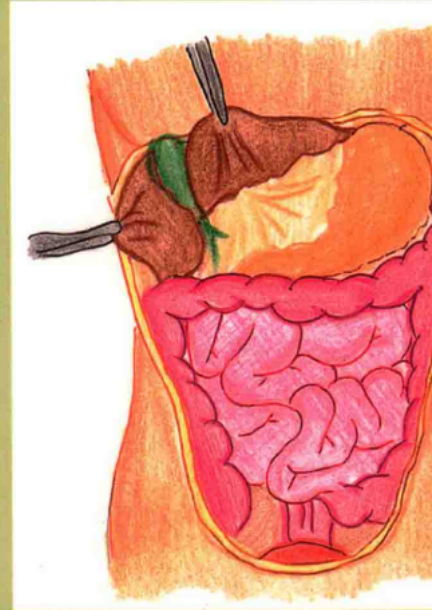
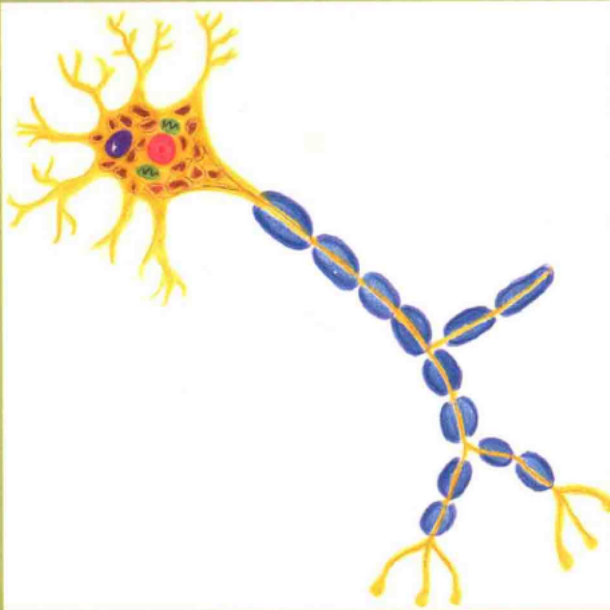


編著 / 歐耿良

臺北醫學大學口腔醫學院 院長

馮琮涵

臺北醫學大學解剖學科 主任



解剖生理學

Anatomy and Physiology



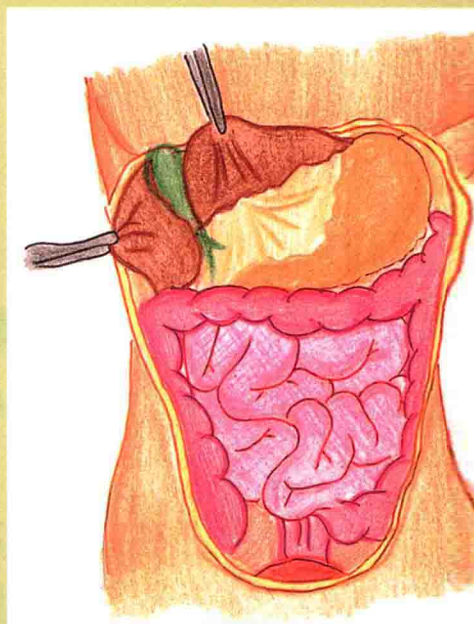
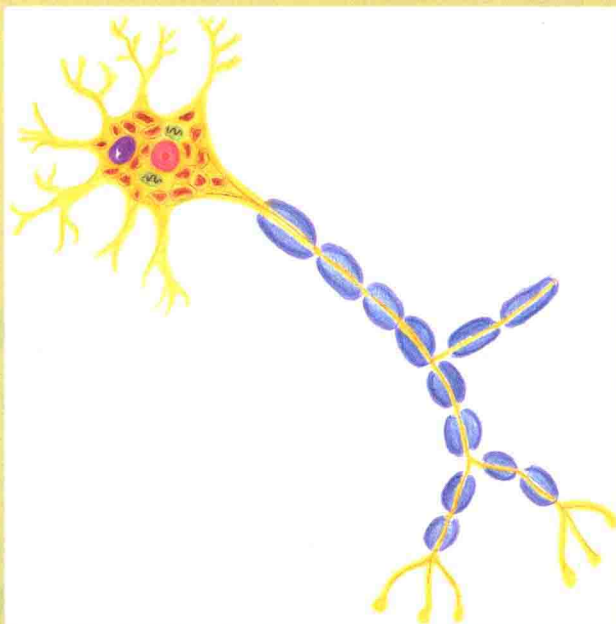
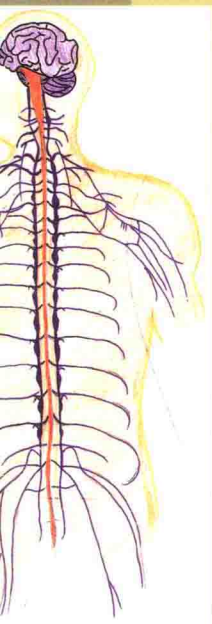
合記圖書出版社 發行

