

臨床化學

原理、步驟與關聯性

Clinical Chemistry

Principles, Procedures, Correlations

4th edition

原著

Michael L. Bishop

Janet L. Duben-Engelkirk

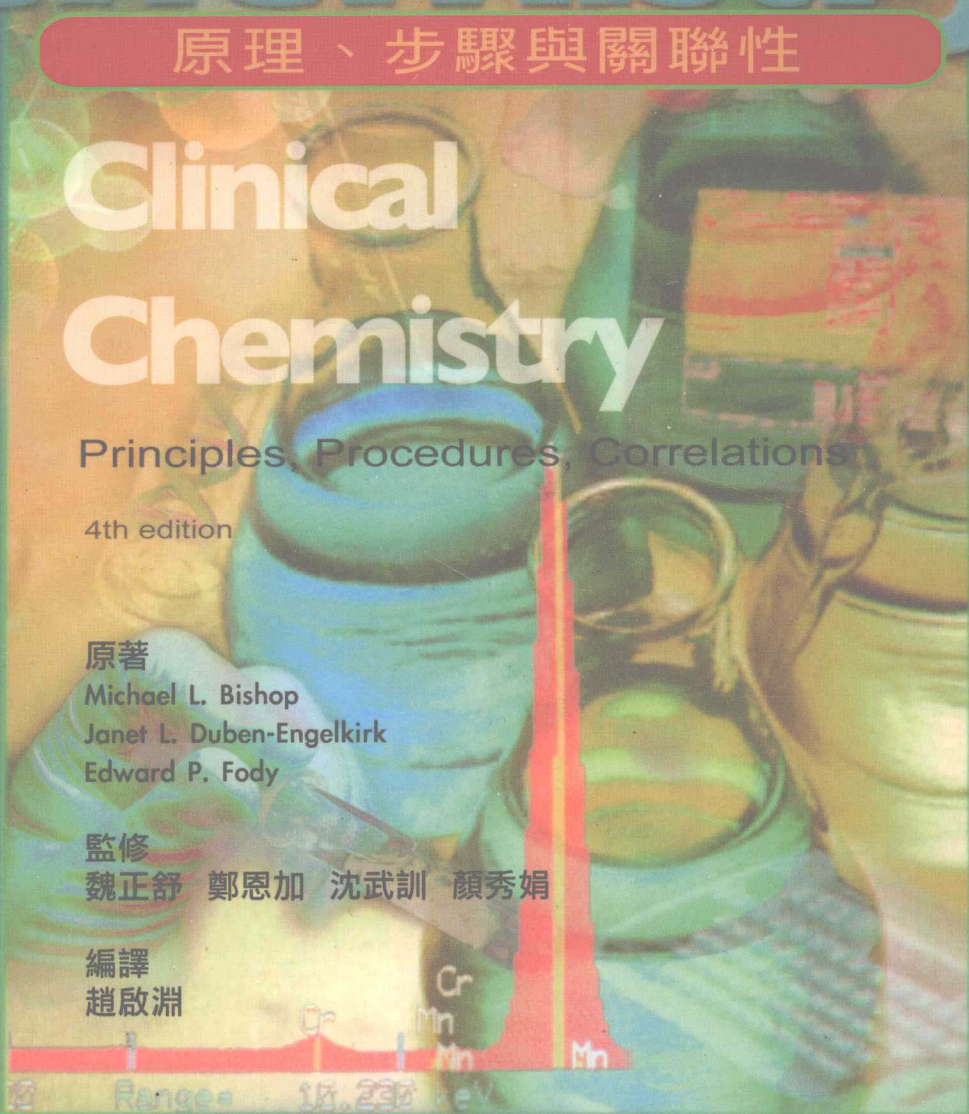
Edward P. Fody

監修

魏正舒 鄭恩加 沈武訓 顏秀娟

編譯

趙啟淵



Lippincott Williams & Wilkins

合記圖書出版社 發行

臨床化學

原理、步驟與關聯性

Clinical Chemistry

Principles, Procedures, Correlations

4th edition

原著

Michael L. Bishop

Janet L. Duben-Engelkirk

Edward P. Fody

監修

魏正舒 鄭恩加 沈武訓 顏秀娟

編譯

趙啟淵



Lippincott Williams & Wilkins
合記圖書出版社 發行

臨床化學：原理、步驟與關聯性 / Michael L. Bishop,
Janet L. Duben-Engelkirk, Edward P. Fody 原著；
魏正舒編譯。－初版。－臺北市：合記，2003【民 92】
面；公分
含參考書目及索引
譯自：Clinical chemistry : principle, procedures, correlations,
4th ed.
ISBN 986-126-017-x (平裝)

1. 生化學

399

92014587

書名 臨床化學：原理、步驟與關聯性
原著 Michael L. Bishop Janet L. Duben-Engelkirk Edward P. Fody
監修 魏正舒 鄭恩加 沈武訓 顏秀娟
編譯 趙啟淵
執行編輯 黎琬琦
發行人 吳富章
發行所 合記圖書出版社
登記證 局版臺業字第 0698 號
社址 台北市內湖區(114)安康路 322-2 號
電話 (02)27940168
傳真 (02)27924702

總經銷 合記書局
北醫店 臺北市信義區(110)吳興街 249 號
電話 (02)27239404
臺大店 臺北市中正區(100)羅斯福路四段 12 巷 7 號
電話 (02)23651544 (02)23671444
榮總店 臺北市北投區(112)石牌路二段 120 號
電話 (02)28265375
臺中店 臺中市北區(404)育德路 24 號
電話 (04)22030795 (04)22032317
高雄店 高雄市三民區(807)北平一街 1 號
電話 (07)3226177

郵政劃撥 帳號 19197512 戶名 合記書局有限公司

西元 2003 年 9 月 10 日 初版一刷

序

(Foreword)

