牞性利用価値の高い3つの神経ブロック

- 硬膜外ブロック
- 腹腔神経叢ブロック
- 脊髄くも膜下ブロック

➢局所麻酔薬

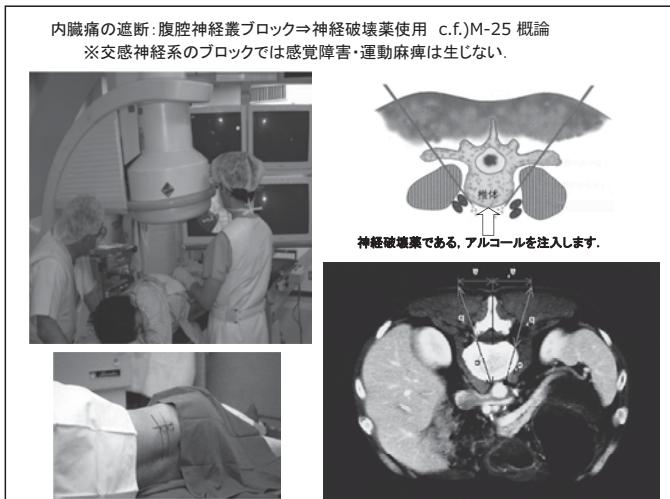
➢神経破壊薬

(アルコール、フェノール)

#### 国家試験で出題された神経ブロック

- 肩甲上神経ブロック
- 星状神経ブロック(Horner症候群)
- Gasser神経節ブロック
- 肋間神経ブロック(肋骨下縁から、気胸)
- 腕神経叢ブロック(気胸)

## 8 ペインクリニック、神経ブロック



- 硬膜外ブロック
- 脊髓くも膜下ブロック

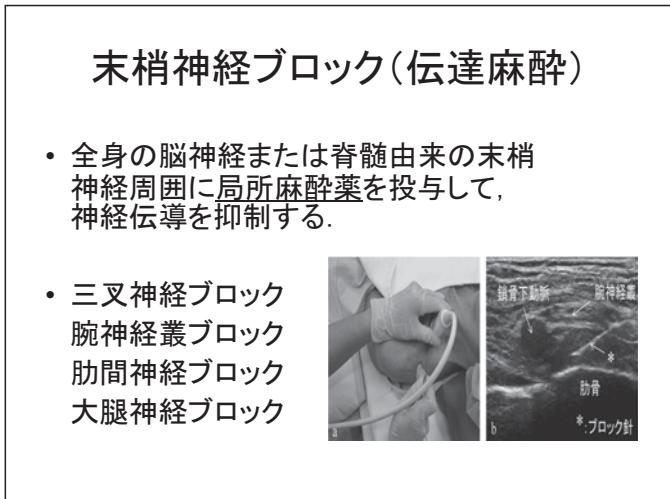
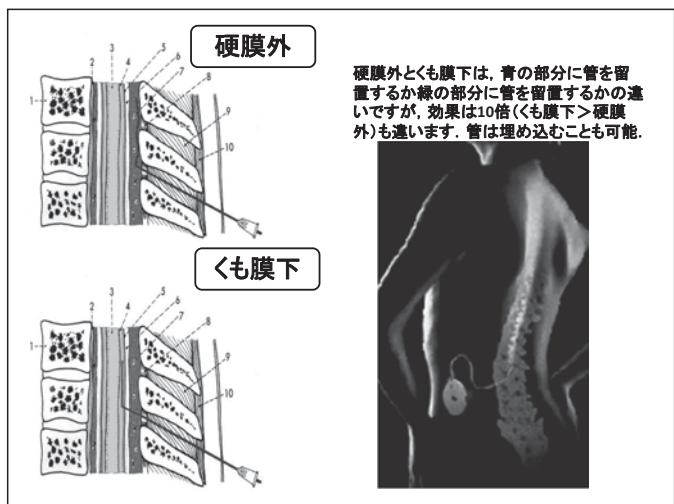
(管を体内入れて行うブロック、局所麻酔薬を使用)

### ※最大の特徴は調節性の高さ

- 注入する局所麻酔剤の濃度(濃さ)により運動麻痺を起さない程度の弱い神經遮断から麻痺を起す程度の強い神經遮断まで状況により変化させることが可能
- 区域性的ブロックが可能
- 濃度だけでなく注入する薬剤自体もいろいろ工夫することが可能(オピオイドも使用)
- 乳頭(T4), 剣状突起(T6), 脇(T10)
- Jacoby線:両側の腸骨稜を結んだ線. L4の棘突起上を通る.

### 硬膜外麻酔・脊髓くも膜下麻酔

	硬膜外麻酔	脊髓くも膜下麻酔
投与部位	硬膜外腔(神經根や脊髄にゆっくり浸潤)	くも膜下腔(脳脊髄液内で直接脊髄に浸潤)
薬液量	大量に必要	少量で強い効果
穿刺部位と広がり	脊椎のどこからでも穿刺可能で分節的。カテーテル留置が可能。	馬尾周囲に投与。足から頭側に広がる。薬液の比重で効果部位を調整可能。
合併症	血圧低下、感染、神經障害、出血、局所麻酔薬中毒	血圧低下、感染、神經障害、出血、呼吸抑制、頭痛
輸液、末梢血管収縮薬(エフェドリン、フェニレフリン)、酸素投与 c.f.)M23 補足事項参照		

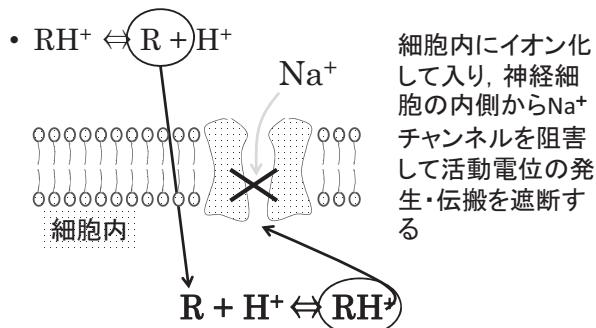


### 局所麻酔薬の種類

分類	一般名	効力	発現時間	持続時間
エステル型	プロカイン	1	2-5 min	1 hr
	コカイン	2	2-5 min	1-1.5 hr
	テトラカイン	10	5-10 min	1.5-2 hr
アミド型	リドカイン	2	2-3 min	1-1.5 hr
	メピバカイン	2	2-5 min	1-2 hr
	ブビバカイン	8	3-5 min	3-5 hr
	ロビバカイン	7	3-4 min	3-5 hr
	レボブビバカイン	8	3-5 min	3-5 hr

c.f.) M-18 局所麻酔薬の分類

## 局所麻酔薬の作用機序



## 局所麻酔薬の代謝

### ・アミド型

肝臓でアルキル化され、その後加水分解される。肝血流量が増加すると代謝速度が上昇する。

### ・エステル型

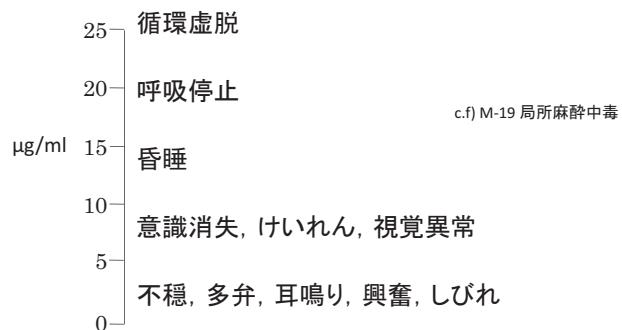
血漿コリンエステラーゼ(ChE)で加水分解する。早く代謝されやすい。

## 局所麻酔薬中毒

どのような時に発生するのか？

- ・局所麻酔薬の大量使用
- ・血管内への誤投与
- ・様々な $\text{Na}^+$ チャンネルに作用する  
→ 脳(脱抑制), 心臓

## 血中濃度と中毒症状



## 局所麻酔薬中毒の治療

- ・ 酸素投与
- ・ ベンゾジアゼピン
- ・ バルビタール
- ・ けいれんの治療(ジアゼパム)
- ・ BLS, ACLS
- ・ 脂肪製剤



## 2. 臨 床 実 習

# 第5学年麻酔科クリニック・クラーケシップ 必修コース 予定表・出席簿（平成27年度）

月	火	水	木	金
9:00～9:30：教室 オリエンテーション（山陰）	7:45～8:00：麻酔科控室 症例①のプレゼンテーション 8:00～10:00 麻酔症例①担当（新山） 10:00～11:00：透視室 (新谷・高田) 透視下神経ブロック見学	7:45～8:00：麻酔科控室 症例②のプレゼンテーション 8:00～10:00 麻酔症例②担当（時永） 10:30～11:00：ICU（山陰・数馬） 11:00～12:30：麻酔科控室 透視下神経ブロック見学 亜酸化窒素吸入体験	9:00～10:00：麻酔科外来 (山陰と外来処置係) 10:00～11:00：教室の説明(平田) 11:00～12:00 術前回診③（平田）	7:45～8:00：麻酔科控室 症例③のプレゼンテーション 8:00～10:00 麻酔症例③担当（早瀬） 10:00～11:00：教室の説明(平田) 11:00～12:00 術前回診③（平田）
サイン _____	サイン _____	サイン _____	サイン _____	サイン _____
13:00～14:00：教室 術前回診①（枝長）	13:00～14:00：教室 術前回診②（高田）	自習	12:30～13:30：緩和医療 (岩崎・高橋・山陰)	16:00～17:00：教室 術後回診（早瀬） 17:00～17:30：教室 プレゼンのプラッシュアップ 総合テスト（早瀬） 17:30～18:00：教室 総括・評価（山陰）
サイン _____	サイン _____	サイン _____	サイン _____	サイン _____

