

札幌医科大学医学部麻醉科



教育麻醉科講義ノ一ト

第23版 2020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 禎人…………… 21
- (4) 「筋弛緩薬」時永 泰行…………… 30
- (5) 「循環管理」平田 直之…………… 41
- (6) 「周術期管理，特殊な麻酔」立花 俊祐…………… 53
- (7) 「周術期のモニタリング」枝長 充隆…………… 65
- (8) 「ペインクリニック，神経ブロック」澤田 敦史…………… 83

2. 臨床実習…………… 99

1. 麻醉科学讲义

(第4学年讲义)

麻酔科学概論

山蔭 道明
麻酔科学講座
札幌医科大学医学部

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。

エーテル麻酔の公開実験

William TG Morton



1846/10/16

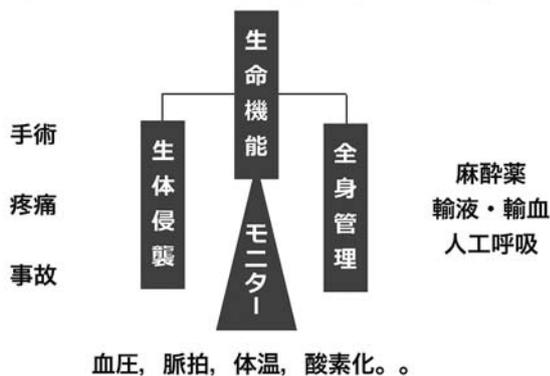
at Massachusetts General Hospital

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。

麻酔の基本的な考え方



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

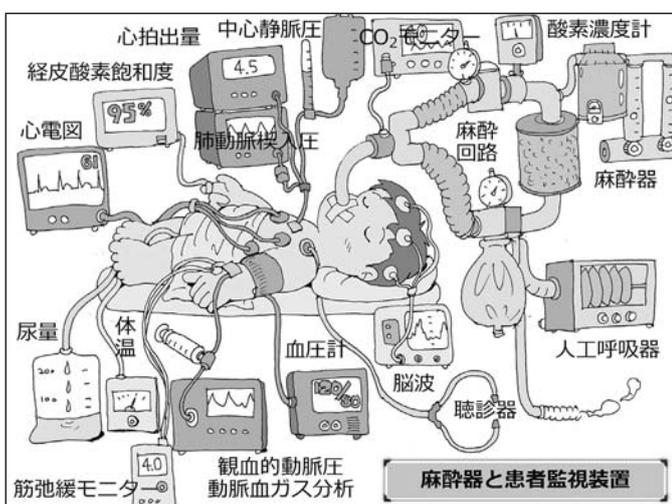
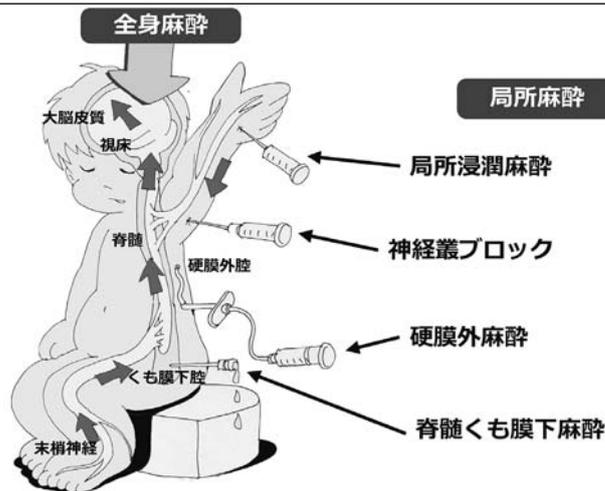
吸入麻酔（気管挿管，LMA）
 静脈麻酔（NLA，TIVA）

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。

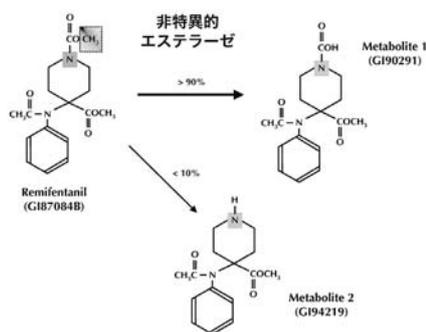


最新の麻酔薬を紹介

- レミフェンタニル
- セボフルラン
- ロクロニウム
- スガマデクス

レミフェンタニル

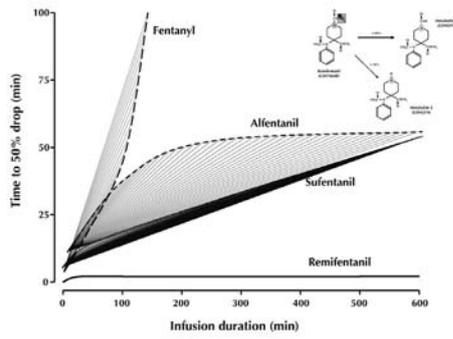
物理化学的特性



ピペリジン誘導体

1 麻酔総論

薬物動態



Context-sensitive half-lifeが短く安定している

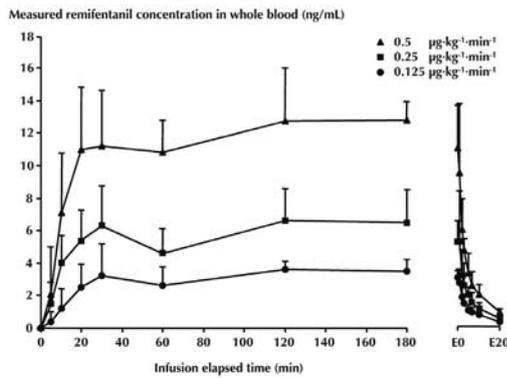
薬物動態

他のオピオイドと比較して

	レミフェンタニル	フェンタニル	スフェンタニル	アルフェンタニル
$T_{1/2}$ (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

レミフェンタニルは再分布等を考えなくていい

日本での臨床試験



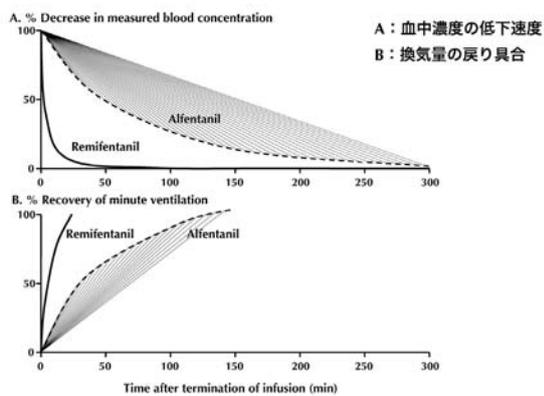
薬物動態

腎不全・肝不全患者で

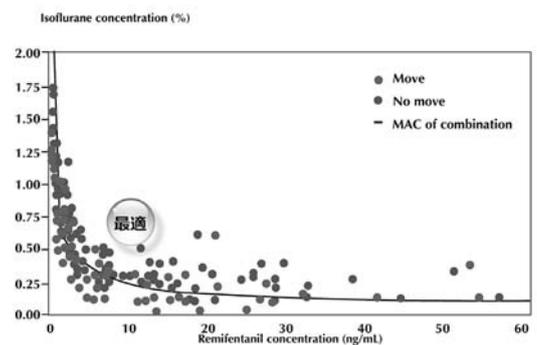
	正常	腎不全	肝不全
$T_{1/2}$ (min)	4.3 (4.1-4.5)	4.5 (3.9-5.1)	5.7 (4.0-8.1)
Cl (mL/min/kg)	33 (28.5-38.1)	35.6 (31.7-40.0)	33.0 (23.0-48.3)
V_D (mL/kg)	205 (178-235)	229 (211-249)	272 (162-450)

薬物動態を考える上で、肝心機能を考慮しなくてよい

薬力学



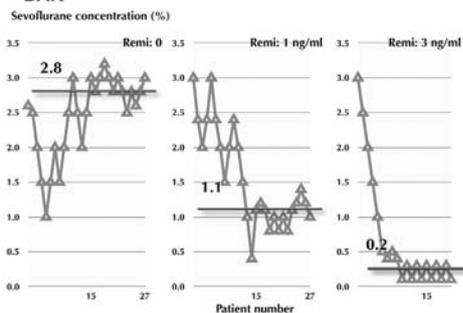
イソフルランとレミフェンタニル



Lang E, et al.: Anesthesiology 1996; 85: 721

セボフルランとレミフェンタニル

MAC_{BAR}



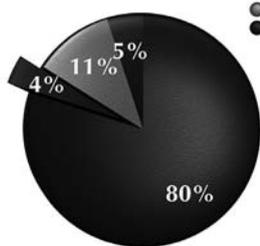
Albertin A, et al.: Anesthesiology 2004; 100: 255

Fentanyl → Sufentanil → Alfentanil → Remifentanil
 1967 1978 1983 1996

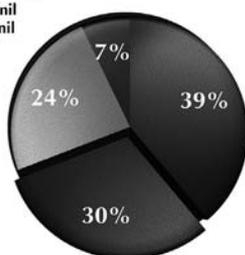
Fentanyl

先進国における静注用オピオイドの使用状況

Quantity basis



Cost basis



US/UK/France/Germany

まとめ

- レミフェンタニルの薬物動態学はシンプル！
- 鎮痛薬レミフェンタニルは他の鎮静薬（吸入麻酔薬や静脈麻酔薬）と併用してバランス麻酔を達成する。
- 速やかな覚醒が望める反面、術後鎮痛には十分注意を払う必要がある。

セボフルラン

特徴を活かした吸入麻酔薬麻酔

セボフルラン
発売30周年

目次



- 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

バルビタール系薬物

- 喘息の誘発
- 気道狭窄（喘鳴） Anesthesiology 1995;82:1111

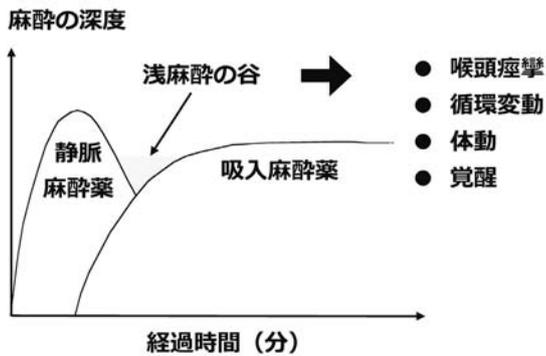
	合計	チオバルビタール	オキシバルビタール	プロポフォール
喘息患者				
人数	15/59	9/20	6/23	0/16
発生率	25%	45%	26%	0%
非喘息患者				
人数	6/96	5/32	1/32	0/32
発生率	6%	16%	3%	0%

プロポフォール

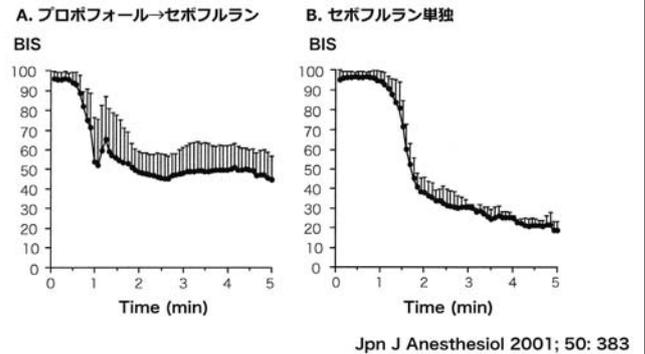
- 血管痛
- 低血圧



浅麻酔の谷



麻酔導入時の麻酔深度の変化



低い血液ガス
分配係数
0.63

セボフルランのメリット

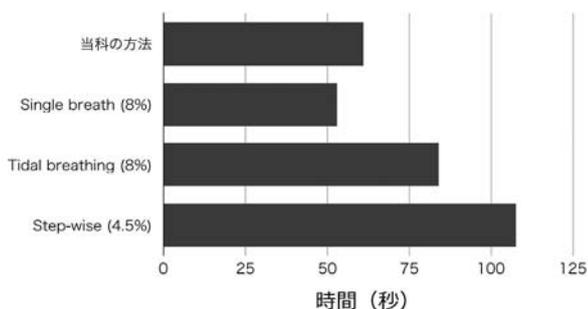
適切な麻酔
力価
MAC 1.71

気道刺激性
なし

当科で用いている
吸入麻酔導入法の紹介

当科の方法 J Anesth 2001;15:117-9

睫毛反射の消失



まとめ

- セボフルランは日本発の吸入麻酔薬である。
- セボフルランは、気道刺激性がないため、吸入麻酔導入法に向いている。
- 当科で用いている方法は安全で早い。

ロクロニウム

ESLAX®

気管挿管



筋弛緩



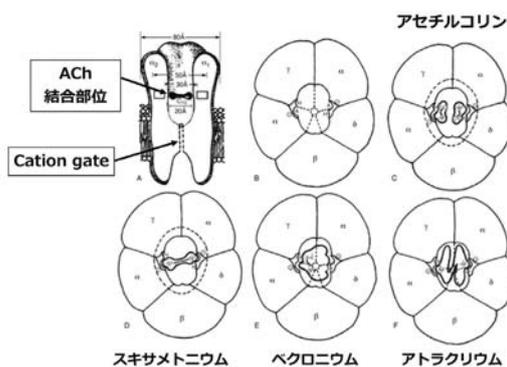
脱分極性筋弛緩薬



非脱分極性筋弛緩薬



ACh受容体と筋弛緩薬



Br J Anaesth 2001; 87: 755-69

Rocuronium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

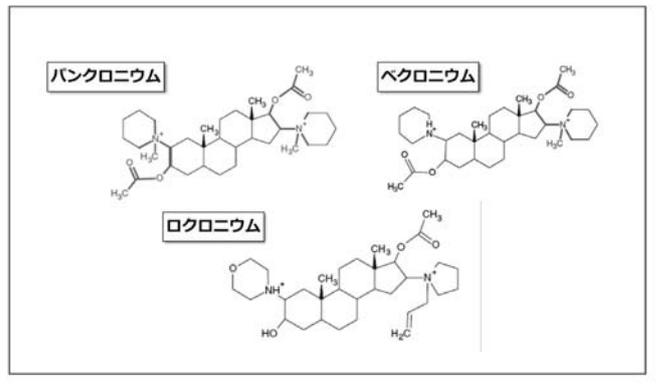
中間時間作用性筋弛緩剤 (Intermediate)

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



ロクロニウム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。

ロクロニウムの開発テーマ

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。投与量を増やして投与すれば、濃度勾配に従って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：

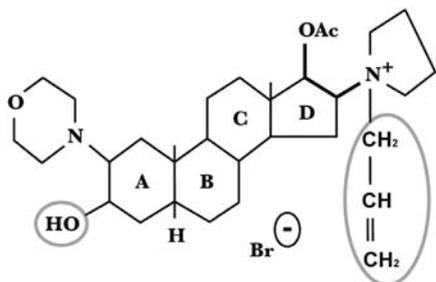
ベクロニウムとほぼ同等の中間時間作用性

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。

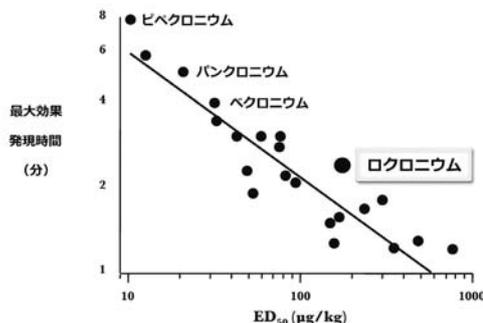
水溶液中で安定

ロクロニウムの化学構造の特徴

- ☐ 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

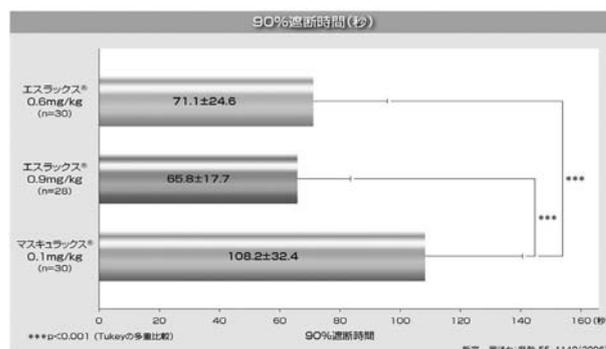


Adapted from Bowman et al., Anesthesiology 69:57, 1988

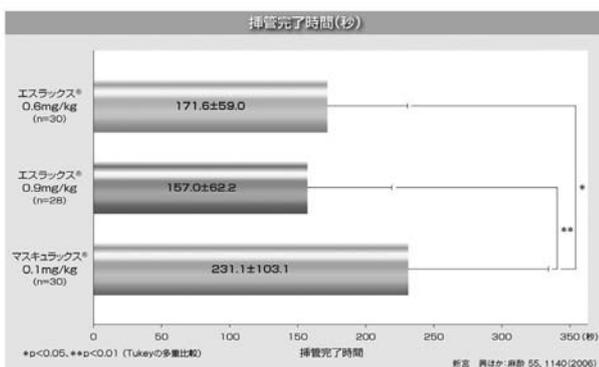
ベクロニウムとロクロニウムの力価, 挿管量, 維持量の比較

	ベクロニウム	ロクロニウム
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)



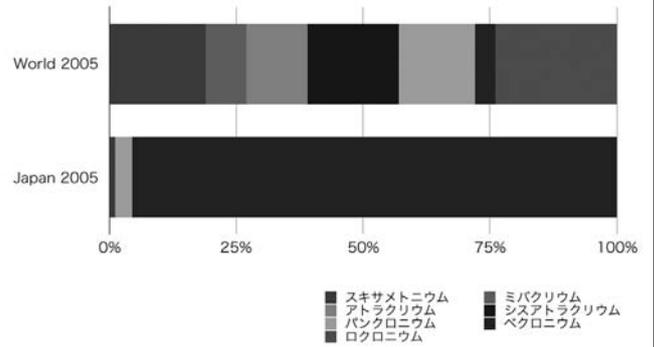
生体内代謝と排泄

	代謝物	排泄
ベクロニウム	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)
ロクロニウム	17-脱アセチル体 (血漿中に少量, 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)

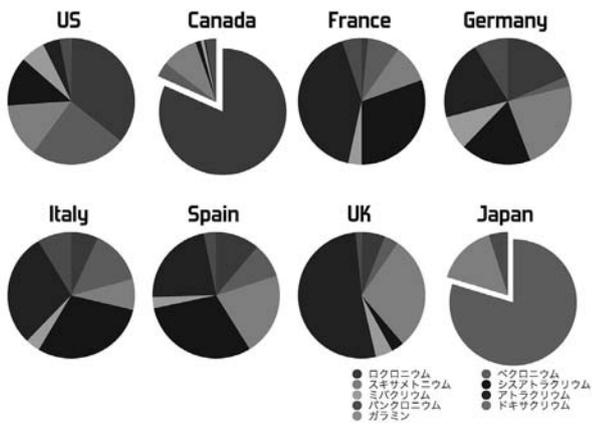
世界での筋弛緩薬の歴史

一般名	最初の発売国	米国	日本
スキサメトニウム	1951 in Germany	1975	1955
バンクロニウム	1966 in France	1974	1973
ベクロニウム	1982 in Netherlands	1984	1988
ビベクロニウム	1983 in Hungary	1990	治験中止
ロクロニウム	1994.4 in US	1994.4	2007.10.02
アトラクリウム	1982 in UK	1984	
ミバクリウム	1992.4 in US	1992	
シスアトラクリウム	1996.1 in UK	1996.2	

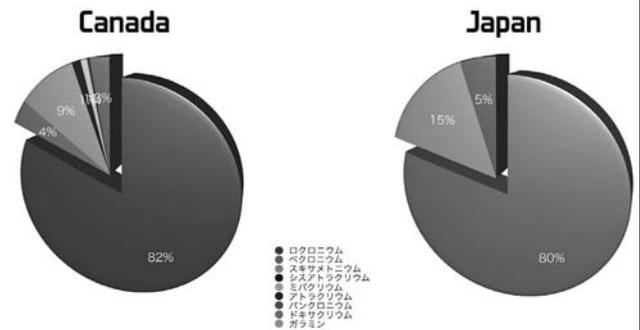
世界での筋弛緩薬の使用状況



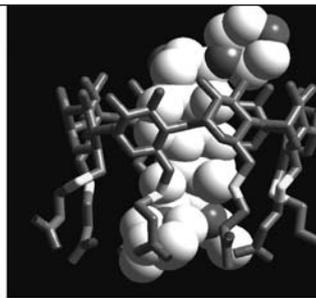
世界での筋弛緩薬の使用状況



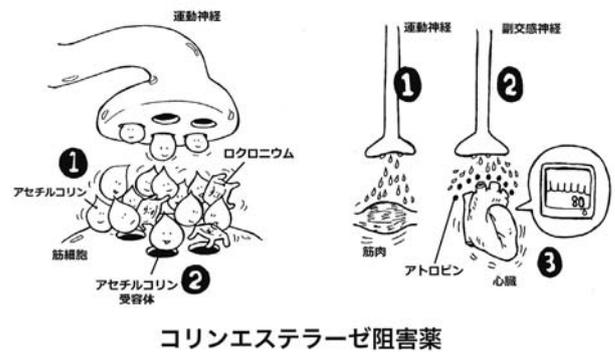
カナダと日本は筋弛緩の使用状況が似ている？



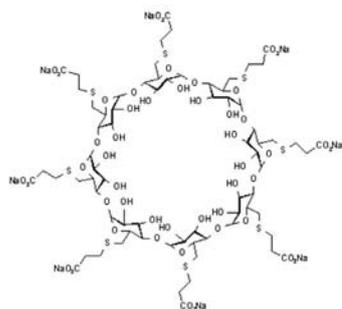
スガマデクス



筋弛緩薬の拮抗

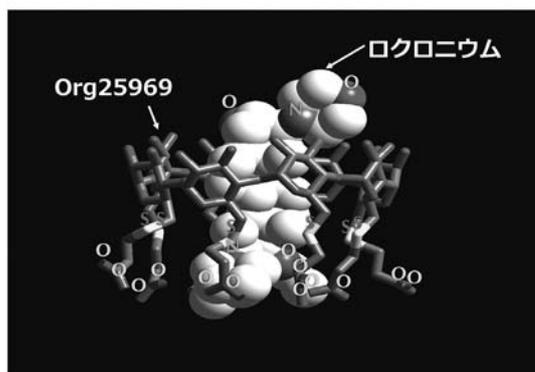


Org 25969 (スガマデクス)

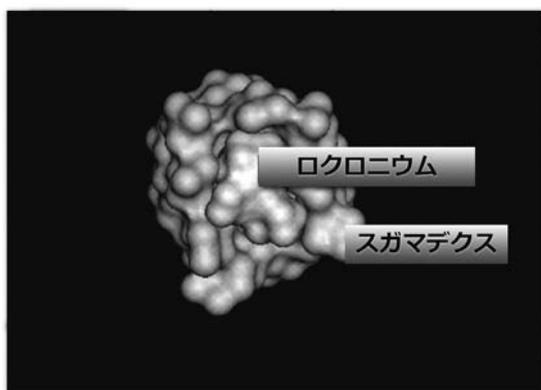


MW: 2178.0
 $C_{72}H_{104}O_{48}Na_8$

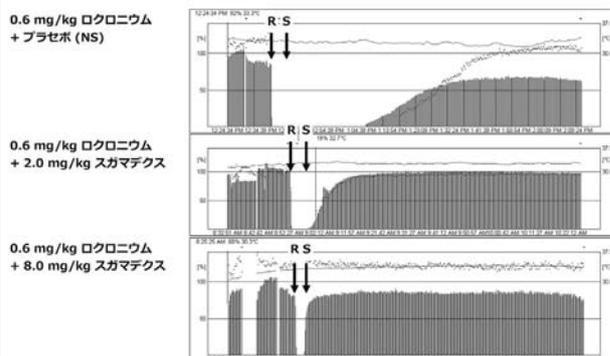
スガマデクスとロクロニウムの結合体



スガマデクスとロクロニウムの結合体



スガマデクス ロクロニウムによる筋弛緩の拮抗状態



まとめ

- ベクロニウムはロクロニウムに取って代わった。
- ロクロニウムは急速導入に利用できる。
- ロクロニウムは代謝物が活性を持たないため、安全に持続投与できる。
- スガマデクスは筋弛緩拮抗薬として理想的な薬剤である。

