

研修医のための麻酔科入門

自治医科大学麻酔科学・集中治療医学講座
主任教授 瀬尾憲正

General principles of surgical anesthesia

「麻酔」の新しいコンセプト
外科的侵襲等の急性ストレス状態を
診断・治療する重要な医療である！

単にのどに管を入れて、
ガスや「眠る牛乳」で眠らせることではない

研修(3ヶ月)目標

- 術前プレゼンテーションが出来る
- 麻酔準備が出来る
- 気道確保、換気、(気管挿管)が出来る
- 術中のストレス状態を理解できる
- 全身麻酔薬, 局所麻酔薬, 筋弛緩薬, 麻薬の基本的な投与方法を理解する.
- 術後回診が出来る



医者ってのは
普通…

死の淵に落ちそうに
なる患者を

治療して
引き上げよう
する…



双葉社
麻酔科医ハナ
なかお白亜 監修松本克平

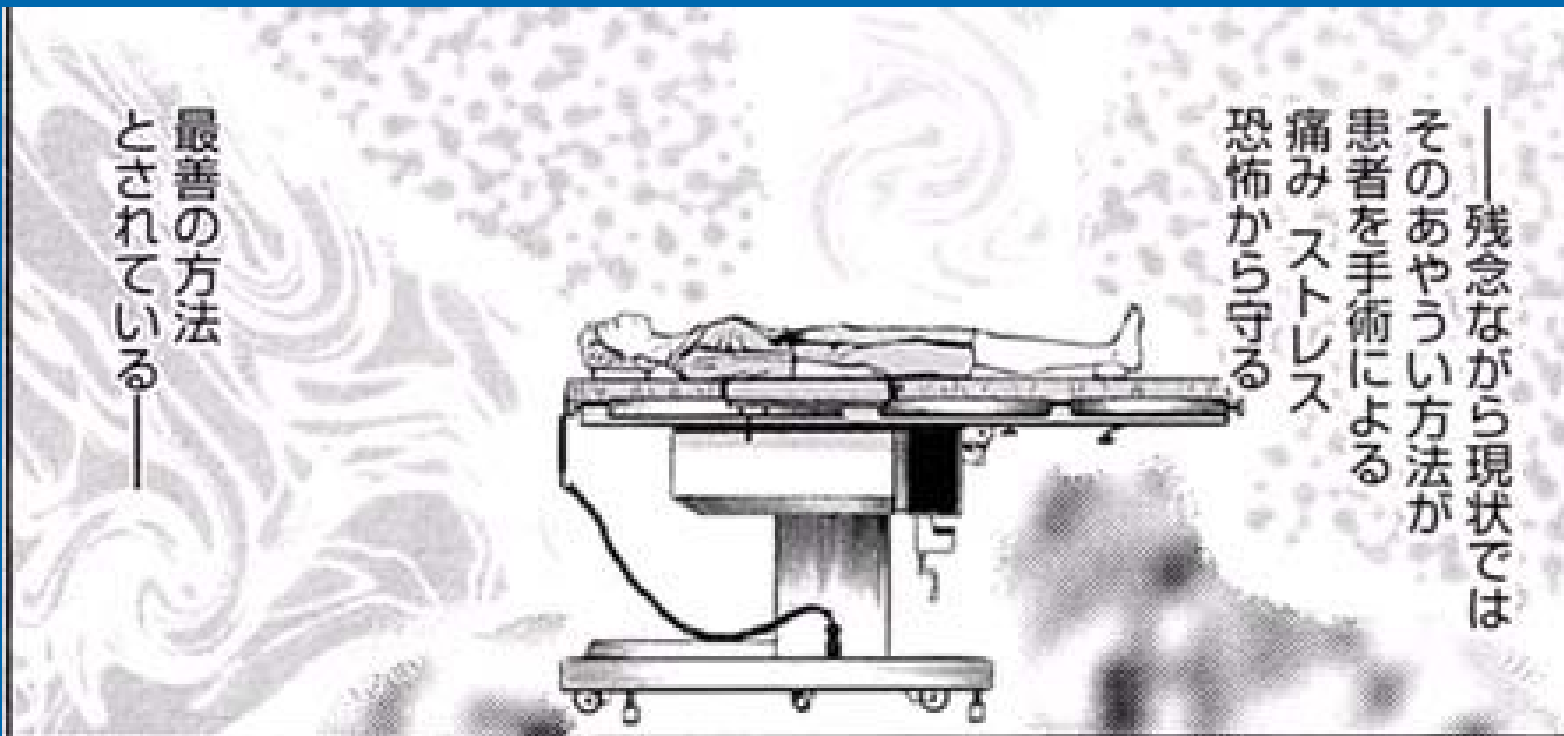
——でも
麻醉はその逆

劇薬や麻薬をつかって
患者の意識・呼吸
時には心臓まで
止めて

患者をわざわざ
死に近い状態まで
降ろしていく……

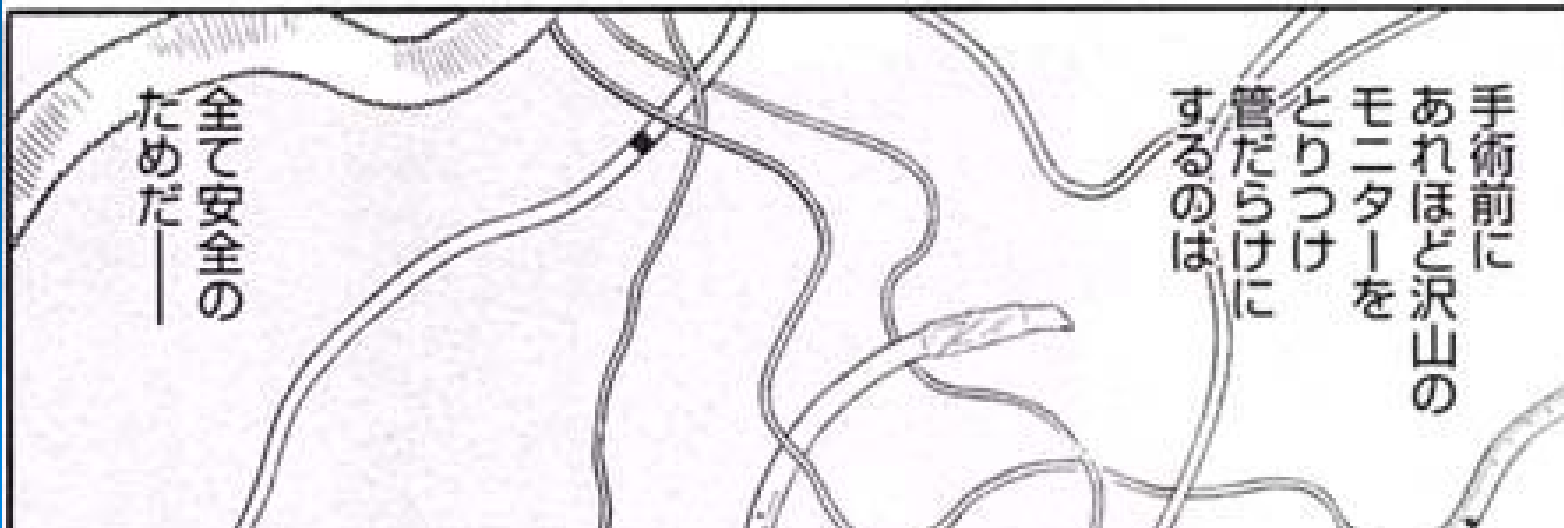


双葉社
麻醉科医ハナ
なかお白亜
監修松本克平



——残念ながら現状では
そのあやうい方法が
患者を手術による
痛み ストレス
恐怖から守る

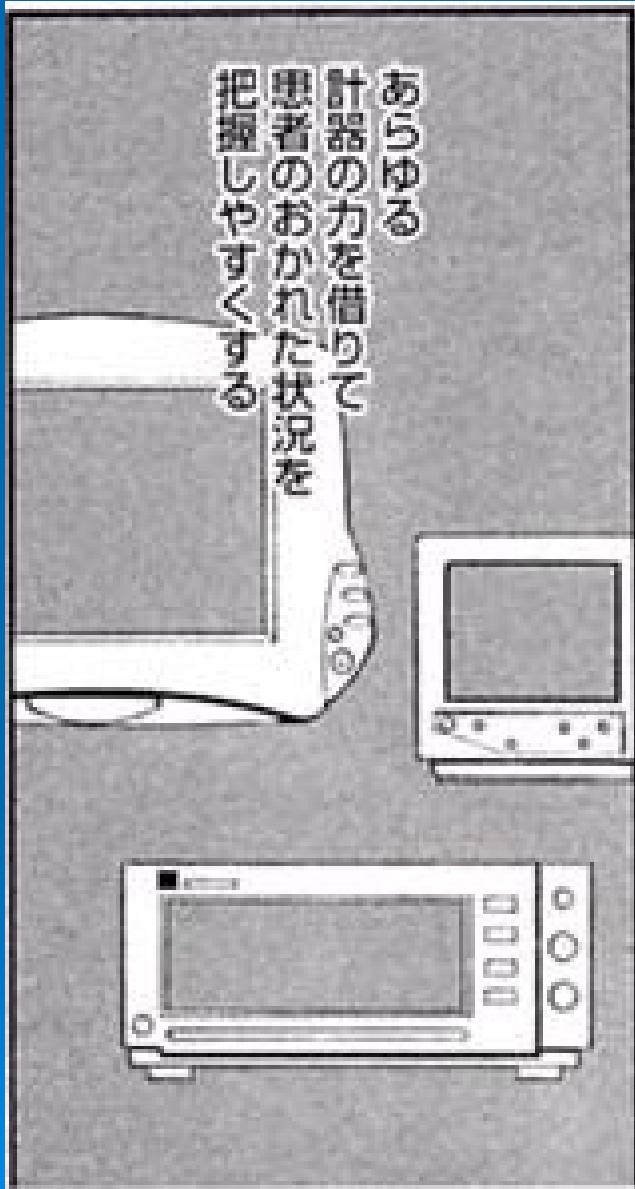
最善の方法
とされている——



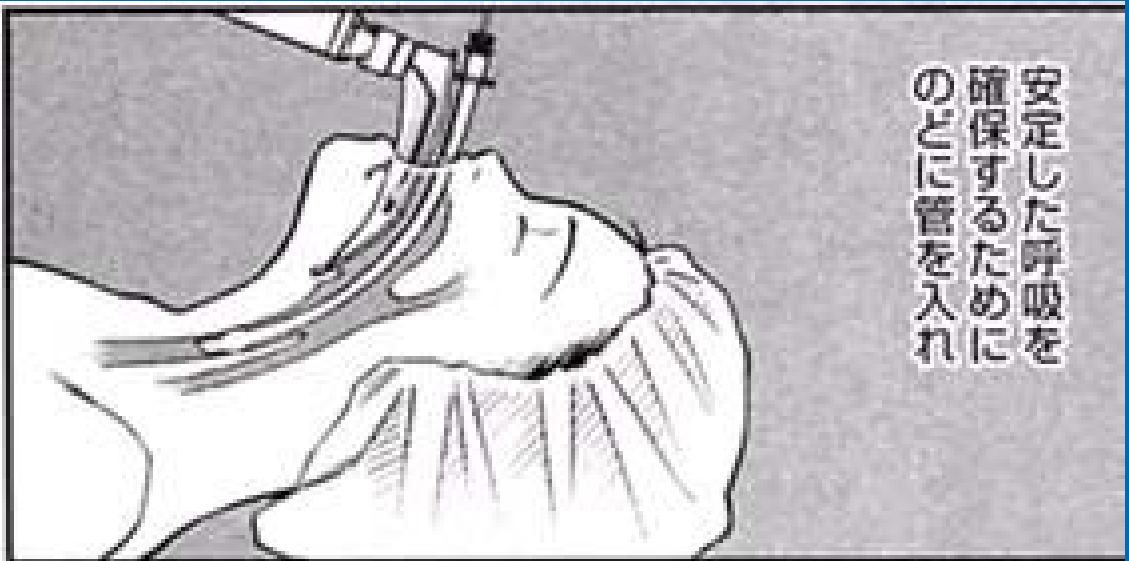
手術前に
あれほど沢山の
モニターを
とりつけ
管だらけに
するのは

全て安全の
ためだ——

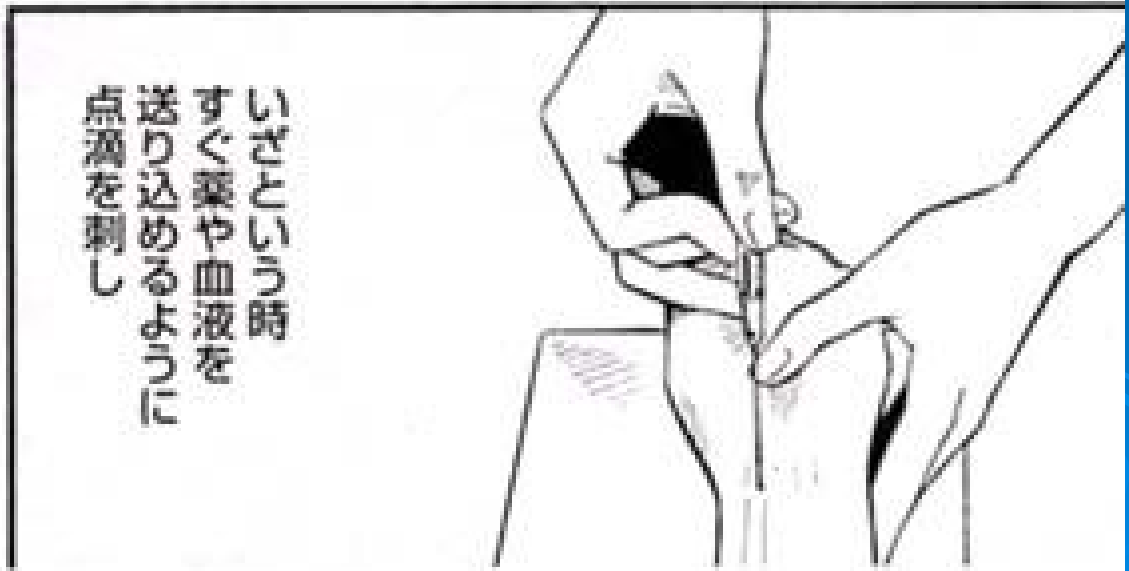
双葉社
麻酔科医ハナ
なかお白亜
監修松本克平



あらゆる
計器の力を借りて
患者のおかれた状況を
把握しやすくする



安定した呼吸を
確保するために
のどに管を入れ



いざという時
すぐ薬や血液を
送り込めるように
点滴を刺し

そうして
麻酔科医は
より安全に

患者の命を支えながら
下ろしては引き上げて
いるんだ

そしてその真価が
問われるのは

突然 患者が
落ちそうになったときだ

双葉社
麻酔科医ハナ
なかお白亜 監修松本克平

—その瞬間



どれだけ多くの
救命手段を持っているかが

結果を左右する

双葉社
麻酔科医ハナ
なかお白亜
監修松本克平

麻酔：外科侵襲から患者を護る

➤ 麻酔行為自体は可逆的な生命を脅かす処置