補足1：最終日に解説・討議すべき内容は月曜日の午前中に提示する。

補足2：火・水・金曜日に経験する麻酔症例は、各担当学生がそれぞれ分担する。

補足3：基本的に麻酔は術前回診→麻酔導入・維持・覚醒→術後管理などしているので拘束されない時間は担当症例を継続して観察することが望ましい。

## 当大学医学部の必修臨床研修時に使用する全科共通学生用指導体制評価表

### 全科共通学生用指導体制評価表

配属先：\_\_\_\_\_

実習期間：平成 年 月 日～平成 年 月 日

配属先実習期間終了後、学生自身で直接学務課＊＊＊＊（内線\*\*\*\*）に提出してください。

次の質問の答えに該当する番号を下から選んで○で囲んでください。

1 =全くそうではなかった、2 =どちらかといえばそうではなかった、3 =どちらともいえない、  
4 =どちらかといえばそうだった、5 =全くそうだった

#### （オリエンテーション）

質問 1	初めに臨床実習で修得すべき項目が説明された。	1	2	3	4	5	評価できない
質問 2	初めに臨床実習で自分に与えられる診療上の役割 が説明された。	1	2	3	4	5	評価できない
質問 3	初めに臨床実習の評価の基準やその方法が説明さ れた。	1	2	3	4	5	評価できない

#### （学習の機会、教材の提供）

質問 4	病歴聴取の機会が十分に与えられた。	1	2	3	4	5	評価できない
質問 5	身体診察の機会が十分に与えられた。	1	2	3	4	5	評価できない
質問 6	正規のカルテを記載する機会が十分に与えられた。	1	2	3	4	5	評価できない
質問 7	医療手技を行い機会が十分に与えられた。	1	2	3	4	5	評価できない

#### （フィードバック、学習の促進、指導態度）

質問 8	指導医師から、技能、知識、態度に関するフィードバ ックがあった。	1	2	3	4	5	評価できない
質問 9	自分の接した指導医師は医学生の指導に熱心であった。	1	2	3	4	5	評価できない

#### （医療チーム間の人間関係対応）

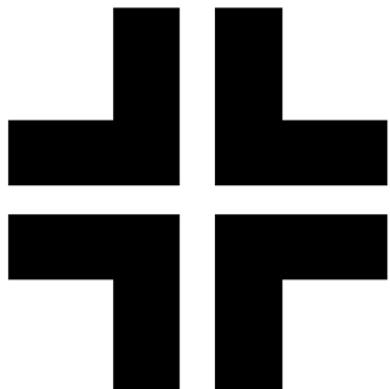
質問 10	指導医師は相談しやすかった。	1	2	3	4	5	評価できない
質問 11	指導医師はチーム内、コメディカルスタッフとの人間 関係がうまくいくように配慮してくれた。	1	2	3	4	5	評価できない

#### （総括）

質問 12	総じて自分の接した指導医師の指導・監督は適切だっ た。	1	2	3	4	5	評価できない
-------	--------------------------------	---	---	---	---	---	--------

質問 13 今回の配属先で行った臨床実習について、①良かった点、②改善すべき点、③カリキュラムへの提言  
の3点について意見を聞かせて下さい。なお、スペースが不足の場合は裏面も活用下さい。

## ☞ 札幌医科大学麻酔科での臨床実習



当科の臨床実習は、「臨床の現場で医療チームの一員として臨床医の指導の下に実践医療を学び、許された範囲で医行為も行える臨床実習」(クリニカルクラークシップ)に基づいて行われます。簡単に言えば臨床医にくつづいて手伝いながら臨床現場を自分の五感で体験するというものです。

第5学年の臨床実習は2~3名で5日間研修します。第6学年の臨床実習は4週間です。担当医とともに手術患者さんの術前診察、麻酔計画、麻酔管理、術後回診を行います。麻酔科医として働くスタイルを経験してください。その実習内容は、患者の全身管理、呼吸・循環障害への緊急対応、心肺停止に対する蘇生術など、医療の基本技術が含まれています。二次救命訓練用のシミュレータを用いた実習や各種の内容をまんべんなく学習できるようなカリキュラムも工夫しています。また、手術の麻酔にとどまらず、麻酔科の多岐にわたる業務（ペインクリニック・緩和医療・集中治療・救急など）を体験し、麻酔科という仕事を将来の選択肢として考えてみる機会にしてはどうだろうか。

## ☞ 実習を成功させるためのポイント

麻酔科学は別名“侵襲制御学”と言われます。実習に含まれる医療行為は秒を争う手技であることが多いことから、基礎知識を前もって正確に把握しておく必要があります。

## ☞ 麻酔前診察

手術の前日の夕方、担当医とともに行き、次のポイントを学んでください。

1. 理学所見、臨床検査データの評価をもとに、患者と手術に適した麻酔法の選択
2. 限られた時間の中で、患者との心の意思の疎通を図り得る面接・対話の技術
3. 絶飲食の指示、麻酔前投薬の決定

翌朝7:45からのカンファレンスで簡潔に症例のプレゼンテーションができるように準備しましょう。実習の承諾書がとれたかどうかチェックしてください。

## ☞ 麻酔

8:15に患者さんが入室します。

麻酔に必要な準備をその後に行います。簡単な流れは事前に把握しておきましょう。

ここで、実技を含めた麻酔管理を学んだ後、10分程度の講義や手技の確認などの補足を行うことがあります。

## ☞ 術後回診

担当した患者さんを訪問し、術後患者の経過について学びましょう。

## ☞ ペインクリニック、緩和医療

痛みの症状の緩和だけでなく、その背景にまで立ち入った医療が求められていることを知りましょう。

実習内容を補足する講義を行う場合があります。

※実習を補足する講義(内容は10分程度)

1. モニタリング
2. 術前訪問のポイント
3. 吸入麻酔薬
4. 静脈麻酔薬
5. 局所麻酔薬と伝達麻酔
6. 硬膜外麻酔と脊髄くも膜下麻酔
7. 筋弛緩薬
8. 抜管と退室のタイミング
9. 術後回診と術後管理
10. 麻酔と循環生理
11. 麻酔と呼吸機能、呼吸管理



・・・症例に応じて・・・

合併症を有する患者の麻酔（虚血性心疾患、高血圧症、糖尿病、など）

特殊疾患を有する患者の麻酔

挿管困難症、産科麻酔、小児麻酔など

・・・必要に応じて・・・

経食道心エコー

気管支ファイバー

各種シミュレータを用いた実習（ACLSなど）



実習期間は日々の麻酔症例をいっしょに担当する担当医以外に、大学院生が相談役として各人に一人つきます。遠慮なく何でも質問してください。他の医療スタッフの人たちともコミュニケーションを取りましょう。また、手渡された資料、麻酔記録、メモなどは、すべてファイルしておきましょう（実習ポートフォリオ）。これが、実習成功のために必要な<ふりかえり>の素材となります。

## ☞ポートフォリオの作成

麻酔科の実習は、その性格からして偶然性が関与しやすく、経験する麻酔症例や手技などにはばらつきが出ます。したがって、実習の目標に到達するためには、こまめに実習の進行状況を評価し、調整を行う必要があります。また実習課題を評価し、次のステップへの計画を立てることは、実習を成功させるための大変な作業です。こうしたアセスメントの方法としてポートフォリオがあります。



