

札幌医科大学医学部麻醉科



教育麻醉科講義ノ一ト

第16版 2013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）

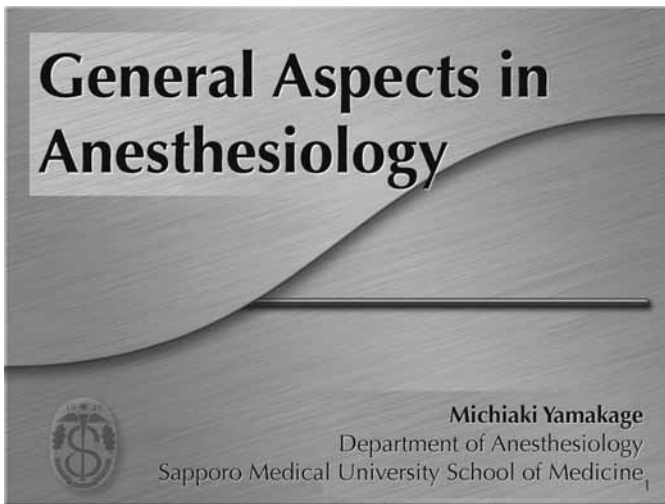
- (1) 「麻酔総論」山蔭 道明……………4
- (2) 「吸入麻酔薬，気道管理」山蔭 道明……………14
- (3) 「静脈麻酔薬」中山 禎人……………21
- (4) 「局所麻酔薬，神経ブロック」岩崎 創史……………29
- (5) 「筋弛緩薬」新谷 知久……………33
- (6) 「周術期管理，特殊な麻酔」新山 幸俊……………41
- (7) 「モニタリング」枝長 充隆……………48
- (8) 「ペインクリニック，緩和医療」渡辺 昭彦……………60

2. 臨床実習……………75

3. マンガ臨床実習……………85

1. 麻醉科学讲义

(第4学年讲义)



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、生体のホメオスターシスを維持させること。

エーテル麻酔の公開実験

William TG Morton
John C Warren
"This is no humbug."

1846/10/16 at Massachusetts General Hospital

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。

↓

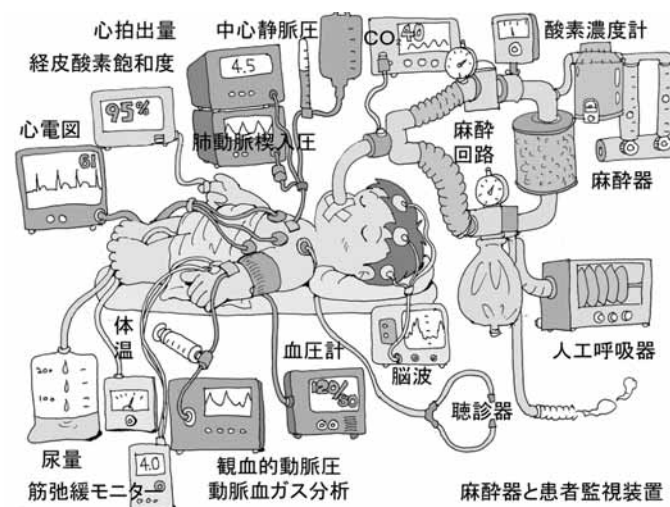
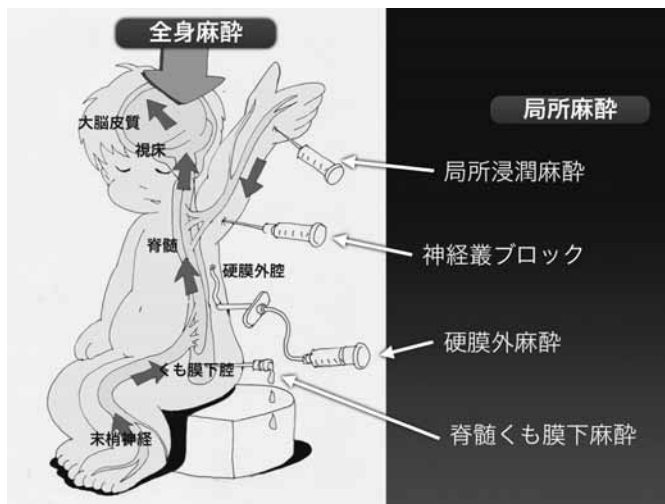
麻酔の重要性が認識され、麻酔の臨床的・基礎的研究が行われるようになった。



麻酔科学	麻酔科診療
臨床麻酔学	手術・検査の麻酔
集中治療医学 救急医学	重症患者の全身管理 重症患者の選別と対応
疼痛学	ペインクリニック 無痛分娩、緩和医療
蘇生学	手術患者・重症患者の回復

麻酔（法）の種類

全身麻酔	吸入麻酔（気管挿管, LMA） 静脈麻酔（NLA, TIVA）
局所麻酔	狭義の局所麻酔（表面麻酔, 浸潤麻酔） 伝達麻酔（末梢神経, 神経叢） 区域麻酔（硬膜外麻酔, 脊髄くも膜下麻酔）
特殊な麻酔	低血圧麻酔, 低体温麻酔 分離肺換気。

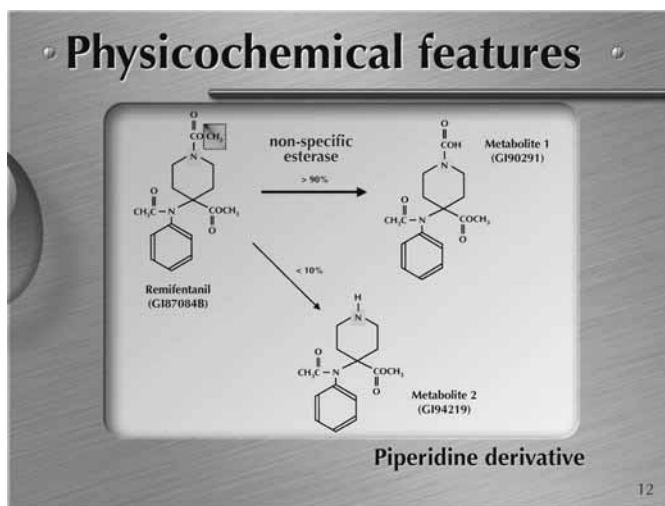


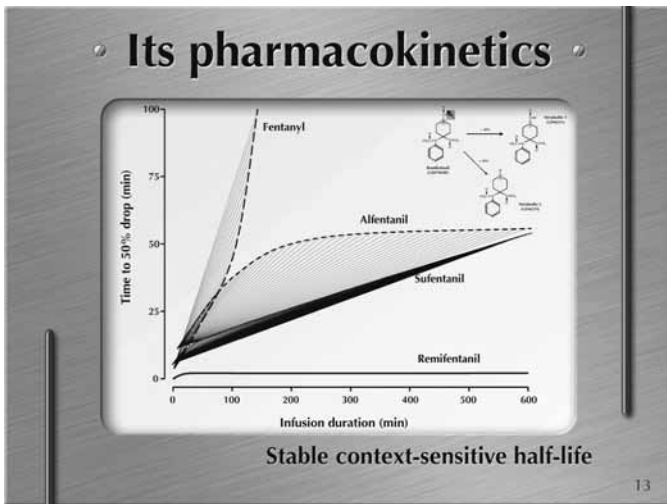
Contents of the Presentation

- Remifentanil
- Sevoflurane & VIMA
- Rocuronium
- Sugammadex

10

Remifentanil





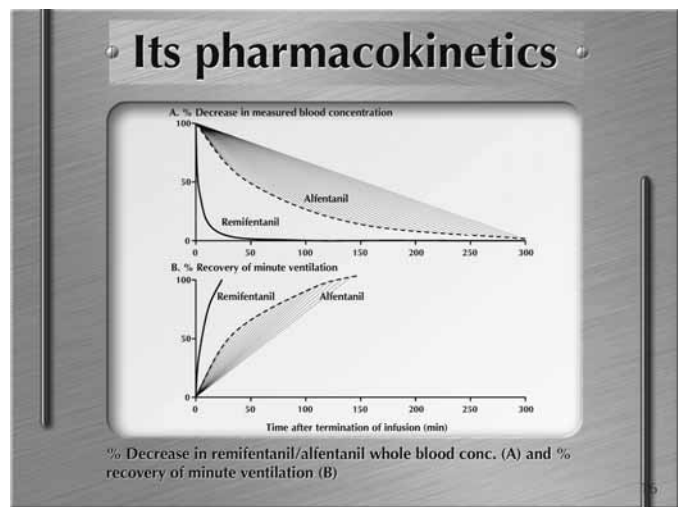
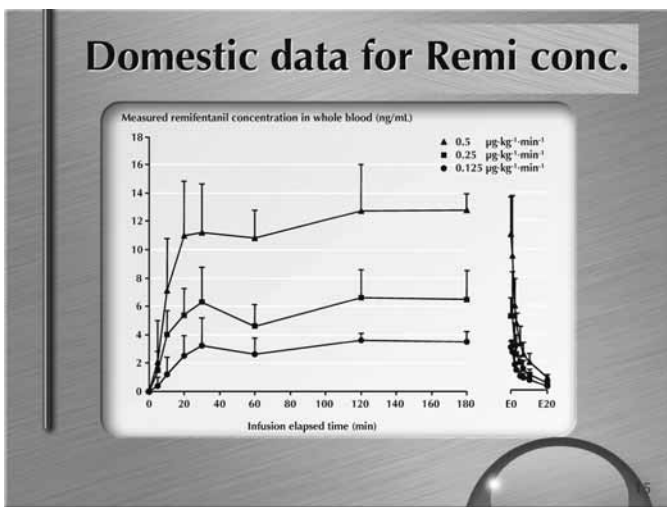
Its pharmacokinetics

compared with other opioids

	Remifentanyl	Fentanyl	Sufentanil	Alfentanil
$T_{1/2}$ (min)	4-8	10-30	15-20	4-16
Cl (mL/min/kg)	40-60	10-20	10-15	4-10
V_D (L/kg)	0.2-0.4	3-5	2.5-3.0	0.4-1.0

We don't have to think about redistribution!

14



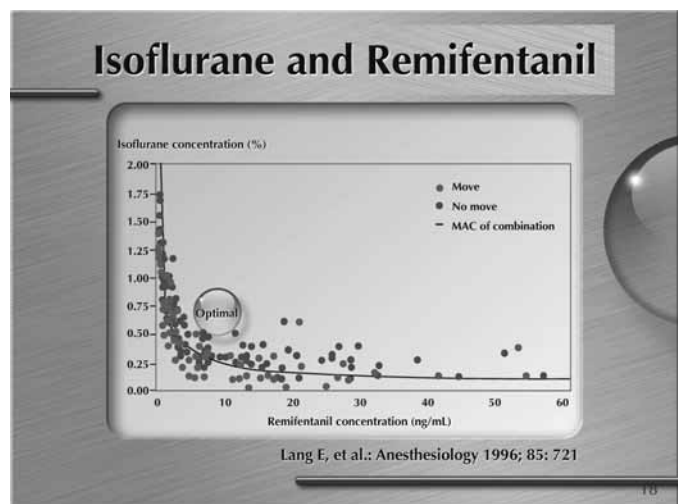
Its pharmacokinetics

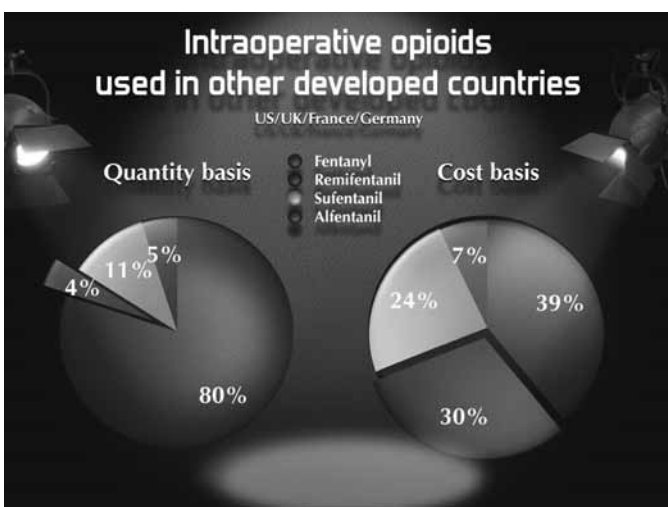
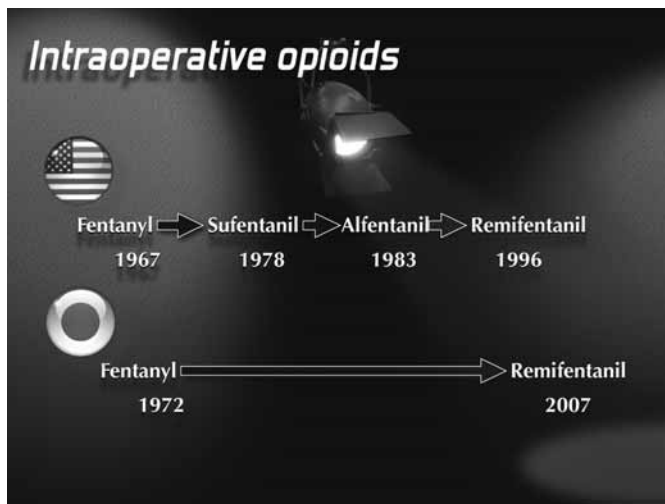
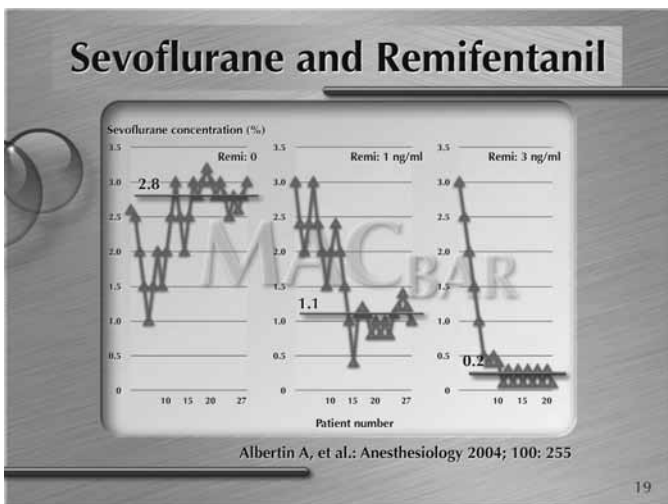
in renal/hepatic failure

	Normal	Renal failure	Hepatic failure
$T_{1/2}$ (min)	4.3 (4.1-4.5)	4.5 (3.9-5.1)	5.7 (4.0-8.1)
Cl (mL/min/kg)	33 (28.5-38.1)	35.6 (31.7-40.0)	33.0 (23.0-48.3)
V_D (mL/kg)	205 (178-235)	229 (211-249)	272 (162-450)

We don't have to think about renal/hepatic function!

17





Summary

- Pharmacokinetics of remifentanyl is simple!!
- Remifentanyl (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.

Sevoflurane & VIMA

Michiaki Yamakage

Department of Anesthesiology
Sapporo Medical University School of Medicine

Sevoflurane 20th Anniversary

Contents

- セボフルランはなぜVIMAに適しているか?
- セボフルランの体内各部の分布変化
- VIMAの各種方法とその特徴
- VIMAの術中維持法
- 術後の疼痛・悪心嘔吐管理
- 成人の導入法の工夫
- 小児・高齢者の導入法の工夫
- VIMAの適応症例
- VIMA導入法の利点と欠点

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%

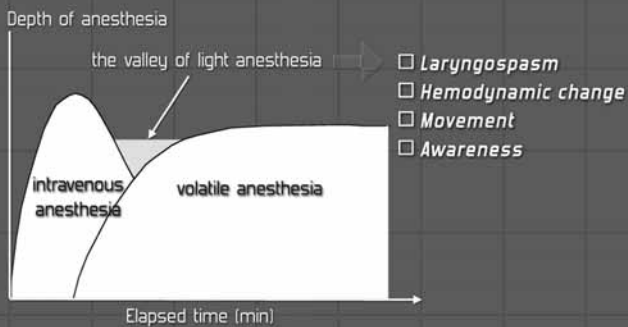
25

Propofol

- Pain on injection of propofol
- Hypotension

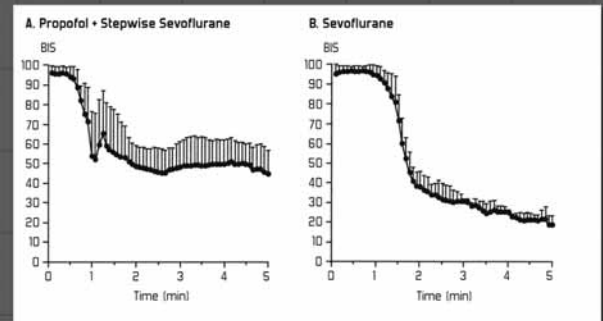
26

Depth of Anesthesia



27

Changes in BIS during anesthetic induction



28

Jon J Anesthesiol 2001; 50: 383

Low Blood/gas
partition coefficient
0.63

Merits of
Sevoflurane

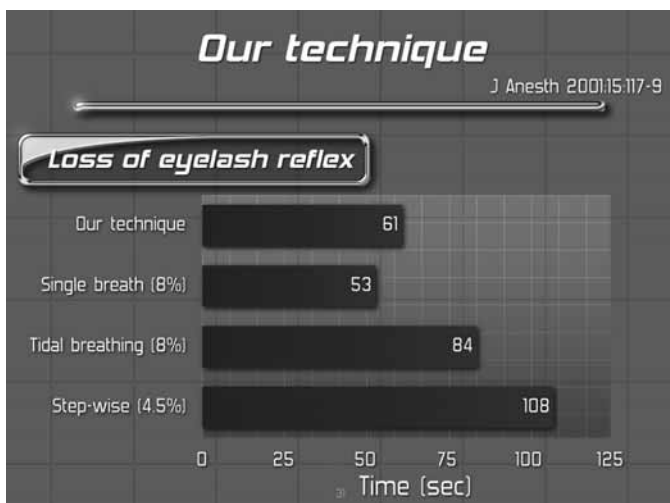
Adequate
MAC
1.71

No
Airway
Irritability

29

Introduction
of modified technique
5% Sevoflurane in our Dept.

30

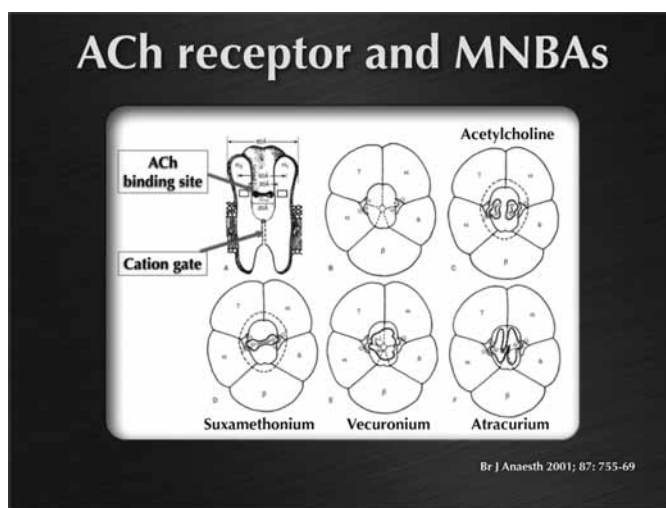
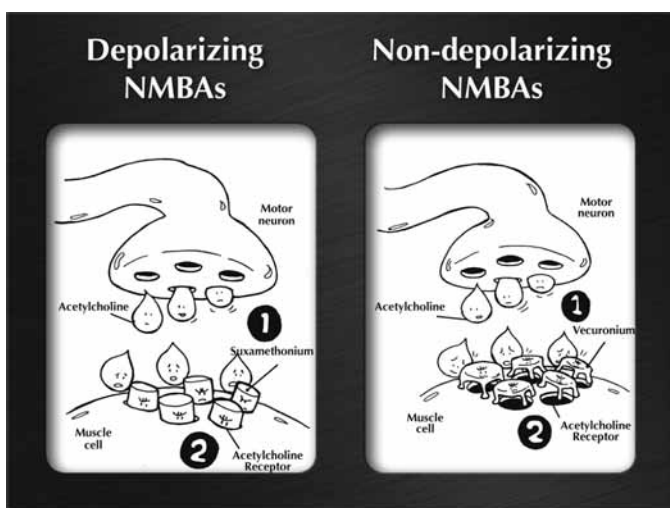
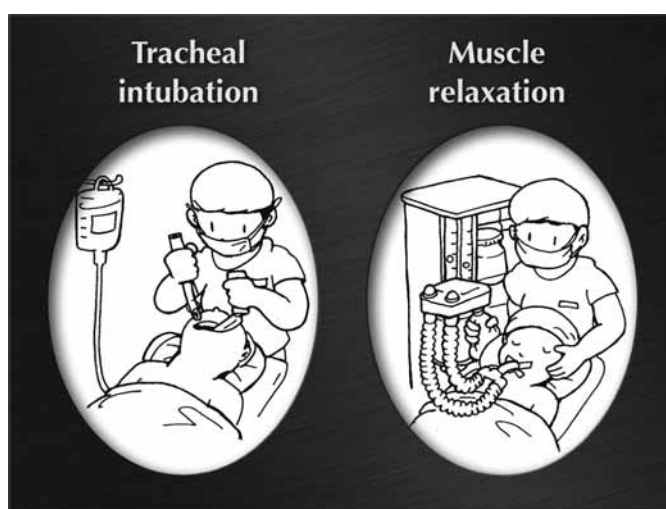


Summary

- 1 Modified tidal breathing technique is smooth and safe.
- 2 Preoperative sedatives might be used for this technique.
- 3 Special attention should be given to smoking or hypertensive patients.

