

● 総 説 ●

呼吸管理と体位

大塚将秀

キーワード：体位，肺気量分画，腹臥位，重症呼吸不全

要 旨

体組織や肺内血液が受ける地球の重力の作用は体位によって異なり、呼吸機能にも影響を生じる。立位や座位に比べ、仰臥位では機能的残気量・肺コンプライアンス・解剖学的死腔は減少し、気道抵抗は増大する。換気分布や肺循環も影響を受けるが、自発換気時と強制換気時では異なる。

片側性肺疾患では健側を下にした側臥位で酸素化が改善する。重症呼吸不全患者への腹臥位療法の効果は、酸素化の改善を認めるものの、今のところ死亡率を改善させる効果は明らかでない。サブグループ解析などでは、重症・背側病変・早期導入・長時間施行の場合に死亡率を低下させる可能性が示唆されている。

はじめに

地球には重力が存在し、地上で生活するすべてのヒトにも重力の影響が及ぶ。

換気・ガス交換・酸素化など呼吸に関連するさまざまな事象は体位の影響を受けるが、このすべては重力の作用に起因し、重力が肺循環の血液や腹部内臓などの体組織に作用することで生じる。

I. 体位と健常者の肺気量分画・換気メカニクス

1. 機能的残気量

体位が、ヒトの機能的残気量 (functional residual capacity:FRC) に与える影響を図1に示す。FRCは、仰臥位からファーラー位、逆トレンデレンブルグ位、座位、立位となるにしたがって増加し、逆に頭低位(トレンデレンブルグ位)になると減少する^{1,2)}。これは、腹部臓器が横隔膜を圧迫するため³⁾とされている。側臥位と腹臥位では、仰臥位に比べて15～20%増加する^{1,3)}。

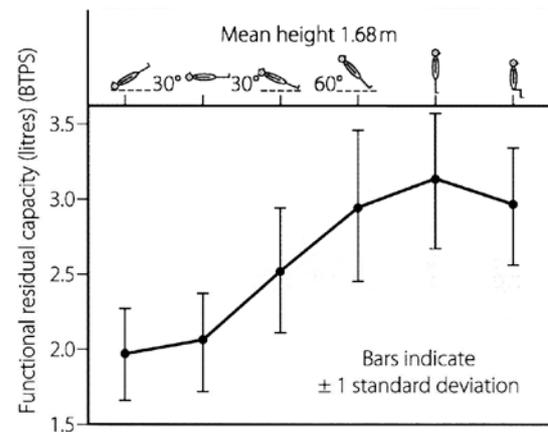


図1 体位と機能的残気量の関係

仰臥位からファーラー位、逆トレンデレンブルグ位、座位、立位となるにしたがって増加し、頭低位になると減少する。

(文献1より許可を得て転載 © Elsevier)

2. 肺コンプライアンス・胸郭コンプライアンス

肺コンプライアンスは、座位・側臥位に比べて仰臥位で減少する⁴⁾。肺内血液量の増加、無気肺の発生、一部の細気道閉塞などの関与⁵⁾が推測されている。

胸郭コンプライアンスは、胸壁と腹部の剛性の変化が相殺しあい、立位と仰臥位でほとんど変化しない⁶⁾。

その結果、肺コンプライアンスと胸郭コンプライアンスの合成値である肺胸郭コンプライアンスは仰臥位で減少する。

3. 気道抵抗

気道抵抗は、立位に比べて仰臥位で30～40%増大する^{5,7)}。気道径の変化の関与³⁾が推測されている。

4. 解剖学的死腔

解剖学的死腔量は肺容量の変化に依存し、座位に比べて仰臥位では約2/3に減少する⁸⁾。

II. 体位と換気分布

換気分布は、複数の因子³⁾に左右される。横隔膜に限らず、筋肉は収縮前の筋線維長が長いほど大きな収縮力を発揮する。仰臥位では腹側に比べて背側の横隔膜は腹部内臓の圧迫を受けて伸張しているので、自発換気時は立位に比べて横隔膜に近接した下側肺の換気量が増加する。一方、周囲の構造物に囲まれている下側肺は、コンプライアンスが小さく無気肺も生じやすいため拡張しにくい。これは、強制換気時に顕著となる。

