

呼吸療法・呼吸ケア入門編



露木菜緒

本日の内容

- 1, 呼吸不全とはどのような状態か
- 2, 酸素療法のキホン
- 3, 高流量経鼻酸素療法(HFNC)とは
- 4, HFNCか非侵襲的陽圧換気(NPPV)か
- 5, 酸素療法・呼吸ケアにおける看護師の役割



呼吸不全とは どのような状態か

呼吸障害の診断基準

- 室内気吸入時の $\text{PaO}_2 < 60\text{mmHg}$ となる呼吸障害, またはそれに相当する呼吸障害を呈する異常状態を呼吸不全と診断する。
- 呼吸不全を $\text{PaCO}_2 > 45\text{mmHg}$ と異常な高値とならざるもの (I 型) と、呈するもの (II 型) とに分類する。

I 型 : ex

- 間質性肺炎
- 肺水腫
- ARDS
- 高心拍数等
- 換気血流比不均衡
- 無気肺
- 肺塞栓等

II 型 : ex

- 麻酔、麻薬、脳幹障害
- 呼吸筋障害
- 神経筋疾患、筋弛緩剤
- 機械的障害 (気道・胸郭)
- コンプライアンス低下
- 肋骨骨折
- 気道閉塞、気道浮腫、喘息

低酸素血症と低酸素症

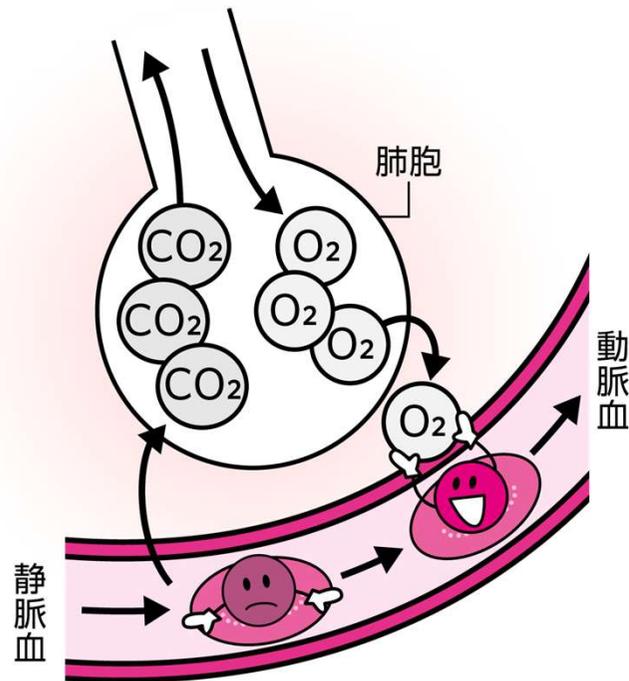
- 低酸素血症 (hypoxemia)

PaO₂が低下している状態

- 低酸素症 (hypoxia)

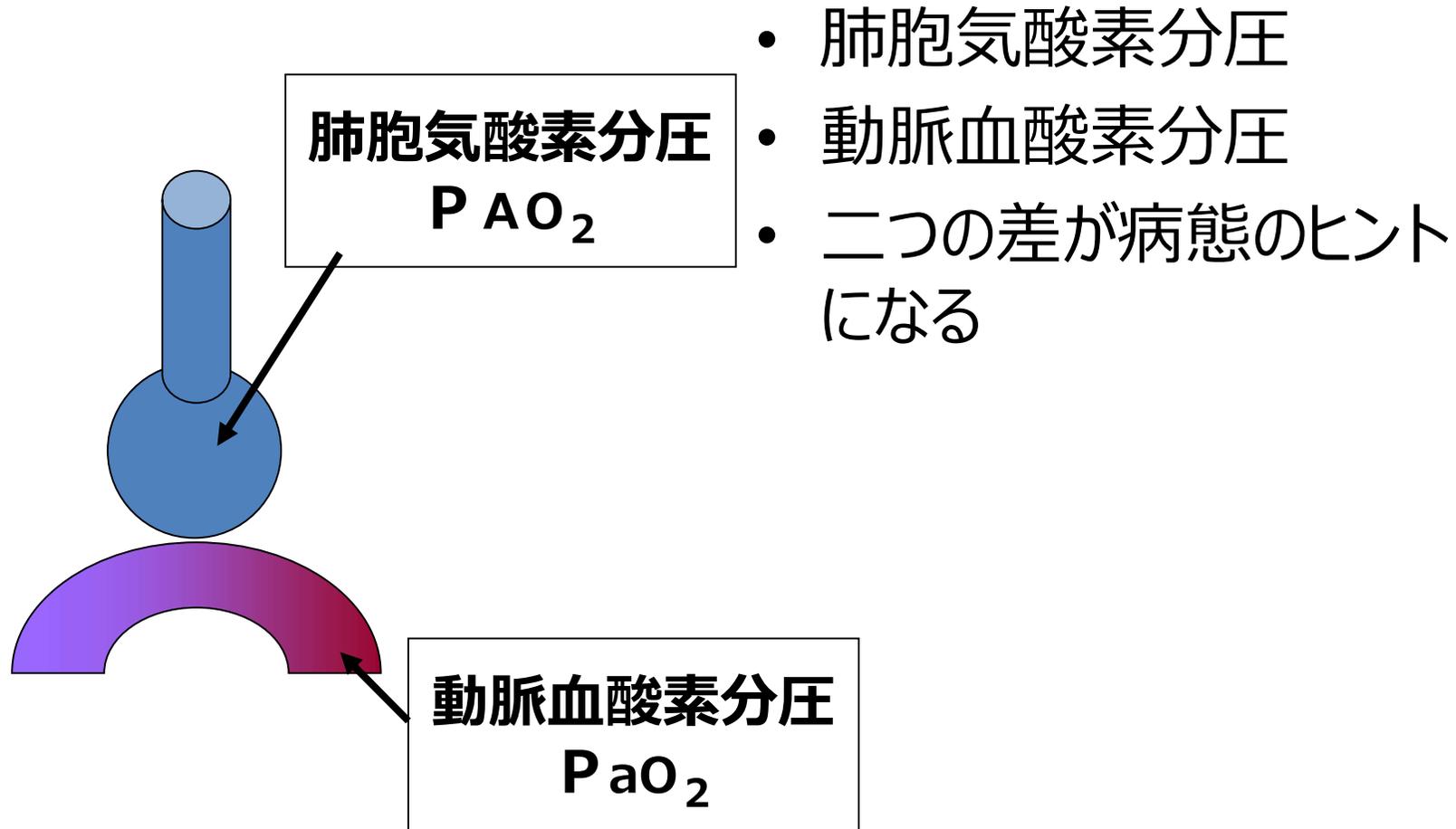
組織のPO₂が低下している状態

換気・拡散・酸素運搬



- バランスがとれて、健常人は動脈血酸素分圧を $90\sim 100\text{mmHg}$ に保つ

バランスは保っている？



肺胞気・動脈血酸素分圧較差

A-aDO₂

- 肺胞気酸素分圧 (PAO₂) と動脈血酸素分圧 (PaO₂) の差を意味する。
- A-aDO₂を求めることにより肺胞でのガス交換が正常にできているかを判断することができる。