編著 / 歐耿良

臺北醫學大學口腔醫學院 院長

馮琮涵

臺北醫學大學解剖學科 主任



解剖生理學

Anatomy and Physiology



合記圖書出版社 發行

國家圖書館出版品預行編目資料

解剖生理學/歐耿良,馮琮涵.一初版.一新北市:合記,
2013.07
ISBN 978-986-126-929-0(平裝)

1.人體解剖學 2.人體生理學

397

102012683

解剖生理學

編 著 歐耿良 馮琮涵
創 辦 人 吳富章
發 行 人 吳貴宗
發 行 所 合記圖書出版社
登 記 證 局版臺業字第0698號
社 址 新北市汐止區(221)汐平路二段1號
電 話 (02)86461828
傳 真 (02)86461866
網 址 www.hochitw.com
80磅特級雪白道林紙 352頁

西元 2013 年 7 月 10 日 初版一刷

版權所有・翻印必究

總經銷 合記書局

郵政劃撥帳號 19197512

戶名 合記書局有限公司

北醫店 電話 (02)27239404

臺北市信義區(110)吳興街249號(台北醫學大學附設醫院正對面)

臺大店 電話 (02)23651544 (02)23671444

臺北市中正區(100)羅斯福路四段12巷7號(台大校本部對面巷內)

榮總店 電話 (02)28265375

臺北市北投區(112)石牌路二段120號(台北榮總附近北護旁)

臺中店 電話 (04)22030795 (04)22032317

臺中市北區(404)育德路24號(中國附設醫院立夫大樓斜對面)

高雄店 電話 (07)3226177

高雄市三民區(807)北平一街 1 號(高醫附設醫院旁)

花蓮店 電話 (03)8463459

花蓮市(970)中央路三段836號(慈濟大學正對面)

成大店 電話 (06)2095735

台南市北區(704)勝利路272號(台南成功大學附設醫院附近)

作者簡介

歐耿良

口腔醫學院院長

> 現職

臺北醫學大學口腔醫學院 院長
臺北醫學大學醫材暨組織工程
研究所 教授
臺北醫學大學醫器材研發暨產品
試製中心 主任
臺北醫學大學醫植體暨微創醫療
研究中心 主任
臺灣口腔醫學工程學會 理事長
中華電漿學會 理事長
台灣金屬熱處理學會 理事

> 學歷與經歷

國立交通大學機械工程學系 博士
國立清華大學材料中心 博士後研究員
國科會生物處醫學工程學門 副召集人

馮琮涵

解剖學科主任

> 現職

臺北醫學大學醫學系 副系主任
臺北醫學大學解剖學科 副教授
中華民國解剖學學會 理事

> 學歷與經歷

臺大醫學院解剖學研究所博士
臺北醫學大學解剖學科 助理教授
高雄醫學大學解剖學科 助理教授

作者序

人體解剖學以及生理學是基礎醫學重要的兩大科目，解剖學主要是探討人體器官的形態與構造；生理學主要是探討其運作方式與功能。要了解器官如何執行功能，就必須先了解其內部與外部構造。因此解剖學與生理學息息相關，如果能充分學習兩種科目，對人體的認知與了解一定能更加深入。

近年來各大專醫學院校進行課程改革，便是依照人體各系統將解剖學與生理學整合在同一系統內進行授課，同時介紹人體的構造與功能，使學生的學習能夠避免重複的教授內容。整合課程進行幾年後，發現學生的學習主要依賴老師整理的上課講義，或是指定的解剖學教科書與生理學教科書。亟需要一本整合解剖學與生理學的書籍。