Rocuronium

ESLAX®



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)

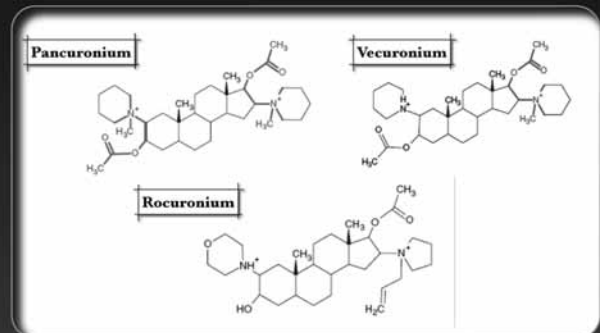
筋弛緩剤の分類

- 脱分極性筋弛緩剤
サクシン® (スキサメトニウム)
- 非脱分極性筋弛緩剤
エスラックス® (ロクロニウム)
マスキュラックス® (ベクロニウム)
ミオブロック® (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®, マスキュラックス®
- 長時間作用性筋弛緩剤 (Long acting)
ミオブロック®

アミノステロイド系筋弛緩剤



マスキュラックス®で必要とされる改善点

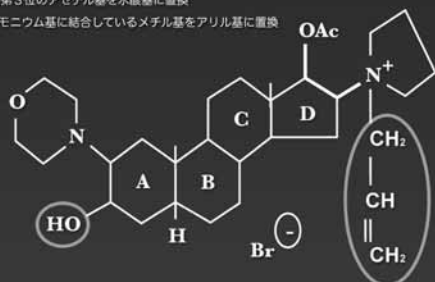
1. 作用発現時間がスキサメトニウムに比べかなり遅い。
2. 安定性がよくない。
 - ・水溶液製剤にできなかった。
(凍結乾燥品で使用直前に溶解させる必要がある)
3. 代謝物 (3-OHベクロニウム) に活性がある。
 - ・長時間用いると作用持続時間が延長する。
 - ・持続注入に適さない。

エスラックス®の開発テーマ

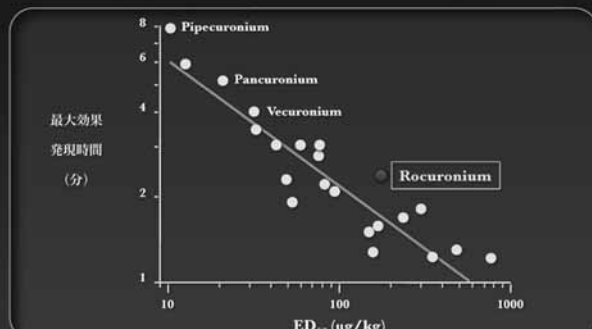
- 作用発現を速くする：
作用発現の速い非脱分極性筋弛緩剤を開発するには、効力の弱い筋弛緩剤を開発する。投与量を増加させて投与すれば、神経筋接合部に速く到達し、結果として作用発現が速まる。
- 作用持続時間：
ベクロニウムとほぼ同等の中時間作用性
- 活性代謝物の影響で効果が遷延しないこと
持続注入にも適している。
- 水溶液で安定

エスラックス®の化学構造の特徴

ステロイド骨格第3位のアセチル基を水酸基に置換
D環の4級アンモニウム基に結合しているメチル基をアリル基に置換



アミノステロイド系筋弛緩剤の力価

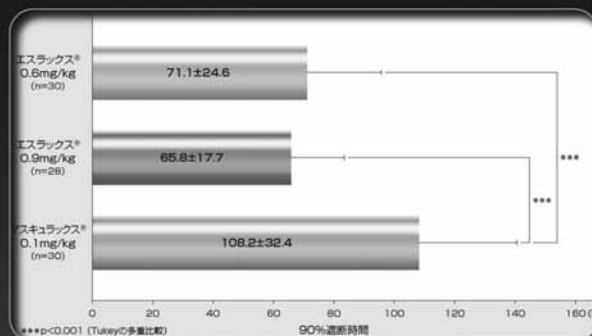


Adapted from Bowman et al., Anesthesiology 69:57, 1988

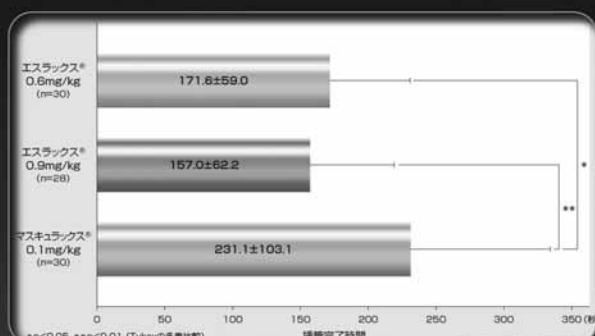
マスキュラックス®, エスラックス®の力価, 挿管量, 維持量の比較

	マスキュラックス®	エスラックス®
ED ₉₅	0.05 mg/kg	0.3 mg/kg
挿管量	0.1 - 0.2 mg/kg	0.6 - 0.9 mg/kg
維持量	0.02 - 0.04 mg/kg	0.1 - 0.2 mg/kg

90%遮断時間 (秒)



挿管完了時間 (秒)



生体内代謝と排泄

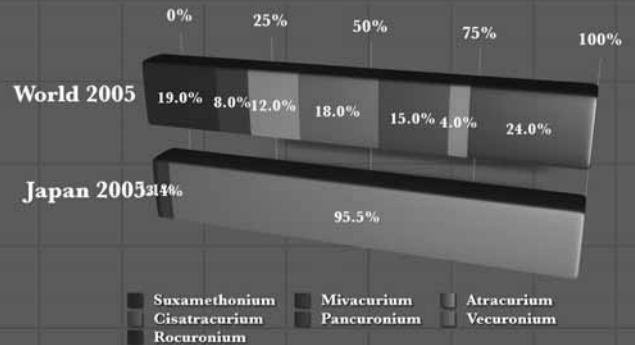
	代謝物	排泄
マスキュラックス®	3α-脱アセチル体 (約5%：肝、約10%：尿中)	主に肝 (30%腎排泄、投与後24時間まで)
エスラックス®	17-脱アセチル体 (血中に少量、尿中には検出されない)	主に肝 (38%腎排泄、投与後12時間まで)

1 麻醉総論

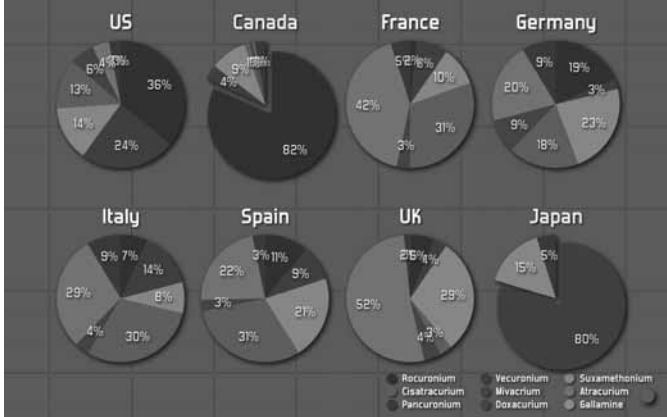
History of NMBA in the world

Generic name	Trade name	Corperation	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
Pipecuronium	Arduan, Arpilon	Organon	1983 in Hungary	1980	Discontinued
Rocuronium	Esmeron, Zemuron	Organon	1984 in US	1984.4	2007.10.02
Atracurium	Tracurium	GW, Abbott	1982 in UK		1984
Mivacurium	Mivacron	GW, Abbott	1992.4 in US		1992
Cs-atracurium	Nimbex	GW, Abbott	1996.1 in UK		1996.2

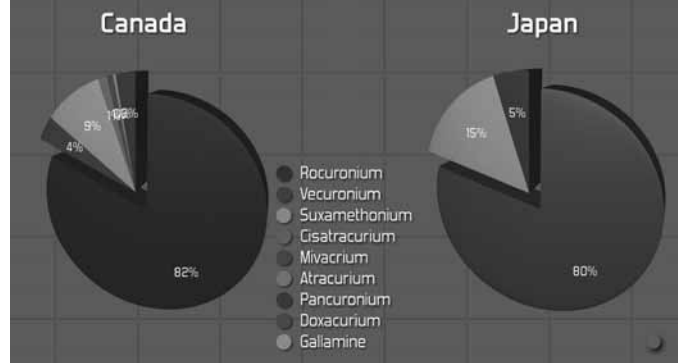
NMBA share in the World and Japan



Ratios of NMBAs used in various countries

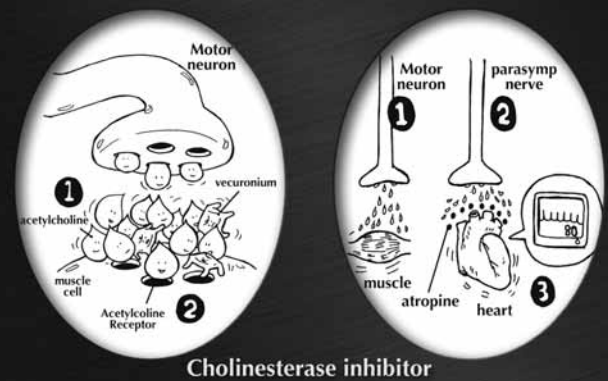


Ratios of NMBAs used in Canada and Japan

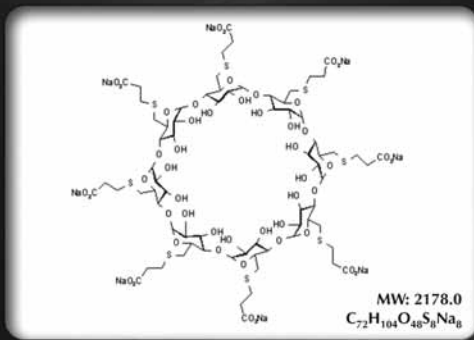


Sugammadex

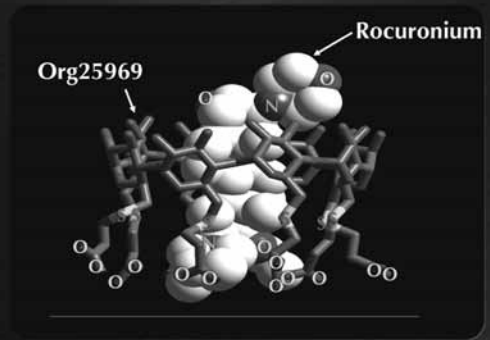
Reverse of muscle relaxation



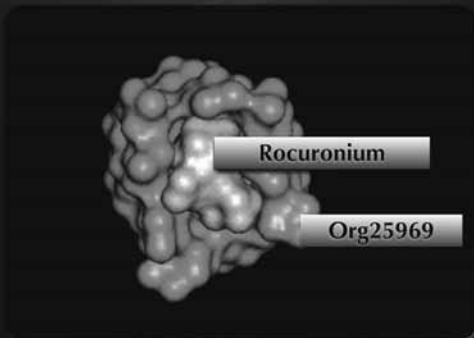
Org 25969



Complex formation of Org25969 and rocuronium

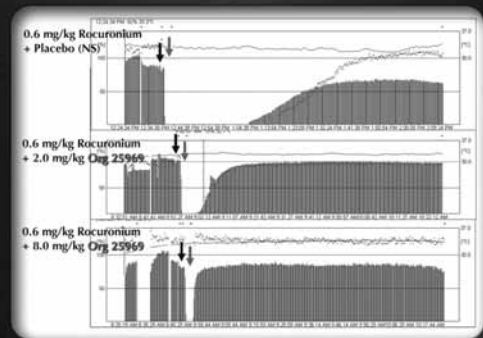


Complex formation of Org25969 and rocuronium



Org25969

Reversal of rocuronium-induced neuromuscular block



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 remifentanyl/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. 揮発性吸入麻酔薬

- **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. 揮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) が大気圧に近いので、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を必要とする。
- 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的に抑制し、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、催奇性がない。
- 安価である。

B. 揮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、すべて不燃性で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. 揮発性吸入麻酔薬の物理化学的性質

1) 化学構造



C. 揮発性吸入麻酔薬の物理化学的性質

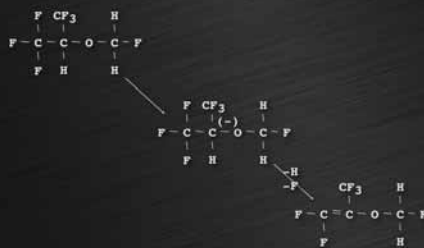
2) 分子量, 蒸気圧, 分配係数

	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
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

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。
 - 麻酔薬の力価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-Overtson説) が提唱されている。

ソーダライム (二酸化炭素吸収剤) との反応性



D. 揮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CO₂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。
- CO₂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

D. 揮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. 揮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 (CF₃-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

	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
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。
- 麻酔に用いる濃度では非爆発性、不燃性である。
- 化学式はN₂O、分子量は44で空気よりわずかに重い。
- 沸点は-89℃、蒸気圧は39,800mmHg (20℃) 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。ボンベもある。
- ボンベ内では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%と麻酔作用は弱い。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。CO₂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。長期の使用で骨髓造血機能の抑制が報告されている。

C. 臨床上的の問題点

- 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、肺泡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泡に移行し、肺泡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.sapmed.ac.jp/masui>
My e-mail: yamakage@sapmed.ac.jp

麻酔科医にとっての気道確保

Airway & Ventilation

山蔭 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くとも、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



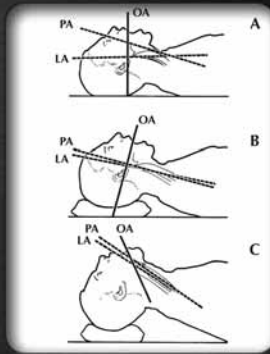
Class III~IVであれば、挿管困難が予想される。

環椎後頭骨関節の伸展

Sniffing position で観察

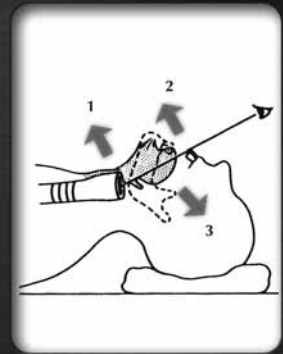
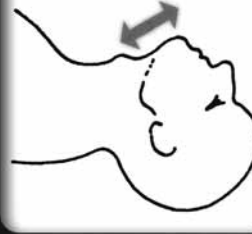
- 枕を入れ、できる限り環椎後頭骨関節を伸展させる。
- 正常では35度程度伸展できる。
- 伸展の度合いが低い場合（例えば肥満、猪首）、挿管困難が予想される。

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)	14 (男性)	28 (男性)
14歳以上	8.0-8.5	20-22	15 (女性)	12 (女性)	24 (女性)

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

- フラストマック
- 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・腫瘍（気道狭窄のあるもの）
- 気管支喘息重症発作

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
- 戴石位

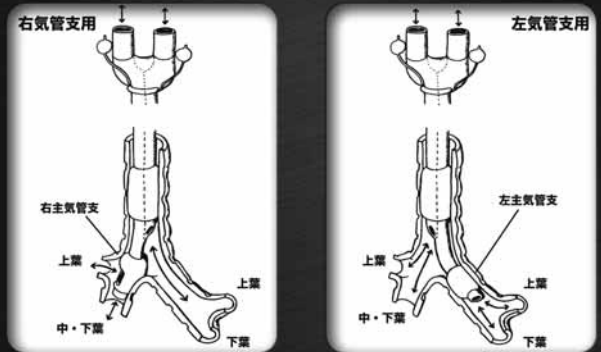
肺の構造



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

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

麻酔の深さ

1. 無痛期(analgesia)
2. 興奮期(excitement)
3. 手術期(surgical anesthesia)
4. 麻痺期・昏睡期(medullary paralysis and death)

札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山植人



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.コトー診療所4 (2001)

札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

静脈麻酔の利点2

- 麻酔器(ガス配管、ポンペ、流量計、気化器)が不要

札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山植人



戦場 災害現場 検査室

どこでも・・・
静脈麻酔薬は
使える



静脈麻酔の欠点

- 肝・腎を通過する
(肝・腎機能障害で問題)
(効果に個人差がある)
つまり麻酔の深さ調節が難しい

札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

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)

札幌医科大学講義 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

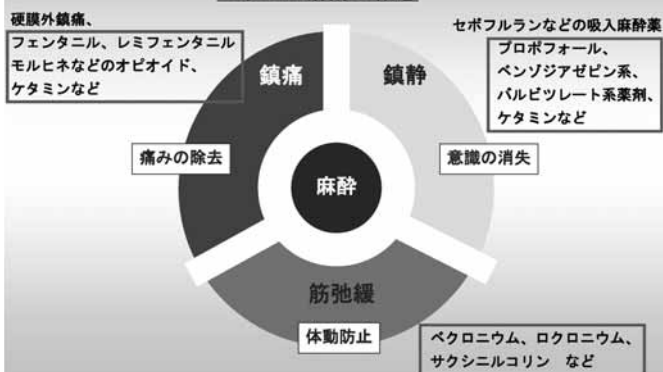
2 主な静脈麻酔薬

- (1) プロポフォール
- (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

札幌医科大学講義 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

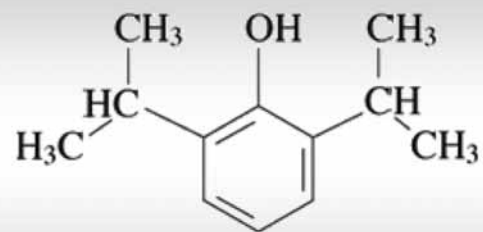
麻酔の3要素

バランス麻酔の概念



札幌医科大学講義 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

(1) プロポフォール



Isopropyl phenol
フェノール(石炭酸)は脂溶性

札幌医科大学講義 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

○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。GABA_A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。

札幌医科大学講義 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

○禁忌:

妊婦・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、小児科で死亡例。

札幌医科大学講義 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

3 静脈麻酔薬

○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捜査令状からわかった。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のために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」と呼ばれる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に眠れないため再三の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

札幌医大麻酔科講師 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

○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・マレー医師が訴追されたことを受け、ロサンゼルス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ったと結論付けた。



札幌医大麻酔科講師 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

●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。



札幌医大麻酔科講師 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

今日から実践できる
TIVA

福本 山 秀 哉
二条市立総合医療センター



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

札幌医大麻酔科講師 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

(2)バルビツレート系

○主に鎮静、睡眠薬として使用

札幌医大麻酔科講師 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

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。現在は脳低温療法時に使用。

○導入・覚醒が極めて早いですが、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。

札幌医大麻酔科講師 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

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。

札幌医科大学 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

(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、クロールチャンネルを調節し、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。
- 抗痙攣薬でもあるので、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。

札幌医科大学 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

○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。

札幌医科大学 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

(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。

札幌医科大学 札幌南三条病院麻酔科 中山植人



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%

札幌医科大学 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

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、近年麻薬指定となった。
- 禁忌:頭蓋内圧亢進、痙攣性疾患、緑内障 脳外科・眼科手術には適さない。

札幌医科大学 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

3 静脈麻酔薬

NIGHTMARE BY KETAMINE ANESTHESIA

1962年

ケタミンは悪夢を見る

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

殺しちゃいけないときはケタミン

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

(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 中山植人

●モルヒネ

アヘンに含まれるアルカロイド。オピオイド μ 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、悪心嘔吐、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 中山植人

ヘロインは日本で
使用できない

Morphine

Heroin

モルヒネの脳への移行性を高めた(エステル化などを施し、脂溶性を高めBBB透過性を高めた)ものがヘロイン。依存性が極めて強く、現在、医学的適応はない。

札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

合成麻薬

●フェンタニル

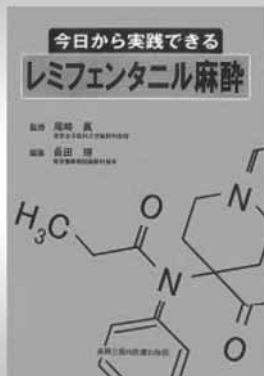
薬理作用はモルヒネと同様。鎮痛作用は約200倍。副作用：モルヒネと同様だが、呼吸抑制は強い。便秘、吐気などが少ない。ヒスタミン遊離作用なし。鉛管現象(全身の筋肉の緊張状態)が起きて、換気不能になることがある。循環抑制が少ないため、心臓麻酔によく用いられる(大量フェンタニル麻酔)。静脈投与、硬膜外・皮下投与、皮膚貼付剤(がん性疼痛)



札幌医大麻酔科講義 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

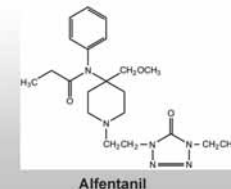
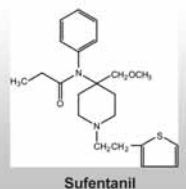
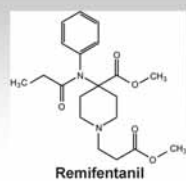
新しい合成麻薬

- レミフェタニル
→アルチバ(静脈麻酔薬 2006年より)
- アルフェタニル
- スフェタニル
- カルフェタニル……



札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

様々なオピオイド鎮痛剤



札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

レミフェタニル: 夢の麻薬

1. 超短時間作用性のオピオイド鎮痛剤(麻薬性鎮痛剤)
2. 鎮痛作用の発現と消失が速やか→持続静脈内投与で使用
3. 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
4. 侵襲刺激に応じた鎮痛のコントロールが可能
5. 麻酔からの覚醒に投与時間は影響を与えない
6. 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

札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

オピオイド鎮痛剤の作用持続時間

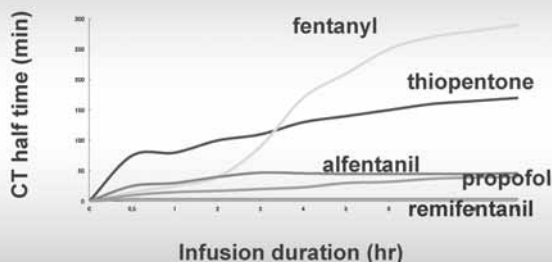
作用持続時間

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

Wason F. Intensive Crit Care Nurs. 18, 255-257, 2002.
札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

CONTEXT-SENSITIVE HALF TIME

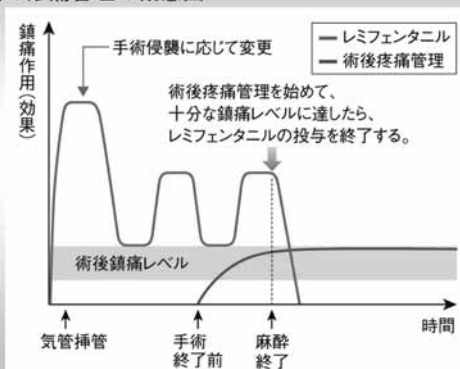
持続静脈内投与後に血中濃度が半分になる時間



Egan TD, et al. Anesthesiology, 79, 881-892, 1993を改定 札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

術後疼痛管理

周術期の疼痛管理の概念図



札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

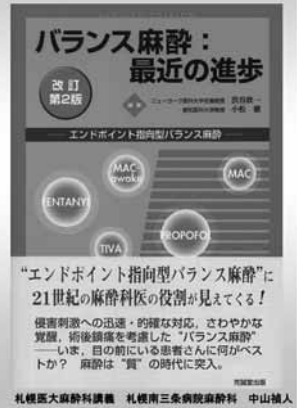
3 静脈麻酔薬



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



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れない。

札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

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

札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

最新のバランス麻酔

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



札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

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はいるが、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。

札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山植人

麻酔科学講座第4学年講義 局所麻酔・神経ブロック

岩崎 創史

局所麻酔法1

- 局所麻酔とは
- 局所麻酔薬の種類と特徴
作用機序
影響する因子
副作用
- 局所麻酔法の種類

局所麻酔とは

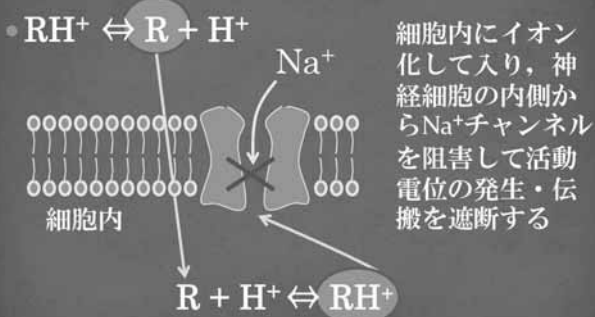
皮膚や粘膜の表面，末梢神経や脊髄の近辺に局所麻酔薬を投与することで，患者の意識を変化させることなく限られた部位の無痛状態を得る。

1884年 コカインで世界初の臨床使用

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
	ココイン	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
	ブピバカイン	8	3-5 min	3-5 hr
	ロビバカイン	7	3-4 min	3-5 hr
	レボブピバカイン	8	3-5 min	3-5 hr

局所麻酔薬の作用機序



局所麻酔薬の作用に影響する因子1

- pKa : イオン型と非イオン型が50%ずつになる時のpH. pKaが小さいほど非イオン型が増加して作用発言が速くなる.



$$\longrightarrow \text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[R]}{[RH^+]}$$