似乎在不久前，我才為這本書的第三版寫過序。回想從那時至現在，我發現我的文字處理機已經換了兩次，且我們的實驗室亦變更所有的分析系統，安裝新的檢體傳送系統，現在正準備變更新的資訊系統。從第三版後有了許多的改變，對這本書的作者與出版者必須予以讚揚的是他們致力於將本書的教材內容跟上現行實驗學上的變化。

許多新的試驗、方法和測量系統陸續上市，而整個健康照護市場變得愈來愈具競爭性，實驗試驗變得更易操作，但試驗的過程通常需複雜的技術，而此技術愈來愈難了解，新的試驗因為新的研究發現與新的測量方法而發展出來，但這通常需要複雜的技術。所以現在需要不斷的增加知識來了解現今的臨床實驗科學。

實驗試驗的快速改變與發展，使得我們要去獲得相對的知識變得日趨困難，這項工作在過去是令人沮喪且時常被實驗室專業人員所垢病。幸運地是這本書的作者與出版者願意接下這個似乎不可能的任務，來提升與支持此一專業，我誠摯的感謝他們！

第4版的臨床化學：原理、步驟與關聯仍本著主要目標，即對臨床實驗科學的學生提供正式的教材，並培養未來在這個領域的專業人員，它藉由指出學習目標，重點於重要觀念與想法，並將理論應用在個案研究上，它包含實驗試驗的基礎，並涵蓋臨床化學試驗的許多特殊領域，你可以將這本書帶入課堂、實驗室、辦公室或帶回家研讀！

與一些作者有過工作接觸，我知道他們在實驗室與課堂上均有高標準。他們的背景可以在學術與臨床上提供最佳的平衡，我們和學生可以確信我們所獲得的知識是經過臨床經驗小心修正過後的基礎知識，他們提供了篩子的功能，真正的篩除小麥內的穀殼，而給學生和我們提供最真實的食糧。

對於許多想用此書的學生，我可以提供一些從我的良師益友 Hagar the Horrible 的建議。他的年輕維京兒子正開始從事進入真實世界的航程。Hagar 的兒子問他“我如何變成最頂尖的人？”Hagar 的建議為“你必須由最底層做起並憑自己努力前進！”在仔細思考一段時間後，他的兒子問“我如何到最底層？”Hagar 回答說“你必須認識一些人！”做為臨床實驗科學的學生，你必須研讀與留心此書所提的建議，但你亦必須與你的良師益友們互相研究。本書的作者、你課堂上的指導老師和實驗室的老師均是你執業生涯開始的關鍵人物。你必須去找他們學習與經驗上的優點。他們是知道此門藝術、擁有此領域現今知識的專家且他們會致力於幫助你的學習。

James O. Westgard, Ph D.

Professor, Pathology and Laboratory Medicine
University of Wisconsin
Madison, Wisconsin

前言

(Preface)

臨床化學一直以來均為實驗醫學中發展最快速的領域之一。自從 1985 年此書的第一版發行以來，許多事情均發生改變。新的技術和分析技巧均被引入而造成臨床化學操作的巨大變化。除此之外，健康照護系統亦在改變，愈來愈強調病人照護的品質、個別病人的成效、總體成本效益和全面品質處理。近身測試 (POCT) 亦為健康照護操作的一個前趨者，其對臨床實驗室帶來挑戰與機會。現在比起以前，臨床實驗室必須更注意與疾病的關連，解讀數據、解決問題、品質保證和成本效益；他們必須知道除了如何 (how) 操作試驗外，更必須知道為什麼操作 (why)、何時操作 (when)，與操作什麼 (what)。這本書的作者將以第四版書設計成對學生與實際操作者均為有價值的知識來源。

如同前三版書，第四版提供所有階層的學生全面性、最新的與容易的方法去了解此書。而對指導者和操作者來說此書亦提供一個有組織性的實作知識來源。作者努力的保持此書的可讀性與進一步的提升其內容。因為臨床實驗室在每天的臨床化學操作上要利用其解讀與分析的技巧，並努力來維持分析原理、技術和與疾病狀態相關的實驗結果之間適當的平衡。

在第 4 版中，作者作了許多重大的改變以應讀者、學生、教師和操作者的需求。各章的重要目的、關鍵字和摘要均予以更新和擴充。每章均包括現行、經常會遇到的病例研究和操作問題或練習。對病例研究和評估練習與問題的解答均包含在此書的附錄中。關鍵字的名詞釋義已被擴充且與試驗相關的附錄亦有附上。為了提供完整最新的臨床化學研究，所以加入近身試驗與心肺功能的章節。自動化技術的章節亦予以擴充而加入全面實驗室的自動化。維生素和營養評估的章節涵蓋簡要與完整的介紹。免疫化學章節，涵蓋免疫分析、流體細胞計數儀和分子診斷學的最新進步。各章節中所討論的分析過程基本原理則反映出臨床化學實驗最常與最新操作的技術。步驟的詳細細節予以刪除，因為臨床實驗室所用的儀器和商業套組變異性大。儀器的操作手冊和套組的包裝說明為現行分析步驟中最值得信賴的參考。所有章節的材料均被更新、改善並重新編排以獲得最佳的可讀性。此書可做為教材，而可由出版商中得到教師手冊，其中包含教材重點、參考文獻和教學援助，此可幫助教師使用此書。

致謝

(Acknowledgments)

如同這樣大的計畫，需要許多人的支持與幫助。編輯者希望可以對第4版“臨床化學：原理、步驟與關聯性”有貢獻的實驗室專家與教師表達感謝之意，因為這些人均為編輯者討論知識與交換意思的人。這些人都是精挑細選的，因為他們在特殊領域有其專業性，以及他們對臨床實驗教育的支持，許多人將其專業生涯貢獻在臨床化學，在實驗室，在教育學生或作為臨床醫師的顧問。在第一線的工作崗位上，他們有遠見的知道什麼下一代臨床實驗人員是重要的。