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℃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

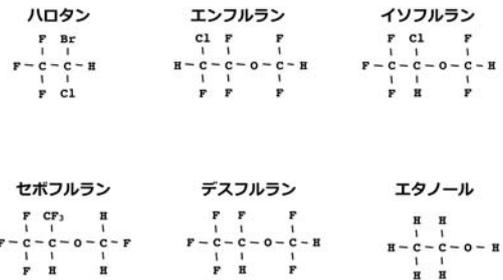
- 🧠 麻酔作用が強く, 低濃度で使用できる。
- 🧠 安全域が広い。
- 🧠 麻酔作用が可逆性である。
- 🧠 導入・覚醒が速やかで, かつ円滑に施行できる。
- 🧠 満足すべき催眠作用, 鎮痛作用, ならびに骨格筋弛緩作用がある。
- 🧠 化学的に安定しており, 他の薬物との間に不都合な相互作用がない。
- 🧠 生体内代謝率が低く, かつ代謝産物に毒性がない。
- 🧠 不燃性, 非爆発性である。
- 🧠 臓器 (肝, 腎など) 毒性がない。
- 🧠 気道刺激作用や刺激臭がない。
- 🧠 呼吸・循環の抑制作用が軽度である。
- 🧠 有害な自律神経反射を抑制する。
- 🧠 気管支拡張作用を有する。
- 🧠 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、すべて不燃性かつ非爆発性である。
- 日本では最近デスフルランの使用が許可されて、主にセボフルランとデスフルランが使用されている。
- イソフルランは、気道刺激性ならびに覚醒の不良から本邦ではほとんど使用されていない。

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℃)	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。

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。

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。

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

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

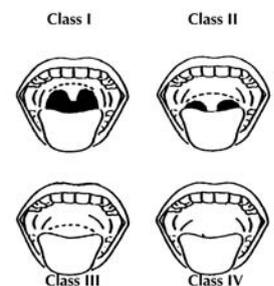
- マスク換気
気管挿管などの確実な気道の確保ができなくとも、マスク換気を十分に備わっていれば、救命救急処置の現場では有効である。マスク換気は見た目よりも難しく修練を必要とする。
- マスク換気による全身麻酔の維持
他に合併病変が認められない健康な患者
短時間の手術
低侵襲な手術

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



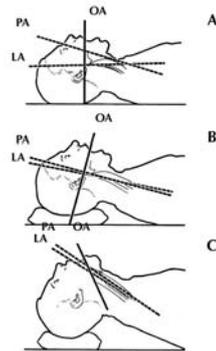
- 頭を中立位
- 口を最大限に開く
- 舌を突出させる

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

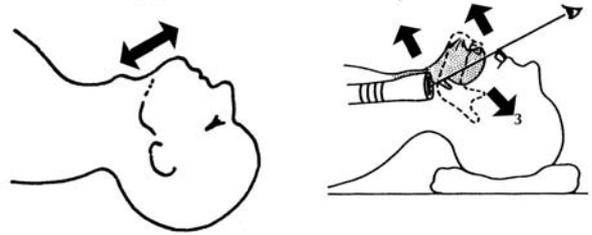
- 枕を入れ、できる限り環椎後頭骨関節を伸展させる。
- 正常では35度程度伸展できる。
- 伸展の度合いが低い場合（例えば肥満、猪首）、挿管困難が予想される。



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

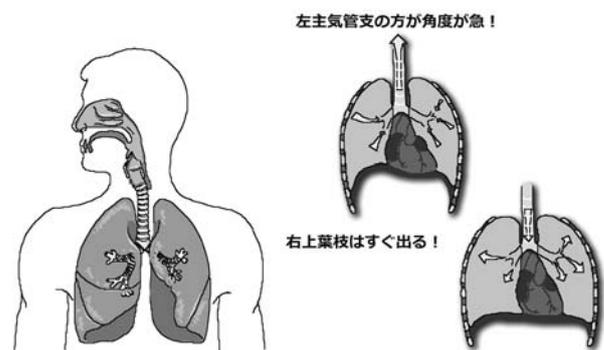
絶対的禁忌

- フルスマック
- 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

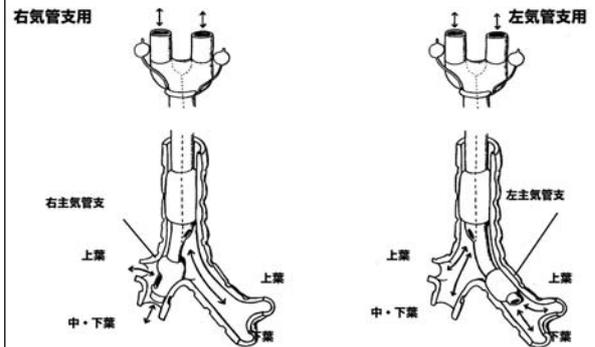
肺の構造



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!

静脈麻酔 Intravenous Anesthesia

札幌南三条病院 麻酔科
中山禎人



札幌医科大学麻酔科講義 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

札幌医科大学麻酔科講義 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。

札幌医科大学麻酔科講義 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。

札幌医科大学麻酔科講義 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。

札幌医科大学麻酔科講義 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

札幌医科大学麻酔科講義 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 中山慎人



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.コト一診療所4 (2001)

札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

静脈麻酔の利点2

- 麻酔器(ガス配管、ポンプ、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 中山慎人



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 中山慎人

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 札幌南三条病院 中山 慎人

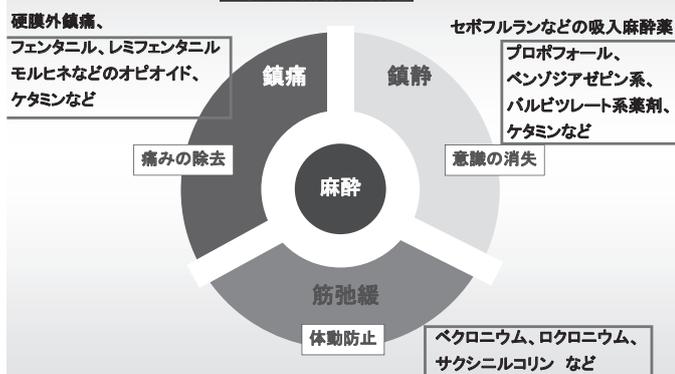
2 主な静脈麻酔薬

- (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 札幌南三条病院 中山 慎人

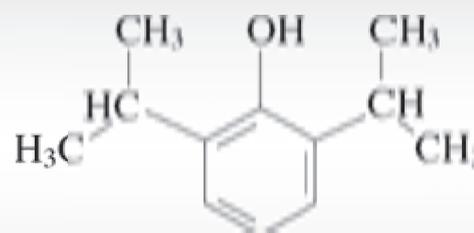
麻酔の3要素

バランス麻酔の概念



札幌医科大学 札幌南三条病院 中山 慎人

(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 札幌南三条病院 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。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 札幌南三条病院 中山 慎人

○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

(添付文章より)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。

札幌医科大学 札幌南三条病院 中山 慎人

3 静脈麻酔

○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
児で死亡例。

札幌医科大学麻酔科 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捜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力ケ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

札幌医科大学麻酔科 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開示した。

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家が付き添い、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。



判決:懲役4年
医師免許剥奪

札幌医科大学麻酔科 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。



札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

今日から実践できる

TIVA

編著 木山秀哉
北里医科大学麻酔科



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

札幌医科大学麻酔科 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

札幌医科大学麻酔科 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（インゾール®）

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。

札幌医科大学 札幌南三条病院 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あり。→ 気管支収縮を惹起する為喘息には禁忌

○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 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。強い抗不安・健忘作用がある。筋弛緩作用(中枢性)あり。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。

○抗癌薬でもあるので、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 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。

札幌医科大学 札幌南三条病院 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。

札幌医科大学 札幌南三条病院 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%

札幌医科大学 札幌南三条病院 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。心拍数増加。

○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。

札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人



札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人



札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

(5) オピオイド

神経細胞膜に存在するオピオイド受容体(特に μ 受容体)に作用し、強い鎮痛効果を発揮し、手術侵襲によって引き起こされる反応を抑制する。

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。

札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

●モルヒネ

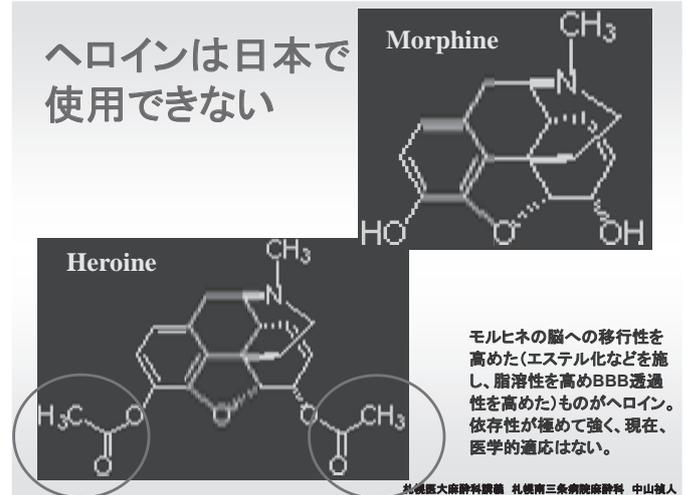
アヘンに含まれるアルカロイド。オピオイド μ 受容体に選択的に作動。鎮痛効果は強力。

水溶性。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ず。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。

札幌医科大学麻酔科 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



札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

合成麻薬

●フェンタニル

薬理作用はモルヒネと同様だが、脂溶性。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)



札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

新しい合成麻薬

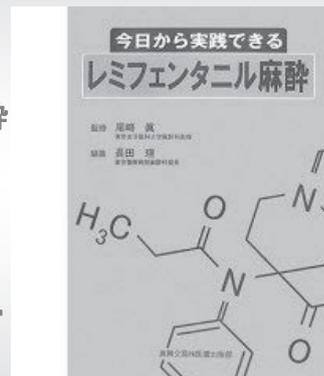
●レミフェンタニル

→アルチバ(静脈麻酔薬 2006年より)

●アルフェンタニル

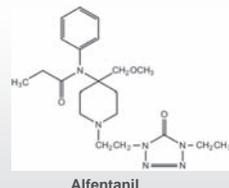
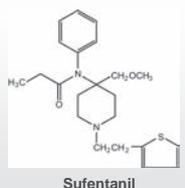
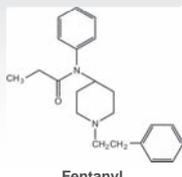
●スフェンタニル

●カルフェンタニル……



札幌医科大学麻酔科 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



札幌医科大学麻酔科 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

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

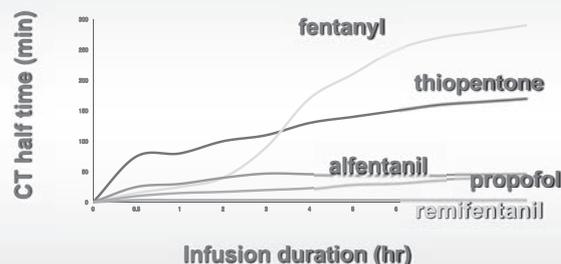
作用持続時間

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
札幌医科大学麻酔科 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

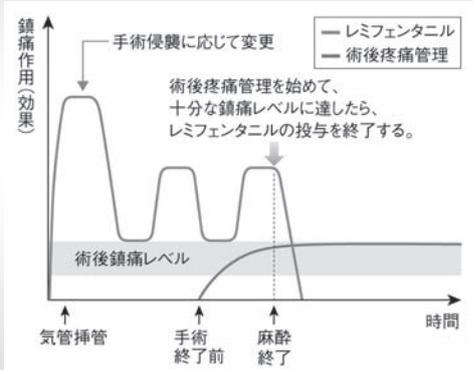


Egan TD, et al.:Anesthesiology, 79, 881-892, 1993を改変 札幌医科大学麻酔科 札幌南三条病院麻酔科 中山慎人

3 静脈麻酔

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 中山慎人

Encarta Encyclopedia, The Everett Collec

NALOXON

麻薬拮抗薬
ナロキソン

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

札幌医科大学麻酔科 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。

札幌医科大学麻酔科 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

札幌医科大学麻酔科 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.

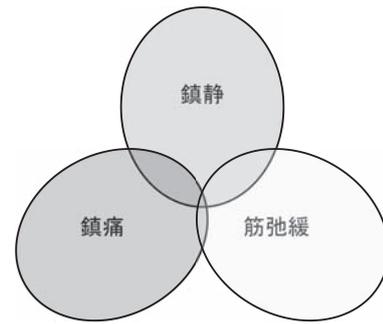
札幌医科大学麻酔科 札幌南三象病院麻酔科 中山植人

筋弛緩薬 (神経筋遮断薬)

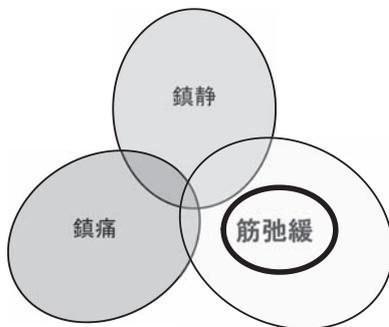
札幌医科大学 麻酔科学講座

時永 泰行

全身麻酔の三要素



全身麻酔の三要素



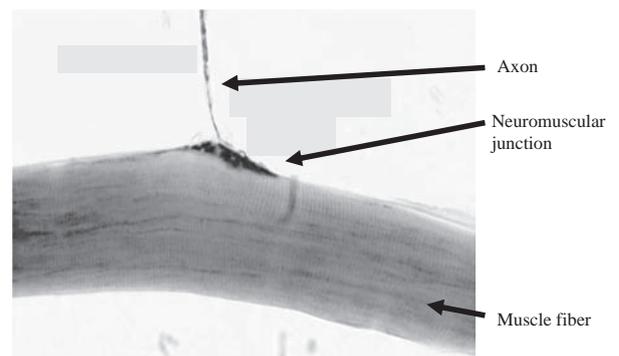
本日の内容:筋弛緩薬

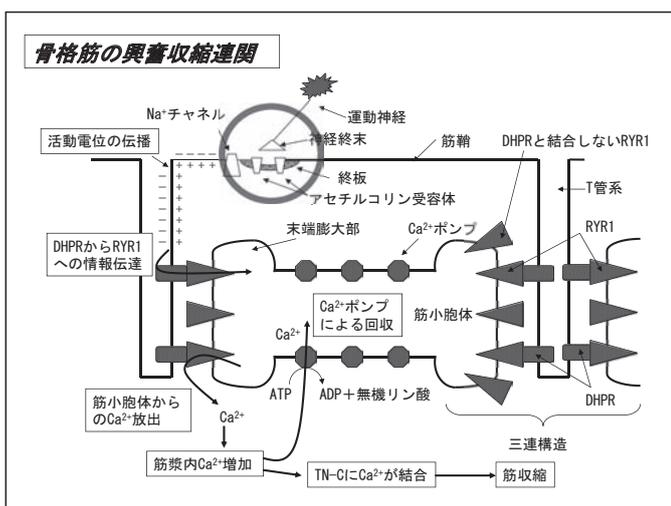
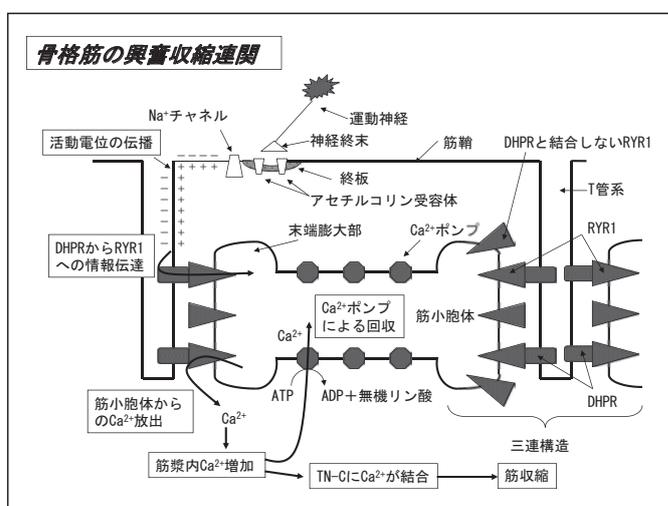
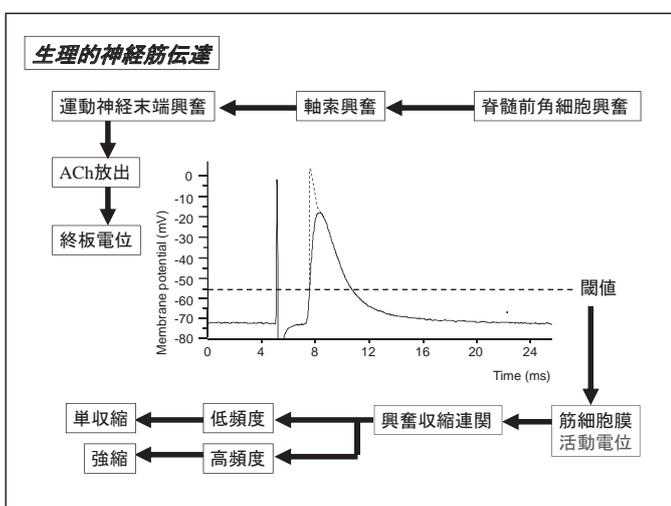
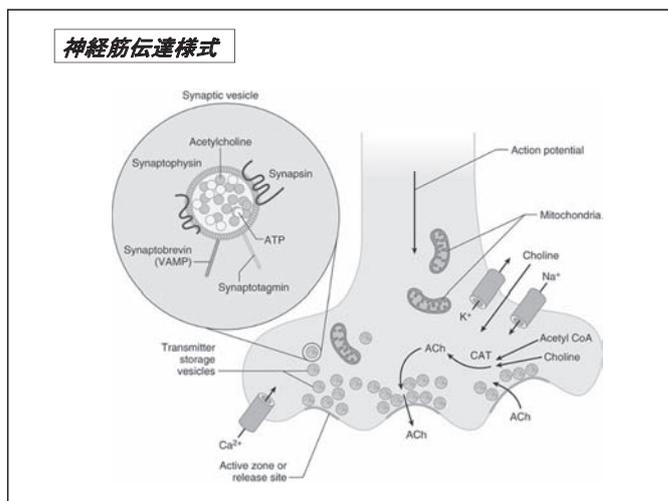
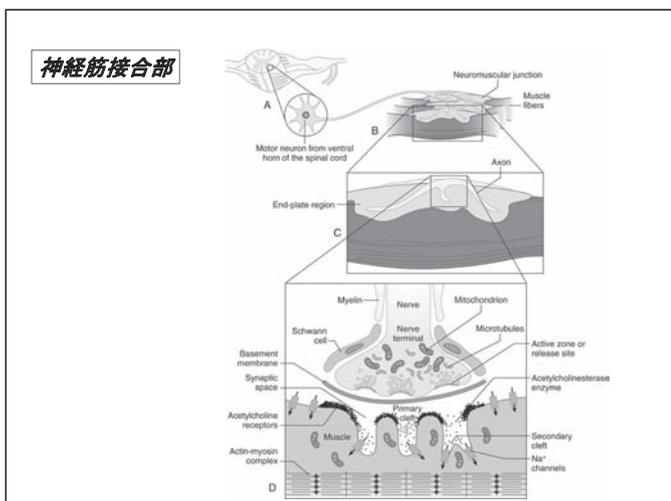
1. 筋弛緩薬の作用機序
一体どうやって筋弛緩薬は働くか?
2. 筋弛緩薬の種類
どういった筋弛緩薬が使われているか?
3. 筋弛緩薬のモニタリング
どのくらい筋弛緩薬って効いているのか?
4. 筋弛緩薬の拮抗
筋弛緩薬の作用を打ち消す薬って?
5. 悪性高熱症
麻酔科の領域で国試に関わる数少ない病気

本日の内容:筋弛緩薬

1. 筋弛緩薬の作用機序
一体どうやって筋弛緩薬は働くか?
2. 筋弛緩薬の種類
どういった筋弛緩薬が使われているか?
3. 筋弛緩薬のモニタリング
どのくらい筋弛緩薬って効いているのか?
4. 筋弛緩薬の拮抗
筋弛緩薬の作用を打ち消す薬って?
5. 悪性高熱症
麻酔科の領域で国試に関わる数少ない病気

電子顕微鏡でみたMotor Unit





- ### 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

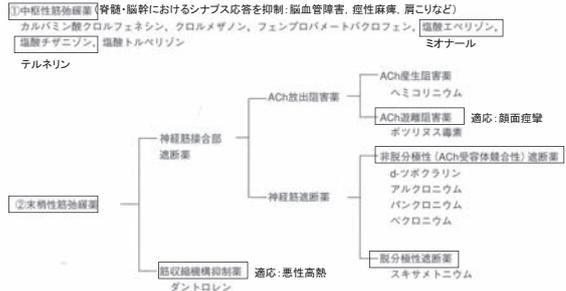
4 筋弛緩薬

本日の内容:筋弛緩薬

- 筋弛緩薬の作用機序
一体どうやって筋弛緩薬は働くか？
- 筋弛緩薬の種類
どういった筋弛緩薬が使われているか？
- 筋弛緩薬のモニタリング
どのくらい筋弛緩薬って効いているのか？
- 筋弛緩薬の拮抗
筋弛緩薬の作用を打ち消す薬って？
- 悪性高熱症
麻酔科の領域で国試に関わる数少ない病気

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



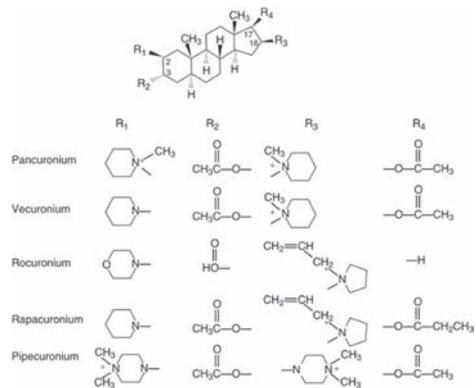
- 神経筋遮断薬
- 非脱分極性筋弛緩薬: ロクロニウム
 - 脱分極性筋弛緩薬: スキサメトニウム