- ・神経活動を止める

 - 中枢神経→意識消失

 - 末梢神経→知覚・運動麻痺

- ・呼吸を止める

- ・血圧/脈拍を調節する

 - 低血圧、高血圧、徐脈、頻脈

➤ 不測の事態が発生するリスクが高い

麻酔科医の役割



麻酔は外科的侵襲等の急性ストレス状態を診断・治療する医療である



「意識のない患者の代弁者である」
「執刀医が安心して持てる最高の技術を発揮できるようにする。」

手術の順調な遂行を目指す

アジアから見た日本



「環日本海諸国図」/富山中心正距方位図 この地図は、富山県が作成した地図を転載したものである(平6総使第76号)

麻酔科格言集

患者の息を止めても良い

息の根は止めてはいけない

酒は酔うまで薬は効くまで

麻酔(Anesthesia)の3A

Amnesia: 健忘

Analgesia: 無痛

Akinesia: 不動

実際の麻酔で求められること

まず第一は「術中に患者さんの命を守ること」

しっかり効いて: onset, effector site concentration

ぱっちり醒める: offset, context sensitive half time

醒めたら苦しくないこと

苦しいことは: 痛い、気持ち悪い、つらい、

『退室時に、「**痛い・気持ち悪い**」と言わせたらだめ！』

外科医の傷口の治りとおなじ、終わり良ければ全て良し

手術と麻酔

これまで麻酔が関与するとされているもの

合併症の軽減

- 心筋梗塞
- 脳血管障害
- 静脈血栓塞栓症
- 肺炎
- 腎障害
- イレウス
- 創部感染

手術結果の改善

- 術後の疼痛や苦痛の軽減
- 入院期間の短縮
- 生存率の改善

術中の危機回避

- 血圧安定
- 酸素化の維持
- 出血・輸血の軽減

健忘/催眠

BIS

Amnesia: 健忘
Analgesia: 無痛
Akinesia: 不動

セボフルラン: 吸気・呼気ガス濃度

プロポフォール: TCI

バランス
麻酔

?

TOF

鎮痛

不動

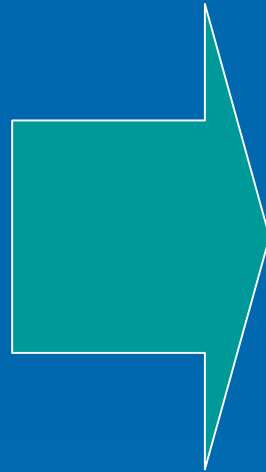
フェンタニル、レミフェンタニル、モルヒネ、NSAIDS

筋弛緩薬

ブロック(硬膜外、脊髄くも膜下、伝達、浸潤)

21世紀の麻酔

レディメイド麻酔



テーラーメイド麻酔
オーダーメイド麻酔

患者個人の反応

上手に使おう

- BISモニター
- シミュレーションソフト
(fentanyl monitoring)
- 筋弛緩モニター (TOFウオッチ)

