

新生児麻酔と 新生児学

Neonatal Anesthesia
and Neonatology

編著 ● 諏訪まゆみ

静岡県立こども病院麻酔科



推薦のことば

「この本は、新生児医療・多領域エキスパートチーム造りを促進させ、医療を必要とする新生児の生涯QOL向上に貢献するに違いない。」

中外医学社から推薦文の依頼が来たときの第一印象は、「新生児麻酔を一冊の成書にするとは、諏訪先生も思い切った企画に取り組んだな」だった。思い切った企画……を検証するべく、パソコンで『新生児麻酔、本』で検索をかけてみた。論文や成書のなかの一項として新生児麻酔を掲げるものはあるが、私の直感通り、タイトルに『新生児麻酔』を掲げた成書を私はみつけられなかった。

諏訪先生が何故この本を編集しようと思うに至り、何故『新生児麻酔と新生児学』というタイトルを選んだのか知りたくなり、諏訪先生の書いた「はじめに」を読んだ。読んで……納得したというより、腑に落ちた。小児科医として新生児医療を経験してから麻酔の道に入り、麻酔科医として“いかに新生児、早産児の麻酔を安全に行うか”に心を砕いてきた諏訪先生、そんな諏訪先生だからこそ「麻酔科の先生に、新生児の管理が成人と違うことを分かって麻酔をしてほしいから、ぜひそんな本を作って！」という小児科医や新生児科医の声を心からの叫びとして受け取ることができた。そして、“新生児医療の知識を備えたエキスパートで構成された多領域エキスパートチームで麻酔を含む周術期医療を提供できれば、医療を必要とする子ども達の未来に貢献できるはず”と覚悟を決めることができたのだろう。さらに先生は、「真の“新生児医療・多領域エキスパートチーム”を造るためには、治療に関わるあらゆる医療職の情報共有が必要で、その共有すべき必須情報は実践につながる分かりやすいものでなければならない」と考えがまとまり、それがこの膨大な情報を分かりやすく盛り込んだ成書『新生児麻酔と新生児学』の完成につながったと推察する。

諏訪先生の「はじめに」に続いて、小児麻酔と新生児学のパイオニアであり巨匠の鈴木玄一先生と仁志田博司先生に書いていただいた「日本の新生児麻酔の歴史」と「日本の新生児学の歴史」を拝読させていただいた。読み終わって、改めてこの本『新生児麻酔と新生児学』が時代の要請であることを確信した。日本の新生児に対する医療は、1960年頃から歴史を刻み、世界標準を上回るスピードで進歩した結果、現在は世界をリードするレベルに達していると理解とともに自負している。しかし、医療を必要とする新生児が脆弱かつ不安定で、小さな落とし穴でもその子の未来に悪影響がありうるという事実は常に変わらない。新生児医療に必要な知識と経験が蓄積されてきた今だからこそ、新生児医療・多領域エキスパートチーム造りに寄与できる成書、ハンドブックが求められ、そしてその存在が子ども達の未来に貢献するはずである。

最後に、心からの敬意とともに感謝の意を表し、この推薦文を締めさせていただきます。

諏訪先生、この本を仕上げてくれて本当に有難う。

2024年5月

独立行政法人静岡県立病院機構 静岡県立こども病院 院長 坂本喜三郎

はじめに

このたび、新生児の病態や生理学など新生児学に基づいた新生児麻酔の書籍を作りました。

私は小児麻酔を始める前、小児科医として、特に新生児に興味を持ち知識と経験を積んできました。そんな経緯もあり、小児麻酔を始めたころ、まずは成人症例の経験を積む一般的な麻酔科医と違って、むしろ小さな新生児のほうが慣れていて、それまでに学んできた知識や経験を踏まえて麻酔で応用できるように考え工夫しながら新生児や早産児の麻酔をしてきました。その実践について、いつかまとめなければと思っていたところ、「麻酔科の先生に新生児の普段の管理や成人とは違う面も分かって麻酔をしてほしいからぜひそんな本を作って!」と、背中を押してくれる小児科医や新生児科医の声がありました。