III. 体位と肺循環

肺は、頭尾方向で30～40cm、前後方向でおよそ20cmと巨大な臓器であるにもかかわらず、肺循環は体循環の1/6～1/5の血圧しかない低圧系なので、体位の影響を非常に大きく受ける。40cmの高低差は、血液にとって40cmH₂O(約30mmHg)の圧差に相当する。これは肺循環圧にとっては無視できない値であり、低い位置と高い位置では流れる肺血流に大きな変化を生じる。仰臥位に比べて高低差の大きい立位・座位・側臥位では、より大きな影響を受ける。

肺動静脈圧と肺胞内圧の関係から肺循環系の特徴を説明する古典的なモデルに、Westのzone model(図2)⁹⁾がある。一般的に、動静脈の圧差に比例して血流量は決まるが、低圧系で灌流される肺循環では肺胞内圧が肺動脈圧や肺静脈圧を上回る部分が発現する可能性があり、この部位では血流量が動静脈圧差に依存しなくなる。肺胞内圧が肺動脈圧を上回る部分(zone 1)では、血流が流れないので肺胞死腔となる。肺胞内圧が肺動脈圧より低いが肺静脈圧より高い部位(zone 2)では、肺動脈圧と肺胞内圧の差に依存して血流が流れ

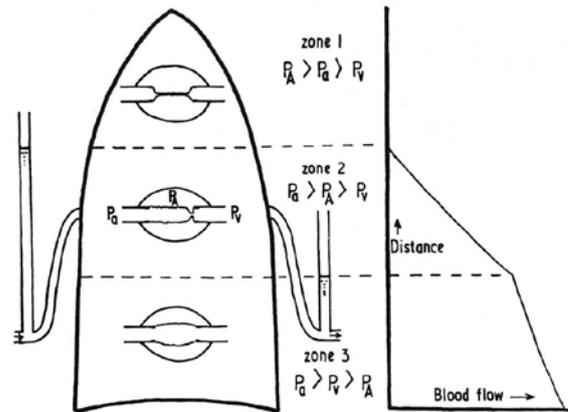


図2 Westのzone model

肺を肺胞内圧と肺動脈圧との大小関係で3つのzoneに分ける。肺胞内圧が肺動脈圧より高いzone 1では、血流が流れないため死腔換気となる。肺胞内圧が肺動脈圧より低いが肺静脈圧より高いzone 2では、肺動脈圧と肺胞内圧の圧差に比例した血流が流れる。上方になるほど肺動脈圧が低下するため、血流分布の高さ依存性は大きい。肺胞内圧が肺静脈圧より低いzone 3では、血流は肺動静脈の圧差に比例して流れ、高さによる影響を受けにくくなる。(文献9より転載)

る。高い位置になるほど肺動脈圧は低下するので、高低差による流量の変化が著しくなる。肺胞内圧が肺静脈圧よりも低い部位(zone 3)では、一般の臓器と同様に動静脈圧差に依存して血流が流れる。高い位置になれば肺動脈圧は低下するが、静脈弁のない肺静脈では肺静脈圧も同様に低下するため動静脈圧差は高さの影響を受けない。しかし、低い位置ほど肺血管内圧が高いため、血管が拡張して血管抵抗が低下する。そのため低い位置ほど血流量は多くなるが、zone 2に比べて部位による流量の差は小さくなる。

健常者の自発換気時にzone 1は存在しないとされているが、強制換気時や気道閉塞を伴う肺疾患患者では出現する場合がある。

IV. 呼吸不全と体位

1. 片側性肺障害と体位

含気・換気が低下した肺疾患では、病変部を灌流する血液の酸素化が悪化するため、動脈血酸素分圧が低下する。肺障害が片側性の場合、病変部を上方、健常部が下側になるように体位変換すると、動脈血の酸素化が改善する^{10～15)}。