BISモニタとは？

患者の前額部にディスポ電極を取り付け、「脳波」及び「BIS値」を表示するモニタです。「BIS値」は催眠レベルを0~100の数値で表示されます。



BIS 催眠状態

100

覚醒/軽度または適度な催眠

70

軽度の催眠状態
極めて低い反応の可能性 <70

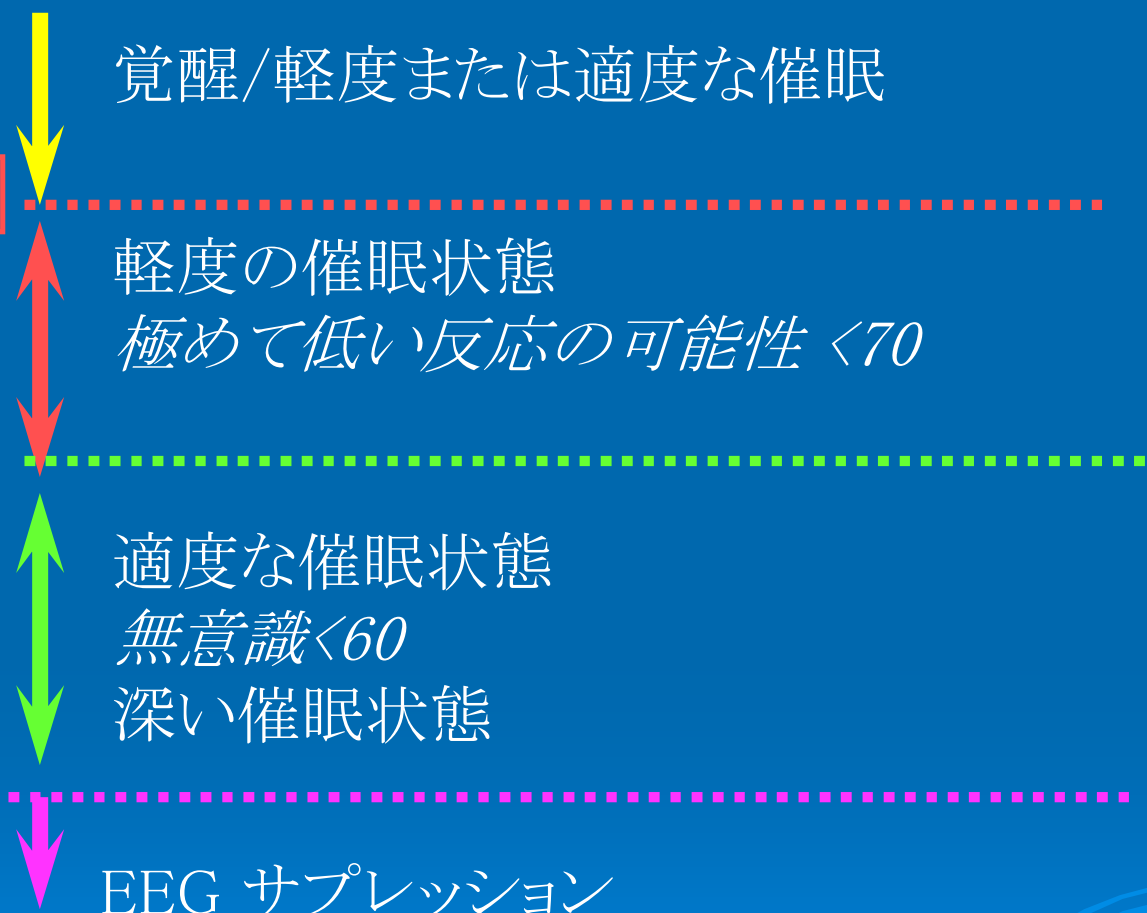
60

適度な催眠状態
無意識 <60
深い催眠状態

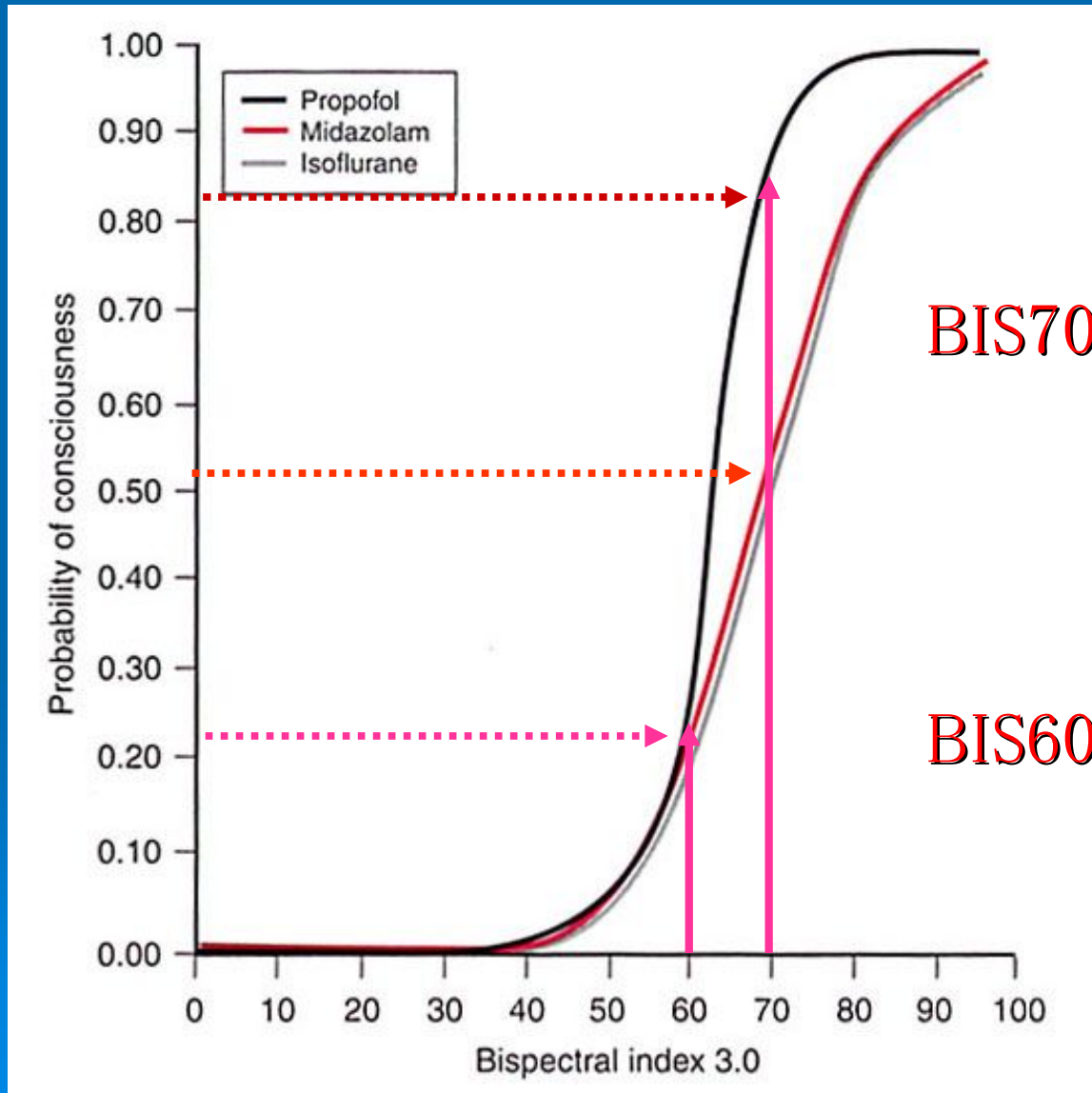
40

0

EEG サプレッション



各種麻酔薬におけるBIS値と覚醒確率



BIS70: 覚醒確率異なる

BIS60: 覚醒確率約20%

An Evaluation of Remifentanyl Propofol Response Surfaces for Loss of Responsiveness, Loss of Response to Surrogates of Painful Stimuli and Laryngoscopy in Patients Undergoing Elective Surgery

Ken B. Johnson, MD*

Noah D. Syroid, MS*

Dhanesh K. Gupta, MD†

Sandeep C. Manyam, PhD‡

Talmage D. Egan, MD*

Jeremy Huntington, BS*

Julia L. White, RN*

Diane Tyler, RN*

Dwayne R. Westenskow, PhD*

INTRODUCTION: In this study, we explored how a set of remifentanyl-propofol response surface interaction models developed from data collected in volunteers would predict responses to events in patients undergoing elective surgery. Our hypotheses were that these models would predict a patient population's loss and return of responsiveness and the presence or absence of a response to laryngoscopy and the response to pain after surgery.

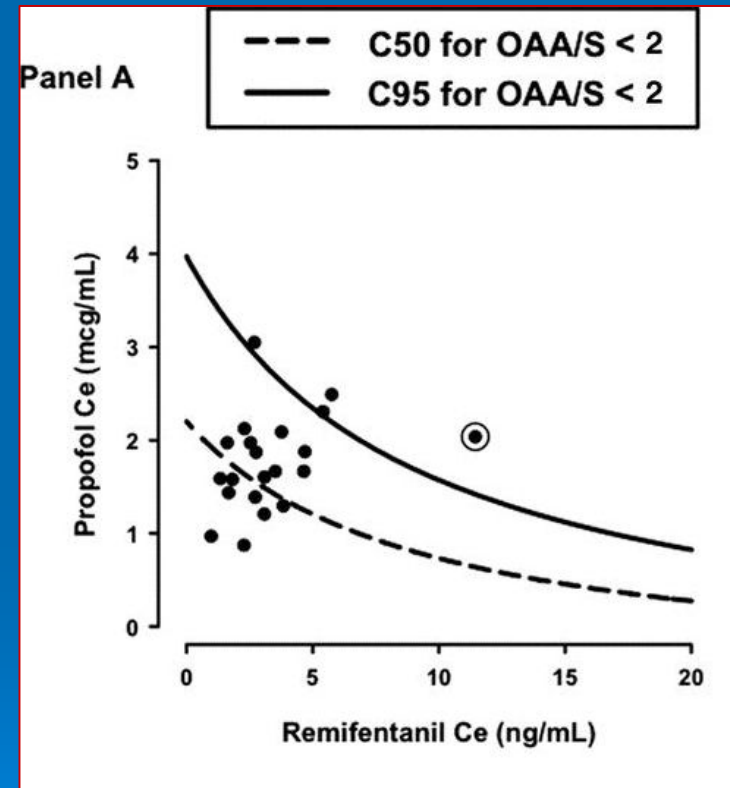
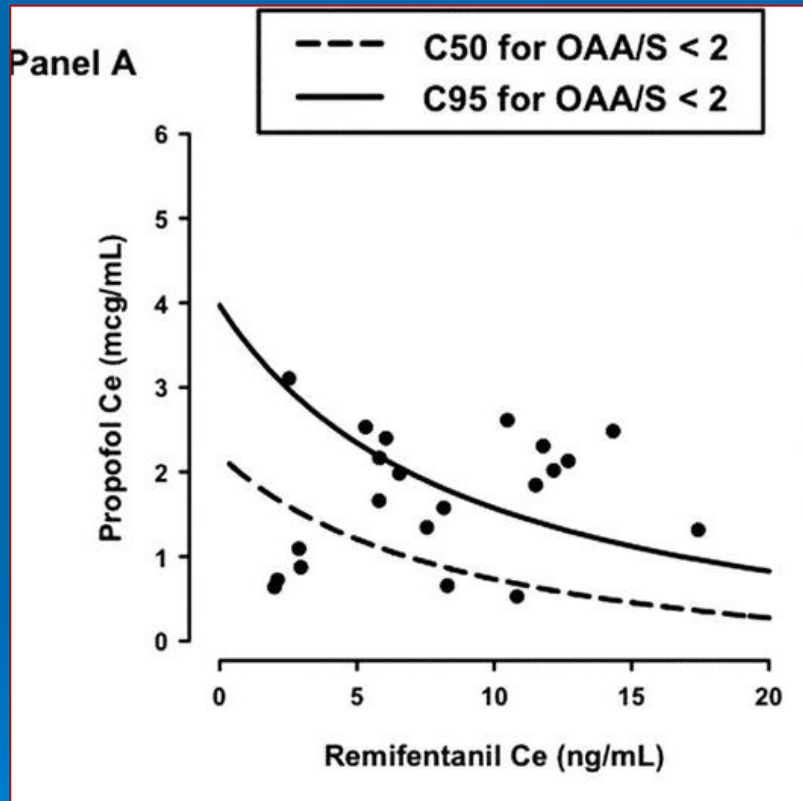
METHODS: Twenty-one patients were enrolled. Anesthesia consisted of remifentanyl and propofol infusions and fentanyl boluses. Loss and return of responsiveness, responses to laryngoscopy, and responses to postoperative pain were assessed in each patient. Model predictions were compared with observed responses.