## ☞どうしてポートフォリオを作成するのか？

ポートフォリオは、自分の実習を見直して、どこがよかったです？もっとよくするためにどうしたらいいのか？を考えるためにあるものです。これを＜ふりかえり＞といいます。＜ふりかえり＞を繰り返すことで自分のことがよくわかるようになります。また、ふりかえりが有効にできない場合、将来医師として成長する際の大きな制限になります。

## ☞ポートフォリオの方法

カンファレンスの資料、麻酔記録、手技を経験した時のメモ、同僚や担当医とのディスカッション、毎日の日記や興味深い所見、印象の残った出来事など、実習中の経験を証明するものは何でもファイルしてください。

## ☞自分の実習を見つめていこう

ファイルした資料について、「どうしてこれをファイルしたのか」「よくがんばったところ」「自信がもてるようになったところ」「改善したいところ」などを考えて、できればコメントを書き入れてください。

## ☞ファイルは金曜カンファレンスの前に整理しよう

ポートフォリオをもとにして、実習グループで一週間の実習における自分の考え方などを話し合ってもらいます。その際、担当医や指導医からの評価やフィードバックを聞いてください。

## 実習後アンケート

この質問は今後の麻酔科実習の改善を目的としています。指導の質を知り、教室員にフィードバックするためのものです。ご協力を願いします。

学 生 氏 名 :

指導医氏名 :

✓チェックしてください。

1 : そのとおり 2 : まあまあ 3 : ふつう 4 : そうとはいえない 5 : まったくちがう

	1	2	3	4	5
麻酔科は好意的だった					
指導医は熱心に教えてくれた					
指導の時間は十分だった					
調べ物をする時間は十分与えられた					
様々な麻酔上の問題例を見学できた					
行った手技の数は十分だった					
患者と話し合う時間が十分あった					

«次のこと学べた»

	1	2	3	4	5
麻酔科医の日常と手術室の業務機構					
手術患者のマネジメント					
合併症を有する患者のマネジメント					
ペインクリニック外来を訪れる患者への理解					

«次の技能が身についた»

	1	2	3	4	5
問診					
静脈路確保					
気道確保					
マスク換気					
挿管					
用手人工呼吸					
循環・呼吸の制御					
蘇生術					

ご協力ありがとうございました。

## チェックリスト

✓	《手術前診察》	摘要
	手術前患者の問診 (レベル1)	
	病歴・麻醉歴聴取	
	理学所見をとる (レベル1)	
	視診、触診	
	ブロックを行う部位の視診、触診	
	臨床検査データの評価 (レベル1)	
	手術と患者に適する麻酔法の選択 (レベル2)	
	患者への麻醉前準備の説明、麻醉法の説明(レベル2)	
	麻醉前投薬の決定 (レベル3)	

✓	《麻酔中の全身管理》	摘要
	モニター装着 (レベル1)	
	麻酔に必要な処置 (レベル1)	
	患者搬送	
	静脈内カテーテル刺入	
	心電図装着	
	血圧計装着	
	パルスオキシメータ装着	
	筋弛緩モニター装着 (レベル2)	
	滅菌医療器材準備 (レベル2)	
	動脈内カテーテル刺入 (レベル3)	
	中心静脈カテーテル刺入 (レベル3)	
	全身管理法の理解 (レベル2)	
	輸液管理	
	観血的動脈圧測定	
	全身状態の変化に対する対処 (レベル3)	
	静脈内への薬液注入	

✓	《全身麻酔法》	摘要
	気道確保、気管挿管 (レベル 1)	
	マスクによる気道確保	
	エアウェイによる気道確保	
	換気バックを用いた人工呼吸	
	術中バイタルサインの評価	
	麻酔記録作成	
	気管挿管 (レベル 3)	
	気管チューブ抜管 (レベル 2)	
	ラリンジアルマスク挿入 (レベル 2)	
	全身麻酔法について理解する (レベル 2)	
	ラリンジアルマスクによる気道 確保	
	全身麻酔に関係する知識の理解 (レベル 3)	
	麻酔器の始業点検 (レベル 1)	

<input checked="" type="checkbox"/>	《局所麻酔法》	摘要
	局所麻酔薬の種類、局所麻酔法の種類、局所麻酔薬の危険性の理解（レベル1）	
	皮下への局所麻酔薬の注入（レベル1）	
	脊髄くも膜下麻酔、硬膜外麻酔の内容、適応、合併症の理解（レベル2）	
	脊髄くも膜下麻酔を行う（レベル2）	
	腕神経叢ブロック、閉鎖神経ブロック、その他の神経ブロックを行う（レベル3）	

<input checked="" type="checkbox"/>	《疼痛管理・ペインクリニック》	摘要
	鎮痛法の種類と選択法について理解する（レベル1）	
	局所麻酔を実施する（レベル1）	
	硬膜外麻酔の見学（レベル2）	
	星状神経節ブロックを受けた患者の診察、効果確認（レベル2）	
	鎮痛薬、神経ブロック以外の鎮痛法を見学（レベル3）	
	慢性疼痛の疼痛管理について問診を見学する（レベル3）	

<input checked="" type="checkbox"/>	《蘇生法》	摘要
	蘇生の基本手技を取得する（レベル1）	
	気道確保	
	人工呼吸	
	心マッサージ	

### 3. マンガ臨床実習

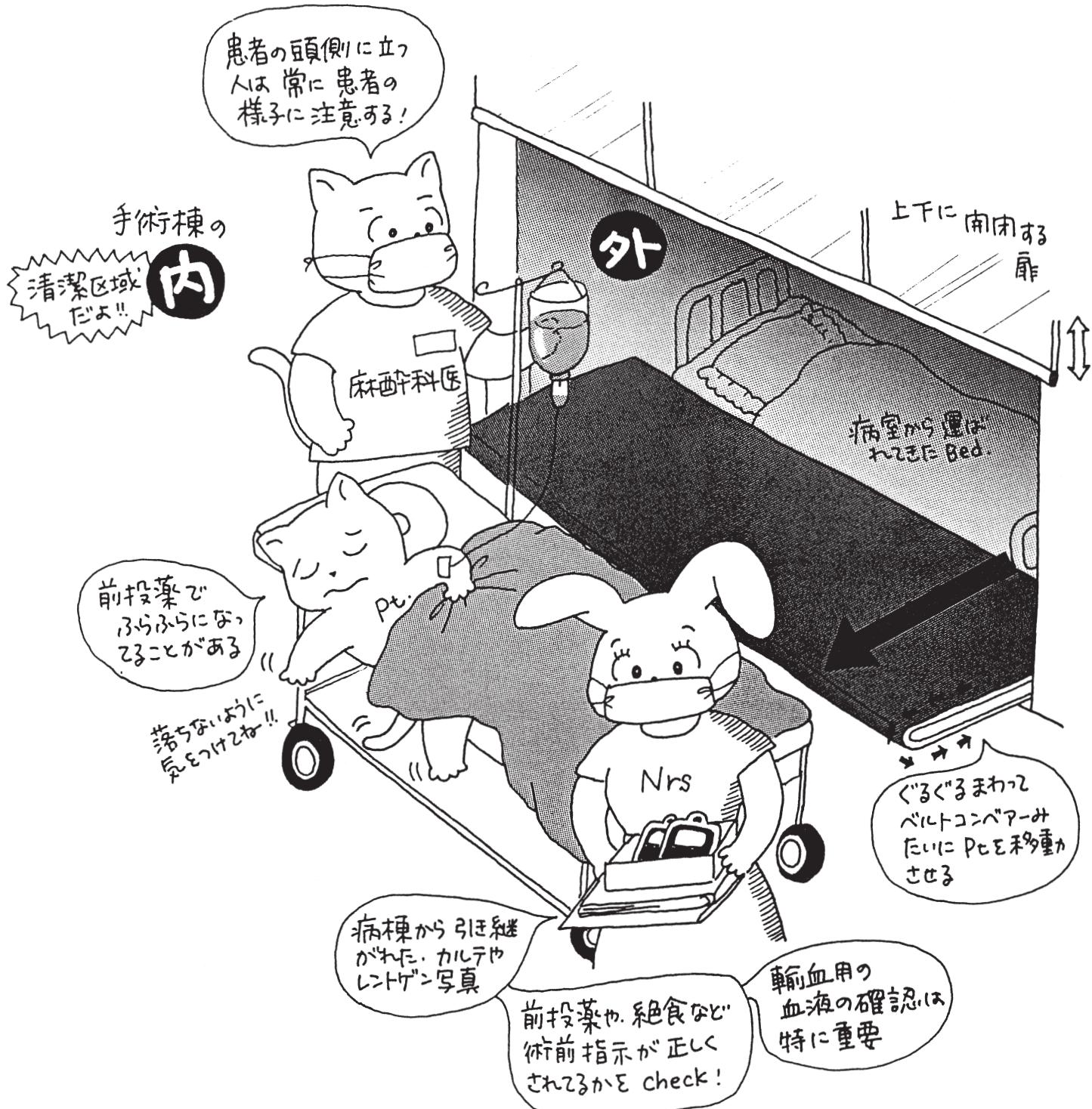
# 1 手術前の患者さんへの接し方

手術が予定された患者に、手術前日に病棟を訪ね麻醉前診察を行なう。手術を翌日に控えた患者は不安や緊張状態にあることも珍しくない。指導教官に同行して、患者の診察を行なうときには、患者に不快感、不安感などを与えないようになると同時にプライバシーを守るように注意することを学ぶ。