我們的學生、同事、教師和專業人員，他們有助於我們對臨床化學實習和教育理念的成形。此外，我們亦感謝許多公司和專業組織，其提供產品的資訊和照片，且同意我們由其出版品中轉載圖表。許多國家臨床實驗標準委員會的文件紀錄亦為許多訊息的重要來源。這些文件亦直接附於相關的

章節。

編輯者亦感謝前幾版所有人的努力與貢獻。他們的努力提供目前許多章節的架構。最後，亦要感謝 Lippincott Williams & Wilkins 出版社工作人員的幫助與合作，特別是 Larry McGrew, Editor, Allied Hedth, Holly Chapman 和 Frank Musick, Editorial Assistants, Erika Kors, Project Editor, Pat McCloskey, Production Coordinator 和 Dong Smock, Designer。

編輯者會持續努力提升未來新版本的書。我們再次歡迎讀者的評論、批評和改進的意見。

Michael L. Bishop
Janet L. Duben-Engelkrk
Edward P. Fody

譯者序

(Foreword)

第四版的臨床化學，加入許多新的章節，如近身測試 (point of care test)，提供了許多新的實驗室技術與方法。此書內容兼顧基礎與臨床寫作，不論對在學學生、臨床作業人員均為不錯的參考書籍。

此書為我翻譯的第二本書，由於份量比以前多，所以請我的親密戰友（我的老婆）一起來完

成。由於臨床化學有許多翻譯的名詞在國內並未統一，所以對於一些專有名詞的中譯名，我們有參考許多翻譯書，並以我們針對此書原文中的描述做最佳的翻譯，若有不對之處，希望讀者或各位先進不吝指教！

趙啓淵・劉月卿

目錄

Contents

第一部分

臨床化學的基本原理與操作

第1章

臨床化學的基本原理與操作

Eileen Carreiro-Lewandowski

測量的單位 2

溫度 3

試劑的準備 3

臨床實驗室的用品 6

基本分離的技術 14

實驗室數學應用與計算 15

檢體的考量 22

摘要 26

複習問題 26

參考文獻 27

第2章

實驗室安全與管理

Carolyn Houghton, Mary Ruth Beckham

實驗室安全與管理 29

臨床實驗人員的安全認知 29

安全裝備 30

生物的安全性 32

化學物質的安全性 32

放射物的安全性 34

火災的安全性 35

其他危害物質的控制 35

危害物質的丟棄 37

意外的記錄文件與調查 38

摘要 38

複習問題 38

建議閱讀 39

第3章

品質管制和統計學

George S. Cembrowski, Anne M. Sullivan, Tammy L. Hofer

統計學概念 41

參考值範圍 47

診斷的有效性 51

方法的選擇與評估 53

品質保證和品質管制 58

練習問題 71

複習問題 73

參考文獻 74

第4章

分析技術及儀器學

Alan H. B. Wu

分光比色法及比色法 77

電化學 88

電泳 91

層析法 94

滲透計 100

POCT的分析技術 101

摘要 101

複習問題 102

參考文獻 103

第5章

免疫分析法及核酸探針技術

Catherine Sheehan

免疫分析法 105

核酸探針 118

摘要 121

複習問題 121

參考文獻 122

第6章

臨床化學自動化原理

Larry Schoeff

- 自動化分析儀的歷史 4
- 自動化的趨動力 125
- 自動化的基本門徑 125
- 自動化的步驟 126
- 自動分析儀的選擇 137
- 實驗室之全自動化 137
- 自動化未來的趨勢 139
- 摘要 141
- 複習問題 140
- 參考文獻 140

第7章

近身測試

Steve Bradley

- POCT 142
- POCT的運用 142
- POCT的監控及實現 144
- 費用問題 147
- 管理問題 148
- 摘要 148
- 複習問題 149
- 參考文獻 149

第二部分

臨床相關性和分析

第8章

胺基酸與蛋白質

Barbara J. Lindsey

- 胺基酸 152
- 蛋白質 158
- 摘要 182
- 複習問題 182
- 參考文獻 183

第9章

酵素

Robin Gaynor Krefetz

- 一般的特性和定義 185
- 酵素的分類與命名 186
- 酵素動力學 186
- 具臨床意義的酵素 192
- 病理生理狀況 208
- 摘要 212
- 複習問題 213
- 參考文獻 213
- 建議閱讀 214

第10章

碳水化合物

Vicki S. Freeman

- 碳水化合物的一般描述 215
- 高血糖症 220
- 低血糖症 224
- 實驗室在鑑別診斷上所擔任的角色和管理
具有葡萄糖代謝異常的病人 226
- 摘要 230
- 複習問題 230
- 參考文獻 231

第11章

脂肪與脂蛋白

Judith R. McNamara, G. Russell Warnick, Lily L. Wu

- 脂質化學 233
- 脂蛋白的生理與代謝 237
- 脂肪和脂蛋白的分析 241
- 族群中脂質和脂蛋白的分佈 248
- 疾病的預防、診斷和治療 250
- 摘要 254
- 參考文獻 255

