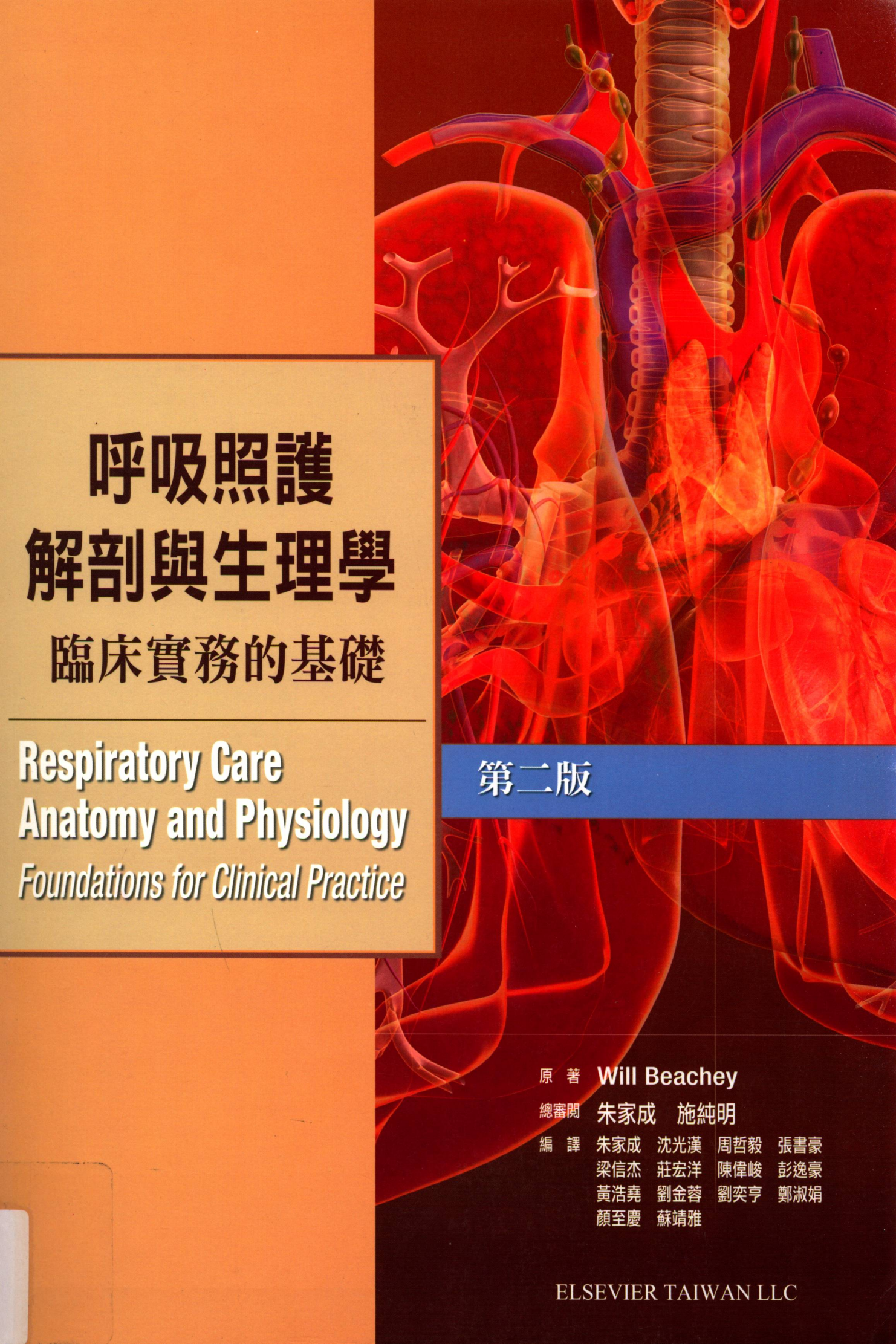




呼吸照護 解剖與生理學

臨床實務的基礎

**Respiratory Care
Anatomy and Physiology**
Foundations for Clinical Practice

第二版

原 著 Will Beachey

總審閱 朱家成 施純明

編 譯 朱家成 沈光漢 周哲毅 張書豪
梁信杰 莊宏洋 陳偉峻 彭逸豪
黃浩堯 劉金蓉 劉奕亨 鄭淑娟
顏至慶 蘇靖雅

ELSEVIER TAIWAN LLC

以這本內容生動且深度的心肺解剖與生理學
來準備您的臨床呼吸照護實務。

呼吸照護解剖與生理學 臨床實務的基礎



01458068

治療患有呼吸和心臟症狀的病人須對解剖學、心臟、肺臟及腎臟的應用生理學有清楚的理解—您將可以從這個專業的資源中精確獲得您所需要的知識。

在臨床背景中探索關鍵主題，例如：

- 由不同的治療、診斷及監測的程序構成生理學原則。
- 肺部、心血管與腎臟系統在氧合身體組織及酸鹼質平衡的調控間相互依存的作用。
- 臨床診斷資料的判讀，例如：肺功能測試、肺順應性與呼吸道阻力測量、動脈與混合靜脈血氣體、電解質、心電圖、以及血液動力與運動壓力測試。
- 呼吸器導致肺損傷及保護性通氣策略之生理學。
- 改善急性肺損傷充氧方法的生理學原理，例如：PEEP、CPAP、俯臥通氣、開放性肺通氣方法、高頻通氣，以及一氧化氮吸入。
- 心肌梗塞及急性左心衰竭的生理反應；相關的心肌酵素改變及最新藥物介入治療的原理。
- 氣喘的異常呼吸道生理學：免疫機制及藥物治療的生理學基礎。