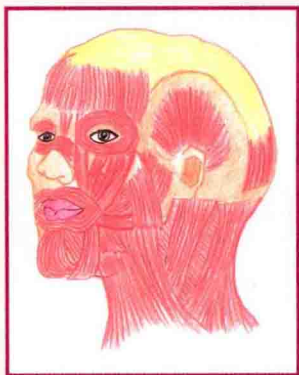
承蒙口腔醫學院 歐耿良院長邀請，共同出版一本「解剖生理學」，同時涵蓋解剖學以及生理學的重要內容，並以器官系統為章節，介紹人體器官系統的構造與功能，適合醫學相關科系學生閱讀的書籍。期望學生能藉由本書的內容，有效率地學習到重要的解剖學與生理學的知識。

本書初次出版，疏漏、錯誤及缺點在所難免，祈望碩學先進及閱讀本書的教師與學生不吝指正。本書承蒙 歐院長大力支持，合記圖書出版社的全體同仁之協助，促使本書得以順利出版，謹此一併致謝。

歐耿良
馮琮涵

目錄

Chapter 1	肌肉系統 (Muscular System)	1
Chapter 2	神經系統 (Nervous System).....	33
Chapter 3	循環系統 (Circulatory System).....	99
Chapter 4	呼吸系統 (Respiratory System).....	163
Chapter 5	消化系統 (Digestive System)	195
Chapter 6	泌尿系統 (Urinary System)	235
Chapter 7	生殖系統 (Reproductive System)	265
Chapter 8	內分泌系統 (Endocrine System)	291



肌肉系統 (Muscular System)

1

壹、前言

身體的肌肉 (muscle) 位於皮膚底層，如果將皮膚以及皮下脂肪層去除，就會顯露出全身的肌肉。肌肉組織已知分為三種：骨骼肌、心肌、平滑肌。分別由骨骼肌細胞、心肌細胞與平滑肌細胞構成。本章的肌肉系統主要是指全身的骨骼肌的名稱、位置與功能。整塊的骨骼肌，藉由肌腱 (tendon) 附著於骨骼，如果將整塊的肌肉橫切，可以看出整塊肌肉其實是由許多肌束 (muscle fascicles) 所組成，而肌束又是由許多肌纖維 (muscle fibers) 所組成，肌纖維也就是肌細胞 (muscle cells)。整塊肌肉、肌束與肌纖維都有結締組織包圍，這些結締組織含有許多神經與血管，負責支配肌肉收縮以及供應肌肉營養所需。包圍整塊肌肉的結締組織稱為肌外膜 (epi-mysium)，包圍肌束的結締組織稱為肌束膜 (peri-mysium)，包圍肌纖維的結締組織稱為肌內膜 (endo-mysium) (圖 1.1)。這些結締組織在肌肉的兩端匯聚形成肌腱 (tendon) 構造或是散開形成腱膜 (aponeurosis) 構造，連結骨骼或是其他肌肉。

一、肌肉的功能

(一) 運動

骨骼肌附著於骨骼，跨越關節，收縮時造成關節運動。心肌構成心臟，收縮造成心臟跳動，推動血液循環流動。平滑肌收縮造成內臟的運動，如腸胃道蠕動，或是血管、支氣管收縮等。