## 2 手術室への患者さんの搬入

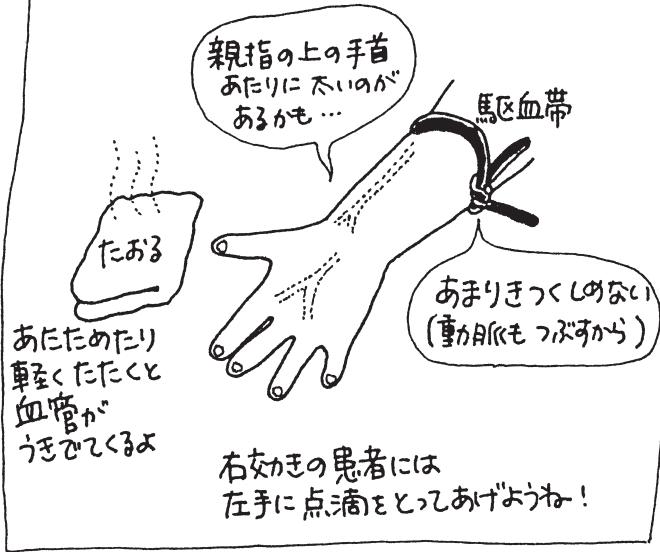
手術室へどのように患者が搬入されるかを、医師、ナースと共に搬入作業を行なうことによって理解する。患者の安全に留意すると共に患者に不安感や羞恥心を与えない気配りに留意する。



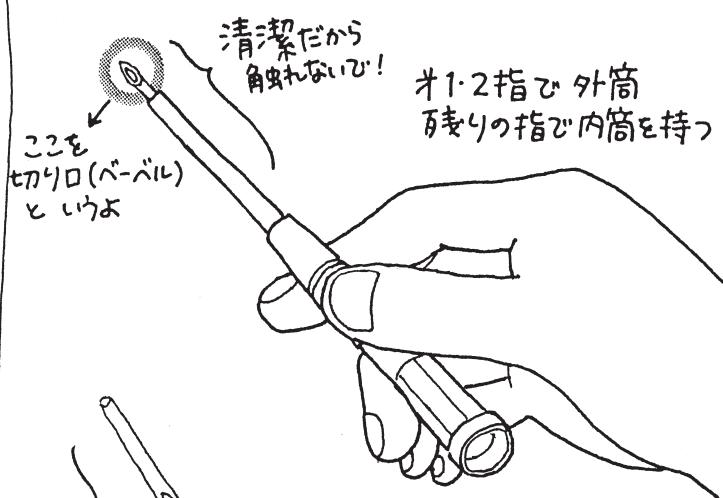
### 3 静脈路の確保方法

麻酔前に必ず1本以上の静脈路を確保しなければならない。これは点滴のためと、静脈内に薬物を注入する（特に緊急投与）ために必要である。指導教官と共に、静脈路の確保法の実際を経験する。この方法で最も重要なのは穿刺針が静脈内に入った感触を得ることにある。