發展您所選擇的專業而需要的知識與專業技術以：

- 學習每一章節的特點，例如：內容大綱、關鍵詞組清單、列點章節摘要、觀念問題與臨床焦點Boxes。
- 新增和改編的全彩插圖使重要的觀念更清楚。
- 新增的章節專門討論：充氧與肺部保護策略的生理學基礎、胎兒與新生兒心肺生理學、老人與心肺系統。

全面性、組織性佳、與臨床相關、最新的呼吸照護解剖與生理學第二版，是呼吸治療師及學生想要掌握好應用呼吸及心臟生理學的最佳選擇。

本書譯自原版

Respiratory Care Anatomy
and Physiology Foundations
for Clinical Practice, 2/e
並由Elsevier授權出版。



ISBN 978-986-6538-27-8



9 789866 538278

R322
20111

呼吸照護 解剖與生理學 臨床實務的基礎

Respiratory Care
Anatomy and Physiology
Foundations for Clinical Practice

第二版



原 著 Will Beachey

總審閱 朱家成 施純明

編 譯 朱家成 沈光漢 周哲毅 張書豪
梁信杰 莊宏洋 陳偉峻 彭逸豪
黃浩堯 劉金蓉 劉奕亨 鄭淑娟
顏至慶 蘇靖雅

ELSEVIER TAIWAN LLC

呼吸照解剖與生理學：臨床實務的基礎 (第二版)
／Will Beachey原著；朱家成等編譯. -- 初版. --
臺北市：台灣愛思唯爾，2009. 06
面；公分
含索引
譯自：Pespriatory care anatomy and physiology:
foundations for clinical practice, 2nd edition
ISBN 978-986-6538-27-8 (平裝)
1. 呼吸系統生理學 2. 心血管系統 3. 呼吸
398.4 97022160

呼吸照護解剖與生理學：臨床實務的基礎 (第二版)

原 著 Will Beachey
總審閱 朱家成・施純明
編 譯 朱家成・沈光漢・周哲毅・張書豪・梁信杰・莊宏洋
陳偉峻・彭逸豪・黃浩堯・劉金蓉・劉奕亨・鄭淑娟
顏至慶・蘇靖雅 (以上姓名依筆劃排序)
發行所 台灣愛思唯爾有限公司
地 址 台北市中山北路二段96號嘉新大樓後棟4樓N-412室
電 話 (02) 2522-5900
傳 真 (02) 2522-1885
總經銷 力大圖書有限公司
電 話 02-2733-2592
傳 真 02-2732-5743
網 址 www.leaderbook.com.tw
出版日期 西元2009年6月 初版一刷

本書任何部份之文字及圖片，如未獲得本公司之書面同意，不得用任何方式抄襲、節錄或翻印。

¥570 .



譯者介紹

總校閱

朱家成

中國醫藥大學呼吸治療學系講師
中國醫藥大學附設醫院呼吸治療科技術主任
中華民國呼吸治療師公會全國聯合會理事
世界呼吸照護聯盟執行委員會理事

施純明

中國醫藥大學呼吸治療學系副教授暨系主任
中國醫藥大學附設醫院胸腔暨重症系系主任
中國醫藥大學體系醫院副院長

編譯

(依姓氏筆畫排序)

朱家成

中國醫藥大學呼吸治療學系講師

沈光漢

台中榮民總醫院胸腔內科主治醫師

周哲毅

中國醫藥大學附設醫院腎臟科主治醫師

張書豪

中國醫藥大學附設醫院胸腔內科主治醫師

梁信杰

中國醫藥大學附設醫院胸腔內科主治醫師

莊宏洋

中國醫藥大學附設醫院胸腔內科總醫師

陳偉峻

中國醫藥大學附設醫院胸腔內科總醫師

彭逸豪

中國醫藥大學附設醫院呼吸治療科呼吸治療師
國立台灣大學生理研究所碩士

黃浩堯

中國醫藥大學附設醫院胸腔內科總醫師

劉金蓉

中國醫藥大學呼吸治療學系講師
中國醫藥大學附設醫院呼吸治療科總技師
台灣呼吸治療學會理事

劉奕亨

中國醫藥大學附設醫院胸腔內科主治醫師

鄭淑娟

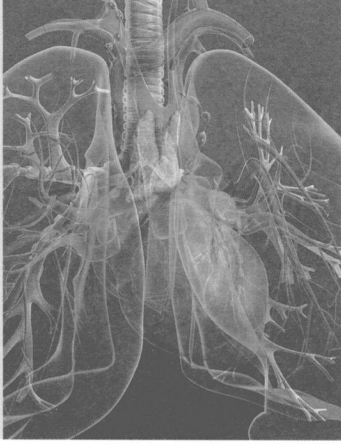
台北榮民總醫院呼吸治療科呼吸治療師
前中華民國呼吸照護學會第七屆副秘書長
中國醫藥大學呼吸治療學系外聘講師