2. 重症呼吸不全と腹臥位療法

低酸素血症を伴う重症呼吸不全に対する腹臥位療法

表 1 重症呼吸不全に対して行われた腹臥位療法の無作為比較試験

ほとんどの報告で、酸素化は改善するものの転帰の改善を認めていない。
最新の Guerin (2013 年) の報告だけ死亡率の低下が得られている。

報告者	Gattinoni	Guerin	Voggenreiter	Curley	Mancebo	Chan	Fernandez	Taccone	Guerin
報告年	2001	2004	2005	2005	2006	2007	2008	2009	2013
文献番号	21	22	23	24	25	26	27	28	29
対 象	ALI/ ARDS	急性呼吸 不全	ALI/ ARDS	ALI	重症 ARDS	ARDS	早期 ARDS	ARDS	重症 ARDS
原疾患			外傷	小児		市中肺炎			
症例数	304	791	40	102	136	22	40	342	466
腹臥位時間 (hr/日)	7	8.6	11	18	17	72hr	>20hr	8.4	17
回数・期間	10 日	4.1 日	7 回	4 日	10.1 日	1 回		51%	73%
ICU死亡率	不変	NA	NA	NA	不変	NA	NA	不変	NA
病院死亡率	NA	NA	NA	NA	不変	NA	NA	NA	NA
10日死亡率	不変	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
28 or 30日死亡率	NA	不変	NA	不変	NA	NA	NA	不変	改善
60日死亡率	NA	NA	NA	NA	NA	NA	不変	NA	NA
90日死亡率	NA	不変	不変	NA	NA	NA	NA	NA	改善
180日死亡率	不変	NA	NA	NA	NA	NA	NA	不変	NA
酸素化	改善	改善	改善	改善	改善	改善	改善	NA	NA
合併症	不変	VAP 減少	肺炎減少	NA	不変	不変	不変	増加	不変 心停止減少

NA : not assessed, VAP : ventilator-associated pneumonia

の有用性を示した最初の報告¹⁶⁾は、1974年に Bryan によって行われた。

腹臥位療法が低酸素血症を改善するメカニズムには、FRC の増加、換気血流比異常の是正、横隔膜の動きの改善、気道分泌物のドレナージ、血行動態の改善、血管外肺内水分量分布の変化、胸腔内圧低下による細気道閉塞の減少など¹⁶⁻²⁰⁾が示されている。

その後、低酸素血症の改善だけでなく救命率の改善も期待され、多くの研究が行われた。死亡率をエンドポイントとした無作為比較試験²¹⁻²⁹⁾の一覧を表 1 に示す。転帰を判断した時点はさまざまだが、最新の Guerin (2013 年) の報告²⁹⁾を除いて死亡率に差はなかった。Guerin の結果がそれまでの報告と異なった理由について、対象患者を選択する際に PEEP も含めて酸素化を評価したこと、急性呼吸促進症候群 (acute respiratory distress syndrome : ARDS) の診断から 12 ~ 24 時間という早期に腹臥位療法を導入したこと、平均して人工呼吸時間の 73% という長期間にわたって実施したこと、低一回換気量およびプラトー圧 30cmH₂O 以下という肺保護換気を遵守したことにあると著者らは分析している。無作為比較試験のメタ解析³⁰⁻³⁷⁾でも、ほ

とんどの報告で死亡率の改善は得られていない(表 2)。唯一、2011 年の Abroug の報告³⁷⁾の中で、対象疾患を ARDS に限った 4 つの無作為比較試験を解析すると、ICU 死亡率の改善(総症例数 540、オッズ比 0.708、95%信頼限界 0.503 ~ 0.997)が得られた。

死亡率の評価が一定しない理由は、症例数が少ないことによるパワー不足のほか、原疾患の不均一性・重症度のばらつき・診断から腹臥位導入までの時間・腹臥位で管理する一日あたりの時間・実施日数・人工呼吸器の設定・肺保護換気の遵守度などが報告によって異なるからと考えられる。サブグループ解析や追加解析などによると、重症・高度低酸素血症患者^{21, 32, 33, 36, 42)}、診断後早期の導入²⁵⁾、背側病変⁴¹⁾、長時間施行³⁵⁾で有効である傾向または有意差があると報告されている。一方、酸素化能の良否³⁵⁾や施行時間の長短³⁴⁾で死亡率に有意差はないとする報告もあり、評価は一定していない。転帰を左右する因子についても、血中インターロイキン 6 の低下²⁶⁾のように組織損傷そのものの軽減効果の可能性を示唆する報告もあり、まだ全容が明らかにされたとはいえない。

