

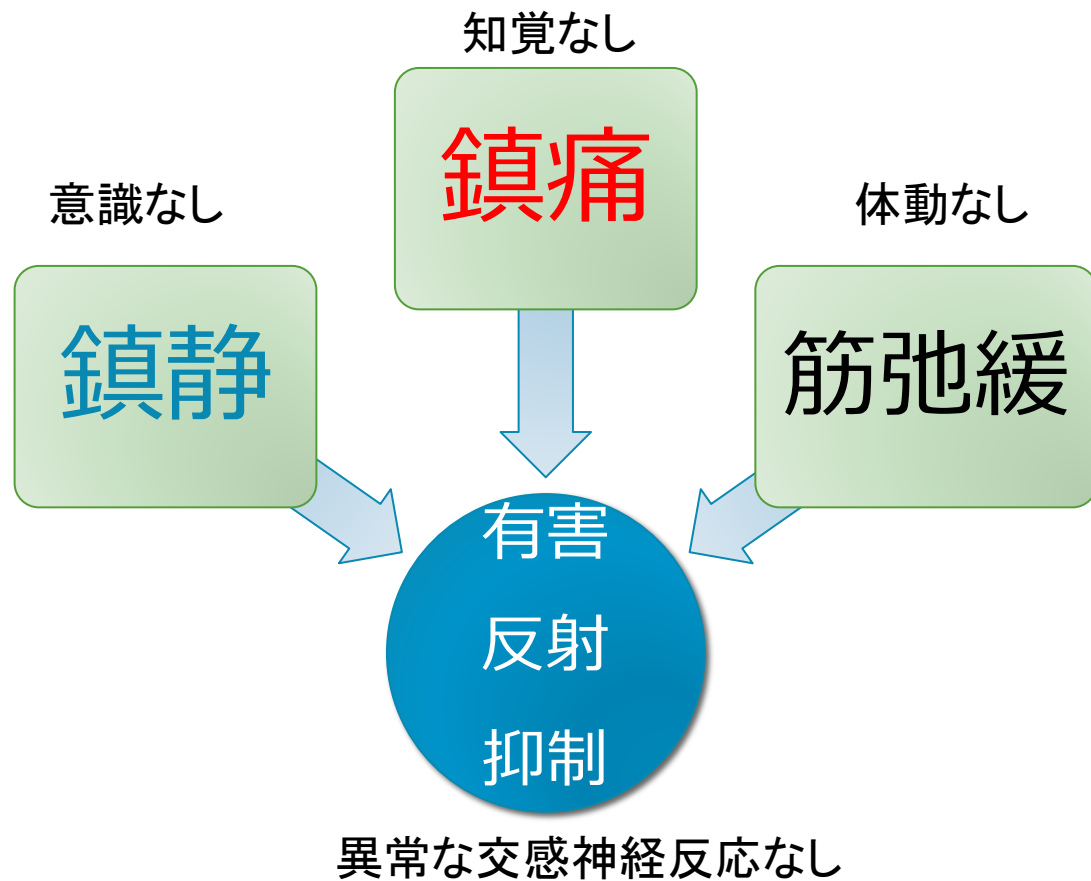
よくつかう

麻酔科の薬と効果のみかた

呉医療センター・中国がんセンター麻酔科

讃岐美智義

麻酔の3要素 と 4条件



麻酔の3要素 と 4条件

- ▶ 鎮痛（痛みをとる） lack of pain sensation
- ▶ 鎮静（意識をなくす） lack of consciousness
- ▶ 筋弛緩（動かなくする） lack of movement
- ▶ 有害反射の抑制

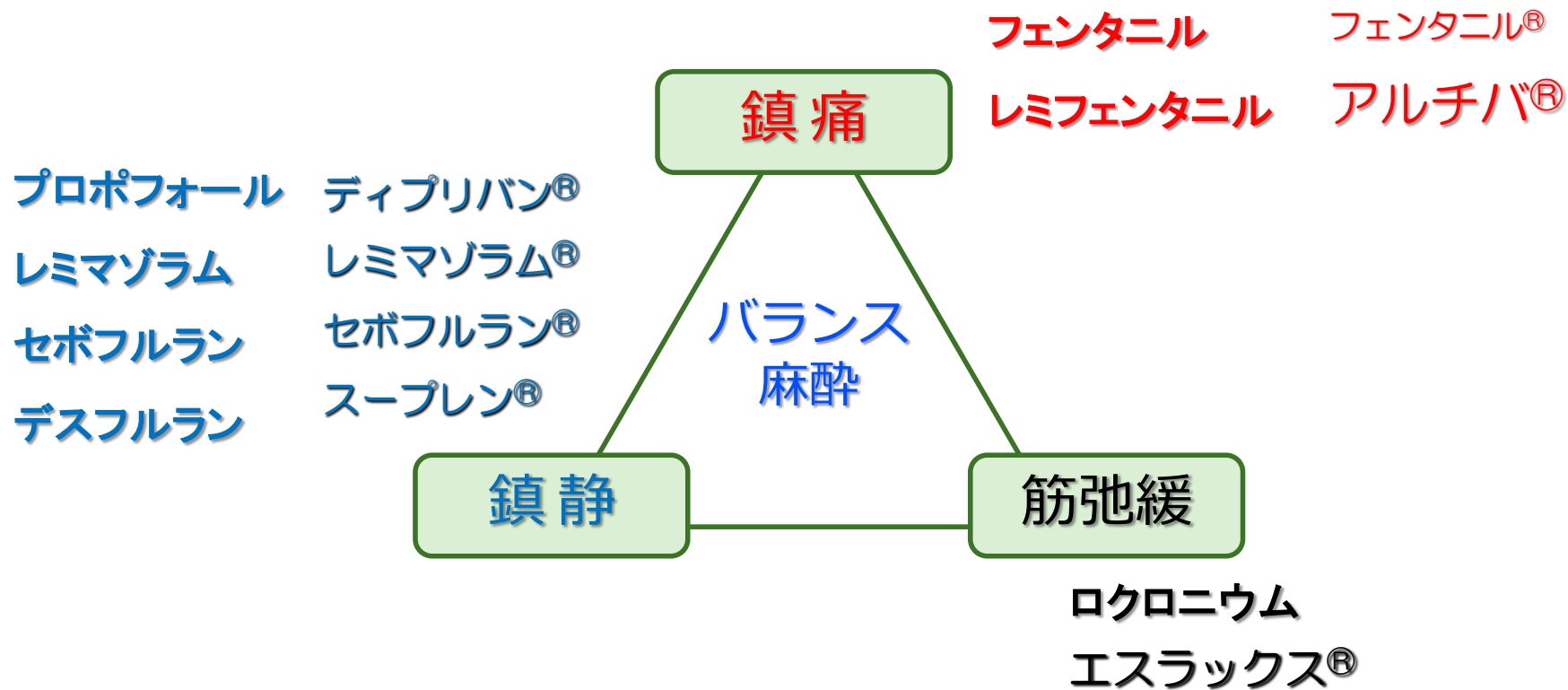
3要素

modification of autonomic responses (HR,BP) to painful stimuli

麻酔の3要素

- 鎮痛（痛みをとる）⇒鎮痛薬 analgesics(pain killer)
- 鎮静（意識をなくす）⇒鎮静薬 sedatives
- 筋弛緩（動かなくする）⇒筋弛緩薬 muscle relaxants
- 有害反射の抑制 ⇒上記の組み合わせ

臨床でよく使われる組み合わせ



ここで問題です

(1) 麻酔の3要素、4条件に含まれないものはどれか

- a. 知覚の消失
- b. 意識の消失
- c. 呼吸の消失
- d. 過剰な自律神経反応の抑制
- e. 体動の消失



鎮静レベルと生体反応



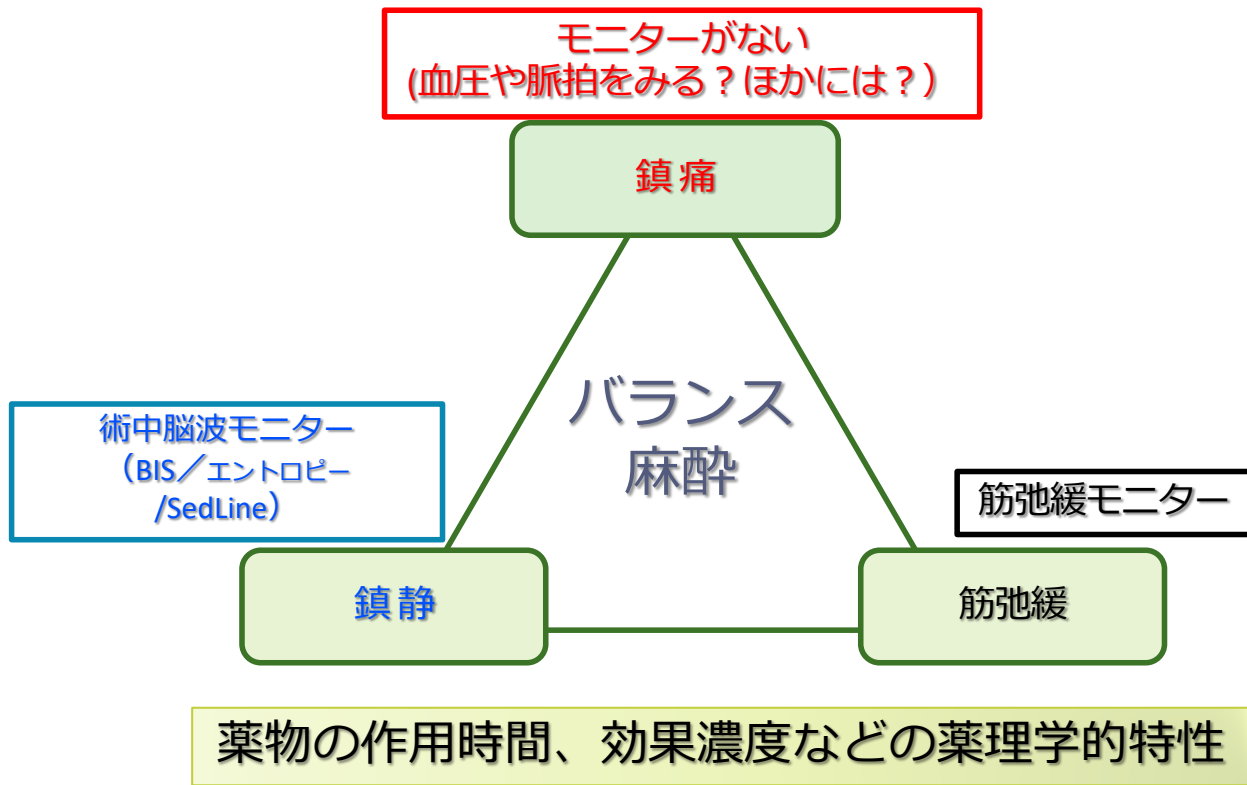


讃岐美智義; やさしくわかる! 麻酔科研修. P.16 秀潤社, 2015

全身麻酔と鎮静レベルの定義（鎮静の連続性）

	最小限の鎮静 不安除去	中等度の鎮静 （意識ある鎮静）	深い鎮静	全身麻酔
反応	呼びかけで正常反応	呼びかけで意味のある反応	繰り返し刺激や痛み刺激で意味のある反応	痛み刺激で覚醒しない
A 気道	影響なし	介入不要	介入必要の可能性	介入必要
B 自発呼吸	影響なし	十分	不十分	通常は消失
C 心血管系の反応	影響なし	保たれる	通常は保たれる	破綻の可能性

バランス麻酔



静脈麻酔薬の種類

- オピオイド (基本的に鎮痛薬 analgetics)

麻薬 (通称 **麻**)

- 麻** Morphine モルヒネ
- 麻** Fentanyl フェンタニル
- 麻** Remifentanyl レミフェンタニル
- 麻** Pethidine ペチジン

- 非オピオイド (基本的に鎮静薬 sedatives)

Propofol プロポフォール

バルビタール類 (チオペンタール、チアミラール)

ベンゾジアゼピン類

(Remimazolam レミマゾラム、Midazolam ミダゾラム)

- 麻** Ketamine ケタミン 麻薬 (2007.1から)

Dexmedetomidine デクスメデトミジン

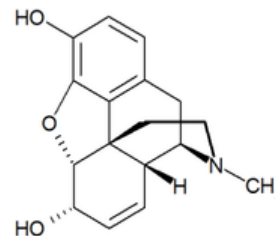


麻薬とは

- ▶ 麻酔薬（anesthetics）とおなじ？
- ▶ ちがいます
- ▶ **麻薬**（narcotics）とは、麻薬及び向精神薬取締法第二条一によって定められた物質（薬物）
- ▶ 麻薬とは、その国毎に麻薬として定めた薬物の総称であり、厳密には国によって内容は異なる

モルヒネ Morphine

- 肝代謝、腎排泄
- 水溶性のためCNSへの到達や排泄が遅い
- 最大効果は30分以降、呼吸抑制は1時間以上後
- 代謝産物の15%を占める morphine-6-glucuronide (M6G) が代謝活性をもつため作用時間が長い
- ヒスタミンhistamine 遊離作用
- 喘息、胆道疾患には不適



モルヒネ Morphine (麻薬)



麻 Morphine
(オピオイド受容体)

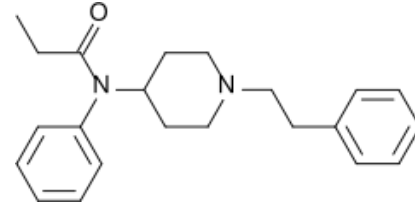
モルヒネ塩酸塩®

[麻酔には使わない]
術後鎮痛、がん性疼痛

- 呼吸数減少 (呼吸抑制)
- 便秘、悪心嘔吐、鎮静
- 代謝産物M6Gが代謝活性を持つため持続が長い
- 効果ピークは30分以降
- 肝代謝、腎排泄

Fentanyl フェンタニル

- 肝代謝、腎排泄
- 非常に脂溶性が高い
- 静注と同時にBBBを通過し3-5分で最大効果
1-3 μ g/kgまでの投与では急速分布するため効果は1時間以内
- 高容量の投与では蓄積状態となり、
context sensitive half time (CSHT) が増加
- 肝血流の減少で代謝が左右される
- 急速静注で鉛管現象lead pipe phenomenon



フェンタニル (麻薬)

fentanyl
(オピオイド受容体)

麻 フェンタニル®

[麻酔導入] 2 μ g/kg

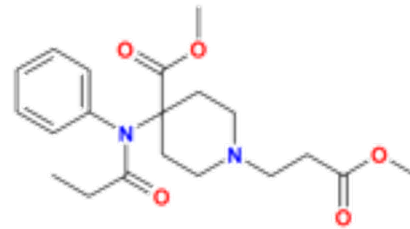
[麻酔維持] 1-2 μ g/kg
(30-60分ごと)



- 呼吸数減少 (呼吸抑制)
- 血圧低下は少ない
- 心拍数低下
- (急速静注で) 鉛管現象
- 2時間後くらいから CSHT延長
- 肝代謝、腎排泄

Remifentanil レミフェンタニル

- 肝外の血液と組織のエステラーゼesteraseにより加水分解されるため肝機能の影響を受けない
- 代謝が速いため持続静注により使用
- 投与量を増やしても
context sensitive half timeは変化しない
- フェンタニルと同等以上の鎮痛作用