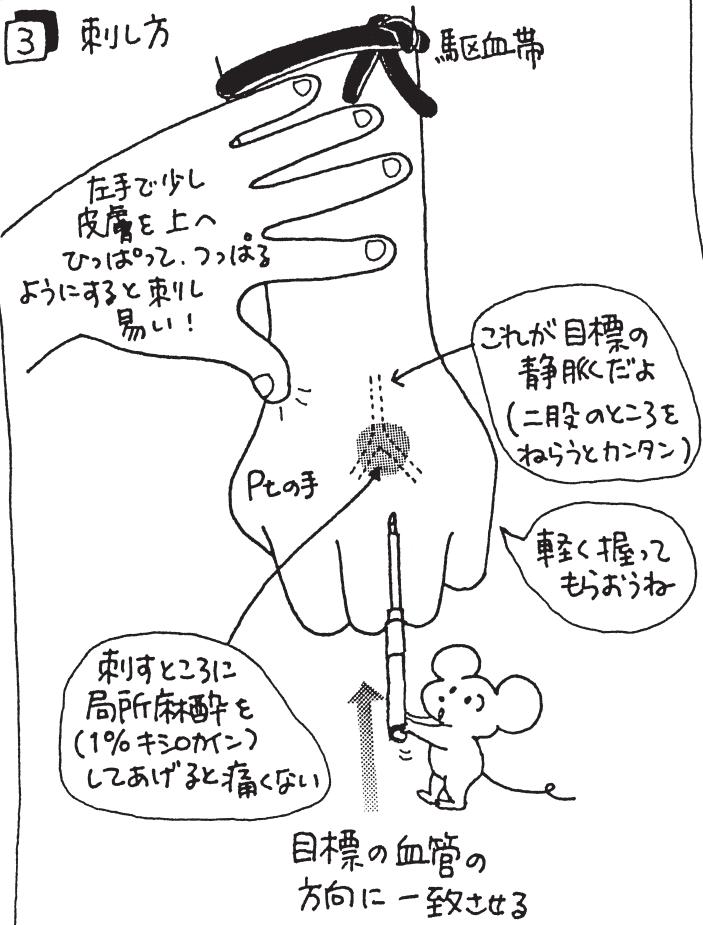
#### 1 いい血管のつけ方



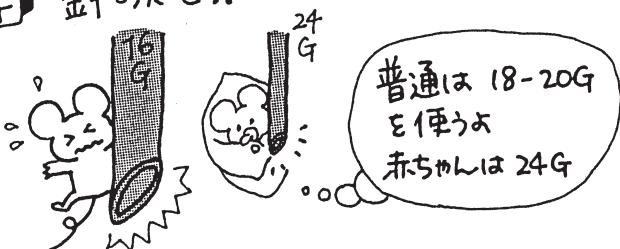
#### 2 静脈内留置針の持ち方



#### 3 刺し方



#### 4 針の大きさ!!

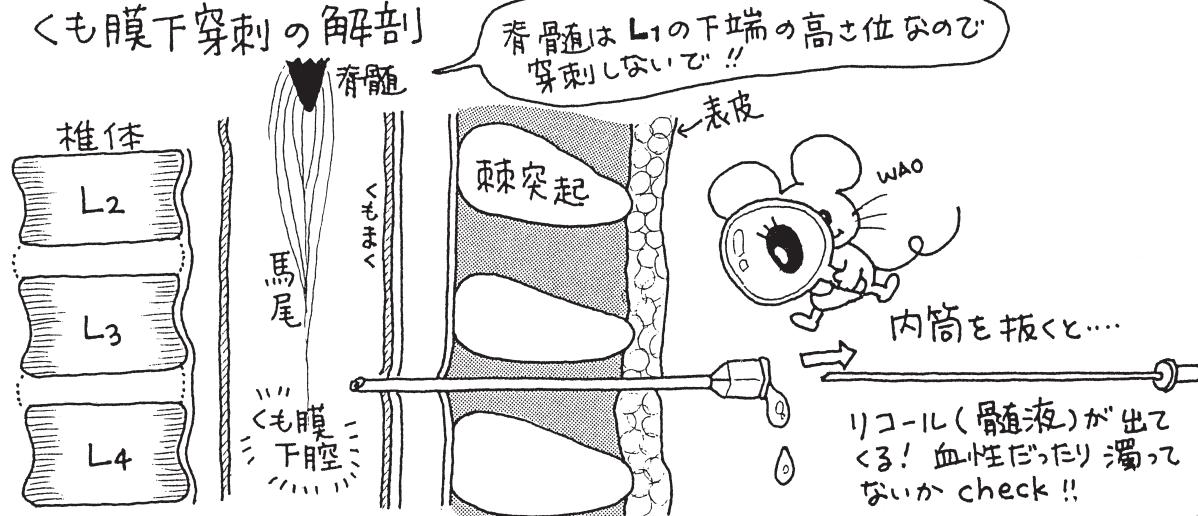


針の内径の太さが"G(ゲージ)"で示される。  
④が大きい数値で細い針……。

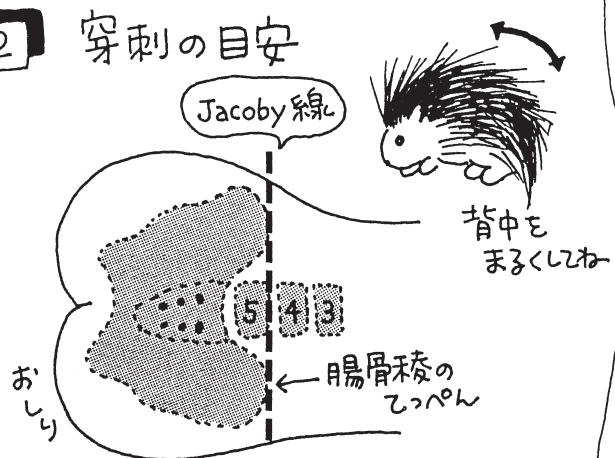
## 4 脊椎麻酔

脊椎麻酔の実際を見学して、その適応、禁忌、麻酔方法、麻酔後の注意、副作用について学ぶ。指導教官に指示に従ってクモ膜下穿刺を行なってみる。クモ膜下腔への薬液注入の手技は比較的容易であるが、いわゆる「脊麻ショック」と呼ばれる緊急処置を必要とする状態に陥る危険性が常にあることを理解する。

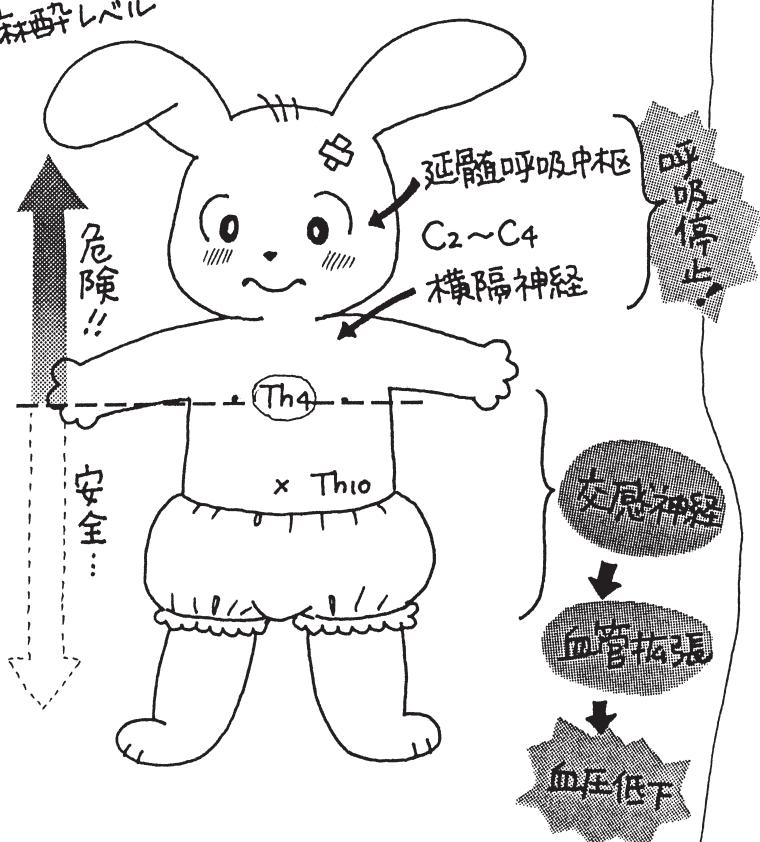
### 1 クモ膜下穿刺の解剖



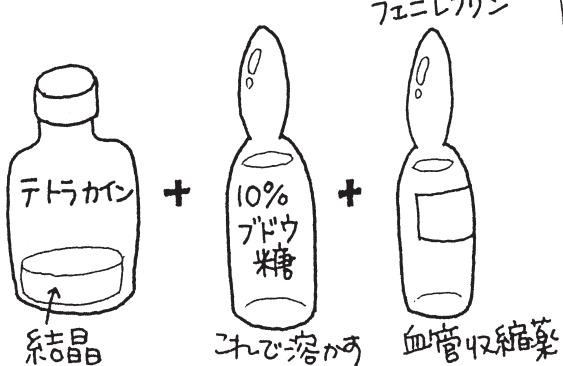
### 2 穿刺の目安



### 麻酔レベル



### 3 使う薬剤

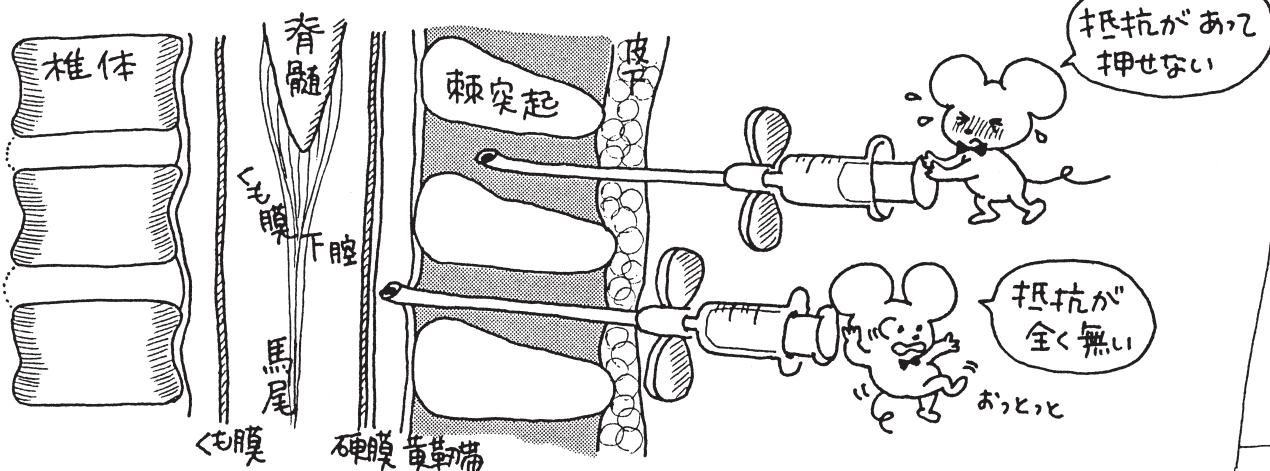


### 4 麻酔範囲と全身状態には常に注意!!

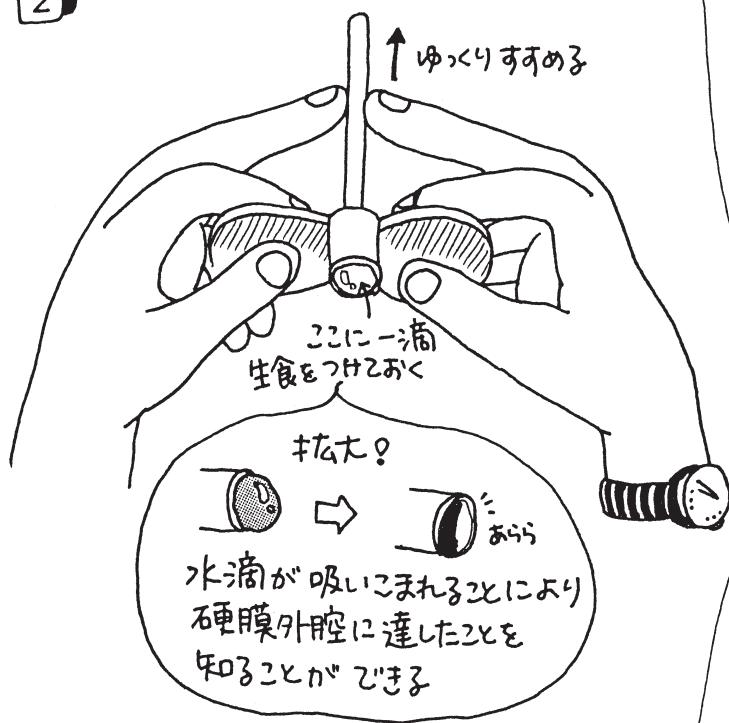
# 5 硬膜外麻酔

手術室やペインクリニック外来において硬膜外麻酔（硬膜外ブロック）を見学する。特に、硬膜外麻酔時の体位、使用する薬物、硬膜外腔を見つける方法に注目する。また実際に清潔な手袋をつけ、患者の背部に刺した穿刺針を進めるとき急に抵抗がなくなることから、硬膜外腔に穿刺針の尖端が達していることを知ることができることを経験する（抵抗消失法）。