酸素化能に関しては、これを検討したすべての報告

表2 重症呼吸不全に対して行われた腹臥位療法のメタ解析

報告者	Abroug	Tiruvoipati	Alsaghir	Kopterides	Sud	Sud	Gattinoni	Abroug	Abroug
報告年	2008	2008	2008	2009	2008	2010	2010	2011	2011
文献番号	30	31	32	33	34	35	36	37	37
対象	ALI/ ARDS	ALI/ ARDS	ARDS	低酸素性 呼吸不全	低酸素性 呼吸不全	低酸素性 呼吸不全	ALI/ ARDS	ALI/ ARDS	ARDS
文献数 (死亡率)	5	4	5	4	10	9	4	7	4
分析文献番号	21 ~ 25	21 ~ 23, 25	21 ~ 23, 25, 38	21 ~ 23, 25	21 ~ 26, 38 ~ 41	21 ~ 28, 39	21, 22, 25, 28	21 ~ 23, 25 ~ 28	25 ~ 28
死亡率	不変	不変	NA	NA	不変	不変	不変	NA	NA
症例数	1,372	1,271			1,486	1,786	1,573		
オッズ比	0.97	0.98			0.96	0.97			
95%信頼限界	0.77 ~ 1.22	0.7 ~ 1.3			0.84 ~ 1.09	0.88 ~ 1.07			
ICU死亡率	NA	NA	不変	不変	NA	NA	NA	不変	改善
症例数			466	1,271				1,675	540
オッズ比			0.79	0.97				0.916	0.708
95%信頼限界			0.45 ~ 1.39	0.77 ~ 1.22				0.750 ~ 1.12	0.503 ~ 0.997
28~30日死亡率	NA	NA	不変	NA	NA	NA	NA	NA	NA
症例数			1,231						
オッズ比			0.95						
95%信頼限界			0.71 ~ 1.28						
90日死亡率	NA	NA	不変	NA	NA	NA	NA	NA	NA
症例数			1,271						
オッズ比			0.99						
95%信頼限界			0.77 ~ 1.27						
酸素化	改善	改善	改善 (10日後)	NA	改善	改善	NA	NA	NA
症例数	1,178	1,287	833						
P/F変化 (mmHg)	25.12	21.2	24.89						
95%信頼限界	15.10~35.15	12.4 ~ 30.0	15.3~34.48						
合併症									
気道関連						チューブ閉塞			
発生率	不変	NA	NA	不変	不変	増加	NA	不変	
症例数	1,372			1,271		1,351		1,675	
オッズ比	1.01			1.30		1.58		1.16	
95%信頼限界	0.71 ~ 1.43			0.94 ~ 1.80		1.24 ~ 2.01		0.753~1.784	
褥瘡									
発生率	NA	NA	NA	増加	増加	増加	NA	NA	
症例数				1,135	504	1,279			
オッズ比				1.49	1.36	1.29			
95%信頼限界				1.17 ~ 1.89	1.07 ~ 1.71	1.16 ~ 1.44			
VAP									
発生率	不変	不変	不変	不変	減少	NA	NA	NA	
症例数	1,017	983	967	967	1,026				
オッズ比	0.77	0.78	0.78	0.81	0.81				
95%信頼限界	0.57 ~ 1.04	0.46 ~ 1.32	0.40 ~ 1.51	0.61 ~ 1.10	0.66 ~ 0.99				

NA : not assessed, VAP : ventilator-associated pneumonia

で改善が認められているので、腹臥位療法の効果はほぼ評価が固まっているといえる。これをもって腹臥位療法導入の意義があると考えられることもできるが、それだけでは患者にとって真のメリットはない。酸素化が改善すれば吸入気酸素濃度や PEEP を低下させることができるが、その究極の意義は酸素による組織毒性や高圧による組織損傷の低減であり、効果があれば最終的には死亡率に反映される。したがって、死亡率が低下しなければ、酸素化の改善は実質的な意味を持たない。また、ARDS では救命後の呼吸機能低下が認められ、生活の質の低下が問題となっている。腹臥位療法が、死亡率までは影響を及ぼさないものの、酸素化の改善効果で長期的な呼吸機能を温存できるならば意義がある。長期経過を追った報告はほとんどないが、1年後に呼吸機能・CT 所見・St. George's respiratory questionnaire による生活の質を評価した報告⁴⁴⁾では腹臥位療法の効果は認められなかった。

