

麻酔と麻酔科医の役割

1 麻酔の役割は術中・術後にわたって侵襲と防御力のバランスをとること

👉 何よりも患者の安全のために

麻酔は手術という生体への損傷に対して、過剰な防御反応を抑制するという役割を担っている(図1)。そのための要素として鎮痛、不動、健忘がある。だが、何より大切なのは患者の安全を守ることである。

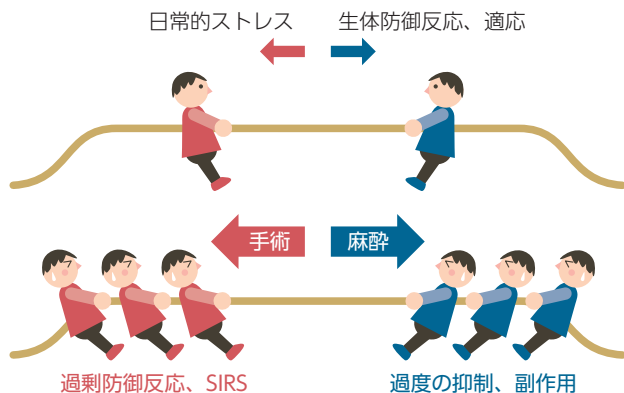


図1 体の中の綱引き：バランスの乱れによる悪影響

SIRS：全身炎症反応症候群 (systemic inflammatory response syndrome)

麻酔は、手術によって受ける患者の痛み、苦痛を除去するだけでなく、手術が円滑で安全に行える環境を提供する(図2)。術後の状態を最善とすることも重要である。

その目的を果たすために、様々な麻酔法が駆使される。たとえば、下肢の手術に対して、全身麻酔が行われる場合もあれば、脊髄も膜下麻酔や硬膜外麻酔、神経ブロックが行われる場合もある。腹部手術でも全身麻酔に硬膜外麻酔や神経ブロックを併用することがある。

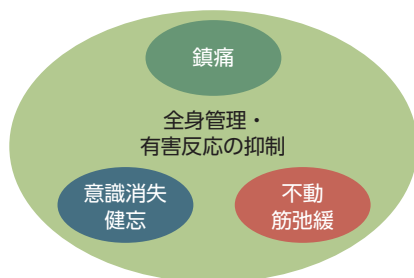


図2 麻酔管理における重要な要素

2 鎮痛：術中も術後も痛くないように

👉 マルチモーダル鎮痛法が基本

麻酔において特に重要なことは、術中、そして術後の痛みをとることである。そのために、局所麻酔薬や医療用麻薬（オピオイド）、非ステロイド性抗炎症薬（nonsteroidal anti-inflammatory drugs；NSAIDs）、アセトアミノフェンなどが用いられる。よりよい鎮痛効果を得るために、作用機序が異なる鎮痛薬を組み合わせる「マルチモーダル鎮痛法」が広く行われている。副作用の軽減にもつながると考えられる。十分な鎮痛は術中だけでなく、術後にも重要である。

3 不動により手術をやりやすい環境を作る

👉 筋弛緩薬が基本

良好な術野を提供することも重要である。患者が動かないこと、少なくとも切除部分が動かないことは重要である。脊髄も膜下麻酔や硬膜外麻酔では、局所麻酔薬により鎮痛のほか、筋肉の弛緩も得られる。全身麻酔の場合には、ほとんどの症例で筋弛緩薬が使用される。開腹をしても、筋弛緩により臓器が押し出されてこなくなる。腹腔鏡下手術でも、二酸化炭素による気腹によって十分な腹腔の拡張が得られ、良好な手術視野が得られる。

4 健忘—術中記憶を防ぐ

👉 術中記憶はPTSDを起こす

全身麻酔の場合には、患者の意識をとり、手術中の記憶が残らないようにすることが重要である。静脈麻酔薬やデスフルラン、セボフルランといった揮発性麻酔薬が用いられる。術中記憶があると術後に心的外傷後ストレス障害（PTSD）を起こすことがある。