そのようなコンセプトで作りはじめたこの書籍は、新生児学をベースとして、エビデンスやガイドライン、臨床研究論文などに基づいた新生児麻酔の成書を目指し、かつ実際の臨床現場で役立つように、具体的でまた図表で理解しやすいよう、こだわって構成しました。そのために、新生児科医や小児科医たちによる新生児学、および外科医による新生児外科学・産科学、新生児麻酔科医による新生児麻酔科学と多角的にまとめています。この一冊で、麻酔科医は新生児学の基本を、さらに各疾患の周術期管理も学ぶことができ、新生児科医は気道管理や鎮痛・鎮静管理、周術期管理について知識を深めることができ、外科医は手術に加えてその前後にどのような管理が必要なのか認識でき、また看護スタッフやコメディカルも周術期新生児の理解が深まる内容にできたとと思います。多くの医療スタッフが新生児に対して共通の理解を持ち治療に携わることが、患児へよりよい医療を届けられる第一歩だと信じています。

今回は、そのように多角的かつ掘り下げた内容にこだわったため、とても多くのスペシャリストの方々に、その貴重な知識と経験をもとに原稿執筆にお時間を割いていただきました。この場を借りて心より感謝申し上げます。

巻頭で、ご執筆いただいた小児麻酔の鈴木玄一先生と新生児科の仁志田博司先生は、それぞれの分野の超がつく第一人者です。日本での新生児学、新生児の治療のための麻酔や鎮静に関して、ゼロから構築され現在の新生児医療の幕を開けられたお二人です。書籍作成を進めている中、両先生のご逝去の報を受けました。お二人とも、まだまだエネルギーにあふれ元気に過ごされ、脱稿していただいていたこともあり、とても驚きましたし残念でなりません。この書籍の出来上がりを見ていただきたかったです。お二人が蒔かれた種により、おそらく先生方の想像を超えてその意志が受け継がれていることをお伝え出来て、少しは恩返し出来たかなと考えています。

伝えきれない感謝とともに、心からのご冥福をお祈りいたします。

また、いつ何時困難なときも、いつも助言いただき、粘り強く前に進み続けて下さる中外医学社の鈴木真美子さま、桑山亜也さまはじめスタッフの皆様にも、厚く御礼申し上げます。

さいごに、この本が多くの赤ちゃんのお役に立てますよう、心から願っております。

2024年5月

独立行政法人静岡県立病院機構 静岡県立こども病院 麻酔科 諏訪まゆみ

IV. 新生児の生理学と全身管理

8 新生児経食道心エコー

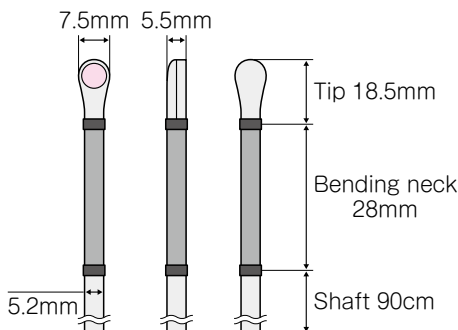
心臓外科手術を主とした新生児先天性心疾患診療に経食道心エコー (transesophageal echocardiography: TEE) プローブが使用され始めてまだわずかな年数しか経過していない。しかしながらその間にテクノロジーの発展により目覚ましい進歩がみられた。[図1] は最新の新生児でも使用可能なプローブの先端であるが、先端径が7.5 mm にまで小型化された。

同時に新生児期に施行される心臓血管外科手術方法も目覚ましい進歩がみられ、それに即した新生児 TEE の使用法も求められてきている。以下、新生児を代表するそれぞれの疾患と病態に応じた TEE の使用法を解説する¹⁾。

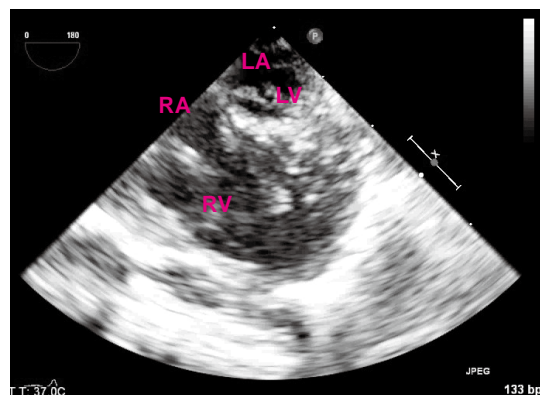
A 疾患別各論

1 左心低形成症候群

新生児期に心臓外科手術が必要となる代表的疾患が、左心低形成症候群 (hypoplastic left heart syndrome: HLHS) である。[図2] は HLHS の新生児の術前 TEE 画像を示したものであるが、未発達な左心系 (LA, LV) と対照的に拡大した右心室 (RV) が鮮明に描出されている。術前 TEE 評価のポイントとして体循環を支える右心室の機能と房室弁逆流の有無の評価が重要である。現在は段階的手術 (Norwood stage I・II・III) が考慮されるようになってきている²⁾。術後 TEE 評価の中心としては [図3] に示すように、第1段階の手術 (Norwood stage I) である2通りの手術があり、一つは BT シャントおよび二つ目は RV-PA シャントであり、[図4] はそれぞれのドプラ法の TEE 画像である。左肺動脈 (LPA) は描出が困難であるが、少なくとも右肺動脈 (RPA) は描出し、できればドプラ法を使用し