RESULTS: The loss of responsiveness model predicted that patients would become unresponsive 2.4 ± 2.6 min earlier than observed. At the time of laryngoscopy, the laryngoscopy model predicted an 89% probability of no response to laryngoscopy and 81% did not respond. During emergence, the loss of responsiveness model predicted return of responsiveness 0.6 ± 5.1 min before responsiveness was observed. The mean probability of no response to pressure algometry was $23\% \pm 35\%$ when patients required fentanyl for pain control.

DISCUSSION: This preliminary assessment of a series of remifentanyl-propofol interaction models demonstrated that these models predicted responses to selected pertinent events during elective surgery. However, significant model error was evident during rapid changes in predicted effect-site propofol-remifentanyl concentration pairs.

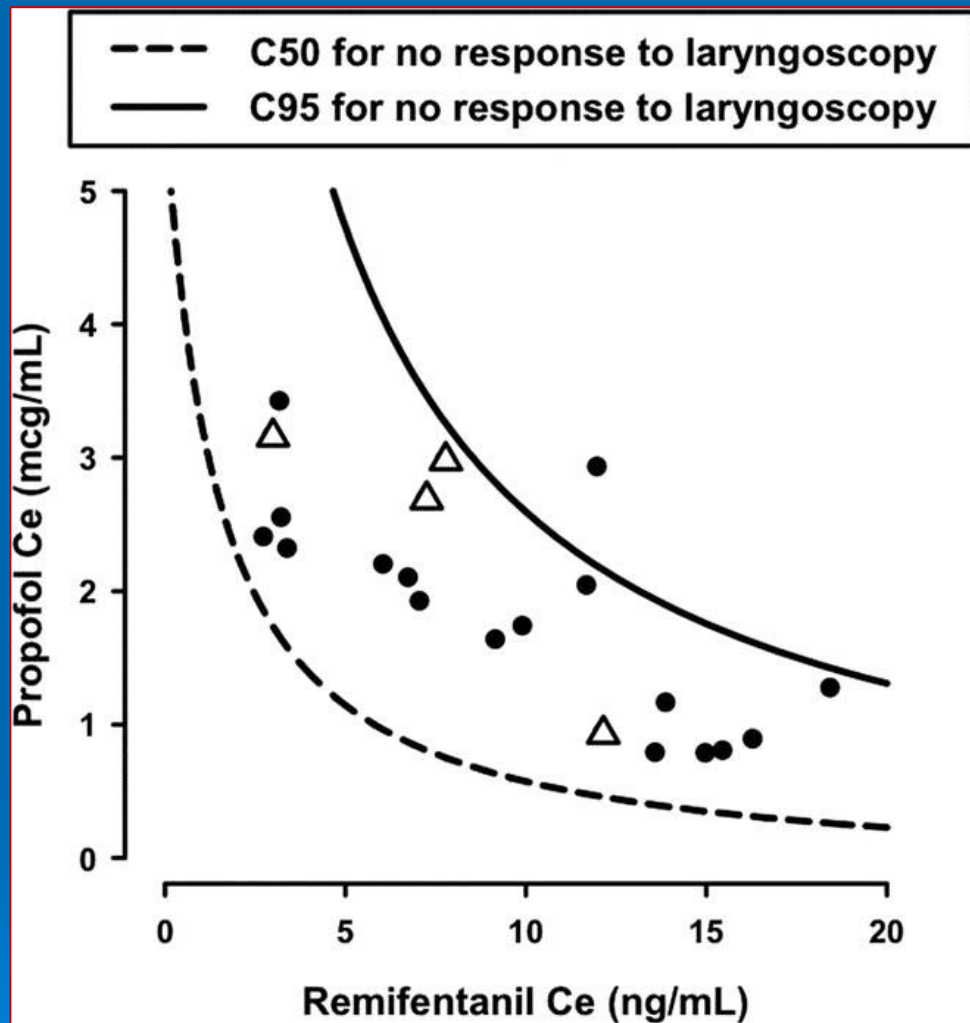
(Anesth Analg 2008;106:471-9)