5 麻酔科医の役割は患者を安全に守ること

👉 First, do no harm. (ヒポクラテスの誓い)

麻酔は、このように多くの薬物により作り出される可逆的な状態である。手術による痛みがあっても患者が動かないことからわかるように、患者の防御反応は喪失したり、抑制されたりする。

筋弛緩薬を投与すれば、呼吸筋を含む骨格筋が弛緩する（＝収縮しない）ために、呼吸も停止する。静脈麻酔薬や揮発性麻酔薬は呼吸抑制のほか、循環抑制も起こすので血圧が低下する。麻酔科医は、こうした薬物を患者の状態や、手術の進行状況に合わせて、調整する。麻酔薬や麻酔関連薬物による作用や副作用を的確に制御しなければならない。

外科医が手術をしやすい環境を作ることは、患者の安全を守ることにつながる。

麻酔科医は単に術中だけでなく、術後の患者の状態を最適にするという役割を持っている。

5 全身麻酔からの覚醒

1 吸入麻酔からの覚醒の機序

揮発性麻酔薬は脳から血液、肺、そして体外へ移行

麻酔は薬物により作り出された神経系の可逆性の抑制状態である。麻酔薬の作用がなくなれば、全身麻酔では麻酔から覚醒する。区域麻酔などでは、神経周囲の局所麻酔薬が血流により運び去られると、神経遮断効果が消失する。局所麻酔薬はその後、エステル型の場合は血中のエステラーゼにより分解され、アミド型の場合は肝臓で代謝される。

全身麻酔からの覚醒は、麻酔導入の逆のプロセスである。全身麻酔では、中枢神経系における揮発性麻酔薬の分圧が低下すれば、麻酔から覚醒する(図)。揮発性麻酔薬の投与を中止すれば、脳内と血液内に揮発性麻酔薬の分圧較差が生じ、揮発性麻酔薬は脳内から血中へと移行する。揮発性麻酔薬は生体内ではほとんど代謝されない(代謝率が高いセボフルランでも4%程度、デスフルランでは0.02%)。患者が呼吸さえしていれば、揮発性麻酔薬は肺から体外へと排泄され、血中分圧は低下していく。揮発性麻酔薬の血中への移行が起こり続ける結果、麻酔から覚醒する。