$$P_{A}O_2 = (760 - 47) \times 0.21 - PaCO_2/0.8$$

$$A-aDO_2 = P_{A}O_2 - PaO_2$$

基準値 (室内吸入下)	10torr未満
境界値	5~10torr
異常値	20torr

『A』⇒肺胞 (Alveolus)
『a』⇒動脈 (artery)
『D』⇒差 (Difference)
『O ₂ 』酸素

肺胞でのガス交換障害があると判断
酸素吸入化では、A-aDO₂は増大する。

人工呼吸中の酸素化能評価はP/F ratioが簡便！

主な低酸素血症を伴う呼吸障害と原因

肺胞から血管に酸素がスムーズに移動していない

- 肺胞シャント

肺動脈の血液のうち、肺胞に接することなく肺静脈として戻ってくる場合。

- 拡散障害

肺胞の毛細血管が太くなったり、肺胞に水が溜まったり、肺胞壁が厚くなるなど、肺胞から血管に酸素が移動できない状態。

- 肺胞低換気

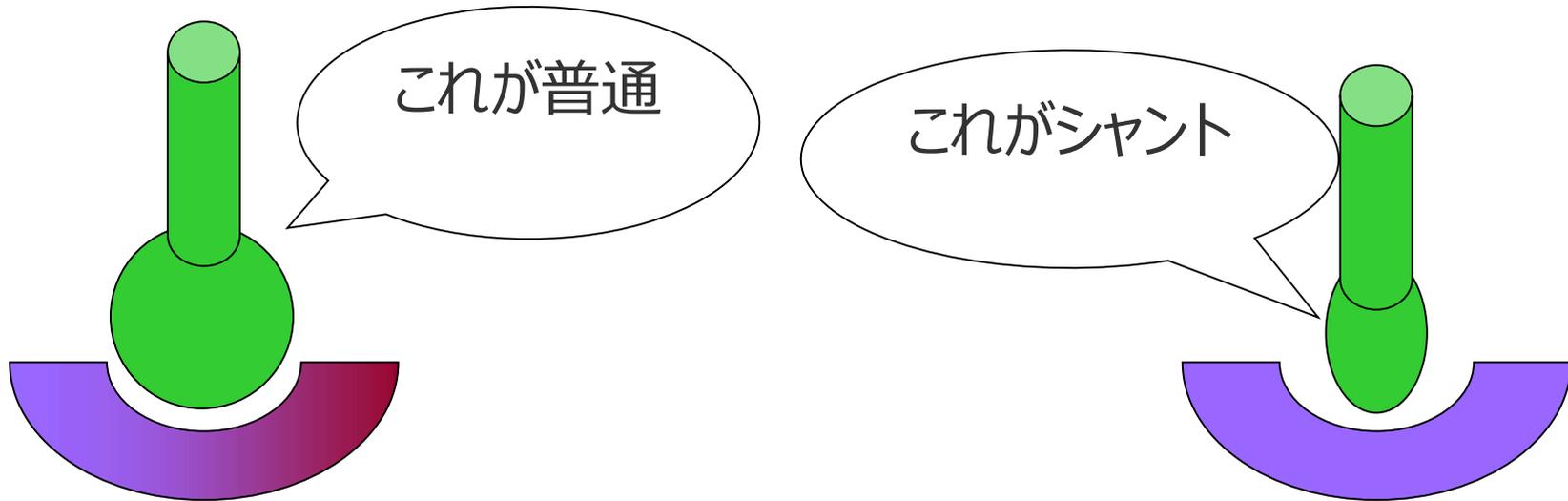
肺胞内で出入りする空気が極端に減少し、体内の酸素量が少なく、二酸化炭素が多くなっている状態で、高二酸化炭素血症を伴う。