麻酔導入・覚醒におけるpropofolとremifentanil濃度

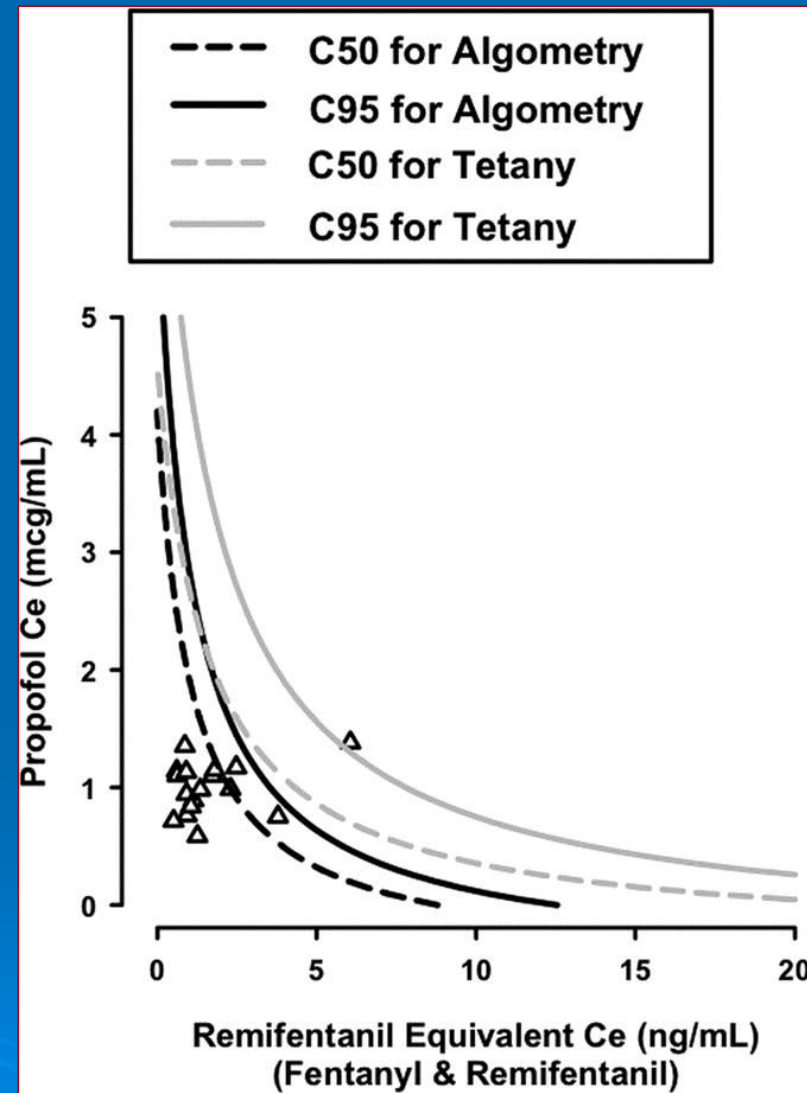


LOS during induction

LOS during emergence



Intubation



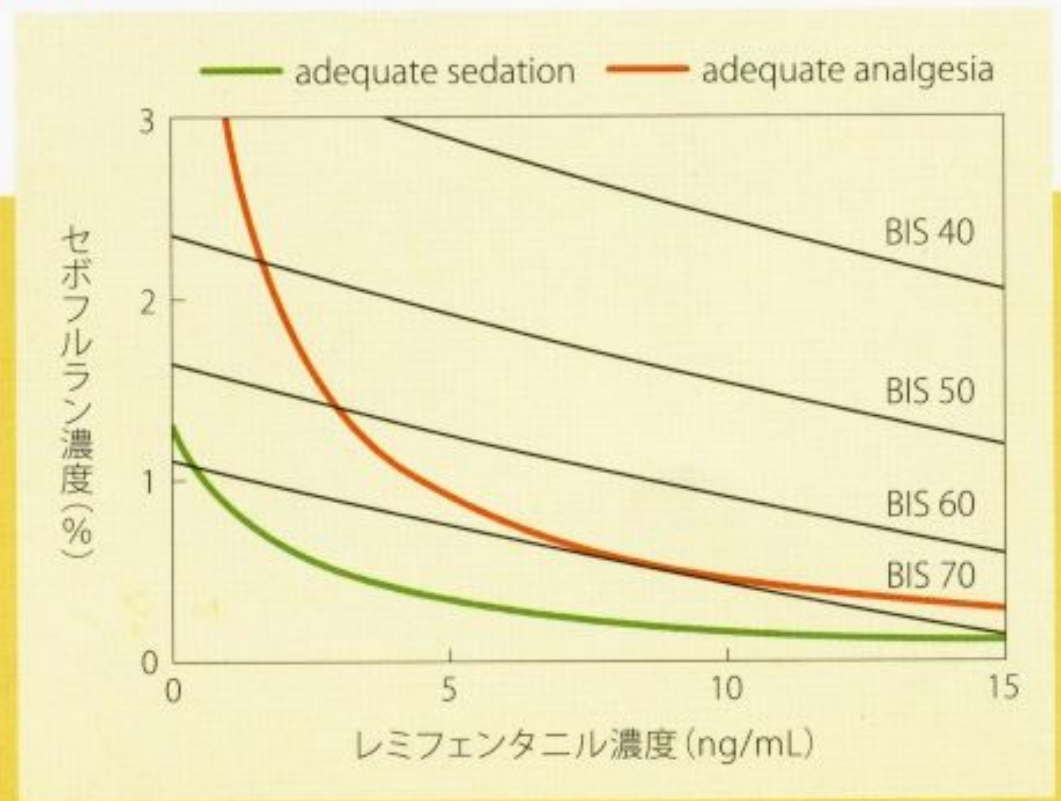
During surgery

When Is a Bispectral Index of 60 Too Low?

Rational Processed Electroencephalographic Targets Are Dependent on the Sedative-Opioid Ratio

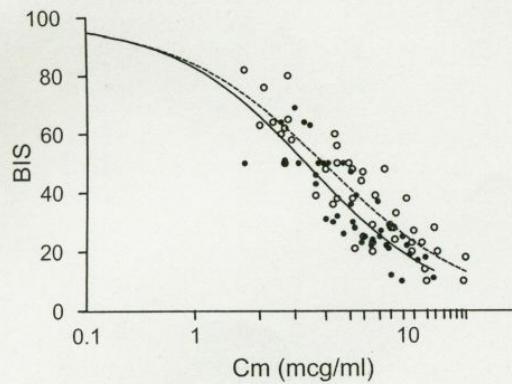
Sandeep C. Manyam, Ph.D.,* Dhanesh K. Gupta, M.D.,† Ken B. Johnson, M.D.,‡ Julia L. White, R.N., B.S., C.C.R.C.,§ Nathan L. Pace, M.D., M.Stat.,|| Dwayne R. Westenskow, Ph.D.,# Talmage D. Egan, M.D.**

図4 セボフルラン+レミフェンタニルとBIS値

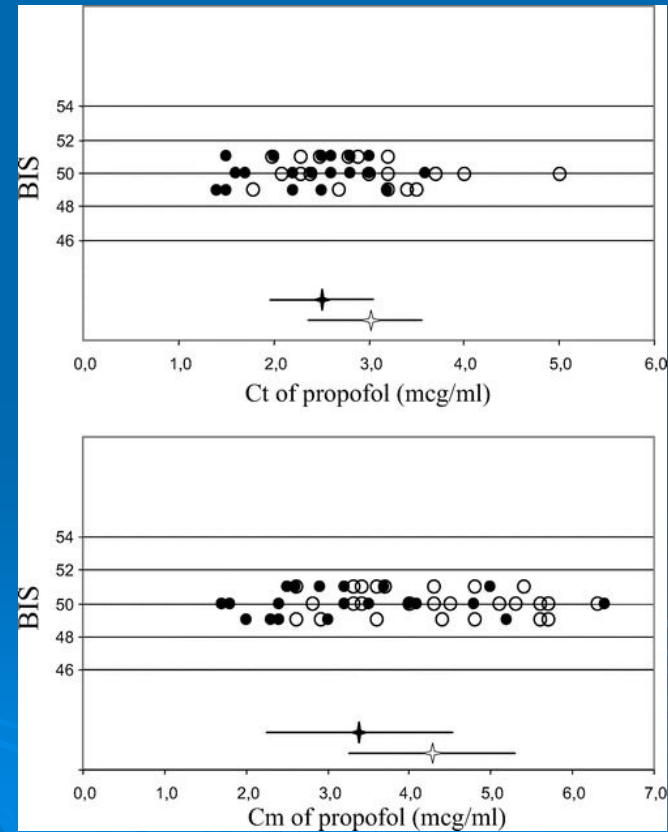
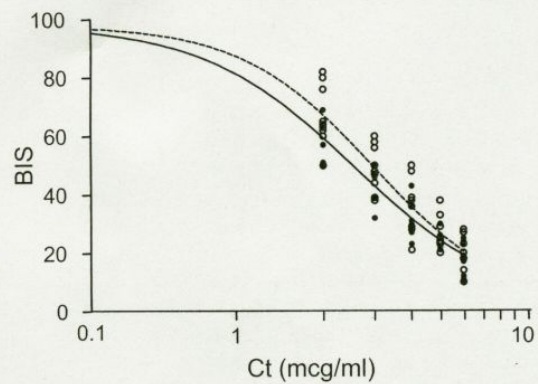


The Relationship Between Bispectral Index and Propofol During Target-Controlled Infusion Anesthesia: A Comparative Study Between Children and Young Adults

Measured concentrations (Cm) of propofol



Target concentrations (Ct) of propofol



全身麻酔の留意点

- 挿管は導入の約3倍の強さ
- 皮切は導入の約2倍の強さ
- 皮膚縫合は導入の約1.5倍の強さ
- 吸入麻酔薬は呼気ガスモニター
- 静脈麻酔薬はシミュレーションソフトで

フェンタニルのシュミレーションソフトの使い方

BeConSim Monitoring

麻酔終了時: 2-1.5ng/ml

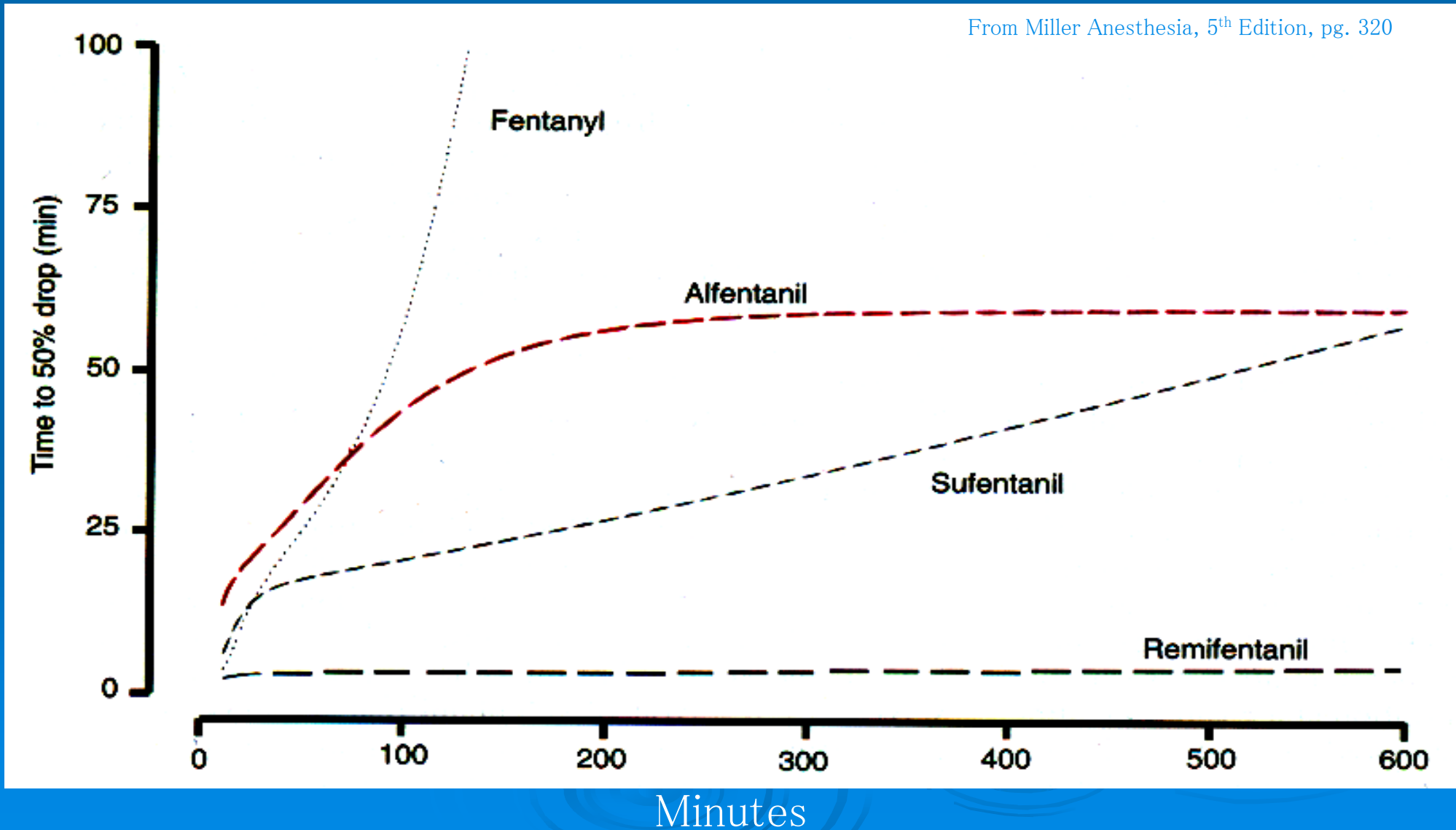
超短時間作用性麻薬(レミフェンタニル)の登場で
術中の鎮痛法が劇的に変わった!!