14

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

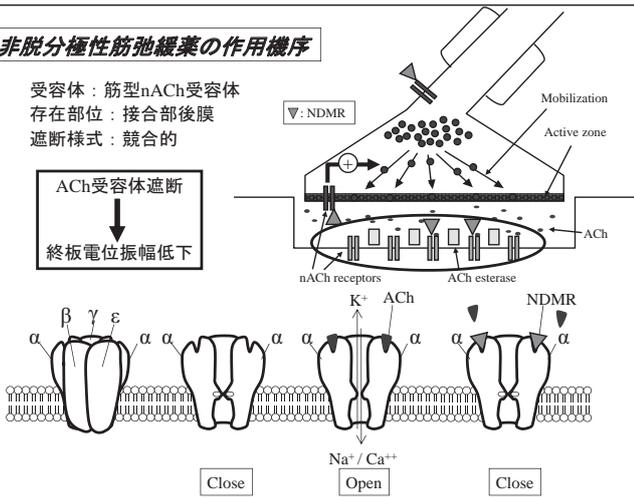
非脱分極性筋弛緩薬の構造



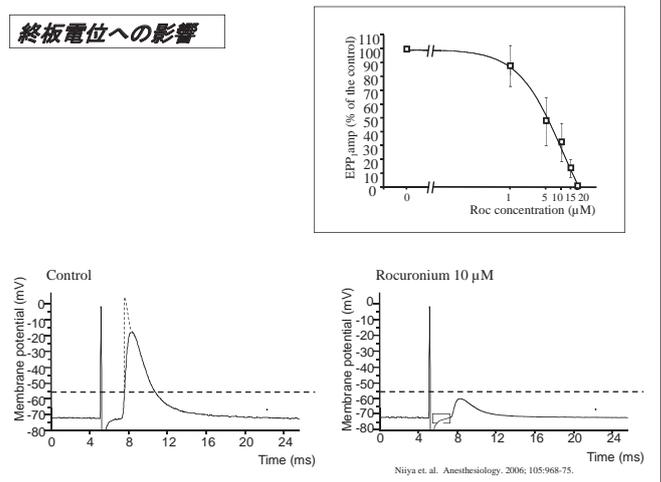
非脱分極性筋弛緩薬の作用機序

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

ACh受容体遮断
↓
終板電位振幅低下



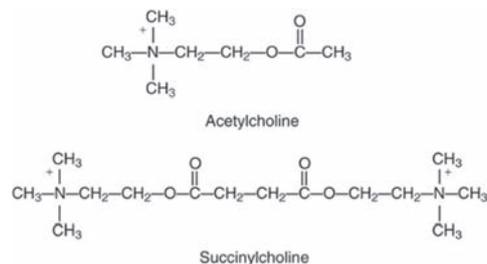
終板電位への影響



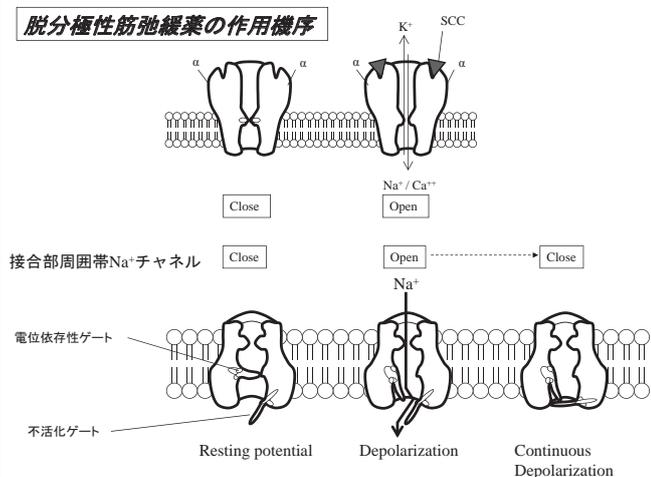
非脱分極性筋弛緩薬: Rocuronium の特徴

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, remifentanyl, ketamine, lidocaine で予防
6. 通常量投与では循環器系への影響はない
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構造



脱分極性筋弛緩薬の作用機序

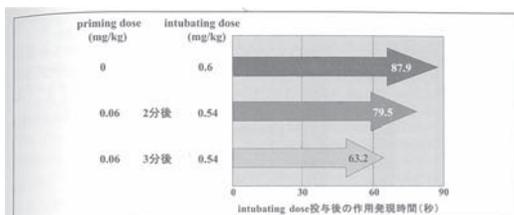


脱分極性筋弛緩薬: Succinylcholine の特徴

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 (副交感神経作用による) 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, 重炭酸投与, 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に投与する
 ・Rocuronium・0.06 mg/kg 2-3分後 0.54 mg/kg



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, Remifentanyl 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

4 筋弛緩薬

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

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

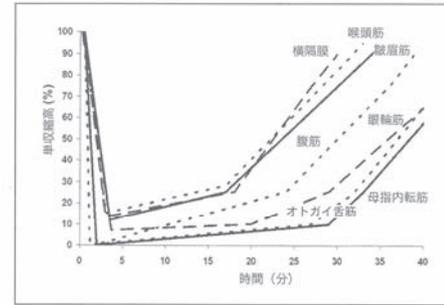
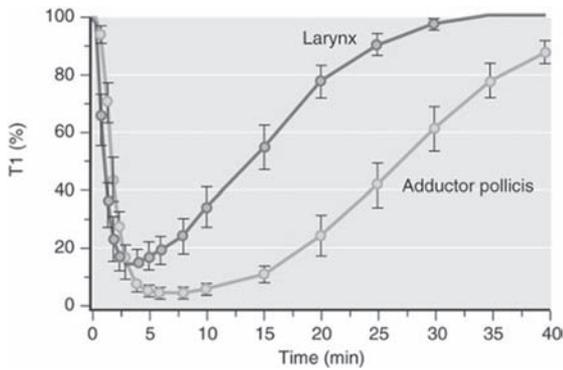
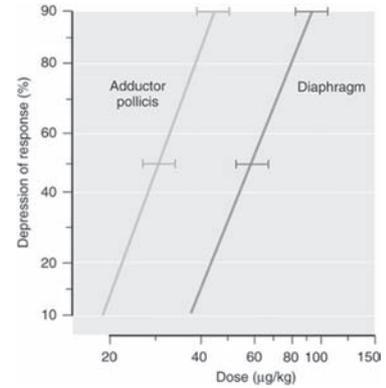


図1 筋肉別の筋弛緩薬に対する感受性

筋肉の筋弛緩薬感受性の違い



筋肉の筋弛緩薬感受性の違い



本日の内容: 筋弛緩薬

1. 筋弛緩薬の作用機序
一体どうやって筋弛緩薬は働くか?
2. 筋弛緩薬の種類
どういった筋弛緩薬が使われているか?
3. 筋弛緩薬のモニタリング
どのくらい筋弛緩薬って効いているのか?
4. 筋弛緩薬の拮抗
筋弛緩薬の作用を打ち消す薬って?
5. 悪性高熱症
麻酔科の領域で国試に関わる数少ない病気

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

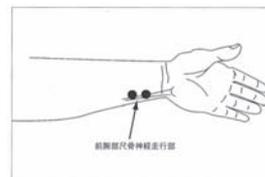


図12 手前に刺激電極を付ける



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

表1 PTC, TOFCと臨床的ブロックレベル

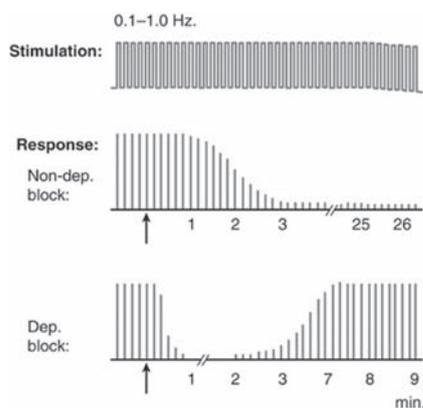
PTC \leq 1	Deep block
PTC \leq 2~8	Moderate deep block
PTC \leq 9 or TOFC 1	Good for operation
PTC \geq 10 or TOFC 2	AntiChE

PTC : post-tetanic count, TOFC : 四連刺激カウント

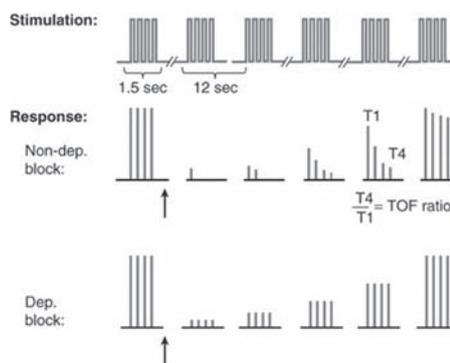
筋弛緩薬のモニタリング～適応

- 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

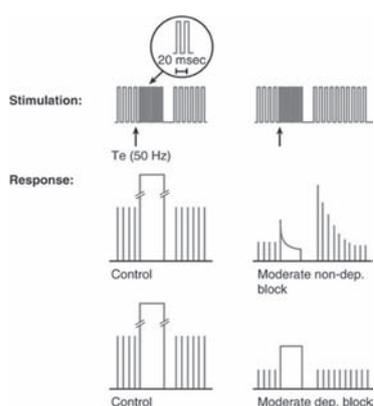
筋弛緩薬のモニタリング



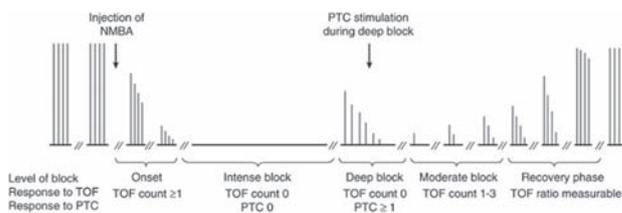
筋弛緩薬のモニタリング



筋弛緩薬のモニタリング

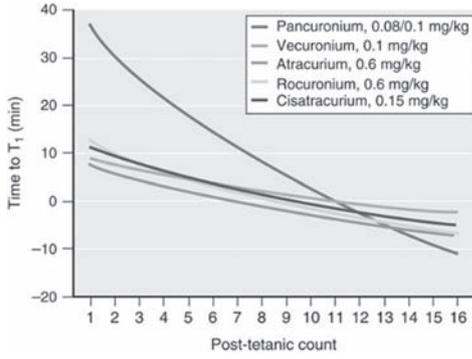


筋弛緩薬のモニタリング



4 筋弛緩薬

筋弛緩薬のモニタリング



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

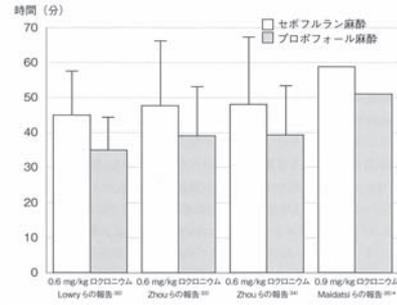
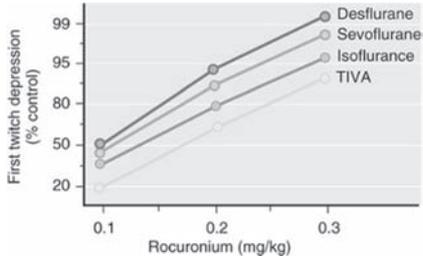


図9 ロクロニウムの作用持続時間に及ぼす吸入麻酔薬セボフルランの影響 (文献 30, 33-35 より引用改変)

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。

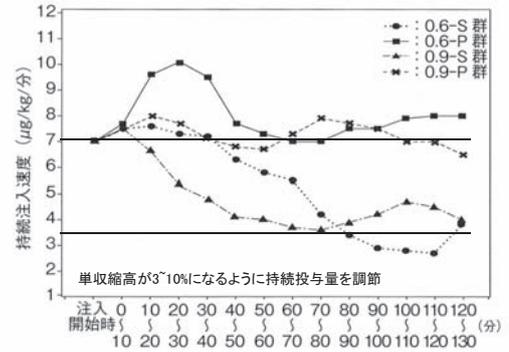
Rocuronium の単回投与と麻酔薬

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



Rocuronium の持続投与と麻酔薬

• Sevoflurane 維持 では 3.5 μg/kg/min (Sev の筋弛緩作用による)
• Propofol 維持 では 7 μg/kg/min (Roc を減じる必要なし)



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

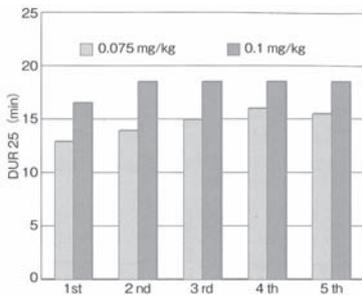


図10 ロクロニウムでは、維持量を繰り返し投与しても、作用持続時間は延長しない (詳細は本文を参照)

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

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)

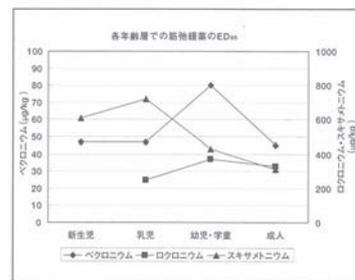


図1 各年齢層における筋弛緩薬必要量の変化
成人に比して、小児の方が分布容積が大きいため、どの筋弛緩薬についても成人より小児の方が必要量は多くなる。しかし、非脱分極性筋弛緩薬への感受性の高さや排泄機能の未熟性から、新生児・乳児ではロクロニウム・ベクロニウムの必要量は成人と同程度かむしろ少ない。
(文献18)より引用・改変)

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

	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±58*	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	54±18*	42±14	41±21*	30±10	37±12
作用持続時間(75)(min)	77±25*	57±11			86±26*	67±22			
クリアランス(ml/kg/min)	2.4±0.8	2.8±0.6			2.7±0.6*	3.7±1.0	1.89±0.60	2.96±1.09	4.1±1.0
定常状態分消容積(ml/kg)	204±50	184±41			248±60	211±55	264±92	151±59	181±48
定常状態分消容積(l/min)	23.4±5.0	21.7±4.1			28.4±6.0	24.1±5.5	28.4±9.2	15.1±5.9	18.1±4.8
消失半減期(min)	96±37	88±18	112	76	143±80*	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 0.6mg/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 0.6mg/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⁸⁾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		Szenohradszky		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±6	54±22	47±12	66±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	薬を認めず	薬を認めず	薬を認めず	4.1±1.0
定常状態分消容積(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⁸⁾を表の右端に示す(N=29)。

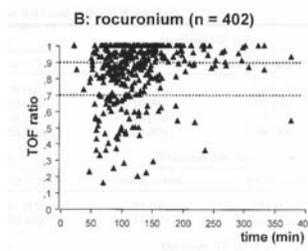
nAChRのUp-regulationとDown-regulation

nAChR Up-regulation	nAChR Down-regulation
Spinal cord injury	Myasthenia gravis
Stroke	Anticholinesterase poisoning
Burns	Organophosphate poisoning
Prolonged immobility	
Prolonged exposure to neuromuscular blockers	
Multiple sclerosis	
Guillain Barré syndrome	
nAChR: nicotinic acetylcholine receptor	

残存筋弛緩

- ・TOF 比 < 0.9 肺合併症・誤嚥の危険性↑, 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

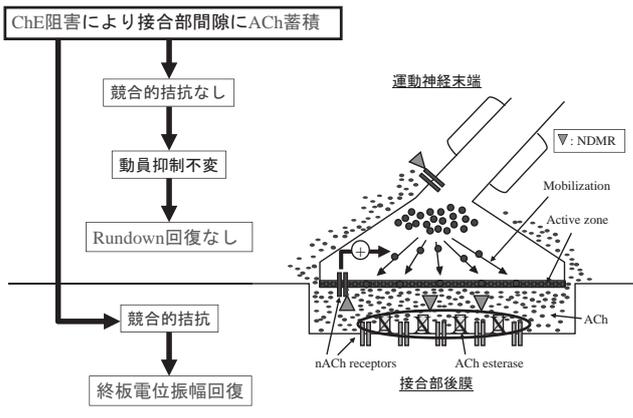
PACU(回復室)入室時
 TOF 比 < 0.7 16%
 TOF 比 < 0.9 45%

→ 残存筋弛緩予防のため筋弛緩拮抗の必要性

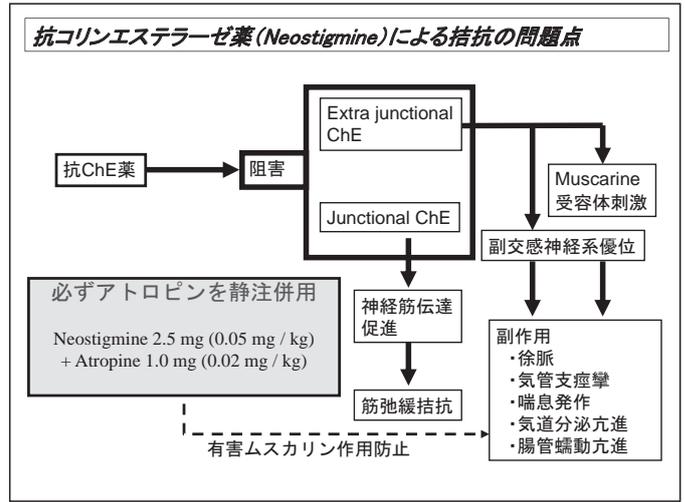
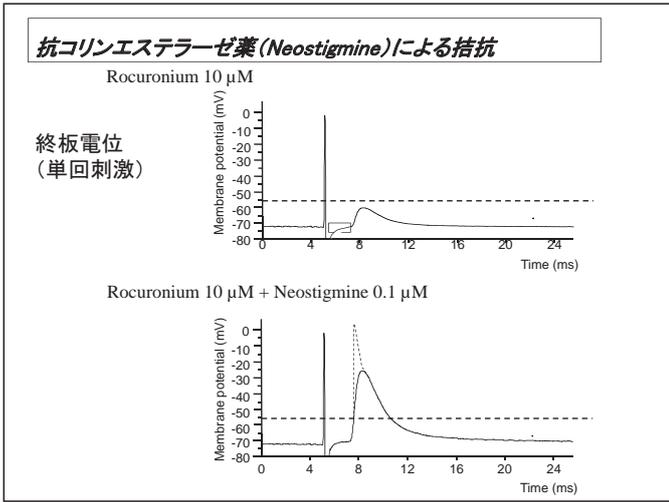
本日の内容: 筋弛緩薬

1. 筋弛緩薬の作用機序
 一体どうやって筋弛緩薬は働くか?
2. 筋弛緩薬の種類
 どういった筋弛緩薬が使われているか?
3. 筋弛緩薬のモニタリング
 どのくらい筋弛緩薬って効いているのか?
4. 筋弛緩薬の拮抗
 筋弛緩薬の作用を打ち消す薬って?
5. 悪性高熱症
 麻酔科の領域で国試に関わる数少ない病気

従来の筋弛緩薬拮抗薬: 抗コリンエステラーゼ薬の特徴



4 筋弛緩薬



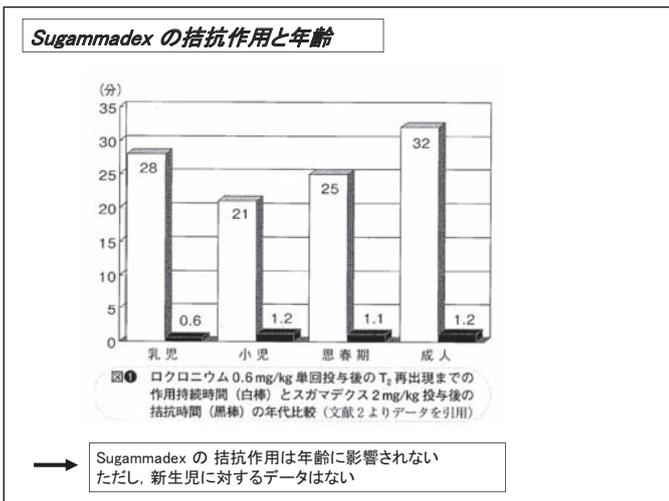
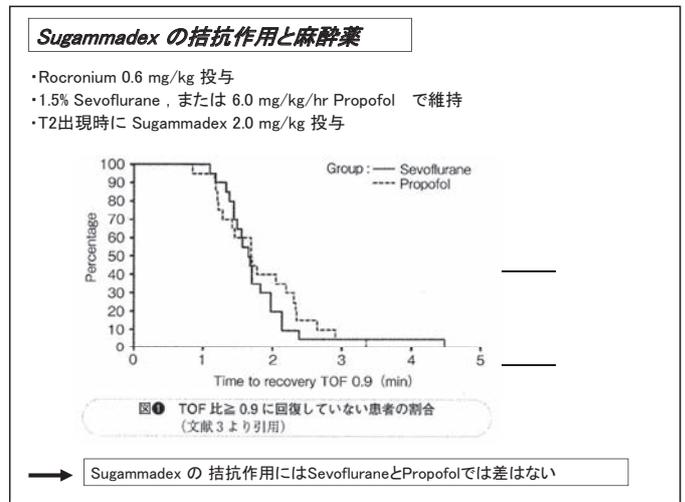
新しい筋弛緩拮抗薬: Sugammadex の特徴

構造	親和性	結合定数 (X10 ⁶ M ⁻¹)	
非脱分極型	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
		パンクロニウム	2.6
ベンジルイソキノリン型	d-tubocurarine	0.193	
	mivacurium	0.009	
	cisatracurium	0.005	
	igilamine	包接しない	
脱分極型	スキサメトニウム	包接しない	

- 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]



腎不全患者における Sugammadex の拮抗作用

対象患者: Cr_c < 30 mL/min の慢性・末期腎不全患者 15 名
Cr_c > 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; sn, standard deviation; TOF, train-of-four

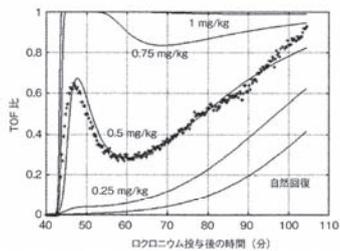
	Patient group		ANOVA
	CL _{CR} < 30 ml min ⁻¹ (n=15)	CL _{CR} ≥ 80 ml min ⁻¹ (n=14)*	
Recovery to TOF ratio 0.7, mean (sn)	1.45 (0.47)	1.17 (0.38)	NS
Recovery to TOF ratio 0.8, mean (sn)	1.60 (0.57)	1.32 (0.45)	NS
Recovery to TOF ratio 0.9, mean (sn)	2.00 (0.72)	1.65 (0.63)	NS

White: 13名
Asian: 2名

→ 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⑥ 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。点線は実際の値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. Sugammadex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 ¹²	5分後 (n=6)	2.94 (range:1.92-4.72)	17.7-41.0
		30分後 (n=1)	1.32 (range:1.23-1.43)	29.9
		45分後 (n=1)		46.0
		60分後 (n=1)		43.6

ロクロニウム0.6mg/kg投与後、1-2PTCl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/kg¹²を再投与した。

Kam PJ. Annual Meeting of the American Society Anesthesiologists 2009 ASST

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 _{1/2} (min)
腎機能正常患者	13	1,729±34.8	95.2±22.1	139±44.4
腎機能低下患者	13	27,463±114	5.53±10.8	2,139±121

2時間20分
35時間40分

Sugammadex と血液透析

対象患者: Cr< 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・ランパート症候群)
 - ・家族性周期性四肢麻痺
 - ・高マグネシウム血症

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
 - ・筋無力性症候群 (イートン・ランパート症候群)

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

4 筋弛緩薬

本日の内容:筋弛緩薬

1. 筋弛緩薬の作用機序
一体どうやって筋弛緩薬は働くか？
2. 筋弛緩薬の種類
どういった筋弛緩薬が使われているか？
3. 筋弛緩薬のモニタリング
どのくらい筋弛緩薬って効いているのか？
4. 筋弛緩薬の拮抗
筋弛緩薬の作用を打ち消す薬って？
5. 悪性高熱症
麻酔科の領域で国試に関わる数少ない病気

悪性高熱症

病態：骨格筋・中枢神経系・全身組織のCa²⁺亢進・リアノジン受容体の異常
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℃以上 or 0.5℃/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、PaCO₂上昇、PaO₂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

悪性高熱症

診断： 表2. 発生の臨床診断基準

カテゴリ1	体温上昇	40℃以上
または		
38℃以上で(0.5℃/15分)以上の上昇		
カテゴリ2	呼吸・循環	1. 頻脈、不整脈、血圧変動 2. 過呼吸、呼吸性・代謝性アシドーシス
体表所見		1. 筋強直 2. 発汗 3. 赤褐色尿
検査所見		1. P ₅₀ の低下 2. カリウム、CK、AST、ALT、LDHの上昇
剖野所見		出血傾向(DIC)
劇症型悪性高熱症	カテゴリ1を満たし、カテゴリ2のいくつかの症状を満たす。	
重症型悪性高熱症	カテゴリ1を満たさないが、カテゴリ2のいくつかの症状を満たす。	

- 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、NaHCO₃、対症療法、緊急薬品

本日の内容:筋弛緩薬

1. 筋弛緩薬の作用機序
一体どうやって筋弛緩薬は働くか？
2. 筋弛緩薬の種類
どういった筋弛緩薬が使われているか？
3. 筋弛緩薬のモニタリング
どのくらい筋弛緩薬って効いているのか？
4. 筋弛緩薬の拮抗
筋弛緩薬の作用を打ち消す薬って？
5. 悪性高熱症
麻酔科の領域で国試に関わる数少ない病気

麻酔における循環管理

致死的不整脈の見分け方

札幌医科大学医学部麻酔科学講座
平田直之

様々な麻酔薬, 麻酔手技は 呼吸を抑制し, 血圧と脈拍を下げる



麻酔 ≡ 呼吸抑制, 循環抑制が必発 👉 危機的状況



8:15 手術室入室
呼吸回数 15回/min
血圧 120/70



8:30 麻酔導入終了
呼吸回数 0回/min
血圧 80/40

“麻酔”の延長上には..