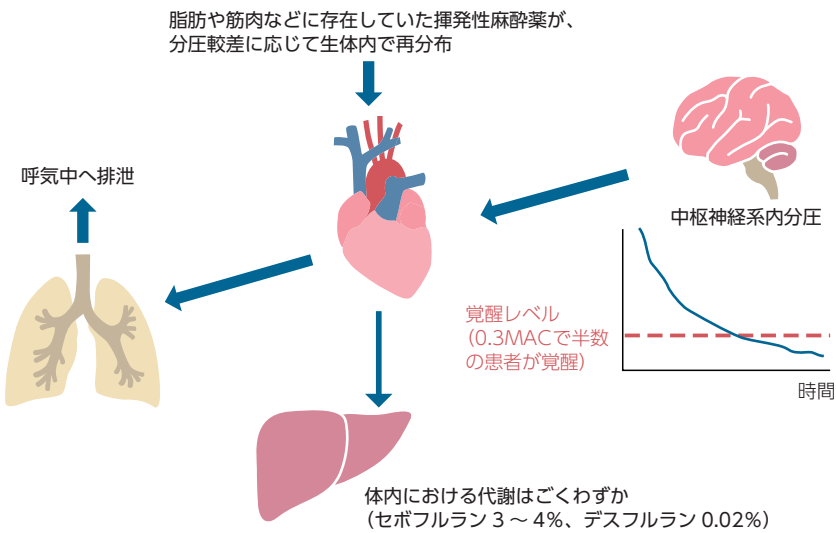


図 揮発性麻酔薬からの覚醒

2 静脈麻酔薬からの覚醒の機序

📌 静脈麻酔薬は肝臓や腎臓などで代謝・排泄される

脳内のGABA受容体など麻酔作用に関係している受容体などから静脈麻酔薬が離れれば、麻酔から覚醒する。静脈麻酔薬の投与を中止すれば、血中濃度が低下し、静脈麻酔薬は中枢神経系から血中へと移動して、効果部位濃度が低下する。静脈麻酔薬の場合には、肝臓で代謝・排泄されるほか、腎臓からも排泄される。レミマゾラムは、血中のエステラーゼにより分解される。プロポフォールも肝臓のほか、肺でも代謝され、血中濃度は低下する。血中濃度の低下が臓器における代謝や排泄に大きく依存する場合は、肝機能や腎機能の低下があれば、麻酔からの覚醒は遅延する。

ミダゾラムやレミマゾラムなどベンゾジアゼピン系薬物の場合には、拮抗薬であるフルマゼニルを投与することによっても覚醒する。

3 覚醒とは

📌 患者が起きてるように見えても完全な覚醒とは言えない

麻酔科医が「患者が覚醒した」と判断するのは、呼名に反応して開眼したり、深呼吸などの簡単な命令に従うような状況になったときである。身体所見では、瞳孔は正中位にあり、睫毛反射も嘔吐反射も回復している。しかし、患者が「覚醒」したことは、麻酔薬の作用がなくなったことを意味しない。「覚醒」しても健忘状態にあり、患者自身が声をかけられ命令に従ったことや抜管されたことなどを覚えていないのが通常である。

揮発性麻酔薬の場合、呼気中の濃度が0.3MAC (minimum alveolar concentration ; MAC、最小肺泡濃度) 程度になると半数の患者が「覚醒」する。この濃度をMACawakeと呼ぶ。しかし、この状況では生理的な機能の回復も完全ではなく、静脈麻酔の場合も効果部位濃度が低下すれば患者は「覚醒」する。

「覚醒」の度合いは、BIS値 (= 鎮静の評価) などでも判断できる。全身麻酔中は術中記憶を防ぐために40~60に保っていたBIS値が上昇してくる。この変化は徐々にではなく、突然に上昇することがしばしばである。BIS値が80程度であれば軽度~中等度の鎮静状態であり、大きな声や、身体をゆすったり軽く叩くといったことに反応する。

患者自身が自分の名前や生年月日を言えれば、臨床的に完全な「覚醒」と考えられる。このような状態でも、誤嚥を防ぐための嚥下反射や、低酸素に対する換気応答などもまだ抑制された状態にある可能性がある。

麻酔は薬物により作り出された神経系の可逆性の抑制状態であり、麻酔薬の投与を中止すれば覚醒する。覚醒遅延については [19章5「神経系合併症」](#) を参照のこと。

2 循環管理

1 循環器系の重要性

📌 循環器の役割は物と情報伝達物質を運搬すること

循環器系は、全身臓器に酸素や栄養物を運搬するとともに、組織で産生された二酸化炭素や代謝産物を肺や腎臓、肝臓などに運搬する。さらに、ホルモンなどの全身に情報を伝達する液性因子や熱量の運搬といった重要な役目も持っている。血行動態が不良になれば、臓器灌流が障害され、臓器機能が低下するため、身体のホメオスタシスが保てなくなる。

周術期の循環管理を理解するためには、各臓器の血流支配や分布のほか、麻酔薬や麻酔手技、手術手技の血行動態への影響、各種モニタリングの意義について知っておく必要がある。

2 周術期の循環管理の重要性

📌 循環器系を守ることは全身の臓器循環を守ること

臓器灌流と臓器機能を保つために、良好な循環状態を守る必要がある。血圧低下により臓器虚血、血圧上昇により動脈瘤破裂や出血量増加が起こる。ただし、脳血管や腎動脈、冠動脈に狭窄があると、血圧が正常に保たれていても臓器灌流が障害されることがあるので注意する。