フェンタニルは術後鎮痛への橋渡しのために使用する!
術中の鎮痛はレミフェンタニル, ブロック(硬膜外, 末梢)

Infusion Half life

From Miller Anesthesia, 5th Edition, pg. 320



Perioperative Drug Therapy in Elderly Patients

Richard Rivera, M.D.,* Joseph F. Antognini, M.D.†

Creatinine clearance

$$= \frac{(140 - \text{age}) \cdot \text{Weight (kg)} \cdot (0.85 \text{ if female})}{72 \cdot \text{Serum Creatinine (mg/ml)}}$$

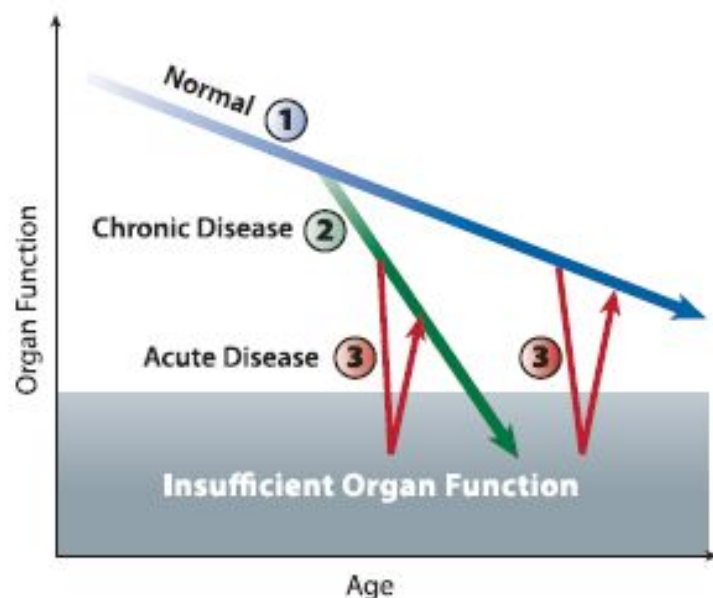


Table 1. Age-related Changes in Physiological Parameters

Variable	Percentage Change Elderly vs. Young
Body water	↓15
Lean body mass	↓35
Body fat	↑50 (women) ↑100 (men)
Serum albumin	↓20
Kidney weight	↓20
Hepatic blood flow	↓40

These are average changes and do not reflect individual variability which might be marked, e.g., for kidney function. Young patients defined as 20-30 yr, elderly patients 60-80 yr.

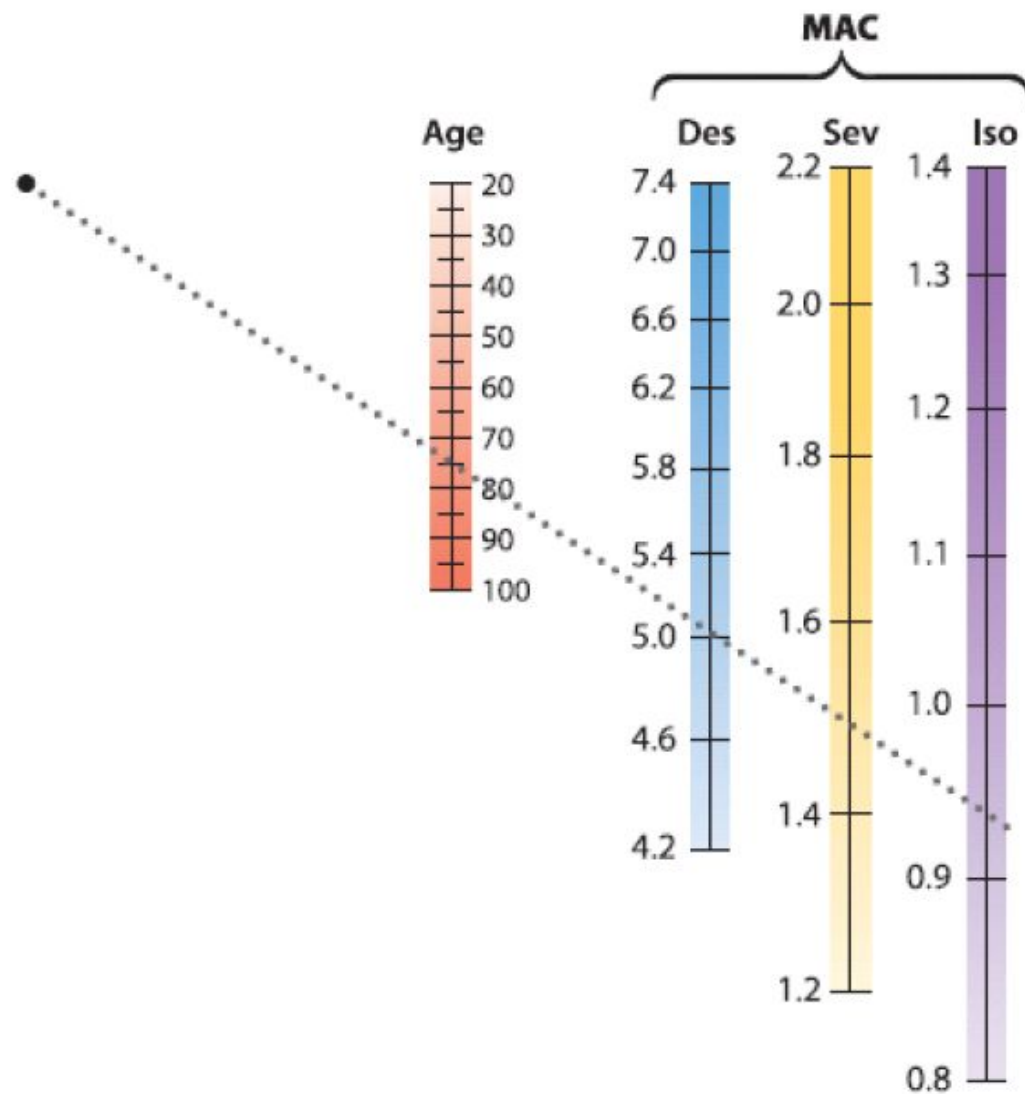


Fig. 3. Normogram for minimum alveolar concentration (MAC) as a function of age. The MACs for desflurane (Des), sevoflurane (Sev), and isoflurane (Iso) are shown. The dotted line indicates the MAC values for each agent across the age range.

高齢者は個人差が大きい。
反応を見ながら調節する。

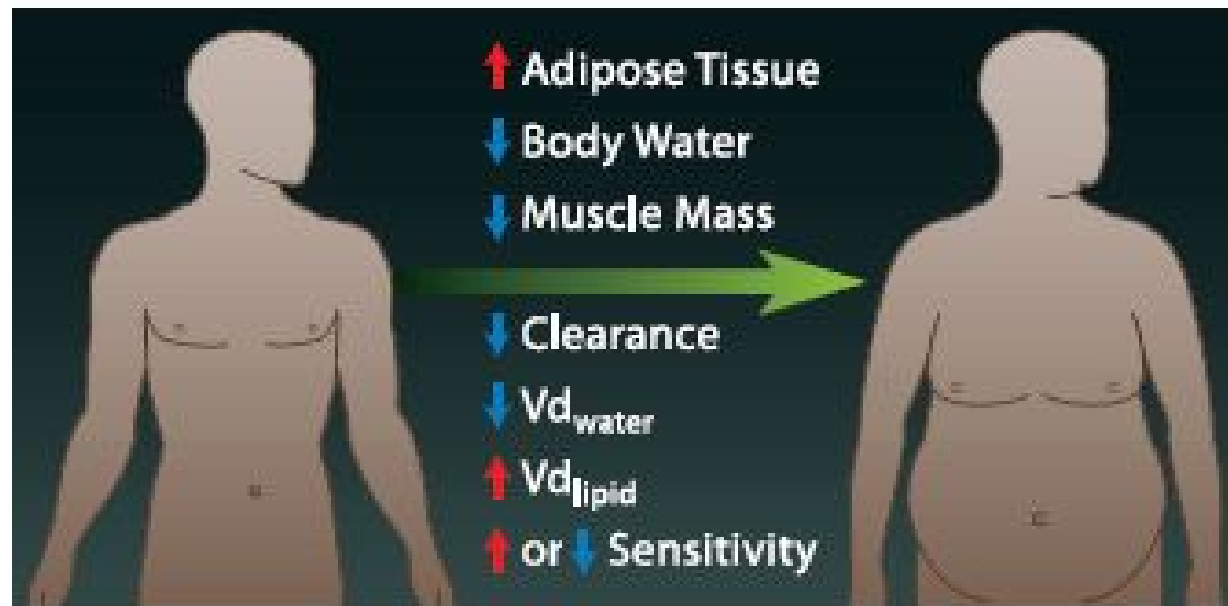


Fig. 2. Compared with young patients, elderly patients tend to have more adipose tissue, decreased body water, and less muscle mass. These changes will cause water-soluble drugs to have decreased volume of distribution (Vd_{water}), whereas lipid-soluble drugs may have increased volume of distribution (Vd_{lipid}). Clearance for most drugs is decreased in the elderly. Drug sensitivity (especially to anesthetics) is usually increased in elderly patients but may be decreased for other drugs, such as β blockers.