- 🕒 呼吸が止まる
- 🕒 血圧脈拍が下がる
- 🕒 体温が下がる
- 🕒 アシドーシス
- 🕒 血液凝固異常

麻酔科医が何もしない = Death

“麻酔科医”の役割とは？

呼吸を管理するぜ

循環を管理するぜ



“麻酔”は循環を抑制する

鎮痛

神経ブロック
麻薬性鎮痛薬

鎮静

吸入麻酔薬
静脈麻酔薬



血圧低下
心拍数低下

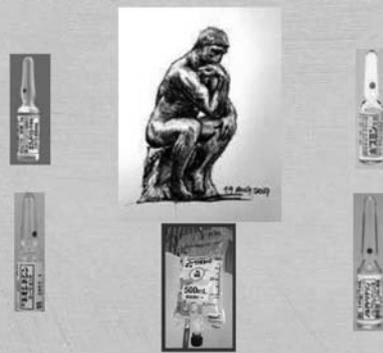
なぜ麻酔中は血圧が下がるのか

$$\text{血圧} = \text{心拍出量} \times \text{末梢血管抵抗}$$

鎮静 & 鎮痛

脱水

原因を考慮して薬剤, 輸液を投与



麻酔は
循環を抑制する

Hemodynamic monitoring

循環の抑制とは？具体的に？

- ◆ 血圧低下
- ◆ 脈拍変動 ≡ 不整脈

麻酔で不整脈が発生する確率

◆ 50-75%

”麻酔をすると不整脈が生じる”

徐脈性不整脈 (HR < 60 bpm)
頻脈性不整脈 (HR > 100 bpm)

本日の目標

危険な(=致死的な)不整脈を知る



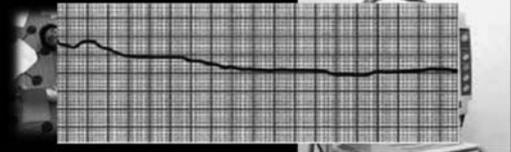
危険な (致死的な)不整脈とは？

心臓が止まってる
心臓が止まるかもしれない

心停止調律 (arrest)

非心停止調律 (non-arrest)

心停止の患者さんに
心電図モニターをつけると...

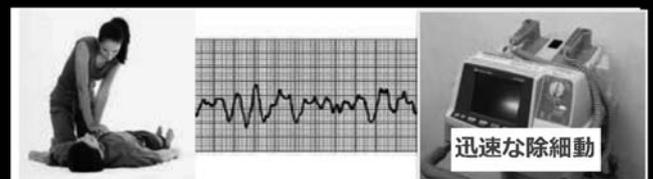


出てくる波形は
4種類！

心停止調律 (arrest)

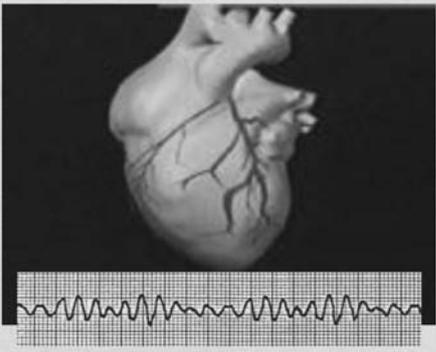
- 1) 心室細動: VF
- 2) 無脈性心室頻拍 pulseless VT
- 3) 無脈性電気活動 :
Pulseless Electrical Activity (PEA)
- 4) 心静止 : Asystole

心室細動 VF (Ventricular Fibrillation)

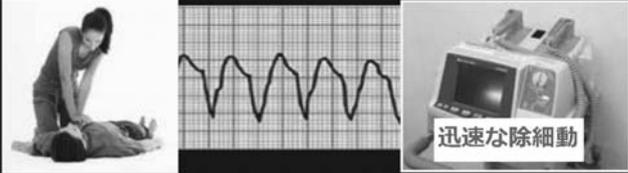


無秩序なQRS complex

心室細動=心臓がけいれんしている状態

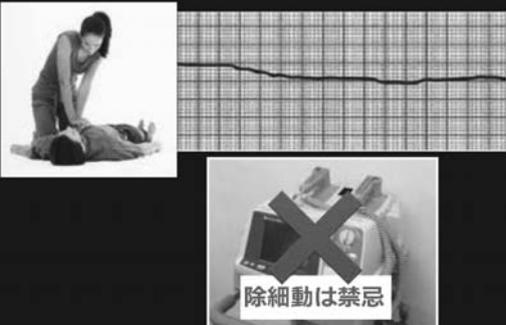


無脈性心室頻拍
Pulseless VT : Ventricular Tachycardia

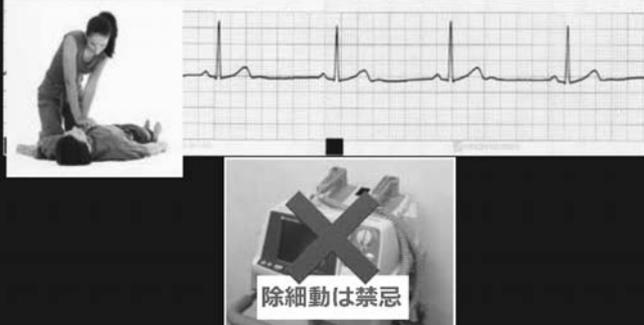


規則正しいQRS complex

Asystole
(心静止)



無脈性電気電気活動 (PEA)
Pulseless Electrical Activity



PEAの診断は、心電図ではなく
患者さんで行う！

PEAも「心停止」である！

PEAと判断した場合は、直ちに心肺蘇生を行わなければならない。

心電図モニター上、
どんなにきれいな波形であったとしても、
脈が触れなければ
心肺蘇生を躊躇してはならない。

院内心停止でリズムが
PEA(無脈性電気活動)である確率

75%-80%!!

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  

心停止調律 (arrest)

非心停止調律 (non-arrest)

心停止にしないことが
大切



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

徐脈性不整脈 Bradycardia

心拍数 < 60/分

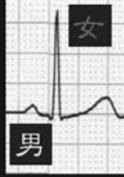
洞性徐脈

房室ブロック

- 1度房室ブロック
- 2度房室ブロック
- ウエンケバッハ型 (モービッツI型)
- モービッツII型
- 3度 (完全) 房室ブロック

徐脈性不整脈の 認識のポイント

P波とQRSの関係に着目！



洞性徐脈



1度 房室ブロック



PとQRSは5マス(0.20sec)以上離れているが
P:QRSは1:1で変わらないもの

2度 房室ブロック (ウエンケバッハ型)



PとQRSがだんだん離れていく

2度 房室ブロック (モービッツII型)



一見、仲良しに見えるのだが・・・

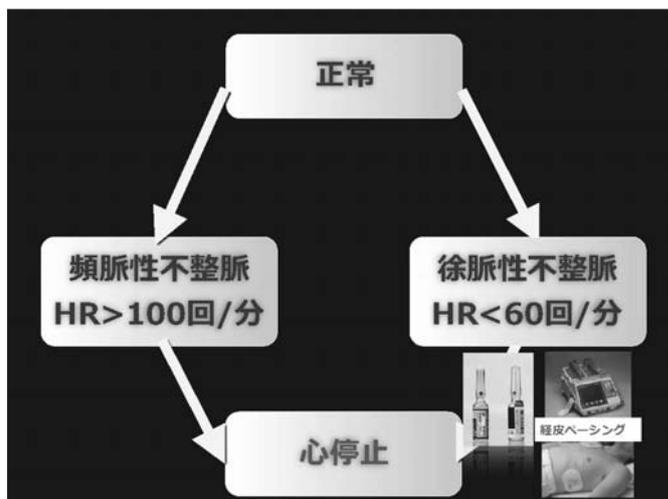
3度 (完全) 房室ブロック



お互いに全く干渉していない！

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

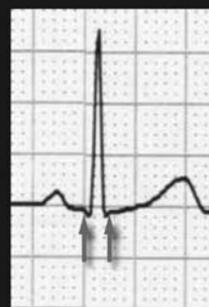


非心停止調律 (non-arrest)

頻拍性不整脈

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

心室性頻拍と上室性頻拍をどう鑑別するか？



QRS波 = 心室の興奮

QRS波の幅 =
心室の興奮にかかる時間

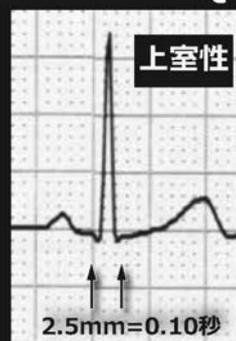
QRSの幅 狭い(3mm以内)

↓
心室内の興奮は正常の
刺激伝導系を
通っている

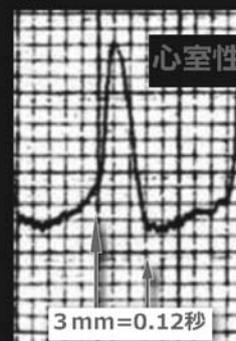
↓
興奮は上室からきている = 上室性



QRSの幅



Narrow(狭い) QRS



Wide(広い) QRS

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

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)

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！



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

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

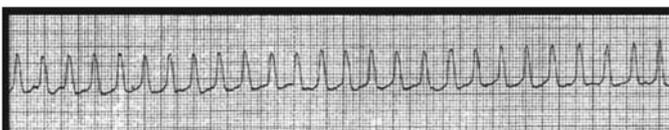


幅の広いQRSの頻拍症 Wide QRS Tachycardia

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

のどちら可能性もありうる





幅の広いQRSの頻拍症

心室性頻拍 (VT)

として対処してよい



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

心室頻拍
VT



単形性心室頻拍
Monomorphic VT



心室頻拍
VT



多形性心室頻拍
Polymorphic VT

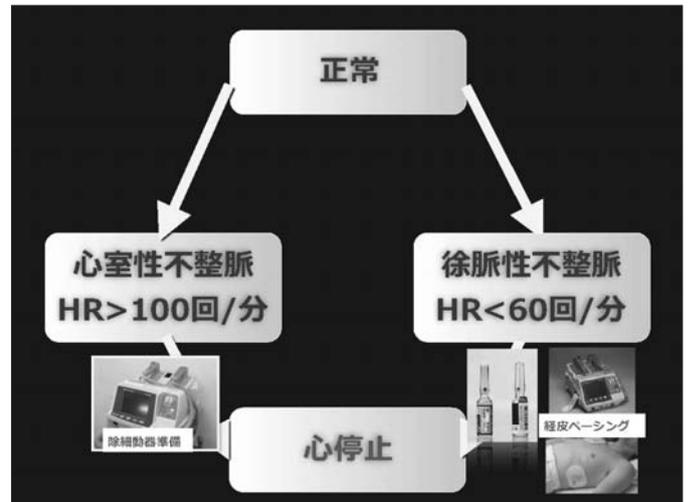


心室性不整脈(VT)は危険です
=心停止のリスクがある

★ 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



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)

幅の狭いQRSの頻拍
Narrow QRS complex Tachycardia

↓

上室性頻拍

VTではない!

上室性頻拍 (SVT)

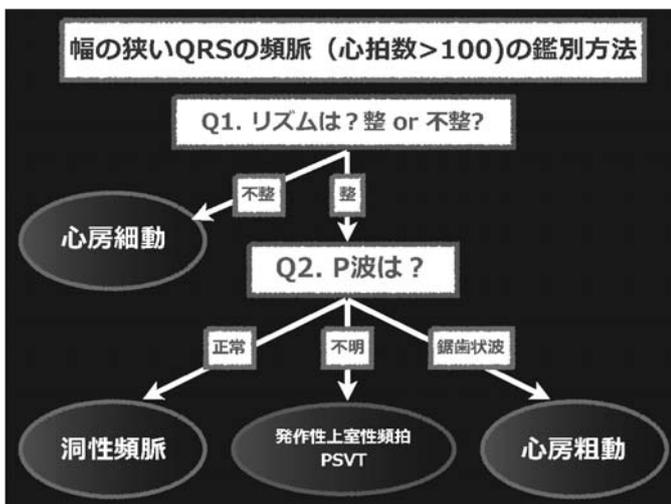
1. 洞性頻脈
2. 心房細動頻拍 (Af)
3. 発作性上室性頻拍 (PSVT)
4. 心房粗動頻拍 (AF)
5. 接合部頻拍 (JT)
6. 多源性心房頻拍 (MAT)

上室性頻拍の鑑別方法

ポイントは2つだけ

Q1. リズムは? 整 or 不整?

Q2. P波は?



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

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

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

PSVT (発作性上室性頻拍)

幅の狭いQRSの頻拍 上室性の頻拍

1. リズム不整
2. P波は不明

PSVTの臨床的特徴
突然発症!!

リズム整の上室性頻拍 Regular Narrow QRS complex Tachycardia

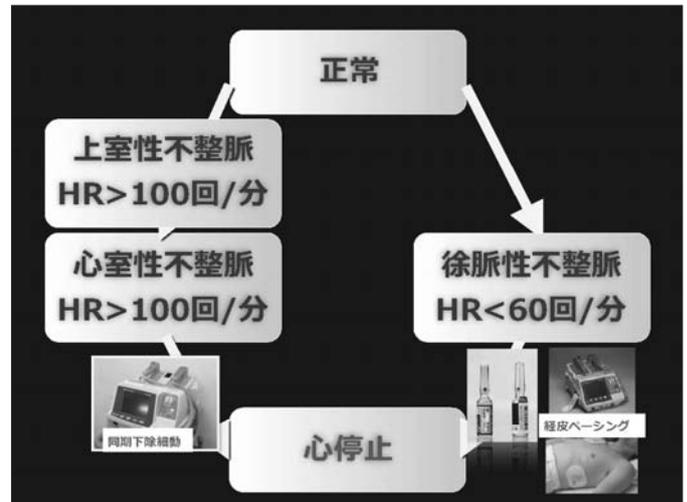
幅の狭いQRSの頻拍 上室性の頻拍

1. リズム整
2. P波は不明。“のこぎり”みたいにも見えるな～

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



周術期に知っておくべき
不整脈とは?

心臓が止まっている
心臓が止まるかもしれない

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

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

男と女

2020.5.18 第4学年講義

周術期管理・特殊な麻酔



札幌医科大学医学部 麻酔科学講座
立花 俊祐

本日の目標

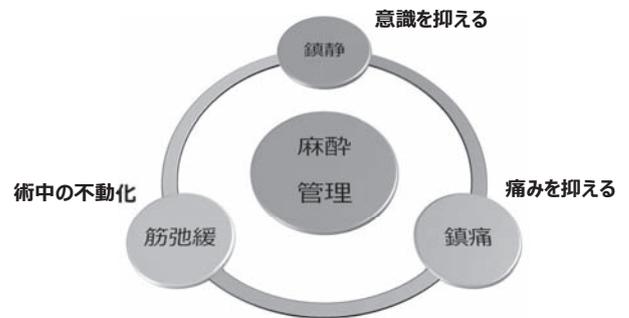
- ① 麻酔科医の視点から周術期管理や疼痛管理を学ぶ。
- ② 特殊な麻酔を含めた管理の実際に触れる。

Lecture Contents

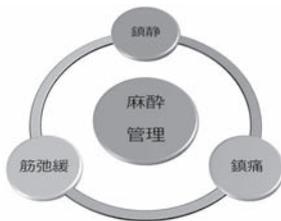
- 1. 麻酔管理とは
- 2. 周術期管理と麻酔医
- 3. 特殊な麻酔



麻酔の3要素



実際の麻酔に置き換えると



異なる効果・作用機序の薬剤を組み合わせることで、かつ全体としての副作用を最小にして質の高い麻酔を行うこと。

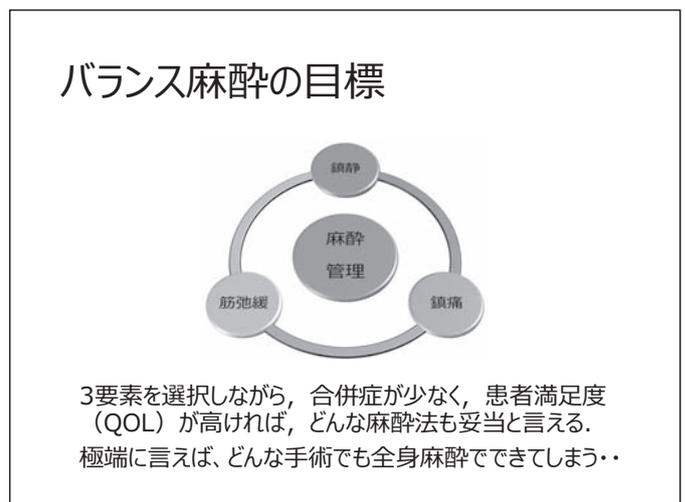
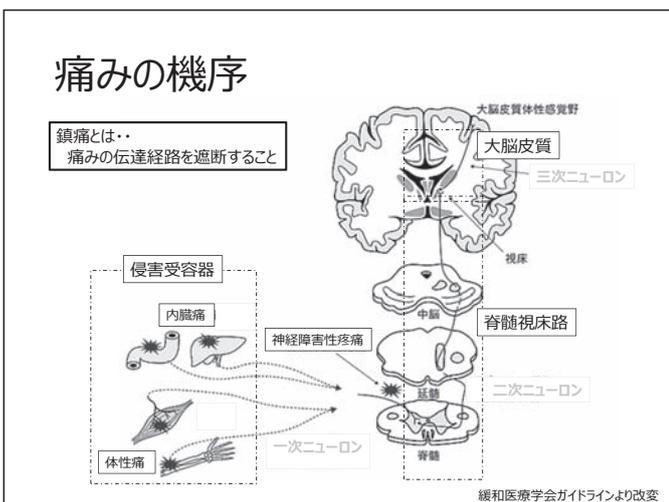
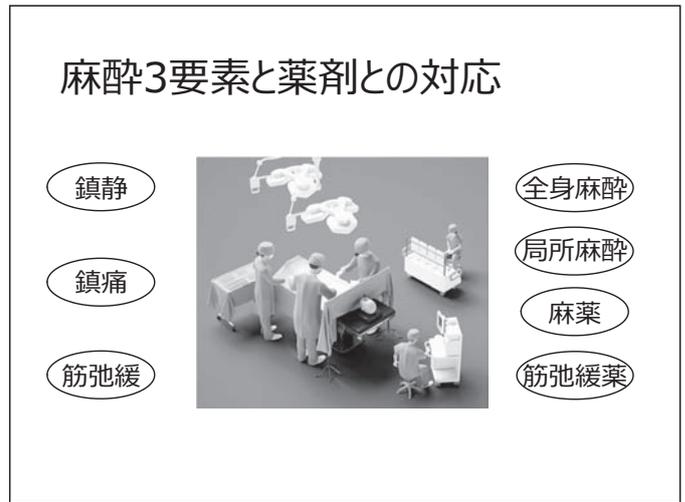
↓
バランス麻酔

バランス麻酔のすゝめ



術式（侵襲）や患者の全身状態、術前の合併症などを考慮し麻酔の3要素と照らしあわせて麻酔法・薬剤投与を継続的に選択していく作業

6 周術期管理、特殊な麻酔



麻酔管理とは・・・

「薬剤を用いて感覚を可逆的に変容させ、侵襲や外界の変化から生体を守る。」
 「患者の個人差を考慮しながら、生体の機能を最大に維持する。」

呼吸管理

疼痛管理

循環管理

中枢神経管理

体液管理

体温管理



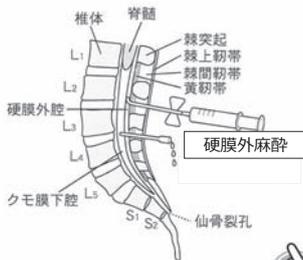
Lecture Contents

1. 麻酔管理とは
2. 周術期管理と麻酔医
3. 特殊な麻酔



麻酔科医の醍醐味-痛みを和らげる

1. 硬膜外麻酔 (Epidural anesthesia)



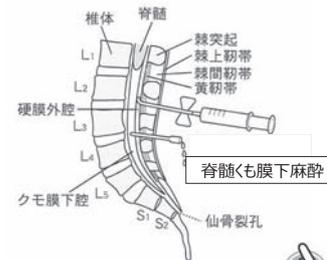
- 硬膜外腔に局所麻酔薬を投与する。
- 全身麻酔と併用することが多い。
- 脊髄くも膜下麻酔と併用可能。



カテーテルを挿入して薬剤を持続投与することができる。

麻酔科医の醍醐味-痛みを和らげる

2. 脊髄くも膜下麻酔 (Spinal anesthesia)



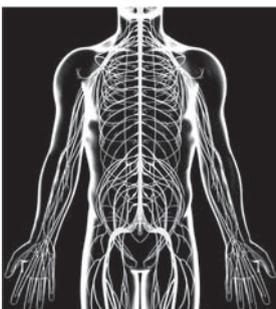
- 脊髄くも膜下腔に局所麻酔薬を投与する。
- 下半身麻酔・腰椎麻酔ともいう。
- 使用薬液は硬膜外麻酔より少量。



薬液種類や体位を調整することにより麻酔高をコントロールすることができる。

麻酔科医の醍醐味-痛みを和らげる

3. 末梢神経ブロック (Peripheral nerve block)



- 末梢神経周囲に局所麻酔薬を投与する。
- 神経の支配領域のみに鎮痛・筋弛緩効果が現れる。
- エコー機器の使用で安全性と視認性を確保できる。



カテーテルを挿入して薬剤を持続投与することができる。

周術期鎮痛法-PROSPECT Study

6 周術期管理、特殊な麻酔

Multimodal Analgesia

多様式（多様性）鎮痛

異なる作用機序の鎮痛を組み合わせて施行することにより、**相乗効果**を得て、かつ全体としての**副作用を最小**にして質の高い効果を得ること。

例えば・・・

オピオイドは鎮痛効果が高いが、術後に使いすぎると嘔気や腸管麻痺、呼吸抑制の副作用が出現する。オピオイド使用を減らし、同等の鎮痛を得るために、他鎮痛薬を追加で使用する。