【周術期の循環管理が重要な理由】

1) 麻酔により血行動態が変化する

ケタミンを例外として、一般的には麻酔薬やオピオイド投与により血圧は低下する。神経軸麻酔でも交感神経遮断により血圧低下や徐脈が起こる。臓器の代謝率の変化に伴い臓器灌流も変化する。

2) 手術手技により血行動態や臓器灌流が変化する

大動脈や臓器を支配する動脈の遮断や解除、臓器の圧迫、開胸や開頭などにより血行動態や臓器灌流が変化する。これらの手術手技により臓器内血流も変化する可能性がある。

3) 血圧低下や頻脈により心筋虚血や脳虚血、腎虚血などの臓器虚血が起こりうる

手術手技や出血、麻酔の作用などによる血圧低下や頻脈などにより、臓器虚血が起こりうる。特に臓器の血管狭窄がある場合には、臓器虚血が起こりやすくなる。

4) 血圧上昇により動脈瘤破裂や、出血量の増加が起こりうる

血圧上昇により大動脈瘤や脳動脈瘤が破裂するリスクがある。出血量も増加する。

5) 周術期の重要臓器虚血は長期予後にも関係する

重要臓器虚血は、心筋虚血や心不全、腎不全、脳梗塞などを招き、長期予後も悪化する。

3 呼吸器系と循環器系の関係

呼吸器系と循環器系は物理的にも機能的にも密接に関係する

循環の中心となる心臓と肺はともに胸腔内に存在し近接しているために、物理的に両者同時に影響を受けるだけでなく、酸素運搬などを介して機能的にも影響を受ける。吸気時に胸腔内が陰圧になることにより、胸腔の内外に圧較差が生じるために静脈還流が促進され、心臓の前負荷が増加し1回拍出量が増加する。胸腔内が陽圧（たとえば気胸や陽圧呼吸）となれば、静脈還流が障害され、前負荷が減少し1回拍出量が減少する。このような関係は、治療にも関係してくる。心不全のように、前負荷が増加し、心収縮性が低下した病態では、非侵襲的陽圧換気により前負荷の減少が起こるほか、心臓の後負荷が減少し、心臓からの駆出が容易になる（図）。