顏至慶

中國醫藥大學附設醫院胸腔內科主治醫師
中國醫藥大學呼吸治療學系助理教授

蘇靖雅

前台北榮民總醫院呼吸治療科呼吸治療師
前中華民國呼吸照護學會第七屆秘書長



感謝 Contributors

Elizabeth A. Hughes, MEd, RRT, CPFT, AE-C

Assistant Professor

Respiratory Therapy Program

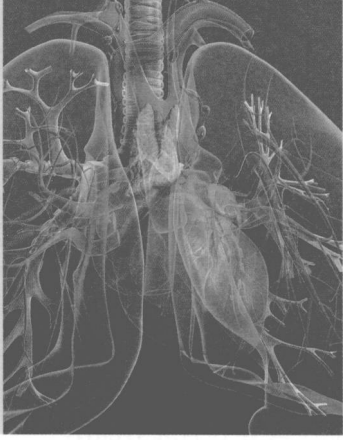
St. Alexius Medical Center and the University of Mary
Bismarck, North Dakota

Christine K. Sperle, BS, RRT, AE-C

Director of Clinical Education

Respiratory Therapy Program

St. Alexius Medical Center and the University of Mary
Bismarck, North Dakota



審閱者 Reviewers

Jeff Anderson, MA, RRT

Director of Clinical Education
Boise State University
Boise, Idaho

Marie A. Fenske, EdD, RRT

Respiratory Care Faculty
Director of Clinical Education
Gateway Community College
Phoenix, Arizona

Christine A. Hamilton, MA, RRT

Program Director
Respiratory Care Department
Nebraska Methodist College
Omaha, Nebraska

Bruce A. Ott, EdD, RRT, RCP

Program Director
Advanced Practitioner Respiratory Therapy Program
Athens Technical College
Athens, Georgia



前言

Preface

經過廣泛地更新和改版，此書第二版希望能提供呼吸治療學系學生、臨床治療師、重症領域護理人員和醫學生在生理的基礎上去印證臨床的作為。如同第一版，第二版改寫的前提是使臨床人員具有很深的生理學認知，因此可以在临床上對照出不正常的生理功能，然後才能施予正確的治療技術與方法。此本書適用於管理和協調呼吸照護計畫及執行計畫的專業人士，其主要目的是在有清楚的生理機制下來加強各項治療、診斷和監測步驟。理解這些機制是臨床人員去設計一個合理的照護計畫所必需的。

本書介紹肺部、心臟血管和腎臟系統的基本解剖學，但是主要著眼於生理過程的深入解釋。主題內容是配合臨床情境，不只是讓它更貼切臨床人員所需，也是要幫助學生身處其境地去思考。

本版新增的部分

此版本新增的部分為擴大主題範圍和深度來提供讀者更廣泛的知識基礎。新增兩個章節及許多新增或改寫的臨床焦點 (Clinical Focus boxes) 及概念問題 (Concept Questions)。有些原始章節被分開成獨立章節，以利各自表述該章節的意涵。另外也有很多的全彩圖片加入其中。

新的章節

新的章節第十四章，氧合作用與肺部保護策略的生理學基礎，希望清楚認知在急性呼吸窘迫症候群 (ARDS) 之各種氧合和肺保護策略的生理機制，在此解釋各種有利影響造成急性呼吸窘迫症候群的生理異常之各種治療技術。討論的範圍包括在急性呼吸窘迫症候群的肺損傷和多重器官衰竭症候群 (Multisystem Organ Dysfunction Syndrome, MODS) 機制、呼吸器引起的肺損傷 (過度擴張、肺塌陷及生

物性創傷)、俯臥姿勢和可容許性高碳酸血策略、一氧化氮吸入治療、高頻通氣、液體通氣及使用容積目標式或壓力目標式機械通氣策略的優缺點。

第十五章，胎兒和新生兒的心肺生理學，也是新的單元和特別強調胎兒、生產期和新生兒的肺和心血管生理學。在此討論正常和不正常的發育。這章節已經加入心臟和肺臟成形的過程，用以幫助讀者可以清楚知道這些器官演化和成長的複雜性。

新增和更新的資料

很多新增或更新的資料已經加入在本書各章節內。

第一章

- 更新人體氣道濕化機制。
- 使用機械通氣在濕氣治療的臨床新焦點。
- 上呼吸道解剖和阻塞性呼吸停止之臨床新焦點。
- 更新氣喘免疫機制內容。
- 更新氣喘藥物療法的理論。
- 更新解釋氣喘為一種慢性發炎性疾病。

第二章

- 增加自律神經系統功能的單元。
- 更新氣喘治療臨床焦點的討論結果。
- 討論吐氣一氧化氮和氣喘嚴重度的關係。

第三章

- 主要更新肺通氣機制、遲滯和相關的靜態壓力-容積波形。
- 涵蓋機械通氣時呼吸道阻力和肺彈性係數公式。
- 討論運動的方程式及與肺通氣的相關性。
- 更新有關自發性吐氣正壓現象及呼吸功的計算。
- 新臨床焦點強調在嚴重氣道阻塞的氮氧治療。