## ① 抵抗消失法による硬膜外腔への達し方



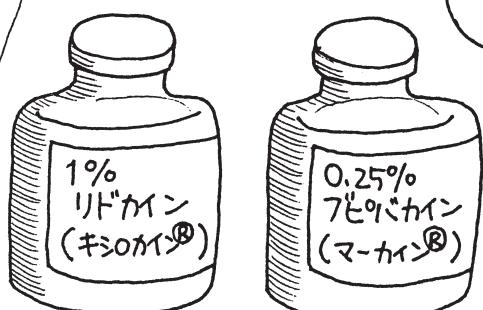
## ② Hanging Drop法による達し方



## ③ 穿刺時の体位



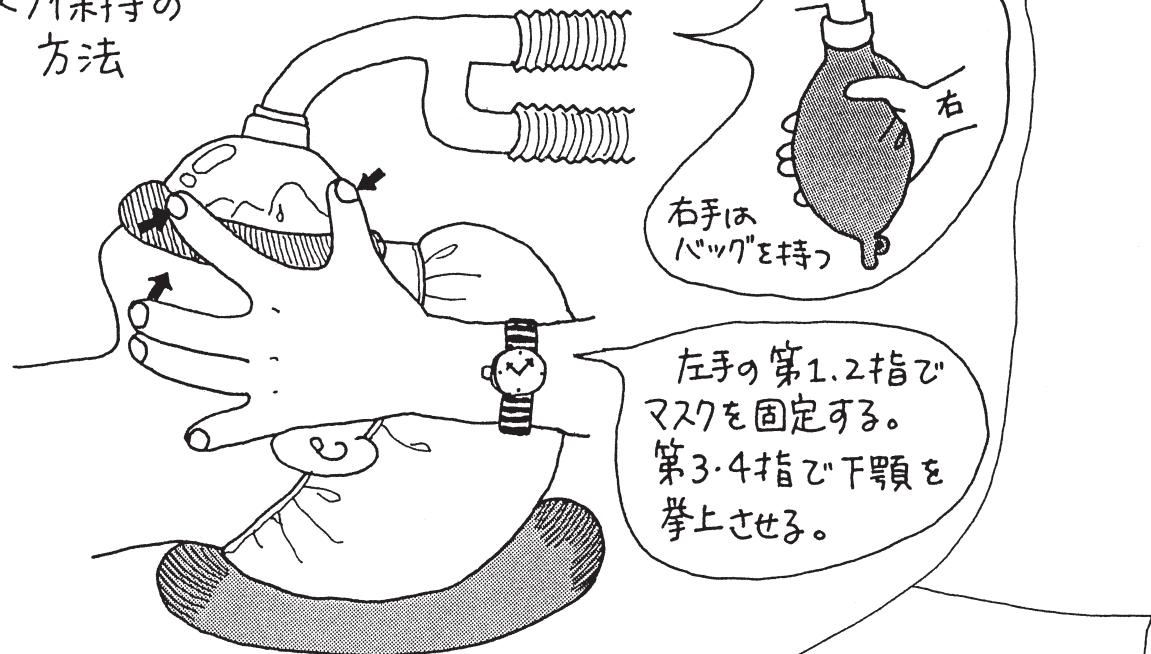
## ④ 使う薬



## 6 マスクの保持

麻酔の導入や、麻酔中の呼吸管理において、マスクを顔面に保持する必要がある。この場合、片手で患者の顔面にマスクを密着させるだけではなく、同じ手で同時に下顎を挙上させて気道確保を行なわなければならないことなどを、実際に患者のマスクを保持することによって経験する。

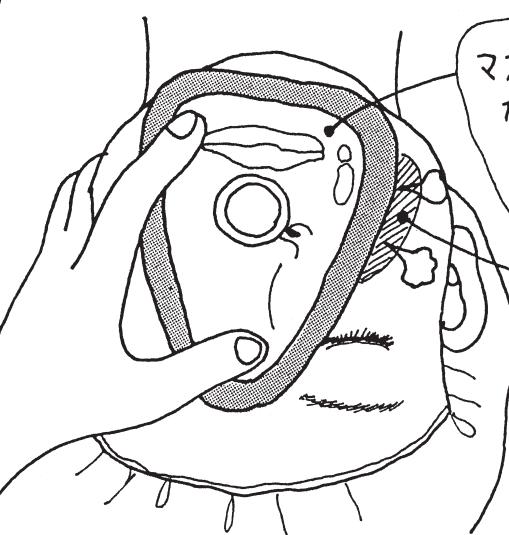
### 1 マスク保持の方法



左手の第1.2指で  
マスクを固定する。  
第3・4指で下顎を  
挙上させる。

右手は  
"バッグ"を持つ

### 2 マスクのいじり



マスクの透明な部分  
から、唇の色や  
吐物の有無を  
観察します

歯の無いお年寄では  
ほほがこけついで  
マスクが“密着せず”  
すかすかもれることも……

上から見たところ  
(親指と人差し指でマスクを)  
しっかり固定!

小児用



いちごやチョコの  
においつきの  
マスクもあるよ!