第12章

非蛋白質的含氮物質

Dennis W. Jay

- 尿素 261
- 肌酸酐 / 肌酸 263
- 尿酸 267
- 氨 270
- 摘要 272
- 複習問題 272
- 參考文獻 272

第13章

紫質和紅血球

Louann W. Lawrence

- 紫質 275
- 血紅素 280
- 肌紅素 291
- 摘要 291
- 複習問題 292
- 參考文獻 293

第14章

電解質

Joan E. Polancic

- 水 294
- 電解質 297
- 陰離子差 318

電解質和腎臟功能 318

摘要 320

複習問題 320

參考文獻 320

第15章

微量元素

Susan A. Hurgunow

鐵 322

銅 326

鋅 328

鈷 328

鉻 328

氟 328

錳 329

鉬 329

硒 329

實驗室測量微量元素的一般考量 330

摘要 330

複習問題 330

參考文獻 330

第16章

血液氣體、酸鹼度和緩衝系統

Sharon S. Ehrmeyer, Kevin D. Fallon

定義：酸、鹼、緩衝液 336

酸 - 鹼平衡 335

酸 - 鹼恆定的評估 338

氧和氣體交換 340

測量 344

品質保證 347

摘要 350

複習問題 350

參考文獻 350

第三部分

評估器官系統的功能

第17章

肝臟功能

Edward P. Fody

解剖學 354

生理學 354

肝臟的疾病 358

肝功能的評估 359

摘要 368

複習問題 369

參考文獻 369

第18章

內分泌學

Shauna C. Anderson

激素 373

方法學 375

內分泌系統的組成 378

摘要 398

複習問題 399

參考文獻 401

第19章

甲狀腺功能

H. Jesse Guiles

甲狀腺的解剖與生理學 403

甲狀腺激素的合成，分泌，傳送與作用 404

甲狀腺激素的調節 405

甲狀腺功能的分析 406

TSH 409

甲狀腺疾病和相關的實驗室數據 413

摘要 420

複習問題 420

參考文獻 420

第20章

心臟功能

Lynn Ingram

心臟 423

心臟疾病的症狀 425

先天性心臟病 425

充血性心臟衰竭 427

冠狀動脈心臟疾病 429

高血壓性心臟疾病 430

感染性心臟疾病 431

心臟疾病的診斷 432

治療 436

摘要 438

複習問題 438

參考文獻 439

第21章

腎功能

Carol J. Sharzynski, Alan H. B. Wu

腎臟的解剖學 440

腎臟生理學 441

分析的方法 447

病理生理學 453

摘要 461

複習問題 462

參考文獻 462

第22章

胰臟的功能

Edward P. Fody

胰臟功能的生理學 463

胰臟的疾病 464

胰臟功能的試驗 466

結論 469

複習問題 469

參考文獻 470

建議閱讀 470

第23章

胃腸功能

Edward P. Fody

胃分泌的生理與生化學 471

臨床的胃分泌 471

胃功能的試驗 472

腸的生理學 472

小腸功能的臨床病理學 473

小腸功能的試驗 473

摘要 475

複習問題 476

參考文獻 476

第24章

體液分析

Frank A. Sedor

羊水 477

腦脊髓液 482

汗液 485

關節腔液 486

漿液性液體 486

摘要 487

複習問題 488

參考文獻 489

建議閱讀 489

第五部分

臨床化學的特殊領域

第25章

治療藥物的監測

David P. Thorne

使用的途徑 492

吸收 492

游離與結合的藥物 493

藥物的分佈 493

藥物的排除 493

藥物動力學 495

檢體收集 497

心臟作用的藥物 497

抗生素 499

抗癲癇藥物 500

精神活性藥物 501

支氣管擴張劑 502

免疫抑制藥物 502

抗癌藥物 503

摘要 503

複習問題 504

參考文獻 505

建議閱讀 505

第26章

毒物學

David P. Thorne

暴露於毒物 506

暴露的途徑 507

劑量反應關係 507

毒性物質的分析 508

特定物質的毒性 508

治療藥物的毒物學 515

藥物濫用的毒物學 516

摘要 519

複習問題 519

參考文獻 520

建議閱讀 521

第27章

腫瘤標記

Anthony W. Butch, Nicole A. Massoll, Alex A. Pappas

腫瘤標記的分類 523

腫瘤標記於癌症管理 523

一個理想的腫瘤標記的特性 524

腫瘤抗原 524

胎盤蛋白 530

酵素和同功酶當做腫瘤標記 531

激素 532

類固醇接受器 533

DNA 分析 534

結論與未來發展 536

複習問題 536

參考文獻 537

第28章

維生素及營養評估

A. Michael Spiekerman

維生素 540

營養狀況評估 554

摘要 566

複習問題 567

參考文獻 568

第29章

臨床生化及老年患者

Janet L. Duben-Engelkirk, Sharon M. Miller

老年患者對於臨床實驗室的影響 572

老化的理論 573

老化的生化及生理變化 574

臨床化學結果和老化 578

摘要 581

複習問題 581

參考文獻 581

第30章

小兒科的臨床化學

John E. Sherwin, Juan R. Sobenes

隨著年齡的改變 583

小兒科患者的放血法和微化學 584

嬰兒的酸鹼平衡 584

電解質和水的平衡 585

能量的代謝 588

發育中荷爾蒙平衡的改變 594

藥物治療和藥物動力學 598

新生兒的代謝缺失 598

體液和細胞免疫 601

摘要 607

複習問題 607

參考文獻 608

附錄 609

A. 實驗室縮寫 610

B. 基本的SI單位 611

C. SI單位使用的字首 611

D. 臨床實驗的基本單位換算 611

E. 常見化學分析物的傳統單位與SI單位的換算 612

F. 希臘字母表 613

G. 常用酸鹼濃度與其化學式 613

H. 不互容化學物質的例子 614

I. 測量體表面積的計算圖表 615

J. 相關離心力的計算圖表 616

K. 離心—速度與時間的調整 617

L. 透光-吸收百分比換算表 617

M. 原子量 618

N. 放射活性元素 619

O. 玻璃的種類與特性 619

P. 塑膠的種類與特性 620

Q. 塑膠的種類與其化學抗性 620

R. 實驗室的清潔製品 621

S. 藥物動力學參數的摘要表 622

T. 常見濫用藥物的相關訊息 624

U. 元素的週期表 626