第五章

- 新臨床焦點強調利用全球慢性阻塞性肺疾病創議組織 (GOLD) 的標準來為慢性阻塞性肺疾病的嚴重度分類。

第六章

- 增加在急性呼吸窘迫症候群 (ARDS) 吸入血管擴張劑的單元。
- 增加肺血管流區域圖片的美編。

第八章

- 簡要討論血紅素對氧氣的親合力。
- 增加使用輸血來改善組織血氧供應的單元。
- 包括 CRIT 研究 (貧血和輸血在重症病患—目前美國的臨床實作) 的發現和建議。

第十一章

- 澄清和更新有關慢性阻塞性肺疾病的病人其周邊化學感受器對缺氧的反應，及氧氣造成二氧化碳累積的可能機制之內容。
- 新臨床焦點強調密閉式頭部損傷病人使用過度通氣治療的優缺點。

第十三章

- 包括討論 Stewart’s 強離子來評估酸鹼平衡，主要用以對照臨床長久使用的 Henderson-Hasselbalch 方法。

第十六章

- 更新有關於心臟肌肉收縮的機制，包括 troponin 酵素的角色及長度依賴收縮力的機制 (Frank-Starling 機制)。
- 新臨床焦點討論使用心臟酵素來診斷急性心肌梗塞。

第十九章

- 新臨床焦點為主動脈內氣球幫浦。
- 新臨床焦點為使用 B-type natriuretic peptide 來治療充血性心臟衰竭。

21 章中討論。新資料顯示老年族群對健康照護的需求。討論腎臟生理學被分為兩章：尿液形成和體液控制 (第 22 章) 和腎臟酸鹼與電解質的調控 (第 23 章)。

學習提升

每章從內容概要、學習目標和一個關鍵名詞的目錄開始，以項目條列記憶重點來結尾。全書以粗體字來標示醫學名詞並立即加以定義，而非另外編輯辭彙表。開放性觀念問題在全書隨處可見，其目的在幫助學生能反應他們所學習到、增強批判性思考及討論。臨床焦點置於各臨床情境的主題內容中，用以幫助學生以臨床人員的思考模式來結合實作理論。附錄包含輔助表格和名詞及符號定義。一些衍生更複雜的公式放於附錄三。

為適應不同層次和個別讀者的需求，提供了詳細的多層次表列目錄。學生、老師及其他讀者可以利用此多層次表列目錄而容易地找到有興趣的章節。而索引提供更詳細且專一性的資料。

Evolve 學習資源

Evolve 是一個交互式學習的環境中設計來配合呼吸照護解剖與生理學：臨床實務基礎，第二版。老師可以利用 Evolve 來提供網路版的課程，以加強及延伸課堂觀念的闡述。Evolve 亦可當作課堂教學大綱、概要及授課重點提示；設立虛擬的學生訪談時間 (virtual office hours) 及電子信件溝通；在學期中透過線上課程日曆來分享更多的時間及資料；並鼓勵學生多利用談話室和討論版來參與。Evolve 讓老師將考試上網並線上管理評分等級書目 (<http://evolve.elsevier.com/Beachey/respiratoryAP/>)。如需進一步資訊，請洽 Elsevier 出版社的銷售代表。

對於此第二版，Evolve 網址提供老師網路版電子資源，其包括老師手冊 (內含觀念問題的解答及建議教學活動)、考試題庫 (包括多選題、是非題和狀況題)、解答 (有提示課本內容頁碼) 及 PowerPoint 圖片 (各章節隨附)。

運動測試和對心肺系統老化的影響於第 20 章及



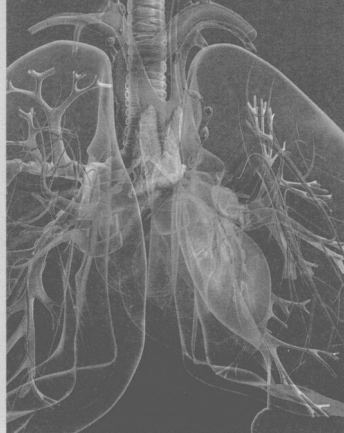
致謝辭

Acknowledgments

謝謝我天賦異稟的教學同事，Elizabeth A. Hughes, MEd, RRT 和 Christine K. Sperle, BS, RRT，她們貢獻了第十五章，胎兒及新生兒心肺生理學。我深切感謝 Thomas R. Smalling, PhD, RRT, FAARC 將此書設計並編製成網路版。最後，我萬分感謝 Elsevier

出版社的編輯群；管理編輯 Mindy Hutchinson，設計編輯 Melissa Boyle 和 Alaina Webster 能極端耐心地將第二版製作出來，他們的了解及無價的協助遠超過我所能預期一個編輯群所能做的。