4 局所麻酔薬、神経ブロック

局所麻酔薬の作用に影響する因子2

- タンパク結合率：Naチャンネルのタンパクとの結合率が高いほど強力で作用時間が長くなる。
- 脂溶性：脂溶性が高いほど細胞膜のリン脂質に取り込まれ、強力で作用時間が強くなる。

局所麻酔薬の作用に影響する因子3

- 光学異性体：S(-)体とR(+)体で薬理作用が異なるため、効力や副作用が異なる。
- 血管収縮薬：アドレナリンなど α 受容体作動薬の添加により、組織から血管内への吸収が抑制され、作用時間が延長し、血中濃度の上昇も抑制される。

局所麻酔薬の作用に影響する因子4

- 髄鞘の有無：有髄神経の方が無髄神経よりも早くブロックされる傾向がある。→ランビエ絞輪がブロックされやすい？
- 神経線維の径：細い神経の方が早くブロックされる。→隣接するランビエ絞輪が近いため。

局所麻酔薬の代謝

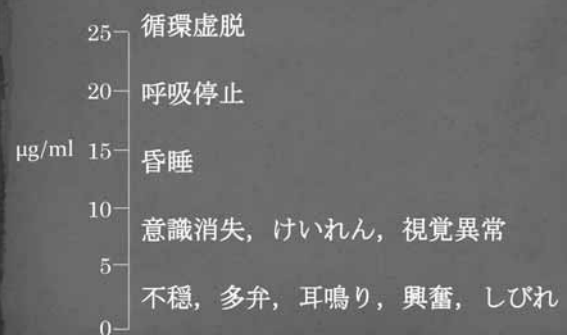
- アミド型
肝臓でアルキル化され、その後加水分解される。肝血流量が増加すると代謝速度が上昇する。
- エステル型
血漿コリンエステラーゼ (ChE) で加水分解する。早く代謝されやすい。

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
- BLS, ACLS
- 脂肪製剤

局所麻酔法の種類

- 表面麻酔
- 浸潤麻酔
- 伝達麻酔
- 硬膜外麻酔
- 脊髄くも膜下麻酔
- 静脈内局所麻酔
- 末梢神経ブロック

表面麻酔

- 塗布：創部や処置部に局所麻酔薬の入った軟膏を塗ることで鎮痛を得る。
コカイン、キシロカインなど
- 噴霧：広い範囲の粘膜に噴霧する。
咽頭から気管、擦過傷の処置
- 吸入：気道に麻酔をする際に行う。
気管挿管や気管支鏡の前処置

浸潤麻酔・伝達麻酔

- 皮膚表面から、注射器で、血管内から局所麻酔薬を浸潤させる。
歯科麻酔、イオントフォレーシス
経静脈内局所麻酔



- 神経に局所麻酔薬を投与して神経伝導を遮断する。

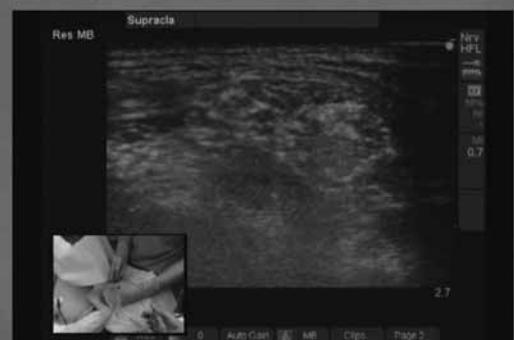
末梢神経ブロック(伝達麻酔)

- 全身の脳神経または脊髄由来の末梢神経周囲に局所麻酔薬を投与して、神経伝導を抑制する。

- 三叉神経ブロック
- 腕神経叢ブロック
- 肋間神経ブロック
- 大腿神経ブロック
- など



末梢神経ブロック



4 局所麻酔薬、神経ブロック

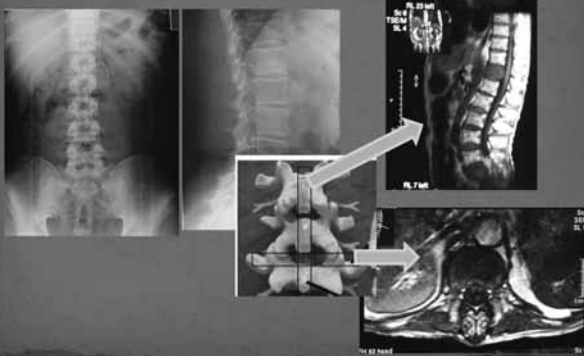
硬膜外麻酔・脊髄くも膜下麻酔

- 脊髄および神経根に局所麻酔薬を作用させて、神経伝導・神経伝達を抑制させて麻酔効果を得る。
- 運動神経<知覚神経<交感神経の全てを遮断する。脊髄腹側に局所麻酔薬が先に浸潤すると、運動神経麻痺を強く生じさせることもある。

硬膜外麻酔・脊髄くも膜下麻酔

- 適応：頭頸部以外の痛みへの鎮痛手術，和痛分娩，癌性疼痛慢性疼痛，血流障害（レイノー症状バージャー病）
脊柱管狭窄症に伴う間欠性跛行
- 薬剤：局所麻酔薬，麻薬， α_2 作動薬
脊髄刺激

硬膜外麻酔・脊髄くも膜下麻酔



硬膜外麻酔・脊髄くも膜下麻酔

	硬膜外麻酔	脊髄くも膜下麻酔
投与部位	硬膜外腔（神経根や脊髄にゆっくり浸潤）	くも膜下腔（脳脊髄液内なので直接脊髄に浸潤）
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，神経障害出血，局所麻酔薬中毒	血圧低下，感染，神経障害出血，呼吸抑制，頭痛

局所麻酔

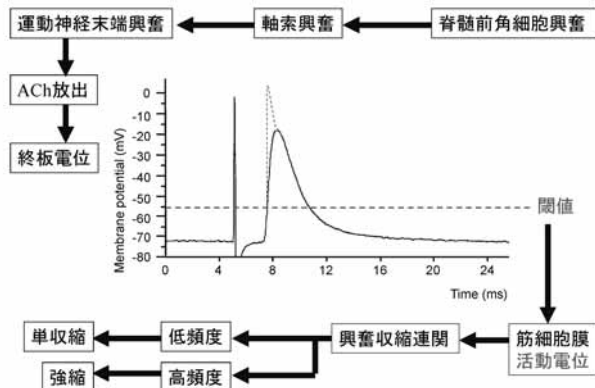
- 意識状態には全く変化を与えず，鎮痛のみを得ることが可能。
- 全身状態への影響は最小限（血圧低下）であるが，出血傾向や感染への配慮が必要である。
- 確実な技術と適切な方法の選択で，極めて高い満足度の鎮痛効果を得ることができる。

筋弛緩薬 (神経筋遮断薬)

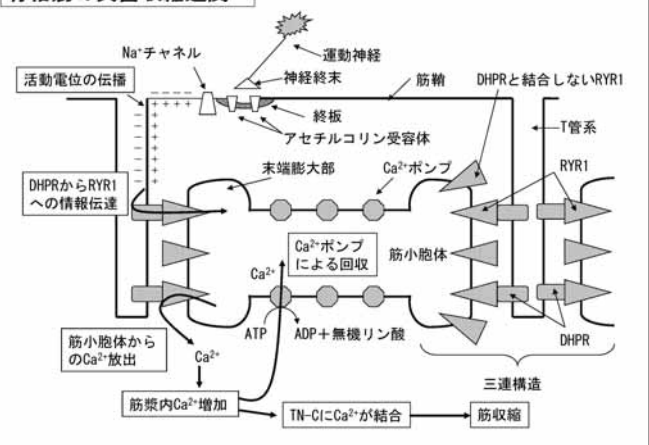
札幌医科大学 麻酔科学講座

新谷 知久

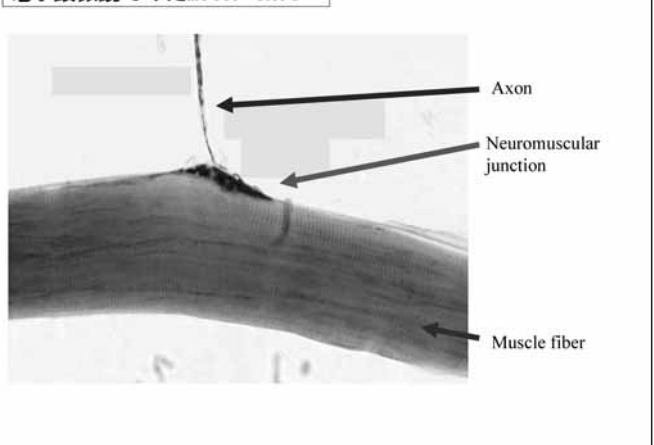
生理的神経筋伝達



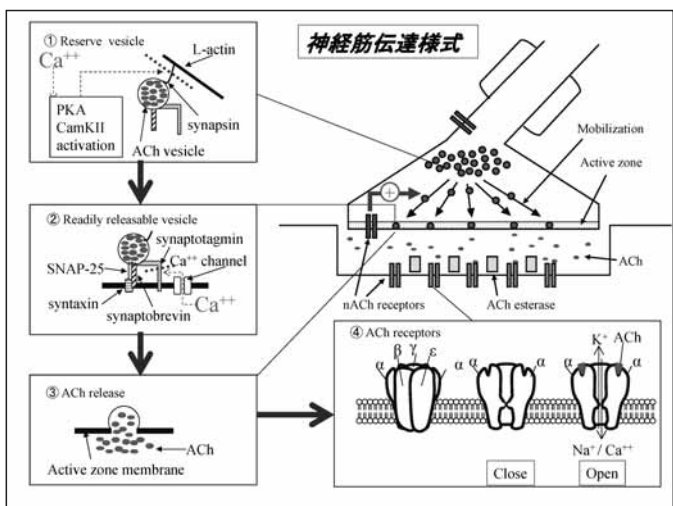
骨格筋の興奮収縮連関



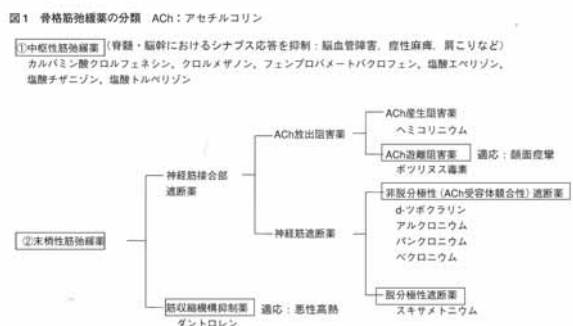
電子顕微鏡でみたMotor Unit



神経筋伝達様式



筋弛緩薬の種類



- 神経筋遮断薬
1. 非脱分極性筋弛緩薬: Rocuronium
 2. 脱分極性筋弛緩薬: Succinylcholine

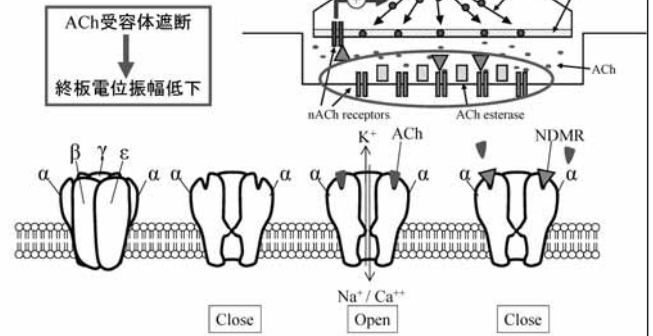
5 筋弛緩薬

神経筋遮断薬の適応

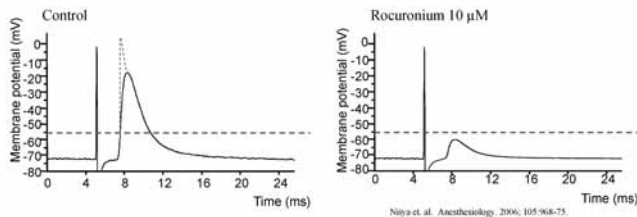
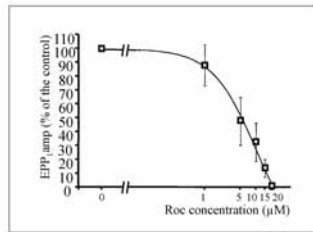
1. 気管挿管時：
声門部の筋群の弛緩、喉頭痙攣の防止
2. 手術操作を容易にする：
自発呼吸が手術操作の妨げとなる場合に調節呼吸とする
開腹時の腹筋の筋緊張を取り除き腹壁縫合を容易にする
肩・股関節の脱臼時に筋緊張を取り除き整復を容易にする
3. 全身麻酔中の有害反射の防止：
浅麻酔時の体動、吃逆、バッキング（気道刺激による咳嗽反射）防止
特に、脳外科、眼科手術中では脳圧、眼圧を上昇させ危険
4. 全身痙攣時：
電気痙攣療法（Electro-convulsive therapy (ECT)）での脊椎骨折、
口腔内損傷の防止

非脱分極性筋弛緩薬の作用機序

受容体：筋型nACh受容体
存在部位：接合部後膜
遮断様式：競合的

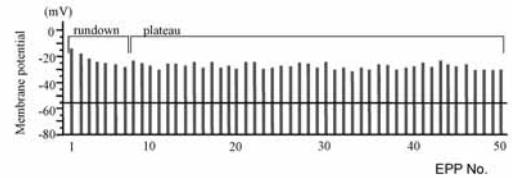


終板電位への影響

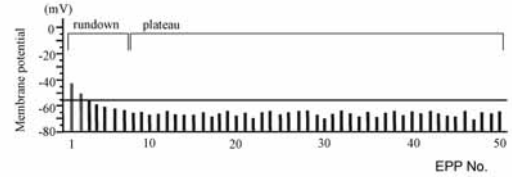


終盤電位のrundown に対する非脱分極性筋弛緩薬の影響

生理的状态：20%前後のrundown

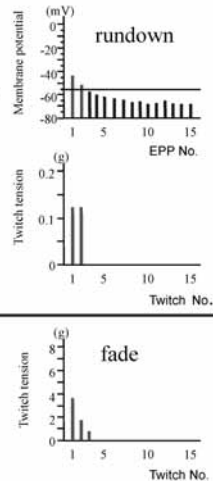


Rocuronium 5 μM：振幅減少+rundown増強



rundown と fade の関係

- 1) 神経筋伝達
・閾値を超えた終板電位から活動電位発生
 - 2) 単一筋線維収縮
・活動電位から筋線維が収縮
・収縮は全か無かの法則に従う
- 各筋線維の筋弛緩薬感受性のばらつき
- 収縮・非収縮筋線維の混在
- 3) 筋組織収縮
・収縮筋線維数の段階的減少による
単収縮の段階的減衰退

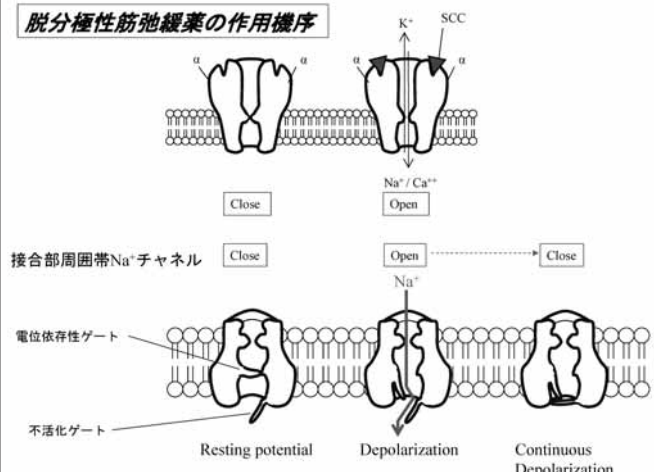


非脱分極性筋弛緩薬の種類

	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

非脱分極性筋弛緩薬：Rocuronium の特徴

1. 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
2. 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
3. 代謝産物の筋弛緩作用をほとんど考慮しなくて良い
4. ノルウェー，フランスでアナフィラキシーの報告が多い
5. 注入時血管痛，fentanyl, remifentanil, ketamine, lidocaine で予防
6. 通常量投与では循環期系への影響はない
7. 胎盤通過性は低く臨床問題とならない

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**

1. 初回投与量：1.0 mg/kg，効果発現時間：1分，持続時間：10分
2. 反復投与で耐性が見られる（phase II block：45分程度持続）
3. 血中の偽性コリンエステラーゼで速やかに分解される
4. 投与時に線維束攣縮（fasciculation），その後筋弛緩
腹筋・胃内圧上昇（0~40 cmH₂O），外眼筋・眼圧上昇（5~10 mmHg）
5. 攣縮による術後筋肉痛（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
6. 洞性徐脈，まれに心静止（副交感神経作動による） Atropine が有効
7. 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，重碳酸投与，G-I療法，過換気
8. 悪性高熱症の trigger
9. 胎盤通過性はあるが臨床問題とならない

投与法の工夫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

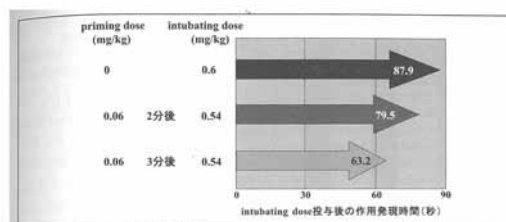


図9: Priming principleの有効報告例

投与法の工夫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③：Precurarization

・ Succinylcholine (SCC) 投与時に生じる攣縮（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④：筋弛緩薬の筋注

・ Slow 導入でルート確保前，ルート事故除去時の喉頭痙攣
・ 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

5 筋弛緩薬

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

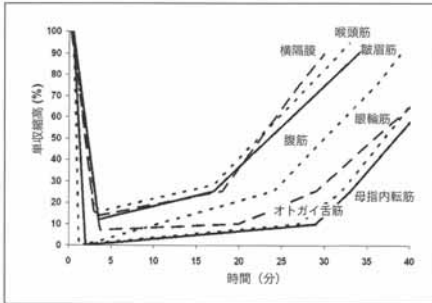


図1 筋肉別の筋弛緩薬に対する感受性

筋弛緩薬のモニタリング～刺激部位

- ・尺骨神経-母指内転筋 (測定し易いため)
- ・顔面神経-皺眉筋 (横隔膜と筋弛緩薬感受性が類似)
- ・顔面神経-眼輪筋 (筋弛緩薬への感受性は腹筋と母指内転筋との中間)
- ・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

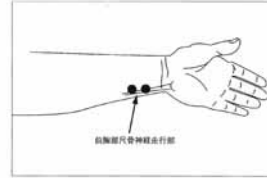


図12 手首に刺激電極を付ける

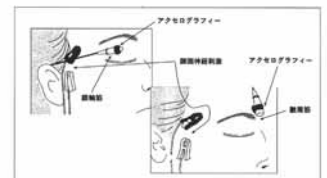


図13 顔面神経刺激による筋弛緩モニタリング

筋弛緩薬のモニタリング～刺激方法

四連刺激 (Train of Four : TOF) : 2Hz 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

PTC \leq 1	Deep block
PTC \leq 2~8	Moderate deep block
PTC \leq 9 or TOFC 1	Good for operation
PTC \geq 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

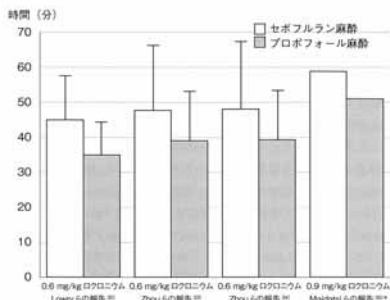


図9 ロクロニウムの作用持続時間に及ぼす吸入麻酔薬セボフルランの影響 (文献30, 33-35より引用改変)

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

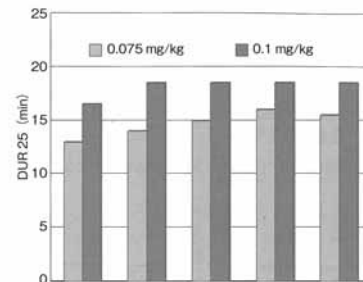


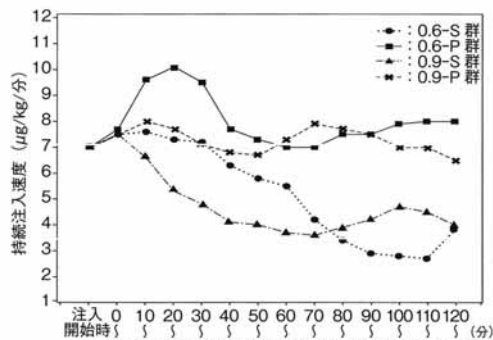
図10 ロクロニウムでは、維持量を繰り返し投与しても、作用持続時間は延長しない (詳細は本文を参照)

DUR25: 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

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)

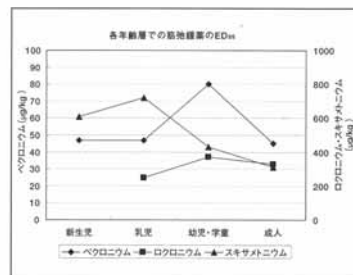


図1 各年齢層における筋弛緩薬必要量の变化
成人に比して, 小児の方が分布容積が大きいため, どの筋弛緩薬についても成人より小児の方が必要量は多くなる。しかし, 非脱分極性筋弛緩薬への感受性の高さや排泄機能の未熟性から, 新生児・乳児ではロクロニウム・ベクロニウムの必要量は成人と同程度かむしろ少ない。
〔文献18〕より引用・改変〕

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

	Khalil		Magorian		van Miert		Servin		鈴木
	肝不全	正常	肝不全	正常	肝不全	正常	肝不全	正常	
作用発現時間(s)	158±56*	108±33	59±26	69±24	60±25	64±26	3.0±0.6	2.3±0.6	140±82
作用持続時間(25)(min)	42±16	41±7	73±43	47±12	64±18*	42±14	41±21*	30±10	37±12
作用持続時間(75)(min)	77±25*	57±11			84±28*	67±27			
クリアランス(ml/kg/min)	2.4±0.8	2.8±0.6			2.7±0.9*	3.7±1.0			4.1±1.0
クリアランス(ml/min)			217±22	差を認めず			189±20	296±169	
定常状態分布容積(ml/kg)	234±50	184±41			248±50	211±55	264±50	151±59	181±48
定常状態分布容積(l)			23.4	16.4					
消失半減期(min)	96±37	86±18	112	76	143±30*	92±40	98±34*	56±27	75±28

値: 平均±標準偏差
作用発現時間: ロクロニウム0.06mg/kg (Servinの報告はロクロニウム 0.12mg/kg投与完了から単収縮の最大抑制発現(van Miertの報告は単収縮の90%抑制発現)までの時間
作用持続時間(25): ロクロニウム 0.06mg/kg (Servinの報告はロクロニウム 0.45mg/kg投与完了から単収縮がコントロールの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単収縮がコントロールの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¹⁰⁾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 の作用性の变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)