Remifentanil レミフェンタニル (麻薬)



① remifentanil
(オピオイド受容体)

アルチバ® Ultiva

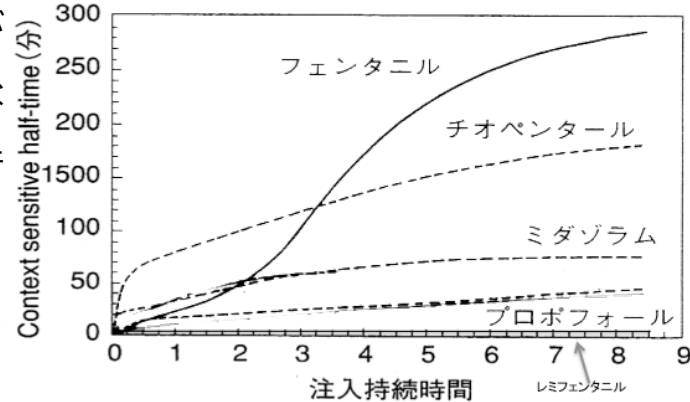
[麻酔導入] 0.2-0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$

[麻酔維持] 0.25 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$

- 呼吸数減少 (呼吸抑制)
- 急速静注、過量投与で
血圧低下、徐脈
- (急速静注で) 鉛管現象
- 投与中止後20-30分で効果消失
- 代謝が速いため **持続静注**
(血液と組織の
エステラーゼで **加水分解**)

Context sensitive half time (CSHT)

- 持続静注を行った場合に不活性組織が飽和していくため、投与時間が長くなると投与を中止してから血漿濃度が半分 (50%) に減少する時間 context sensitive half time (CSHT) が延長
- 蓄積性の指標
- フェンタニルは2時間を超える頃から急激にCSHTが長くなる



(Hughes MA, Jacobs JR, Glass PSA : Context sensitive half-time in multicompartment pharmacokinetic models for intravenous anesthesia. Anesthesiology 76 : 334, 1992 より) 一部改変

静脈麻酔薬の作用機序

- オピオイド
オピオイド受容体 (opioid)
- バルビツレート、ベンゾジアゼピン、Propofol
GABA_A受容体 (γ -aminobutylic acid)
- Ketamine
NMDA受容体 (N-methyl-D-aspartate)
- デクスメトミジン
中枢性 $\alpha 2$ -アドレナリン受容体

ベンゾジアゼピン類 benzodiazepines

GABA_A受容体のBDZ結合部位に結合し鎮静作用

鎮静作用と（前行性）健忘作用、（鎮痛作用はない）

抗けいれん作用

胎盤通過性が高い

レミマゾラム（アネレム®）

ミダゾラム（ドルミカム®）

ジアゼパム（セルシン®）

フルニトラゼパム（サイレース®）

【禁忌】急性閉塞隅角緑内障、重症筋無力症、ショック患者HIVプロテアーゼ投与中

拮抗薬: フルマゼニル（アネキセート®）

Remimazolam レミマゾラム



- remimazolam
(GABA_A受容体)
- アネレム® 50mg/V

【導入】 12 mg/kg/時
(意識消失まで持続静注)

【維持】 1 mg/kg/時で開始
2mg/kg/時 (最大)

覚醒徴候 0.2 mg/kg(最大)

- 血圧低下が比較的少ない
- 超短時間作用性のため持続静注
- 肝臓のカルボキシルエステラーゼにより加水分解
- 血管痛がない
- フルマゼニルでリバース可能
- 舌根沈下、呼吸抑制が強い
- プロポフォール、バルビツレートとともに抗けいれん作用

Midazolam ミダゾラム



- midazolam
 (GABA_A受容体)
- ドルミカム®

1Aを計10mlに希釈し1ccずつ静注（10mg/10cc）

- 血圧低下が比較的少ない
 (心疾患患者の導入)
- 血管痛がない
- フルマゼニルでリバース可能
- 舌根沈下、呼吸抑制が強い
- プロポフォール、バルビツレートとともに
 に抗けいれん作用

マイケルジャクソンの死

マイケル・ジャクソンが不眠を訴えていたため6週間に渡って治療、毎晩ディプリバン(R)50mgをリドカインで希釈し静脈投与していた。しかし、MJがこの薬物の依存症になるのを恐れ、少しずつ減量する目的で、6月22日、ディプリバン(R)、アティバン(R)、バースト(R)の3剤を併用投与した。6月23日はアティバン(R)、バースト(R)のみを投与、これでMJは眠ることができた。6月25日も同じ2剤を投与したが、MJは眠れなかったため、下記の処方をした。

At about 1:30 a.m., Murray gave Jackson 10 mg of Valium.

25日早朝の1:30am頃、バリウム(R)10mg を経口投与（一般名：ジアゼパム）

At about 2 a.m., he injected Jackson with 2 mg of the anti-anxiety drug Ativan.

2:00am頃、抗不安／催眠鎮静薬アティバン(R)2mg を静注（一般名：ロラゼパム）

At about 3 a.m., Murray then administered 2 mg of the sedative Versed.

3:00am頃、催眠鎮静薬バースト(R)2mg を静注（一般名：ミダゾラム）

At about 5 a.m., he administered another 2 mg of Ativan.

5:00am 頃、さらにアティバン(R)2mg を追加静注（一般名：ロラゼパム）

At about 7:30 a.m., Murray gave Jackson yet another 2 mg of Versed while monitoring him with a device that measured the oxygen saturation of his blood.

7:30am頃、MJの血中酸素飽和度をモニターしながら、さらにバースト(R)2mg を追加静注

At about 10:40 a.m., "after repeated demands/requests from Jackson," Murray administered 25 mg of propofol, the document said.

10:40am頃、「マイケル・ジャクソンから何度も要請され」、ディプリバン(R)25mgを静注

マイケルジャクソンの死

- 多剤の睡眠薬、鎮痛薬
- プロポフォール
- マーレー医師
- 15万ドル（月額）
- 2分間 ???
- 呼吸停止→心停止



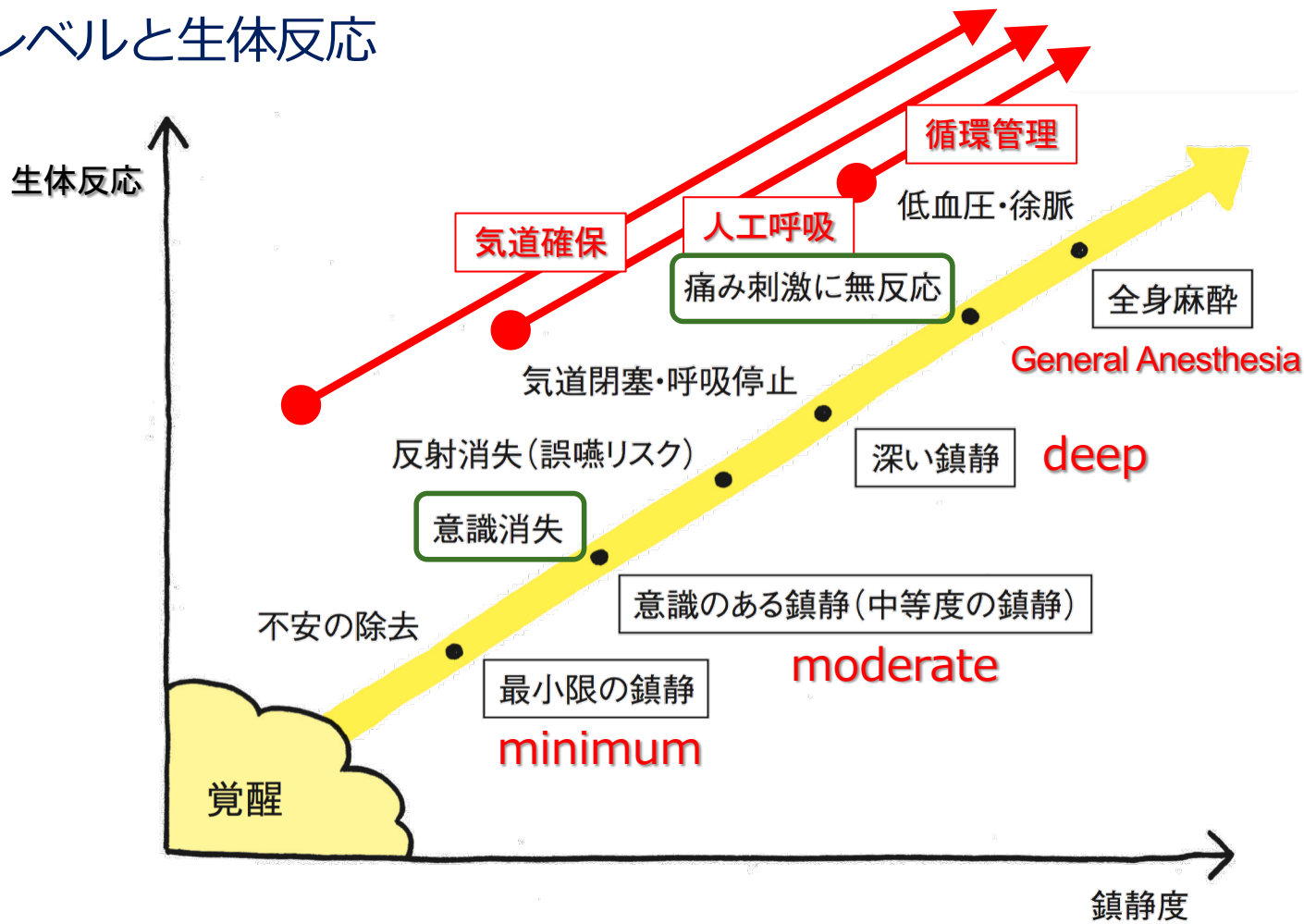
(5)マイケルジャクソンの死因となった薬物は何か？

- a. フェンタニル
- b. モルヒネ
- c. レミマゾラム
- d. プロポフォール
- e. レミフェンタニル

さて、ここで問題です



鎮静レベルと生体反応



Propofol (プロポフォール)

- 短時間作用型のフェノール誘導体
- 血液脳関門BBBへの移行がよい
- 脂溶性が高く水に溶けない (卵黄レシチンに溶けた製剤)
- 代謝自体が速い (肝で代謝、腎から排泄)
- 蓄積性低い (導入だけでなく維持でも使用)
- 呼吸抑制、血管拡張、心拍数減少、血圧低下
- 胎盤通過性よい、乳汁移行

【禁忌】 大豆・卵アレルギー、妊産婦、授乳中

プロポフォール



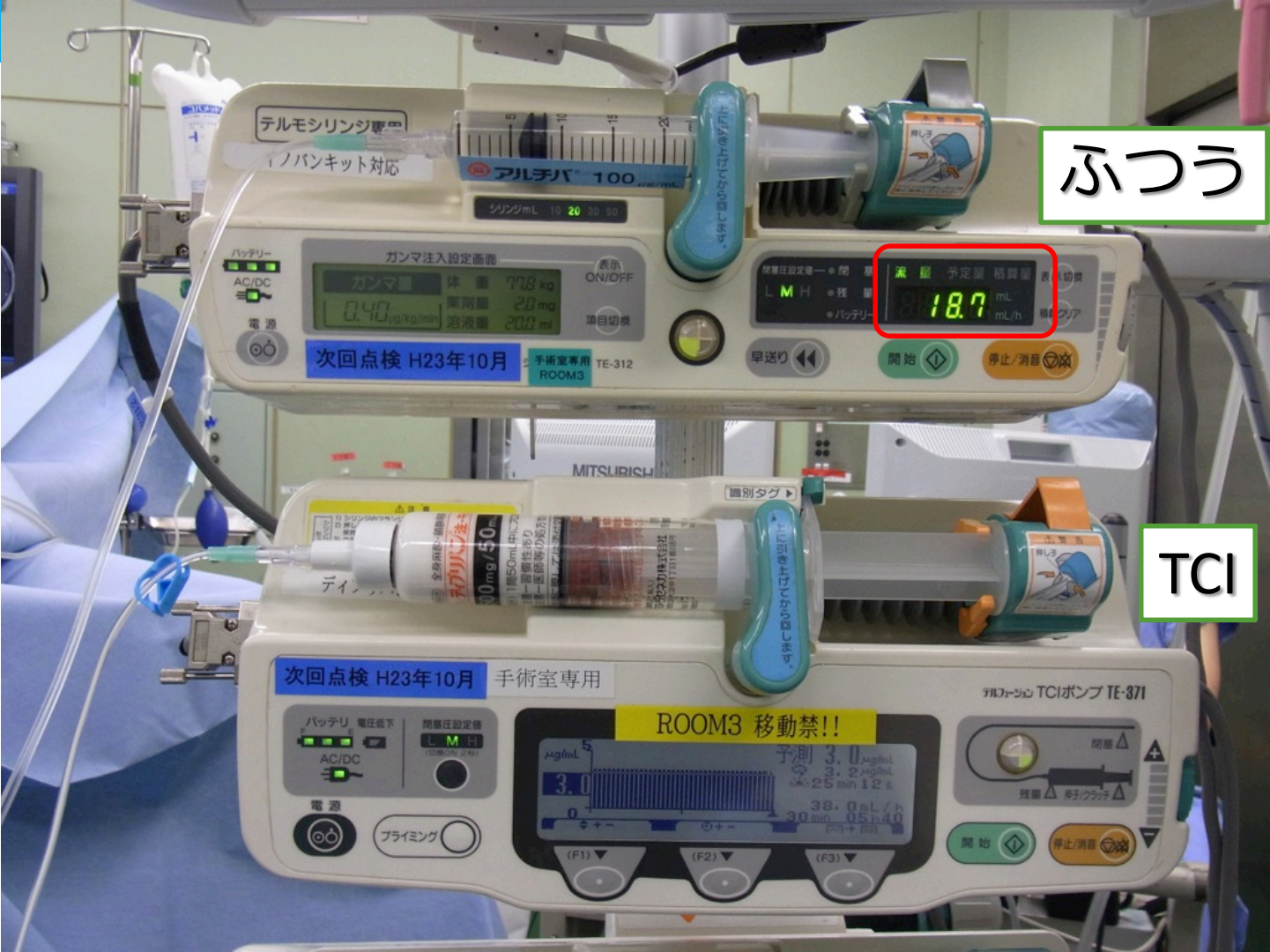
propofol
(GABA_A受容体)

ディプリバン®
1%プロポフォール®

[麻酔導入]1-2mg/kg

[麻酔維持]2-4µg/ml
(TCIでは)

- 急速導入が可能
- 血管痛がある
- 血管拡張/心収縮力低下で血圧低下
- 覚醒の質が高い
- 術後の悪心嘔吐 (PONV) が少ない
- 代謝が速いため持続静注
- **TCI用製剤は注射器に詰めてある (禁忌) 小児のICUでの鎮静**
- **小児の全身麻酔は禁忌ではない!**



ふつう

流量 予定量 精算量
18.7 mL
mL/h

TCI

ROOM3 移動禁!!