- 換気血流比不均等

1つの肺胞に対して血液が流れ過ぎている場合。

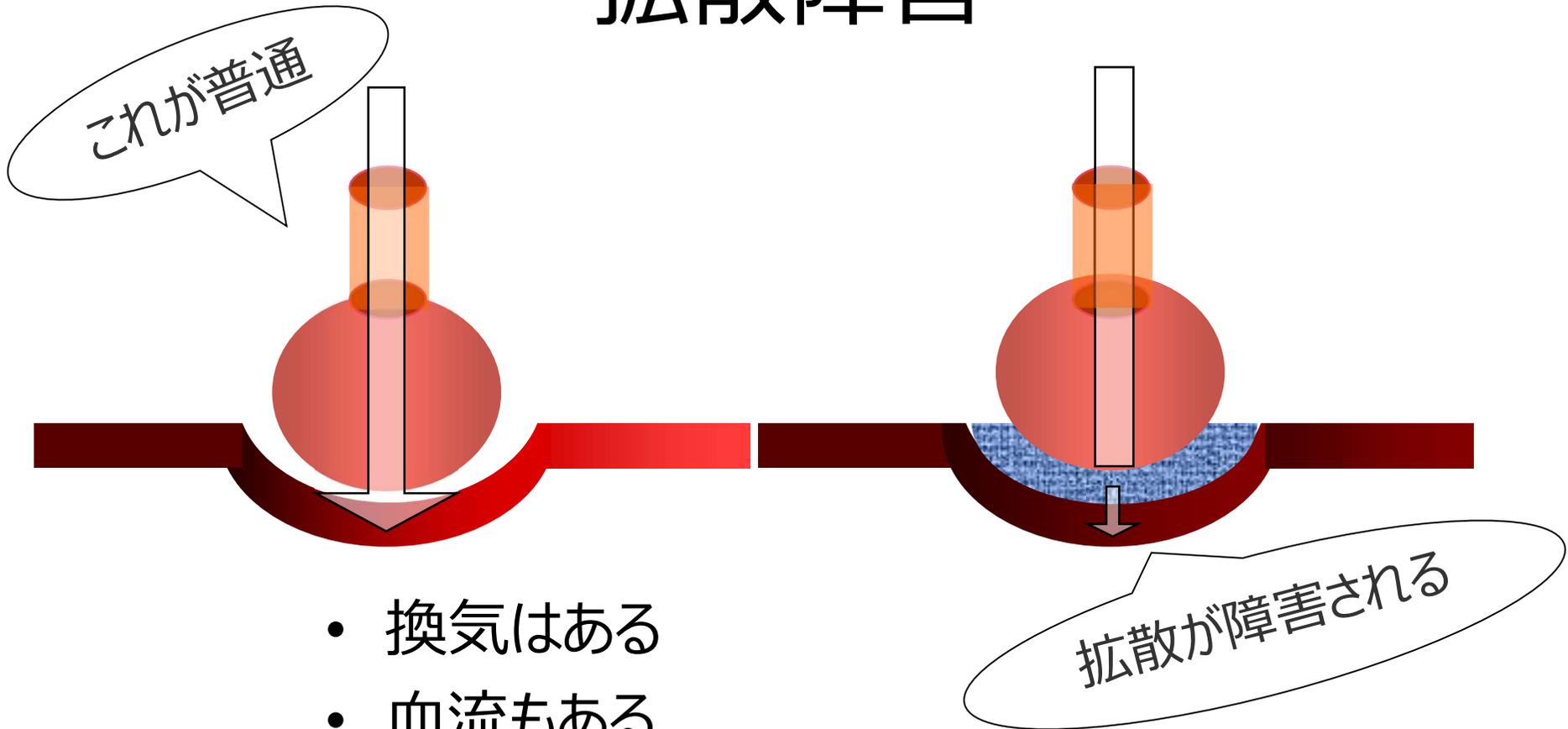
血液がたくさん流れても、1つの肺胞で酸素化できる血流には限界がある。

シャント



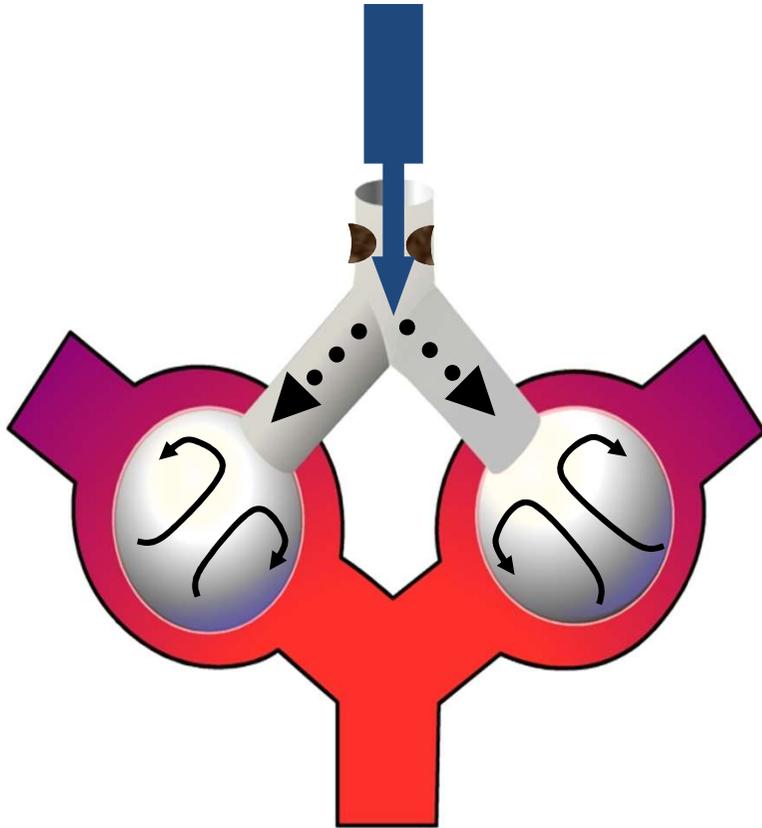
- 換気がない
- 血流はある
- 静脈血が、他の動脈血に混ざる
- 無気肺が代表的

拡散障害



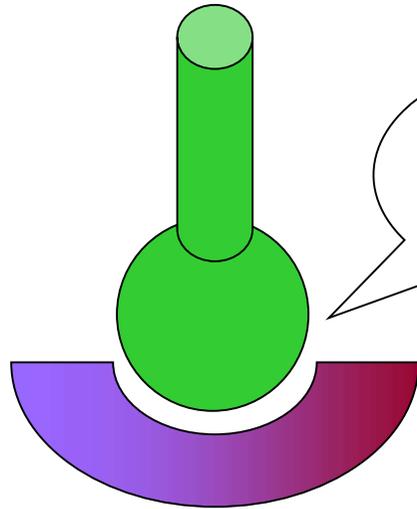
- 換気はある
- 血流もある
- 血液に酸素が拡散しない
- PaCO_2 は上昇しない
- 間質性肺炎や肺線維症が代表的