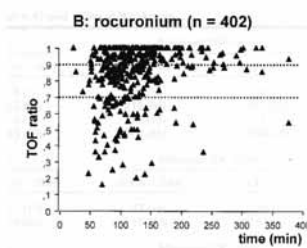
	Cooper		Robertson		Szenohradzky		Khuenl-Brady		鈴木
	腎不全	正常	腎不全	正常	腎不全	正常	腎不全	正常	
作用発現時間(s)	61±25	65±16	137±130	116±64	63±17	69±24	182±82	126±54	140±82
作用持続時間(min)	55±27	42±9	49±21*	32±8	54±22	47±12	26±12	28±6	37±12
クリアランス(ml/kg/min)	2.5±1.1*	3.7±1.4	2.7±0.7*	4.5±1.2	2.9±0.3	差を認めず			4.1±1.0
定常状態分布容積(ml/kg)	212±47	207±49	220±77	194±45	264±19	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±標準偏差
作用発現時間: ロクロニウム投与完了から単収縮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収縮がコントロールの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¹⁰⁾を表の右端に示す(N=29)

残存筋弛緩

- ・ TOF 比 < 0.9 肺合併症・呉喘の危険性↑, 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



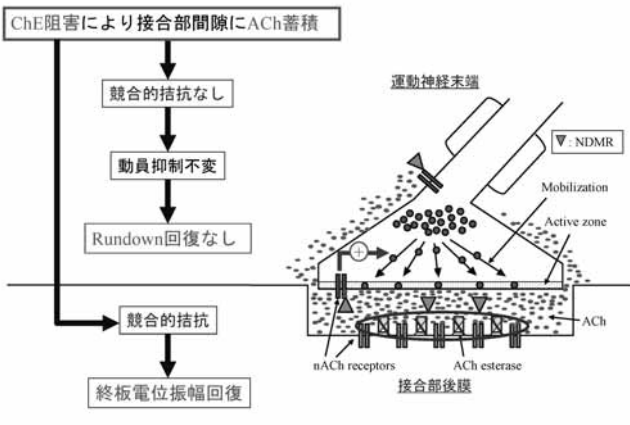
残存筋弛緩の発生頻度

対象患者: 婦人科・形成外科手術
Rocuronium 0.6 mg/kg 単回投与
筋弛緩拮抗しない

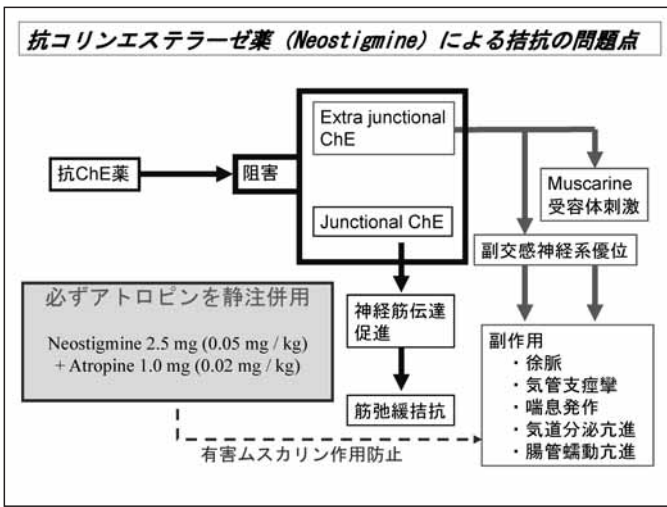
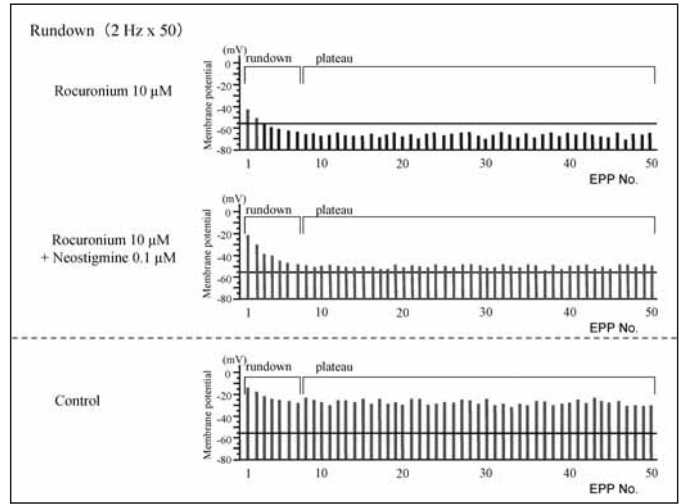
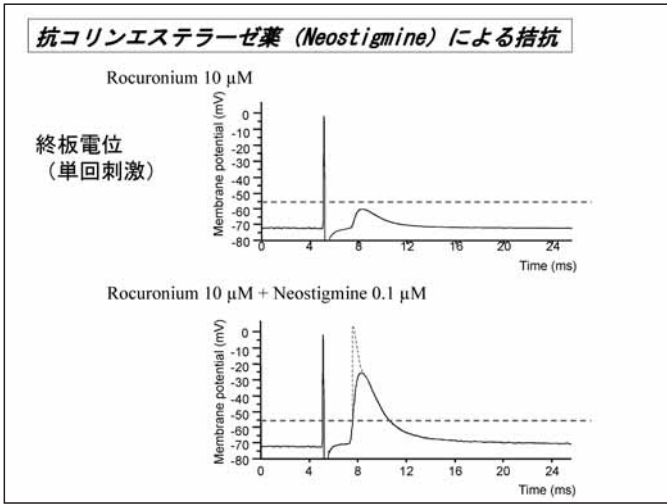
PACU (回復室) 入室時
TOF 比 < 0.7 16%
TOF 比 < 0.9 45%

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



5 筋弛緩薬



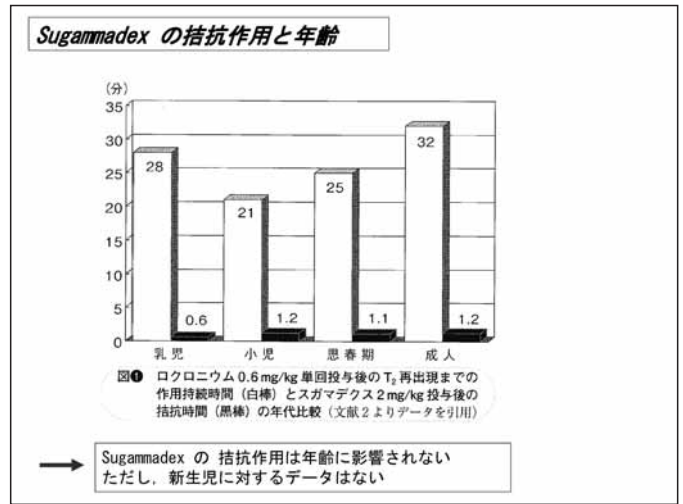
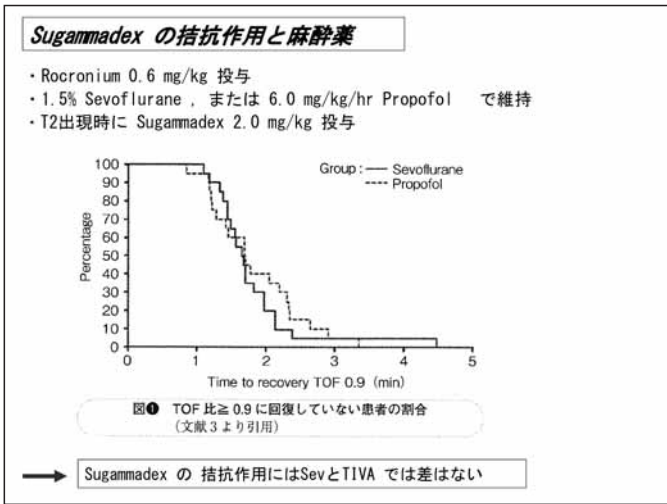
新しい筋弛緩拮抗薬 : Sugammadex の特徴

構造	筋弛緩薬	結合定数 (X10 ⁷ M ⁻¹)	
非部分型	アミノステロイド型	ロクロニウム	15.1
		ベクロニウム	8.8
		3OH-ベクロニウム	6.0
		バンクロニウム	2.6
		d-tubocurarine	0.193
部分型		mivacurium	0.009
		cisatracurium	0.005
		gallamine	拮抗しない
部分型		スキナトニウム	拮抗しない

- Rocuronium と強い親和性
- 1:1で抱接体を形成
- 95%以上腎排泄
- Sugammadex (Sgm) : MW 2180, 蛋白結合率 0%
- Rocuronium (Roc) : MW 610, 蛋白結合率 約25%

→ Roc 0.6mg/kg と Sgm 2.0 mg/kg 同時投与で血漿中では ほぼ等モル数

• T2 出現時では Roc の排泄により [Sgm] > [Roc]



Sugammadex による拮抗作用

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 投与方法：0.6 mg/kg を単回 bolus 投与
Sugammadex 投与方法：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_{CR}, total plasma creatinine clearance; NS, not significant; SD, standard deviation; TOF, train-of-four

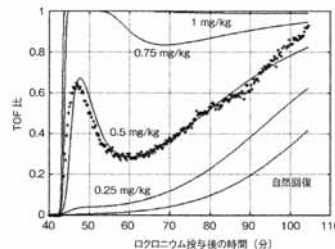
White : 13名
Asian : 2名

	Patient group		ANOVA
	CL _{CR} <30 ml min ⁻¹ (n=15)	CL _{CR} ≥80 ml min ⁻¹ (n=14)*	
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② Sugammadex 過小投与によるリバウンド
PTCl の時点で Sugammadex 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ウンド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**	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を再投与した。
*Am J Physiol. 2009; 297:R1111-1115. **Am J Physiol. 2009; 297:R1111-1115.

Sugammadex による拮抗の注意点③

腎不全患者での Sugammadex の薬物動態

④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

症例数	AUC _{0-∞} (μg·min/mL)	CL (mL/min)	V _{ss} (mL)	t _{1/2β} (min)
腎機能正常患者 13	1,726±34.6	95.2±22.1	13,800±20.5	139±44.4
腎機能低下患者 13	27,463±114	5.53±109	15,986±35.5	2,139±121

Sugammadex と血液透析

対象患者：Ccr < 30 mL/min 末期腎不全患者15名
Rocuronium 投与方法：0.6 mg/kg を単回 bolus 投与
Sugammadex 投与方法：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

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

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

5 筋弛緩薬

脱分極性筋弛緩薬の作用に影響する病的因子

作用増強

- 2次性神経筋接合部機能変化
- ・筋緊張症候群
 - ・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
 - ・家族性周期性四肢麻痺
 - ・敗血症
 - ・重症感染症
 - ・熱症

サクシニルコリン代謝遅延
異型コリンエステラーゼ血症

影響不定

- 神経筋接合部病態
重症筋無力症
筋無力症候群
(イートン・ランバート症候群)

胎児型ACh受容体増加病態

胎児型ACh受容体との反応性が高い

悪性高熱症

病態：骨格筋・中枢神経系・全身組織のCICR亢進
吸入麻酔薬、サクシニルコリン、ストレスで誘発

症状：体温上昇（ 40°C 以上 or $0.5^{\circ}\text{C}/15$ 分以上の上昇）、
筋強直、頻脈、不整脈、血圧変動、意識障害、発汗、Mb尿、
皮膚大理石紋様、 PaCO_2 上昇、 PaO_2 低下、代謝性アシドーシス、
DIC、出血傾向、血清 K^+ ・Mb・CK・AST・ALT・LDH急上昇

診断：体温上昇+上記症状のいずれか

治療：1. Dantrolene（事実上これしか著効しない！）
2. 起因・禁忌薬物の投与中止
3. 全身管理、冷却、 NaHCO_3 、対症療法、緊急薬品

医学部第4学年講義

「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

麻酔とは・・・？

皆さんが思っている麻酔のイメージを教えてください



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

本日の内容

1. 麻酔管理について
2. 周術期管理と麻酔科医
3. 特殊な麻酔管理



麻酔科医が活躍する領域



外科系医療の現場では調整役

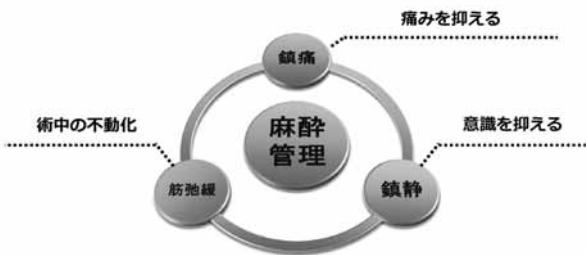


（手術室における）麻酔科医の業務

1. 患者さんに安全で質のいい麻酔を提供する。
2. 術者に良好な術野を提供する。
3. 手術部スタッフと協力して手術室を円滑に運営する。

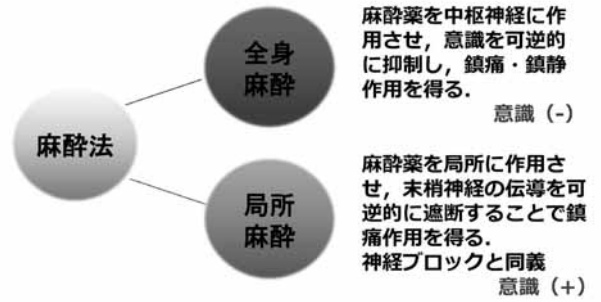


麻酔管理における3つの要素

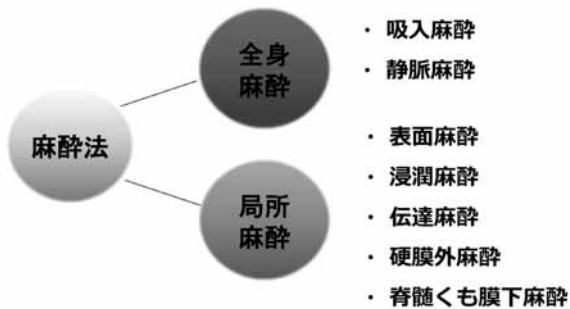


この3つの要素が抑えられていれば全身麻酔を維持できる。
 麻酔法に唯一の方法はない。患者さんの合併症、内服薬、侵襲の程度、希望、麻酔科の好み、習熟度などによって異なる。

麻酔法の種類



麻酔法の種類



(標準的?)麻酔管理



単独の麻酔薬・麻酔法ですべての要素を補おうとすると過剰投与となり、血圧低下などの副作用が出現してしまう。

バランス麻酔

それぞれの要素をいろいろな作用機序を持つ薬剤、麻酔法で補うことでそれぞれの投与量を減少させ、副作用を減らせる質の高い麻酔

吸入麻酔によって麻酔がかかるとはどういうこと?



「麻酔ガス濃度」=「肺胞濃度」=「血中濃度」=「脳内濃度」

静脈麻酔によって麻酔がかかるとはどういうこと?

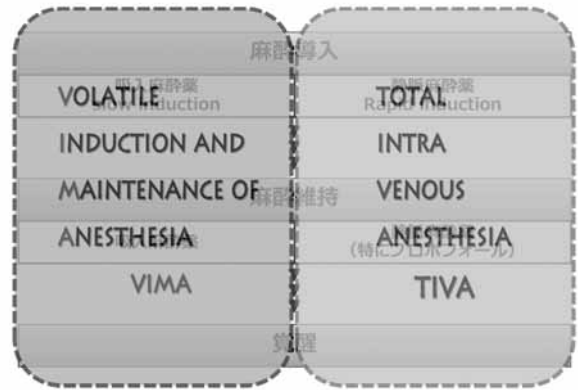


「麻酔ガス濃度」≠「肺胞濃度」=「血中濃度」=「脳内濃度」

吸入・静脈麻酔の特徴のまとめ

	吸入麻酔薬	静脈麻酔薬
麻酔導入	麻酔導入に時間がかかる (Slow Induction)	麻酔導入が早い (Rapid Induction)
形状	液体(亜酸化窒素のみ気体)	液体
気化器	必要	不要
静脈路	不要	必要
刺激臭	あり	なし
血管痛	なし	プロポフォールにはあり
効果の個人差	少ない	あり(肝・腎を通過する)
術後嘔気	多い	比較的少ない

麻酔の流れの中での全身麻酔薬の使用法



本日の内容

1. 麻酔管理について
2. 周術期管理と麻酔科医
3. 特殊な麻酔管理



麻酔科医が関わる周術期の流れ



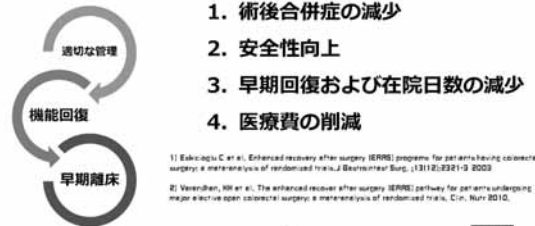
- | | | |
|---|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 術前診察を行う
(術式、合併症などを把握) 2. 麻酔法を選択 3. 患者さんに説明 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 安定した麻酔管理 2. 術後管理を考慮する | <ol style="list-style-type: none"> 1. 術後診察を行う 2. 問題を把握 3. 適切な対応 4. フィードバック |
|---|---|--|

麻酔計画を立てるために



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¹⁻²⁾



1. 術後合併症の減少
2. 安全性向上
3. 早期回復および在院日数の減少
4. 医療費の削減

1) Etkinovic C et al. Enhanced recovery after surgery (ERAS) programs for patients having colorectal surgery: a meta-analysis of randomized trials. J Gastrointest Surg. (2018) 22:1311-1320.
2) Veendrick, HK et al. The enhanced recovery after surgery (ERAS) pathway for patients undergoing major elective open colorectal surgery: a meta-analysis of randomized trials. Clin Nutr 2010.



6 周術期管理、特殊な麻酔

開腹結腸切除術における ERASプロトコルの目的

術後退院日数
5~10日
↓
2日¹⁾

¹⁾ Hakkarin, Magerman T. Hospital stay of 2 days after open sigmoidectomy with a multimodal rehabilitation program. *Br J Surg* 86: 227-30, 1999

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プロトコルの成果

当初は懐疑的に思われていた

- 性急すぎるのでは・・・？
- 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

Eskicioglu C et al. Enhanced recovery after surgery (ERAS) programs for patients having colorectal surgery: a meta-analysis of randomized trials. *J Gastrointest Surg.* ; 13(12):2321-9 2009

現在，ERASが導入されている術式

- 開腹結腸切除術
- 胆嚢摘出術
- 臍頭十二指腸切除術
- 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・・・

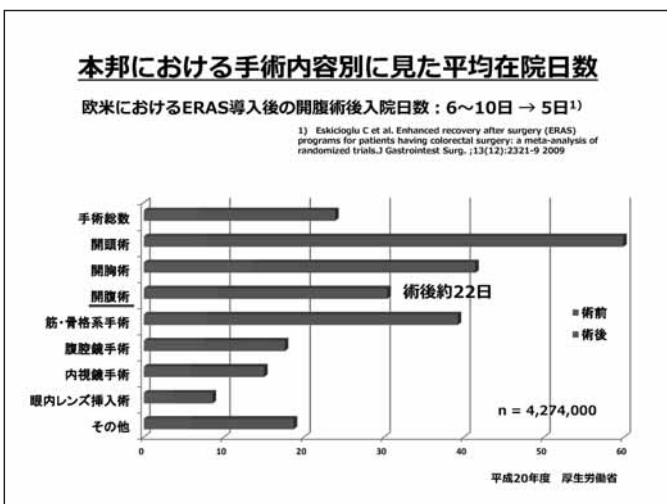
ERASが注目される社会的事情

- ・ 経済的，社会的負担の減少
- ・ DCP導入後の医療経済的に早期退院が求められている

検査 → 手術 → 術後処置

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



開腹結腸切除術における ERASプロトコール

ERAS (Enhanced Recovery After Surgery) プロトコールは、術前、術中、術後の各段階で実施される。

- 術前 (preoperative):**
 - 周術期の経口栄養
 - 消化管運動刺激 (Na, 水を過剰投与しない)
 - 胸部持続硬膜外麻酔
 - オピオイドの全身投与を避け、NSAIDsを使用
 - PONV対策
 - カテーテル早期抜去
 - 尿管を留置しない
 - 早期離床，運動療法
 - コンプライアンス/アウトカム調査
- 術中 (intraoperative):**
 - 短時間作用型の麻酔薬を使用する
 - 胸部硬膜外麻酔を併用
 - Na, 水を過剰投与しない
 - 体温維持 (フランクット加温・補液加温)
 - ドレーンを留置しない
 - 静脈血栓塞栓症の予防
- 術後 (postoperative):**
 - 術前カウンセリング
 - 抗生剤投与
 - 抗凝固療法
 - 可能な限り短い絶食時間
 - 経口補水液，高濃度炭水化物飲料投与
 - 尿管前処置を行わない (もしくは選択的)
 - 麻酔前投薬を行わない

ERAS society HP (<http://erassociety.org/>)より一部改題

開腹結腸切除術における ERASプロトコール

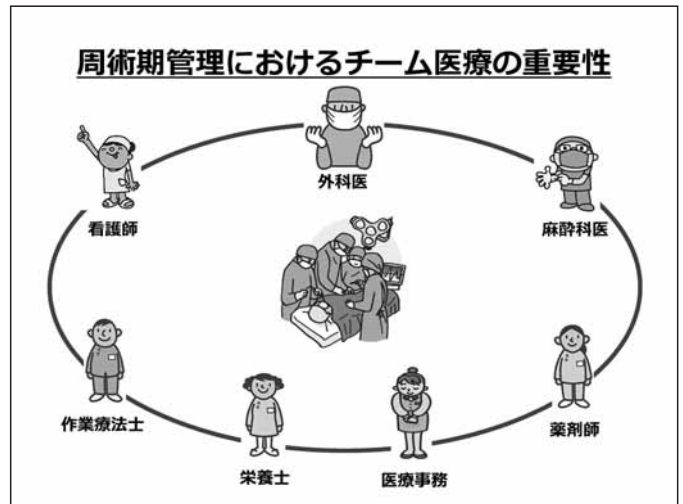
周術期の経口栄養
消化管運動刺激
Na, 水を過剰投与しない
腹部持続硬膜外麻酔
オピオイドの全身投与を避け、NSAIDsを使用
PONV対策
カテーテル早期抜去
胃管を留置しない
早期離床、運動療法
コンプライアンス/アウトカム調査

術前カウンセリング
抗生剤投与
抗凝固療法
可能な限り短い絶食食時間
経口補水液、高濃度炭水化物飲料投与
腸管前処置を行わない（もしくは選択的）
麻酔前投薬を行わない

postoperative preoperative
ERAS
intraoperative

短時間作用型の麻酔薬を使用する
胸部硬膜外麻酔を併用
Na, 水を過剰投与しない
体温維持（ブランケット加温・補液加温）
ドレーンを留置しない
静脈血栓塞栓症の予防

ERAS society HP (<http://erassociety.org/>)より一部改題



本日の内容

1. 麻酔管理について
2. 周術期管理と麻酔科医
3. 特殊な麻酔管理

特殊な麻酔① 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

Topics
「小児麻酔における麻酔薬の神経毒性」
J. Neuroscience 2003; 23: 876

2007年 FDAからstatementが発表される。
「本当に必要な手術以外は生後6か月移行に延期すべき」

特殊な麻酔② Awake craniotomy

「覚醒下の麻酔管理」

- 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

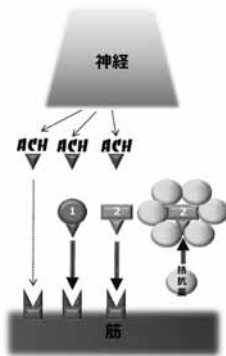
特殊な麻酔③ 神経・筋疾患

「麻酔法の選択が困難」

- 神経ブロックが施行できないケースがある
- 筋弛緩薬に対する反応性の問題
- 術式を考慮した麻酔法・麻酔薬の選択
- 術後に影響を残さない

筋弛緩薬

1. 脱分極性筋弛緩薬
スキサメトニウム (スキサメソニウム®)
神経筋接合部で神経伝達物質であるアセチルコリン (ACh) と同様の作用を持つ薬剤を使用。アセチルコリンよりも分解速度が遅いのでその間筋弛緩作用が得られる。
2. 非脱分極性筋弛緩薬
ロクロニウム(エスラックス®)
ベクロニウム (マスキュラックス®)
神経筋接合部でアセチルコリンの受容体に拮抗して結合する。
3. 拮抗薬
筋弛緩薬と拮抗して作用を抑える薬剤
スガマデクス (プリディオ®)



