

俯臥通氣與急性呼吸窘迫症候群

游群翔 陳炯睿

國立成功大學醫學院附設醫院斗六分院 內科部胸腔科

摘要

俯臥姿勢在病人身上的運用可以溯推到1949年，一開始乃是為了針對脊椎手術而設計的，卻因此而發現到人體在俯臥下之各種生理反應變化，其中最重要的是促進病患氧合能力的上升作用。而直至1974年起，此一發現才運用在因肺損傷而導致呼吸窘迫的病患身上。在急性呼吸窘迫症接受呼吸器通氣的病患中，雖然研究上明顯的發現，俯臥通氣可以改善病人的血氧量，但是對於病患的預後，卻尚無實證醫學上令人滿意的結果，而且在俯臥通氣下，一些可能的併發症，也可能會對病患造成傷害，因此我們認為，對於俯臥姿勢之生理機制，適應症，操作方法，以及可能產生之併發症，進行整理報告將有助於臨床醫護人員對此一治療方式應用在急性呼吸窘迫症上有更進一步的了解。

關鍵字：俯臥通氣(Prone ventilation)
急性呼吸窘迫症(Acute respiratory distress syndrome)

前言

早在1967年，Ashbaugh便描述了在十二位嬰兒病人身上所發現的急性呼吸窘迫(acute respiratory distress)¹，其共通的特徵為急性發作，且難以控制的氣促與低血氧，因此稱之為嬰兒呼吸窘迫症候群(Infant respiratory distress syndrome)，但隨後發現類似這樣的症狀，也會發生在成人身上，於是乎不管任何年紀，在呼吸系統上發生這樣的病症，就統稱為急性呼吸窘迫症候群(Acute respiratory distress syndrome)。1994年由美國與歐洲共識研討會上(American-European Consensus Conference, AECC)對此病症下了明確的定義，其定義急性呼吸窘迫症主要須符合以下四項條件：(1)急性發作。(2)胸

部X光為兩側浸潤。(3)肺動脈楔壓 $\leq 18\text{mmHg}$ ，無左心房高壓。(4)氧合異常： $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 200\text{mmHg}^2$ 。據統計，住進加護病房的病人中，約有8%的病人符合AECC所制定的急性呼吸窘迫症候群的條件，而在需使用呼吸器的病人中，則高達20%的病人符合急性呼吸窘迫症候群的診斷。而在死亡率的部分，因為引起急性呼吸窘迫症候群的原因不同，約有31%到74%不等的死亡率，但真正因呼吸衰竭低血氧所導致的死亡，約占了9%到16%³。

這類患者死亡率極高且治療不易，改善這群病人的預後過程亦遭遇過許多瓶頸，直到2000年，低潮氣容積通氣(Low tidal volume ventilation)之觀念及策略被發現能降低這群病患死亡率約8.8%⁴，才有了改善治療結果的進展，

但在其他治療方法上卻鮮有進展，甚至也發現，從1994年至2006年，急性呼吸窘迫症候群在我們醫療逐漸進步的前提下，其死亡率未若有如預期改善的趨勢⁵，因此在減少這群病人的死亡率上，我們仍存在了相當多的困境。

在照顧已患有急性呼吸窘迫症候群的這群病人上，除了治療引起急性呼吸窘迫症候群的原因，主要的重心便是在控制病人的嚴重低血氧。爲了改善低血氧，我們可以調高氧氣供給濃度，提高吐氣末正壓(Positive end-expiratory pressure)，或者施行肺泡撐開術(Alveolar recruitment maneuvers)來改善塌陷的肺泡所造成的影響⁶。但是所供給的氧氣濃度若高於50%，長時間使用下來對病人會產生肺毒性⁷，而提高吐氣末正壓可能影響病患的血行動力，引起較低的心輸出量，因而造成血壓的不穩定⁸，此外使用較高的吐氣末正壓和施行肺泡撐開術是否會引起病患壓力性的肺損傷，目前雖尚未定論，但是對於臨床醫師在選擇治療上，總是多了一分擔憂，且研究也發現使用較高的壓力，並不會對病人的預後帶來正向的影響⁹。因此以俯臥通氣來改善病患的低血氧，成爲對已使用多種治療措施，而病患臨床上仍未有效改善血氧量時的一種極具吸引力之治療方法。