肺胞低換気

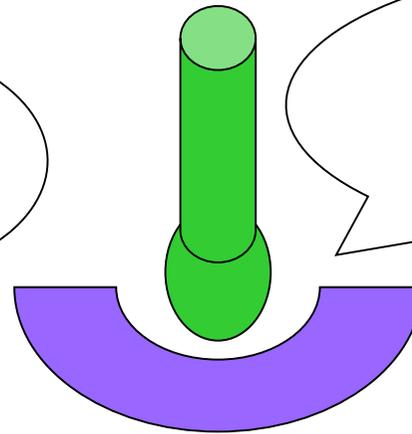


- 換気がない
- 血流はある
- PaCO_2 が上昇する
- 呼吸中枢の機能低下や神経筋疾患など

換気血流比不均等分布

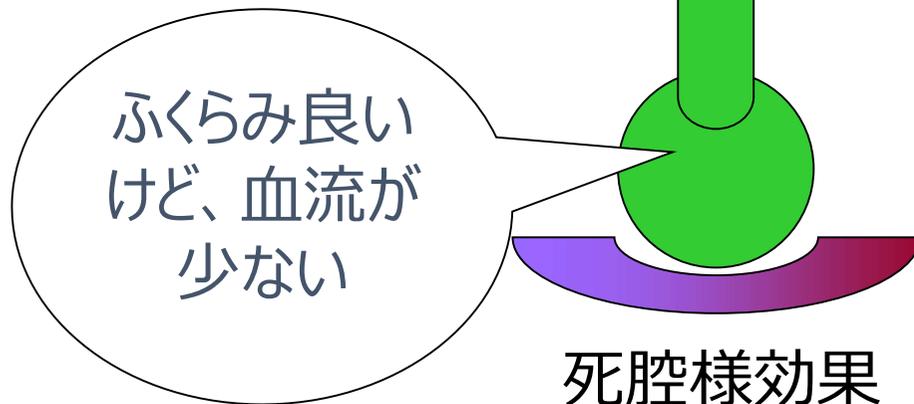


これが普通



ふくらみ悪いけど、
血流は良い

シャント様効果

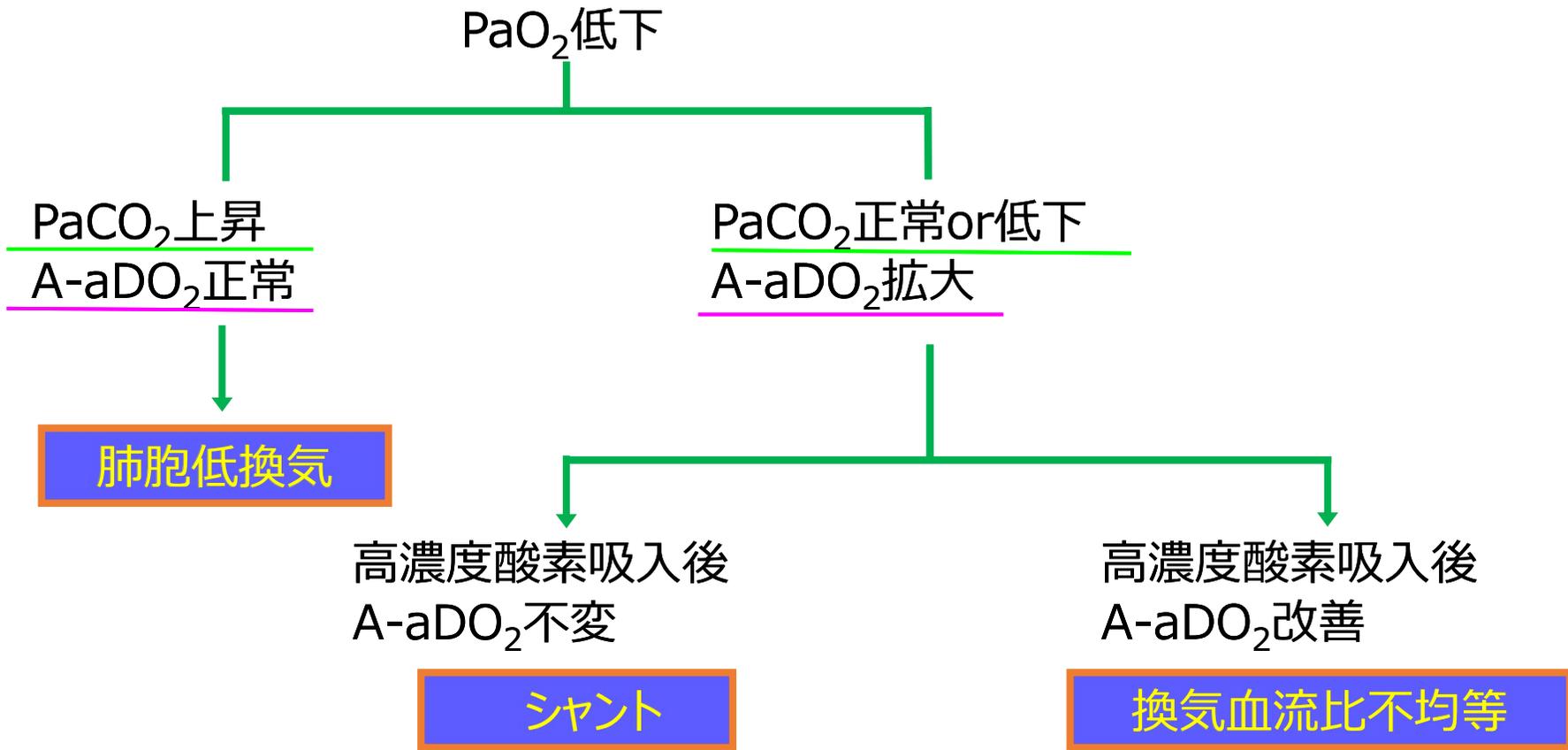


ふくらみ良い
けど、血流が
少ない

死腔様効果

- 通常の換気血流比の状態が肺疾患によってバランスが悪化した状態
- 肺炎、ARDS、うっ血性肺水腫など

低酸素血症の鑑別



肺胞低換気	Ⅱ型呼吸不全	PaCO ₂ >45 Torr	A-aDO ₂ 正常
換気血流比不均等	Ⅰ型呼吸不全	PaCO ₂ ≤45 Torr	A-aDO ₂ 開大
拡散障害			
シャント (右左シャント)			



酸素療法の基本

酸素療法の種類と特徴

- 低流量タイプ

酸素ガスの供給量が患者の1回換気量より少ない。

- 高流量タイプ

酸素ガスの供給量が患者の1回換気量より多い。

吸気流量 (L/分)

- 1回吸気量 500ml
- 1回吸気時間 1秒
- 吸気流量 500ml/秒
- L/分単位 30 L/分

低流量システム：酸素濃度の考え方

中央配管から、100%酸素を10 L /分
流したとしても、20 L /分ぶんはマスクの横
から空気(21%酸素)を吸い込む

30 L /分で
吸っている



100%酸素

低流量システムでは
呼吸状態により吸気酸素濃度が変化する

- ◆ 1秒間に吸う換気量が多くなると吸入酸素濃度は低くなる。
- ◆ 1秒間に吸う換気量が少なくなると、吸入酸素濃度は高くなる。

低流量酸素システムの酸素流量と吸入酸素濃度の目安 ($F_I O_2$ 吸入気酸素濃度：%)