特殊な麻酔④ 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
(神経ブロック困難，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⑤ 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事が多い
- 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⑥ 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，エピネフリン，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



麻酔の危険性

1. 特異性

- 突発的で重篤
- 密室で発生



2. 対策

- 教育
- 麻酔に対する理解を深める
- 危機管理に対する理解を深める
- 相互監視システムにより密室性を排する
- 調査により得た情報を分析・公開し，提言する

麻酔における全身管理とは・・・？

最低限の全身管理とは・・・



いかなる状況においても血流を保ち，人間として生きていくために最も重要な組織である脳・心臓に酸素を送り続けること



麻酔とは・・・？

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



手術中にリアルタイムで病態治療を行っていくこと

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



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

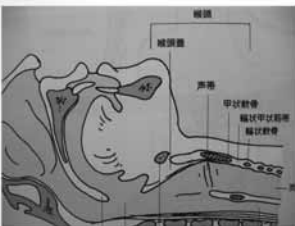
- 生体活動を捉えるあるいは予測する上で、モニタリングは非常に重要である。
- 麻酔領域においては、とくに呼吸および循環の指標が必要不可欠となります。

モニタリングの盲点

- モニターを過信してしまうと、事故につながる可能性があります。
- 視診、聴診、触診が重要であることは言うまでもありません。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)

SpO₂

Saturation of pulseoxymeter oxygen

SpO₂ (動脈血酸素飽和度)

- 酸素はヘモグロビン (Hb) と結合して酸化ヘモグロビン (HbO₂) として全身に運ばれます。
- 全身の末梢組織で、ヘモグロビンから酸素が離れて還元ヘモグロビン (Hb) となります。
- SpO₂は酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンから測定される
 - 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。
 - 酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビン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SpO₂を測定しています。
 - $SpO_2 = \frac{HbO_2}{HbO_2 + Hb}$

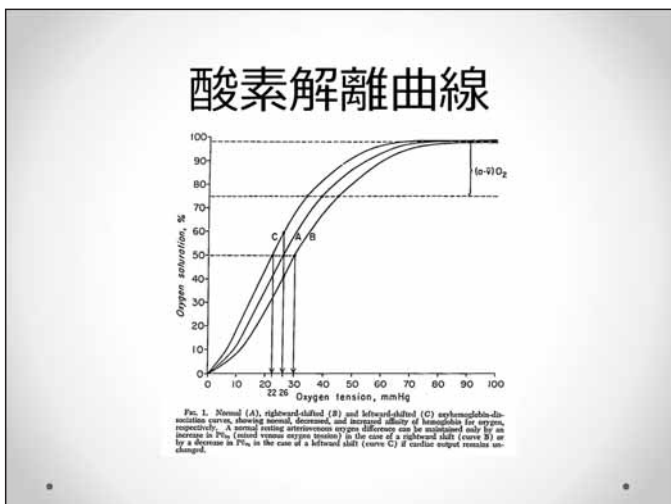
SpO₂

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)。



SpO₂と PaO₂の目安

SpO ₂ (%)	PaO ₂ (mmHg)
98~100	95~
95	80
90	57
75	40

EtCO₂

Endtidal CO₂
呼気終末CO₂濃度

7 モニタリング

EtCO₂

- CO₂は4.3μmの波長の赤外線吸収（吸収される光量がCO₂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

EtCO₂

- 目的
 - 呼気CO₂濃度をモニターする
 - 呼吸回数を測定
 - 正常値 35mmHg
(PaCO₂との差は5mmHgとされている)
- 食道内留置のチェック
- 肺梗塞のモニター
- 気道狭窄のモニター

EtCO₂の利点と欠点

利点

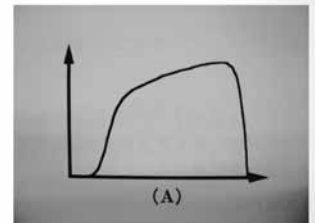
- 非侵襲的に測定できる。
- 換気機能の指標
- PaCO₂を推定できる

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、カブロ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

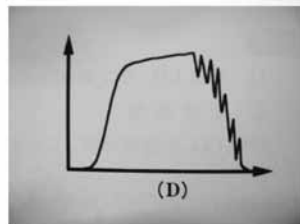
EtCO₂の波形の意味

- 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。



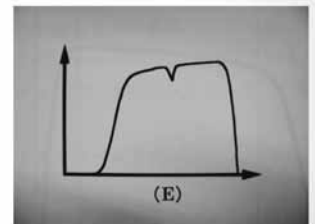
EtCO₂の波形の意味

- 心拍により機械的にCO₂が押し出されるために出る。



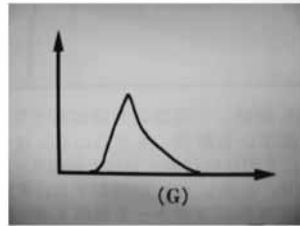
EtCO₂の波形の意味

- 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。



EtCO₂の波形の意味

- 小児でリークが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。



RRa

Acoustic Respiration Rate

呼吸数を測定する仕組み



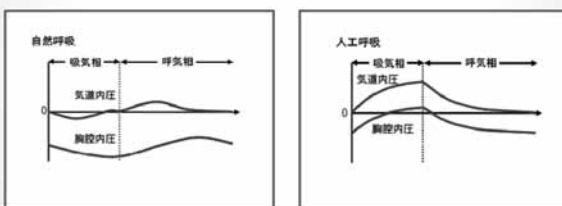
マシモ社資料より転載

- 音響トランスデ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、呼吸数測定をサポートをしている。

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

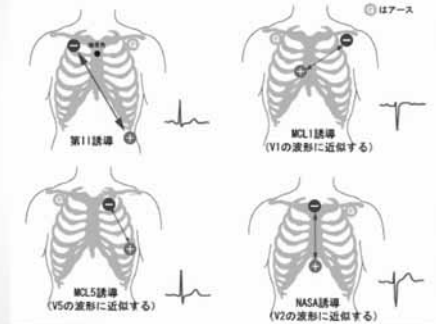
循環 モニタリング

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(III)-(A)
術前の安静時12誘導心電図	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薬物負荷試験	クラスI(B)-III(C)	吸入麻酔	クラスIIa(B) 心臓リスクを持つ、適量麻酔が予定した患者の非心臓手術の維持観察に有効*
非心臓手術前の冠血管再建	クラスI(A)-III(B)	正常体温の保持	クラスI(B)
βブロッカー	クラスI(B・C)-III(C)	血糖管理	クラスIIa(B)-IIb(C)
スタチン療法	クラスI(B)-IIb(C)	術中・術後のST変化モニター	クラスIIa(B)-IIb(B)
ロアゴニスト	クラスIIb(III)-(C)	術前の集中的モニタリング	クラスI(C)-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、CAHの手術前吸入麻酔で受けた患者は術中血圧変動が減少し、術後心臓機能の保持を助けていた。JACC 2007; Vol.50, No.17:1707-1717
CAHの手術前吸入麻酔は心臓機能の維持に有効であることが示唆された。

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.

7 モニタリング

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%

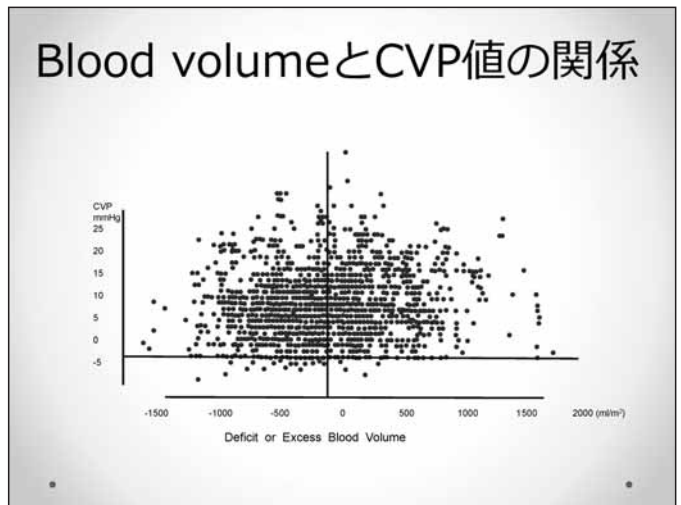
Resuscitation goals (早期ScvO₂モニタリング)

- CVPを8から12 mmHgに保つ
- Mean Arterial Pressure \geq 65 mmHg
- Urine output \geq 0.5 ml/kg/hr
- ScvO₂ \geq 70 %
- SpO₂ \geq 93 %
- Hct \geq 30 %
- CI and VO₂

➔ 院内死亡率 30.5%

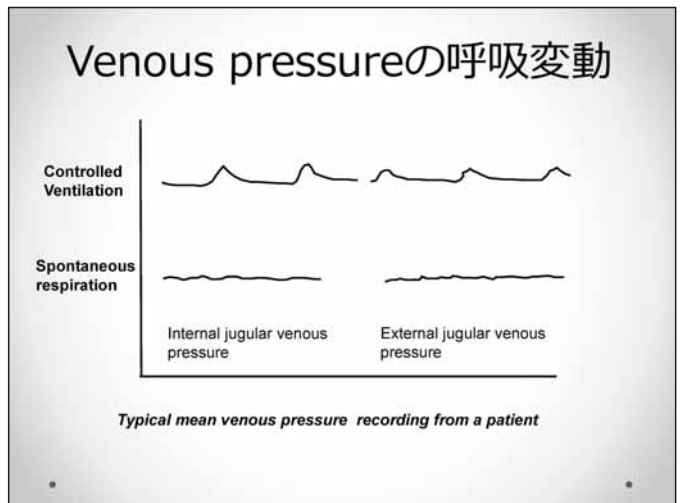
CHEST
2008;134:172-8.

Does Central Venous Pressure Predict
Fluid Responsiveness?



Anesthesiology
1973;36:291-4.

Evaluation of external jugular venous
pressure as a reflection of
right atrial pressure.



CVPの増減

CVPの増加

- 循環血液量の増加
- 心機能の低下
- 心タンポナーデ
- 人工呼吸
- 肺高血圧
- PEEP

CVPの低下

- 循環血液量の低下
- 血管抵抗の減少
- 尿の流出
- 血液ガス分析

S-G catheter Swan-ganz catheter

S-G catheter

スワンさんとガンツさんによって発明（帆船から）
右心系に入っていないながら左室機能が測れる優れたもの

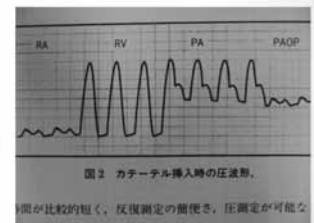
測定項目

- CO : 心拍出量
- S_vO₂ : 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



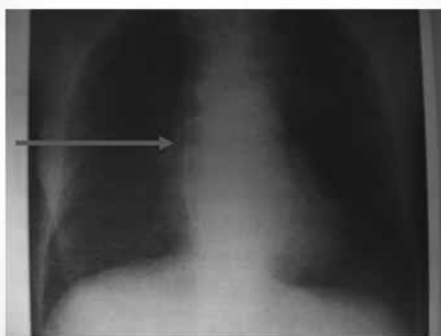
S-G catheter挿入時の波形

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



S-G catheter

カテーテルの先端



PCWP

- 肺動脈楔入圧
- 正常値 ≤ 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

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/m²

測定は直前の3分から6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。

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

S_vO₂

- 混合静脈血酸素飽和度
- $S_vO_2 = SaO_2 - VO_2/CO \times Hb$ (VO₂: 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、血管壁につくと信用性が低くなる。

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

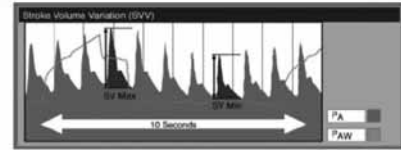
- 動脈圧心拍出量測定をする装置
- 動脈圧波形から心拍出量を連続的に測定し、患者のデータを入力することで以下の項目が測定可能となる
- 測定項目
 - CO :心拍出量
 - CI :心係数
 - SV :1回拍出量
 - SVI :1回拍出量index 35ml/m²以上を目標
 - SVV :stroke volume variance 10~13%
 - SVR :体血管抵抗
 - ScvO₂ :上大静脈酸素飽和度

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テ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

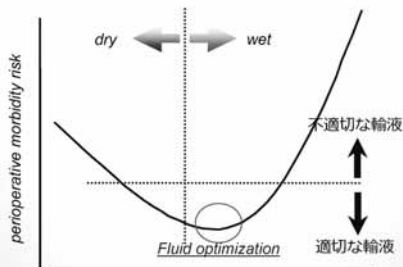


SVVの意味

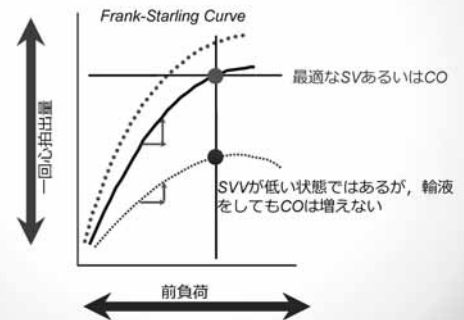


- 100%人工呼吸に依存している患者は、呼吸性に血圧変動があると同時に脈圧も変化する。
- これは、Stroke volumeが吸気と呼気で変化することである。
- この変動をstroke volume variation : SVVという。

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

7 モニタリング

血圧を維持する重要性

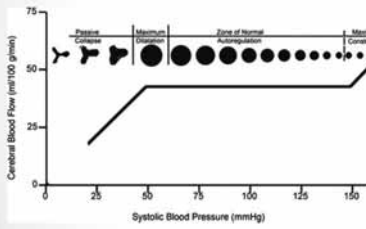


Figure 1. Graphic representation of the relationship between cerebral blood flow and mean blood pressure in the normal brain. This may be partially or completely absent following traumatic brain injury leading to a situation where cerebral blood flow becomes dependent on blood pressure.

NIRS Near infrared spectroscopy 近赤外線スペクトロスコピー

NIRS

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）

NIRS



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)

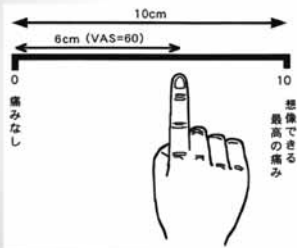
BIS



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
 - 鎮静薬の投与量をおよそ少なくできる可能性あり。

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



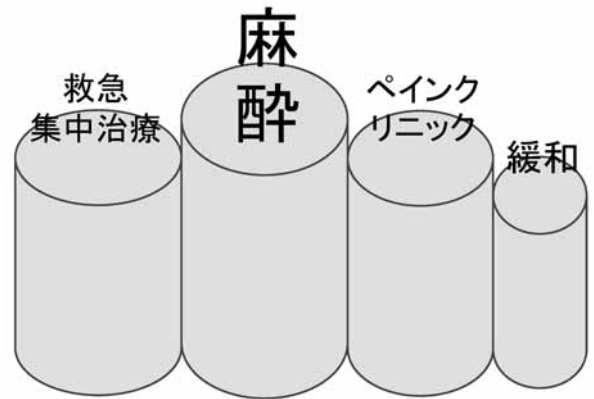
- 筋弛緩状態を数値により定量評価が可能
- 0～1回 良好な筋弛緩
- 2～3回 筋弛緩薬の追加
- 4回になると%表示

疼痛・ペインクリニック
＜痛みのメカニズムと治療＞

渡辺 昭彦

札幌医科大学医学部麻酔科学講座

麻酔科業務の4本柱



本日のレシピ°

・ 痛みの機序と種類

痛みを概念的に捉えるのではなく、科学として理解する

・ 痛みの治療法

- ①薬物療法：NSAIDsとOpioid
- ②神経ブロック療法

【疼痛とは？】

- ・痛みとは？
- ・痛みの分類
- ・がんの痛み

WHAT IS PAIN?

BC3 アリストテレス:

「痛み」は感覚ではなく、心臓に宿る不快な「情動」である



WHAT IS PAIN?

1600年初期 デカルト:

「痛み」は「感覚」である



五感

視覚, 聴覚, 触覚, 味覚, 嗅覚

他人とは共有できない!
(他人の痛みは分からない)

「痛み」は五感に含まれない!

WHAT IS PAIN?

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

手を引っ込める
もう、金づらには気をつけよう

親指が
ずきずき痛い → とても不快



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

手を引っ込める
もう、金づらには気をつけよう

親指が
ずきずき痛い → とても不快



WHAT IS PAIN?

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」

なぜヒトは痛みを感じるのか?

8 ペインクリニック、緩和医療

痛み → 患者

痛みの感覚は、人にとって必要ないものなのでしょうか？
→ いいえ、違います。とても大切な感覚です。

防衛機能

では痛みを伝えている神経は？

大脳皮質
(視床)
脳幹
脊髄
末梢神経

痛み信号の流れ
神経への障害が痛みを起こす (B)
組織の障害が痛みを起こす (A)

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

A 体幹における中枢神経系の位置

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

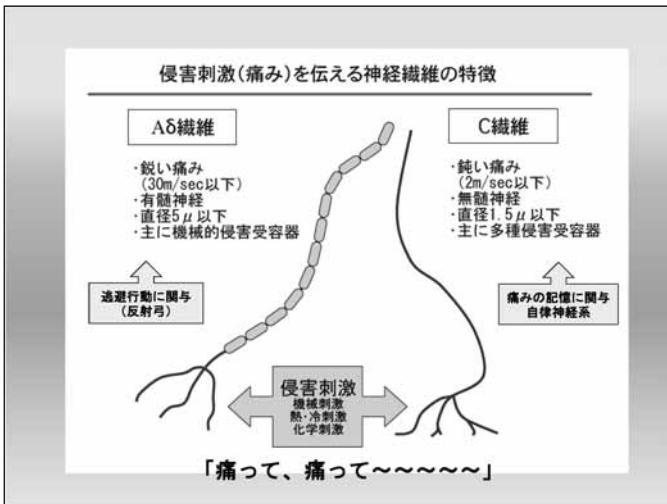
Fiber Class	Subclass	Myelin	Diameter (μm)	Conduction Velocity (M/sec)	Location	Function
A	α	+	6-22	30-120	Afferent to and efferent from muscles and joints	Motor, proprioception
	β	+	6-22	30-120	Afferent to and efferent from muscles and joints	Motor, proprioception
	γ	+	3-6	15-35	Efferent to muscle spindles	Muscle tone
B	δ	+	1-4	5-25	Afferent sensory nerves	Pain, temperature, touch
C	sC	-	0.3-1.3	0.7-1.3	Preganglionic sympathetic	Various autonomic functions
	dyC	-	0.4-1.2	0.1-2.0	Postganglionic sympathetic afferent sensory nerves	Pain, temperature, touch

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

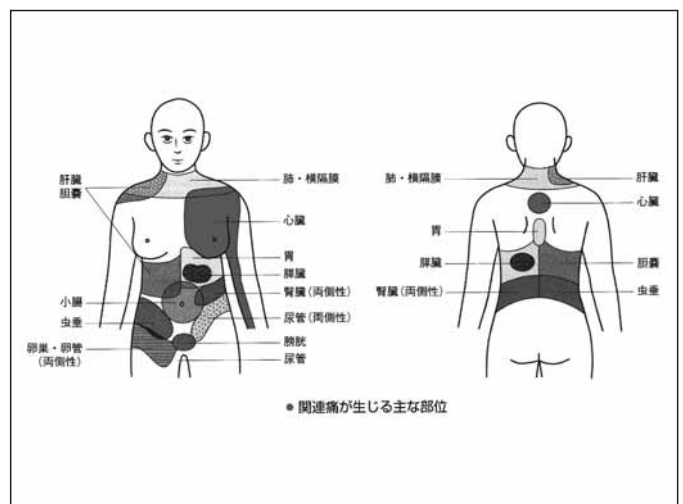
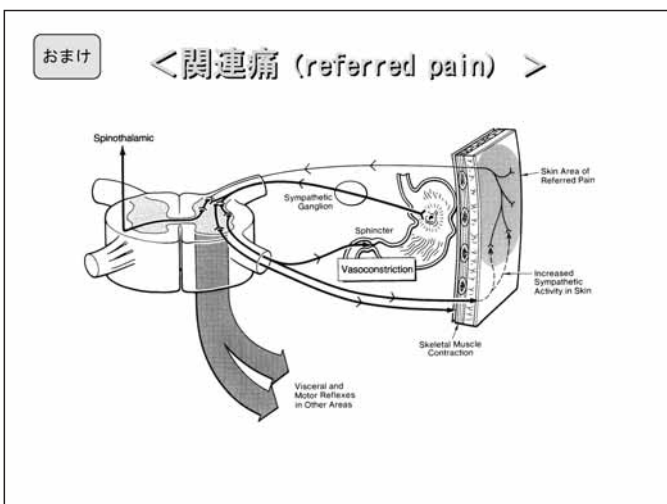
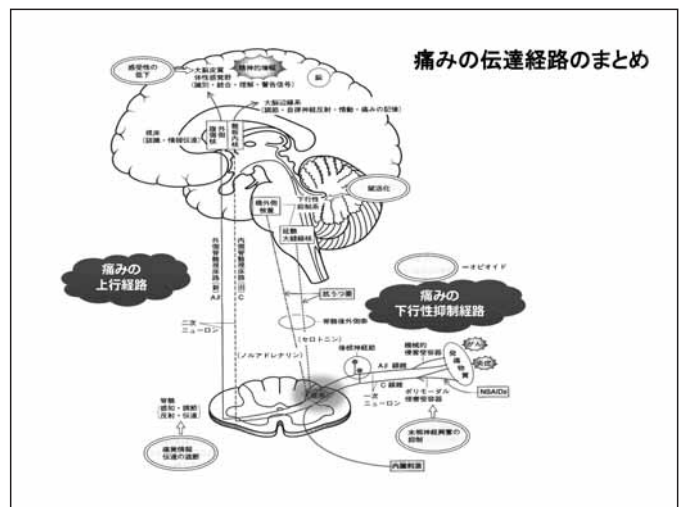
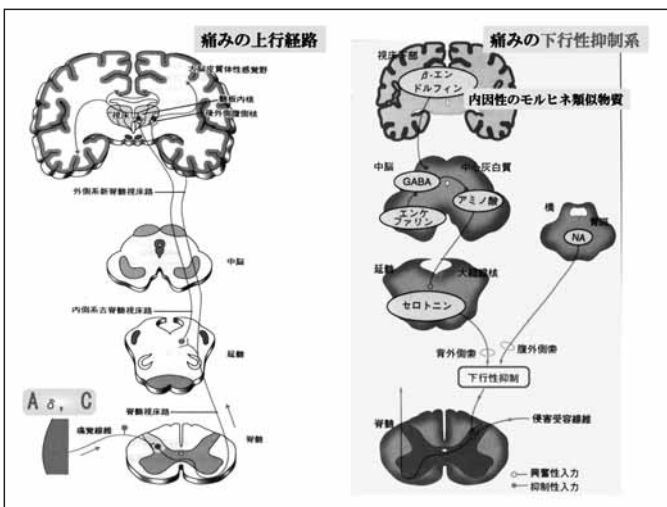
末梢神経線維の解剖