予測 3.0 mg/mL
3.2 mg/mL
CA: 25 min 12 s
38.0 mL/h
30 min 05:40

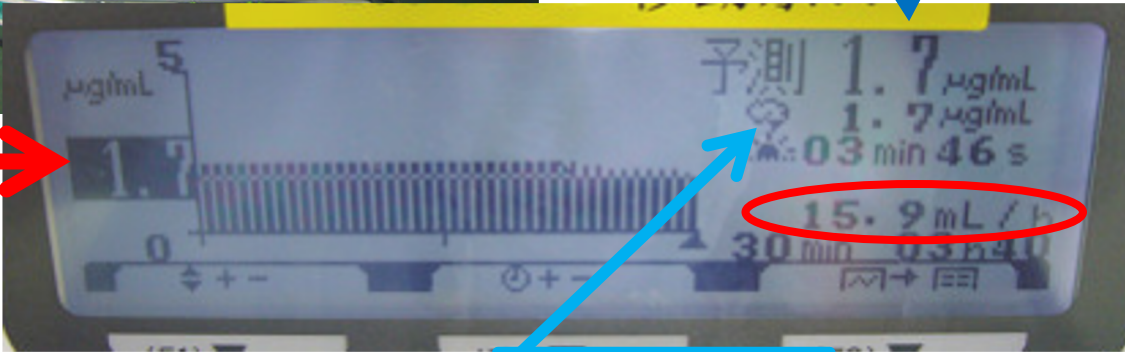
TCI用シリンジポンプ



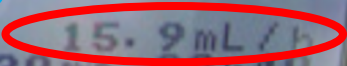
血中濃度



設定値



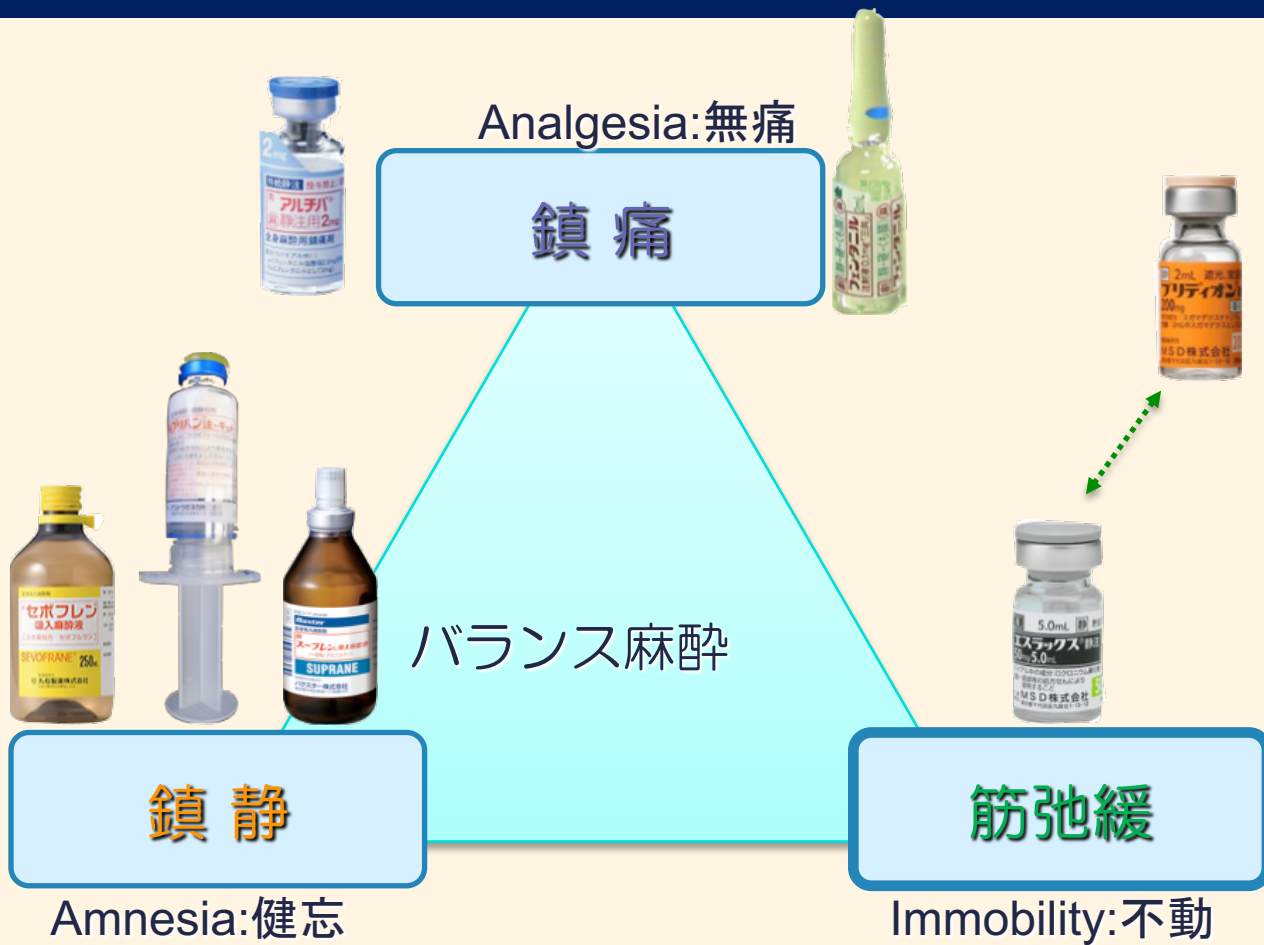
効果部位濃度



麻酔効果を判定する

麻酔薬を持続投与していないと

麻酔から覚醒してしまう



全身麻酔中に予期せず意識が回復し、顕在記憶（記述できる具体的な内容の記憶）が形成されて、それが術後に思い出される状態

【発生頻度】

- ▶ 0.1-0.2% ハイリスク症例 1-1.5%
- ▶ 約 70% PTSD（外傷後ストレス障害）

術中覚醒のハイリスク症例

- ▶ ASA の high class PS IV-V(特に 外傷症例)
- ▶ rapid sequence induction
- ▶ 女性
- ▶ 若年者
- ▶ 帝王切開など産科麻酔
- ▶ 心臓外科麻酔
- ▶ 頭頸部手術麻酔(特に耳領域) 騒音や振動?
- ▶ 術中覚醒の既往、挿管困難の既往
- ▶ 薬物(ベンゾジアゼピン、麻薬、アンフェタミンなど)の長期使用
- ▶ 嗜好性(喫煙、アルコール)

- ▶ 浅麻酔
- ▶ 麻酔必要量の増加
- ▶ 薬剤の投与ミス・機器トラブル

NAP5

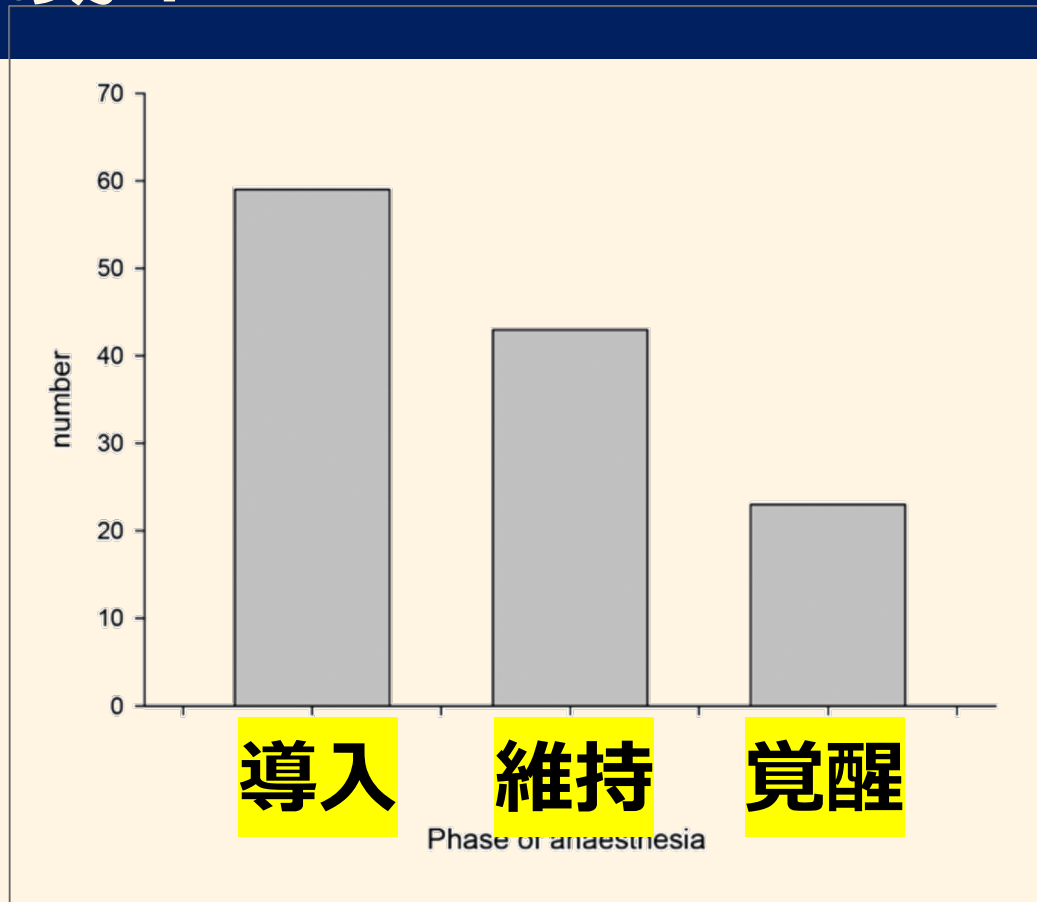
5th National Audit Project of
The Royal College of Anaesthetists and the
Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland



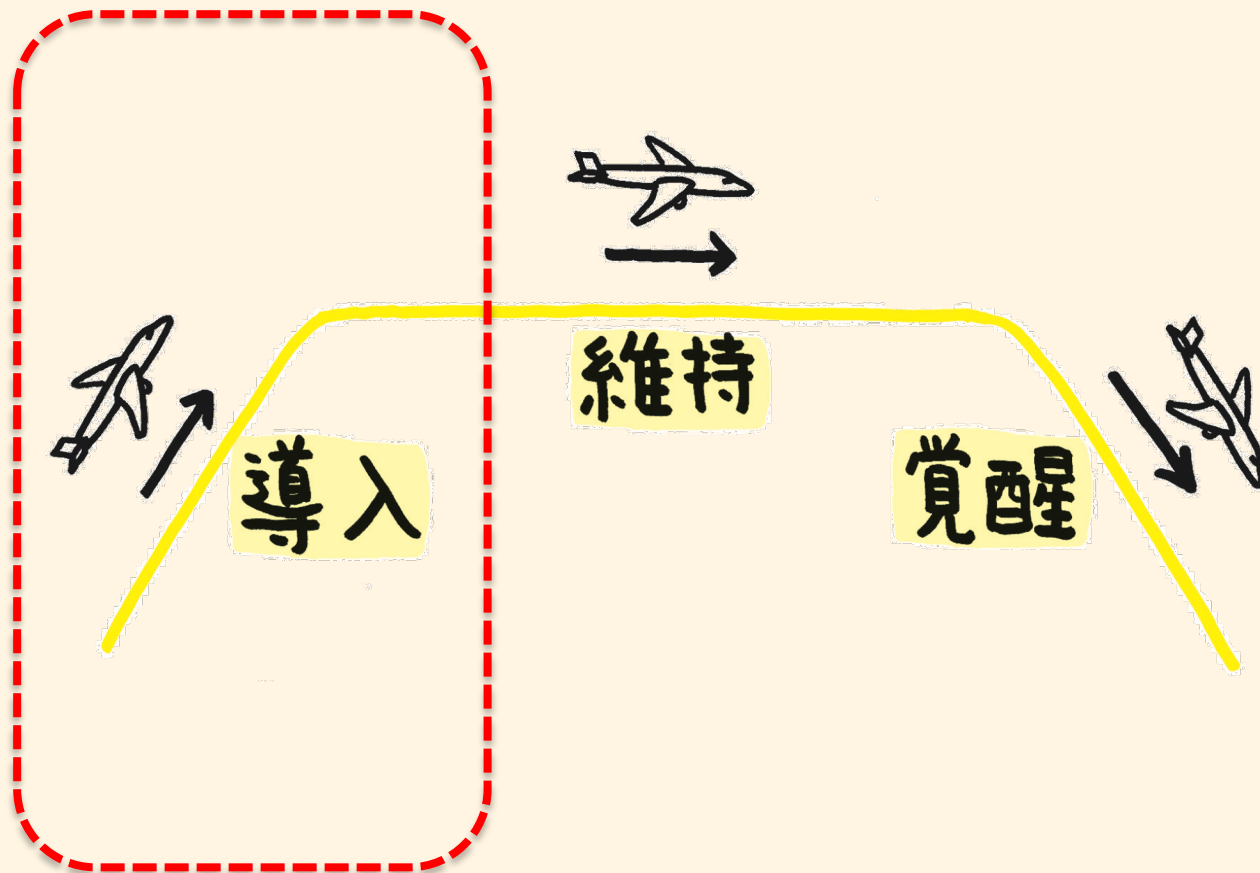
Accidental Awareness during General Anaesthesia in the United Kingdom and Ireland