↓

術後鎮痛の質と患者満足度を上げる。

Multimodal Analgesia

	単一の鎮痛法	多様性鎮痛(推奨) First Choice Rescue	コメント	
腹腔鏡下胆嚢摘出術	1, 2, 3, 6	1+2+3+6	4/5	硬膜外鎮痛は有効だがbenefit/risk 低く推奨されない
腹腔ヘルニア修復術	1, 2, 6, 7, 10	1+2+6	4/5	持続創部浸潤, 腎動も腹下鎮痛の硬膜外鎮痛, 後背神経ブロックは有効だがbenefit/risk 低く推奨されない
腹式子宮全摘術	1, 2, (6/7)	1+2+6	4/5	創部浸潤を考慮, 硬膜外鎮痛はbenefit/risk 低く推奨されない
開腹結腸切除	1, 2, 7, 9	9+1+2	4/5	Gabapentinoidsを考慮, 硬膜外鎮痛が実施不可なら持続創部浸潤
開胸術	2, 9, 10	1+2+9 or 10	4/5	持続硬膜外鎮痛か後背神経ブロックが実施不可なら持続創部浸潤
人工膝関節置換術	1, 2, 6/7, 8, 11	1+2+7/8 or 9	4/5	Gabapentinoidsを考慮, 持続創部浸潤, 末梢神経ブロック, 腎動も腹下ブロック+オピオイドと比べて硬膜外鎮痛はbenefit/risk 低く推奨されない

1. アセトアミノフェン
2. NSAIDs, COX-2阻害薬
3. グルココルチコイド
4. 強オピオイド
5. 弱オピオイド
6. 局所麻酔薬創部浸潤
7. 局所麻酔薬持続創部浸潤
8. 持続末梢神経ブロック
9. 持続硬膜外鎮痛
10. 持続傍脊神経ブロック
11. 局所麻酔薬脊髄+腹下麻酔+強オピオイド

Gritsenko K et al. Best Pract Res Clin Anaesthesiol 2014.を参考にした。

周術期の定義

外来受診から手術が終了して退院するまでを周術期という。

周術期管理チーム

外科医, 麻酔科医, 手術室看護師, 病棟看護師, 臨床工学技士, 作業療法士, 薬剤師, 栄養士, 医療事務すべての職種が、協働して目標を達成する。

チーム医療推進について

厚生労働省医政局長通知（平成22年4月30日）

各医療スタッフの専門性を十分に活用して、患者・家族とともに質の高い医療を実現するためには、**各医療スタッフがチームとして目的と情報を共有した上で、医師等による包括的指示を活用し、各医療スタッフの専門性に積極的に委ねるとともに、医療スタッフ間の連携・補完を一層進めることが重要**である。

実際に各医療機関においてチーム医療の検討を進めるに当たっては、局長通知において示したとおり、まずは当該医療機関における実情（医療スタッフの役割分担の現状や業務量、知識・技能等）を十分に把握し、各業務における管理者及び担当者間においての責任の所在を明確化した上で、**安心・安全な医療を提供するために必要な具体的な連携・協力方法を決定し、医療スタッフの協働・連携によるチーム医療を進めることとし、質の高い医療の実現はもとより、快適な職場環境の形成や効率的な業務運営の実施に努められたい。**

通知からおよそ10年が経過し、現在は様々な形でチーム医療が発展している。

周術期管理チームの重要性

リスクを最小化

複数のチェック機構

病院・地域の活性化

医療側のQOL向上

周術期管理チーム

病棟看護師との連携の実際

- 術前後の患者さんの経過をともに確認する。
- 麻酔科医が把握しきれない情報を得てもらう。
- 手術室外での急変を察知してもらう。



手術室看護師との連携の実際

- どのような状況でも患者さんの安全（命）を守る。
- 術者に良好な手術環境を提供する。
- 手術が円滑に進行するように諸々のサポートを行う。
- 依頼された麻酔は断らない。



WHO手術安全チェックリスト(2009年)

Surgical Safety Checklist

World Health Organization Patient Safety

Before induction of anaesthesia (with at least nurse and anaesthetist)	Before skin incision (with nurse, anaesthetist and surgeon)	Before patient leaves operating room (with nurse, anaesthetist and surgeon)
<p>Has the patient confirmed his/her identity, site, procedure and consent?</p> <p>患者の理解は？</p> <p>Is the site marked?</p> <p>マーキングは？</p> <p>Is the anaesthesia machine and medication checked completely?</p> <p>器械・薬剤チェック</p> <p>Is the pulse oximeter on the patient and functioning?</p> <p>酸素飽和度正常？</p> <p>Does the patient know allergy?</p> <p>アレルギーチェック</p> <p>Difficult airway</p> <p>気道確保困難？</p> <p>Risk of >500ml blood loss (including in children)?</p> <p>出血リスク？</p>	<p>Confirm and introduce themselves by name and role.</p> <p>自己紹介 患者・術式確認</p> <p>Confirm the patient's name, procedure, and where the incision will be made.</p> <p>Has antibiotic prophylaxis been given within the last 60 minutes?</p> <p>60分以内の抗生剤？</p> <p>Anticipated Critical Events</p> <p>To Surgeon:</p> <p>予想イベント？</p> <p>To Anaesthetist:</p> <p>To Nursing Team:</p> <p>Is essential imaging displayed?</p>	<p>Nurse Verbally Confirms:</p> <p>Completion of instrument, sponge and needle counts</p> <p>Specimen labelling (least specimen labels ahead, including patient name)</p> <p>Whether there are any equipment problems to be addressed</p> <p>Surgeon, Anaesthetist and Nurse:</p> <p>What are the key concerns for recovery and management of this patient?</p>

WHO手術安全チェックリストは有効か？

Surgical Checklist Implementation Project: The Impact of Variable WHO Checklist Compliance on Risk-adjusted Clinical Outcomes After National Implementation

A Longitudinal Study

Erik K. Mayer, PhD, FRCS, Nick Sevdalis, PhD, Shantanu Rout, MRCS, Jochem Caris, MRCS, Stephanie Russ, PhD, Jenny Mansell, MSc, BSc, Rachel Davies, BA (Hons), Petros Skapinakis, PhD, MPH, Charles Vincent, PhD, Thanos Athanasiou, PhD, FETCS, Krishna Moorthy, PhD, FRCS, and Ara Darzi, FACS, FMedSci, FRS, KBE

- 2010年3月-2011年6月に調査。
- 調査対象は6,714患者。
- チェックリスト運用によって臨床的予後に与える影響を調べた。

Annals of surgery 2016. 263:58-64

WHO手術安全チェックリストは有効か？

Surgical Checklist Implementation Project: The Impact of Variable WHO Checklist Compliance on Risk-adjusted Clinical Outcomes After National Implementation

A Longitudinal Study

Erik K. Mayer, PhD, FRCS, Nick Sevdalis, PhD, Shantanu Rout, MRCS, Jochem Caris, MRCS, Stephanie Russ, PhD, Jenny Mansell, MSc, BSc, Rachel Davies, BA (Hons), Petros Skapinakis, PhD, MPH, Charles Vincent, PhD, Thanos Athanasiou, PhD, FETCS, Krishna Moorthy, PhD, FRCS, and Ara Darzi, FACS, FMedSci, FRS, KBE

- 3つの大項目全てをチェックした症例は全体の62.1%。
- 死亡率に影響はないが、術後合併症発症率を有意に下げた。
- チェックリストが運用できなかった原因として、『上席の外科医や麻酔科医がチェックリストに著しく非協力的』が多かった。

Annals of surgery 2016. 263:58-64

当院における執刀時タイムアウト

手術執刀時に執刀医は、タイムアウトを宣言する。

患者名・手術部位・術式・予想時間・出血量を声に出して医療スタッフに呼びかけ、担当麻酔医は麻酔チャートなどで、執刀医と看護師は麻酔申込書、手術同意書などで間違いのないことを指差確認してから手術を開始する。

※ 担当麻酔医はその際に、チェックリストをチェックする。

札幌医科大学病院 医療安全対策マニュアル
第IV章 6. 周手術期「手術部位の誤認防止」より抜粋

6 周術期管理、特殊な麻酔

ERASプロトコール

ERAS

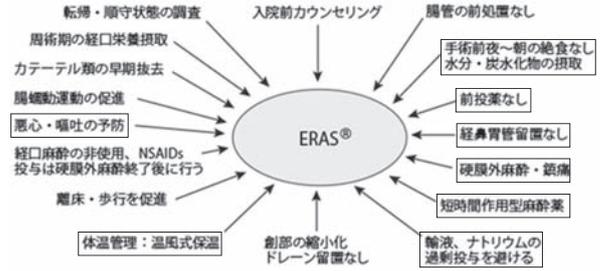
= Enhanced Recovery After Surgery

- 術後回復力を高めるための多くのエビデンスを集約し周術期管理を行う。
- 手術による侵襲を可能な限り最小として、術後早期回復を図る。

1. 手術侵襲軽減
2. 術後合併症軽減
3. 術後回復促進
4. 在院日数の最短化
5. 早期の社会復帰
6. 医療費削減



ERASプロトコール



実際に麻酔科医が主導で行えることも多くある。

ERASプロトコールの導入効果

- ERASを導入することにより・・・

入院期間	有意に減少
合併症	有意に減少
患者の満足度	有意に上昇
医療コスト	有意に減少

- また、ERAS遵守項目が多いほど・・・

再入院率	有意に低下
------	-------

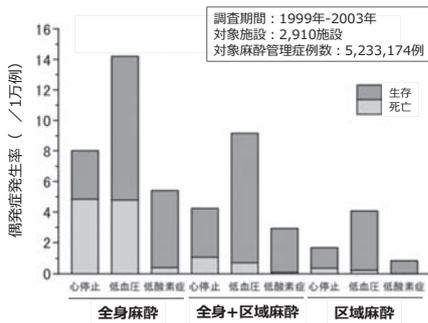
Clinical Nutrition 2010. 29:434-40
Col.dis 2010. 12:1175-82
Newzealand medical journal 2010. 123:61-70
ARCH Sur 2011. 146:571-77

麻酔関連の合併症



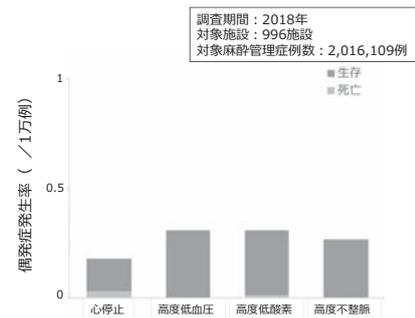
- ①突発性 - 致死的不整脈や大出血
- ②重篤性 - すぐに死につながる
- ③密室性 - 手術室という特殊空間

麻酔関連偶発症



- 麻酔管理が原因とされる危機的偶発症は2,263例
- 麻酔管理が原因で起こる死亡は10万例に1例

麻酔関連偶発症数は減少している。



- 麻酔管理が原因で起こる死亡は25万例に1例
- 危機的偶発症は全体的に減っている。
→ 麻酔技術の向上や周術期管理の充実化が示唆される。

時代が求める麻酔科医とは・・・



麻酔がしっかり効いて目が覚めればいいのだから・・・

術後の早期回復を意識した管理ができる。

麻酔さえ問題なく行えばあとは他科が管理するのだから・・・

麻酔だけでなく、積極的に情報を共有し周術期管理を行う。

他の職種から言われたことは気にしないでいいのだから・・・

周術期チーム医療のリーダーとして、包括的な管理も行う。

Shall we join us !?

Lecture Contents

1. 麻酔管理とは
2. 周術期管理と麻酔医
3. 特殊な麻酔管理



特殊な麻酔管理

- ① 帝王切開
- ② 小児麻酔
- ③ ダ・ヴィンチ麻酔
- ④ 覚醒下手術
- ⑤ 臨時手術



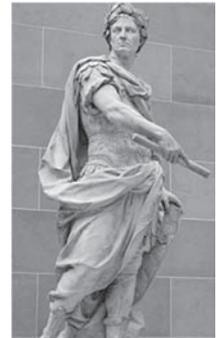
より繊細な計画と管理が求められる。

帝王切開（カイザー）

キーワードは “two-in-one package”



麻酔管理は、母体と児両方の全身状態を把握し対応しなければならない。



基本的には局所麻酔で管理する。

1. 鎮静薬や筋弛緩薬は胎盤を通過する。

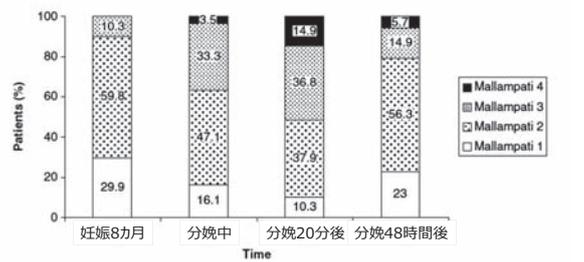
- 娩出直後の児の無呼吸
- 人工呼吸器管理が必要となる可能性

2. 気道確保の危険を避ける。

- フルストマック
- 妊娠期特有の困難気道：マランパチスコアの急激な変化

3. 児娩出後の対面が可能となる。

マランパチスコア



周産期は劇的に困難気道へと変化する。

6 周術期管理、特殊な麻酔

帝王切開では血圧安定化が難しい。

1. 脊髄くも膜下麻酔が主軸
2. 妊娠子宮が下大静脈を圧迫
3. 妊婦の脱水が進んでいる

脊髄くも膜下麻酔への対処

脊髄くも膜下麻酔によって交感神経が遮断される
(副交感神経が相対的に賦活化される)

末梢血管が拡張して後負荷が減少する

重篤な低血圧が起こる



- ①エフェドリン 心拍数を上げる
- ②フェニレフリン 末梢血管を収縮する
- ③アトロピン 副交感神経を抑制する

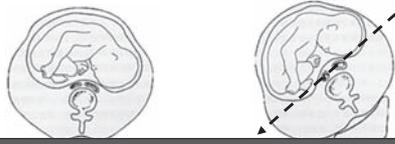
晶質液だけでなく膠質液の投与も考慮する

下大静脈の圧迫への対処

仰臥位になることで妊娠子宮が下大静脈（大動脈も）を圧迫

静脈還流が低下し前負荷が減少する

重篤な低血圧が起こる
(大動脈圧迫症候群または仰臥位低血圧症候群という)



※米国麻酔科学会産科麻酔ガイドラインでは、麻酔法に関わらず麻酔導入後から分娩までの間、子宮左方転移と積極的な輸液負荷が推奨されている。

小児麻酔

生理や解剖が成人とはもって非なる。
「小さな大人と思うなかれ。」



小児の特徴をしっかりとらえた麻酔管理
が必要となる。

周術期における小児特有の問題

予防接種スケジュールの確認

「一般的に、麻酔手術の影響が残存している期間は
予防接種を避ける。」

また

「生ワクチン接種後**1カ月以内**、不活化ワクチン接種
後**2週間以内**は麻酔を避ける。」



小児の呼吸生理

生理的特徴

頭が大きく舌も相対的に大きい。
喉頭けいれんリスクが高い。
気管が細い。

気道閉塞リスク

機能的残気量が相対的に小さい。

低酸素までの
予備力がない

小児の覚醒時興奮

Emergence agitation / delirium

発症の関連要因が明らかになりつつある。

- | | |
|---|---|
| Volatile anaesthetics
Type of surgery
Patient age
Parental anxiety
Patient anxiety
Patient pre-existing behaviour
Patient and parent interaction with health-care providers | 吸入麻酔薬
手術の種類
患児の年齢
不安や行動
医療側との人間関係 |
|---|---|

BJA2017. 118:335-43.



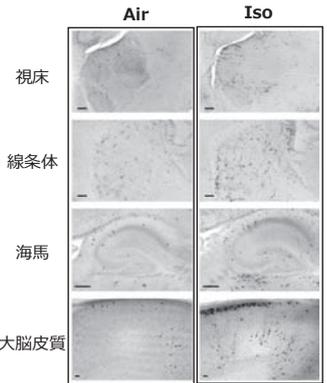
全静脈麻酔が有効という報告がある。

幼若脳への影響

生まれたばかりのマウスに対して複数回に渡りイソフルランを曝露した。

脳神経の細胞死と神経変性が出現。(イソフルランは神経毒性を有する)

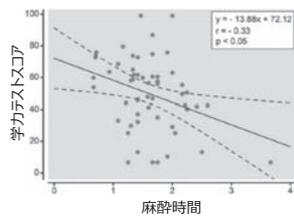
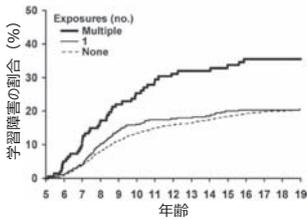
その後長期的な観察の結果、マウスの認知行動にも影響した。



Scientific Reports 2019. 9:2779

ヒトへの長期的な影響

- 4歳までの麻酔経験が0または1回の小児と比較して、複数回の麻酔経験を有する小児は将来的な学習障害の割合が高い。
- 1歳までに手術を経験した、中枢神経系に異常がない小児を対象とした。
- 麻酔時間が長いほど学力スコアが低い傾向となる。



Anesthesiology 2009. 110:796-804
Anesthesiology 2012. 117:494-503

FDAの最新勧告 (2017年)



<https://www.fda.gov/drugs/drug-safety-and-availability/fda-drug-safety-communication-2017-fda-approves-label-changes-use-general-anesthetic-and-sedation-drugs>

直近のエビデンス-GAS study

Neurodevelopmental outcome at 5 years of age after general anaesthesia or awake-regional anaesthesia in infancy (GAS): an international, multicentre, randomised, controlled equivalence trial
Lancet2019. 393:664-77

- オーストラリア, イタリア, アメリカ, イギリス, カナダ, オランダ, ニュージーランドの28病院が参加
- 生後60週未満に麻酔を受けた小児
- 麻酔: セボフルラン麻酔または覚醒下の区域麻酔
- 評価: 初等教育時 (5歳時点) の知能・行動変容

短時間のセボフルラン麻酔は脳発達に影響しない。

直近のエビデンス-MASK study

Neuropsychological and behavioral outcomes after exposure of young children to procedures requiring general anesthesia: The MASK study
Anesthesiology 2018. 129:89-105

- ミネソタ州でのstudy
- 1994年-2007年にミネソタ州で生まれた小児
- 麻酔: 3歳までに単回または複数回の全身麻酔を受けたもの
- 評価: 8-12歳または15-20歳おける知能・行動変容

知能の発達に影響はない。しかし、複数回の麻酔曝露によって、学習障害や行動変容につながる可能性あり。

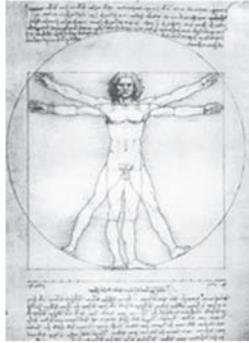


単回かつ短時間の麻酔曝露であれば影響は軽微とも考えられるが、今後も十分な検討が必要である。

6 周術期管理、特殊な麻酔

ダ・ヴィンチ麻酔

低侵襲で術後の回復は早いとされているが、頭低位と気腹で麻酔管理に難渋することもある。



ダ・ヴィンチ手術システム（ロボット支援）



サージョンコンソール

パシエントカート

ビジョンカート

ロボット支援手術の適応

2012年**前立腺がん**の手術に保険が適用

- 前立腺周囲組織の剥離，神経や血管の同定が行いやすい。
- 血管の結紮，膀胱・尿道の吻合操作に適している。
- 米国では，前立腺手術のほとんどはロボット支援下に行われている。

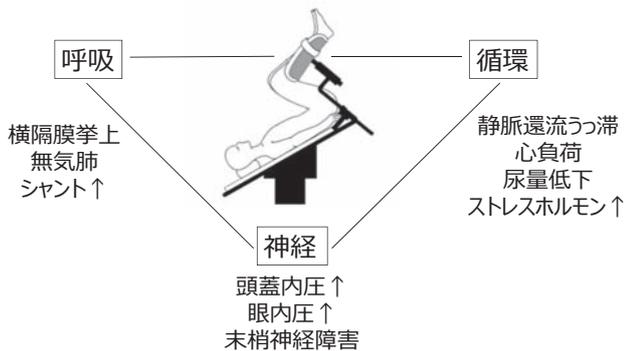
2020年1月現在は，**12疾患**の手術に保険が適用されている。

前立腺がん	直腸がん
食道がん	膀胱がん
肺がん	子宮体がん
縦隔悪性腫瘍	子宮筋腫
心臓弁膜症	縦隔良性腫瘍

頭低位と気腹の影響を無視できない。

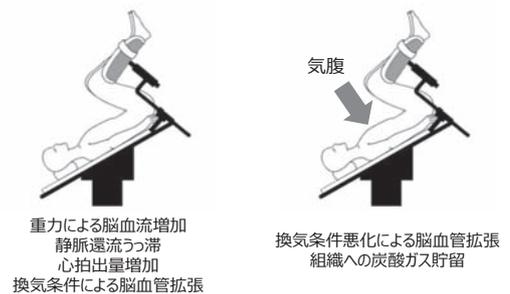


頭低位の影響

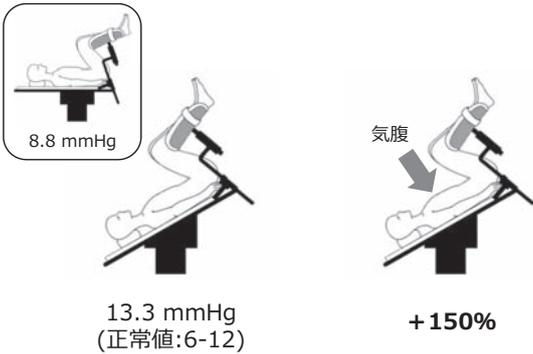


頭低位と気腹による影響

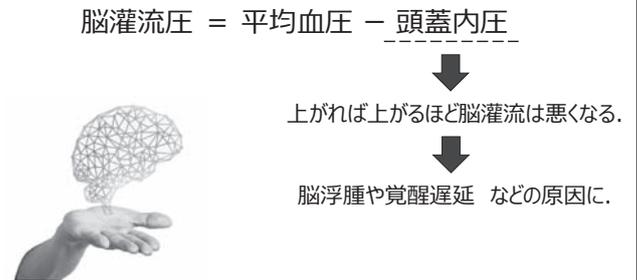
頭蓋内圧 → 脳実質 + 脳血管 + 脳脊髄液



頭低位と気腹による脳への影響



脳灌流圧の低下



眼内圧上昇の影響

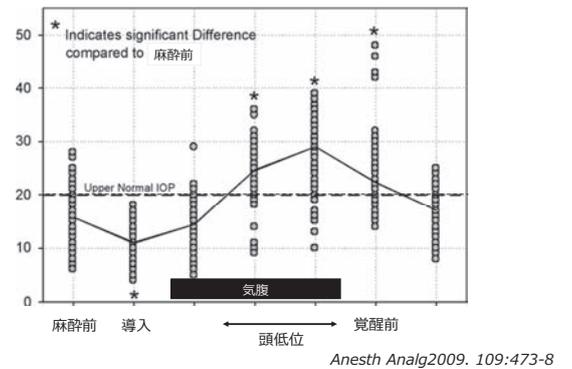
ロボット支援手術後に、視覚障害の報告あり。
→ そのうち1名は失明も。 *Neuroophthalmol2007. 27:285-7*

ロボット支援手術における眼内圧変化を検討した。
Anesth Analg2009. 109:473-8

- 対象：ロボット支援手術を施行した成人患者33名
- 体位：頭低位 25°
- 気腹圧：15mmHg



眼内圧上昇の影響



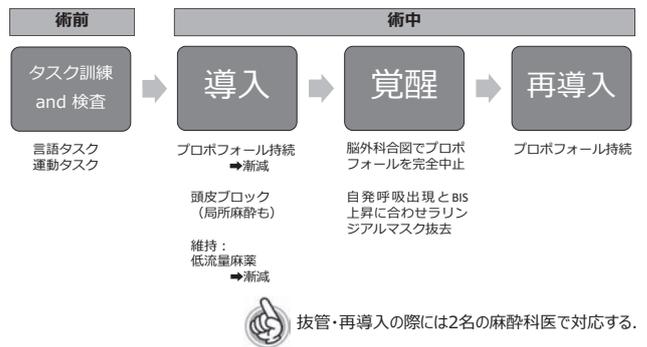
覚醒下手術

1. 脳実質は痛みを感じないことを利用する.
2. 病変切除の最大化と合併症の最小化を目標とする.