酸素流量 (L/min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
経鼻 カニューレ	24	28	32	36	40					
酸素マスク					35 ~ 40	40~50		50		
リザーバー付 酸素マスク						60~70				
人工鼻			30							

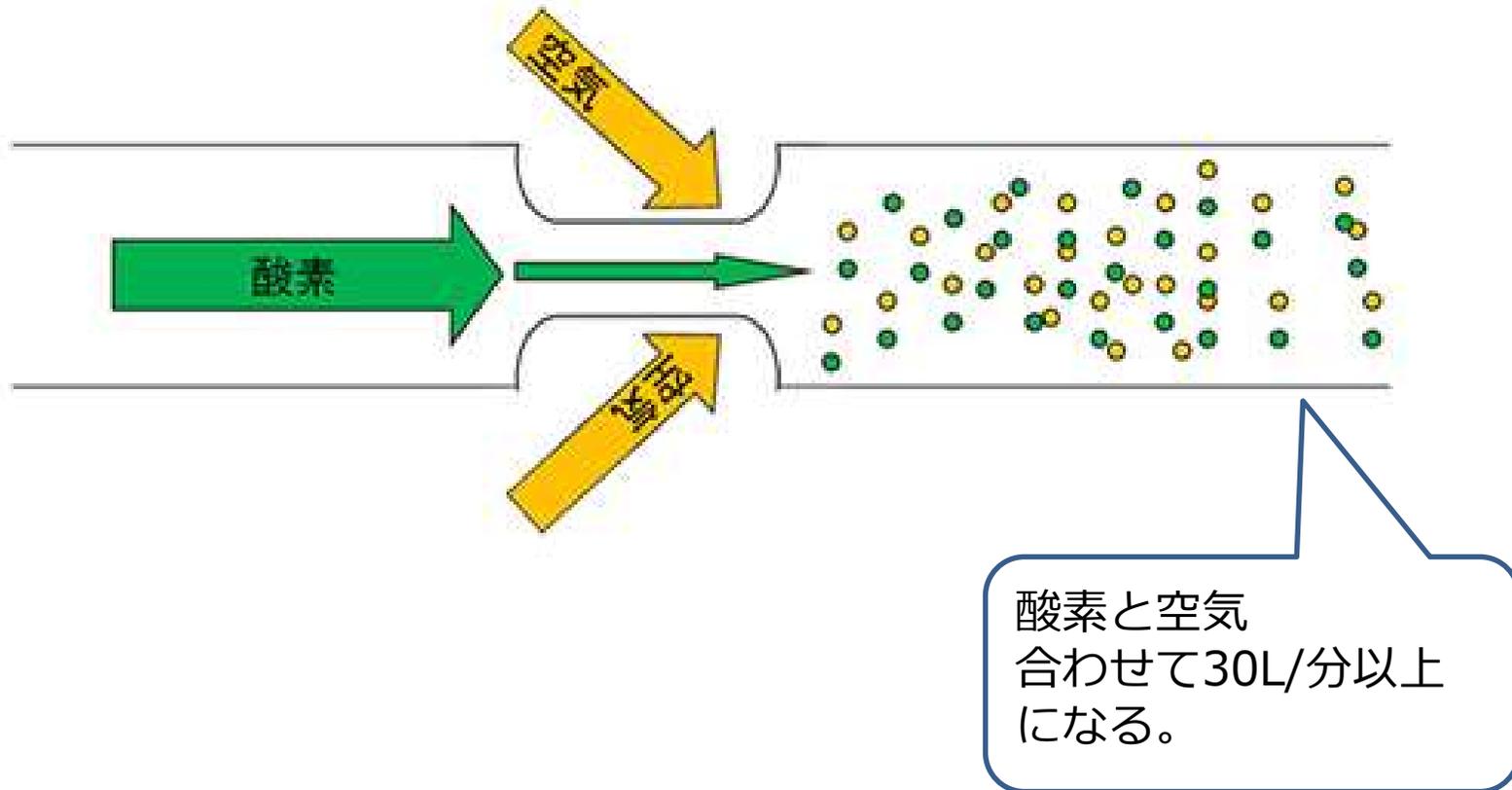
低流量システムでおさえるポイント

- ◆ 呼吸状態により**吸気酸素濃度**が変化する
- ◆ 目的とする酸素濃度によってデバイスを変更する
- ◆ リザーバー付酸素マスクを使用しても、酸素濃度は100%にはならない。