<http://www.nationalauditprojects.org.uk/NAP5report>

いつ発生したのか？

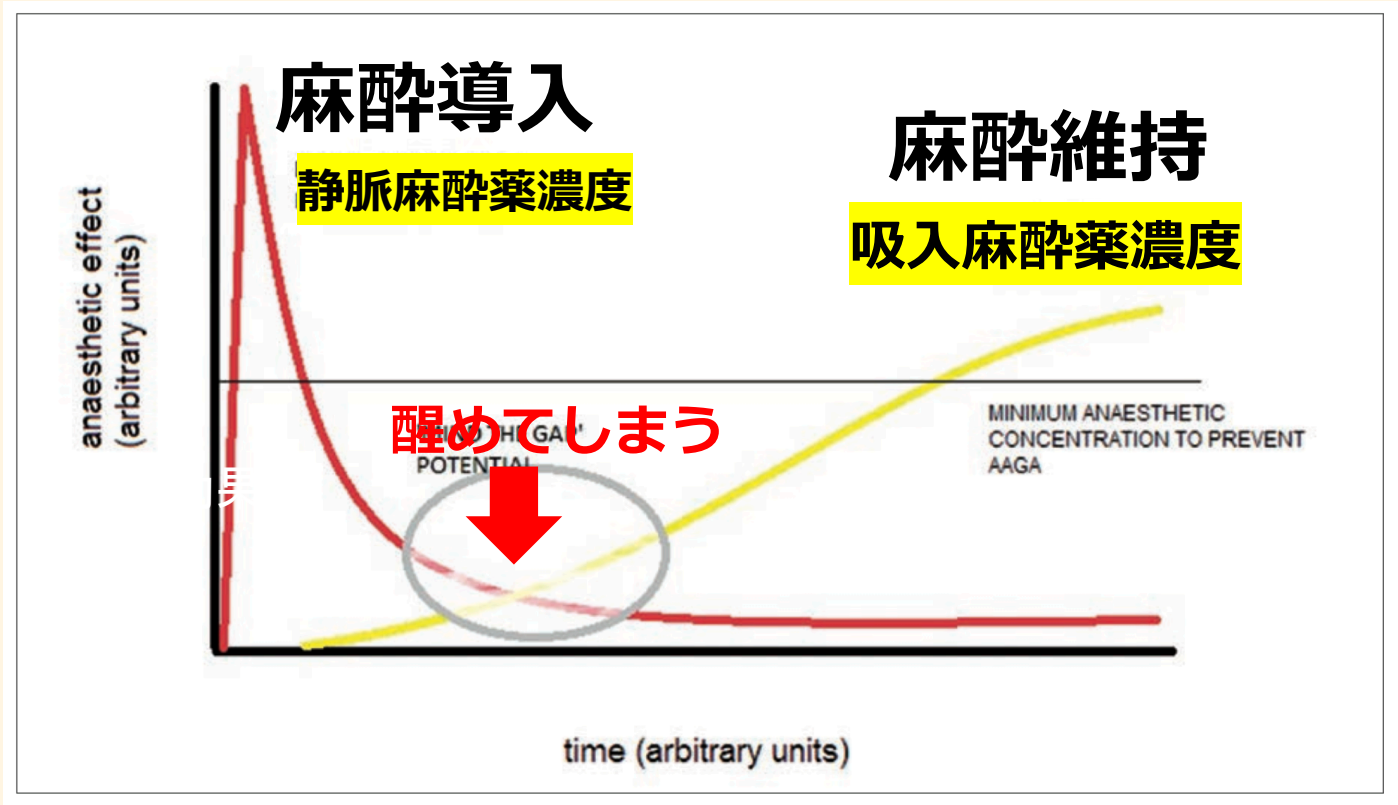


術中覚醒は麻酔導入時におきる



MIND THE GAP

電車とホームのスキマに注意してください！



BISモニター



EMG 筋電図

EEG 脳波波形

SQI Signal Quality Index

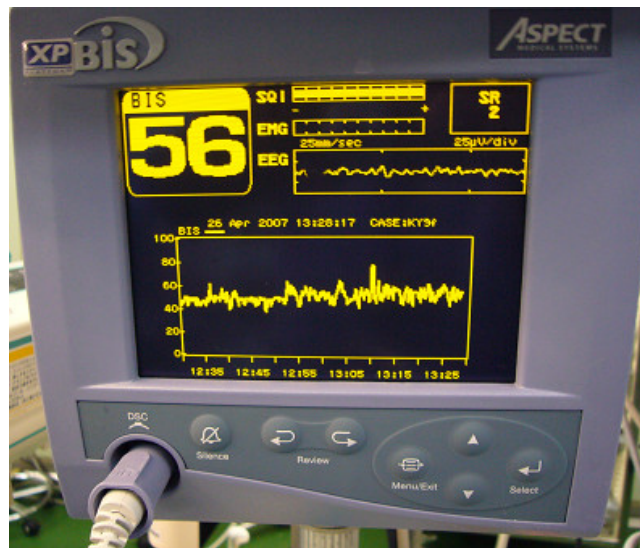
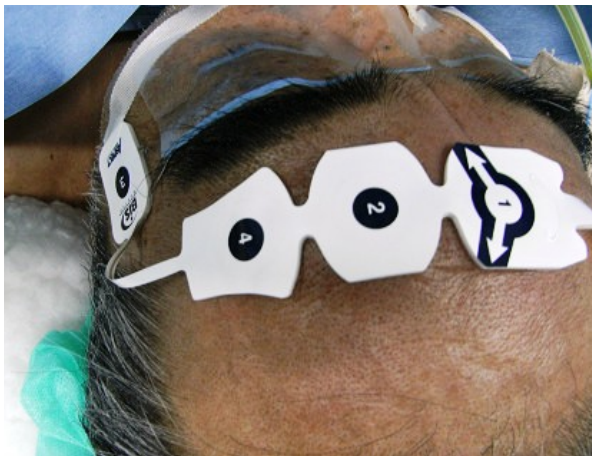
SR supression ratio

直近60秒間で脳波が出なかった部分

平坦脳波が出現した割合 (%)

BIS値	状態
100	完全覚醒
80-90	覚醒の可能性あり
70-80	強い侵害刺激に反応
60-70	浅麻酔, 健忘
40-60	中等度麻酔, 意識なし
<40	深い麻酔状態
0	平坦脳波

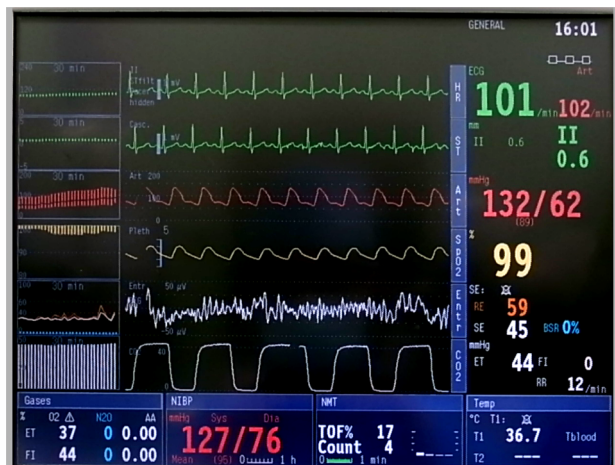
BIS[®]モニター（脳波モニター）



- 脳波から周波数解析にもとづきBIS値（0-100）を表示
- BIS値は40-60が目標
- BIS100では完全覚醒、0では脳波活動がない

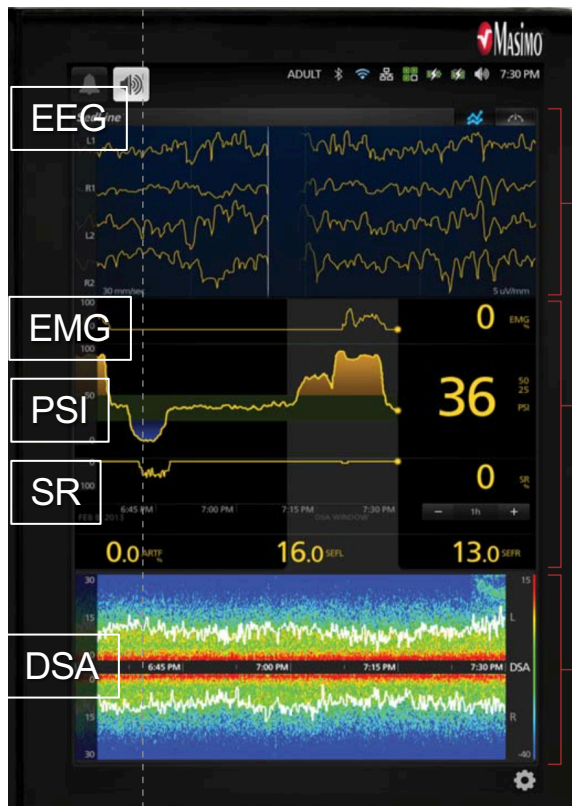
エントロピー[®] (脳波モニター)

RE/SE推奨値40~55



パラメータ	周波数
RE	0.8~47Hz
SE	0.8~32Hz
BSR	SRとおなじ
RE-SE	5以上で、鎮痛不十分
RE	筋電図成分 含む
BISより数値変動が大きい	

SEDLINE® (脳波モニター)



PSI推奨値 25~50

Patient State Index

PSI 値	意味
PSI>50	軽い鎮静/麻酔レベル (覚醒の可能性)
$25 \leq \text{PSI} \leq 50$	適切な全身麻酔レベル
PSI<25	深麻酔状態 (覚醒/回復遅延の可能性)
表示なし	深すぎる麻酔レベル burst suppression
砂時計	PSI 算出不能 アーチファクト

SR 群発抑制(発生時)

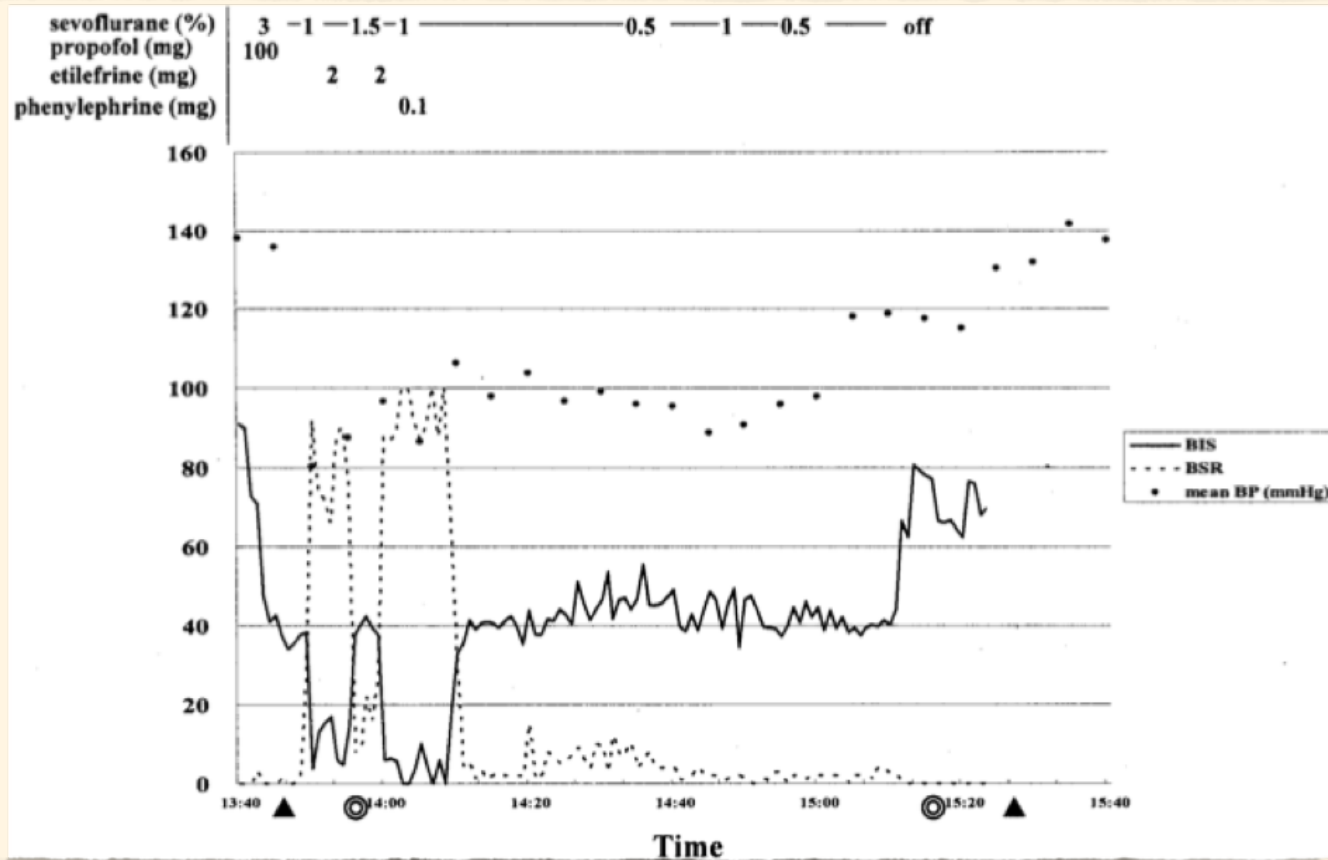
EMG 筋電図(混入時)

EEG 脳波波形

ARTF アーチファクト(発生時)

SEF95 95%SEF

BIS = 0

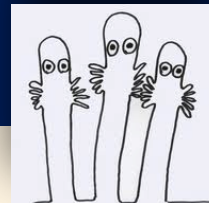


Morimoto et. al : Anesth Analg 2005;100:158-61

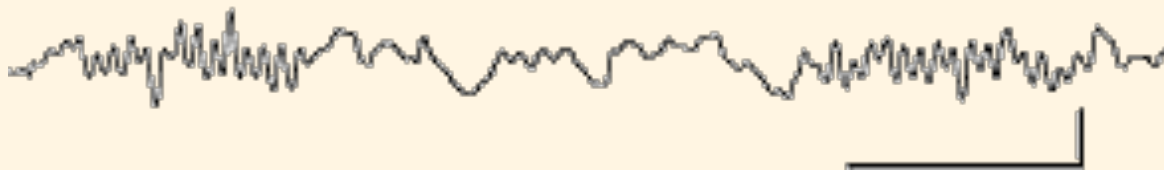
BISが限りなく低い... 事実上 0



spindle(紡錘波)



睡眠の第二段階(Stage-2)を決定付ける律動波



【周波数】

12~14Hz

持続時間は0.5~2sec

睡眠が深くなると少し遅い(10~12Hz)のSpindleが前頭部に出現

【分布】

中心・頭頂葉

α 波の分布と異なり、かなり広汎性に出現(前頭極・前頭部・側頭部)

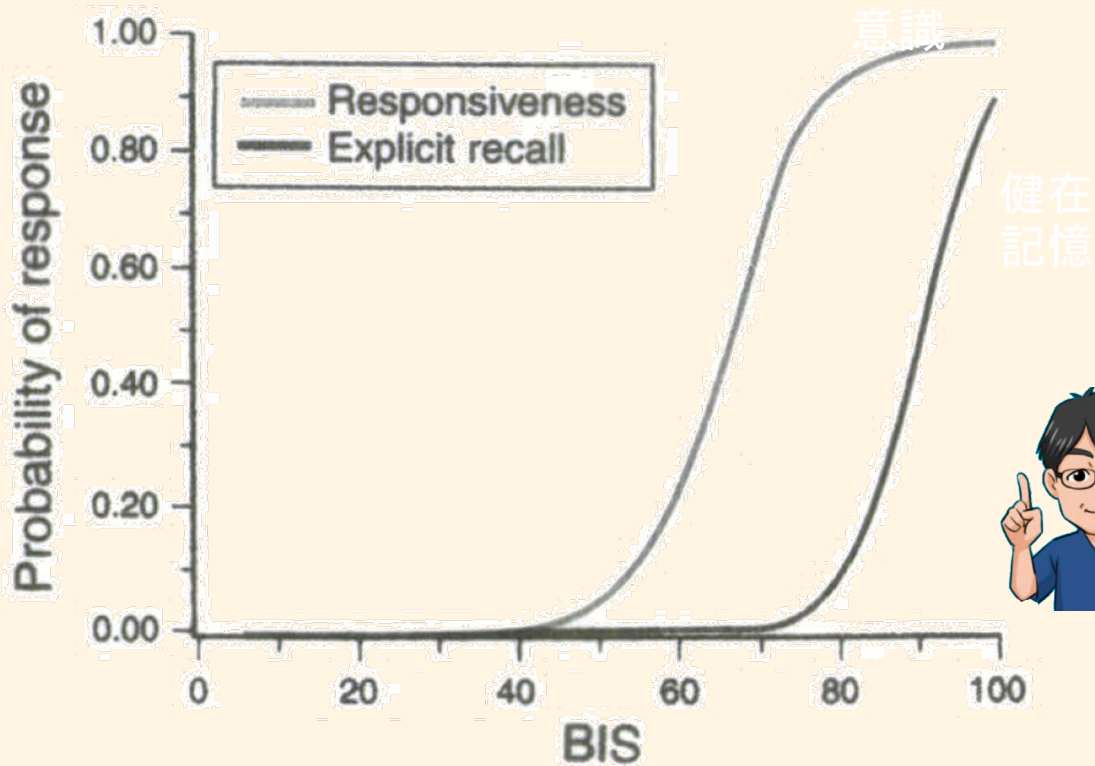
睡眠が深くなると前頭部に出現

脳波はともだち





BIS値と意識/記憶確率 (propofol)