[図1] 最新の極小 TEE プローブ
(新生児でも使用可能)



[図2] 左心低形成症候群の術前 TEE 画像

V. 新生児麻酔の総論

3 基本の全身麻酔

A 新生児の手術

日本麻酔科学会のデータベースによると、1カ月未満の手術件数は、2006年に約900件、2010年に約1,500件、2014年では約1,900件と、年々増加の一途をたどっている。出生数の減少に反比例した結果であるが、これは新生児医療の著しい発展により、今まで手術にたどり着けなかった児が外科的治療にたどり着けるようになったり、手術技術の向上や器具のバリエーションが増加し低体重児も適応となったり、術式が進化した証で、新生児科医や外科医や麻酔科医の研鑽の賜物でもある。

新生児の手術術式は本書でなるべく網羅したいが、特徴は、新生児以外の術式と比べてリスクの高い手術が多いことである〔表1〕。基本的に新生児期の手術は、生命の危機を脱するための手術がほとんどである。加えて今後の成長のために早期に行ったほうがよい手術が新生児期に施行される。新生児期以降には、治療に適した年齢で手術を計画され、待てる手術は3歳以降に全身麻酔を計画することが多い。科別手術件数でみると心臓血管外科、小児外科が圧倒的に多く、脳神経外科や循環器科(心臓カテーテル)が続く。

〔表1〕 新生児期に多い術式

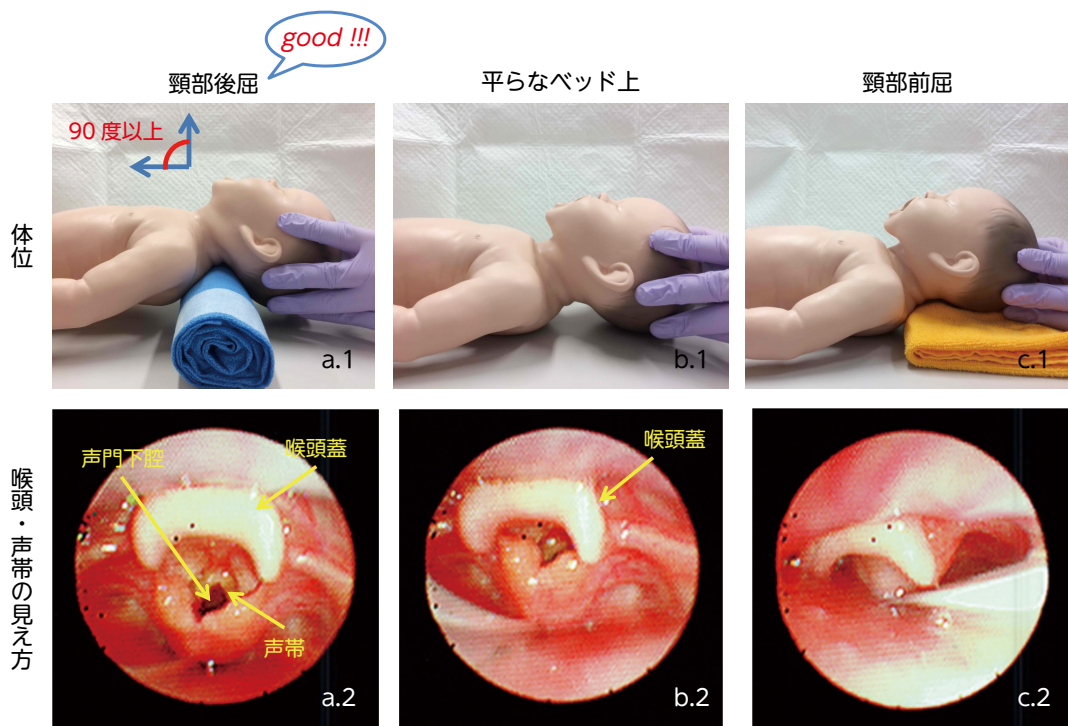
- 脊髄髄膜瘤修復術 ● 脊髄披裂修復術 ● 水頭症手術 (オンマイヤ留置, シャント手術)
- 気管 (気管切開, 喉頭・気管支ファイバー) ● 食道閉鎖根治術 ● 気管支瘻閉鎖術 ● 胃瘻造設
- 十二指腸空腸吻合術 ● 腸回転異常症手術 ● 人工肛門造設 ● 幽門形成術 ● 横隔膜ヘルニア根治術
- 試験開腹 ● 腫瘍摘出術 (腹部・卵巣・精巣・仙尾部) ● 総排泄腔外反症手術
- 先天性心疾患手術 (肺動脈絞扼術, BT シャント, 心房中隔作成術, 各種根治術)
- 心臓カテーテル (心房中隔欠損作成術, 経皮的肺動脈弁形成術, 経皮的動脈形成術, 動脈管ステント術)
- MRI 鎮静 など