腹臥位に伴う合併症には、気管チューブの屈曲や気管切開カニューレの誤抜去など気道に関するもの、顔面の圧迫などによる組織損傷・褥瘡、動脈ラインや静脈ラインのトラブル、急変時の処置の遅れなどがあるが、合併症が増加する^{28, 33~35)}という報告は少なく、多くは合併症の増加はない^{21~27, 29~32, 37)}としている。しかし、これらの報告を行っている施設は腹臥位への体位変換や腹臥位の保持に関して経験豊富であることが推測される。また、とくに体位変換時には多くのマンパワーを必要とするので、これらの結果がすべての施設に当てはまるかどうかは疑問である。一方、肺炎が減少したという報告^{22, 23, 34)}も複数ある。腹臥位によって口腔・鼻腔・咽頭の分泌物が口や鼻孔からドレナージされ、気道内への侵入量が減少するためではないかと考えられる。

以上より、現時点での呼吸不全に対する腹臥位療法の評価をまとめると、死亡率を低下させる効果は明確でないが、死亡率を上昇させることはなく、酸素化は改善させる。合併症を増加させる可能性はあるが肺炎を減少させるという副次的効果があるかもしれないとなる。したがって、背側病変が強く致命的な低酸素血症を呈する症例では、導入を考慮してもいい治療法と考えられる。そして、実施する場合は、早期から長時間行くと効果が期待できるかもしれない。今後は、有効であるサブグループを明らかにし、適応患者を明確

にして最善の実施のプロトコルを決めていく必要がある。

著者には規定された開示すべき COI はない。

参考文献

- 1) Lumb AB : Elastic forces and lung volumes. In : Nunn's Applied Respiratory Physiology. 7th ed. Edinburgh, Churchill Livingstone, 2010, pp27-41.
- 2) Marini JJ, Tyler ML, Hudson LD, et al : Influence of head-dependent positions on lung volume and oxygen saturation in chronic airflow obstruction. Am Rev Respir Dis. 1984 ; 129 : 101-5.
- 3) Govert JA : Patient Positioning. In : Mechanical Ventilation. 2nd ed. MacIntyre NR, Branson RD (Eds). USA, Saunders, 2009, pp252-65.
- 4) Berger R, Burki NK : The effects of posture on total respiratory compliance. Am Rev Respir Dis. 1982 ; 125 : 262-3.
- 5) Behrakis PK, Baydur A, Jaeger MJ, et al : Lung mechanics in sitting and horizontal body positions. Chest. 1983 ; 83 : 643-6.
- 6) Mead J, Lindgren I, Gaensler EA : The mechanical properties of the lungs in emphysema. J Clin Invest. 1955 ; 34 : 1005-16.
- 7) Navajas D, Farre R, Rotger MM, et al : Effect of body posture on respiratory impedance. J Appl Physiol. 1988 ; 64 : 194-9.
- 8) Lumb AB : Distribution of pulmonary ventilation and perfusion. In : Nunn's Applied Respiratory Physiology. 7th ed. Edinburgh, Churchill Livingstone, 2010, pp119-44.
- 9) West JB, Dollery CT, Naimark A : Distribution of blood flow in isolated lung ; relation to vascular and alveolar pressures. J Appl Physiol. 1964 ; 19 : 713-24.
- 10) Zack MB, Pontoppidan H, Kazemi H : The effect of lateral positions on gas exchange in pulmonary disease. A prospective evaluation. Am Rev Respir Dis. 1974 ; 110 : 49-55.
- 11) Dhainaut JF, Bons J, Bricard C, et al : Improved oxygenation in patients with extensive unilateral pneumonia using the lateral decubitus position. Thorax. 1980 ; 35 : 792-3.
- 12) Remolina C, Khan AU, Santiago TV, et al : Positional hypoxemia in unilateral lung disease. N Engl J Med. 1981 ; 304 : 523-5.
- 13) Ibañez J, Raurich JM, Abizanda R, et al : The effect of lateral positions on gas exchange in patients with unilateral lung disease during mechanical ventilation. Intensive Care Med. 1981 ; 7 : 231-4.
- 14) Gillespie DJ, Rehder K : Body position and ventilation-perfusion relationships in unilateral pulmonary disease. Chest. 1987 ; 91 : 75-9.
- 15) Dreyfuss D, Djedaini K, Lanore JJ, et al : A comparative study of the effects of almitrine bismesylate and lateral position during unilateral bacterial pneumonia with severe