Axons of Motor Neurons
Axons of Sensory Neurons
Perineurium
Epineurium
Endoneurium
C-fiber Bundle
Aα
Aβ
Aγ
Myelin
Schwann Cell
Afferent
Efferent

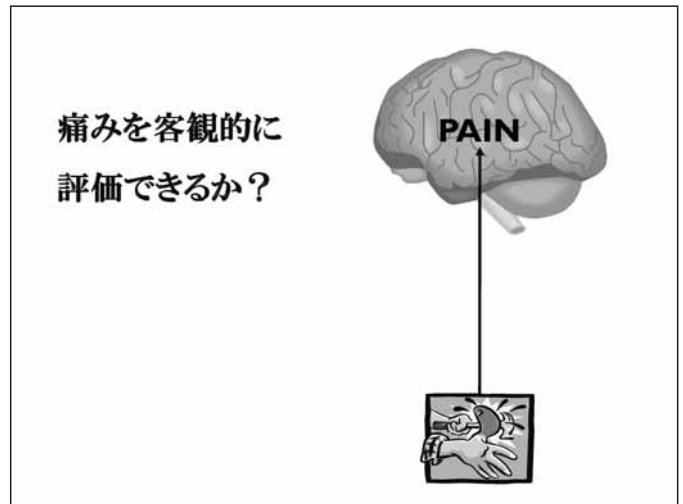
求心性の線維の中には痛みを伝えるAδやC線維が含まれている



さて、ここまで、痛みを伝える神経について話題にしてきましたが、生体には痛みを伝える経路だけでなく、痛みを抑える経路（下行性抑制系）も、自然に備わっている事も理解しておいてください。

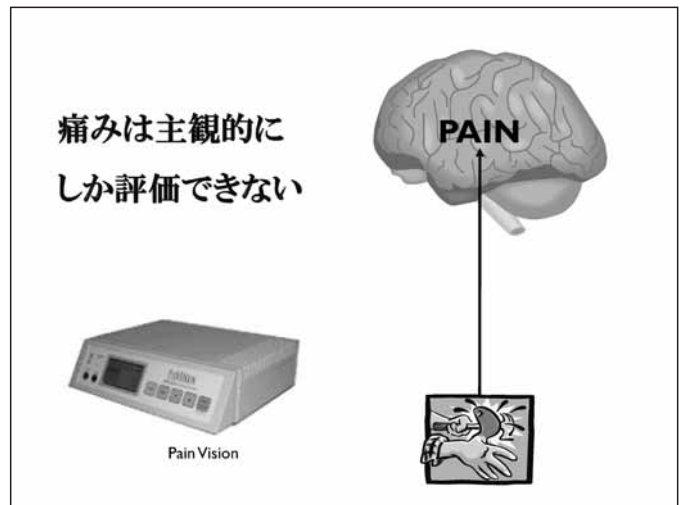


痛みの評価



同じ刺激でも「痛み」の「強さ」, 「不快さ」は変化する

注意転換法(Distraction Therapy)



痛みの強さを聞く
-VAS-

(Visual Analogue Scale)

0 痛みなし

10 想像できる最悪の痛み

痛みの強さを聞く
-NRS-

• 症状の程度を数値化して聞く (Numerical Rating Scale)

症状が全くないときを0、これ以上ひどい症状が考えられないときを10とすると、今日の(症状の)強さはどれくらいになりますか？

全くなかった ← 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 → これ以上 考えられないほど ひどかった

痛みの強さを聞く
— Faces Pain Scale —

フェイススケール

A B C D E F

いたくない ほんのすこし もう少しいたい もっといたい とってもいたい いちばんいたい

飯村直子ら：日本小児看護学会誌. 2002; 11(2): 21-7
Wong, DL.: Wong's Essentials of Pediatric Nursing, ed. 6, 2001, p1301

【疼痛とは？】

- ・痛みとは？
- ・痛みの分類
- ・がんの痛み

痛みの分類

時間経過による分類

- ・急性痛
- ・慢性痛

原因による分類

- ・侵害受容性疼痛
- ・神経障害性疼痛
- ・心因性疼痛

部位による分類

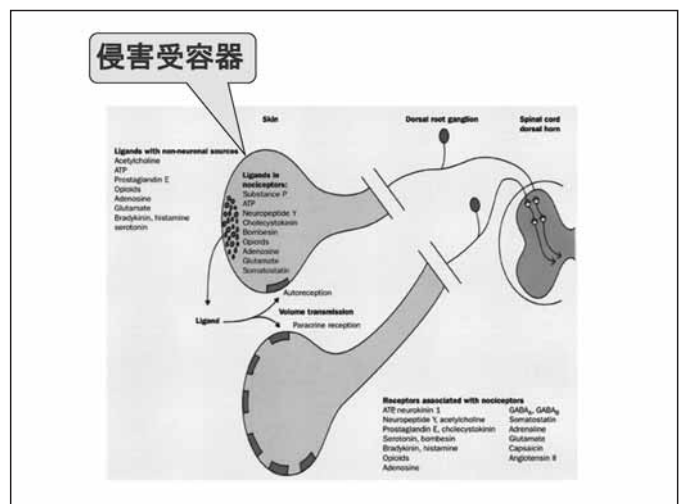
- ・体性痛
- ・内臓痛

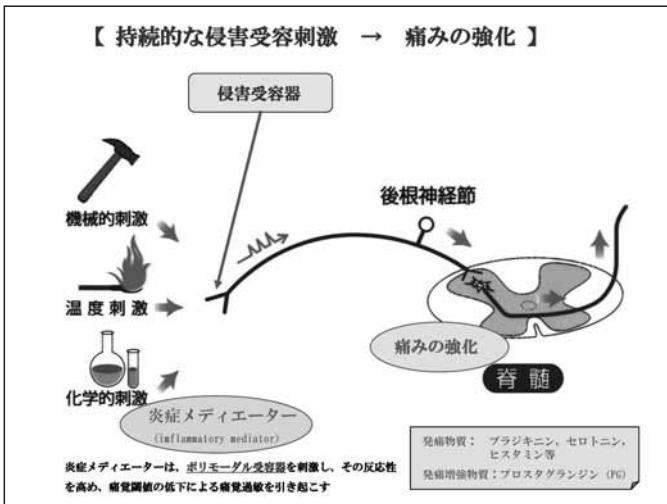
【 痛みの分類 】

※ 心因性疼痛 → 薬物療法, 精神的治療

【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】

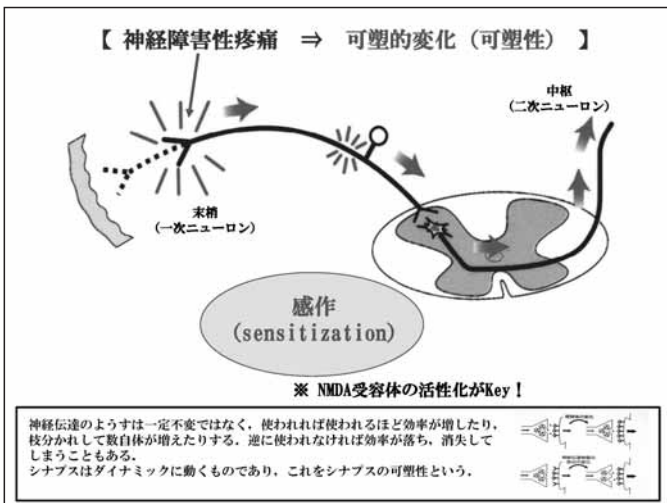
※ 疼痛を理解するためには大切なところ！

- 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された)
- 末梢神経系の障害性と中枢神経系の障害性のもの

末梢神経系の障害性 (機能異常に起因したものは除外された)

中枢神経系の障害性 (機能異常に起因したものは除外された)

- 【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 transmsion)
- 【中枢性機序】
- 中枢性感作：疼痛情報伝達の変化
 - 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
 - A β 線維の脊髄後角第II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



神経障害性疼痛の症状

- 灼熱痛
- 電撃痛
- しびれ痛
- アロディニア (allodynia)
- 痛覚過敏
- Dysesthesia (異常感覚) (自発性または誘発性の不快な異常な感覚)

【神経障害性疼痛の生理的意義】

- ・侵害受容性疼痛における警告反応とは異なり、無益で有害なもの
- ・自律神経失調症状
不眠, 食欲不振, 疲労, 活動性の低下
- ・うつ症状
- ・社会生活への不参加

痛みの分類

時間経過による分類

- ・急性痛
- ・慢性痛

原因による分類

- ・侵害受容性疼痛
- ・神経障害性疼痛
- ・心因性疼痛

部位による分類

- ・体性痛
- ・内臓痛

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っとも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

- ① C線維が伝える痛みは抑えやすい
- ② Aδが伝える痛み(警告信号, 反射弓)は抑えられない
(和痛は可能だが除痛は困難)

慢性痛(痛みの慢性化)



- ・自律神経失調症状
不眠, 食欲不振, 疲労
活動性低下
 - ・うつ症状
 - ・社会生活不参加
- 痛みの増強・変質

警告機能とういよりもはや不必要な無益な痛み

急性痛

- ・虫歯の痛み
- ・抜歯の痛み



慢性痛

- ・帯状疱疹後神経痛

痛みの性質の変化



疾患の治療

8 ペインクリニック、緩和医療

1960年末から、Perlを始めとする研究者が痛覚系の神経生理学的研究を始め、80年代には痛覚受容器・中枢経路、脳内鎮痛系についての詳細な知見が集積され、生理的狀態における痛覚系の存在が確立した。

しかし病態時の奇妙な痛みの機序はこの研究成果からだけでは説明できなかった。そこで最近10年余りの病態モデル動物を用いた痛み研究から、慢性痛は神経回路の可塑的な変容の産物であるという概念ができてきた。

(the Decade of Pain Control and Research:2001~2010)

⇒ 単純な時間経過の長さから慢性痛と定義しているわけではない！

【厄介な慢性痛の代表：CRPS】

解釈が混乱しているのでここで整理

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考え、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乱している。また、以前はCRPS自体がtype 1 と type 2 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つ以上の自覚的徴候がある
 1. 感覚異常: 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, 皮膚色の变化
 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, 振戦, 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連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。

【疼痛とは？】

- ・痛みとは？
- ・痛みの分類
- ・がんの痛み

侵害受容性疼痛

- 体性痛 …… 骨転移痛、皮膚・筋浸潤の痛み、頭頸部腫瘍による痛み
(局在がはっきりしている)
- 内臓痛 …… 腹膜、肝被膜の痛み、胸膜の痛み(内臓それ自体は無痛)
(局在が不明瞭)

神経障害性疼痛

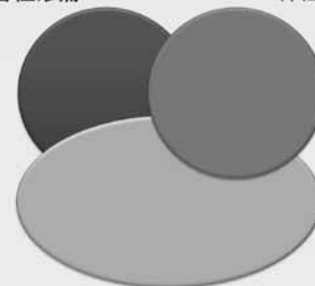
- 神経損傷
- 末梢神経 …… 末梢神経、腕神経叢、腹腔神経叢などへの腫瘍浸潤
求心路遮断痛
- 中枢神経 …… 脊髄圧迫、腫瘍による脳神経損傷

心因性要因による修飾

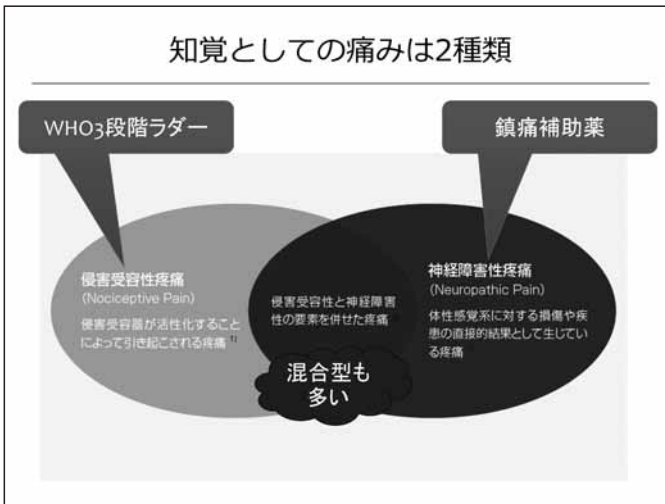
がん疼痛

侵害受容性疼痛

神経障害性疼痛

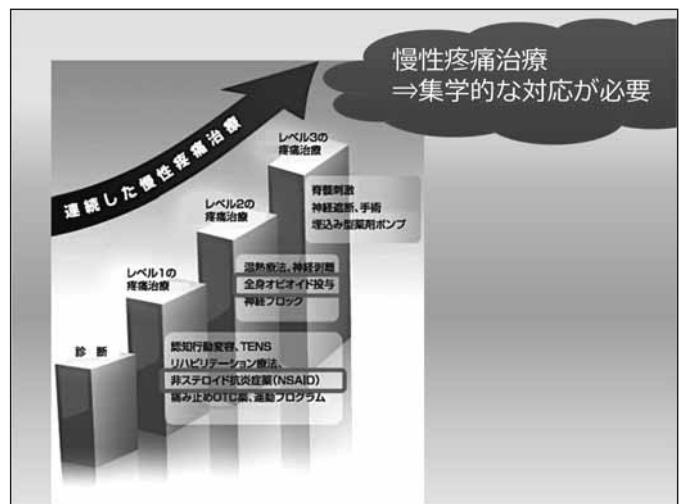
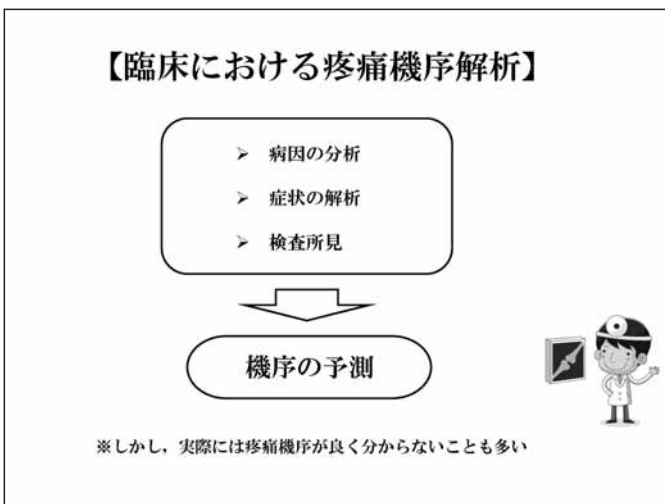


心因的要因による修飾



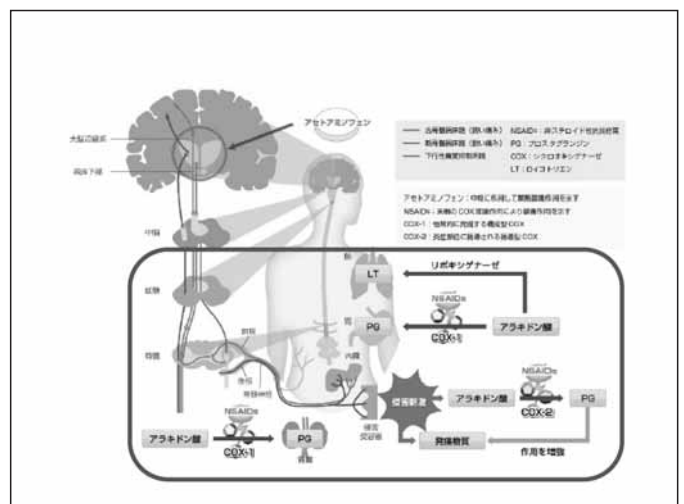
がんの痛みに関しては緩和医療の講義でもう少し詳しく学びましょう

⇒ 疼痛治療へ

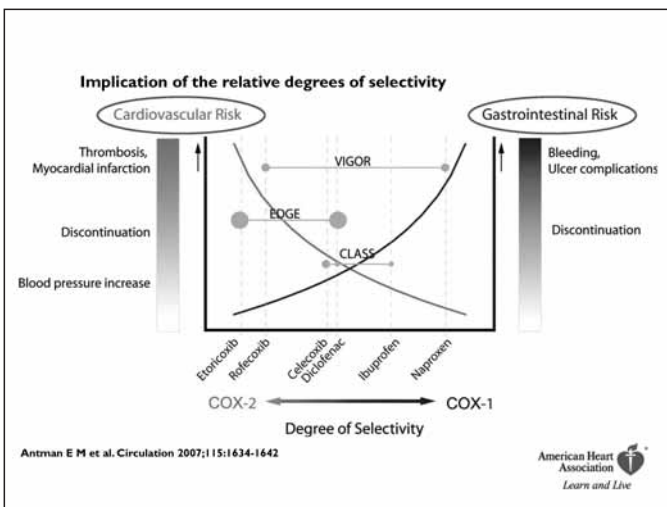
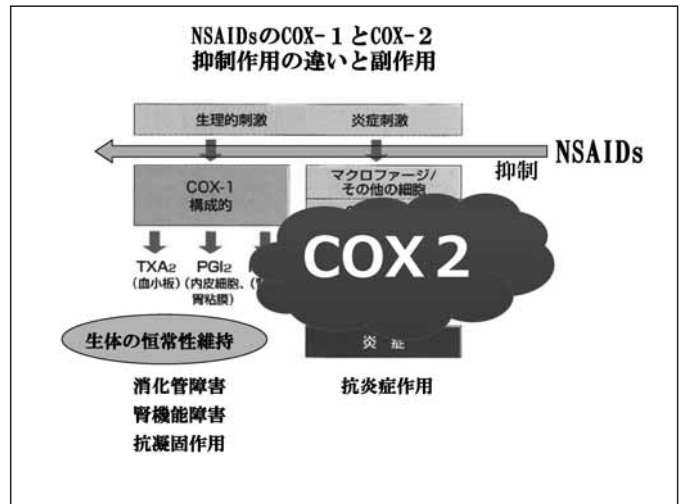
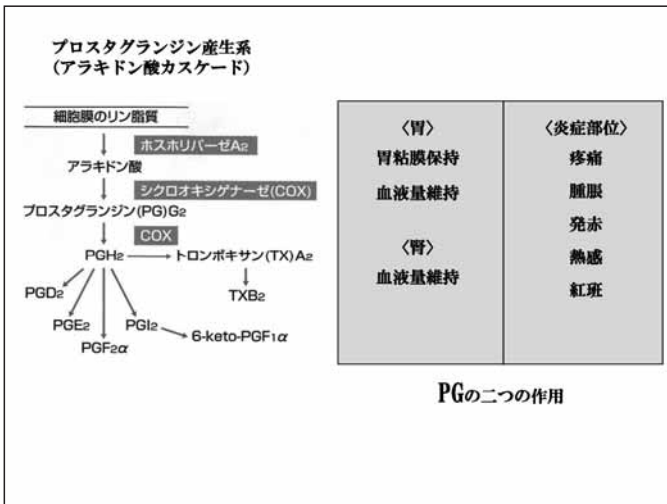


【NSAIDs】

(Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs)



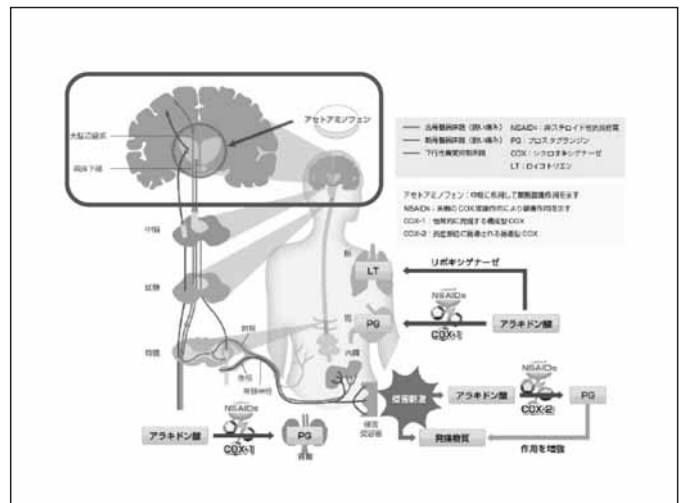
8 パインクリニック、緩和医療



COX-2選択性NSAIDs：適正使用

- ❖ 急性疼痛の早期緩和を目的とした積極的使用
 - ❖ 痛みの遷延・慢性化を防ぐ
- ❖ 患者の年齢，心血管リスク，腎機能に留意
 - ❖ 有害事象の予防
- ❖ 長期間の単独使用は控える
 - ❖ Combination drug therapyを考慮
- ❖ コストパフォーマンスを考慮する
 - ❖ PPIを併用するなら従来型NSAIDsの選択も

【アセトアミノフェン】



アセトアミノフェン

2011年1月～

適応拡大で高容量が使用可能に

- ❖ 1回量：300～1000mg
- ❖ 服用間隔：4～6時間以上
- ❖ 1日量：4000mgを限度

※ 1日量 \geq 1500mgの長期投与では
肝機能障害の可能性あり



【OPIOID】



【オピオイド鎮痛剤】

オピオイド受容体と親和性を示す化合物の総称で
アヘンが結合するオピオイド受容体に結合する物質として命名

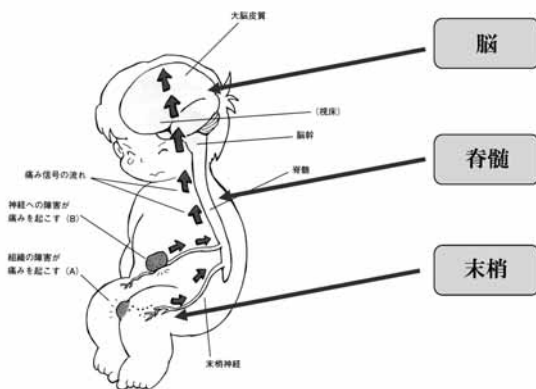
【医療用麻薬】

「麻薬および向精神薬取締法」で指定された薬剤

※モルヒネ：

けし坊主を傷つけるとそこからしみ出してくる粘液を固めて
作ったものがアヘン（阿片）です。医療用麻薬を代表するモル
ヒネはアヘン（阿片）から作られます。

モルヒネはどこに作用しているのか？



オピオイド受容体 (μ , κ , δ)

受容体	モルヒネ	フェンタニル	オキシコドン
μ	++	+++	++
κ	+	-	±~+
δ	+	-	±~+

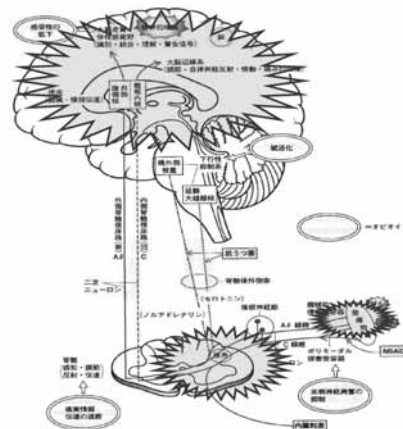
モルヒネ
フェンタニル
オキシコドン

どれも μ レセプターに対する作用がメインと考えてよい
→しかしモルヒネだけは代謝を考慮する必要がある(蓄積性)!