B 手術室の準備

1 環境の準備

手術室環境は、清潔度、光度、室温、湿度など患者入室前に整える必要がある。新生児においては特に室温、早産児においてはさらに湿度にも気を配る。新生児入室時の手術室温は26℃が好ましいとされているが、慣例的にそれ以上の室温を準備することも多い。IV部4章「新生児の体温と管理」で、環境温度と湿度について詳しく述べている。

室温準備に加えて、ラジエントヒーター、温水マット、温風システム、温枕、輸液加温システム、呼吸器の加温加湿、身体保温のためのサランラップ®、輸液保温など準備する。



【図1】 頸部ポジションによる喉頭の形態（満期産，日齢11，2.5 kg 喉頭所見）

- a.1: 首枕を入れた頸部後屈位。首と頸ラインの角度は90°以上に。
- a.2: 喉頭蓋が持ち上がり気道がしっかり開通している。声門下腔まで視認できる。
- b.1: 平らなベッドでの体位。大きな頭でやや頸部前屈位となる。
- b.2: 喉頭蓋が倒れて、声門周囲のスペースが狭くなっている。
- c.1: 頭部に枕を入れた体位。大きな頭と枕で強い頸部前屈位となる。
- c.2: 喉頭蓋が声門に蓋をするように倒れ、気道が閉塞している。

タイプがある【図3a】。かつては、出生時蘇生の際に空気で換気したいため、再膨張式呼吸バッグがよく使われていたが、現在は呼気終末陽圧（positive end-expiratory pressure: PEEP）の重要性を考慮して、酸素・空気ブレンダーがあれば酸素濃度も調整しながら流量膨張式蘇生バッグで蘇生することが多い。マンメーターをオプションで付けることができるので、気道内圧を確認しながら換気ができる【図3b】。

二酸化炭素の再吸入を避けるために、蛇管があるタイプでは、ガス流量を分時換気量の2~3倍に設定する必要があり、乾燥した冷たい高流量のガスでの換気による低体温に注意する。

麻酔導入や抜管の際は、施設にもよるが、新生児から乳児（5 kg 程度まで、3カ月程度まで）には、児の自発呼吸を鋭敏にバッグで感知できることから、麻酔器閉鎖回路ではなく流量膨張式麻酔バッグを推奨している施設も多い。

d. 再膨張式呼吸バッグ

再膨張式呼吸バッグの特徴は、酸素ボンベや配管がなくても、周囲の空気による換気が可能なことである。酸素チューブやリザーバーバッグを付けることにより吸入酸素濃度を上げることもできる。圧限定器により最大吸気圧以上の加圧で排気弁が開いて、胃への送気や肺の圧損傷を低減する。新生児用では、排気弁は35~40 cmH₂O程度に設定されており、メーカーによってはPEEPバルブが付いたものもある【図4】。

VI. 新生児疾患の各論

1 呼吸器疾患

A 上気道

1 小顎症，無顎症

a. 症状・診察，病態，診断，分類，検査，管理

症状・診察: 小顎症，無顎症の症状としては吸気性喘鳴，閉塞性無呼吸，哺乳不良などがみられる。重症例では出生時の蘇生困難な場合もある。

病態: 小顎症，無顎症では，口腔内の容積が少ないため，舌が背側側へ偏位し，舌根沈下の状態となり上気道閉塞が起こる。

診断: 外見からも小顎症，無顎症の診断は可能である。上気道閉塞の状態の評価としては，頸部側面 X 線検査，咽頭喉頭鏡検査が有用である。

分類: 小顎症，無顎症に特化した分類はない。

検査: 下顎骨の状態の評価には CT 検査が有用である。上気道閉塞の状態の評価としては，頸部側面 X 線検査，咽頭喉頭鏡検査が有用である [図 1](#) [図 2](#)。