俯臥通氣的開始

俯臥通氣(Prone ventilation)，則是一種利用物理學方式改善病患低血氧的治療。早從1956年起，便開始有文獻在探討身體姿勢的變換對肺部功能的影響^{10,11}，但是直到1974年起，俯臥通氣才開始使用於小兒科加護病房中，且是運用於某些因急性肺疾病而導致的呼吸衰竭的病人身上¹²，在逐見成效後，漸漸的才在成人病患上使用此方式改善氧合能力。以下將探討俯臥姿勢對人體的影響。

俯臥相關之生理變化

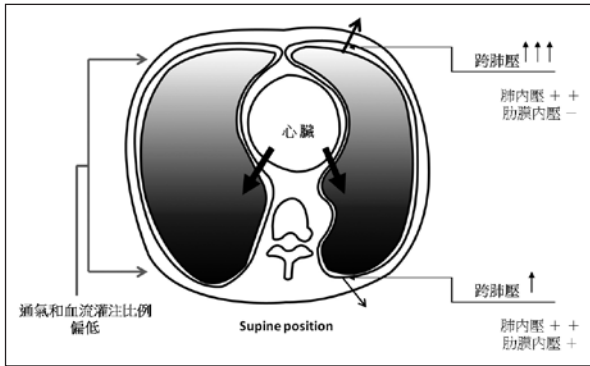
一、心血管方面

從過去的臨床觀察中，發現俯臥姿勢會影響心輸出指數(Cardiac Index)¹³，其心輸出指數約略降低17~24%，而之所以會有如此的影響，

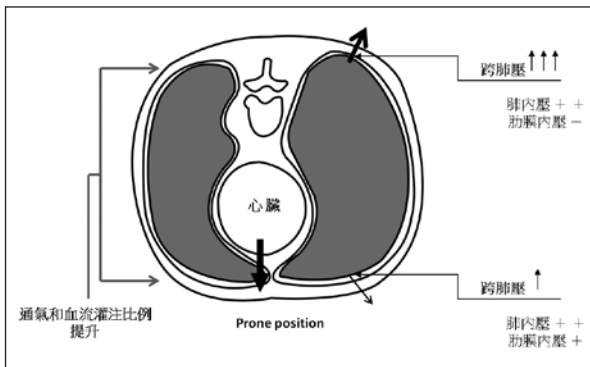
起因於胸內壓的增加，由於胸內壓的增加，其動脈填充(Arterial Filling)和左心室順應性會降低，因而使心輸出指數下降^{14,15}，此外，由於俯臥姿勢會壓迫到腹腔，進而使腹內壓提高而導致下腔靜脈血液回流的阻塞，這樣的變化也會使心輸出指數降低^{16,17}。而在肺部血流分佈上，從動物實驗上，無論立姿或仰臥，其背側肺血流的灌流大致上比腹側高¹⁸，而在俯臥的正常人上，其肺部血液灌流比仰臥時趨向更平均的分佈¹⁹，這樣的血流分佈會因姿勢而改變，主要是由於重力因素影響以及肺部解剖構造上的背腹兩側血管不對稱性所造成²⁰，因此當患有急性呼吸窘迫症的病患在俯臥時，其肺部將有較多血液量流往通氣較佳的腹側肺泡，有助血氧量的上升。

二、呼吸生理方面

在接受麻痺(Paralysis)的病人，從上身立姿到仰臥，其功能性肺餘容量(Functional Residual Capacity)會下降44%，但從立姿到俯臥，其功能性肺餘容量只下降12%²¹，而從仰臥到俯臥的姿勢中，人體的功能性肺餘容量是會增加約350毫升²²，功能性肺餘容量的改變是有助於氧合程度的提升，因此也發現從仰臥到俯臥，會使動脈血氧分壓(PaO₂)呈現有約25%的提升²³。然而對於有肺部損傷的病患，在接受俯臥通氣時，其功能性肺餘容量的提升並不是主要改善氧合能力的因素，而是在於通氣和血流灌注比例(Ventilation-perfusion ratio)的改善^{24,25}。在仰臥的肺損傷病患，因發炎的肺部，會使得肺含水量增加，因而肺整體的重量也跟著增加，所以病患仰臥時處在背側的肺泡受重力影響會呈現塌陷現象，加上心臟受重力牽引與橫膈膜受腹部正壓推擠，更加重背側肺葉受壓情況，因此肺泡塌陷的情況會更加嚴重(圖一)。正常肺泡的擴張，需要跨肺壓(Transpulmonary Pressure，係指肺內壓與胸腔肋膜內壓之差)來維持肺泡的開張，在仰臥的正常人身上，其跨肺壓在腹側比背側大，因此腹側的肺泡擴張程度會比背側大。爲了使塌陷的肺泡擴張，所需要的是更高的跨肺壓，因此讓肺損傷的病患使用俯臥通氣，會使病患背側跨肺壓比腹側大，