名詞釋義 627

複習問題、練習、實做問題和病例研究的解答 639

索引 661

第一部分

臨床化學的基本原理與操作

BASIC PRINCIPLES AND PRACTICE OF CLINICAL CHEMISTRY

第1章

臨床化學的基本原理與操作

Basic Principles and Practice of Clinical Chemistry

Eileen Carreiro-Lewandowski

測量的單位

溫度

試劑的準備

化學藥品

參考物質

溶液

水的特性

臨床實驗室的用品

玻璃製品和塑膠製品

乾燥器和乾燥劑

天平

基本分離的技術

離心

過濾

透析

實驗室數學應用與計算

重要的圖表

對數

濃度

稀釋

水合作用

檢體的考量

樣本的種類

樣本的處理

樣本的變異

一連串的管理

摘要

練習

參考文獻

學習目的 (Objectives)

在完成此章節後，一個臨床實驗室工作者必須能夠：

- 利用 SI 系統，把一個結果的單位由一種規格轉變為另一種規格。
- 列出並描述臨床實驗室使用的溫度計種類。
- 鑑定試劑準備時不同的化學等級 (chemical grades)，並說明其正確的使用。
- 定義下列的名詞：第一級標準 (primary standard)、SRM、第二級標準。
- 描述下列與溶液有關的各別名詞，並於適當的時候，寫出其各別的單位：百分率 (percent)、體積莫耳濃度 (molarity)、當量莫耳濃度 (normality)、重量莫耳濃度 (molality)、飽和度 (sat-

uration)、綜合特性 (colligative properties)、氧化還原電位 (redox potential)、導電性 (conductivity)、比重 (specific gravity)。

- 定義一個緩衝溶液並以公式計算其 pH 和 pK。
- 當給予 pK 和 pH 與弱酸及其共軛鹼的濃度時，利用 Henderson-Hasselbalch 的公式來決定其變異。
- 對實驗室中任一型態的水做詳細的描述。
- 當給予一隻吸量管 (pipet) 或其說明書，必須能分類之。
- 描述二種方法來校正吸量器械 (pipetting device)。
- 定義乾燥劑並討論其於臨床實驗室的用法。



- 正確的演練此章所提出的實驗室數學計算。
- 定義並描述臨床化學所使用樣本的種類。
- 條列出基本處理血液樣本的步驟。
- 認出分析前、收集檢體前、收集時和收集後的變數，此會造成實驗室結果的不利影響。
- 列出適當編號收集管的方法。
- 當給予一個收集管的橡皮塞顏色時，必須辨認出其內所含有的添加劑或防腐劑，若有的話。

關鍵字 (KEY TERMS)

Analyte (分析物)	Filtrate (過濾液)	Primary standard (第一級標準物)
Anhydrous (脫水的)	Filtration (過濾)	Redox potential (氧化還原力)
Arterial blood (動脈血)	Hemolysis (溶血)	Reduced (還原)
Beer's Law	Henderson-Hasselbalch	Secondary standard (第二級標準物)
Buffer (緩衝劑)	Hydrate (水合)	Serial dilution (連續稀釋)
Buret (滴水管)	Hygroscopic (濕度器的)	Serum (血清)
Centrifugation (離心)	Icterus (黃疸)	Significant figures (有效數字)
Cerebral spinal fluid (CSF) (腦脊髓液)	Ionic strength (離子強度)	Solute (溶質)
Character (特質)	Mantissa (尾數)	Solution (溶液)
Colligative property (綜合特性)	Molality (當量莫耳濃度)	Solvent (溶劑)
Conductivity (傳導度)	Molarity (體積莫耳濃度)	Specific gravity (比重)
Deionized water (去離子水)	NCCLS	Standard (標準物)
Deliquescent substances (溶解的物質)	Normality (當量濃度)	Standard reference materials (SRMs) (標準參考物質)
Delta absorbance (Delta 吸收度)	One point calibration (單點校正)	Système International (SI) d'Unités (國際單位)
Density (密度)	Osmotic pressure (滲透壓)	Thermistor (電熱調節器)
Desiccant (乾燥劑)	Oxidized (氧化)	Valence (價數)
Desiccator (乾燥器)	Oxidizing agent (氧化劑)	Venipuncture (靜脈穿刺)
Dialysis (透析)	Paracentesis (腰部穿刺術)	Whole blood (全血)
Dilution (稀釋)	Percent solution (百分比溶液)	
Distilled water (蒸餾水)	pH	
EDTA	phlebotomy (放血術)	
Equivalent weight (當量重)	Pipet (吸量管)	
Evacuated tube (真空管)	pK	

臨床化學實驗室最主要的目的，在於正確的執行分析的步驟而得到正確的結果訊息，來幫助病人的診斷。為了達到可以信賴的結果，臨床實驗者必須有能力可以正確的使用基本的工具與儀器，並具備對任何分析過程重要基本概念的了解。此章的主題有：測量的單位、溶液的性質、化學物質、化學試劑、玻璃器具和塑膠用具的分類、實驗室的數學應用和檢體的收集與處理。

測量的單位 (UNITS OF MEASURE)¹

任何有意義的結果，由二部分組成，第一部分為數字而另一個為單位，數字代表數值，而單位為定義物質的性質或體積，例如質量、長度、時間或體積。雖然有許多單位系統傳統上被許多不同的科學領域所使用，但國際系統 (Système International (SI) d'Unités) 單位於 1960 年於國際間被採納，為許多國家中唯一使用的系統，這個單位系統就被叫做 SI units。SI 單位有三個種類，為基礎的、附加的、衍生的。長度的基本單位為公尺，質量為公斤，而一個物質的量以莫耳表示。每一個物理量僅有一個基本的單位，例如長度，僅用公尺表示而不用其他非 SI 單位如英吋或英尺，此約定可以避免使用不同的名詞來描述相同的物理量，附加的字首 (prefix) 可以用來指出基本的 SI 單位其十進位或倍數的性質，這些字首例於表 1-1。例如，0.5 liters (升) 亦可利用字首 milli 表示為 500 milliliters (milli 表示為 1/1000, 0.001 或 10^{-3})。