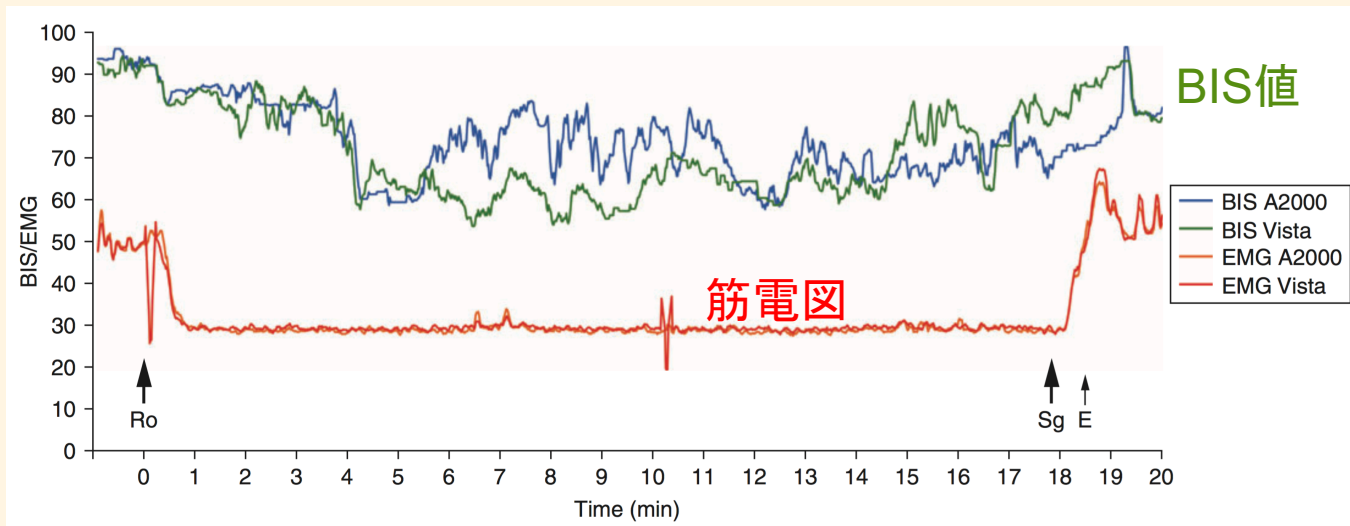


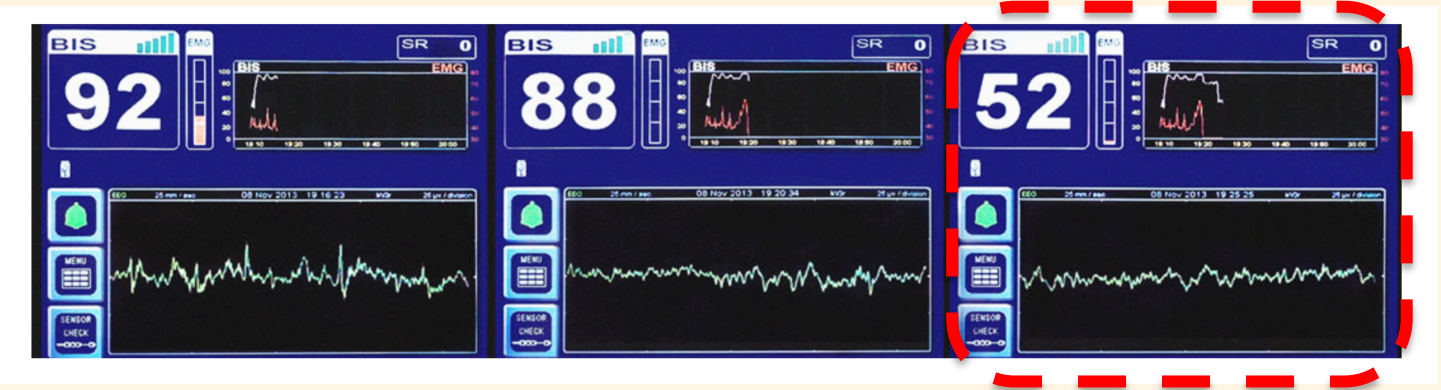
筋弛緩薬の投与のみで、BIS<70になっている

Response of bispectral index to neuromuscular block in awake volunteers†

P. J. Schuller*, S. Newell, P. A. Strickland, and J. J. Barry

BJA 115 Suppl 1:i95-i103, 2015





筋弛緩薬投与6分後



脳波(筋電図なし)

BIS

51

SQI



SR
0

EMG

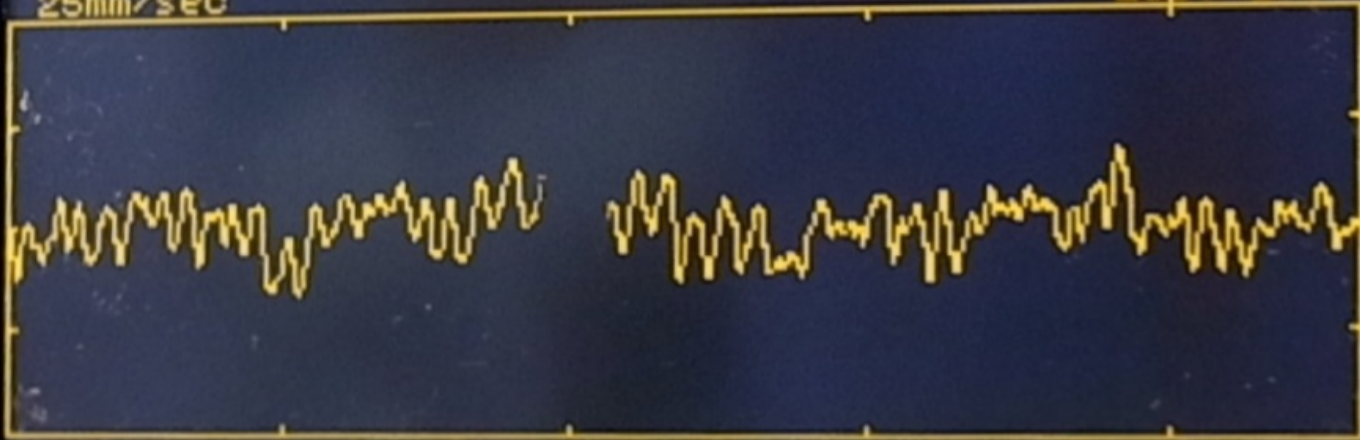


BIS = 50 程度では、こんな感じ

25mm/sec

21 Jul 2009 12:09:38 CASE:0e7t

25 μ V/div





筋弛緩薬投与6分後



脳波(筋電図なし)

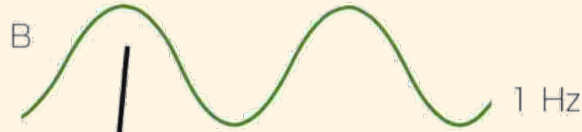
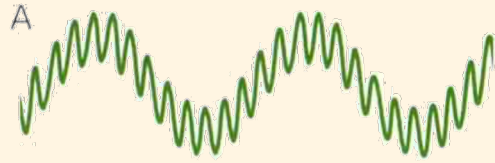
脳波の**波形成分**が

同じBIS値 \neq 同じ状態

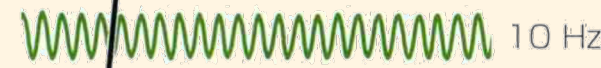
ニヨロニヨロだけじゃない！術中脳波



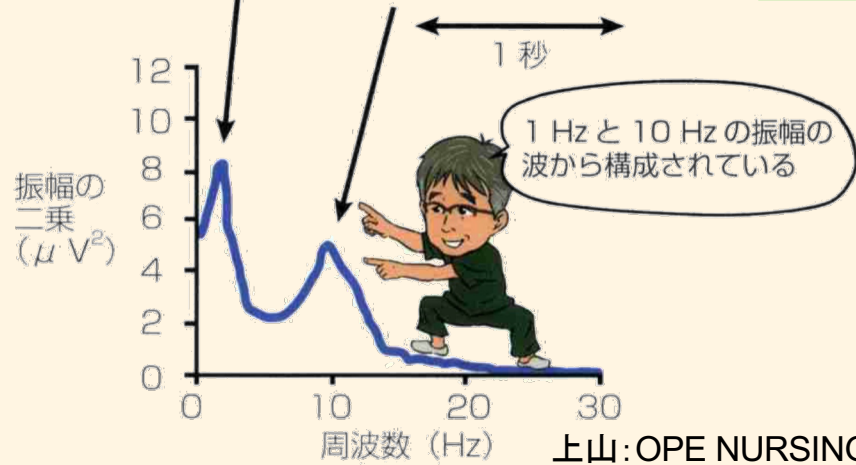
脳波の構成



δ波



α波



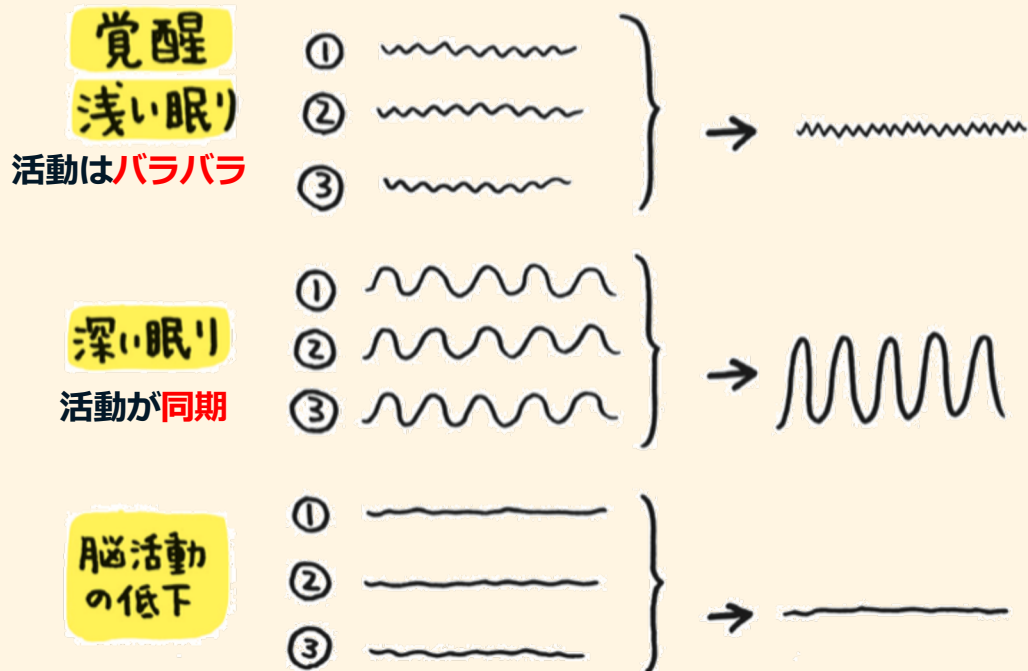
によろによろ、最高～



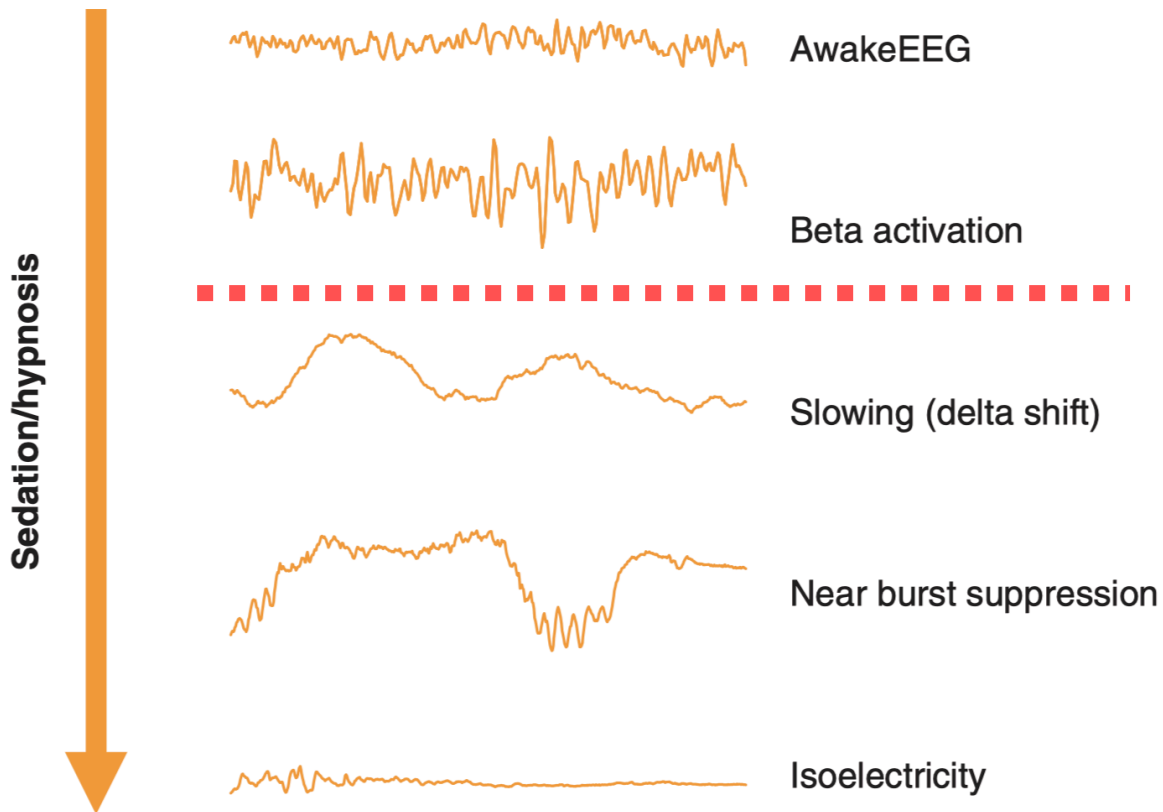
なぜ、入眠すると振幅が大きくなるのか

脳波

錐体細胞の活動電位 重ねあわせたもの



麻酔薬による脳波の抑制 ★



BIS

50

SQI



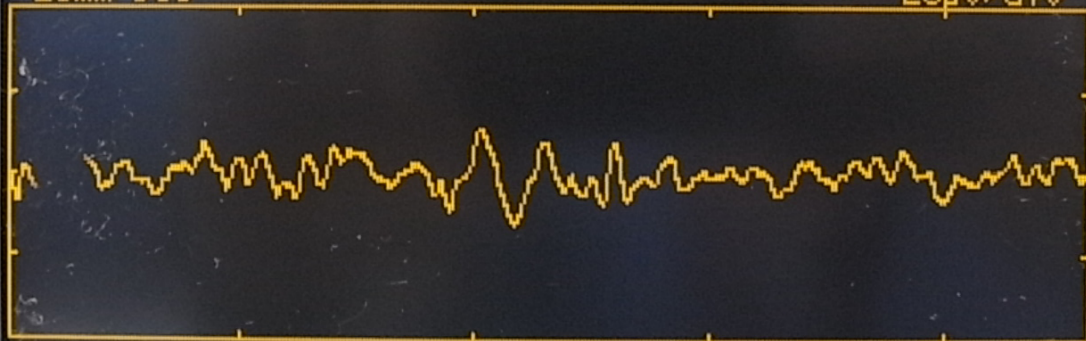
EMG



SR
2

25mm/sec 30 Jun 2009 13:12:38 CASE:1A50

25µV/div



セボフルラン

- sevofluren
- セボフレン®

[麻酔導入] 0.5-5%

[麻酔維持] 1-3%

1MAC= 1.71%

血液/ガス分配係数=0.63



- 最も使われる吸入麻酔薬
- 導入・覚醒が早い
- 気道刺激性が少なくVIMAに適している（導入・維持を吸入麻酔薬で行う）
- 気管支拡張作用（喘息もOK）
- ソーダライムと反応（発熱）してコンパウンドAを発生（腎機能障害の可能性）
- 非脱分極性筋弛緩薬を増強