ブプレノルフィン (レパタン) とペンタゾシン (ソセゴン) の問題点

	μ 受容体	κ 受容体	δ 受容体
モルヒネ/オキシコドン/ リン酸コデイン	Ag		
フェンタニル	Ag	-	-
ブプレノルフィン	p-Ag	-	-
ペンタゾシン	p-Ant	Ag	Ag
作用部位と主作用	脳/脊髄 鎮痛, 多幸感, 便秘, 呼吸抑制, 尿閉, 縮瞳	脊髄が主 鎮痛, 呼吸抑制, 尿閉, 縮瞳	脊髄が主 幻覚, 尿閉

(Ag: 作動薬, p-Ag: 部分的作動薬)



オピオイドは中枢・末梢すべてにおいて作用していると考えられるが、痛みに関する一番の効果部位は脊髄後角である。

【オピオイド鎮痛剤の特徴】

- ❖有効限界 (ceiling effect) がない
モルヒネは、患者の痛みが緩和するまで増量できる薬なのであり、副作用に患者が耐えられる量である限り過量投与となることがない薬である。
- ❖オピオイド鎮痛薬に対する代表的な不安や誤解
 - モルヒネ中毒になる？
 - 使用を継続すると耐性が生じて、どんどん効かなくなる？
 - モルヒネが使われだすとすぐ死ぬ？

慢性疼痛に対するオピオイドの使用拡大

- ＜非がん性慢性疼痛に使用可能なオピオイド鎮痛剤＞
- コデイン
 - モルヒネ
 - フェンタニル貼付剤 (3日ごとに貼り替え)
 - ブプレノルフィン貼付剤 (7日ごとに貼り替え)
 - トラマドール・アセトアミノフェン合剤

トラマドール・アセトアミノフェン合剤

- ❖慢性疼痛/抜歯後疼痛治療剤
1錠中にトラマドール塩酸塩37.5mg及びアセトアミノフェン325mgを配合 (合剤)
- 中枢神経系に作用し、鎮痛作用。
通常、非オピオイド鎮痛剤で治療困難な非がん性慢性疼痛、抜歯後の疼痛の治療に用いられます。

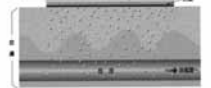


オピオイド鎮痛剤にみられる3大有害事象

- ① 嘔気・嘔吐
- ② 眠気
- ③ 便秘

オピオイド貼付剤

- ①ブプレノルフィン
- ②フェンタニル



- ❖貼付剤は、注射剤を持続的に皮下注しているのと同じ状況である
- ❖フェンタニルは $\mu 1$ 受容体 (中枢神経系) 選択性が高く $\mu 2$ 受容体 (消化管) にはほとんど作用しないため、消化器有害事象 (嘔気・嘔吐、便秘) が少ない。
- ❖貼付剤では吸収に消化管を介さないため、基本的に消化器症状が少ない (注射剤を持続皮下注投与する場合も同様)
- ❖吸収は熱に依存するため、発熱時は注意が必要 (吸収量が増える)

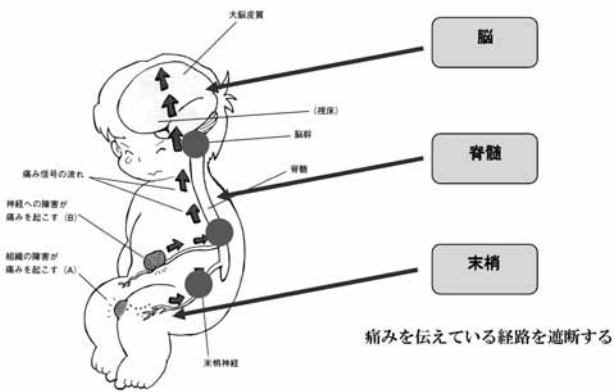
【神経ブロック療法】

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？



臨床上利用価値の高い3つの神経ブロックを紹介するにとどめる

- 硬膜外ブロック
- 腹腔神経叢ブロック
- 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)

内臓痛の遮断：腹腔神経叢ブロック⇒神経破壊薬使用
※交感神経系のブロックでは感覚障害・運動麻痺は生じない。



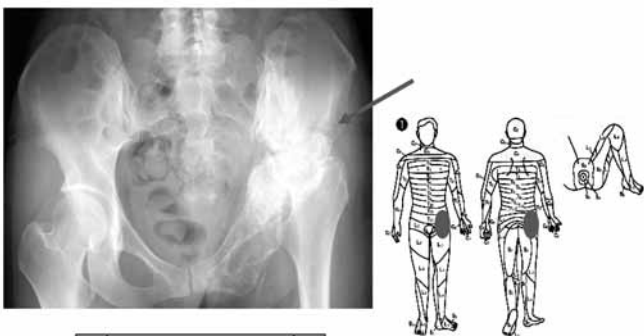
神経破壊薬である、アルコールを注入します。

- 硬膜外ブロック
- 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

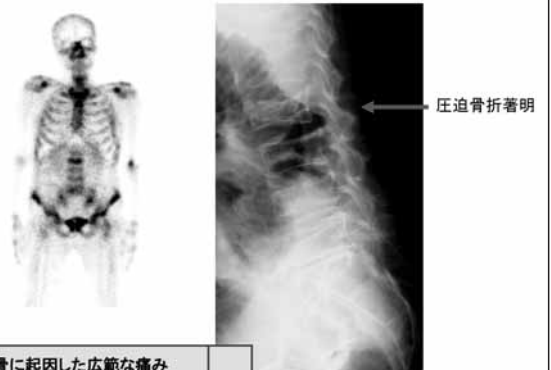
- 注入する局所麻酔剤の濃度（濃さ）により運動麻痺を起さない程度の弱い神経遮断から麻痺を起す程度の強い神経遮断まで状況により変化させることが可能
- 区域性のブロックが可能
- 濃度だけでなく注入する薬剤自体もいろいろ工夫することが可能（オピオイドも使用）

乳癌
肝転移、骨転移（骨盤）



限局した痛み

多発性骨髄腫
アミロイドーシス→機能的腸閉塞繰り返す

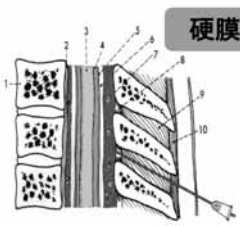


圧迫骨折著明

骨に起因した広範な痛み

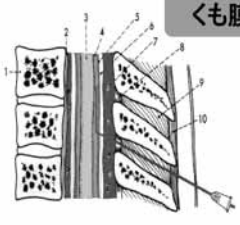
8 ペインクリニック、緩和医療

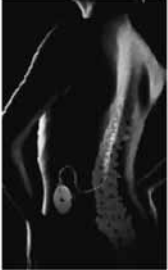
硬膜外



硬膜外とくも膜下は、脊の部分に管を留置するか緑の部分に管を留置するかの違いですが、効果は10倍(くも膜下>硬膜外)も違います。管は埋め込むことも可能です。

くも膜下







【痛み感覚の不思議と将来の可能性】

訓練によって痛みを感じなくなる

Intracerebral pain processing in a Yoga Master who claims not to feel pain during meditation.

Eur J Pain, 2003; 9: 581-589

R. Kakigi, H. Nakata, K. Inui, N. Hiroe, O. Nagata, M. Honda, S. Tanaka, N. Sadato, M. Kawakami

注意転換法 (Distraction Therapy)





2. 臨 床 実 習

第5学年麻酔科クリニック・クラークシップ 必修コース 予定表・出席簿（平成25年度）

出席番号 _____ 氏名 _____

月	火	水	木	金
9:00～9:30：教授室 オリエンテーション（山蔭） 9:30～11:00：教室 ミニレクチャー（平田） 術前訪問 術前回診①（平田） テーマの提供 サイン _____	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 神経ブロック実習（新谷） 11:00～11:20：病棟回診（新谷） サイン _____	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（木村） 10:30～11:00：ICU（山蔭・数馬） 11:00～12:30：麻酔科控室 麻酔体験実習（山蔭） 亜酸化窒素吸入体験 サイン _____	9:00～10:00：外来 ペイン処置見学（山蔭） 10:00～11:00：教室 選択実習・初期研修・後期 研修の説明（枝長） サイン _____	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（時永） 10:00～11:00 麻酔問題症例外来（時永） サイン _____
13:00～14:30：麻酔科外来 麻酔体験実習（水口） OSCE①（静脈路確保およびCVC 講義） サイン _____	13:00～14:30：麻酔科外来 麻酔体験実習 OSCE②（気道管理）（岩崎） 14:30～15:30：教室 術前回診②（杉目） サイン _____	自習（与えられたテーマの検討） 16:00～17:00：教室 術後回診（大学院生） 17:00～17:30：教室 発表準備（大学院生） 17:30～18:00：教授室 総括・評価（山蔭） 18:00～19:00：教室 カンファレンスでテーマの発表 サイン _____	12:30～14:00：緩和ケア管理室 緩和医療回診（渡辺） 14:00～15:00：教室 術前回診③（木村） サイン _____	自習（与えられたテーマの検討） 16:00～17:00：教室 術後回診（大学院生） 17:00～17:30：教室 発表準備（大学院生） 17:30～18:00：教授室 総括・評価（山蔭） 18:00～19:00：教室 カンファレンスでテーマの発表 サイン _____

補足1：最終日の発表準備・カンファレンス時に報告してもらう内容は、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→術後管理という流れになっているので、拘束されない時間は担当した麻酔症例を継続して観察することが望まれる。

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）

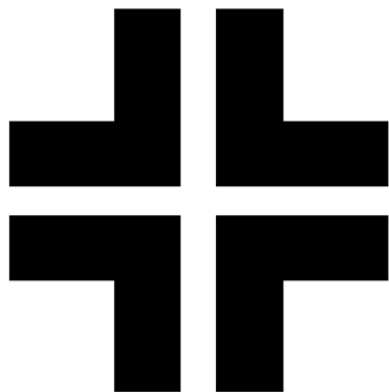
質問 10	指導医師は相談しやすかった。	1	2	3	4	5	評価できない
質問 11	指導医師はチーム内、コメディカルスタッフとの人間関係がうまくいくように配慮してくれた。	1	2	3	4	5	評価できない

（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っつ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ははどうだろうか。

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とりましょう。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切な作業です。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、どこがよかったのか？もっとよくするためには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。ご協力をお願いします。

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					

≪次のことが学べた≫

	1	2	3	4	5
麻酔科医の日常と手術室の業務機構					
手術患者のマネージメント					
合併症を有する患者のマネージメント					
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・麻酔歴聴取	
	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)	
	患者への麻酔前準備の説明, 麻酔法の説明 (レベル2)	
	麻酔前投薬の決定 (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	
	全身麻酔に関する知識の理解 (レベル3)	
	麻酔器の始業点検 (レベル1)	

✓	《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）	

✓	《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）	

✓	《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

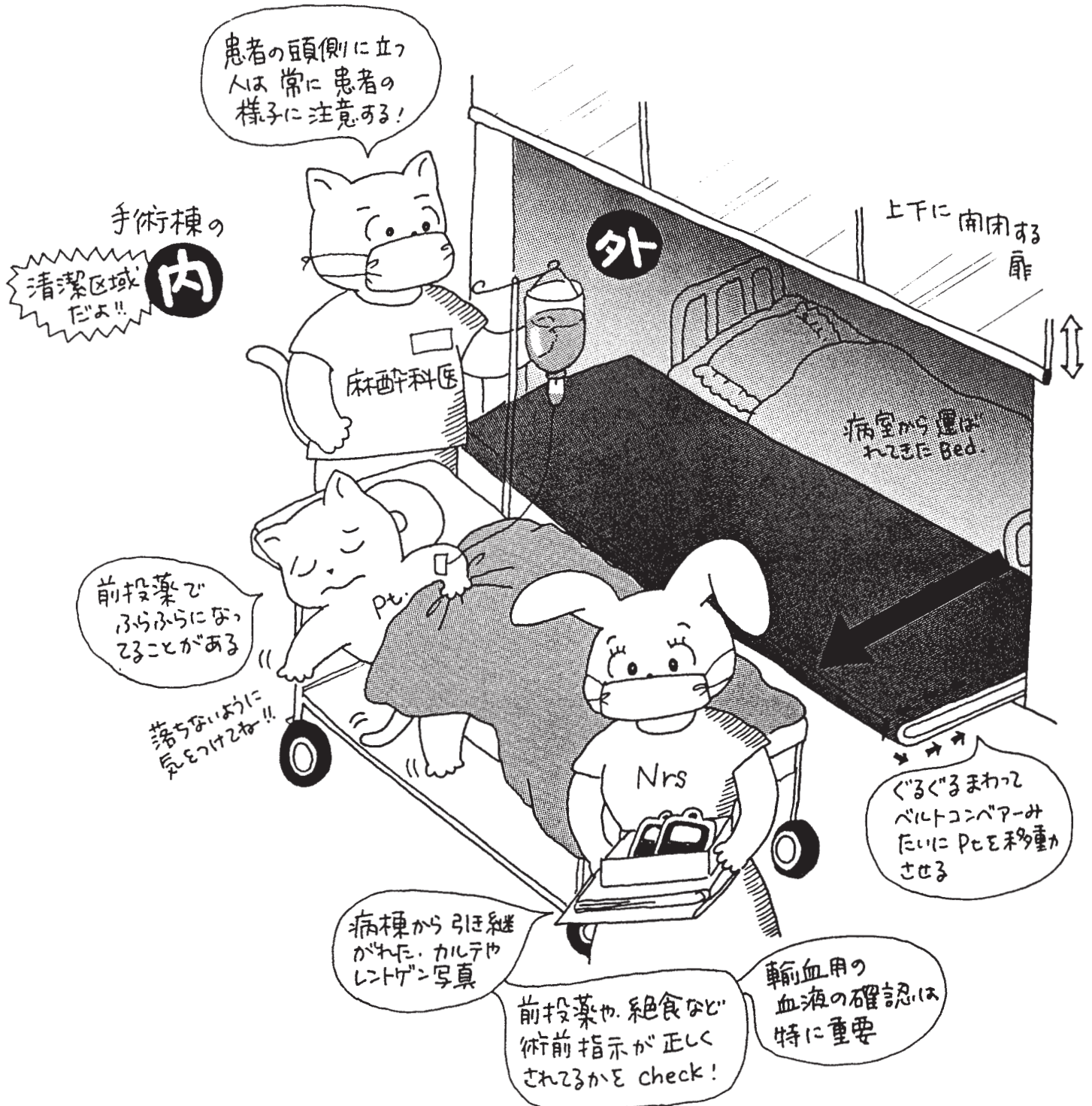
手術が予定された患者に、手術前日に病棟を訪ね麻酔前診察を行なう。手術を翌日に控えた患者は不安や緊張状態にあることも珍しくない。指導教官に同行して、患者の診察を行なうときには、患者に不快感、不安感などを与えないようにすると共にプライバシーを守るように注意することを学ぶ。

だめな医学生の図



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 いい血管のみつけ方

親指の上の手首
あたりには太い血管があるかも...

馬区血帯

たおろ

あにたあたり軽くたたくと血管がうきでてるよ

あまりきつくしめない
(重か肌もつぶすから)

右女科の患者には
左手に点滴をとってあげようね!

2 静脈内留置針の持ち方

清潔だから
角虫れないび!

オ1・2指で外筒
残りの指で内筒を持つ

ここを
切りロ(ペーパル)
というよ

外筒
ここが
血管内に
留置される

抜ける

ここに血液がもどって
まよ。血管に入ったか
どうか確認するので
よく見ていってね

内筒

外筒が血管に
入ったらもういらない
(危いからちゃんと針入れに
捨ててね!)

3 刺し方

馬区血帯

左手で少し
皮膚を上へ
ひっぱって、つぼませ
ようになると刺し
易い!

これが目標の
静脈だよ
(二股のところに
ねらうとカンタン)

軽く握って
もらおうね

刺すところには
局所麻酔を
(1%キシロカイン)
してあげると痛くない

目標の血管の
方向に一致させる

4 針の太さ!!

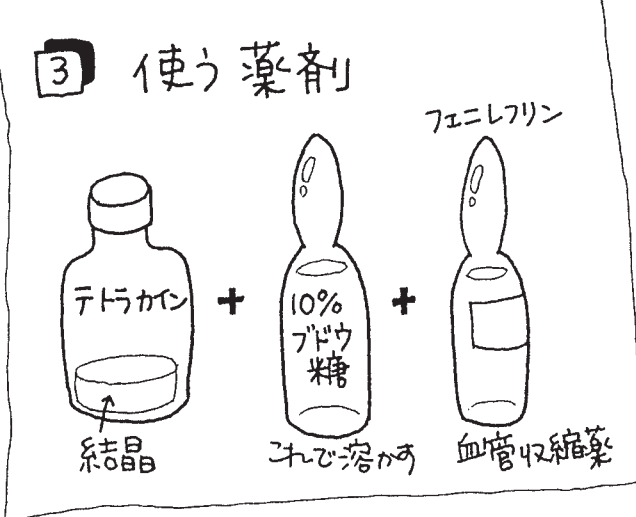
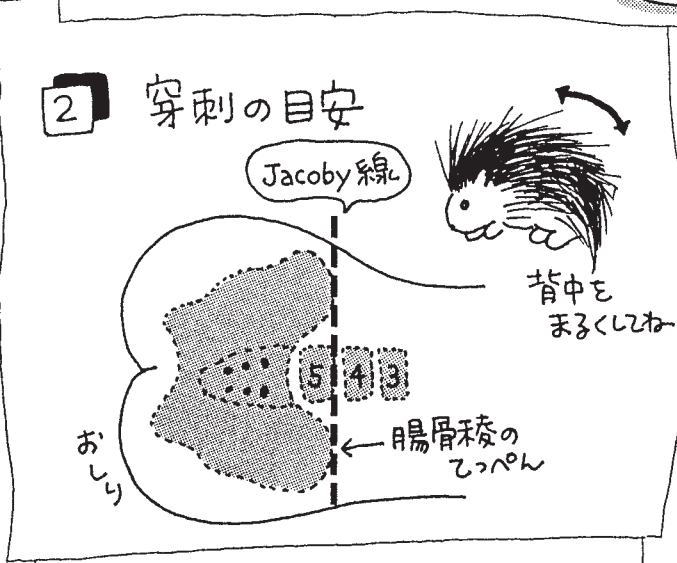
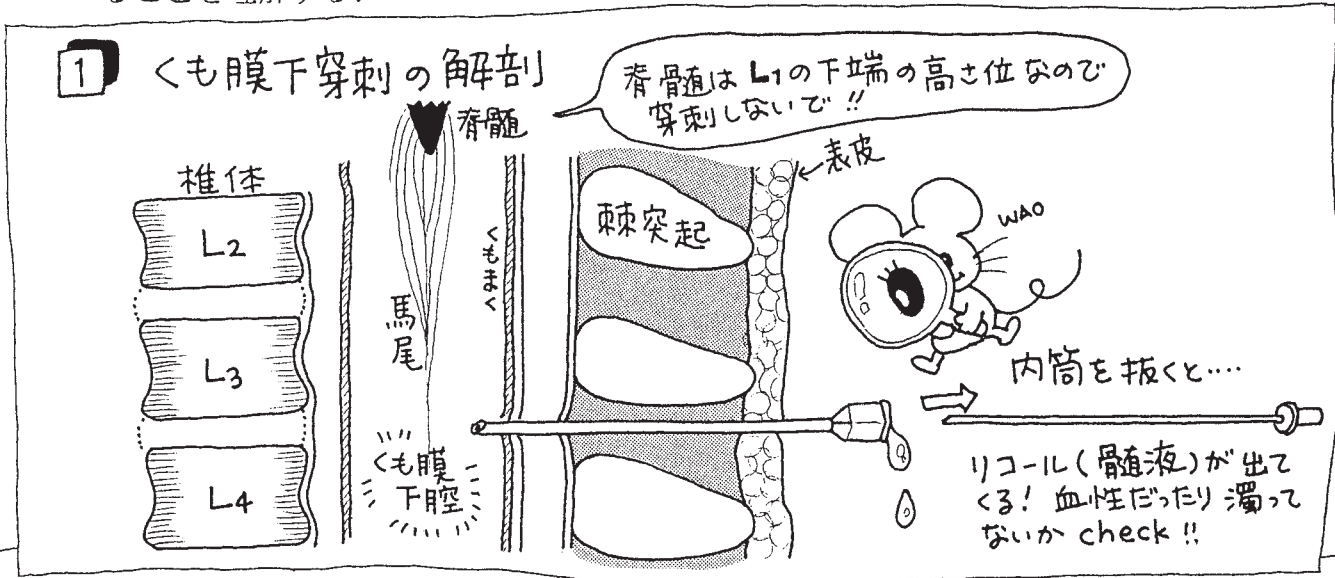
24G

普通は18-20G
を使うよ
赤ちゃんには24G

針の内径の太さがG(ゲージ)で
示される。
④が大きい数程 細い針……。

4 脊椎麻醉

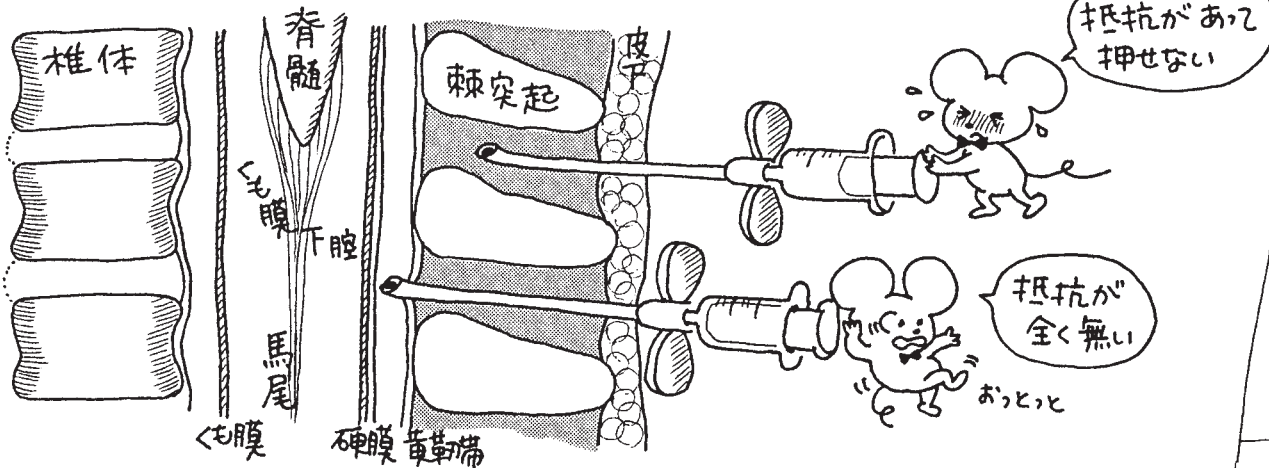
脊椎麻醉の実際を見学して、その適応、禁忌、麻酔方法、麻酔後の注意、副作用について学ぶ。指導教官に指示に従ってクモ膜下穿刺を行なってみる。クモ膜下腔への薬液注入の手技は比較的容易であるが、いわゆる「脊麻ショック」と呼ばれる緊急処置を必要とする状態に陥る危険性が常にあることを理解する。