圖一：急性呼吸窘迫症的病患，背側肺泡會發生實質化的病變而塌陷，因此背側肺泡會因塌陷而有通氣不足現象，加上腹側的跨肺壓高於背側面，導致腹側肺泡因過高的跨肺壓則有過度通氣現象，所以整體通氣和血流灌注比偏低，而且由於心臟受重力影響進而壓迫背側肺葉，更加重背側肺泡塌陷，而使背側通氣量呈現更低的情況。(註：跨肺壓為肺內壓與胸腔肋膜內壓之差，意義在於可讓肺泡張開並利於通氣)



圖二：病患接受俯臥通氣時，會使背側跨肺壓上升，並降低心臟因重力壓迫背側肺葉的現象，因而促使背側已塌陷的肺泡張開，進而使背側和腹側的通氣量趨於均質，增加整體通氣和血流灌注比，提升血氧量。

藉此利用增大的跨肺壓使塌陷的肺泡打開²⁶。此外，也因俯臥姿勢，可減少背側肺葉受心臟與橫膈膜受壓迫情況，進而更加提升通氣和氧合能力^{27,28} (圖二)。所以，俯臥通氣相對於仰臥通氣能增加功能性肺餘容量，更重要的是其能提升通氣和血流灌注比例，而使氧合能力改善。

俯臥通氣適應症

目前針對俯臥通氣，並無一致認定的適應症，在臨床實行上，主要對象多為急性呼吸窘迫症候群或急性肺損傷的病患，而且並不適

合常規性使用，因為對於肺部已經產生間質性病變的呼吸衰竭，俯臥通氣無法改善其氧合能力²⁹，俯臥通氣對病患仍有可能造成一些併發症的發生³⁰，而且目前的研究發現並無法改善死亡率³¹。因此在基於低潮氣容積通氣策可能改善預後的通氣設定條件下，仍無法改善病患氧合狀況時，俯臥通氣便是一種可以施行的方式。也有收納人數不多的研究提出，針對符合急性呼吸窘迫症候群診斷的病患，不須等到低潮氣容積通氣設定下仍無法改善氧合狀況時，便及早(48小時內)且長時間(20小時/天)的使用俯臥通氣，這樣對一些病況較為嚴重的患者，似乎會比仰臥通氣傾向於較佳的預後³²。

俯臥通氣禁忌症

目前並無客觀的認定標準，來說明何為絕對的禁忌症，但是一般建議，若在顏面或身體腹面有開放性傷口或有的嚴重燒傷傷口，脊椎因外傷或自身疾病引起的椎體不穩定，骨盆骨折，懷孕，急性出血，或有影響血行動力的心律不整或低血壓，俯臥通氣不應使用在這些病人身上³³。而胸腔或腹部開刀後的病人，則視為相對的禁忌症，對於須控制腦壓下降的病人，頸部的轉動，會影響頸靜脈的回流，而導致腦壓上升，除非有特殊設計的病床避免頸部轉動，不然對於此類病人，俯臥通氣亦不適合。

對於有氣切管的病人，因為可以使用各式的墊襯以避免管路受到扭轉，因此並非禁忌症。有胸管的病人，或者有著中央血管管路，包括血液透析管，在不影響管路功能狀況下，只要在幫病人翻身時小心注意管路狀況，俯臥通氣仍可運用在這類病人身上。而對於肥胖或者有腹水的病人，俯臥姿勢雖然會增加腹內壓，但並不一定會對病人造成傷害，且對於肥胖病人，俯臥姿勢反而能增加氧合能力，因此俯臥通氣仍可運用⁴⁹。