デスフルラン

- desfluren

- スープレン®

[麻酔維持] 3.0-7.6%

1MAC= 6%

血液/ガス分配係数=0.42



- 最も新しい吸入麻酔薬
- 覚醒が早い
- 気道刺激性が強く導入には使えない（維持のみ）
- ソーダライムと反応しない
- 高濃度1.5MACで血圧、心拍数増加（一過性）
- 特別な気化器が必要（沸点が23.5℃）

酸素

酸素 O₂

[麻酔維持] 空気や笑気と混合30%-70%
(100%は、導入・覚醒時のみ)



国産の勝敗 (黒酸の笑灰)

- 常温で気体、無色透明
- 導入覚醒時は、100%
- 長時間100%酸素
→無気肺、肺障害

【禁】 気管切開術 (100%投与)

「やくそく」
ボンベは、全開にして少し戻す

手術中の患者モニター



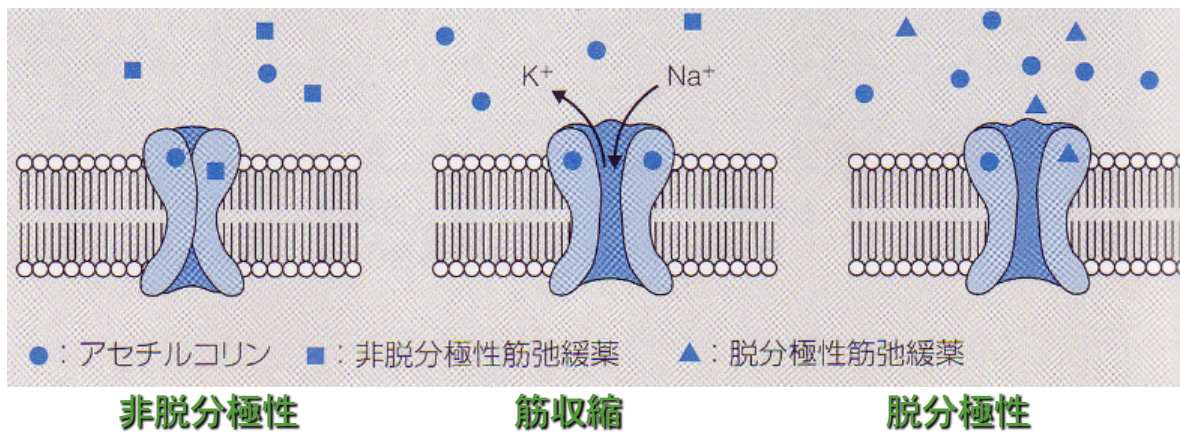
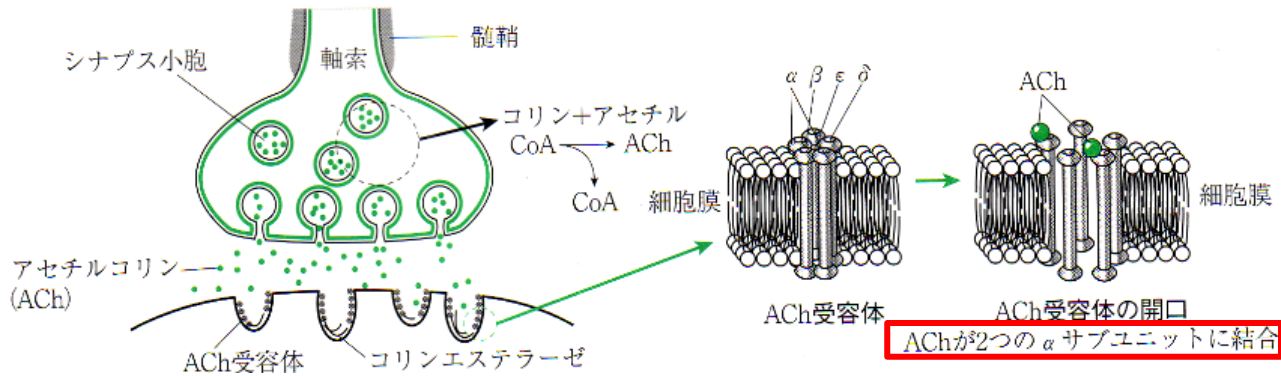
筋弛緩薬

- 脱分極性？非脱分極性？
- 重要でありながら最も危険
- 筋弛緩の拮抗の指標は何？



- 筋肉を動かなくする薬、筋肉を柔らかくする
- 動かなくなる理由
- 神経筋接合部を遮断
- 遮断法は2つ
 - 脱分極性
 - 非脱分極性
- 脱分極⇒筋肉の収縮⇒弛緩（反応できなくする）
- 非脱分極性は受容体に蓋をする

筋弛緩薬



神経筋接合部に作用



- Rocuronium
(アセチルコリン受容体)

Esラックス®

原液で使用(50mg/5ml
25mg/2.5ml)

導入時 0.6mg/kg
適宜追加 0.1-0.2mg/kg

ロクロニウム

- 非脱分極性筋弛緩薬
- 循環動態に影響がない
- 効果発現に約 1 分
(迅速導入に向く)
- 悪性高熱症のトリガーでない

持続投与 7 μ g/kg/分
→ 0.4mg/kg/時



- suxamethonium
(アセチルコリン受容体)

- スキサメトニウム®
レラキシン®

100mgを5ccに希釈(20mg/ml)

導入時 1-1.5mg/kg

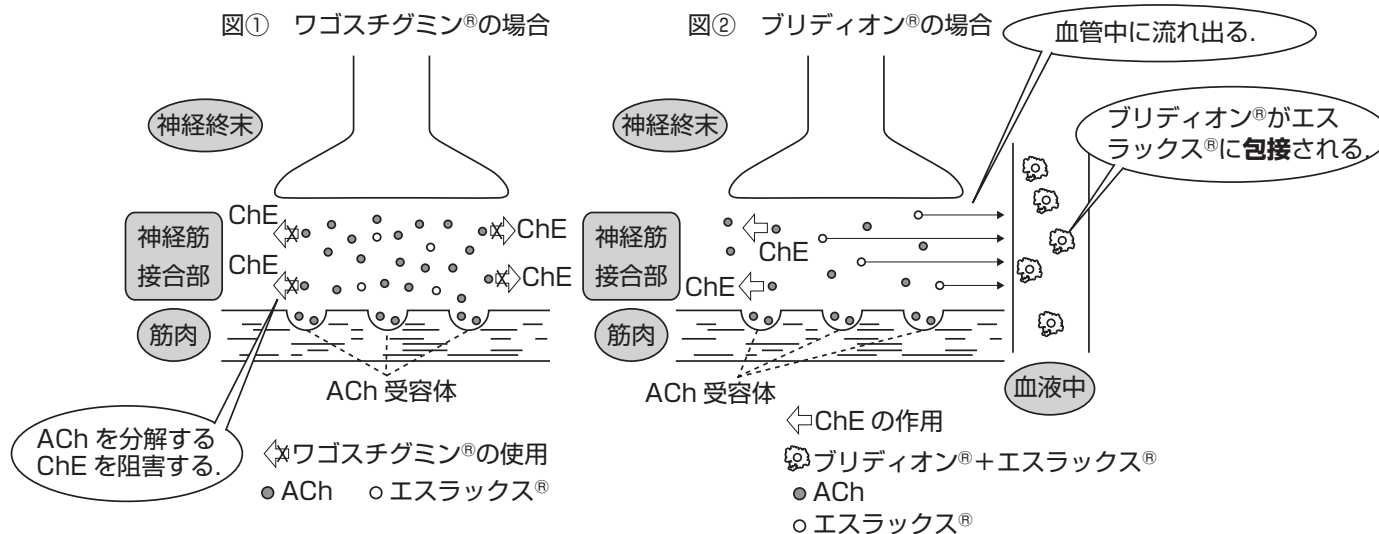
スキサメトニウム

- 脱分極性筋弛緩薬
- 筋肉が収縮した後、
筋弛緩状態
- およそ1分で効果発現
(迅速導入に向く)
- 筋肉痛の防止のために、非脱分極性筋弛緩薬をあらかじめ投与(プレリラゼーション)
- 繰り返し使わない

筋弛緩リバーサ薬



アトワゴ®とブリディオンの®



筋弛緩薬の拮抗薬

ネオスチグミン

抗ChE薬

(1) AChを分解するChEを阻害しAChを増加させて非脱分極性筋弛緩薬を追い出す

(2) ChEに対する作用だけでなく神経終末からのACh放出やACh受容体への直接作用

ムスカリン様作用が出るため、アトロピンを必ず併用

ムスカリン様作用

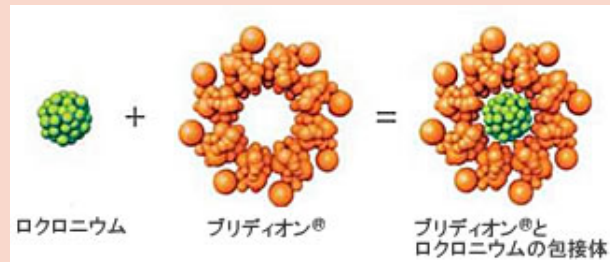
気道分泌増加、気管支痙攣、腸管運動亢進、徐脈、血圧低下、心停止

スガマデックス

ロムロニウムの拮抗薬

ロクロニウムを包んで不活化する

副作用はほとんどない



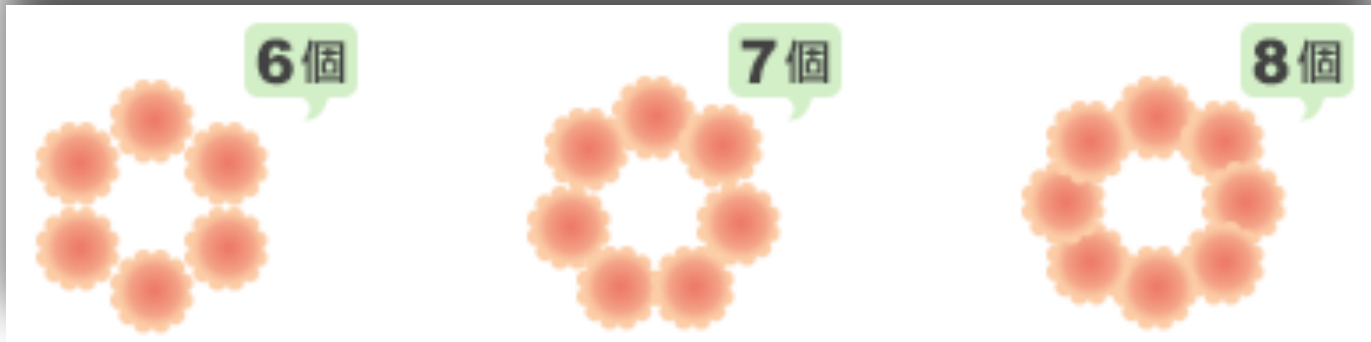
ぽんでらいおん



ポンデリングと後発品



グルコースが環状に複数個つながった構造



α -シクロデキストリン

β -シクロデキストリン

γ -シクロデキストリン





- Atvagoreverse
(アセチルコリンエステラーゼを拮抗)
- アトワゴ・リバース®
1回1.5～6mL
(ネオスチグミンとして
0.5～2.0mg、
アトロピンとして0.25～1.0mg)

- ネオスチグミン : アトロピン = 2 : 1
- 非脱分極性筋弛緩剤の作用の拮抗
- 筋弛緩が深い状態からリバースできない

ネオスチグミン 0.5mg/mL
アトロピン 0.5mg/mL

アトワゴ・リバース



- Sugamadex
- ブリディオオン®

筋弛緩モニターでT2 または
十分な自発呼吸の確認

2mg/kg

スガマデクス

- 筋弛緩剤ロクロニウム／ベクロニウム
を選択的に直接包接して、筋弛緩作用を不活化
- 世界初の筋弛緩回復剤Selective
Relaxant Binding Agent (SRBA)
- 筋弛緩が深い状態からリバース可能

- 以下のような深い状態でもOK
 - (1) 1-2PTC後： 4mg/kg
 - (2) ロクロニウム挿管量投与直
後： 16mg/kg

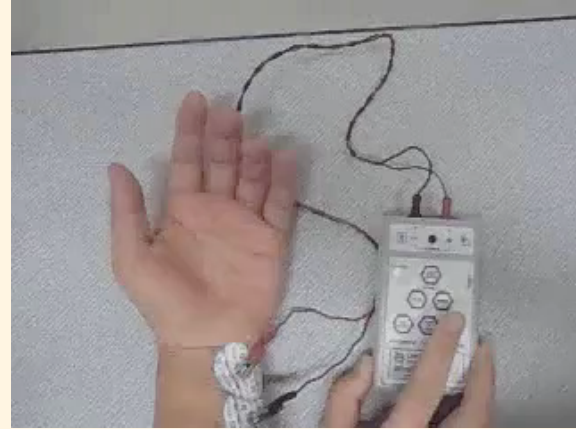
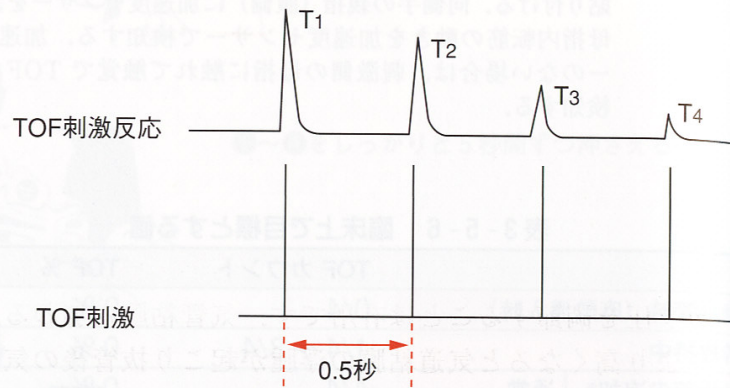
筋弛緩モニターは
いつモニタリングするのか？