高流量システム

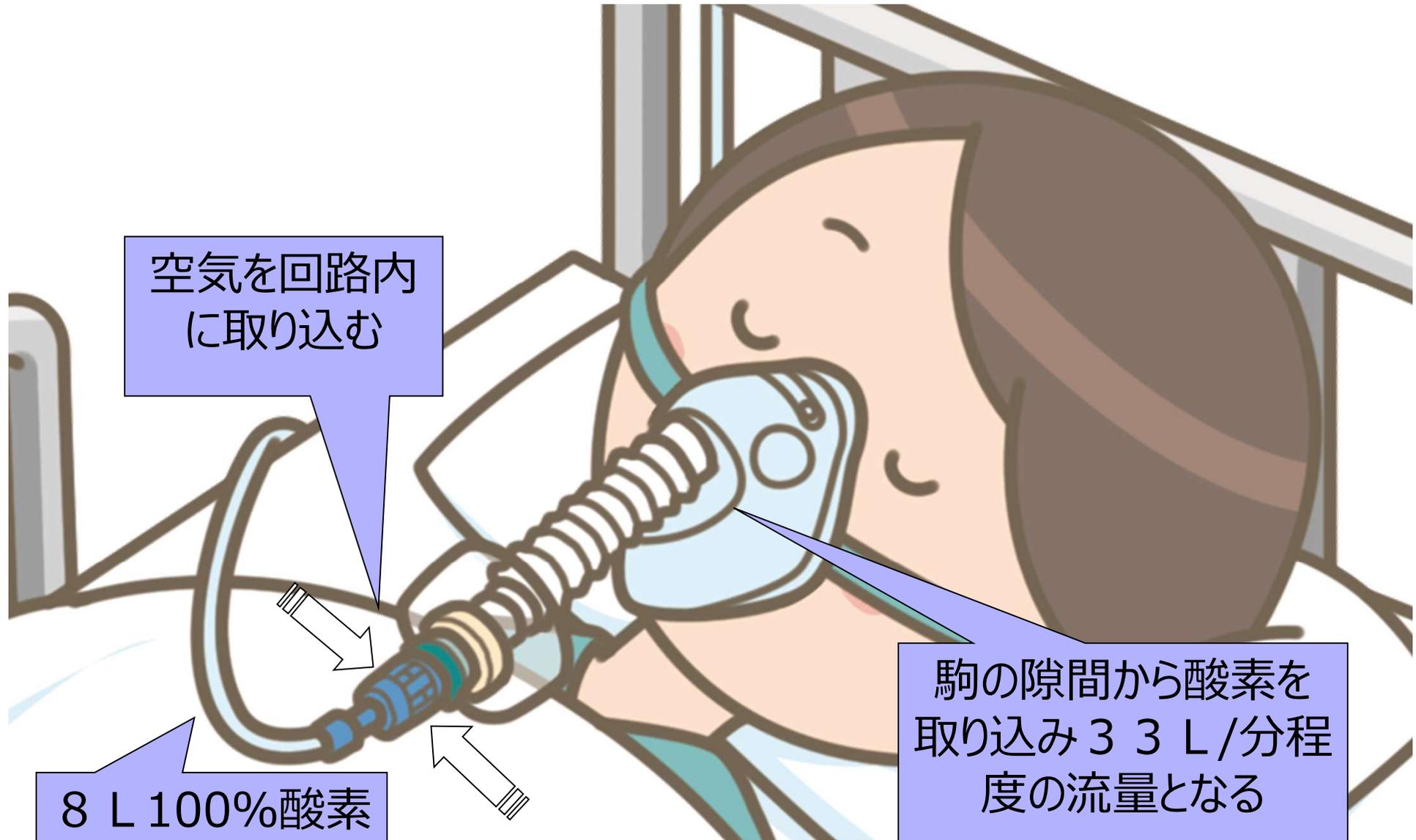
ベンチュリー効果

空気の流れ：流速が早く、低圧である狭窄部に穴があることで酸素と空気が混合される。



ベンチュリーマスク

Ⅱ型呼吸不全患者用：一定の低濃度酸素投与



酸素流量と酸素濃度 ベンチュリータイプ

ダイヤル	設定酸素濃度	最適酸素流量	トータルフロー
青	24%	2L/分	52L/分
黄	28%	3L/分	34L/分
白	31%	4L/分	32L/分
緑	35%	6L/分	34L/分
赤	40%	8L/分	33L/分
橙	50%	12L/分	32L/分

カームピュア



高流量酸素システム8L/分40%で酸素投与を受けている。呼吸回数20回/分、換気量400ml（最大吸気流量30L/分）とした場合、吸入気酸素濃度を上昇させる効果の高い設定はどれか。

- 酸素濃度は変更せず、酸素流量を10L/分に上げた。
- 酸素流量は変更せず、酸素濃度を50%にした。
- 酸素濃度を50%にして、酸素流量を12L/分にあげた。

酸素流量と酸素濃度 カムピュア

酸素流量 (L/分)

	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
ダイヤル目盛 (%)	35	34	40	45	51	56	62	68	73	79	85
40	25	29	33	37	42	46	50	54	58	62	
45	20	23	26	30	33	36	40	43	46	49	
50	16	19	22	25	27	30	33	35	38	41	
60	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
80	8	9	11	12	13	15	16	17	19	20	
98	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	

カームピュア



- 7段階の酸素濃度ダイヤル
- 最大酸素濃度は60%

設定酸素濃度	最適酸素流量
98%	使用しない
80%	使用しない
60%	15 L /分以上
50%	11 L /分以上
45%	9 L /分以上
40%	8 L /分以上
35%	6 L /分以上

高流量システムでおさえるポイント

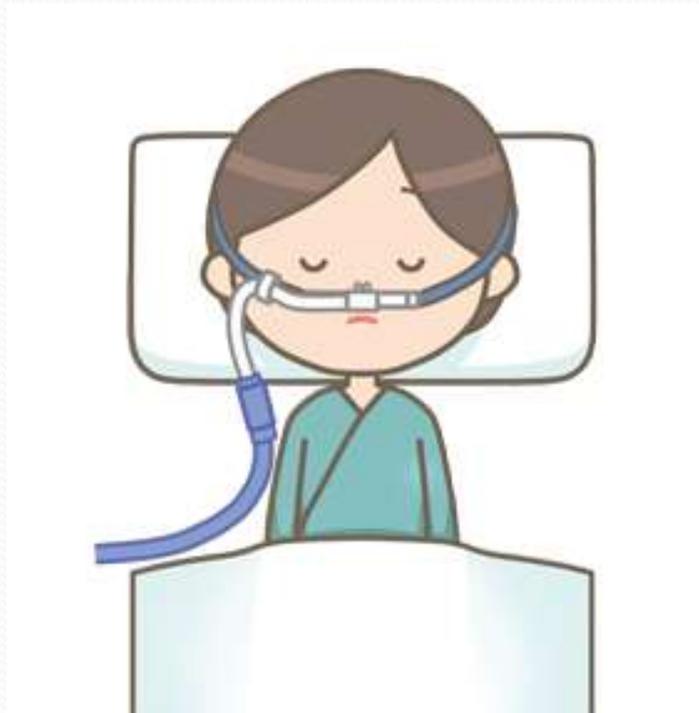
- ◆酸素濃度の決定には、適切なダイヤル設定と必要な酸素流量が必要
- ◆トータルフロー表を必ず確認し、回路から30L/分以上の混合気が流れてくるように設定する
- ◆高流量システムを使用しても、60%以上の酸素濃度にはならない。
- ◆ダイヤルに表示されていない設定はしない



50%と60%の間に印を合わせても55%になりません。

高流量経鼻酸素療法

HFNC : high flow nasal cannula oxygen
とは



高流量経鼻酸素療法の適応

- 通常の酸素投与、リザーバーマスクでも SpO_2 が90%以下
- 喀痰排出が困難であるか、気道内に分泌物貯留を多く認める
- 強い息切れを呈し、呼吸仕事量の増加が強く疑われる。

高流量で100%酸素供給が可能



- $F_{I}O_2$ 設定範囲
0.21~1.0
- 流量設定範囲
最大60L/分

通常の流量計は15L/分

A photograph of an Optiflow humidifier system. It features a clear plastic humidifier chamber with a blue top, connected to various colored breathing tubes (blue, green, yellow) and a control panel with a dial and a flowmeter. The setup is mounted on a stand.