Will Beachey, PhD, RRT



總校閱序

在 96 年 8 月份接到 Elsevier 出版社編輯來校洽談，希望將其新出第二版的 Respiratory Care Anatomy and Physiology: Foundations for Clinical Practice 翻譯成中文，以利醫療相關人員能很快地閱讀。當時基於此本書已被考試院列入呼吸治療師高等考試的參考書之一，故在徵得施純明副院長的同意幫忙下，毫不猶豫地接下編譯的重責大任，並迅速地將各章節分發給相關人員翻譯。沒想到接踵而來的醫院評鑑日期不定及醫師們應付胸腔專科考試，而使翻譯工作延宕下來。在蔡玲滿小姐的幫忙催促下總算總算完稿，也感謝施純明副院長的指導，讓本書更臻完善。此書的出版，不只當做學校呼吸治療（照護）學系學生心肺解剖生理學的教科書，也適合其他修習此一學門的相關科系學生或臨床人員閱讀，因為原作者為適應不同層次和個別讀者的需求，提供了詳細的多層次表列目錄。學生、老師及相關讀者可以利用此多層次表列目錄而容易地找到有興趣的章節。而 Elsevier 出版社亦提供

有網路助讀資源 ([http:// evolve.elsevier.com/Beachey/respiratoryAP/](http://evolve.elsevier.com/Beachey/respiratoryAP/))，讓老師和學生的互動更加容易。

最後還是要感謝擔任各章節翻譯的編譯群，在百忙中幫忙翻譯，使心肺解剖生理學讓學生可以更容易瞭解。更要感謝 Elsevier 出版社的容忍，使得延誤的工作總算完成。由於本書由多人協同翻譯，名詞未統一之疏漏處在所難免，尚請各方先進不吝指教與支持。