	Drugs	Young Patient	Elderly Patient
Sedative/Hypnotics	Midazolam	0.05 mg/kg	0.02 mg/kg
	Propofol	2-2.5 mg/ kg	1-2 mg/kg
	Maintenance:	100-200 µg/kg/min	50-100 µg/kg/min
	Ketamine	0.5-2mg/kg	0.3-1.5mg/kg
	Etomidate	0.2-0.3 mg/kg	0.1-0.2mg/kg
	Thiopental	3-5 mg/kg	1.5-3 mg/kg
Opiates	Fentanyl	1-2 µg/kg	0.5-1 µg/kg
	Morphine	0.03-0.06 mg/kg	0.02-0.03 mg/kg
	Sufentanil	0.5-10 µg/kg	0.25-5 µg/kg
	Remifentanil	Bolus: 0.1 µg/kg	0.05 µg/kg
	Maintenance:	0.5-2 µg/kg/min	0.3-1.5 µg/kg/min
Neuromuscular Blocking Drugs	Succinylcholine	0.5-1.0 mg/kg	0.5-1.0 mg/kg
	Rocuronium	0.1-0.6 mg/kg	0.05-0.4 mg/kg
	Vecuronium	0.02-0.06 mg/kg	0.01-0.04 mg/kg
	Pancuronium	0.02-0.1 mg/kg	0.01-0.05 mg/kg
	Cisatracurium	0.05-0.2 mg/kg	0.05-0.2 mg/kg
	Atracurium	0.2-0.5 mg/kg	0.2-0.5 mg/kg
	Doxacurium	0.01-0.03 mg/kg	0.005-0.03 mg/kg

麻酔の3B

BIS 鎮静深度: 50%

BS 血糖: 150mg/dl

BT 体温: 37.0°C

麻酔の危機管理

- 飛行前準備－術前準備
 - 離陸－麻酔導入
 - 高度巡航－麻酔維持
 - 着陸－麻酔覚醒

危機管理①

飛行前準備:

機体、天候、飛行計画

麻酔前準備:

術前評価、麻酔計画

麻酔器具・薬剤の準備とチェック

備えあれば憂いなし

危機管理②

離陸：一気に飛び立つ

麻酔導入：覚醒状態から
深昏睡状態へ

一番不安定な時期！

危機管理③

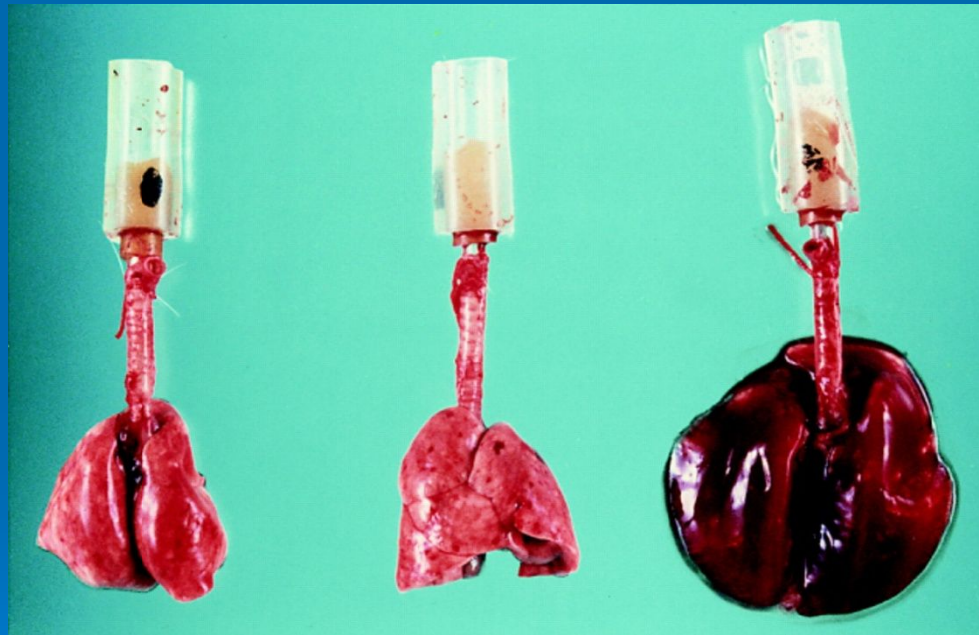
高度巡航：自動飛行、
エアポケット、天候悪化
エンジントラブル

麻酔維持：人工呼吸、
大量出血、麻酔トラブル

安定期、でも油断禁物！

Ventilator Induced Lung Injury

Effect of 45 cmH₂O PIP



Control

5 min

20 min

- Barotrauma
- Volutrauma
- Atelectrauma
- Stretch Injury
- Biotrauma
- Oxygen toxicity

The concept of "Biotrauma"

Mechanical Injury Leads to Inflammation

ARDS

Surfactant
Depletion

Baro-Volu-Atelectrauma

Biotrauma

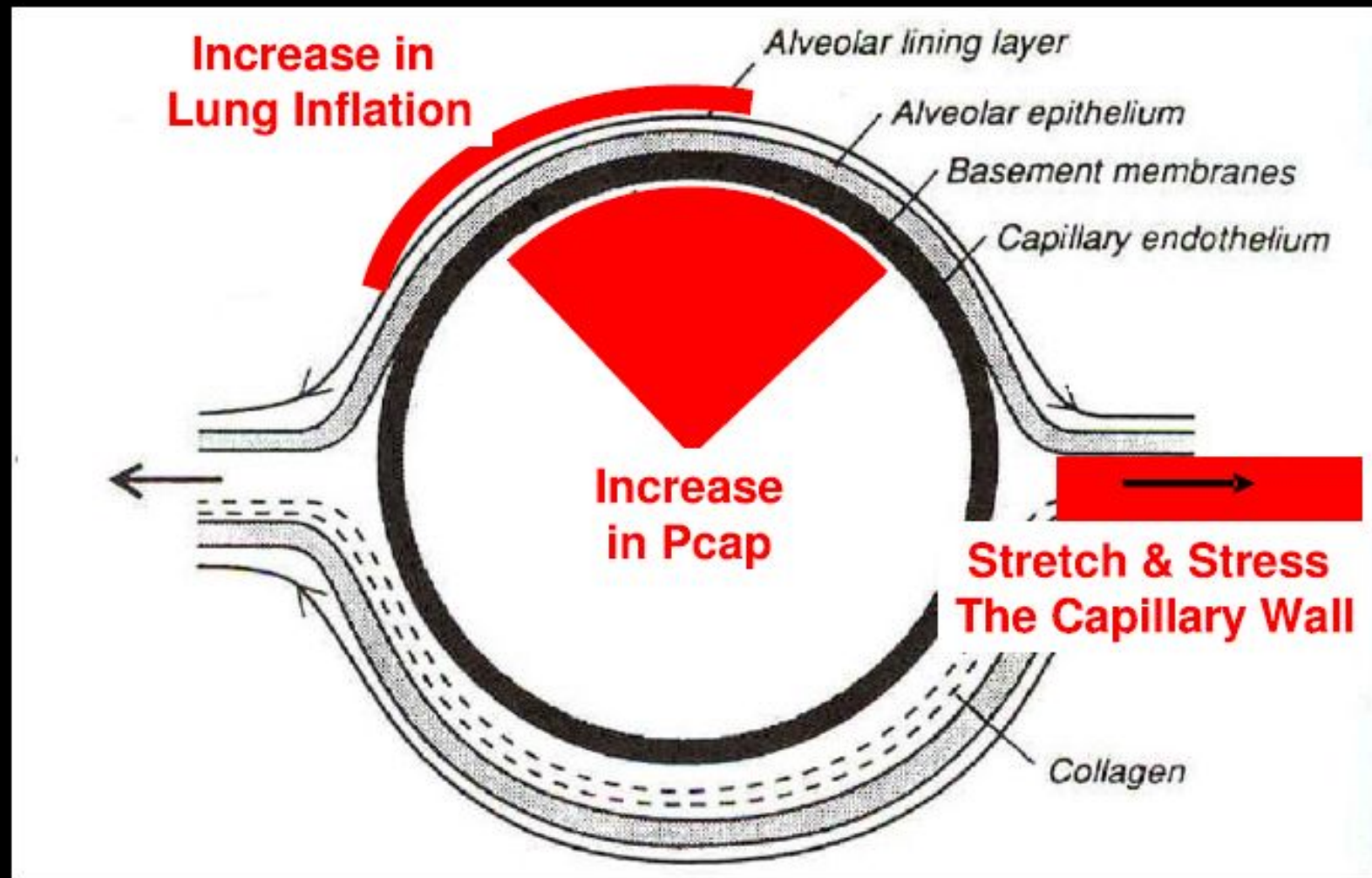
TNF α
IL-1
IL-8



Stress Failure
Shear Forces
Overdistension

Cell Trigger Mechanism

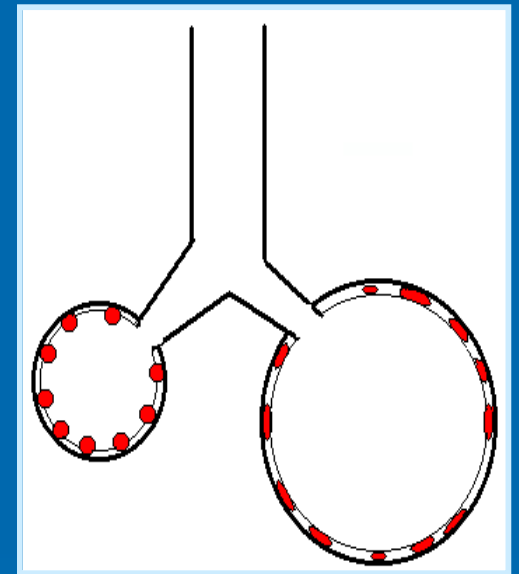
Pulmonary Capillary in an Alveolar Wall Showing The Three Principal Forces to which The Vessel Is Exposed



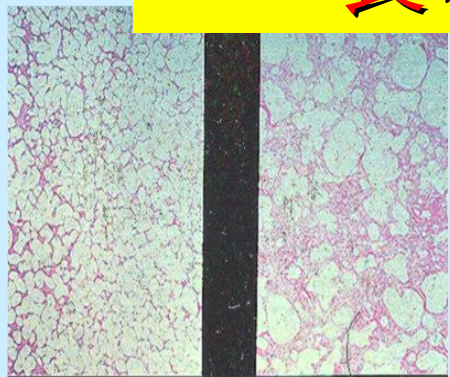
West JB & Mathieu-Costello O. Lancet 1992;340:762-767.