赤ちゃん



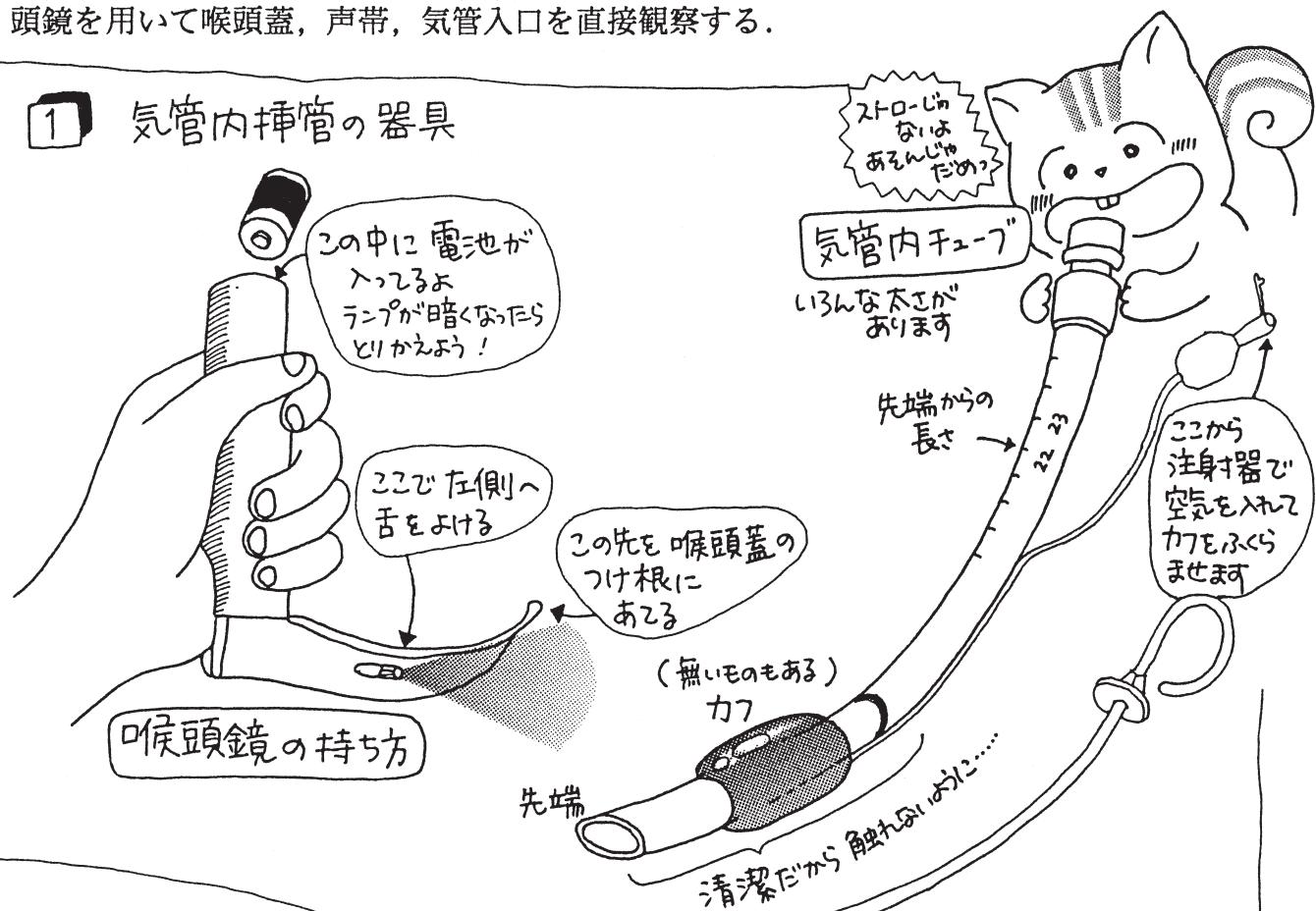
お年寄用



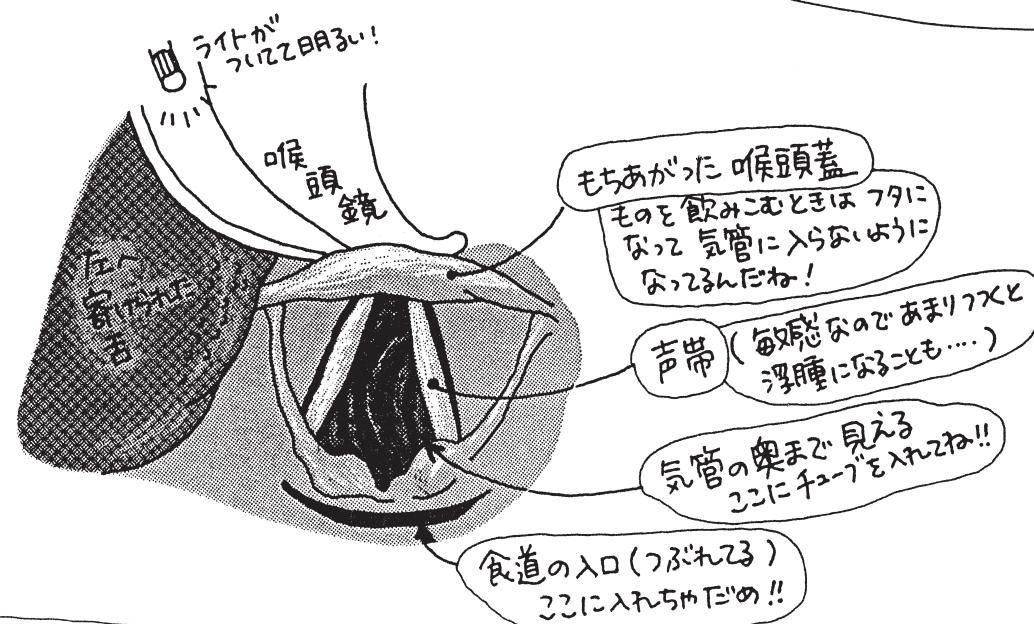
## 7 気管内挿管

全身麻酔において行なわれる気管内挿管を見学して、(1)気管内挿管の利点、(2)気管内挿管に必要な器具、(3)気管内挿管の手技を理解する。また喉頭鏡を用いて喉頭蓋、声帯、気管入口を直接観察する。

### 1 気管内挿管の器具



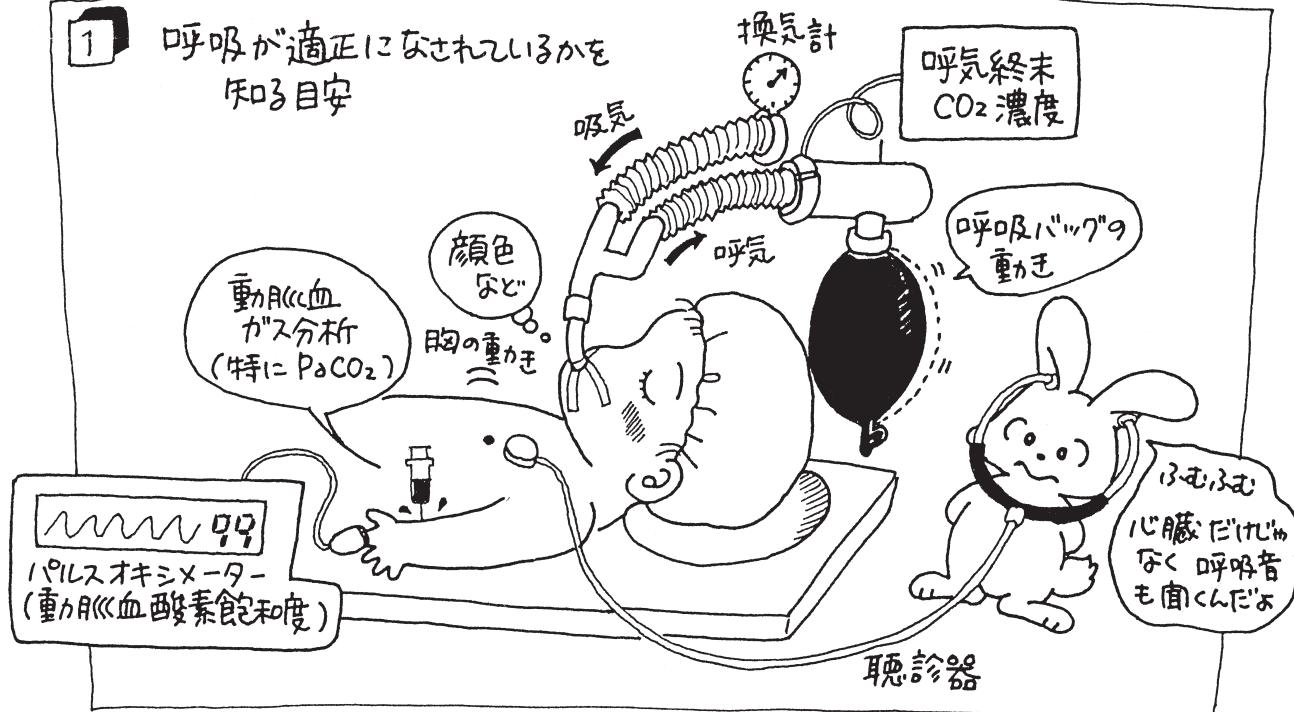
### 2 喉頭鏡でぞいた気管の入口



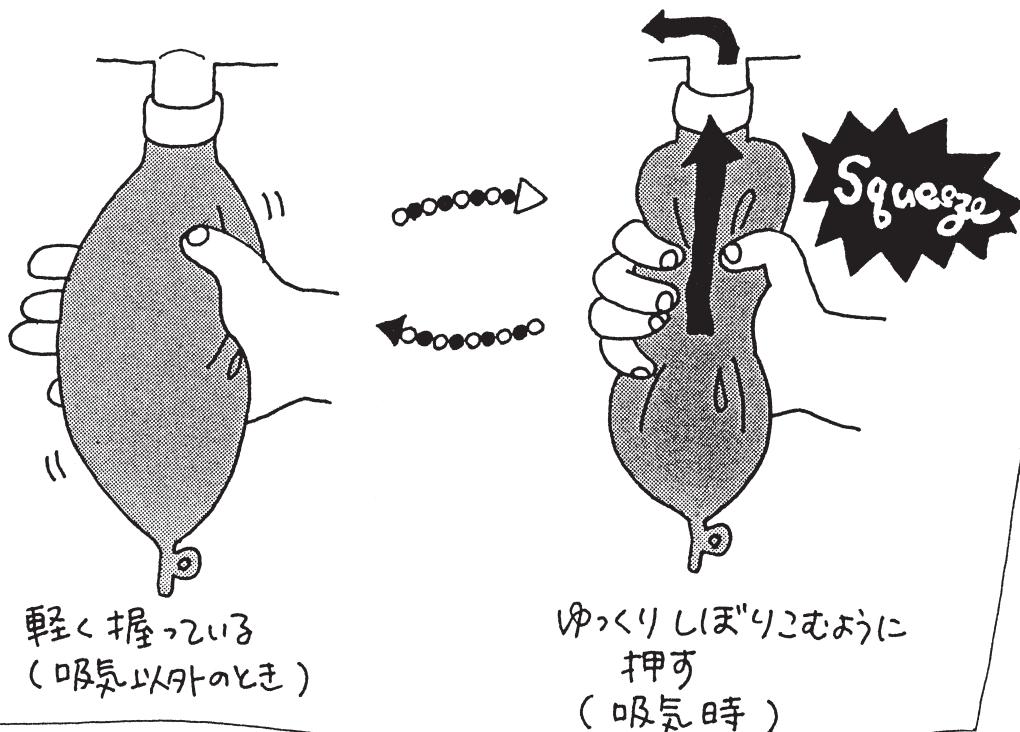
## 8 呼吸管理

手術中に筋弛緩薬を用いた場合や、麻酔薬により呼吸が抑制している患者において、どのように呼吸管理が行なわれるか、また適正な呼吸管理がなされていることはどうやって知ることができるかを見学し理解する。