除了基本單位外，SI 系統尚包括衍生單位，其為經數學運算而與基本或附加單位有關的。附加單位並不屬於基本或衍生的單位，一些經過長時間使用的單位，如小時、分、天、平面的角度、克、升，並未列於基本的 SI 單位，但為經常被使用的“傳統”單位。

實驗室結果的報告通常以物質的濃度 (如，莫耳) 或質量 (如 mg/dL, g/dL, g/L, mEq/L 等) 來表示，這些常見且傳統的單位會造成解釋上的困擾。分析結果被建議應以溶質的莫耳數除以溶液的體積來報告 (物質的濃度)，而公升被視為參考體積。附錄 E 以表列出實驗室的參考數值、傳統數值與建議的 SI 數值。附錄 E 將一般臨床化學分析的傳統單位轉換為 SI 單

表 1-1 在 SI 單位中常用的字首 (Prefixes to be Used with SI Units)

因子	字首	符號
10^{-18}	atto	a
10^{-15}	femto	f
10^{-12}	pico	p
10^{-9}	nano	n
10^{-6}	micro	μ
10^{-3}	milli	m
10^{-2}	centi	c
10^{-1}	deci	d
10^1	deka	da
10^2	hecto	h
10^3	kilo	k
10^4	mega	M
10^9	giga	G
10^{12}	tera	T
10^{15}	peta	P
10^{18}	exa	E

註：字首可用來指出一個基本 SI 單位的次單位或倍數性質。

位，其會並列此二個單位並有列出傳統單位換算 SI 單位的轉換因子 (conversion factor)。

溫度 (TEMPERATURE)²

實驗室最常使用的溫度讀數是攝氏 (Celsius; C) 溫標。然而，華氏 (Fahrenheit; F) 和卡氏 (Kelvin; K) 溫標亦常使用，SI 的溫度設計為使用卡氏溫標。附錄 D，基本臨床實驗轉換，列出了這些溫標間不同的轉換公式。

所有的分析反應均發生在最適溫度 (optimal temperature)，某些實驗過程，如酵素的測定，必需有非常準確的溫度控制，然而其他的工作則需要非常大範圍的溫度，反應若非常依賴溫度時，就必須使用某些種類的加熱箱、隔熱物 (heating block) 或水/冰浴以來提供正確的環境溫度。實驗室中的冰箱溫度通常非常重要，且需要定時確認檢查，溫度計通常為整個儀器的一個完整的部分，或是必須被放置於儀器中以做維持溫度的工作。二種主要的溫度計種類為玻璃中填充液體 (水銀) 和電子溫度計或電熱探針 (thermistor probe)。

水銀溫度計，在使用時必須檢視一下水銀柱，以確保其為連續而沒有空氣。若上述的情況發生，可將溫度計放至冰中冷卻，此可迫使水銀回到玻璃球內，而對溫度計做圓圈狀的震盪 (circular shake) 亦有幫助。當水銀柱為完整，則冰點和想要的水浴/隔熱溫度可以操作，並可將其與認證過的標準參考物質 (Standard Reference Material; SRM) 溫度計比較。將溫度計插入適當的深度和做校正是非常重要的。

水銀溫度計必須依據 National Institute of standards and Technology (NIST) 來做校正，NIST 為美國商業部認證的溫度計。NIST 有 SRM 溫度計，其有不同的校正溫點 (0°C, 25°C, 30°C 和 37°C)，可使用於水銀溫度計。Gallium 為另一種 SRM，有已知的熔點，且可當做溫度計校準用。

自動化和小型化，使得更正確、更快速讀取的電子溫度計的需求增加。電子溫度計優於水銀溫度計為其大小 - 特別是於使用 flow-through 比色器 (cuvettes) - 和幾毫秒的反應時間。其缺點為價格，雖然已有電壓 - 歐姆計 (ohm-volt meter; VOM) 附屬接上電熱探針者會比較具成本效益。如同水銀溫度計，溫度計亦可經由 SRM 溫度計或 gallium 的熔點來做校正。溫度計以 gallium 校正後，其可被當做任何溫度計的參考者。

試劑的準備 (REAGENT PREPARATION)

在今日高度自動化的實驗室，似乎並不需要實驗者自

己準備試劑，許多賣儀器的廠商其自己亦生產試劑，且通常為馬上可獲得的“套組” (kit) 型式 (即所有需要的試劑和各別的容器均已先包裝好成一個套組)。因為某些化學藥劑的毒性危害和有許多代理商的存在，臨床化學實驗室已經不再儲存大量的化學試劑，而改以選擇使用已裝備好的試劑。但特別於醫院有關研究、發展或特別分析的實驗室，實驗工作人員仍必需面對如何準備不同的試劑。因為試劑的減少需求和供給，或機構內成本緊縮的計畫，因此在實驗室自己做試劑的決定可能會發生。所以，一個完整對於化學物質、標準物、溶液、緩衝溶液和水的知識要求是必需的。