筋弛緩モニター



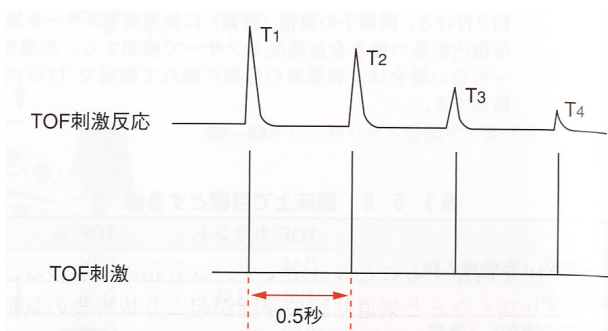
TOFモード

T₄/T₁の比がTOFR





尺骨神経を刺激(2秒間に4回)
長母指内転筋の動きをみる



T4/T1
TOF%はT1に対するT4の%
Count
刺激に対して何回反応したか



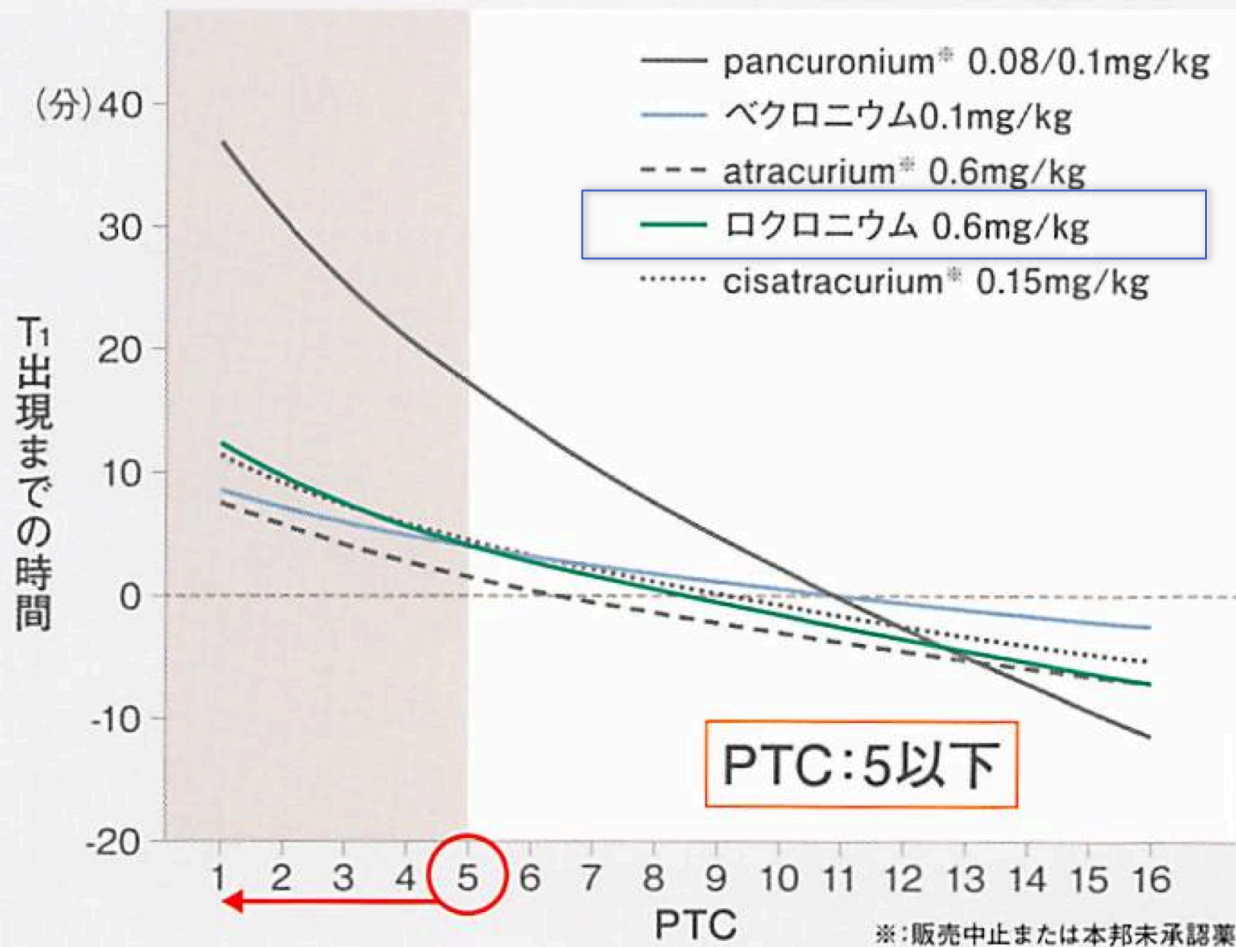
TOF train of four

		TOFカウント	TOF%
麻酔導入		0/4	0%
麻酔維持			
筋弛緩薬追加	通常	4/4	0%
	開腹 頸部手術など	2/4	
	深い筋弛緩	PTC 5 以下	
筋弛緩の拮抗			
アトワゴ		4/4	40%以上
ブリディオ 2mg/kg		2/4	
ブリディオ 4mg/kg		PTC 2	
抜管時		4/4	100(90)%以上

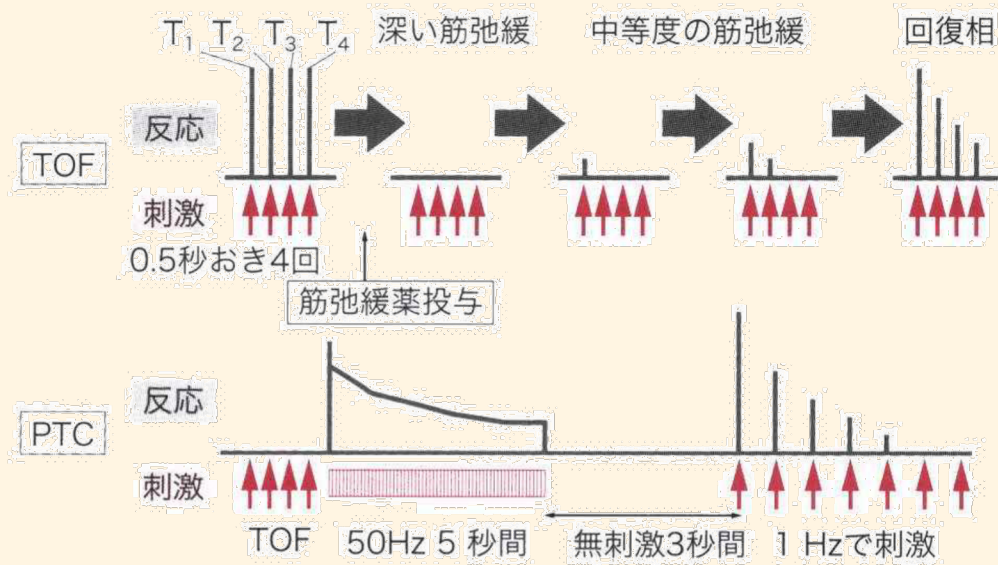
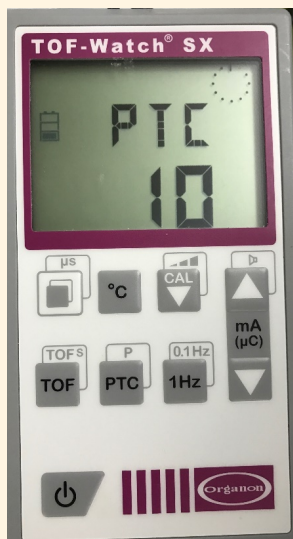
カウントの4発目が出なければTOF%は0%

PTC post tetanic count

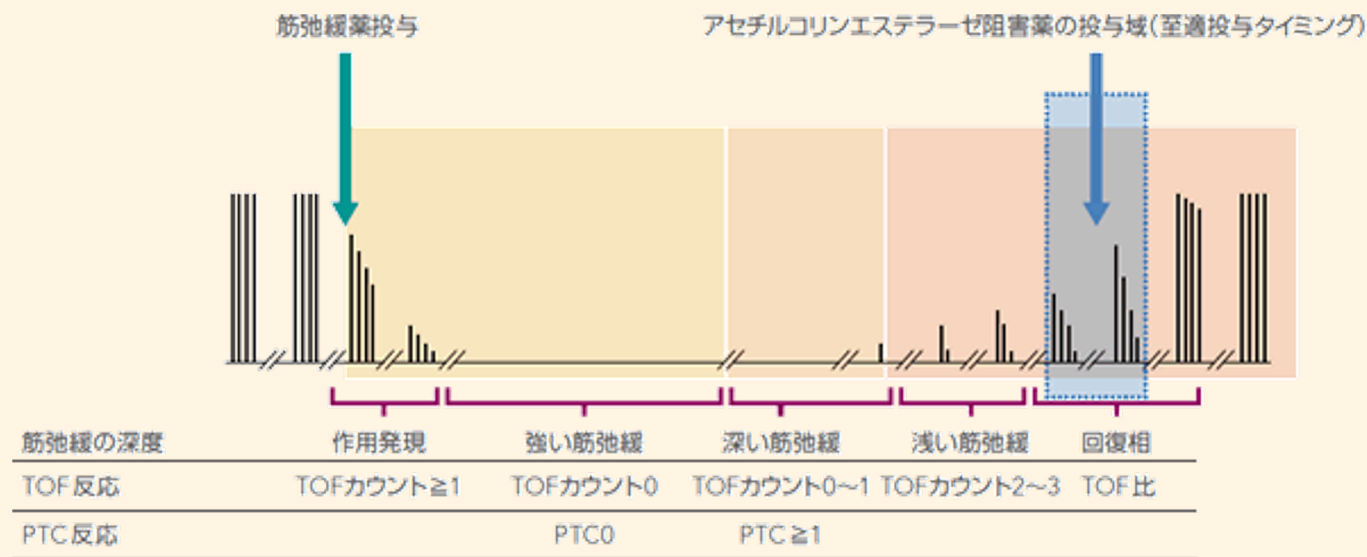
- TOFカウントが0のとき、PTCで評価（**深い筋弛緩**）
- 50Hzのテタヌス刺激で5秒間刺激後,3秒後から1Hzの単一刺激を連続的に与えて, 反応数(PTC; post-tetanic count)を評価
- ロクロニウム（エスラックス®）0.6mg/kg投与の場合、PTCが5以下でバックアップが生じにくい
- PTC2以上あれば、
- スガマデックス（ブリディオオン®）4mg/kgでリバースできる



PTCとは？



ブリディオン®



ブリディオン®の投与量

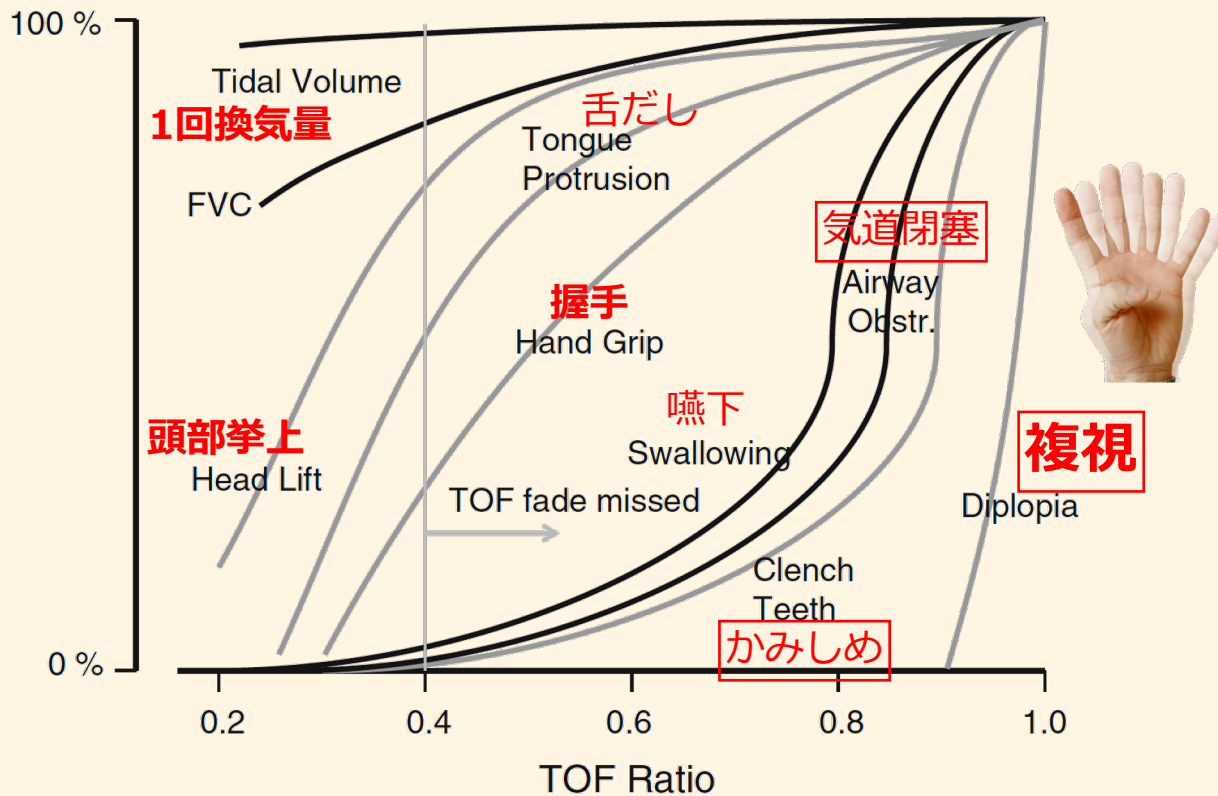
16mg/kg

4mg/kg

2mg/kg

ブリディオン®の投与域(いかなる筋弛緩状態からもリバースが可能)

筋弛緩薬の残存



術中にめざすのは何か？

よい状態に保つ！
まずは、呼吸一循環

自律神経

- 自律神経は二重支配
- 交感神経と副交感神経

アクセル・・・交感神経

ブレーキ・・・副交感神経

- 麻酔では、このバランスが乱れる
- 自律神経を調整（緊急薬の理解）

アドレナリン受容体

α 受容体

α_1 受容体 血管収縮

α_2 受容体 プレセデックス

β 受容体

β_1 受容体 心収縮力 \uparrow 、心拍数 \uparrow

β_2 受容体 血管拡張

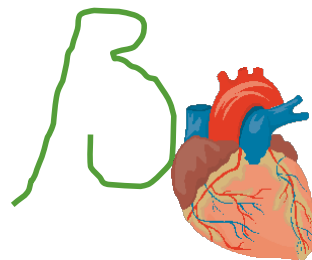
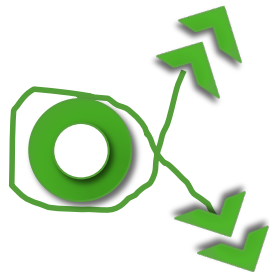
気管支拡張

α は絞めるヒモ、 β はムチ

- 血管を収縮させる
 - アドレナリン α 刺激薬
- 心臓をうたせる
 - アドレナリン β 刺激薬

α は絞めるヒモ

β はムチ



エフェドリン

- ephedrin
(α , β_1 , β_2)

- **エフェドリン®**

40mgを計10ccに希(4mg/cc)
1-2ccずつ静注



- 昇圧剤
- 麻酔中の低血圧の第一選択薬
- 間接型のためにカテコラミンの枯渇した老人などでは効果が現れにくい
- 胎盤血流を低下させないので妊婦にも安全
- β_2 があるため気管支拡張作用
- 日本人が単離「長井博士」