總校閱 朱家成

中國醫藥大學呼吸治療學系講師

中國醫藥大學附設醫院呼吸治療科技術主任

中華民國呼吸照護學會第四、五、七屆理事長

台灣呼吸治療學會第八屆理事長

世界呼吸照護聯盟執行委員會理事

2009 年 5 月 30 日



目錄

Contents

第一部份 呼吸系統

1 氣道和肺泡 2

氣道 3

上氣道 3

鼻 3

咽 5

喉 7

下氣道 10

氣管和主支氣管 10

傳導性氣道解剖結構 11

氣道阻力的位置 15

傳導性氣道組織結構 15

其他上皮細胞 16

黏液纖毛清除機制 16

氣道中的無上皮細胞 18

上皮氣通道的調節和分泌物的黏性 19

上皮衍生鬆弛因子 19

氣道分泌的抗蛋白酶 20

肺泡 21

肺泡微血管膜 21

第二型細胞和表面張力素的分泌 21

肺泡巨噬細胞和肺泡清除機制 21

記憶重點 23

2 肺臟和胸廓 24

肺臟 25

肋膜 25

肺臟的血液供應 27

肺臟的淋巴系統 27

肺臟的神經控制和胸廓的肌肉組織 28

體神經支配 28

自律系統的神經支配 28

傳出的(運動)反應 30

傳入的(感覺)反應 35

胸腔解剖構造 36

胸廓 36

肋骨移動 38

通氣肌 38

橫膈 39

肋間肌 40

斜方肌 40

胸鎖乳突肌 40

胸大肌 40

腹部肌群 40

記憶重點 41

3 通氣的機械原理 43

靜態肺及胸壁之機械原理 44

肺及胸廓之彈性回復 44

通氣時之壓力梯度 45

胸廓中肋骨架構及橫膈—腹之部份 47

靜態肺容積和容量 48

肺容積的測量—肺量測定 48

最大靜態吸氣及吐氣壓力 51

靜態壓力—容積關係 51

虎克定律及彈性回復 51

靜態壓力—容積曲線 51

肺容積變化的磁滯現象及機轉 51

肺的擴張性：靜態順應性 54

順應性及肺容積 54

表面張力與肺表面張力素 55

肺表面張力素的特性及組成 57

肺表面張力素的生理重要性 58

肺及胸壁之交互作用 59

肺、胸廓的總和順應性 59

鬆弛狀態下壓力—容積曲線 60

鬆弛狀態下壓力—容積曲線及疾病 61

肺及胸廓的動態力學 63

摩擦(非彈性)阻力 63

氣流的阻力 63

氣道阻力 63

氣道內氣流分佈 64

層流 64

Poiseuille 定律和氣道阻力 65

亂流 65

氣管支氣管或過渡氣流 65

肺部的氣流型態及 R_{aw} 的分佈 65

動態順應性 66

動態壓力－容積曲線 66

尖峰及高原呼吸道壓力 67

機械通氣時 C_{LT} 及 R_{aw} 之計算 67

肺擴張壓力和運動方程式 68

吐氣的機械力學及往頭方向氣流的變異 69

吐氣氣流的限制 69

用力依存性與非用力依存性的吐氣流速 70

等容積壓力－氣流曲線 71

通氣的時間常數 72

順應性的影響 73

呼吸道阻力 (R_{aw}) 的影響 73

順應性的頻率依存性 73

C_L 和 R_{aw} 對通氣的影響 73

吸入空氣的分佈 73

空氣殘留和自發性吐氣末期陽壓 73

區域肋膜壓力梯度和氣體分佈 74

順應性與阻力對正壓呼吸壓力梯度的影響 75

順應性和阻力對呼吸功與呼吸型態的影響 76

呼吸功 76

通氣型態和呼吸功 77

肌肉虛弱無力和疲乏 77

呼吸的能量消耗 78

記憶重點 78

4 通氣 80

呼吸氣體分壓 80

換氣量的分類 82

每分鐘或總換氣量 82

死腔換氣量 82

解剖學的死腔 82

$V_{D_{anat}}$ 的氣體組成 83

測量 $V_{D_{anat}}$ 83

肺泡與生理性死腔 84

肺泡換氣量 85

過度換氣和換氣不足 85

$\dot{V}_A$ 和 $P_A\text{CO}_2$ 85

PCO_2 公式 86

死腔與 V_T 的比值 87

呼吸型態、死腔及 $\dot{V}_A$ 90

記憶重點 91

5 肺功能測量 92

靜態肺容積 93

測量的理論基礎 94

氮氣稀釋方法 94

氮氣洗出法 95

人體體箱計法 95

FRC 和 RV 改變的重要性 96

動態肺力學測量 99

容積－時間測量 99

用力肺活量 99

用力吐氣容積 99

用力吐氣氣流：FEF25%-75% 和 PEF 100

流速－容積測量 101

最大自發通氣 103

最大持續通氣 104

小氣道疾病的測試 104

頻率依賴順應性 104

關閉容積 104

低密度氣體肺量計 (氮氣－氧氣氣流－容積曲線) 105

記憶重點 106

6 肺部血流 108

肺部血管 109

支氣管血管 110

肺部和身體的壓力 110

肺部血壓和血流的臨床測量 110

肺部血壓的測量 110

測量肺部血流和心輸出量 114

肺血管阻力 114

計算 PVR 114

PVR 的分佈 114

影響 PVR 的因子 115

被動因子 115

肺容量：對肺泡和肺泡外血管的作用 115

血管壓力：充血和膨脹 115

血容量 116

主動因子 116

神經刺激 116

體液因子和一氧化氮 116

化學因子 118

HPV 的生理功能 118

 HPV 的機制 118

 失去 HPV 119

 吸入性血管擴張劑於急性呼吸窘迫症候群 119

肺部血流的分佈 120

 重力和壓力的影響：血流區域 120

 第一區血流 121

 第二區血流 121

 第三區血流 121

 影響區域血流的因子 121

 通氣和血流的正常配對 122

 正常肺部死腔和分流的影响 122

穿過肺泡微血管膜的液體移動 122

 微血管流體動力學 122

 肺水腫 124

 靜水壓增加 124

 微血管通透性增加 124

 血漿滲透壓下降 124

 淋巴系統不足 124

記憶重點 125