化學物質 (Chemicals)⁵

化學物質的純度有不同等級：分析試劑等級 (analytical reagent grade; AR)；高純度，化學上純質 (chemically pure; CP)，美國製藥純度 (United States Pharmacopeia; USP)；國家規定純度 (National Formulary; NF)；和工業或商業上的等級，美國化學協會 (ACS) 等，已經有建立分析藥劑等級化學物質的規格說明表，表中說明各別試劑其實際上的不純度或列出其最高可容忍 (允許) 的不純度，此標示均會表示出其不純度的百分比，並有 AR 或 ACS 或“供實驗室”使用的字樣清楚的印在上面。這類的化學物質，均適合使用於大多數的分析實驗過程，高純度的化學物質，必須經過另外的純化步驟，以用於特別的過程，如色層分析 (chromatography)、原子吸收 (atomic absorption)，螢光測量 (fluorometry)、標準化或其他需要極純化學物質的技術。

因為 USP 和 NF 等級的化學物質，是用來做藥物，所以這類化學藥品的限制是建立於不對人體產生傷害性。此類的化學物質必需夠純，以使用於多數的化學過程，但考量其純度的標準並不是基於實驗室的需要，因此他們可能或無法符合所有分析的需求。

CP 等級或 Pure 等級的化學試劑，並不說明其不純的範圍，且其製備並不一致，所以熔點的分析為經常使用來確認其可被接受的純度範圍。並不建議臨床實驗室用此類的化學物質做試劑的準備，除非做近一步的純化或做試劑的空白試驗 (blank)，工業上或商業上等級的試劑主要是用於製造，並不能夠使用於臨床實驗室。

除了化學物質的純度方面外，法令如職業安全與衛生法案 (Occupational Safety and Health Act; OSHA) 規定製造商必需清楚的標示批號 (lot number)，且加上安全使用和儲存此化學物質的注意事項及其危害，更多詳細的討論於第2章，實驗室安全與規定。

參考物質 (Reference Materials)^{1, 6, 7, 8}

不同於其他的化學領域，臨床化學為分析血清中生化反應的副產物，所以使純化和準備其完整的成份組合為不可能的。基於此原因，傳統定義的標準並不適用於臨床化學。

回憶第一級標準 (primary standard) 為高度純化的化學物質，其可直接測量而產生一個精確的濃度。而 ACS 純度耐受範圍於第一級標準為 $100 \pm 0.02\%$ 因為許多生物的構成要素並無法達到此限制範圍內，所以 NIST-certified (認證) SRMs 就使用於 ACS primary standards。

NIST 發展 certified SRMs 使用於臨床化學實驗室，這些物質並不擁有如 primary standards 相同的性質與純度，但每一個均已經具特定的化學或物質性質，而可被用來取代 ACS primary standard 於臨床工作使用。人類的血清 SRM (號碼 909a) 已有，並可用來驗證鈣、氯、膽固醇、磷酸肌酸、葡萄糖、鋰、鎂、鉀、鈉、尿酸和其他微量金屬 (trace metals)、鎘、鉻、銅、鐵、鉛和釩 (vanadium)。

第二級標準物其具較低的純度，且其濃度是與第一級做比較而決定。第二級標準物不僅是依賴其組成 (其不可直接測定)，並依賴其分析的參考方法，因為生理上的第一級標準通常無法獲得，臨床化學家在定義上並未獲得“真正”的第二級標準物。製造第二級標準物的製造劑必須列出其 SRM 或第一級標準來做比較，這些資料通常在實驗室評鑑過程中必須提供出來。

溶液 (Solutions)

臨床化學中，必須測量在生物體液中的物質 (如：血清、尿液、腦脊髓液等)。溶解在液體中的物質叫溶質 (solute)，而在實驗科學中，生物性的溶質又叫做分析物 (analytes)，而溶質溶解的液體 - 在此例子中為體液叫溶劑 (solvent)，此二者合在一起叫溶液 (solution)。任何一種化學或生物溶液有著其基本的特性，這些性質包括濃度飽和度、綜合特性、氧化還原電位、導電位、密度、pH 和離子強度。

濃度 (Concentration)

一個分析物於溶液中的濃度可以用許多方式來表示，通常濃度的表示以百分率、體積莫耳濃度、重量莫耳濃度或當量莫耳濃度來表示。

溶液百分率 (percent solutions) 等於每一百分中佔

多少或溶質在 100 個單位的溶液中所佔的量。有三種表示百分率的方法，重量百分率 (w/w)、體積百分率 (v/v) 和最常見的體積重量百分率 (w/v)，在使用 v/v 表示法時，建議使用單位 mL/L 而不用 70% (v/v)。

體積莫耳濃度 (molarity)，表示在 1 公升的溶液中溶質的莫耳數。1 莫耳的物質等於其克分子量 (gram molecular weight; gmw)。SI 表示傳統的莫耳濃度為單位體積溶液中有多少莫耳的溶質，而溶液的體積以公升表示。SI 的濃度尚可表示為 mol/L、mmol/L (millimoles/L)、 $\mu\text{mol/L}$ (micromoles/L) 和 nmol/L (nanomoles/L)，最常使用的濃度 "molarity" 並沒有被 SI 採用當做濃度的表示方法。

重量莫耳濃度 (molality) 表示在 1 公斤的溶劑中溶質的量，molality 有時會與 molarity 混淆但其可與 molarity 簡單分別，因為 molality 通常表示成重量/重量或莫耳/公斤即為每 1000 克 (1 公斤) 的溶劑中溶質莫耳數，最好的 molality 表示法為 mol/kg。

當量莫耳濃度 (Normality) 其定義為每升的溶液中溶質的克當量數 (gram equivalent weights)，當量 (equivalent weight) 等於物質的分子量除以其價數 (valence)，價數為其可取代或結合 1 莫耳氫離子的單位數目。當量濃度不再為 SI 表示濃度的方法，且其表示法 mEq/L，為用來表示鈉、鉀和氯濃度的方法，應改為以 mmol/L 來報告。