実際に覚醒中の様子をみてみましょう・・

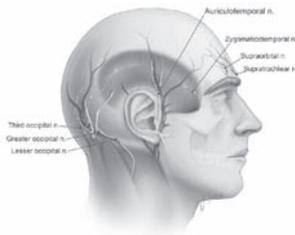
覚醒下手術の流れ

当院ではAsleep-Awake-Asleep法を採用している.



6 周術期管理、特殊な麻酔

質の高い頭皮神経ブロックを行う



選択的ブロック

眼高上神経
滑車上神経
頬骨側頭神経
耳介側頭神経
大耳介神経
大後頭神経
小後頭神経

- ヘッドピン刺入部に対しては、脳外科医から浸潤麻酔を追加してもらう。
- 神経ブロックと浸潤麻酔の効果が、麻酔管理の質に直結する。

臨時手術の特色

- 全身状態や既往などの情報が不足している。
- 絶飲食の状態が不明（フルストマックを想定）。
- マンパワーを確保できない。
- 麻酔の準備不足。
- バイタル不安定の可能性。
- リスク評価が十分でない。



2014年ACC/AHA非心臓手術ガイドライン

評価項目

定期手術
虚血性心疾患の既往
心血管イベントの可能性
運動耐用量

臨時手術
リスクの層別化

手術へ



本講義のまとめ

□麻酔とは、様々な麻酔法や薬剤を組み合わせ、変化に合わせて対処するテーラーメイド医療である。

□術前から術後までの周術期全体において、早期の回復を意識した管理が必要である。

□特殊な病態や術式では、それぞれの状況を的確に判断した麻酔管理が求められる。

Thank you for your attentions.

周術期のモニタリング

枝長 充隆
札幌医科大学医学部麻酔科学講座

モニタリングの重要性

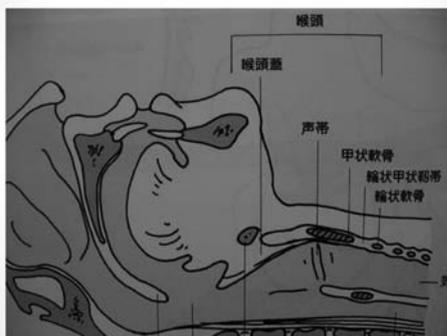
- 生体活動を予測する上でモニタリングは非常に重要である。
- 麻酔領域においては、とくに呼吸および循環の指標が必要不可欠となります。

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



麻酔薬の影響

- 麻酔薬の利点：鎮痛・鎮静
- 麻酔薬の欠点：呼吸抑制
- 呼吸抑制：呼吸数低下、呼吸停止、低酸素血症
 - 一つの原因として、舌根沈下による気道閉塞が関与

7 周術期のモニタリング

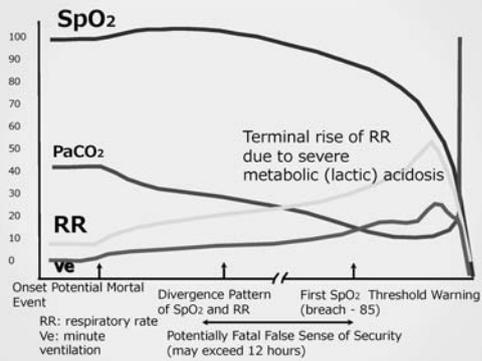
舌根沈下



呼吸抑制のモニタリング

- 動脈血酸素飽和度 = パルスオキシメータ
 - 酸素化
- 呼気CO₂分圧 = カブノメータ
 - 換気と呼吸回数
- RRa = (acoustic respiration rate)
 - 呼吸回数

Time Respiration rate < *Time* Desaturation



Type I pattern of Unexpected Hospital Death (e.g. Sepsis, CHF, PE)

SpO₂

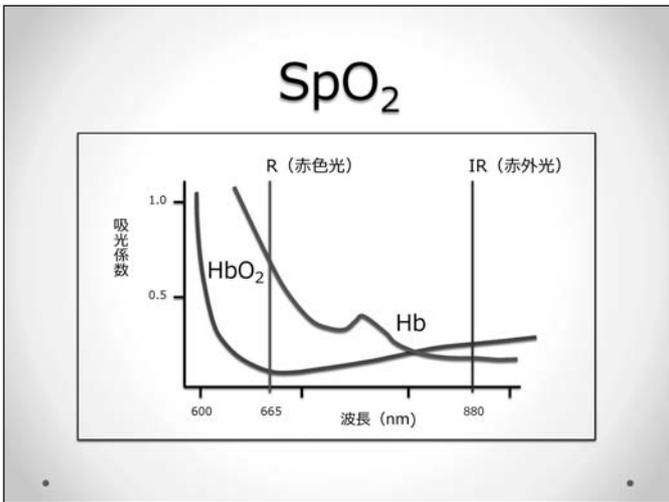
Saturation of pulseoxymeter oxygen

SpO₂ (動脈血酸素飽和度)



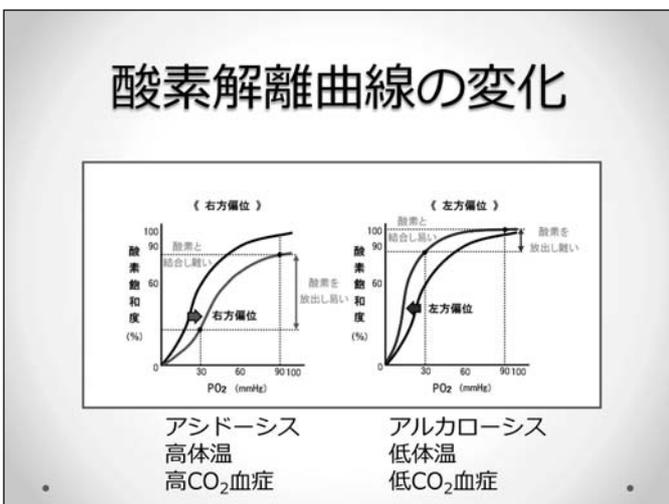
SpO₂

- 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る。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) となる。
- SpO₂はHbO₂とHb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
 - HbO₂とHbはそれぞれ光の波長が違う成分を吸収
 - 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

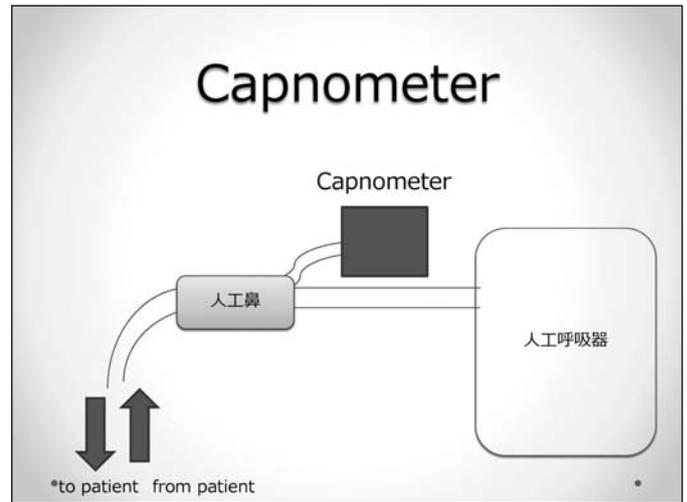
<h4 style="text-align: center;">利点</h4> <ul style="list-style-type: none"> 非侵襲的かつ連続的に動脈血酸素飽和度が測定できる。 	<h4 style="text-align: center;">欠点</h4> <ul style="list-style-type: none"> 低体温や循環不全では測定不能になり得る。 マニキュアなどの色素によって値の信頼性が低くなる（低値）。
---	---



SpO₂と PaO₂の目安

SpO ₂ (%)	PaO ₂ (mmHg)
98~100	95~
95	80
90	57 ÷ 60
75	40

7 周術期のモニタリング



EtCO₂

- CO₂は4.3μmの波長の赤外線を吸収（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
- 非挿管患者でも測定できる



EtCO₂

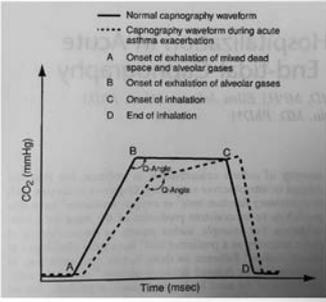
- 目的
非侵襲的に呼気CO₂分圧をモニターする
呼吸回数を測定
- 正常値 35mmHg
(一般的にPaCO₂との差は5mmHg)



EtCO₂の利点と欠点

利点	欠点
<ul style="list-style-type: none"> • 非侵襲的に測定可能 • 換気機能の指標 • PaCO₂を推定できる • 食道内留置かどうか • 肺梗塞の診断 • 気道狭窄の程度 	<ul style="list-style-type: none"> • 病棟では、非装備

Capnometer

— Normal capnography waveform
 ---- Capnography waveform during acute asthma exacerbation

A Onset of exhalation of mixed dead space and alveolar gases
 B Onset of exhalation of alveolar gases
 C Onset of inhalation
 D End of inhalation

RRa Acoustic Respiration Rate

Masimo Rad-87™



LCD ディスプレイ:
臨床現場のシステム設定、モニタリングモード、アラーム値などの設定を確認できます。

プロファイルインジケータ:
インジケータにより、ケア領域に応じて機能が正しく設定されているかどうかを簡単に確認することができます (色で識別)。

ステータスライト:
パラメータ表示画面が医療従事者から見えないうちに、アラームをビジュアル表示し、データ収集に誘導する警告を発生します。

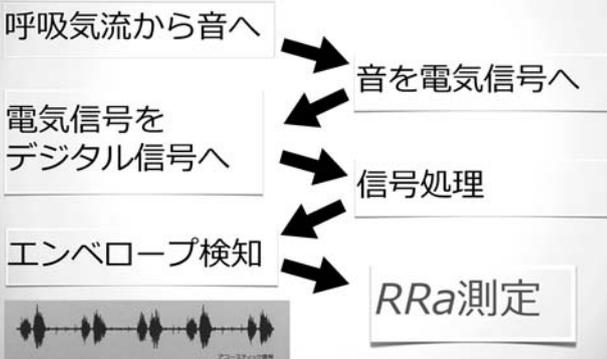
<http://www.masimo.co.jp/Rainbow/Rad87.htm>

呼吸数を測定する仕組み



- 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。

RRaの測定の仕組み



呼吸気流から音へ

音を電気信号へ

電気信号をデジタル信号へ

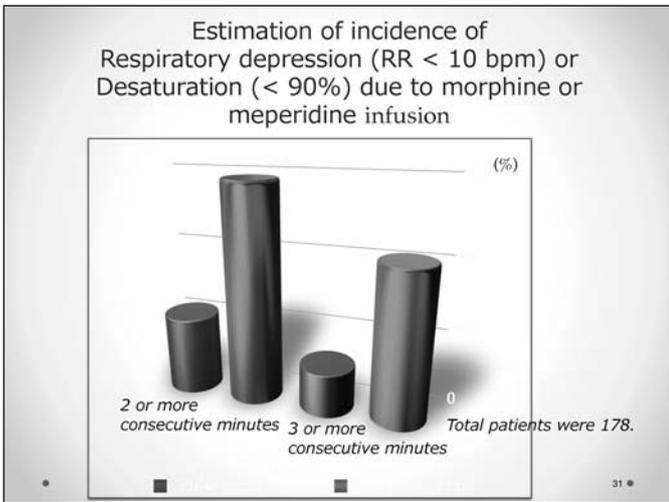
エンベロープ検知

RRa測定

Anesth Analg 2007;105:412-8.

Continuous Oximetry/Capnometry monitoring reveals frequent desaturation and bradypnea during patient-controlled analgesia

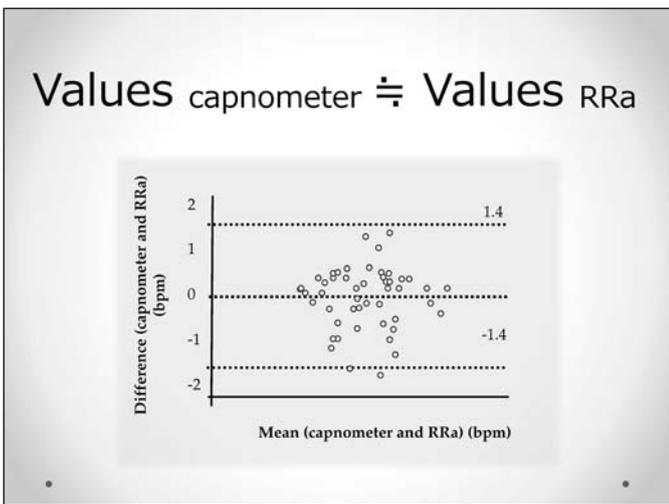
7 周術期のモニタリング



RRa

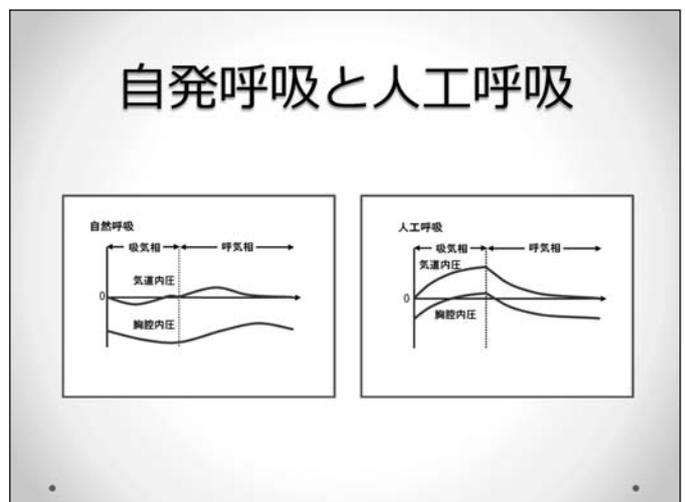
British journal of Anaesthesia
2012;108:872-5.

Accuracy of respiratory rate monitoring by using a non-invasive acoustic method after general anaesthesia



PIP

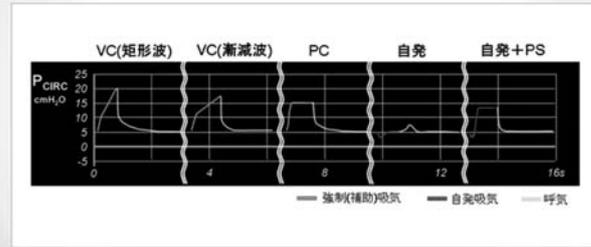
Peak inspiratory pressure
最高気道内圧



非生理的呼吸

- 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



<http://www.covidien.co.jp/medical/academia/respiratory/basic3>

循環のモニタリング

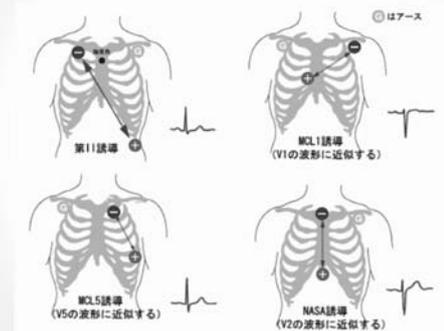
- ECG
- Blood pressure
- CVP (central venous pressure)
- SVV (stroke volume variation)
- PCWP (pulmonary capillary wedge pressure)

麻酔薬の影響

- 麻酔薬の利点：鎮痛・鎮静
- 麻酔薬の欠点：循環抑制
- 循環抑制：後負荷低下、心機能抑制、徐脈など

ECG Electrocardiogram

心電図3極のつけ方



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

心室性不整脈 (Lown分類)

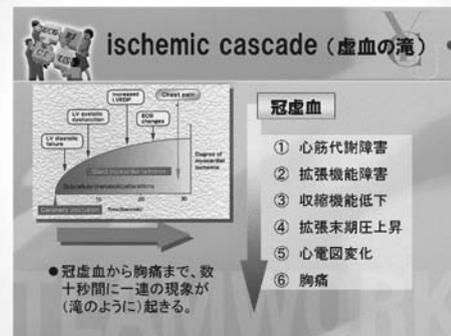
- I度：単発性
- II度：多発性
- III度：多形性
- IVa：2連発
- IVb：3連発
- V：Ron T



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。

虚血による変化



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。

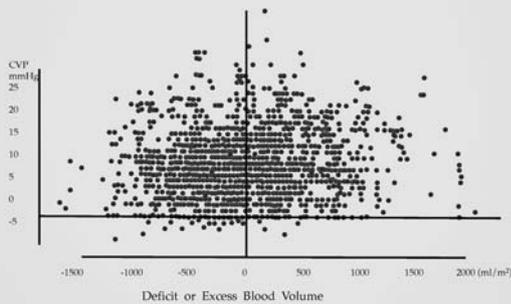
CVP

- 右房圧あるいは上大静脈圧
- 正常値0~5 mmHg
- 50年ほど前より輸液投与のgold standard
 - 輸液の反応性は低い
 - 数値が高いと予後が悪い

CHEST
2008;134:172-8.

Does Central Venous Pressure Predict
Fluid Responsiveness?

Blood volumeとCVP値の関係

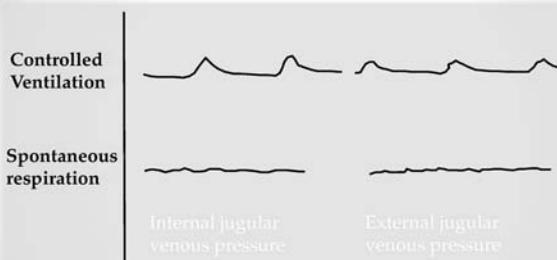


Anesthesiology

1973;38:291-4.

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

Venous pressureの呼吸変動



Typical mean venous pressure recording from a patient

CVPの増減

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

低下

- 循環血液量の低下
- 血管抵抗の減少
- 尿の流出
- 頭部高位

7 周術期のモニタリング

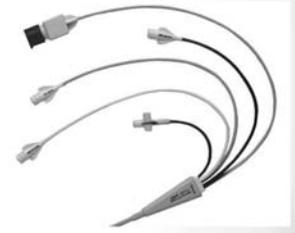
S-G catheter Swan-ganz catheter

S-G catheter

- 肺動脈留置で左室機能が測れる

測定項目

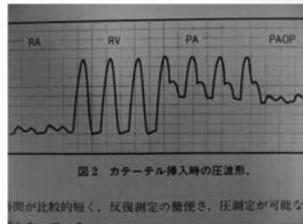
- CO : 心拍出量
- SvO₂ : 混合静脈血酸素飽和度
- PA : 肺動脈圧
- PCWP : 肺動脈楔入圧
- CVP : 中心静脈圧
- SVR : 体血管抵抗
- PVR : 肺血管抵抗



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

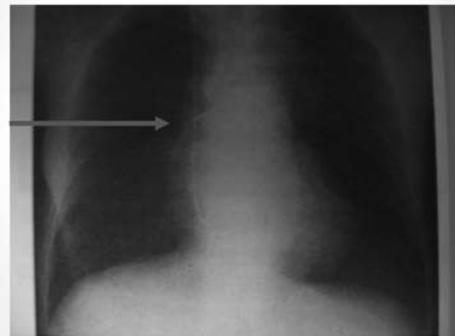
S-G catheter挿入時の波形

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



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



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。

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ティン

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。

S_vO₂

増加

減少

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 低体温 • COが上昇 • 輸血 | <ul style="list-style-type: none"> • 体温が上昇 • COが低下 • 貧血 • 低酸素血症 |
|--|---|

Forrester分類

心 係 数 2.2	(l/min/m ²)	
	Subset 1 死亡率3% 末梢循環不全 (-) 肺うっ血 (-) 治療: 経過観察	Subset 2 死亡率9% 末梢循環不全 (-) 肺うっ血 (+) 治療: 利尿薬 血管拡張薬
	Subset 3 死亡率23% 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	Subset 4 死亡率51% 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)	

N Eng J Med
2003;348:5-14.

A Randomized, Controlled Trial of
the Use of Pulmonary-Artery Catheters
in High-Risk Surgical Patients

7 周術期のモニタリング

Perioperative and postoperative morbidity

	Standard care group	Catheter group	P value
Length of hospital day	10	10	0.41
In hospital mortality	77	78	0.93
Renal insufficiency	95	70	0.07
Hepatic insufficiency	26	23	0.84
Wound infection	83	66	0.23

PCWPで管理すると

- 生存率は変わらない
- 肺血栓が有意に多かった

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/m²以上を目標
 - SVV : stroke volume variation 10~13%
 - SVR : 体血管抵抗
 - ScvO₂ : 上大静脈酸素飽和度

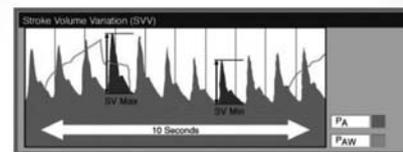
SVV

- Flotrac/Vigileo にて測定できる指標の一つ
- 専用の動脈ラインイントロドューサーに接続すれば画面に表示
- 輸液の反応性を図る指標として期待される



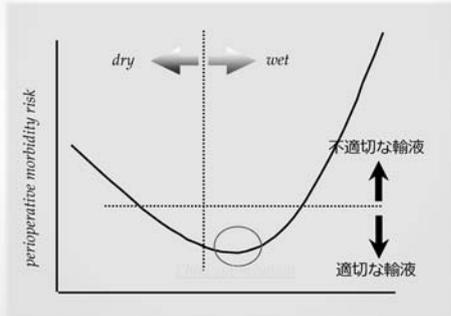
<http://www.edwards.com/Products/MinInvasive/pages/Vigileo.aspx>

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



プリセップカテーテル

- プリセップCVオキシメトリーカテーテルは、中心静脈カテーテルの機能に加え、中心静脈血酸素飽和度（ScvO₂）の連続的測定が可能なトリプルルーメンのカテーテルです。

ScvO₂

- 上大静脈酸素飽和度
- 正常値 65%以上
- 計算式はないが、組織の酸素代謝を表す指標
- 中心静脈カテーテルのみ留置すればよいため、肺動脈カテーテルと比べると留置時の安全性は高い。

Crit Care Med

2005;33:1119-22.