7 氣體擴散 127

 什麼是擴散？ 127

 呼吸氣體的擴散梯度 128

 肺泡空氣的方程式 128

 控制擴散的定律 130

 氣體的物理特性與擴散 131

 氧氣擴散的限制 132

 氣體分壓梯度及微血管血流傳送所需時間 132

 對氣體達平衡之影響 132

 灌流與擴散對氧氣傳遞的限制 133

 擴散路徑長度 134

 擴散表面積 135

 測量擴散能力 136

 基本原理 136

 正常值 136

 影響測量一氧化碳肺瀰漫數值的因子 136

 體型 136

 年齡 137

 肺容積 137

 運動 137

 體位 137

 肺泡的氧氣與二氧化碳分壓 137

 肺泡的一氧化碳分壓 138

血紅素濃度 138

肺部疾病 138

臨床上一氧化碳肺瀰漫指數的應用 138

記憶重點 139

8 氧氣的平衡和輸送 140

 血液如何攜帶氧氣？ 141

 氧氣溶解在血漿中 141

 氧氣與血紅素結合 141

 血紅素分子 142

 血紅素與氧氣結合 143

 血紅素飽和與氧氣分壓 143

 血紅素攜帶氧氣的能力 144

 血紅素 - 氧氣平衡曲線 144

 血紅素 - 氧氣平衡曲線形狀的生理優點 145

 氧氣對血紅素的親合力 147

 血紅素 - 氧氣平衡曲線的偏移 147

 PCO₂、pH 值、溫度和 2,3-DPG 對血紅素氧氣親合力的影響 148

 血紅素對氧氣親合力改變的臨床症狀 150

 計算氧氣含量與組織間氧氣釋放比例 150

 氧氣傳遞入組織 151

 影響氧氣傳遞與組織氧合的因子 151

 正常的氧氣傳送速度 151

 氧氣遞送量和耗氧量之比較 152

 心輸出量與混合靜脈血含氧量 152

 氧氣傳遞的關鍵閾值 152

 輸血改善氧氣輸送 153

 發紺 153

 血紅素異常 154

 一氧化碳血紅素 154

 變異血紅素 155

 胎兒血紅素 155

 甲基血紅素 155

 鐮刀狀紅血球血紅素 155

 記憶重點 155

9 二氧化碳平衡及運送 157

 二氧化碳、碳酸及氫離子平衡 157

 二氧化碳水解反應 157

 水解反應：化學平衡 158

 溶解的二氧化碳與碳酸濃度的關係 158

 通氣在調節二氧化碳分壓與揮發酸之間所扮演的角色 159

- 血液如何攜帶二氧化碳 160
 - 溶解的二氧化碳 161
 - 碳酸氫根 161
 - 氣的轉移 162
 - 碳醯胺基化合物 163
 - 血漿中碳醯胺基化合物 163
 - 紅血球的碳醯胺基化合物：碳醯胺基血紅素 163
 - 二氧化碳運送機轉之相關因子 163
 - 氧氣與二氧化碳運送之互補關係：Bohr 和 Haldane 效應 164
- 記憶重點 164
- 10 酸鹼調節 167
 - 基本概念 167
 - 調節氫離子的重要 167
 - 酸鹼的定義 167
 - 酸鹼強弱：平衡常數 167
 - 測量 $[H^+]$ ：pH 的概念 168
 - 體液氫離子調節的概要 169
 - 身體緩衝液系統 169
 - 緩衝液的功能 169
 - 碳酸氫鹽及非碳酸氫鹽的緩衝系統 170
 - 緩衝液系統的 pH 及 Henderson-Hasselbalch 方程式 170
 - Henderson-Hasselbalch 方程式 171
 - Henderson-Hasselbalch 方程式的臨床運用 172
 - 緩衝液的強弱 172
 - 碳酸氫鹽緩衝液的生理重要性 173
 - 碳酸氫鹽和非碳酸氫鹽緩衝液系統的生理角色 174
 - 碳酸氫鹽緩衝系統 174
 - 非碳酸氫鹽緩衝系統 174
 - 酸的排出 175
 - 肺 175
 - 腎臟（腎臟系統） 176
 - 酸鹼障礙 176
 - 正常的酸鹼平衡 176
 - 主要呼吸障礙 176
 - 主要代謝（非呼吸）障礙 176
 - 代償：pH 恢復至正常 177
 - 二氧化碳水解對 $[HCO_3^-]$ 的影響 178
 - 記憶重點 179
- 11 換氣的控制 181
 - 延髓呼吸中樞 181
 - 背側呼吸群 182
 - 腹側呼吸群 182
 - 呼吸節律生成 182
 - 吸氣斜坡訊號 183
 - 橋腦中樞 183
 - 長吸和呼吸調節中樞 183
 - 呼吸的反射中樞控制 184
 - 赫鮑二氏充氣反射 184
 - Hering-Breuer 抽氣反射 184
 - 頭部不同步反射 184
 - 刺激接受器 184
 - J- 接受器 184
 - 週邊本體接受器 184
 - 肌梭 185
 - 換氣的化學控制 185
 - 中樞（延髓）化學接受器 186
 - 在主要控制換氣上，氧氣不是重要角色 187
 - 週邊化學接受器 187
 - 對動脈血氧下降的反應 187
 - 對增加動脈 PCO_2 和氫離子的反應 188
 - 慢性高碳酸血症的呼吸控制 188
 - 氧氣誘發高碳酸血症 189
 - 在慢性高碳酸血症病人，延髓對急性二氧化碳升高的反應 190
 - 運動時的呼吸反應 191
 - 不正常的呼吸型態 192
 - 二氧化碳與腦部血流 193
 - 記憶重點 193
- 12 通氣－灌流間關係與動脈血液氣體 195
 - 整體肺泡通氣量／微血管血流速率（ $\dot{V}_A/\dot{Q}_C$ ）的比率 195
 - $\dot{V}_A/\dot{Q}_C$ 比率視為肺泡氧分壓的決定因素 196
 - 肺泡氧氣－二氧化碳曲線 196
 - 呼吸空氣時 P_ACO_2 與 P_AO_2 之相反關係 198
 - 正常肺臟中 $\dot{V}_A/\dot{Q}_C$ 之分佈 198
 - $\dot{V}_A/\dot{Q}_C$ 不平衡對氣體交換的影響 198
 - 正常之氣體交換 198
 - 正常肺泡－動脈之間的氧氣分壓差距 199