俯臥通氣的施行

在施行俯臥通氣時，有幾項重點：
 一、翻身擺位
 目前有兩種方式可以提供病人翻身，第

一種方式是利用一般常規使用的加護病房床位³³，藉由至少三到四位醫護人員幫病人翻身，其中一位是呼吸治療師，負責固定呼吸道管路的位置和暢通，另一位醫護人員負責注意和移動病人身上所有連結血管的管路以利翻身，再加上兩位醫護人員負責幫病人翻身，此時臨床醫師可能需在旁注意，以防氣管內管滑脫出，而需要重新再插管。第二種方式，則是利用一種設計來協助病人翻身並固定病人俯臥姿勢的特殊固定器(Vollmen prone positioner)或電動翻身床(RotoProne)^{34,35}，使用這兩種器具來施行俯臥通氣，亦能使病人氧合狀況改善，也讓翻身動作變得較簡易，但因需要特殊器具，醫療花費相對較高。無論使用何種方式翻身，在完成翻身後，所有的管路，包括氣管內管和連接血管的管路，必須重新評估是否維持通暢和有無位移，若有肺動脈導管，則須重新根據腋中線歸零。在無禁忌狀況下，例如脊柱受傷或血壓過低，可以調整床位讓病人頭高腳低，角度約為30~45%，這樣的做法，可以減少因俯臥而導致的臉部水腫，也可減少食道逆流而造成可能的吸入性肺炎³³。而上肢的擺位，可讓其下垂平放於身體兩側或上舉平放頭部兩側，但要避免過度的伸張或屈折，上舉時肩關節要避免90度以上的抬舉，以免肩關節受壓或腋神經受傷。

二、呼吸器通氣設定

其呼吸器的設定，和病人接受仰臥時的設定相同，一樣是基於低潮氣容積通氣策略來設定，不過一開始於俯臥姿勢時，因胸廓順應性下降，病人的氣道尖峰和高原壓力會上升，等到塌陷的肺泡一個一個打開後，升高的壓力會逐漸下降³⁶。

三、俯臥時間長短

病患一開始接受俯臥通氣時，部分病人最快約在三十分鐘後可以達到最佳氧合改善的反應³⁷，但整體而言，約有50%的病患在兩小時內可以因俯臥通氣而提升氧合能力，剩下約30%的病患，則在使用俯臥通氣達4小時以上，其低血氧才逐漸得到改善，不過約有20%的病患，對俯臥通氣是沒有治療反應的³⁸。

因此對於需要施行多久時間，目前沒有統一的時間，現行的研究認為每天俯臥通氣6至20小時，持續10到14天，對病人的預後的影響不大^{31,39}，因此有人建議在氧合狀況因俯臥通氣有持續改善的情形下，可以繼續使用俯臥通氣，直到病患需仰臥接受護理照顧或額外醫療介入時，或者呼吸衰竭已改善為止，以避免經常翻身而造成的管路脫離。有小規模的研究是施行延長俯臥通氣(Extended prone position ventilation)，意指增長俯臥時間到48小時，或者直到氧合指數(Oxygenation index, $FiO_2(\%) \times \text{Mean Airway Pressure (cmH}_2\text{O) / PaO}_2(\text{torr})$)小於等於10，雖然此研究病人數只有15位，但是都是嚴重低血氧的急性呼吸窘迫症候群病患，這群病患在接受延長俯臥通氣治療下，明顯發現其氧合指數都有顯著的進步，而且肺部的靜態順應性(Static compliance)也有明顯的改善，而二氧化碳量($PaCO_2$)和呼吸道高原壓(Plateau pressure)也跟著都明顯下降⁴⁰，雖然有這些令人雀躍的成效，但對於預後的改變仍無法讓人滿意。

四、鎮靜麻癱藥物的使用

鎮靜藥物的使用，會使呼吸器使用時間延長⁴¹，而讓病人維持清醒，可以讓醫護人員和病人互動，以了解病人是否有因擺位不適當而感到不舒服，藉此減少身體因俯臥而受的傷害，而麻癱的藥物，可能造成橫膈肌張力下降，而使橫膈壓迫到肺下葉而導致肺泡塌陷⁴²。因此，以上兩種藥物，不建議常規的使用，只有在病人和呼吸器無法同步，因而造成氧合狀況不穩時，或者病人初期使用低潮氣容積通氣時，可以藥物輔助病人和呼吸器同步⁴³，約有26%到55%的病人在俯臥姿勢下需要使用鎮靜及麻癱藥物^{31,39}，讓病人和呼吸器同步。