Let us use the pulmonary artery catheter correctly and only when we need it

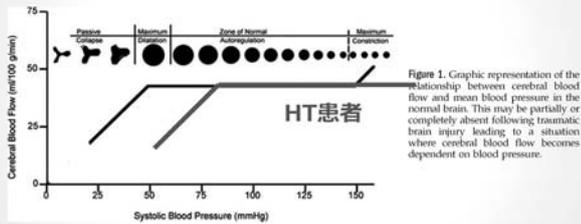
Fluid balance

data	ScvO ₂ group	Control group	P value
Perioperative Ringer acetate	649 ± 333	2743 ± 1020	< 0.001
HES 130/0.4	438 ± 419	285 ± 405	0.004
Postoperative Ringer acetate	138 ± 529	1363 ± 771	< 0.001
HES 130/0.4	313 ± 328	194 ± 333	0.006
Total fluid unit	3869 ± 992	6491 ± 1649	< 0.001

血圧と脳血流

7 周術期のモニタリング

血圧を維持する重要性



脳波モニタリング

脳循環を規定する因子

- 血圧
- 心拍出量
- SpO₂
- CO₂
- 脳灌流圧

SpO₂とは別のモニタリングが必要である

INVOS

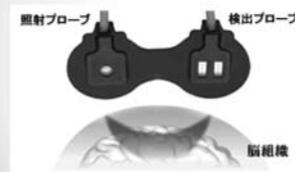


http://www.nihonkohden.co.jp/ryo/products/monitor/01_beside/invos5100c.html

INVOS

- 脳局所酸素飽和度は、前額部にセンサーを貼付する事で測定できる
例: $rSO_2 = 0.25 \times SpO_2 + 0.75 \times SvO_2$
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、相対変化を指標
絶対値で50%以下、相対変化で20%以上の変化は注意

NIRO



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

NIRO

- 脳の局所ヘモグロビン濃度を捉えること
- O₂Hb濃度とHb濃度を捉えて血液の酸化状態を測定
- Tissue Oxygenation Index (TOI)
 - $TOI = O_2Hb / (O_2Hb + Hb)$
- 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O₂Hb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。
- 相対変化を指標

O3



O3

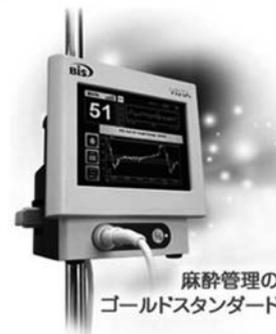
- ランベルト・ベールの法則を用いて測定する
- センサより近赤外光を発する
- センサは一つの発光部と受光部から成る
- 局所脳酸素飽和度は、30%の動脈血と70%の静脈血から構成されているものと仮定されて測定

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)、PSI (patient state 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



http://www.nihonkohden.co.jp/iryo/products/monitor/01_beside/a3000.html

7 周術期のモニタリング

BIS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は脳の電氣的活動の消失を示す。40~60が適切な鎮静度
- 術中覚醒のモニタリング
- 鎮静薬の投与量をおある程度少なくできる可能性あり。

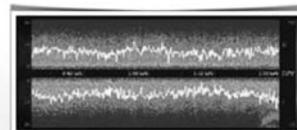
PSI (patient state index)



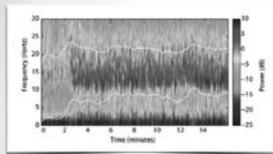
PSIを測定する

利点

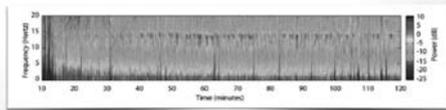
- 患者の脳波（EEG）信号を連続的に処理する
- PSI値 = 100は完全な覚醒状態を示し、PSI値 = 0は脳の電氣的活動の消失を示す。25~50が適切な鎮静度を表す
- 麻酔薬の種類や時間経過をDSA (density spectral array)で示す



薬剤によるDSAの違い

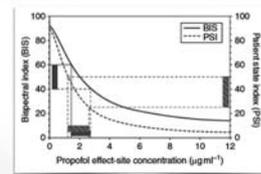
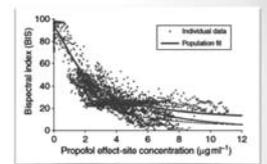
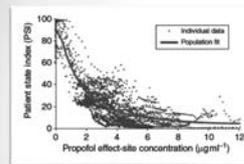


propofol

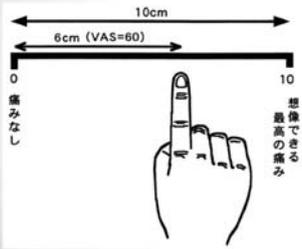


dexmedetomidine

BISとPSI



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



筋弛緩薬の効果

- **4回の刺激 (Train Of Four: TOF)** を母指内転筋に与えることで何回筋肉が収縮するかで筋弛緩の効果を判断します。
 - 0回 強い筋弛緩状態
 - 1回 適切な筋弛緩状態
 - 2~3回 筋弛緩薬の追加が必要
 - 4回 拮抗できる

筋弛緩薬の効果

- 母指内転筋だけではありません！
- 皺眉筋
- 眼輪筋
- 後脛骨筋



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

体温管理



安全な麻酔のための モニター指針2019年改訂版

- 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（筋弛緩薬および拮抗薬を使用する際）
- 脳波モニター

札幌医科大学医学部
第4学年講義 2020年度

ペインクリニック
神経ブロック

札幌医科大学医学部麻酔科学講座
澤田敦史

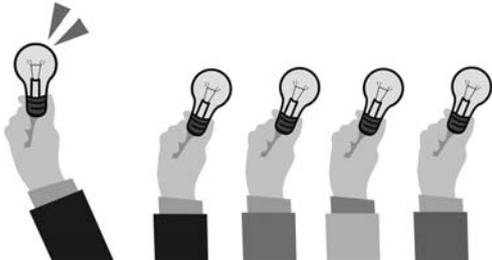


「ペインクリニックについて理解する」
「神経ブロックについて理解する」

本日の目標



ペインクリニックについて理解する



痛みとは？

「脊髓反射」の概念を「教会の鐘」に例える
身体を機械として扱う「身体機械論」により、
痛みが科学的に捉えられるようになった



Rene Descartes
(1596 - 1650)

痛みとは？

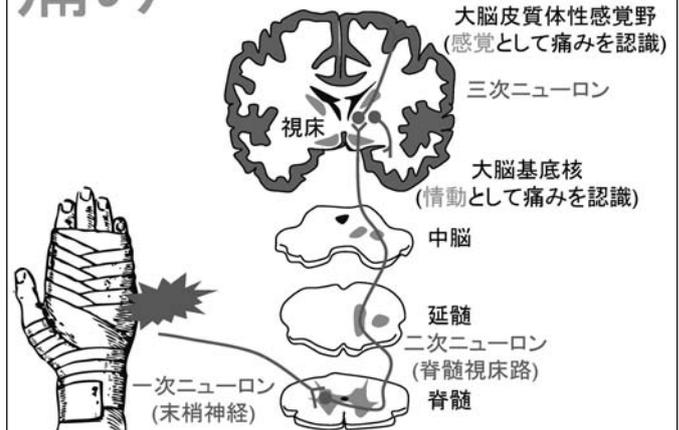
1979年 国際疼痛学会 (IASP)

「痛み」とは、実質的または潜在的な組織損傷と関連した
『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」とは、損傷・傷害に起因する
『不快な感覚と情動』



痛みの伝導路



大脳皮質体性感覚野
(感覚として痛みを認識)

三次ニューロン

視床

大脳基底核
(情動として痛みを認識)

中脳

延髄

二次ニューロン
(脊髓視床路)

一次ニューロン
(末梢神経)

脊髓

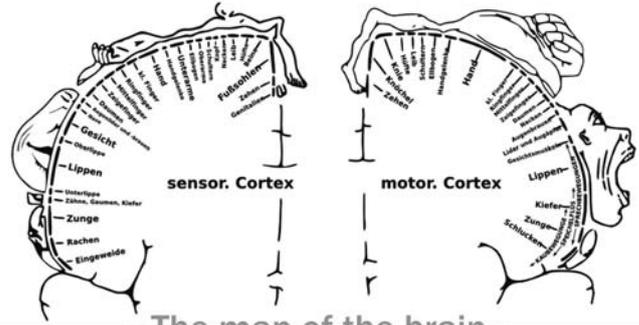
視床とは？



全身の知覚刺激情報を認識し、
大脳皮質、大脳基底核に伝達する

大脳皮質体性感覚野とは？

全身の感覚、温痛覚、触覚の中樞



The map of the brain is.

Wilder Graves Penfield
(1891 - 1976)

末梢神経とは？

種類	機能	直径	伝導速度
Aα線維	運動	太い	早い
Aβ	触圧覚	↑	↑
Aγ	固有覚	↑	↑
Aδ	温痛覚	↓	↓
B線維	自律神経 (節前線維)	↓	↓
C線維	自律神経 (節後線維)	細い	遅い

末梢神経とは？

Aδ線維

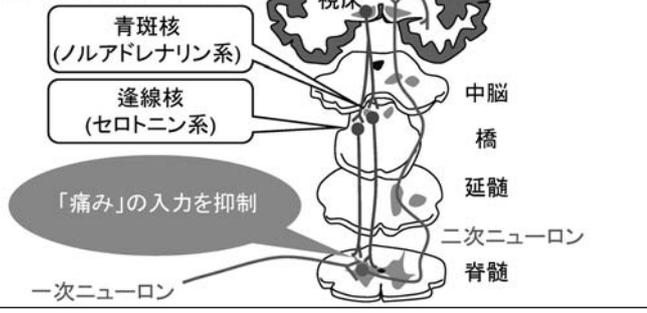
有髄神経
鋭い痛みを伝える
主に機械的侵害受容器
逃避行動に関与(反射弓)

C線維

無髄神経
鈍い痛みを伝える
主に多種侵害受容器

痛みの抑制経路

下行性
疼痛抑制系



痛みの評価

痛みは主観的評価しかできない

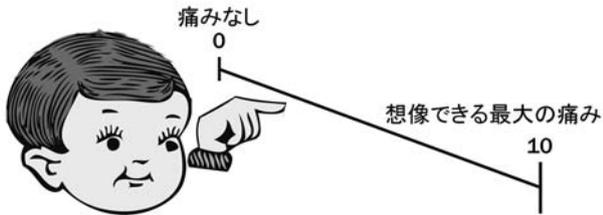
- Visual Analogue Scale/ VAS
- Numerical Rating Scale/ NRS
- Face Rating Scale



痛みの評価

Visual Analogue Scale/ VAS

長さが10cmの黒い線(左端:痛みなし, 右端:想像できる最大の痛み)を患者に見せて, 痛みがどの程度かを指し示してもらおう
*臨床では10cmのスケール(定規)を使用する



痛みの評価

Numerical Rating Scale/ NRS

「痛みなし」が0, 「想像できる最大の痛み」が10として, 11段階に痛みを数値化して評価する.

「痛みなし」がないのが0点,
「これ以上痛いと思ってしまう痛み」が
10点として, 今日の痛みは何点ですか?



痛みの評価

Face Rating Scale/ FRS

患者の表情で痛みの強さを評価する方法. VASやNRSで評価が困難な高齢者や小児に用いられる



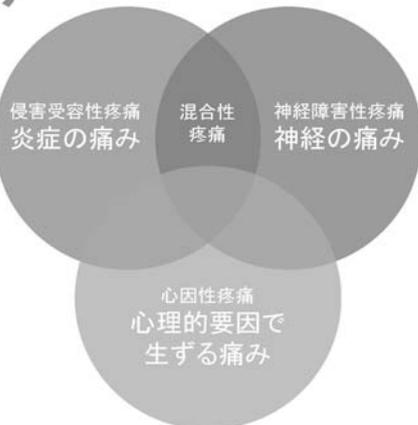
痛みの分類

痛みの原因による分類

侵害受容性疼痛
神経障害性疼痛
心因性疼痛(身体表現性疼痛障害)



痛みの分類



侵害受容性疼痛とは?

健全な組織を傷害するか, その危険性をもつ侵害刺激が加わった際に生じる痛み

日常生活で最も経験する痛み
危険から身を守る警告サイン



侵害受容器とは？

一次ニューロンの自由終末が侵害受容器となっている

機械的刺激
熱刺激
化学的刺激

NOCEPTOR DISCHARGE
PERIPHERAL SENSITIZATION
Inflammatory soup
SKIN
Injury
一次ニューロン
NOCEPTOR
CENTRAL SENSITIZATION
Peptide Up regulation
Reversing Inhibition
Enhancing Synaptic Strength
Windup LTP
Gene Transcription
SPINAL CORD

侵害受容器とは？

侵害受容器は侵害刺激を電気信号に変える変換器

損傷組織
Inflammatory soup
SKIN
Injury
Mast cells
Neutrophils
Macrophages
Th17 cells
 $\gamma\delta$ T cells
IL-5, IL-6, 5-HT, Histamine, NGF, LTB₄, TNF α , IL-1 β , IL-6, PGE₂, IL-17A, IL-17A, IL-18, IL-1R, TNFR1, gp130, EPI-4, IL-17AR, Na_v1.8, Na_v1.9, TRPV1, TRPA1
侵害受容器
Nociceptor neuron
発痛物質
(炎症性サイトカインなど)

侵害受容器とは？

侵害受容器は侵害刺激を電気信号に変える変換器

Na channelの開閉により起動電位が発生

Pressure, heat, cold, pH, chemicals
Skin organ
Brain
Na⁺ Ca²⁺
Depolarization
AP initiation
Terminal invasion
Neurotransmitter release
Na⁺ Ca²⁺
AP propagation

起動電位により発生した活動電位が一次ニューロンを伝達していく

神経障害性疼痛とは？

外傷、手術、病気により神経が損傷されることで生じる痛み
神経の機能異常による病的な痛み

神経障害性疼痛とは？

末梢神経、中枢神経の様々な機能異常により生じる痛み
脊髄後角におけるミクログリアの異常活性

C 損傷側 正常側 D

Iba1
Iba-1: ミクログリアのマーカー

ミクログリアとは？

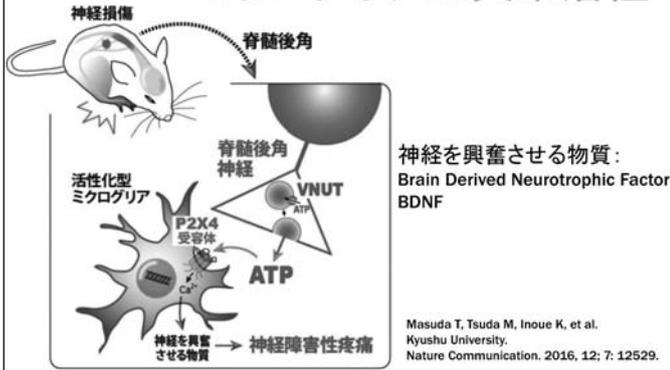
小膠細胞
マクロファージ(単球細胞)様の貪食作用をもつ
中枢神経系の免疫細胞としての役割を有する

- Fc受容体の発現
- 補体受容体の発現
- MHCの発現
- 各種サイトカインの分泌

アストロサイト
ニューロン
オリゴデントロサイト
ミクログリア

神経障害性疼痛とは？

脊髄後角におけるミクログリアの異常活性



神経障害性疼痛の症状

自発性の持続痛
発作性の電撃痛

痛覚過敏

侵害刺激に対する感覚(痛覚)が通常よりも強くなった状態

アロディニア

通常では痛みを引き起こさない刺激(軽度の触刺激, 適度の温熱刺激など)によって生じる痛み

神経障害性疼痛の症状

アロディニア: 軽度の触刺激により生じる痛み



心因性疼痛とは？

心理的要因と関連した疼痛性障害

心理的要因が疼痛の発症, 重症度, 悪化, または持続に重要な役割を果たす



心因性疼痛とは？

『痛みの原因となる身体的な異常がない』

心因性疼痛

『痛みの原因に心理的要因が関連する』

心因性疼痛とは？

症例

42歳, 日系ブラジル人女性

主訴: 心窩部痛

上部消化管内視鏡検査: 異常なし



心因性疼痛とは？

41歳時に一人息子が結婚
 受診当初は、このことについて「おめでたいことだと思います」と述べていた。



心因性疼痛とは？

養育歴:

- 幼少の時から虐待を受けていた
- 「自分の感情を表に出してはいけない」という思考形成
- ブラジル人男性と結婚したが、理由は「プロポーズされたから」であり、自らの意志ではない

受診後の経過:

- 受診から半年後
- 人生でようやく愛する人ができたのは長男であり、長男の結婚により、愛する人がいなくなった悲嘆を表出するようになった

心因性疼痛とは？

その後、長男が離婚し再び患者と生活するようになってから心窩部痛は消失した

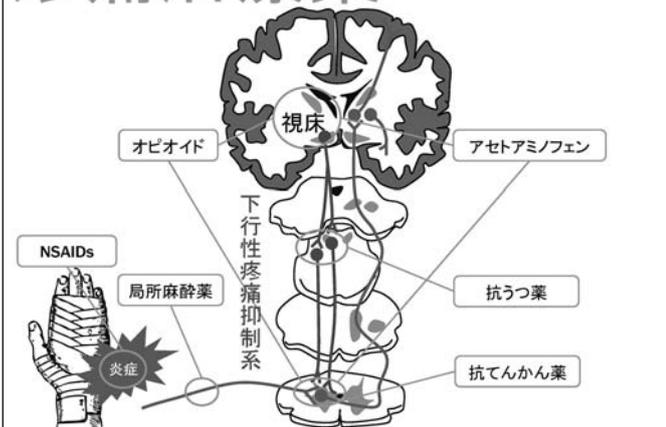


疼痛治療薬

非ステロイド性消炎鎮痛薬(NSAIDs)

- アセトアミノフェン
- オピオイド
- 抗うつ薬
- 抗てんかん薬
- 局所麻酔薬

疼痛治療薬の作用機序



NSAIDsとは？



NSAIDsとは？

Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs

非ステロイド性消炎鎮痛薬

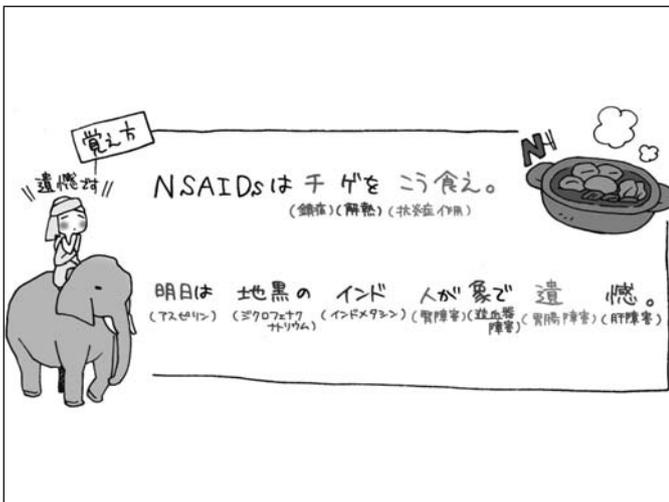
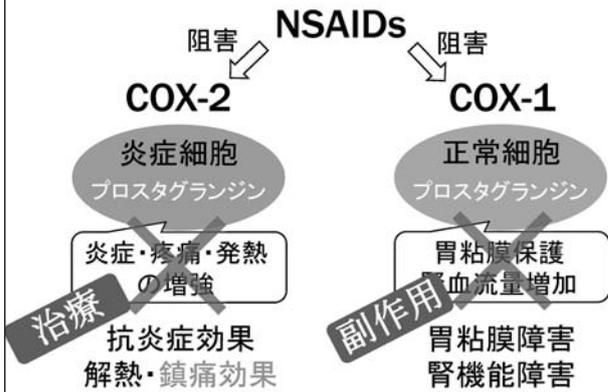
-ステロイドではない抗炎症薬全てを含む
抗炎症作用、鎮痛作用、解熱作用を有する薬剤の総称
作用機序はプロスタグランジン生合成阻害による

アスピリン、インドメタシン、ジクロフェナク、ロキソプロフェンなど

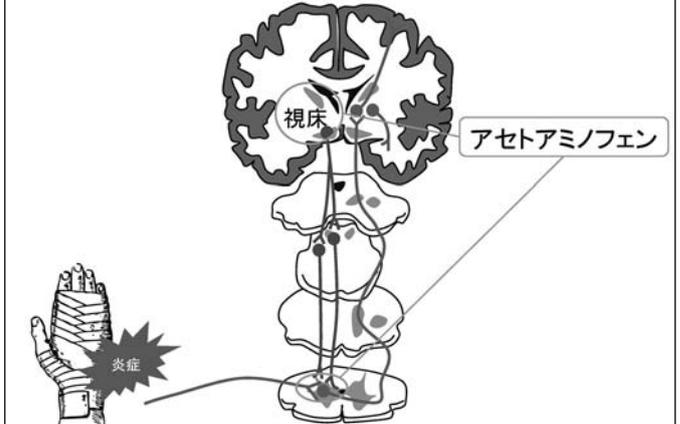
副作用

- 消化管障害
- 腎障害
- 妊婦への投与は禁忌:胎児の動脈管を閉鎖させる危険性がある

NSAIDsの作用機序



アセトアミノフェンとは？



アセトアミノフェンとは？

1980年代に小児に対する解熱鎮痛薬として普及

しばしば、NSAIDsと混同されがちである

-アセトアミノフェンに抗炎症作用はなくNSAIDsとは全く別の薬

詳細な作用機序は確定していない

-視床と大脳皮質のTRPV1受容体・CB1受容体に作用して痛覚閾値を上昇させる

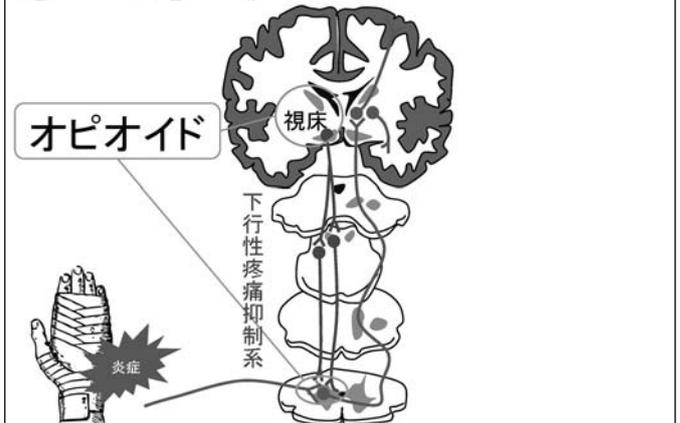
-脊髄後角のC線維終末のTRPV1受容体に作用して興奮性伝達を抑制する

NSAIDsと異なり、COX阻害作用がないため、消化管障害、腎障害をきたさない

妊婦にも安全に使用可能

副作用 肝障害

オピオイドとは？



オピオイドとは？

麻薬性鎮痛薬

麻薬性鎮痛薬のうち、オピオイド受容体に作用するものを『オピオイド』と呼ぶ

- コカイン、大麻(カンナビノイド受容体に作用)は麻薬ではあるが、オピオイドではない

脊髄から上位中枢への痛覚伝達を抑制
脊髄の下行性疼痛抑制系を賦活

全身麻酔の鎮痛に用いられる
フェンタニル、レミフェンタニル

副作用 呼吸抑制、嘔気・嘔吐、便秘、尿閉

抗うつ薬とは？



うつ病とは？

うつ病は脳内の神経伝達物質のバランスが崩れて起こる

- ノルアドレナリン: 意欲に関係する

- セロトニン: 安らぎに関係する

うつ病はこの二つの物質の分泌量が少なくなって起こる



抗うつ薬とは？

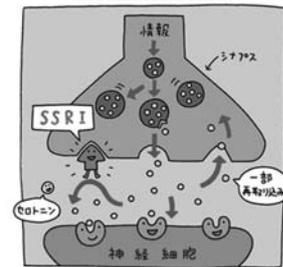
- 選択的セロトニン再取り込み阻害薬

SSRI/ Selective Serotonin Reuptake Inhibitor

- セロトニン・ノルアドレナリン再取り込み阻害薬

SNRI/ Serotonin Noradrenaline Reuptake Inhibitor

SSRIの作用のしくみ



抗うつ薬の作用機序



抗てんかん薬とは？



てんかんとは？

てんかん(発作)は脳の神経細胞が過剰な電気活動を起こすことにより起きる

Epilepsy
Common Symptoms

- loss of consciousness
- anxiety
- staring
- weakness
- muscle contraction/jerking

抗てんかん薬とは？

GABA類縁化合物
- GABA/ Gamma-aminobutyric acid (γ -アミノ酪酸)
抑制性神経伝達物質

節前線維

シナプス小胞タンパク (SV2A)
GABA
電位依存型Na⁺チャネル
電位依存型Ca²⁺チャネル($\alpha 2\delta$ サブユニット)