- hypoxemia. *Am Rev Respir Dis.* 1992 ; 146 : 295-9.
- 16) Bryan AC : Conference on the scientific basis of respiratory therapy. Pulmonary physiotherapy in the pediatric age group. Comments of a devil's advocate. *Am Rev respir Dis.* 1974 ; 110 (suppl) : 143-4.
 - 17) Douglas WW, Rehder K, Beynen FM, et al : Improved oxygenation in patients with acute respiratory failure : the prone position. *Am Rev Respir Dis.* 1977 ; 115 : 559-66.
 - 18) Albert RK, Leasa D, Sanderson M, et al : The prone position improves arterial oxygenation and reduces shunt in oleic-acid-induced acute lung injury. *Am Rev Respir Dis.* 1987 ; 135 : 628-33.
 - 19) Olson LE, Wardle RL : Pleural pressure as a function of body position in rabbits. *J Appl Physiol.* 1990 ; 69 : 336-44.
 - 20) Wiener-Kronish JP, Gropper MA, Lai-Fook SJ : Pleural liquid pressure in dogs measured using a rib capsule. *J Appl Physiol.* 1985 ; 59 : 597-602.
 - 21) Gattinoni L, Tognoni G, Pesenti A, et al : Effect of prone positioning on the survival of patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med.* 2001 ; 345 : 568-73.
 - 22) Guerin C, Gaillard S, Lemasson S, et al : Effects of systematic prone positioning in hypoxemic acute respiratory failure : a randomized controlled trial. *JAMA.* 2004 ; 292 : 2379-87.
 - 23) Voggenreiter G, Aufmkolk M, Stiletto RJ, et al : Prone positioning improves oxygenation in post-traumatic lung injury- A prospective randomized trial. *J Trauma.* 2005 ; 59 : 333-41.
 - 24) Curley MA, Hibberd PL, Fineman LD, et al : Effect of prone positioning on clinical outcomes in children with acute lung injury : a randomized controlled trial. *JAMA.* 2005 ; 294 : 229-37.
 - 25) Mancebo J, Fernandez R, Blanch L, et al : A multicenter trial of prolonged prone ventilation in severe acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 2006 ; 173 : 1233-9.
 - 26) Chan MC, Hsu JY, Liu HH, et al : Effects of prone position on inflammatory markers in patients with ARDS due to community-acquired pneumonia. *J Formos Med Assoc.* 2007 ; 106 : 708-16.
 - 27) Fernandez R, Trenchs X, Klamburg J, et al : Prone positioning in acute respiratory distress syndrome : a multicenter randomized clinical trial. *Intensive Care Med.* 2008 ; 34 : 1487-91.
 - 28) Taccone P, Pesenti A, Latini R, et al : Prone positioning in patients with moderate and severe acute respiratory distress syndrome : a randomized controlled trial. *JAMA.* 2009 ; 302 : 1977-84.
 - 29) Guérin C, Reignier J, Richard JC, et al : Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2013 ; 368 : 2159-68.
 - 30) Abroug F, Ouanes-Besbes L, Elatrous S, et al : The effect of prone positioning in acute respiratory distress syndrome or acute lung injury : a meta-analysis. Areas of uncertainty and recommendations for research. *Intensive Care Med.* 2008 ; 34 : 1002-11.
 - 31) Tiruvoipati R, Bangash M, Manktelow B, et al : Efficacy of prone ventilation in adult patients with acute respiratory failure : a meta-analysis. *J Crit Care.* 2008 ; 23 : 101-10.
 - 32) Alsaghir AH, Martin CM : Effect of prone positioning in patients with acute respiratory distress syndrome : a meta-analysis. *Crit Care Med.* 2008 ; 36 : 603-9.
 - 33) Kopterides P, Siempos II, Armaganidis A : Prone positioning in hypoxemic respiratory failure : meta-analysis of randomized controlled trials. *J Crit Care.* 2009 ; 24 : 89-100.
 - 34) Sud S, Sud M, Friedrich JO, et al : Effect of mechanical ventilation in the prone position on clinical outcomes in patients with acute hypoxemic respiratory failure : a systematic review and meta-analysis. *CMAJ.* 2008 ; 178 : 1153-61.