五、合併性輔助性治療

若在俯臥通氣下，其血氧量仍不見改善，或改善有限，有研究發現，俯臥通氣合併實施肺泡撐開術⁴⁴，或者一氧化氮(Nitric oxide)吸入⁴⁵，都發現對於輔助血氧量提升有成效。

六、消化進食

相對於仰臥通氣，俯臥通氣並不會增加胃

殘餘消化容積⁴⁶，因此仍能照常經鼻胃管進食，但是病人在俯臥姿勢下，其嘔吐比例相對增加，特別是在翻身至俯臥姿勢時，約三到四成的機會發生嘔吐³¹，由過去的研究發現，嘔吐的增加和吸入性肺炎是有意義性的相關連⁴⁷，病患消化變差後所產生的胃殘餘消化容積大小，也會增加吸入性肺炎的機會，尤其當胃殘餘消化容積大於200ml以上⁴⁸。因此，除了頭高腳低可以降低吸入性肺炎的機率，有人建議將餵食管入放置到十二指腸後，並且做胃部減壓，以減少因俯臥導致胃內壓力增高³³。

俯臥通氣可能的併發症

一、靜脈回流受阻

由於擺位，頭部的側轉，會引起頸靜脈受壓造成血液回流受阻，因而引起眼睛或臉部的腫脹，這樣個案數約佔20%至30%^{32,39}。這樣的問題，可以靠著襯墊適當的支持頭部，並且避免頭部過度轉位，以及固定時間幫病人挪動頭部側轉至另一側，水腫情形很快就會改善，而且也會降低血管受傷併發症的機率。

二、皮膚壓瘡

在接受麻痺的病人，皮膚長期受壓而造成的傷害很常見，在統計上，俯臥的病患會比仰臥者，容易在顏面、耳、胸和會陰處出現新的壓瘡，而接受俯臥姿勢的病人，出現壓瘡的比例約有20%到30%³⁹，因此雖接受俯臥通氣，但在俯臥姿勢下，仍需至少每兩小時幫病患左右輪流側翻20至30度，以避免壓瘡產生。

三、血行動力

俯臥比仰臥有較高的比例發生心律不整和因心輸出量降低而引起的低血壓，占了10%到20%^{31,39}，雖發現有時需要升壓劑維持血壓，但整體而言並不會對病患造成危及生命的傷害，不過若是無法控制的心律不整或低血壓，則須將病患轉換為仰臥通氣。

四、管路滑脫位移

最常見的是氣管內管的位移，接著則是血管內管路³¹。氣管內管的位移，常因頭頸部的移動，而可能上下性的位移2~4公分，但也有可能位移更長的距離，而導致氣管內管往上滑

脫出，或者往下形成單肺通氣，統計起來，氣管內管位移的比例在每一次的翻身之下，約有40%須再調整氣管內位置，而血管內管路的滑脫，發生的機率則在30~40%。因此，在每一次翻身後，都需要評估一次全身管路的狀況，靜脈藥物的給予是否通暢，兩側呼吸肺音和氣管內管深度是否有變異，若有變異，除了可能有分泌物阻塞，另外要考慮氣管內管的位移。

五、短暫的低血氧和氣道阻塞

會使用俯臥姿勢，主要是為了提升氧合能力，但一開始從仰臥到俯臥時，可能會出現短暫性的低血氧，其原因是因胸廓順從性下降³⁸或者背側肺葉內分泌物流往中央氣道造成阻塞的因素³¹，當肺部血流重新分布而使通氣和血流灌注比改善，以及經由氣管內管抽痰後，病人的血氧量將恢復。短暫的低血氧在每一次翻身時出現的機率約為20%，且大都只發生在翻身後的前15到30分鐘，而氣道受分泌物阻塞程度雖不嚴重，但其發生的機率則也在20%到40%之間³⁹。