飽和度提供較少溶液濃度的訊息，溫度和其他離子一樣，均可改變一個溶液的溶解度常數 (solubility constant) 而影響其飽和度。經常於臨床實驗室使用來描述溶液飽和度的名詞有稀釋的、濃縮的、飽和的和過飽和 (super-saturated) 溶液。一個稀釋的溶液為其溶質相對較少，相反的，濃縮的溶液表示其有較多量的溶質於溶液中。若一個溶液含有過量未溶解的溶質顆粒，叫做飽和溶液 (saturated solution)。如同其名字所暗示的，過飽和的溶液比飽和溶液有更高的未溶解溶質濃度，因為有大量的溶質顆粒出現，一個過飽和的溶液為熱力動力學不穩定 (thermodynamically unstable)，所以當加入溶質的晶體或做機械性的攪動，而擾動過飽和溶液時，將會使過量的物質結晶析出溶液，這種現象可於當我們利用降低凝固點來測量血清滲透度時出現。

綜合特性 (Colligative Properties)

在溶液中的粒子會表現 4 種可重覆性的行為特性，而且此特性為與其各別出現的相對粒子數有關，所以滲透壓 (osmotic pressure)、凝固點 (freezing point)、沸點 (boiling point) 和蒸氣壓 (vapor pressure)，這些就叫做綜合特性 (colligative properties)。

蒸氣壓為液態的溶劑其與水蒸氣壓達到平衡時的壓力。凝固點為固相和液相蒸氣壓相等時的溫度。沸點則為溶劑的蒸氣壓到達1大氣壓時溫度。

滲透壓為讓溶劑可通過半透膜(semipermeable membrane)而達成不同滲透度溶液間平衡的壓力。滲透壓於一個稀釋溶液正比於其溶液內所含分子的濃度。當一個溶質溶解於溶劑中,其綜合特性會改變:凝固點降低、沸點升高、蒸氣壓下降,而滲透壓增加。在臨床上,凝固點和蒸氣壓的下降程度為滲透度(osmolality)的函數。

氧化還原電位 (Redox Potential)

氧化還原電位為測量一個溶液其接受或提供電子的能力,可以提供電子的物質叫還原劑(reducing agents)而接受電子的物質叫氧化劑(oxidizing agents)。LEO(失去電子(lose electrons)=氧化(oxidized))/GER(得到電子(gain electrons)=還原(reduced)),可能對記起氧化/還原劑與氧化還原電位有幫助。

導電性 (Conductivity)

導電性為測量電流通過溶液的難易程度,一個溶液的導電性以所含各別具電荷離子的數目來決定。阻電性(resistivity),為導電性的相反,用來測量物質阻止電流通過的能力。阻電性主要應用於臨床實驗評估水的純度。

緩衝溶液 (Buffers)

緩衝溶液為弱酸或鹼和其相關鹽類所組成,因為具解離的性質,而可以減少任何氫離子濃度的變化。氫離子濃度通常表示為pH,降階的"P"於特定字母或縮寫前代表為物質“對數的負值”或“其倒數的對數值”,所以pH值代表為氫離子濃度的對數取負值或其倒數的對數值。在數學上,pH的表示為:

$$\begin{aligned} \text{pH} &= \log (1/[\text{H}^+]) \\ \text{pH} &= -\log [\text{H}^+] \end{aligned} \quad (\text{公式 1-1})$$

在此 $[\text{H}^+]$ 濃度單位為 moles/liter

pH的刻度由0至14,而此為表示氫離子濃度的簡單方式。

一個緩衝溶液的能力(buffer's capacity),在於其減少pH的變化能力,此與一個弱酸或鹼在其相對應鹽類的出現下,解離的特性有關。不同於強酸或強鹼可完全解離,弱酸或弱鹼的解離常數通常很小,意指僅有少數的解離發生。

醋酸(acetic acid, CH_3COOH)為一個弱酸,其解離的過程如下所述:



注意其解離常數 K_a ,對於一個弱酸,可以用下列的方程式計算:

$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{HA}]} \quad (\text{公式 1-3})$$

重組公式可為:

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} \quad (\text{公式 1-4})$$

將兩邊各取對數,並乘上-1,公式可重新寫成:

$$-\log [\text{H}^+] = -\log K_a - \log \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} \quad (\text{公式 1-5})$$

由定義上,低階的"P"表示為“對數負值”:因此 $-\log [\text{H}^+]$ 可寫成pH,而 $-\log K_a$ 可寫成 $\text{p}K_a$,公式可變成:

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \log \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} \quad (\text{公式 1-6})$$

去除負號於 $[\text{HA}] / [\text{A}^-]$,可以形成眾所皆知的Henderson-Hasselbalch公式,其為以數學表達的方式,用以描述弱酸和鹼之間的解離性質和其對pH的影響:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad (\text{公式 1-7})$$

當 $[\text{A}^-] / [\text{HA}]$ 的比值為1時, pH等於 $\text{p}K$,而此時的緩衝溶液具有最大的緩衝能力。解離常數 K_a 與 $\text{p}K_a$,在同一個物質中是一樣的,因此任何pH的改變只與鹼/鹽 $[\text{A}^-]$ 的濃度與弱酸 $[\text{HA}]$ 濃度的比值有關。

另一個緩衝溶液重要的概念為其離子強度(ionic strength),特別是在分離技術時。離子強度為離子濃度或強度於溶液或緩衝液中,其被表示如下:

$$\mu = I = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2 \text{ 或 } \frac{\sum \{(C_i) \times (Z_i)^2\}}{2} \quad (\text{公式 1-8})$$

在此 C_i 為離子濃度, Z_i 為離子的電荷數,而 $\sum$ 為各別離子 $(C_i) \times (Z_i)^2$ 的加總。

在混合物中,解離的程度必須加以考慮,現在知