- 1 呼吸が適正になされているかを  
知る目安

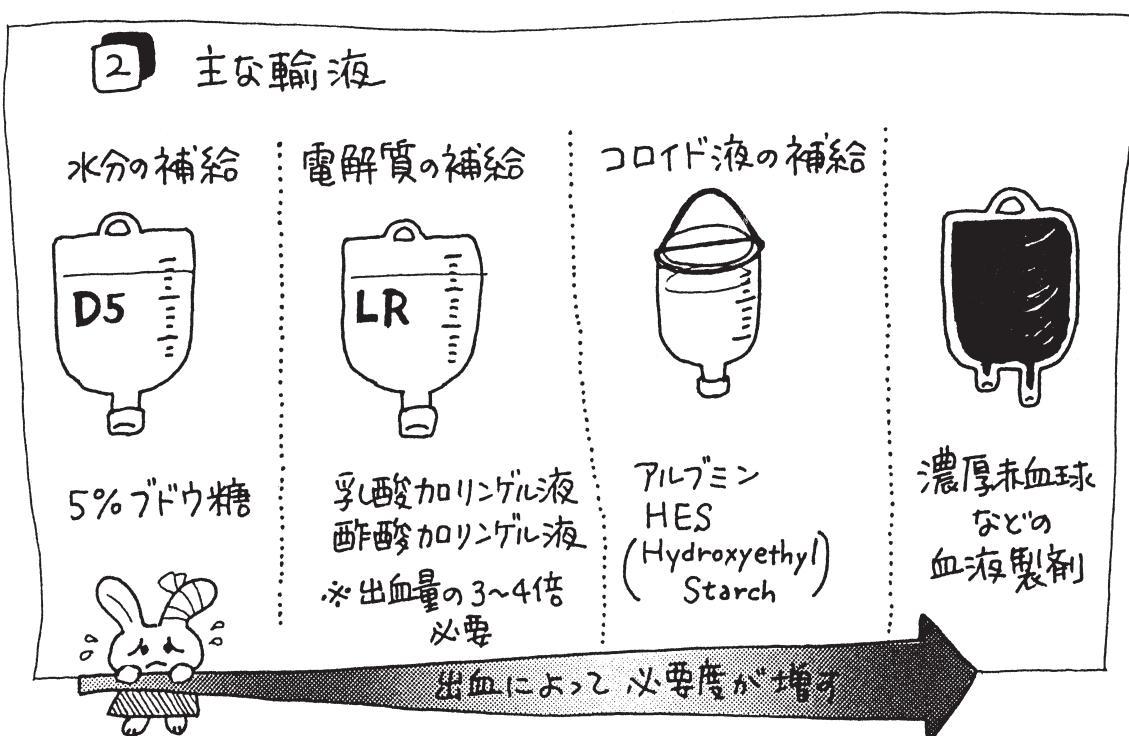
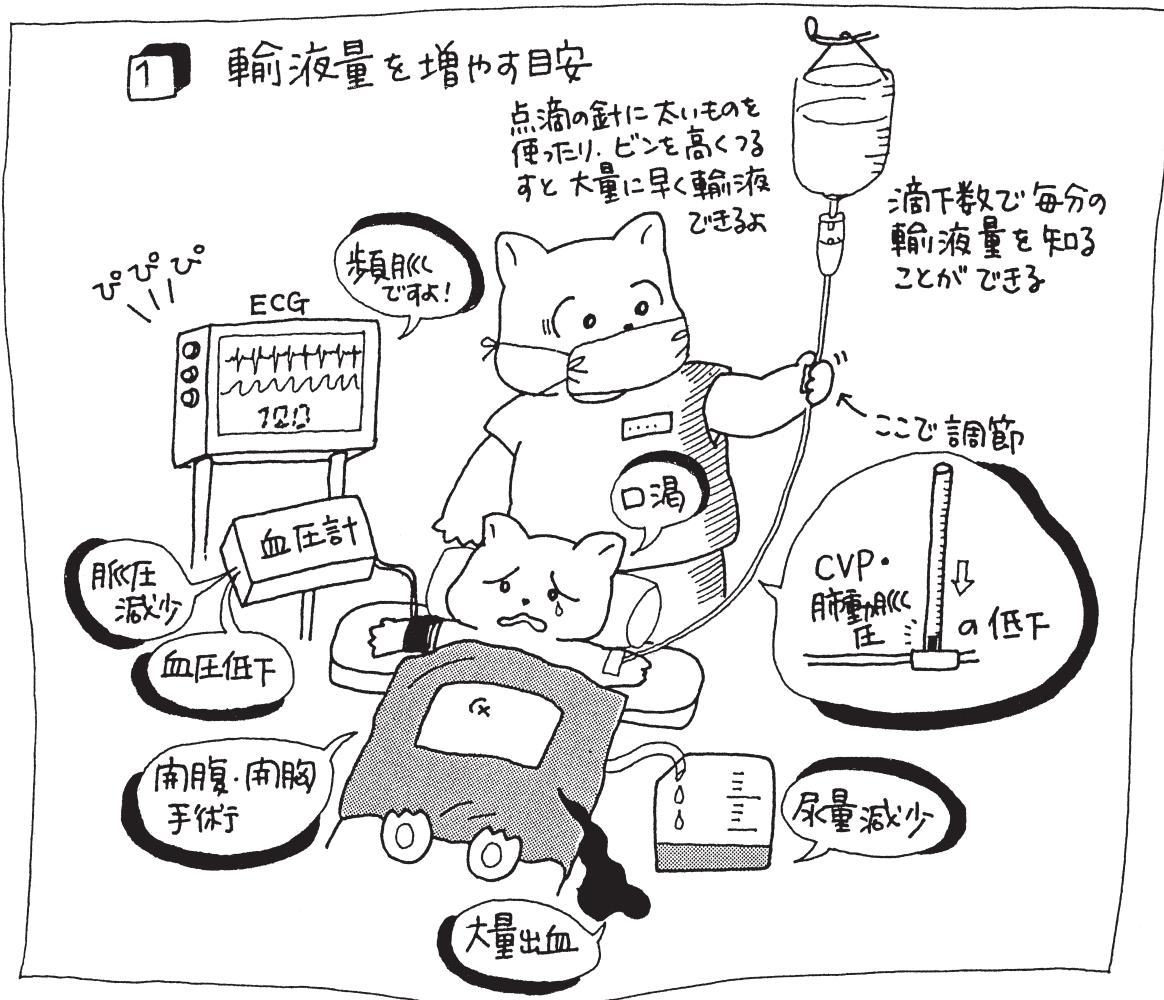


- 2 呼吸バック"の押し方



## 9 輸液管理

手術室において患者の輸液を見学することにより、輸液の種類や量の決定には、どのような情報やモニターが必要かを理解する。





## **教育麻酔科講義ノート**

第1版	平成6年	6月	6日
第2版	平成8年	1月	15日
第3版	平成8年	12月	12日
第4版	平成9年	12月	12日
第5版	平成11年	10月	10日
第6版	平成14年	11月	11日
第7版	平成15年	9月	30日
第8版	平成17年	4月	15日
第9版	平成18年	4月	5日
第10版	平成19年	3月	30日
第11版	平成20年	3月	31日
第12版	平成21年	3月	31日
第13版	平成22年	3月	31日
第14版	平成23年	3月	31日
第15版	平成24年	9月	15日
第16版	平成25年	9月	25日
第17版	平成26年	9月	25日
第18版	平成27年	9月	25日

編集発行 札幌医科大学医学部麻酔科  
〒 060-8543 札幌市中央区南1条西16丁目  
電話：011-611-2111（内線 3568）  
ファックス：011-631-9683  
電子メール：[edanaka@sapmed.ac.jp](mailto:edanaka@sapmed.ac.jp)  
編集担当 枝長充隆