以目前大規模的研究所得到的結論看來，並無法為所有的急性呼吸窘迫症候群的病患帶來預後的改善。Gattinoni等人曾統計各152位接受俯臥通氣和仰臥通氣的急性呼吸窘迫症候群病患³⁹，在10天與180天的死亡率，兩者統計上無明顯差異，但在PaO₂/FiO₂和潮氣量(Tidal volume)上，接受俯臥通氣的病患則呈現有意義的改善，而對於壓瘡和管路滑脫等併發症，兩者之間發生率則無差異，此外於事後分析上發現(Post hoc analysis)，若針對病情較為嚴重的病患來做死亡率分析，如Simplified Acute Physiology Score II大於50分，或者在PaO₂/FiO₂小於100的狀況下，接受俯臥通氣的病患相對於接受仰臥通氣者，其死亡率則有下降的趨勢。Taccone等人亦發現³¹，在168位接受俯臥通氣和174位接受仰臥通氣的急性呼吸窘迫症候群病患裡，雖兩者間死亡率於28天和180天一樣無統計上差異，但在次分析中發現，兩者在中等程度低血氧(PaO₂/FiO₂於100至200間)與嚴重程度低血氧(PaO₂/FiO₂小於100)的死亡率有逐漸拉開的差異，顯示俯臥通氣在低血氧狀態越

嚴重時，對病患的益處更趨明顯；而對於併發症的發生，如短暫的低血氧和氣道阻塞、管路滑脫位移和血行動力的改變，在接受俯臥通氣的病患上所發生的機率比仰臥通氣的病患來的高，特別是在從仰臥姿勢轉換成俯臥姿勢的過程裡。

然而並不是每一位接受俯臥通氣的病人，其血氧量會提升，根據統計約有80%的急性呼吸窘迫症候群病人，其接受俯臥通氣時，血氧量會有改善的效果，而約有20%的病患對俯臥通氣沒有反應⁵⁰。有這樣反應的差異，可能的原因包括：肺部受傷的範圍大小，胸廓順應性的好壞，急性呼吸窘迫症候群的成因，俯臥通氣介入時間的早晚，甚至肺部的形狀有關，而目前發現，肺受傷範圍較小，較好的胸廓順應性，肺外因素引起的急性呼吸窘迫症候群，俯臥通氣的早期介入，或者呈現三角錐狀體的肺臟輪廓，其接受俯臥通氣所得到的血氧量改善的反應較佳³⁸。

結論

俯臥通氣是一個的確可以改善急性呼吸窘迫症候群病患氧合情況的通氣方式，在沒有禁忌症的狀況下，是一個簡易的治療方法，因此可以廣泛性的使用在急性呼吸窘迫症候群病人身上，然而它並非是一個常規的治療方式，主要原因在於仍有併發症發生的可能。因此，當仰臥通氣無法改善病患低血氧狀態時，在避免可能的併發症發生的狀況下，俯臥通氣可以適時運用在急性呼吸窘迫症候群的病患身上。

參考文獻

1. Ashbaugh D, Boyd Bigelow D, Petty T, Levine B. Acute respiratory distress in adults. *The Lancet* 1967; 290: 319-23.
2. Bernard G, Artigas A, Brigham K, et al. The American-European Consensus Conference on ARDS. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149: 818-24.
3. Frutos-Vivar F, Nin N, Esteban A. Epidemiology of acute lung injury and acute respiratory distress syndrome. *Current Opinion in Critical Care* 2004; 10: 1-6.
4. NETWORK TARDS. Ventilation with Lower Tidal Volumes as Compared with Traditional Tidal Volumes for Acute Lung Injury and the Acute Respiratory Distress Syndrome. *N Engl J Med* 2000; 342: 1301-8.
5. Phua J, Badia JR, Adhikari NKJ, et al. Has Mortality from Acute Respiratory Distress Syndrome Decreased over Time?: A Systematic Review. *Am J Respir Crit Care Med* 2009; 179: 220-7.
6. Meade MO, Cook DJ, Guyatt GH, et al. Ventilation Strategy Using Low Tidal Volumes, Recruitment Maneuvers, and High Positive End-Expiratory Pressure for Acute Lung Injury and Acute Respiratory Distress Syndrome. *JAMA* 2008; 299: 637-45.
7. Comroe JH, Dripps RD, Dumke PR, Deming M. Oxygen toxicity. *JAMA* 1945; 128: 710-7.