酸素流量
を設定

酸素濃度
を設定

Optiflow Fisher & Paykel

人工呼吸器で使用する
高性能な加湿器

- 十分な加湿で鼻が痛くならない。
- 粘膜染毛クリアランスの最適化
- 解剖学的死腔の洗い流し (CO₂再呼吸が少ない)
- 少量のpositive airway pressureもかかる。

流量設定

30～60L/分までどう選択するか



例

20～30L/分スタート

口・鼻の周りに手を当て、
外気を吸い込んでいれば
流量を上げる。

30L/分以上の流量は厳守！

酸素濃度設定



I 型呼吸不全
SpO₂ 94～98%に保つように

II 型呼吸不全
SpO₂ 88～92%

NPPVから変更時
NPPVより10～20%高い値

HFNCからの離脱

酸素濃度から下げる。

例

酸素濃度を減量

40%程度まで低下したら

酸素流量を減量

30L/分30%になったら

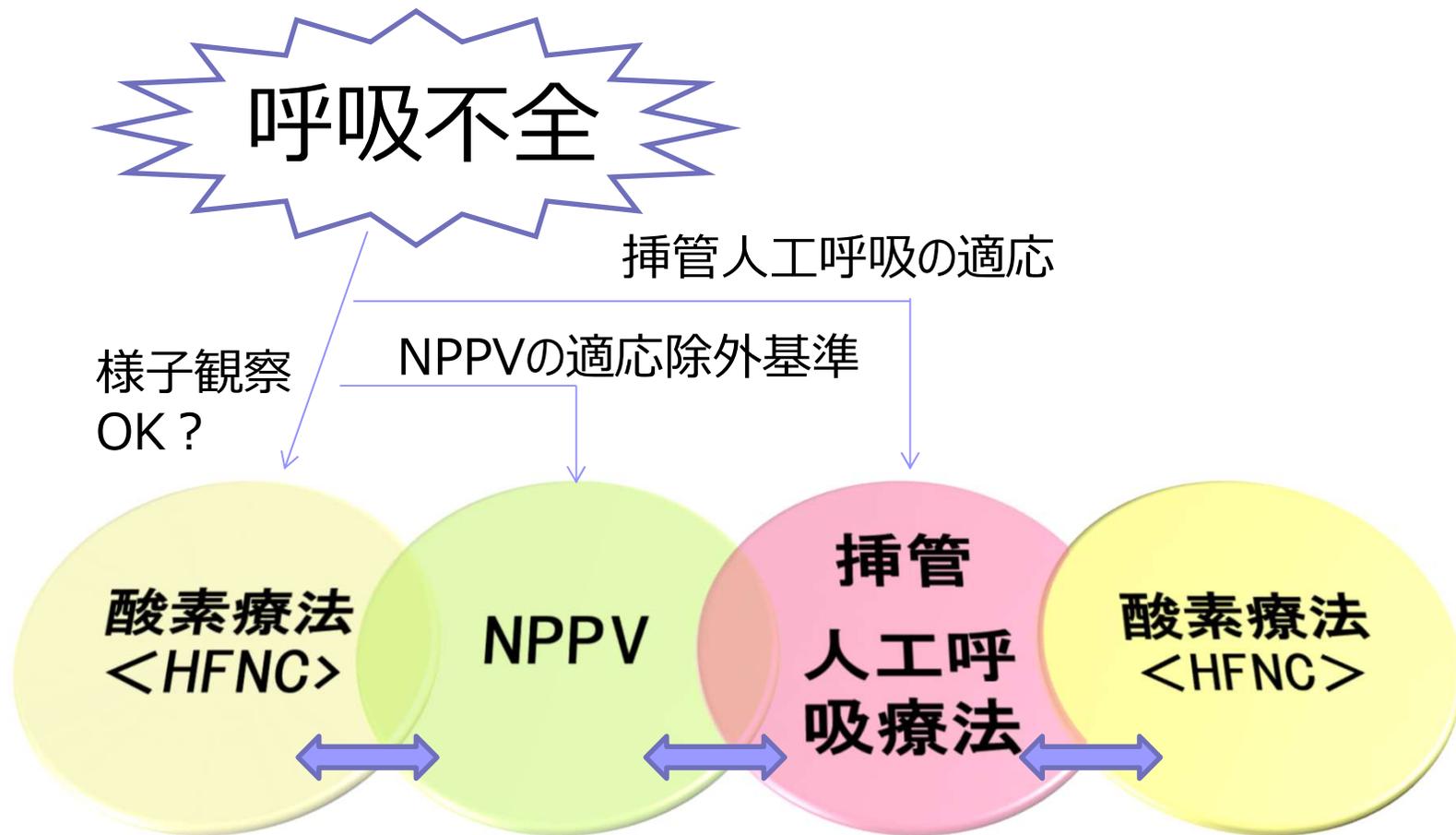
離脱を検討。

HFNCが非侵襲的陽圧換気か

(NPPV : Noninvasive Positive Pressure Ventilation)