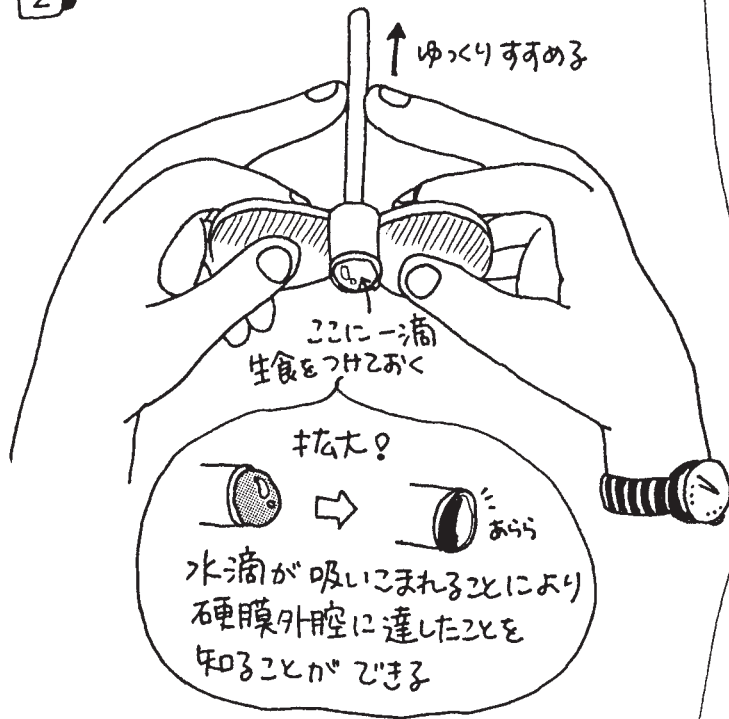
5 硬膜外麻酔

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）。

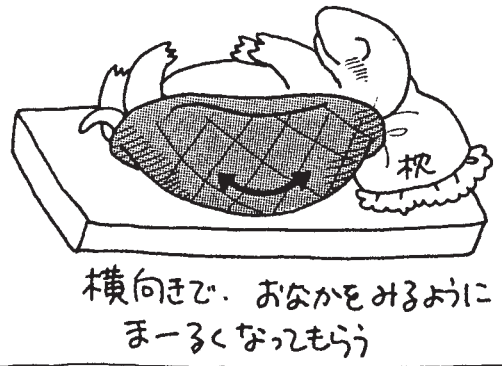
1 抵抗消失法による硬膜外腔への達し方



2 Hanging Drop法による達し方



3 穿刺時の体位



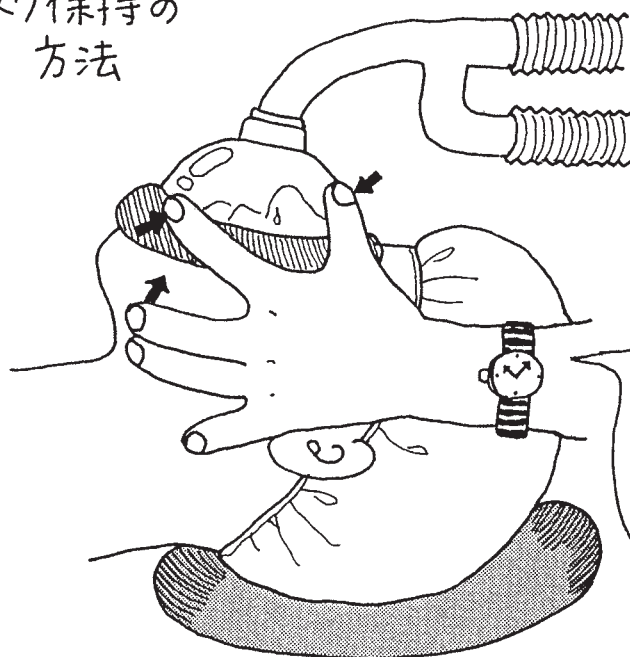
4 使う薬



6 マスクの保持

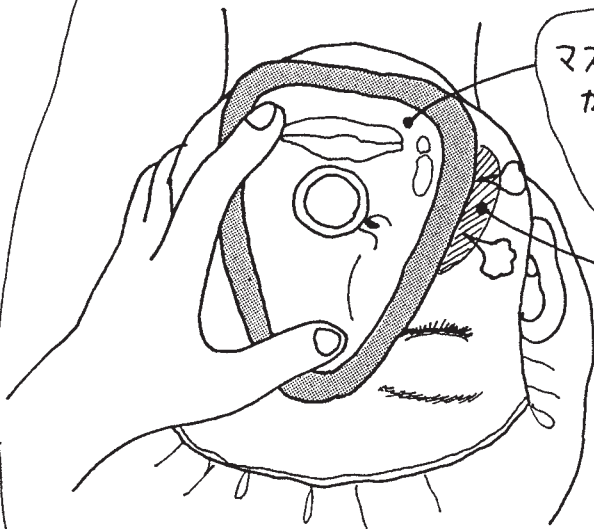
麻酔の導入や、麻酔中の呼吸管理において、マスクを顔面に保持する必要がある。この場合、片手で患者の顔面にマスクを密着させるだけでなく、同じ手で同時に下顎を挙上させて気道確保を行わなければならないことなどを、実際に患者のマスクを保持することによって経験する。

1 マスク保持の方法



右手は
"バック"を持つ

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。



マスクの透明な部分
から、唇の色や
吐き物の有無を
観察します

歯の無いお年寄では
"ほほがこけていて
マスクが密着せず"
すかさずもれることも……

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!

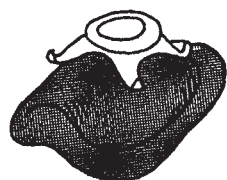
2 マスクのいろいろ

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

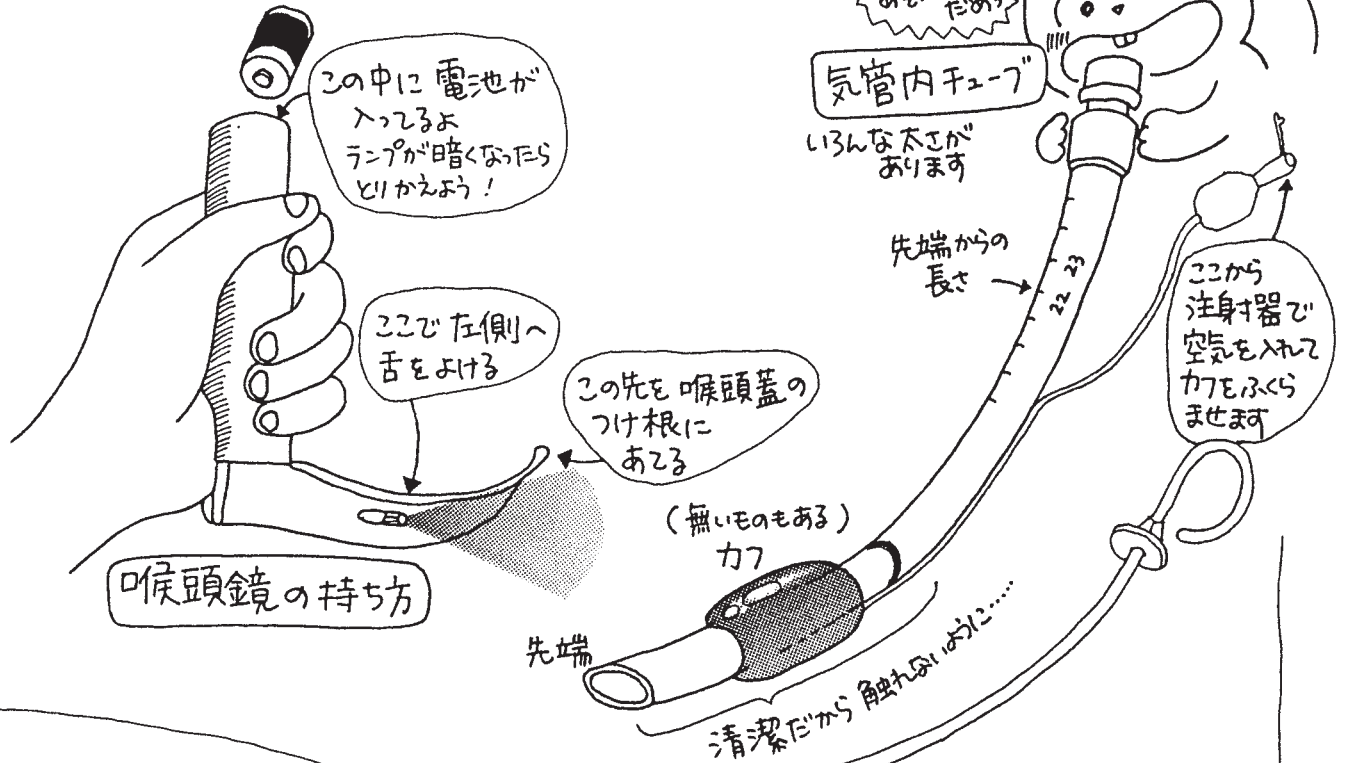


お年寄用

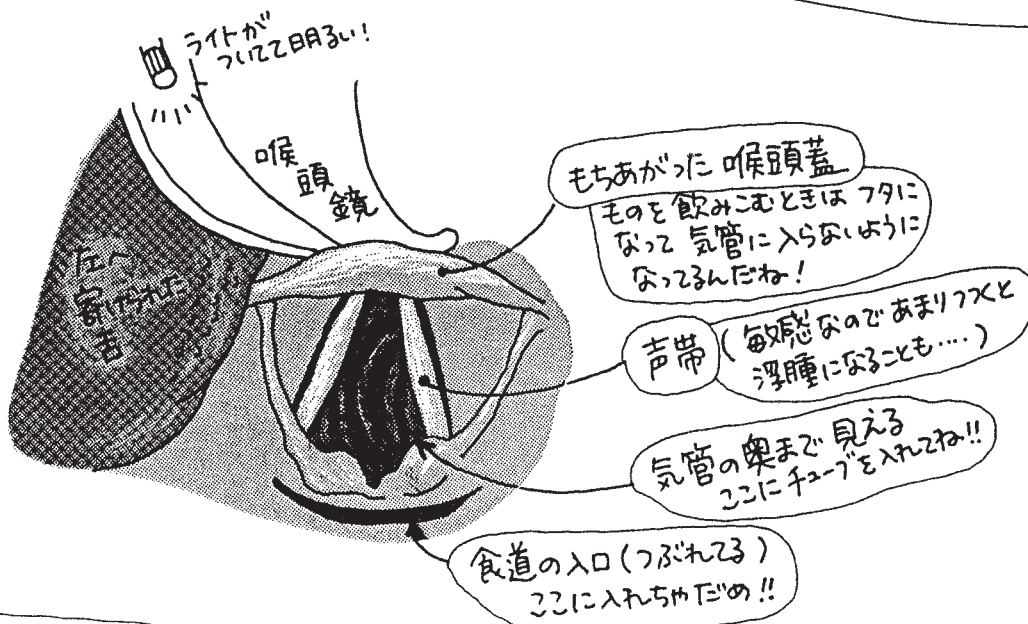
7 気管内挿管

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



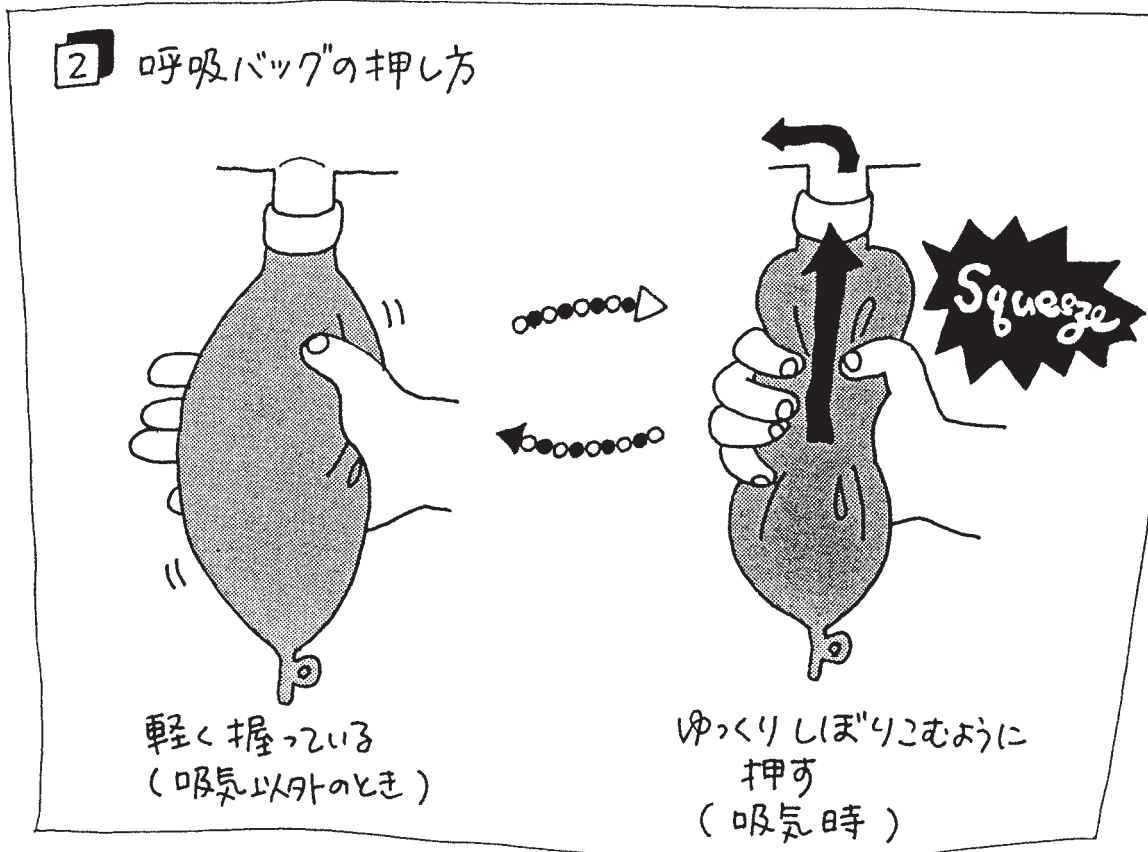
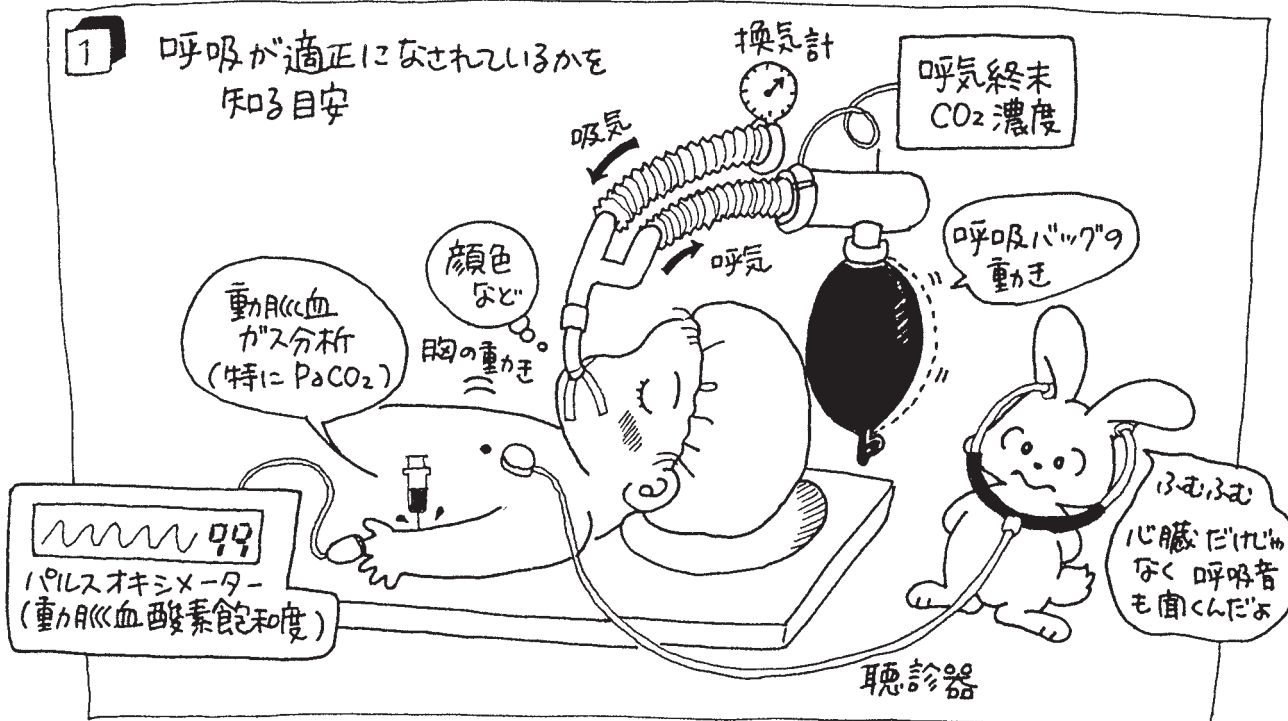
2 喉頭鏡でのぞいた気管の入口



スタイレット（ただの金針）
気管内チューブは、ふにゅふにゅなのをこれに入れて形づくり。挿管しやすくすることもある

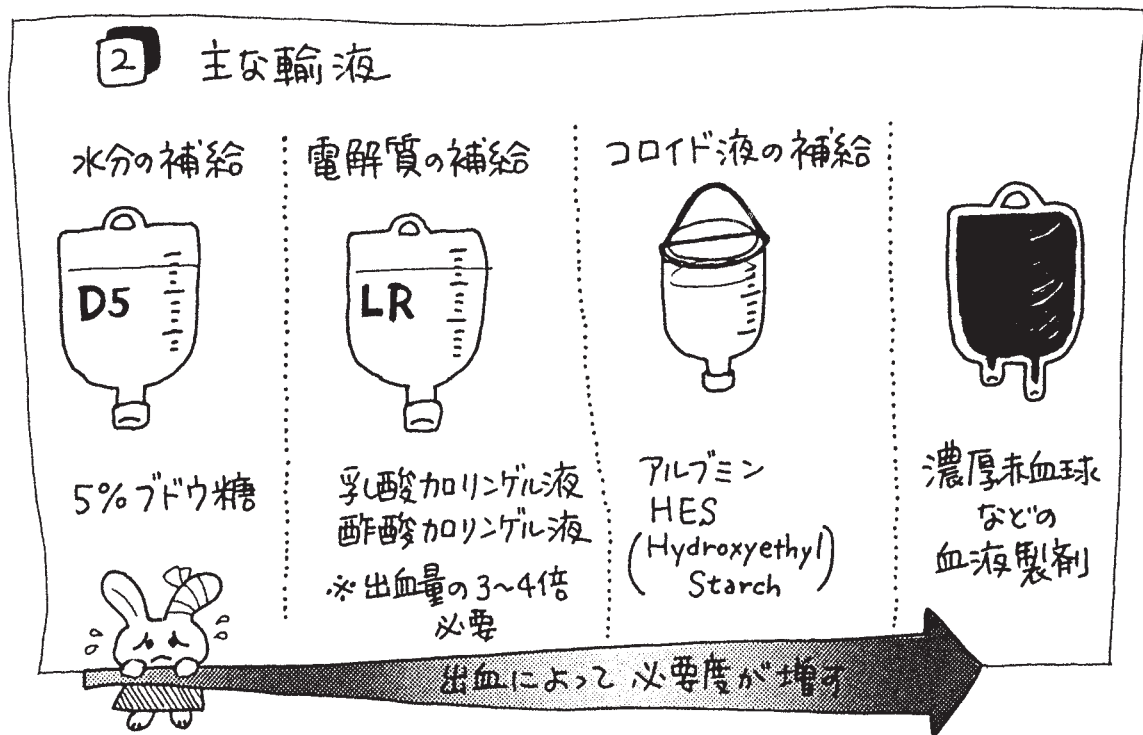
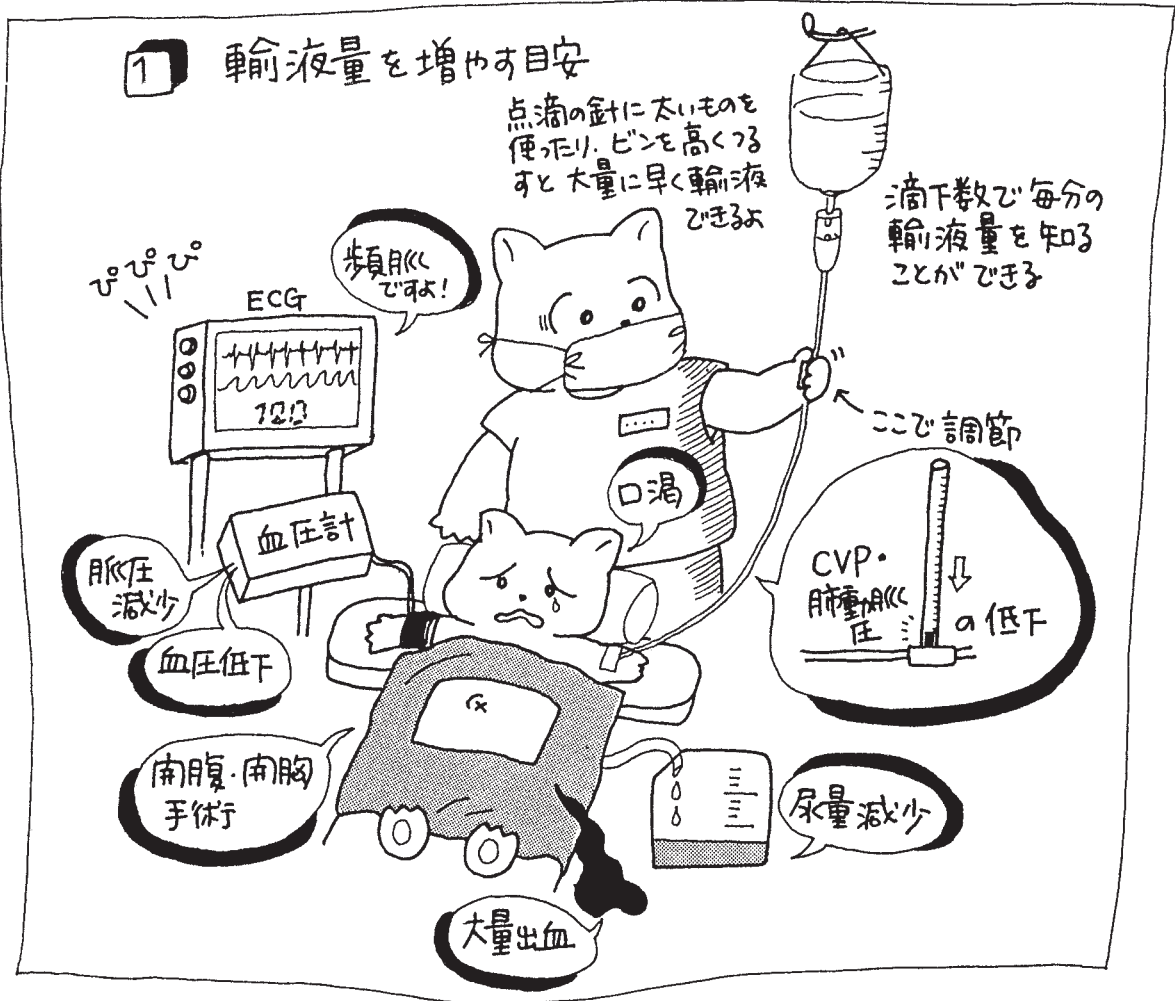
8 呼吸管理

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。



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

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：naohirata@mac.com
編集担当 平田直之