8. Mercat A, Richard J-CM, Vielle B, et al. Positive End-Expiratory Pressure Setting in Adults With Acute Lung Injury and Acute Respiratory Distress Syndrome. *JAMA* 2008; 299: 646-55.
9. Briel M, Meade M, Mercat A, et al. Higher vs Lower Positive End-Expiratory Pressure in Patients With Acute Lung Injury and Acute Respiratory Distress Syndrome. *JAMA* 2010; 303: 865-73.
10. Miller RD, Fowler WS, Jr. HH. Changes of relative volume and ventilation of the two lungs with change to the lateral decubitus position. *J Lab Clin Med* 1956; 47: 297-304.
11. Svanberg L. Influence of posture on the lung volumes, ventilation and circulation in normals; a spirometric-bronchospirometric investigation. *Scand J Clin Lab Invest* 1957; 9(Suppl 25): 1-195.
12. 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(6 Pt 2): 143-4.
13. Wadsworth R, Anderton JM, Vohra A. The effect of four different surgical prone positions on cardiovascular parameters in healthy volunteers. *Anaesthesia* 1996; 51: 819-22.
14. Pump B, Talleruphuus U, Christensen NJ, Warberg J, Norsk P. Effects of supine, prone, and lateral positions on cardiovascular and renal variables in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2002; 283: R174-R80.
15. Sudheer PS, Logan SW, Ateleanu B, Hall JE. Haemodynamic effects of the prone position: a comparison of propofol total intravenous and inhalation anaesthesia. *Anaesthesia* 2006; 61: 138-41.
16. Pearce DJ. The Role of Posture in Laminectomy [Abridged] Registrars' Prize Essay. *Proc R Soc Med* 1957; 50: 109-12.
17. Edgcombe H, Carter K, Yarrow S. Anaesthesia in the prone position. *Br J Anaesth* 2008; 100: 165-83.
18. Glenn RW, Bernard S, Robertson HT, Hlastala MP. Gravity is an important but secondary determinant of regional pulmonary blood flow in upright primates. *J Appl Physiol* 1999; 86: 623-32.
19. Nyrén S, Mure M, Jacobsson H, Larsson SA, Lindahl SGE. Pulmonary perfusion is more uniform in the prone than in the supine position: scintigraphy in healthy humans. *J Appl Physiol* 1999; 86: 1135-41.
20. Galvin I, Drummond GB, Nirmalan M. Distribution of blood flow and ventilation in the lung: gravity is not the only factor.