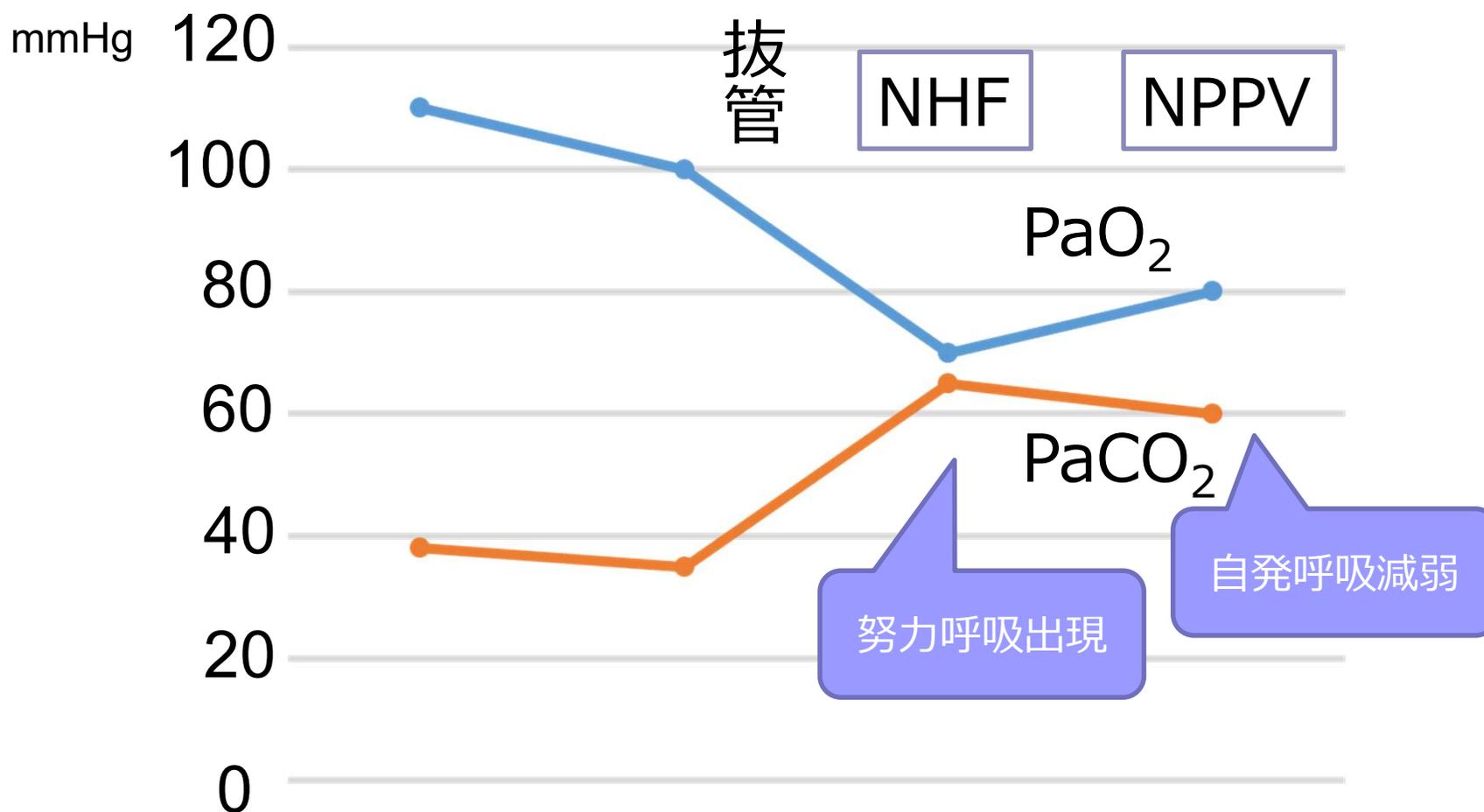


HFNCはN P P Vの代替となりうるか



HFNCの適応を考える

事例：心不全にて人工呼吸器管理後、抜管。



HFNCの適応

- NPPVよりPEEP効果は低いいため、心原性肺水腫や術後の広範囲無気肺など、高いPEEPによる肺リクルートメントを期待する場合は適応とならない。

Frat JP, et al. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic Respiratory failure. N Engl J Med. 372(23). 2015. 2185-96

- 肺炎などの心肺疾患のない急性 I 型呼吸不全では、呼吸仕事量軽減効果と患者容認性の高さはNPPVよりも有利であり、患者予後の改善にも寄与する可能性がある。

Frat JP, Ragot S, Girault C, et al. effect of noninvasive oxygenation strategies in Immunocompromised patient with severe acute respiratory failure: a post-hoc Analysis of a randomized trial. Lencet Respir Med 2016; 4: 646-52

HFNCの評価

患者38名（肺炎15名、H1N1 5名 など）

HFNC開始前から使用中の48時間を調査

9名の患者は平均4時間で挿管・人工呼吸管理となった

成功事例

- ・呼吸数の減少
- ・呼吸困難感の改善
- ・鎖骨上窩の陥没（努力性呼吸）の減少
- ・胸腹部の非同調の減少
- ・酸素飽和度の改善
- ・心拍数の減少

Beneficial effects of humidified high flow nasal oxygen in critical care patients:a
Prospective pilot study.Intensive Care Med,37,1780-1786,2011

HFNCの評価

患者38名（肺炎15名、H1N1 5名 など）

HFNC開始前から使用中の48時間を調査

9名の患者は平均4時間で挿管・人工呼吸管理となった

挿管事例

- ・呼吸数は30分後には成功群より有意に多い
- ・胸腹部の非同調は15分後には成功群より有意に出現
- ・PaO₂は60分後に成功群より有意に低下
- ・SpO₂は15分後に成功群より有意に低下

HFNC導入後の評価は15～60分以内、
HFNC継続の可否や挿管の必要性を判断

酸素療法の選択

■ 低流量システム

低濃度で、長時間使用したいとき。

患者の換気状態で吸入気酸素濃度が変化しても良いとき。

■ 高流量システム

患者の換気状態により、吸入気酸素濃度を変化させたくないとき。（人工気道を使用しているとき。）

*** どちらも吸入気酸素濃度は50%程度まで。**

それ以上は、リザーバーマスク。それでもだめならHFNC。

一時的では困難な時は人工呼吸管理へ。



酸素療法・呼吸ケアにおける 看護師の役割

酸素療法の評価

- バイタルサインを把握し、酸素化不足サインを察知する。
- 皮膚温、チアノーゼの有無⇒組織還流の指標
- 呼吸状態⇒呼吸数、呼吸リズム、努力呼吸の有無（補助呼吸筋を使った呼吸）、呼吸音（正常呼吸音、副雑音の有無）の定時的評価
- 患者の訴え⇒呼吸困難感
- 合併症の有無（とくに酸素中毒とCO₂ナルコーシス）

酸素療法の合併症

1. 酸素中毒
2. 気道清浄化の障害
3. 吸収性無気肺
4. 酸素性呼吸停止

呼吸ケアのポイント

- 酸素化を阻害しない
- 酸素化を促進する
- 酸素消費量を無駄に高めない
- 廃用障害の予防