 - 35) Sud S, Friedrich JO, Taccone P, et al : Prone ventilation reduces mortality in patients with acute respiratory failure and severe hypoxemia : systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2010 ; 36 : 585-99.
 - 36) Gattinoni L, Carlesso E, Taccone P, et al : Prone positioning improves survival in severe ARDS : a pathophysiologic review and individual patient meta-analysis. *Minerva Anesthesiol.* 2010 ; 76 : 448-54.
 - 37) Abroug F, Ouanes-Besbes L, Dachraoui F, et al : An updated study-level meta-analysis of randomised controlled trials on proning in ARDS and acute lung injury. *Crit Care.* 2011 ; 15 : R6.
 - 38) Papazian L, Gainnier M, Marin V, et al : Comparison of prone positioning and high-frequency oscillatory ventilation in patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med.* 2005 ; 33 : 2162-71.
 - 39) Beuret P, Carton MJ, Nourdine K, et al : Prone position as prevention of lung injury in comatose patients : a prospective, randomized, controlled study. *Intensive Care Med.* 2002 ; 28 : 564-9.
 - 40) Leal RP, Gonzalez R, Gaona C, et al : Randomized trial compare prone vs supine position in patients with ARDS. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997 ; 155 : A745.
 - 41) Demory D, Michelet P, Arnal JM, et al : High-frequency oscillatory ventilation following prone positioning prevents a further impairment in oxygenation. *Crit Care Med.* 2007 ; 35 : 106-11.
 - 42) Gattinoni L, Taccone P, Carlesso E, et al : Prone position in acute respiratory distress syndrome : Rationale, indications and limits. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013 ; 188 : 1286-93.
 - 43) Gainnier M, Michelet P, Thirion X, et al : Prone position and positive end-expiratory pressure in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med.* 2003 ; 31 : 2719-26.
 - 44) Chiumello D, Taccone P, Berto V, et al : Long-term outcomes in survivors of acute respiratory distress syndrome ventilated in supine or prone position. *Intensive Care Med.* 2012 ; 38 : 221-9.

Respiratory management and the positioning

Masahide OHTSUKA, MD

Intensive Care Unit, Yokohama City University Medical Center

Corresponding author : Masahide OHTSUKA, MD

Intensive Care Unit, Yokohama City University Medical Center

4-57 Urafune-cho, Minami-ku, Yokohama, 232-0024, Japan

Key words : positioning, fraction of the lung volume, prone position, severe respiratory failure

Abstract

Since the effect of gravity on intrapulmonary blood and tissue changes according to the positioning, respiratory function is influenced by posture. Moving from a sitting or upright position to a supine one reduces functional residual capacity, reduces lung compliance, increases airflow resistance, and decreases mechanical dead space. Distributions of ventilation and perfusion are also influenced by posture, and their effects differ between spontaneous breathing and mechanical ventilation.

Arterial oxygen tension of a patient with unilateral lung disease is improved by placing the healthy lung in the dependent position. Prone positioning for a patient with severe respiratory failure improves oxygenation but fails to improve overall mortality. However, the possibility of mortality reduction of a patient receiving prone positioning is suggested by subgroup analysis if oxygenation of the patient is very severe, the main lesion is localized in dorsal lung, and prone positioning is introduced early and for a long time.