為何 $F_I O_2$ 升高時 $P(A-a)O_2$ 也跟著升高	200
不正常之氣體交換 201	
通氣不足 201	
絕對分流 201	
換氣－灌流不協調 204	
$\dot{V}_A/\dot{Q}_C$ 不平衡對二氧化碳與氧氣氣體交換的不同影響 205	
高 $\dot{V}_A/\dot{Q}_C$ 比率對動脈 PO_2 與 PCO_2 之影響 207	
因增加肺換氣造成的死腔 207	
因減少肺血流造成的死腔 207	
高 $\dot{V}_A/\dot{Q}_C$ 比率對 $PaCO_2$ 與 PaO_2 之影響 207	
對死腔與分流的生理性代償反應 208	
臨床上測量分流的方法 208	
分流的指標 208	
$P(A-a)O_2$ 208	
PaO_2/P_AO_2 209	
$PaO_2/F_I O_2$ 209	
$P(A-a)O_2$ 、 PaO_2/P_AO_2 與 $PaO_2/F_I O_2$ 的比較 209	
分流的公式 210	
臨床意義 211	
記憶重點 213	
13 酸鹼與氧合狀態的臨床評估分類與判讀 214	
酸鹼不平衡的分類 215	
系統性分類法 215	
第一步：將 pH 值加以分類 215	
第二步：分析是否有呼吸因素 ($PaCO_2$) 參與其中 215	
第三步：分析是否有非呼吸 (代謝) 因素 $[HCO_3^-]$ 參與其中 215	
第四步：評估是否有代償作用 216	
呼吸性酸中毒 (換氣衰竭) 216	
成因 217	
代償作用 217	
臨床表徵 217	
矯正方法 218	
呼吸性鹼中毒 (肺泡換氣過度) 219	
成因 219	
臨床表徵 219	
代償作用 219	
矯正方法 220	
加諸於已代償呼吸性酸中毒的肺泡過度換氣 220	
代謝性 (非呼吸性) 酸中毒 221	
成因 221	
陰離子間隙 221	
代償作用 222	
臨床表徵 222	
矯正方法 223	
代謝性 (非呼吸性) 鹼中毒 223	
成因 223	
代償作用 225	
症狀 225	
矯正方法 225	
代謝性酸鹼不平衡的指標 226	
標準碳酸鹽 226	
鹼超量 226	
預期的 pH 關係 227	
合併型酸鹼不平衡 227	
Stewart 強離子方法 227	
影響 $[H^+]$ 的獨立參數： $[SID]$ 、 $[A_{TOT}]$ 和 $[CO_2]$ 227	
代謝性酸鹼平衡的決定因素： $[SID]$ 與 $[A_{TOT}]$ 228	
強離子方法的臨床實用性 228	
缺氧的評估與治療 228	
組織缺氧的分類 229	
低氧性缺氧 (P_AO_2 下降) 229	
貧血性缺氧 (血紅素濃度下降) 229	
血液遲滯性缺氧 (血流量降低) 230	
組織毒性缺氧 (氧化代謝作用受阻) 230	
氣體擴散障礙 230	
缺氧的生理效應 230	
臨床徵候與症狀 230	
正常與異常的氧合數值 230	
正常的 PaO_2 數值 230	
在高海拔時正常的 PaO_2 231	
動脈低血氧的嚴重度 231	
評估肺臟氧合障礙 231	
$F_I O_2$ 與 PaO_2 之間的關係 231	
氧氣輸送效率的指標 232	
評估源於心臟血管的氧合障礙 232	
氧氣輸送至組織 232	
心輸出量對於 PaO_2 的影響 233	
記憶重點 233	

14 氧合作用與肺部保護策略的生理學基礎 236

低血氧症與嚴重分流的治療 237

氧氣治療 237

過高的 $F_{I}O_2$ 237

體位姿勢 238

治療急性肺損傷中的分流 238

吐氣末正壓 239

作用原理 239

持續性氣道正壓 239

PEEP 與 CPAP 設備 240

PEEP 與 CPAP 的適應症 241

呼吸器造成的肺損傷：基本概念與損傷的機轉 242

保護性通氣策略的生理學理論基礎 244

其他治療嚴重氧合障礙的技術 247

比例反轉式通氣 248

吸入性一氧化氮 248

高頻震盪通氣 249

液態通氣 249

記憶重點 249

15 胎兒與新生兒心肺生理學呼吸系統的發育 252

胚胎期 252

偽腺體期 253

小管期 253

囊狀期 254

肺泡期 254

影響胎兒發育的因素 255

胎兒肺臟液體 255

母體與胎兒間的氣體交換 255

胎兒血紅素 257

羊水 257

出生後解剖學上的變化 257

胎兒／新生兒之心臟發育與生理學 258

胎兒之血液循環 260

轉換至子宮外的生命 260

呼吸系統的轉換 260

循環系統的轉換 262

先天性心臟缺損 266

非發紺性缺陷 266

心房中隔缺損 266

心室中隔缺損 266

開放性動脈導管 267

發紺性缺陷 267

法洛氏四畸形 267

大動脈轉位 267

無名動脈回流 268

三尖瓣閉鎖 269

動脈幹 269

阻塞性先天異常 269

主動脈管腔狹窄 269

主動脈狹窄 269

左心發育不全症候群 270

記憶重點 271

第二部份 心血管系統

16 心血管系統的功能解剖學 274

心臟 275

大體解剖 275

外在特點 275

心包膜 277

心壁 277

心臟腔室和瓣膜 278

心臟骨架和瓣膜功能 279

冠狀動脈循環 281

冠狀動脈 281

冠狀靜脈 282

氧氣需求和冠狀血流 282

舒張時間和冠狀血流 282

心臟傳導系統 282

神經分佈 284

心肌特性 284

肌肉收縮一般機制 284

收縮刺激聯結 285

心肌 287

弗蘭克·斯塔林機制：肌節長度依賴活動作用 287

心動週期 288

心室填充（前負壓） 288

心室排空 288

心室放鬆 290

心臟幫浦活動的調節 290

弗蘭克·斯塔林機制 290

交感神經和副交感神經的刺激 290

心率的影響 291

血管系統 291

對於灌注壓力的力量 291