シナプス前終末
抑制
グルタミン酸
ペランパネル

抑制系賦活化
●GABA作動性神経伝達の促進

節後線維

NMDA AMPA 受容体 受容体

興奮性抑制

- 神経興奮性抑制
- シナプス前終末からのグルタミン酸遊離抑制
- シナプス後膜の受容体を介する興奮性の抑制

局所麻酔薬とは？

視床

局所麻酔薬

炎症

局所麻酔薬とは？

Na channel blocker

Na channelの開口により起動電位が発生

Na⁺Ca²⁺ Na⁺ Na⁺ Na⁺ Na⁺ Na⁺ Ca²⁺ Ca²⁺

Repolarization AP initiation
Terminal invasion Neurotransmitter release

Pressure, heat, cold, pH, chemicals
Skin organs

AP propagation

Brain

● e.g. TTXs ● Na_v ● HCN ● K_v, K2P, K_{Ca}, K_{ATP} ● Ca_v2.2, Ca_v3.2

起動電位により発生した活動電位が一次ニューロンを伝達していく

神経ブロックについて理解する

神経ブロックとは？

脊髄や末梢神経に局所麻酔薬を作用させることで、脳への痛みの伝達を遮断して痛みを軽減する治療。

脊髄に作用する神経ブロック

脊髄くも膜下麻酔

Spinal anesthesia

硬膜外麻酔

Epidural anesthesia

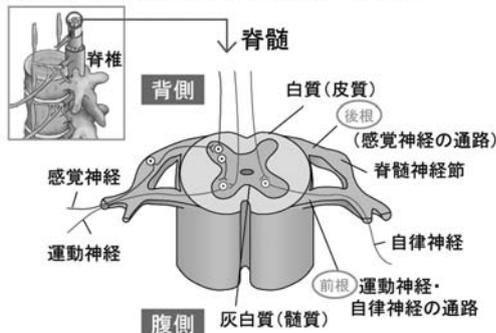
脊髄に作用する神経ブロック

脊髄くも膜下麻酔

Spinal anesthesia

脊髄くも膜下麻酔とは？

腰椎レベルで硬膜を穿刺して脊髄くも膜下腔に局所麻酔薬を注入して、脊髄の前根・後根に麻酔薬を作用させる方法



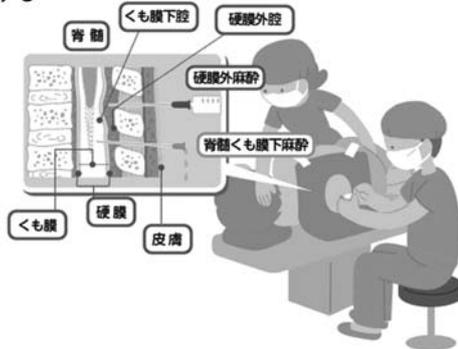
脊髄くも膜下麻酔の手技

第3/第4腰椎椎弓板孔より穿刺。硬膜を破つても膜下腔に到達



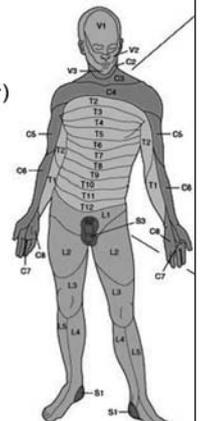
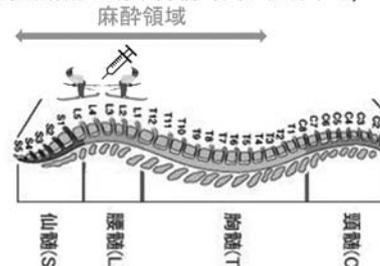
脊髄くも膜下麻酔の手技

脊髄液の逆流により、針先端がくも膜下腔に到達したことを確認局所麻酔薬を注入する



脊髄くも膜下麻酔の手技

脊椎の生理的彎曲に沿って重力に従い、局所麻酔薬がくも膜下腔に広がる
- 麻酔域は第4胸髄～仙骨領域(いわゆる下半身)
作用時間は2-3時間
(局所麻酔の効果持続時間に依存する)

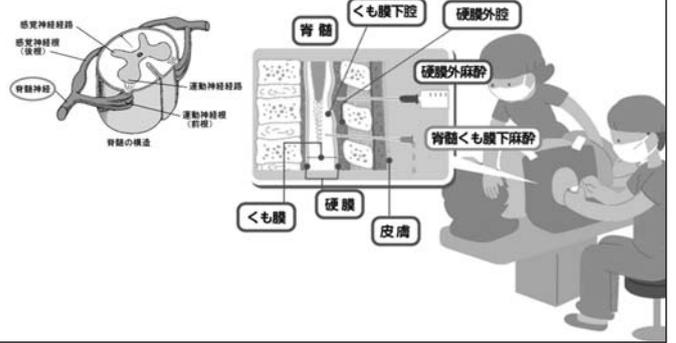


脊髄に作用する神経ブロック

硬膜外麻酔 Epidural anesthesia

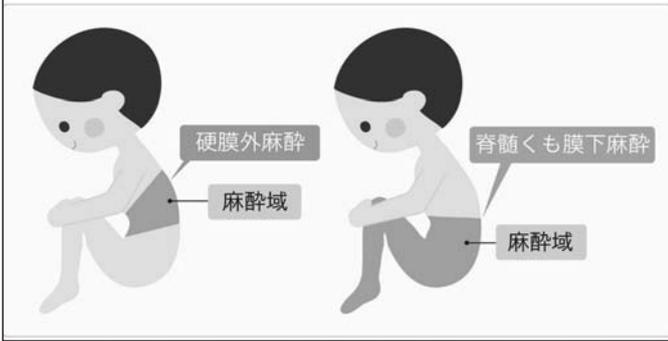
硬膜外麻酔とは？

硬膜外腔に局所麻酔薬を注入して、脊髄の神経根に麻酔薬を作用させる方法



硬膜外麻酔とは？

局所麻酔薬が硬膜外腔に沿って広がり、穿刺位置より頭・尾側に6-8分節程度の麻酔域を得ることが可能



硬膜外麻酔とは？

鎮痛を得たい分節に対して適切な穿刺部位で行う

場所の決め方

麻酔が必要な領域	刺す場所
胸	Th 1~10
上腹部 (胃とか肝臓とか 脾臓とか)	Th 4~12
下腹部 (大腸とか 婦人科系)	Th 6~L3
そけい (ヘルペスとか)	Th 10~S3
下肢 (整形外科系)	L1~S5

刺す場所 (まじ中から入ると考えろ)

- Th: 胸椎
- L: 腰椎
- S: 仙骨

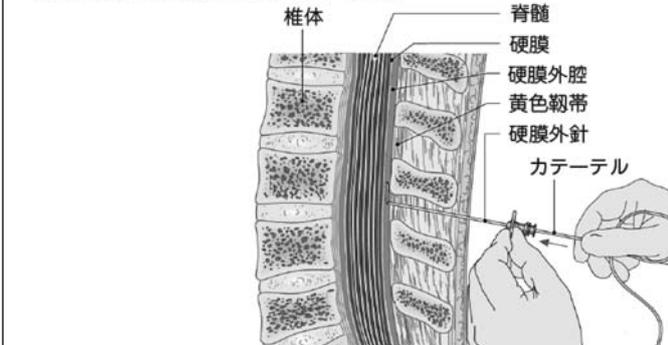
① 目標をたてます。 (どしゃびり)

胆のうがTh7.8.9あたりにあるから

オペレーターが手術情報

硬膜外麻酔とは？

硬膜外腔にカテーテルを挿入することで局所麻酔の追加投与が可能。長時間の鎮痛を得ることができる



硬膜外麻酔の手技

硬膜外麻酔は硬膜の一手前前で針を止める、「寸止め」麻酔。どうやって、針先端が硬膜外腔に到達したことを確認するのか？

⑮ ココで「抵抗」を押しみる。 (どしゃびり)

⑭

「抵抗」があるはず

硬膜外麻酔の手技

硬膜外麻酔は硬膜の一手前で針を止める、「寸止め」麻酔
どうやって、針先端が硬膜外腔に到達したことを確認するのか？

① ⑮ ここで「ちびと」シリンジを押ししてみる



硬膜外麻酔の手技

硬膜外麻酔は硬膜の一手前で針を止める、「寸止め」麻酔
どうやって、針先端が硬膜外腔に到達したことを確認するのか？

② ⑯ 2~3mmずつ
進める



硬膜外麻酔の手技

硬膜外麻酔は硬膜の一手前で針を止める、「寸止め」麻酔
どうやって、針先端が硬膜外腔に到達したことを確認するのか？

③ ⑰ 黄靱帯を越えて硬膜外腔に入ると



硬膜外麻酔の手技

硬膜外麻酔は硬膜の一手前で針を止める、「寸止め」麻酔
どうやって、針先端が硬膜外腔に到達したことを確認するのか？

④ ⑱ ここに血液や髄液が出てきたら 血管に入ってる 脊髄腔まで いったらいい



硬膜外麻酔の合併症

硬膜穿刺後頭痛(PDPH/Post-Dural Puncture Headache)
硬膜外麻酔に使用するTuohy針(18G)はカテーテルを挿入できる
ように内径が太い。(脊麻用の針は25G)
Tuohy針で硬膜を破ってしまうと、硬膜に開いた孔から脊髄液が
硬膜外腔に漏出してしまい、低髄液圧性頭痛の原因となる

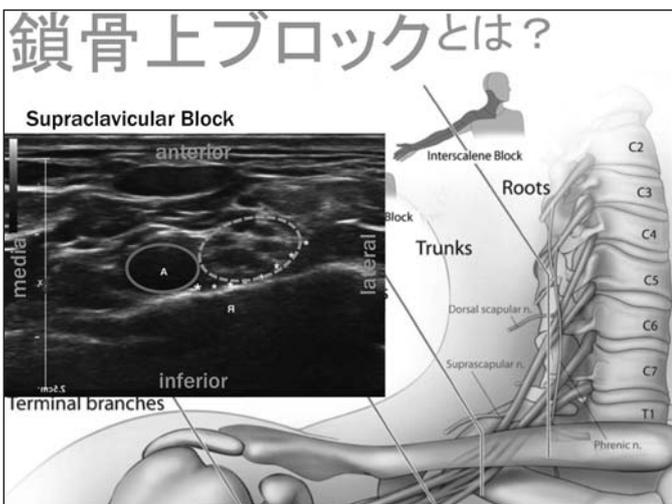
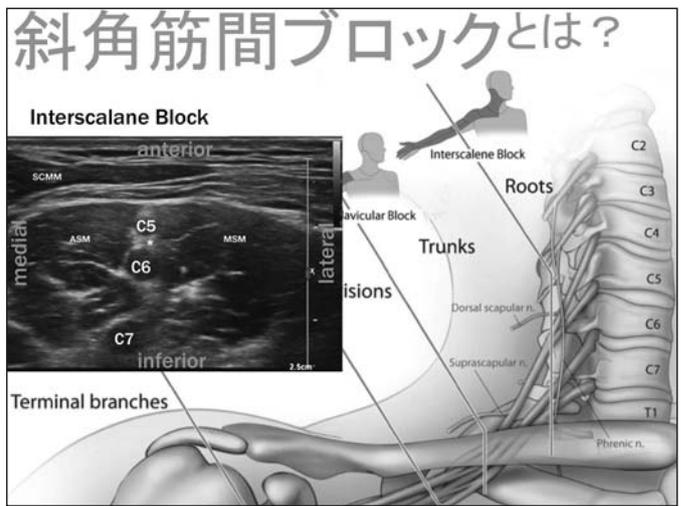
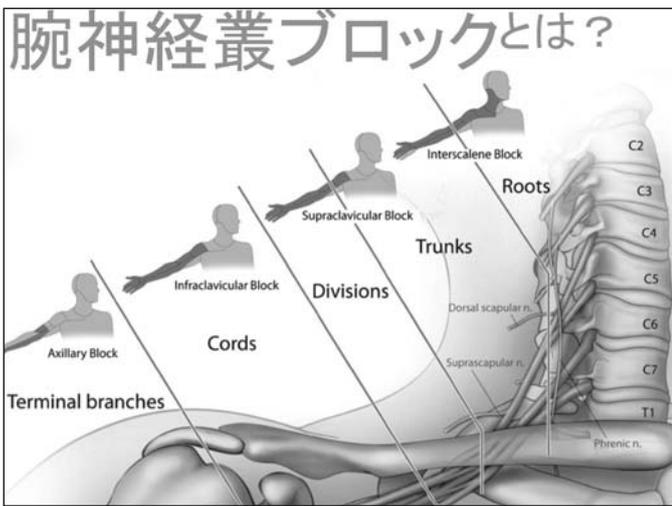
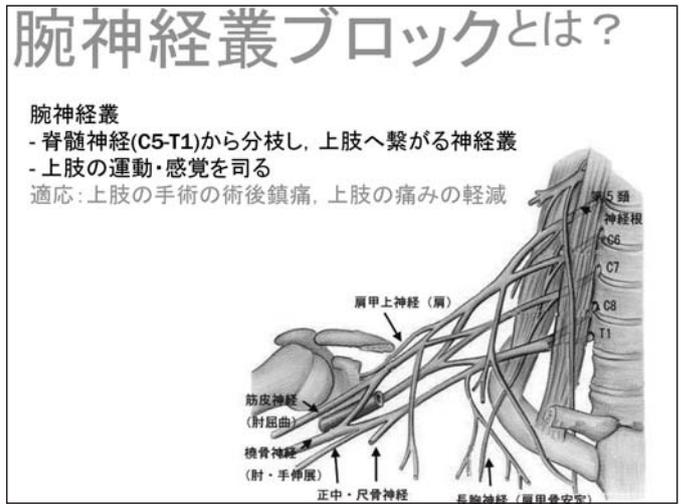


末梢神経に作用する神経ブロック

末梢神経ブロックは従来は、ランドマーク法(解剖学的知識を頼りに盲目的に穿刺する方法)で行われてきた

近年の超音波装置の質の向上に伴い、末梢神経ブロックは、
超音波ガイド下末梢神経ブロック
が主流となっている

上肢・下肢のみならず、体幹を含めて様々な超音波ガイド下末梢
神経ブロックが報告されている



大腿神経ブロックとは？

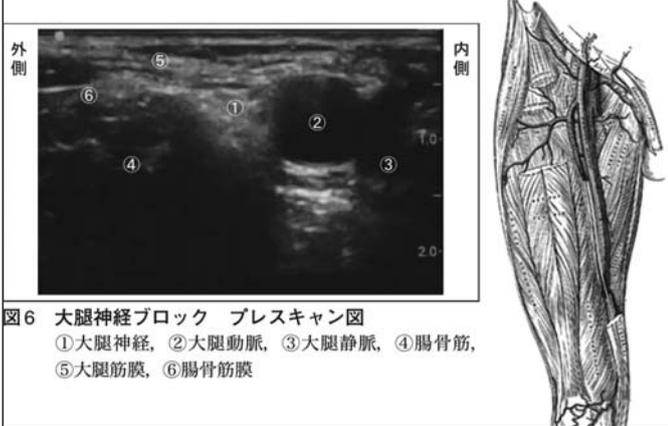
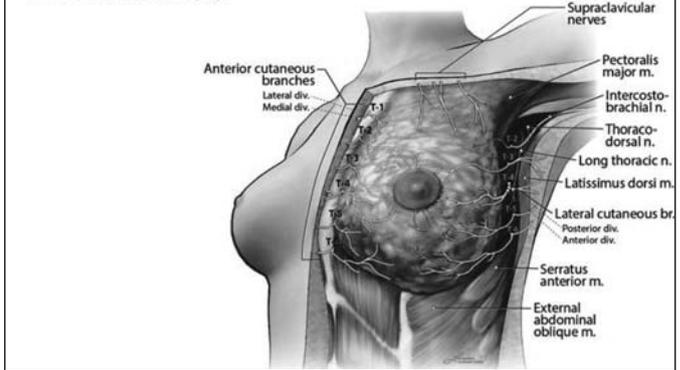


図6 大腿神経ブロック プレスキャン図
①大腿神経, ②大腿動脈, ③大腿静脈, ④腸骨筋, ⑤大腿筋膜, ⑥腸骨筋膜

体幹ブロック

胸壁の手術(呼吸器外科・乳腺外科etc)の術後鎮痛には肋間神経ブロックが適応となる



神経ブロックに使用する局所麻酔薬

エステル型局所麻酔薬

- 血漿中のコリンエステラーゼで速やかに分解される
- 短時間作用型
- 脳脊髄液のコリンエステラーゼ活性は極めて低い
- エステル型局所麻酔薬は脊髄くも膜下麻酔に使用される

アミド型局所麻酔薬

- 中間鎖をアミド結合に置換して、組織浸透性と安定性を高めた
- アミド型局所麻酔薬は神経ブロックに使用される
- 肝代謝を受ける
- 肝機能低下患者では局所麻酔薬中毒の発生に注意

局所麻酔薬の種類

分類	一般名	商品名	用途	持続時間
エステル型	テトラカイン	テトカイン®	脊髄くも膜下麻酔	1.5-2 時間
アミド型	リドカイン	キシロカイン®	浸潤麻酔 神経ブロック	1-1.5 時間
	ロピバカイン	アナペイン®	硬膜外麻酔 神経ブロック	3-5 時間
	ブピバカイン	マーカイン®	脊髄くも膜下麻酔	3-5 時間
	レボブピバカイン	ボブスカイン®	硬膜外麻酔 神経ブロック	3-5 時間

局所麻酔薬中毒

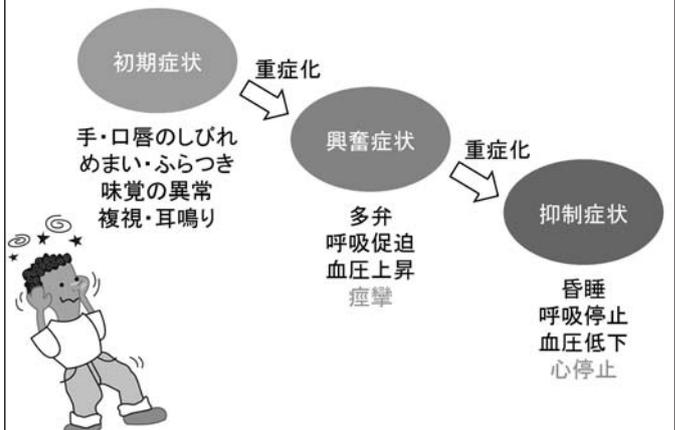
Naチャンネルブロッカーである局所麻酔薬は末梢神経のNaチャンネルをブロックして神経の電氣的伝達を遮断し麻酔作用を発揮する

- 局所麻酔薬の血中濃度が上昇すると、脳のNaチャンネルもブロックする危険性がある
- 脳のNaチャンネルがブロックされることにより引き起こされる病態が局所麻酔薬中毒である

局所麻酔薬中毒

Local Anesthetic Systemic Toxicity/ LAST

局所麻酔薬中毒の症状



局所麻酔薬中毒の治療

LASTの症状	- 局所麻酔投与後のめまい、耳鳴り、口唇のしびれ 痙攣、呼吸停止、意識障害、不整脈、血圧低下
治療体制の確立	- 局所麻酔薬の投与を中止 - 手術・処置の中止 - 人手を集める、救急カートの用意
気道確保 痙攣の治療	- 100%酸素で人工呼吸⇒気管挿管 - 痙攣に対して抗けいれん薬を投与
循環管理	- 心停止⇒ACLSに従う エピネフリンは1μg/kg未満の量を使用 - 不整脈、血圧低下に対して抗不整脈薬・昇圧薬を投与 - 治療に反応しない場合は人工心臓・補助循環の使用も考慮
脂肪製剤 の投与	- 20%脂肪製剤 1.5ml/kgボース投与⇒15ml/kg/hで持続投与 除脂肪体重で換算 - 上記量をさらに2回まで追加ボース使用可能 - 持続投与は30ml/kg/hまで増量可能、循環が安定するまで投与

本日のまとめ

ペインクリニックは痛みの原因・病態にあわせて、疼痛治療薬・神経ブロックを組み合わせる『痛みの軽減』に特化した治療行為である。

麻酔科医には手術中の患者の全身管理だけでなく、『術後鎮痛』を含む周術期管理が求められている。

『痛み治療』のエキスパートである麻酔科医は自らの知識・技術を駆使して、患者の急性疼痛、慢性疼痛の軽減に貢献することが求められている。

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（令和2年度）

出席番号 _____ 氏名 _____

月	火	水	木	金
9:00～9:30：教室 オリエンテーション（教授） テーマの提供 9:30～11:00：教室 ミニ講義（スタッフ） 麻酔科説明・術前訪問 OSCE①点滴確保（スタッフ） OSCE②気道確保	7:45～8:00：麻酔科控室 症例①のプレゼンテーション 8:00～9:30：手術室内 麻酔症例①（教授） 9:30～10:00：外科病棟 術前診察②（教授） 10:00～11:30：透視室8番 神経ブロック・ペインクリニック （ペインチーム）	7:45～8:00：麻酔科控室 症例②のプレゼンテーション 8:00～9:30：手術室内 麻酔症例②（スタッフ） 9:30～11:00：外科病棟 術後回診①（スタッフ） 術前診察③（スタッフ）	7:45～8:00：麻酔科控室 症例③のプレゼンテーション 8:00～9:30：手術室内 麻酔症例③（教授） 9:30～10:30：外科病棟 術前診察④（スタッフ） 術後回診②（スタッフ） 11:00～11:50：教室 麻酔科講義（教授）	7:45～8:00：麻酔科控室 症例④のプレゼンテーション 8:00～10:30：手術室内 麻酔症例④（スタッフ） 10:30～11:00：外科病棟 術後回診③（スタッフ） 11:00～11:30：教室 発表スライドブラッシュアップ 総合テスト（スタッフ）
サイン _____ 13:00～14:00：教室 術前診察①（スタッフ） 14:00～ 自習時間 （与えられたテーマの勉強）	サイン _____ PM 自習時間 （与えられたテーマの勉強）	サイン _____ PM 自習時間 （与えられたテーマの勉強）	サイン _____ 12:30～13:00：教室 緩和医療講義（緩和チーム） 13:00～13:30：病棟 緩和病棟回診（緩和チーム）	サイン _____ 14:00～15:00：教室 総括・評価（教授） テーマプレゼン・テスト解答
サイン _____	サイン _____	サイン _____	サイン _____	サイン _____

補足1：最終日にプレゼンする内容は、月曜日のオリエンテーション時に提示する。

補足2：火～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し、プレゼンや医療行為の中心となる。

補足3：5年生CCでは主に、術前診察・麻酔の導入・術後回診を繰り返すが、6年の選択CCでは麻酔からの覚醒を含む全過程ならびに道内の教育関連病院での実習を主とする。機会を見て6年選択CC説明会を行うので、是非参加してほしい。

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）

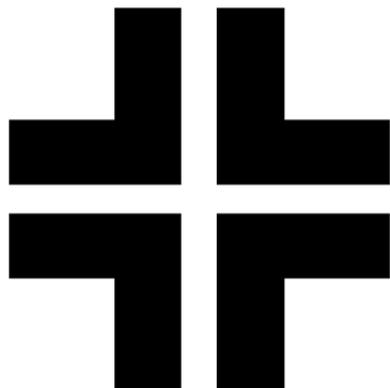
質問 10	指導医師は相談しやすかった。	1	2	3	4	5	評価できない
質問 11	指導医師はチーム内，コメディカルスタッフとの人間関係がうまくいくように配慮してくれた。	1	2	3	4	5	評価できない

（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	

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
第19版	平成	28年	9月	20日
第20版	平成	29年	3月	8日
第21版	平成	30年	3月	1日
第22版	平成	31年	2月	28日
第23版	令和	2年	3月	1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 35680）
ファックス：011-631-9683
電子メール：naohirata@mac.com
編集担当 平田直之