管理: 軽症例では体位の工夫などでも管理可能であるが，症状の重い例では，経鼻陽圧呼吸，エアウェイ留置，気管切開などの処置を必要とする。



図 1 舌根沈下の頸部 X 線画像
後退した舌で上気道が閉塞している。

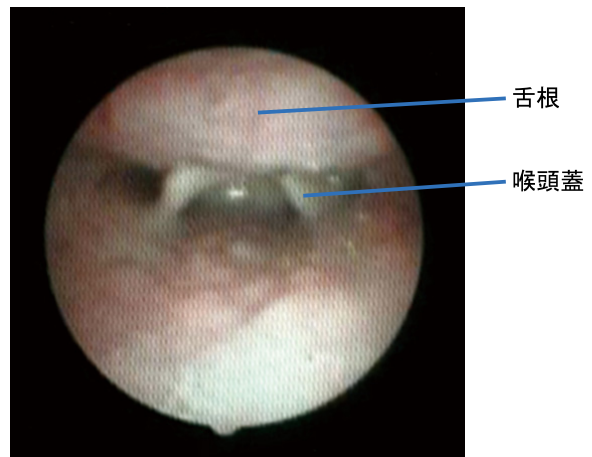


図 2 舌根沈下の喉頭鏡画像
後退した舌により，喉頭が圧迫されている。

2 新生児 ECMO

2020年、新型コロナウイルス感染症治療において、人工呼吸器でも管理が難しい重症呼吸不全患者の最終的治療としてECMO (extracorporeal membrane oxygenation) が脚光を浴びた。ECMOとは、体外式呼吸循環補助のことであり、静脈より脱血し、人工肺にて酸素加および二酸化炭素除去を行い、動脈または静脈に送血を行うシステムである **図1**。ここでは、ECMOの適応、方法、装置、使用物品について述べる。

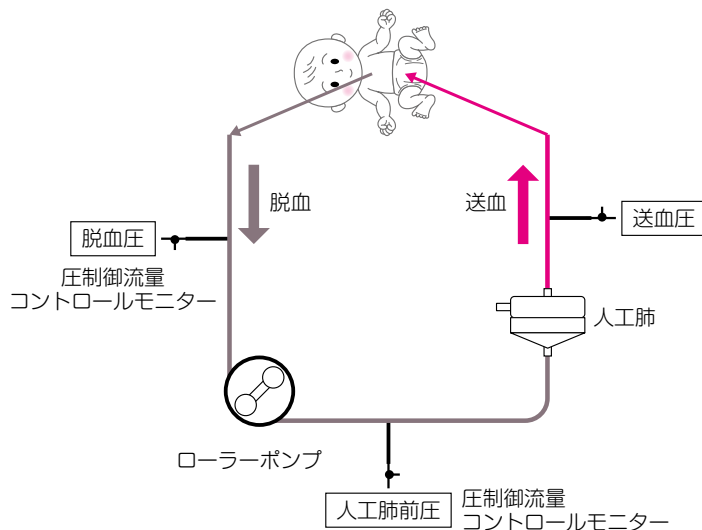


図1 ECMOの流れ

1 適応

新生児領域の呼吸補助ECMOの適応には、新生児呼吸窮迫症候群 (respiratory distress syndrome: RDS)、胎便吸引症候群 (meconium aspiration syndrome: MAS)、先天性横隔膜ヘルニア (congenital diaphragmatic hernia: CDH) などが代表疾患である。HFO換気 (高頻度換気) やNO (一酸化窒素) 療法でも呼吸不全が改善しない症例、気胸や無気肺により急激に悪化した可逆的な症例などが適応となる。ELSO (Extracorporeal Life Support Organization) registry reportにおいて、2022年10月現在で新生児呼吸補助ECMOが生存退院率が73%と他領域に比べ非常に高くなっている **図2**。しかし、在胎週数と体重によっては、頭蓋内出血などの合併症も起こるため、適応を慎重に検討する必要がある。

循環補助ECMOの適応は、心臓手術周術期での低心拍出症候群 (low cardiac output syndrome: LOS) に対しての使用頻度が多い。劇症型心筋炎や治療困難な致死性不整脈も適応であり、急変前の導入が重要である。また、ICU、カテ室などでの急変に対し通常の心肺蘇生に反応しない場合はECMO