全身麻酔中の肺保護換気法

- tidal volume : 6-8ml/kg?
- PIP < 30mmHg
- PEEP 5-10cmH₂O?
- Open lung ventilation
- FiO₂: 自発呼吸 (room air) SpO₂を維持



敗血症性ショック患者の全身麻酔
長時間の開腹,開胸手術



危機管理④

着陸：細心の注意、正しい手順

麻酔覚醒：十分な鎮痛 (remi→fentanyl)

最少の呼吸抑制

遷延しない麻酔

十分な加温

先見力と適切な対応

危機管理⑤

飛行後評価：次回飛行の参考

術後訪問：麻酔の評価

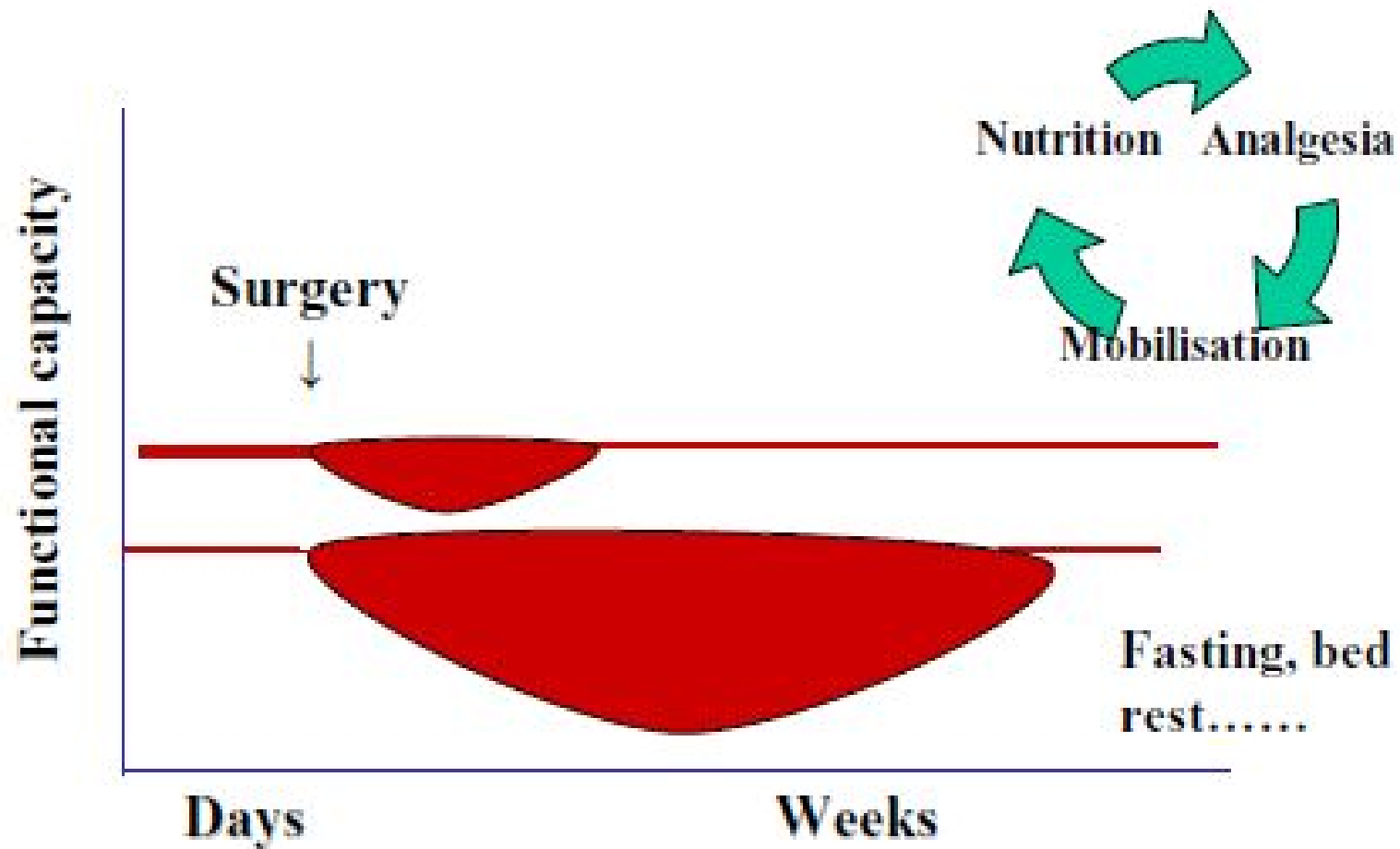
術後鎮痛評価

次回麻酔の参考

後顧：失敗の中から学ぶ

Enhanced recovery after surgery

Prof H Kehlet



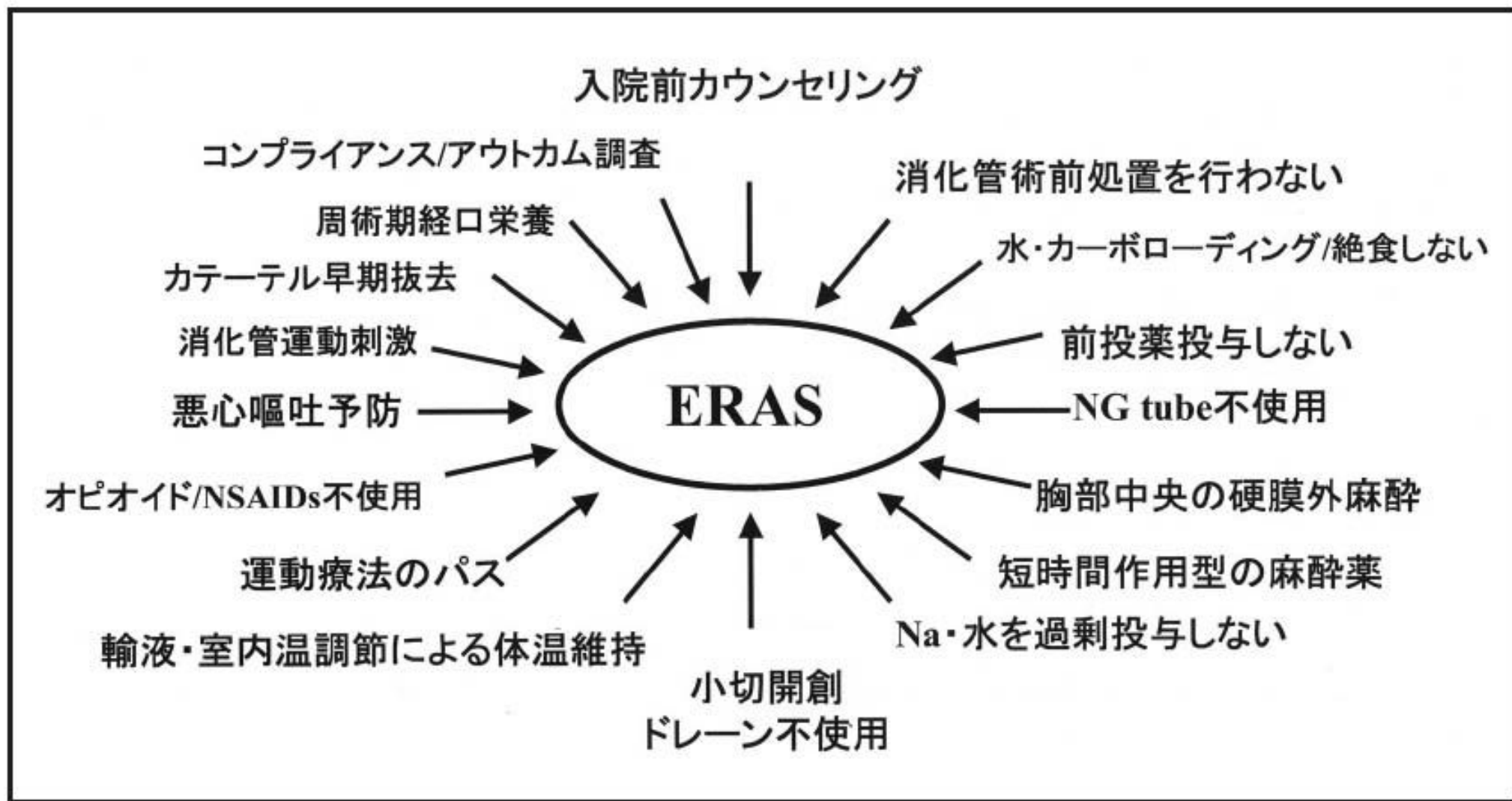


図1. 大腸切除術後回復促進法 (ESPENによるERAS study) ³⁾

Stress injury, ARDS, Sepsisの 予防・診断・治療



チーム医療の実践

図13 麻酔科医：スリープマスター

〔山本航暉：ゴッドハンド輝 第5巻 講談社, 2002, p.38-39〕

©山本航暉/講談社