そのため、循環器系の変化が呼吸器系の変化を起こし、その逆も起こる。

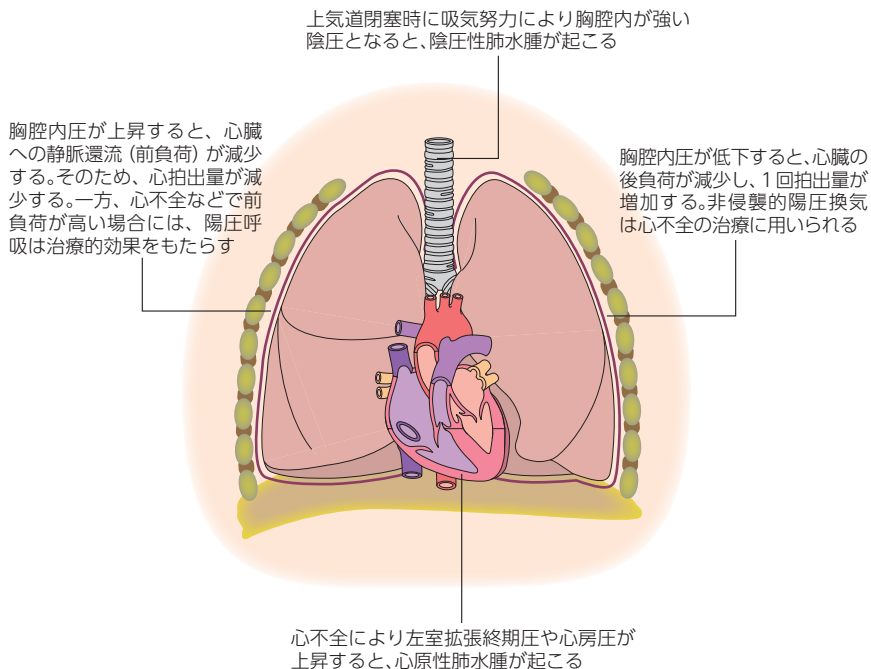


図 心臓、肺、胸腔内圧の関係

表 呼吸器系の変化と循環器系の変化の関係

	病態	病態生理	呼吸	循環	治療
呼吸器系の変化 →循環器系の変化	緊張性気胸	胸腔内圧上昇による 静脈還流障害 前負荷減少 大血管の変位	低酸素血症	低血圧 徐脈 1回拍出量減少	胸腔穿刺 胸腔ドレナージ挿入
	急性呼吸促迫 症候群	換気血流比の悪化	低酸素血症 高二酸化炭素 症	肺動脈圧上昇 低血圧	人工換気 など
	陽圧呼吸	胸腔内圧上昇による 静脈還流障害 前負荷減少	低酸素血症 高二酸化炭素 症の改善	前負荷減少	容量負荷 昇圧薬の使用 など
循環器系の変化 →呼吸器系の変化	心タンポナーデ	心嚢内圧上昇による 静脈還流量減少 前負荷減少 1回拍出量減少	低酸素血症	低血圧 1回拍出量減少	心嚢ドレナージ
	急性心筋梗塞	心収縮性低下 心拍出量減少 不整脈 など	肺水腫による 低酸素血症	低血圧 不整脈	冠血行再建 など

4 循環器系の治療が呼吸状態の改善につながる

呼吸器系と循環器系の両輪が大切

循環器系と呼吸器系は密接な関係にある。循環器系の状態が改善すれば、呼吸器系の状態がよくなることもある。逆に、呼吸器系の治療を行えば、循環器系の状態もよくなるということも起こる(表)。

SideMemo

● 血圧

ヒトにおいてそもそも血液が循環しているという説が発表されたのは16世紀のことである。イングランドの解剖学者であったWilliam Harveyが血液循環説を唱えた。血圧が測定されたのは、500年ほど前、Halesが馬の頸動脈に管を挿入し、上昇する血液の高さを測定したのが最初のことである。Riva-Rocci血圧計により、非侵襲的に血圧測定が可能になったのは、1900年頃のことである。その血圧計にいち早く注目し、麻酔記録に血圧を加えたのが脳外科医として有名なHarvey Cushingである。Cushingの名前は、脳下垂体や副腎の病気であるCushing病やCushing症候群として残っている。頭蓋内圧上昇時の血圧上昇と徐脈はCushing現象と呼ばれている。

SideMemo

● 悪性高熱症の発見

オーストラリアの医師であるMichael A. Denborough (1929-2014年) は1962年にAnaesthetic death in a family (Br J Anaesth 1962;34:395-6)と題した論文で、麻酔により高熱を出して死亡した症例を契機に行った、血縁者の調査の結果について報告した。症例は21歳の男性で下腿骨の複雑骨折に対して全身麻酔を予定されていた患者である。血縁者が何人もエーテル麻酔で死亡しているため、ハロタンによる全身麻酔を行ったが、術中に低血圧、高度の頻脈、チアノーゼ、発熱が起きた。家系調査では38名の血縁者が全身麻酔を受け、そのうち10名が死亡していた。中には体温が43℃まで上昇した症例もあった。当時は悪性高熱症 (malignant hyperthermia: MH) という疾患も知られておらず、全身麻酔により高熱を発生し、死亡する可能性がある家系についての報告であった。1970年代に入り、MHに関する研究も増加し、50~70%の症例では、その原因が骨格筋小胞体のリアノジン受容体異常にあることや遺伝性があることもわかってきた。

MH治療の特効薬であるダントロレンは、南アフリカの麻酔科医であるGaisford G. Harrison (1926~2003年) がブタの実験において治療に成功したことを報告し、1982年にはヒトにおける有効性が確認された。ダントロレンはリアノジン受容体に作用し、カルシウムの放出を阻害する。ダントロレンの登場でMHの致死率は低下したものの、診断や治療の遅れにより、まだ死亡率は15%程度と高い。