- Br J Anaesth 2007; 98: 420-8.
21. Coonan T, Hope C. Cardio-respiratory effects of change of body position. *Can Anaesth Soc J* 1983; 30: 424-38.
 22. Lumb AB, Nunn JF. Respiratory Function and Ribcage Contribution to Ventilation in Body Positions Commonly Used During Anesthesia. *Anesth Analg* 1991; 73: 422-6.
 23. Pelosi P, Croci M, Calappi E, et al. The Prone Positioning During General Anesthesia Minimally Affects Respiratory Mechanics While Improving Functional Residual Capacity and Increasing Oxygen Tension. *Anesth Analg* 1995; 80: 955-60.
 24. Albert RK, Leasa D, Sanderson M, Robertson HT, Hlastala MP. The prone position improves arterial oxygenation and reduces shunt in oleic-acid-induced acute lung injury. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135: 628-33.
 25. Pelosi P, Tubiolo D, Mascheroni D, et al. Effects of the Prone Position on Respiratory Mechanics and Gas Exchange during Acute Lung Injury. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157: 387-93.
 26. Galiatsou E, Kostanti E, Svarna E, et al. Prone Position Augments Recruitment and Prevents Alveolar Overinflation in Acute Lung Injury. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 174: 187-97.
 27. Albert RK, Hubmayr RD. The Prone Position Eliminates Compression of the Lungs by the Heart. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 1660-5.
 28. Malbouisson LM, Busch CJ, Puybasset L, et al. Role of the Heart in the Loss of Aeration Characterizing Lower Lobes in Acute Respiratory Distress Syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 2005-12.
 29. Nakos G, Tsangaris I, Kostanti E, et al. Effect of the Prone Position on Patients with Hydrostatic Pulmonary Edema Compared with Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome and Pulmonary Fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 360-8.
 30. Guerin C, Gaillard S, Lemasson S, et al. Effects of Systematic Prone Positioning in Hypoxemic Acute Respiratory Failure. *JAMA* 2004; 292: 2379-87.
 31. Taccone P, Pesenti A, Latini R, et al. Prone Positioning in Patients With Moderate and Severe Acute Respiratory Distress Syndrome. *JAMA* 2009; 302: 1977-84.
 32. 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.
 33. Messerole E, Peine P, Wittkopp S, Marini JJ, Albert RK. The Pragmatics of Prone Positioning. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 165: 1359-63.
 34. Vollman KM, Bander JJ. Improved oxygenation utilizing a prone positioner in patients with acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 1996; 22: 1105-11.
 35. Davis JW, Lemaster DM, Moore EC, et al. Prone Ventilation in Trauma or Surgical Patients With Acute Lung Injury and Adult Respiratory Distress Syndrome: is it Beneficial? *Trauma* 2007; 62: 1201-6.
 36. Jonson B, Richard J-C, Straus C, Mancebo J, Lemaire F, Brochard L. Pressure-Volume Curves and Compliance in Acute Lung Injury. Evidence of Recruitment Above the Lower Inflection Point. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 1172-8.
 37. Pappert D, Rossaint R, Slama K, Gruning T, Falke KJ. Influence of Positioning on Ventilation-Perfusion Relationships in Severe Adult Respiratory Distress Syndrome. *Chest* 1994; 106: 1511-6.
 38. Pelosi P, Brazzi L, Gattinoni L. Prone position in acute respiratory distress syndrome. *Eur Respir J* 2002; 20: 1017-28.
 39. 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.
 40. Romero CM, Cornejo RA, Gálvez LR, et al. Extended prone position ventilation in severe acute respiratory distress syndrome: A pilot feasibility study. *J Crit Care* 2009; 24: 81-8.
 41. Kress JP, Pohlman AS, O'Connor MF, Hall JB. Daily Interruption of Sedative Infusions in Critically Ill Patients Undergoing Mechanical Ventilation. *N Engl J Med* 2000; 342: 1471-7.
 42. Kimball WR, Loring SH, Basta SJ, De Troyer A, Mead J. Effects of paralysis with pancuronium on chest wall statics in awake humans. *J Appl Physiol* 1985; 58: 1638-45.
 43. Papazian L, Forel J-M, Gacouin A, et al. Neuromuscular Blockers in Early Acute Respiratory Distress Syndrome. *N Engl J Med* 2010; 363: 1107-16.
 44. Oczenski W, Hormann C, Keller C, et al. Recruitment maneuvers during prone positioning in patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2005; 33: 54-61.
 45. Jolliet P, Bulpa P, Ritz M, Ricou B, Lopez J, Chevrolet J-C. Additive beneficial effects of the prone position, nitric oxide, and almitrine bismesylate on gas exchange and oxygen transport in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 1997; 25: 786-94.
 46. van der Voort P, Zandstra D. Enteral feeding in the critically ill: comparison between the supine and prone positions: a prospective crossover study in mechanically ventilated patients. *Crit Care* 2001; 5: 216-20.
 47. Metheny NA, Clouse RE, Chang Y-H, Stewart BJ, Oliver DA, Kollef MH. Tracheobronchial aspiration of gastric contents in critically ill tube-fed patients: Frequency, outcomes, and risk factors. *Crit Care Med* 2006; 34: 1007-15.
 48. Metheny NA, Schallom L, Oliver DA, Clouse RE. Gastric Residual Volume and Aspiration in Critically Ill Patients Receiving Gastric Feedings. *Crit Care* 2008; 17: 512-9.
 49. Pelosi P, Croci M, Calappi E, et al. Prone Positioning Improves Pulmonary Function in Obese Patients During General Anesthesia. *Anesth Analg* 1996; 83: 578-83.
 50. Chatte G, Sab J, Dubois J, Sirodot M, Gaussorgues P, Robert D. Prone position in mechanically ventilated patients with severe acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155: 473-8.

Prone Ventilation and Acute Respiratory Distress Syndrome

Chun-Hsiang Yu, and Chiung-Zuei Chen

*Division of Pulmonary Medicine , Department of Medicine,
National Cheng Kung University Hospital Dou-Liou Branch, Yun-Lin, Taiwan*

Prone position of patients is adopted for surgical approach of the spine since 1949. Under the position, varieties of physical reactions are noted, especially over increasing oxygenation. Since 1974, prone ventilation has been performed over ventilated patients with acute respiratory distress syndrome for increasing oxygenation. From recent several evidence-based studies, prone ventilation could improve the oxygenation of those patients, but no satisfactory benefits are proved over clinical outcome. Besides, the patient could be hurt due to some complications of prone ventilation. Therefore, we collect reports to contribute clinical staff in understanding the physiological mechanism, indications, practice, and complications of prone ventilation. (J Intern Med Taiwan 2012; 23: 1-8)