フェニレフリン

- phenylephrine
(α 受容体)

- **ネオシネジン®**

1mgを計10ccに希釈
(0.1mg/cc)

1-2ccずつ 使用



- 昇圧剤
- α_1 を選択的に刺激する
- 直接型なのでEITドリで効果がなくても有効
- 作用持続が短い
- 反射性徐脈になるので
虚血性心疾患でも使いやすい
- 帝王切開にも使用可能

B53. エフェドリン塩酸塩 (40mg/1ml/A) について誤っているのはどれか。

a 徐脈になる。

×

b 昇圧薬である。

○

c 投与後に血圧を測定する。

○

d 繰り返し投与で効果が減弱する。

○

e 10倍に希釈して使用する際、1mlは4mgである。

○

ドパミン

- Dopamine
(α , β , D)

イノバン®

3mg/ccに希釈

$\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 計算で使用

1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$

= $0.06 \times \text{体重 (kg)}$ ml/時



- 昇圧薬 (持続投与)
- 投与量により効果が異なる
- D作用 (1-3 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$)
腎血流量 \uparrow \Rightarrow 尿量 \uparrow
- β 作用 (3-10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$)
心収縮力 \uparrow (β_1)
末梢血管拡張 \uparrow (β_2)
- α 作用 (10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 以上)
末梢血管収縮 (α)

いのいちばんの昇圧薬

ドブタミン

- dobutamine
(β_1 受容体)

ドブトレックス®、ドブポン®
イノバンと同じ3mg/cc希釈

$\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ で投与



- 人工的に作られた β_1 刺激薬

- **心収縮力増強**

(軽度) 心拍数増加

- 心筋酸素消費量を増強させるので虚血性心疾患には使いにくい

- 肥大型心筋症には禁忌
(流出路狭窄を強める)

ノルアドレナリン

- norepinephrine
($\alpha > \beta$)

ノルアドレナリン®

1-3A (1-3mg) を計50cc希
釈

15A

0.0



- α 作用が強力な昇圧剤
- フェニレフリンと異なり β 作用もある
- 体血管抵抗が低下している場合に持続的に使用
- 中心静脈から投与
- 人工心肺からの離脱時に使用されることがあり

アドレナリン

- epinephrine
($\alpha < \beta$)

ボスミン®

アドレナリン0.1%注®

蘇生時：原液で使用 1A 静注

気管支喘息：1/3～1/2A皮下注

高度低血圧：

希釈して $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 投与



- 心肺蘇生時の第一選択薬
- 史上最強のカテコラミン
- 正常人に使用では不整脈誘発
- 使用する濃度で作用が異なる

0.01-0.02 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$

主として β 作用

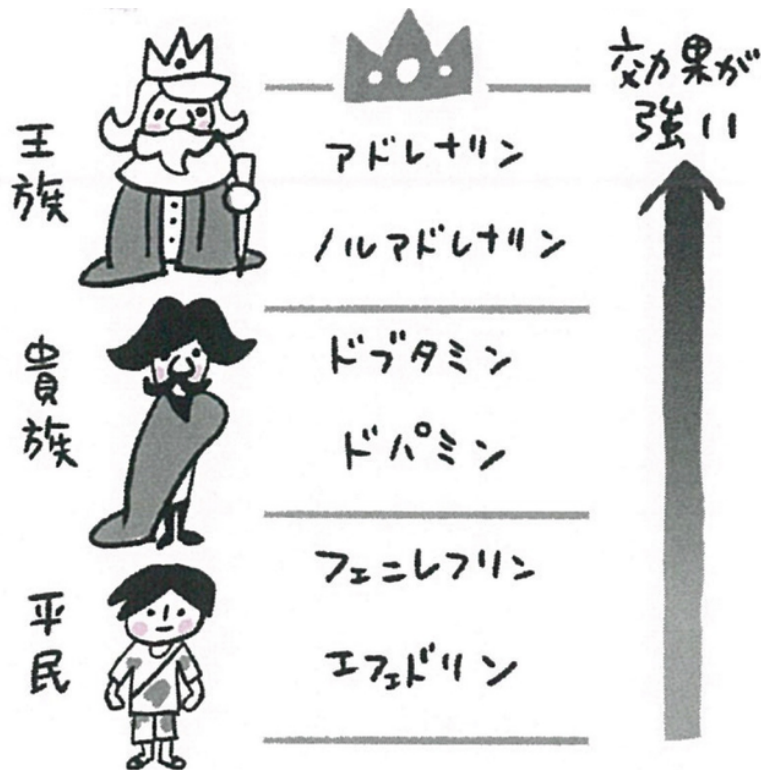
0.02-0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$

$\alpha + \beta$ 作用

0.1-0.3 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$

α 作用

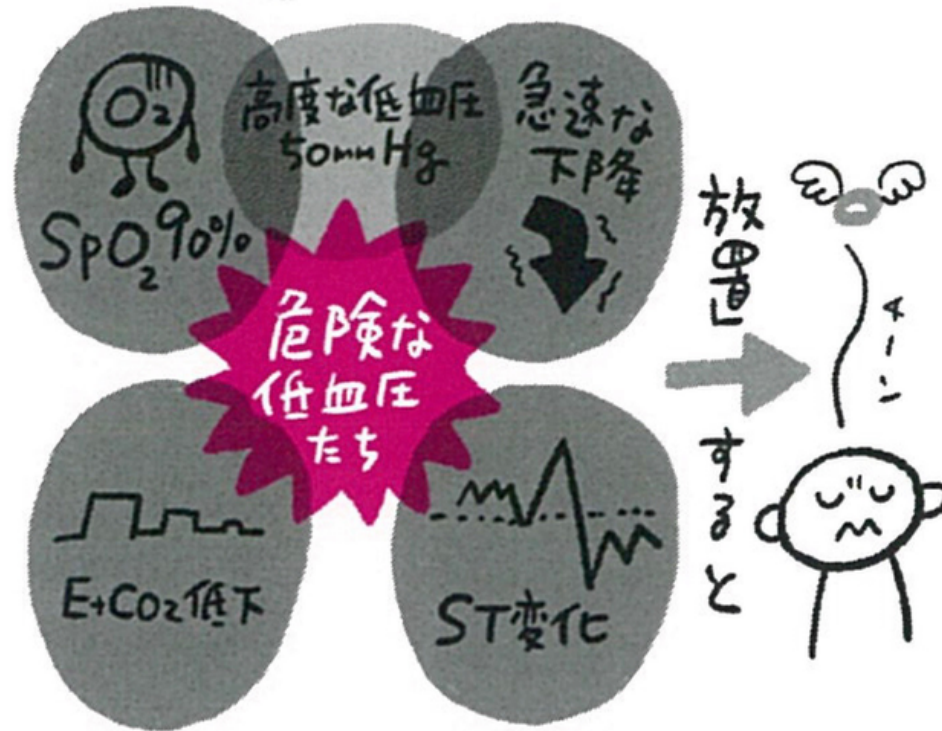
昇圧薬の階級



危険な低血圧

高度な低血圧	<ul style="list-style-type: none">• 平均血圧 50mmHg 未満
急速な低血圧	<ul style="list-style-type: none">• 出血、ショック、アナフィラキシーなど
ST 変化を伴う	<ul style="list-style-type: none">• 術中急性貧血、心仕事量増大（酸素需給バランスの破綻、心筋虚血による）
EtCO ₂ の異常低下	<ul style="list-style-type: none">• 呼吸が問題でなければ循環虚脱を意味
低酸素を伴う	<ul style="list-style-type: none">• 組織低酸素を考える

危険な低血圧は死につながる



血圧が低い

原因別に分類(3つ)

- 血管拡張
- 輸液・輸血不足
- 心機能低下

循環とは

- 巡ること
 - 何が(血液), どこを(血管), 何で(心臓)

● **血液**: 増加, 減少

● **血管**: 縮む, 広がる

● **心臓**: 動き, 機能(収縮能, 拡張能)

- 前負荷
- 後負荷
- 心収縮力

ボリューム

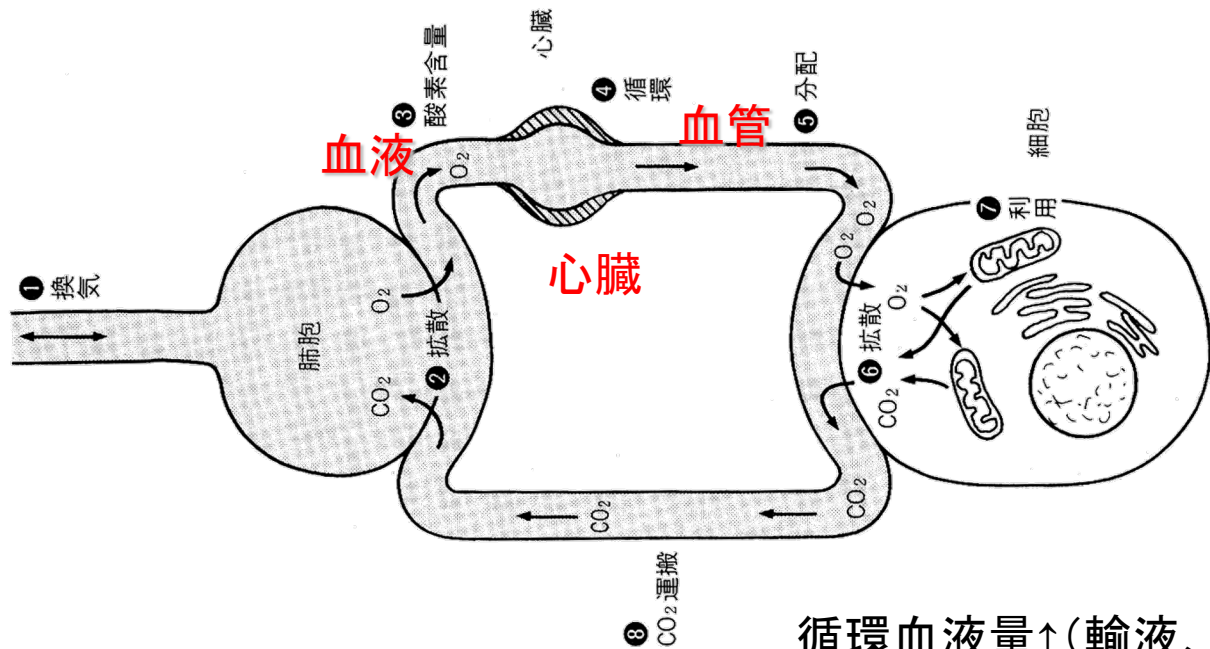
末梢

心機能

手足をさわる、色を見る

循環とは

心臓をもっとうたせる(心拍出量↑)



血管収縮

循環血液量↑(輸液、輸血)

22. 術中低血圧の原因と機序の正しい組み合わせはどれか。

- | | |
|---|---|
| (1)深麻酔.....心機能の低下 | ○ |
| (2)腸管牽引.....心機能の低下 | × |
| (3)気腹.....末梢血管抵抗の減少 | × |
| (4)出血.....循環血液量の減少 | × |
| (5)術前の脱水.....循環血液量の減少 | ○ |
| | ○ |
| a (1)(2)(3) b (1)(2)(5) c (1)(4)(5) | |
| d (2)(3)(4) e (3)(4)(5) | |

18.低血圧の原因として正しいのはどれか。

- | | | |
|----------------------|-------------|-------------|
| (1)出血..... | 心後性 | × |
| (2)心筋虚血..... | 心原性 | ○ |
| (3)心タンポナーデ..... | 心原性 | ○ |
| (4)敗血症性ショック..... | 心後性 | ○ |
| (5)アナフィラキシーショック..... | 心前性 | ○ |
| | | × |
| a (1)(2)(3) | b (1)(2)(5) | c (1)(4)(5) |
| d (2)(3)(4) | e (3)(4)(5) | |

心拍数を調節する薬





- atropin
(アセチルコリン受容体)

硫酸アトロピン®
原液で使用(0.5mg/cc)

1/2Aから1A静注
2Aまで可

アトロピン

- 副交感神経遮断作用
- 交感神経を引き立たせる
(頻脈にする)
- 口腔内分泌低下 (口渇)
- (禁忌) 閉塞隅角緑内障
前立腺肥大
- 筋弛緩のリバーブ時には、
ワゴスチグミンと共に投与



- isoprotelenol
(β刺激剤)

プロタノールL®

20ccに希釈して1ccずつ静注

0.01μg/kg/minで持続静注
開始

イソプロテレノール

- 陽性変時作用が強い
- β刺激作用で心筋酸素量増大
- アトロピンに反応しない徐脈に使用
- これでも反応しない徐脈であれば、ペーシングの適応



- Landiolol
- (β_1 受容体拮抗剤)

オノアクト50®

1Aを20ccに希釈して
持続静注

0.01-0.04 μ g/kg/min

ランジオロール

- β_1 を選択的に遮断する
- (喘息患者にも使用可能な) β 遮断剤
- 作用時間が短い
- 頻脈性不整脈に有効
- 頻脈を予防し心筋の酸素需要を低下させる
- 循環血液量低下症例に使用すると高度低血圧

その他

キシロカイン（リドカイン）

心室性不整脈

1-1.5mg/kg



その他

アンカロン (アミオダロン)

難治性VT/VF (DCで停止しない)

初回300mg

2回目以降150mg

血圧低下、徐脈、低血圧、QT延長

シンビット (ニフェラカント) 日本製

難治性VT/VF (DCで停止しない)

0.3mg/kg

血圧低下少ない、QT延長



B29 アトロピンが有効なのはどれか。

- | | |
|------------------|---|
| a 洞性徐脈 | ○ |
| b 心房粗動 | × |
| c 心室性期外収縮 | × |
| d III度房室ブロック | × |
| e MorbitzII型ブロック | × |



降圧作用のある薬



- nicardipine
(Ca拮抗剤)

ペルジピン®

静注 0.5mgずつ
持続静注 2-10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$

ニカルジピン

- 血圧降下剤
- 強力に血管を拡張
- Oneshot（ボラス）で使用できる
- 房室伝道の抑制作用は弱いので血圧が下がると反射性頻脈になる



- diltiazem
(Ca拮抗剤)

ヘルベッサー®

静注 50mgを10ccに希釈して
1-2cc

持続静注 1-15 μ g/kg/min

ジルチアゼム

- 血圧降下と徐脈になる
- 心臓に対する陰性変力作用はマイルド
- 房室伝道を抑制し徐脈
- 冠動脈れん縮予防作用
- 過量投与で房室ブロック



- nitroglycerin

ミリスロール®
原液で使用

0.1-5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$

ニトログリセリン

- 主として静脈（容量血管）を拡張し前負荷を軽減
- 冠動脈拡張作用
- 塩化ビニルに吸着するので専用の延長チューブ必要
- 耐性ができやすい



- alprostadiil

プロスタジン500®

1-3Vを50ccに希釈して
持続静注

0.01-0.2 μ g/kg/min

プロスタジンE₁

- 細動脈を拡張させるので血流改善剤として使用
- 重要臓器（肝、腎など）の血流を維持して保護作用
- 肺血圧を低下させる
- 新生児のPDAを開存させる
- 細い末梢血管からの投与では静脈炎をおこす