(二) 維持姿勢

部分肌肉（如背部肌肉）維持特定的張力，維持身體的姿勢。

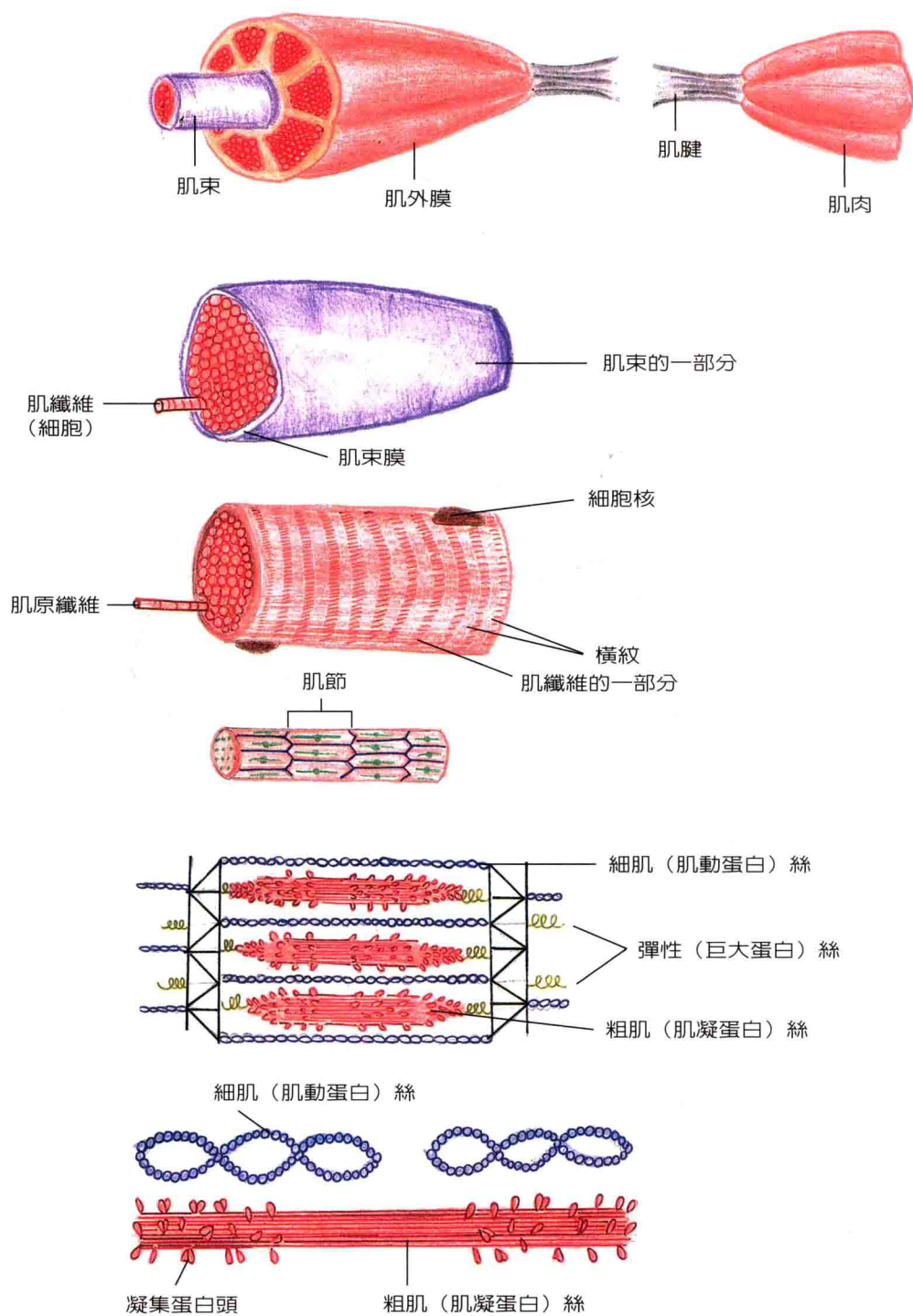


圖 1.1 骨骼肌的組成與顯微構造。

(三) 穩定關節

許多肌肉附著於關節附近，維持張力時可以有效穩定關節。

(四) 產熱

肌肉收縮消耗ATP，會產生熱。具有維持體溫的功能。所以當寒冷或是體溫下降時，身體的肌肉會顫抖以產生熱量。

二、肌纖維（或稱肌細胞）

骨骼肌細胞由於形狀細長因此又稱為肌纖維 (muscle fibers)。胚胎時期由許多肌原母細胞 (myoblasts) 組合而成，因此細胞核有多個，位於細胞的周邊。肌細胞的胞液稱為肌漿 (sarcoplasm)。細胞質內充滿許多特化的胞器。其中數量最多的是胞器是肌原纖維 (myofibrils)，是由細肌絲 (thin filaments) 與粗肌絲 (thick filaments) 共同組成 (圖 1.1)。近來發現第三種肌絲稱為彈性肌絲 (elastic filament)，是由巨型蛋白 (titin) 所構成。

骨骼肌細胞中，細肌絲與粗肌絲排列整齊，因此在光學顯微鏡觀察時，由細肌絲組成的部分容易透光呈現亮帶 (I band)，由粗肌絲組成的部分不易透光呈現暗帶 (A band)。在亮帶的中央有一條鋸齒狀的構造，稱為Z線 (Z-line)。而在暗帶的中央有一線條構造，稱為M線 (M-line)。

肌節 (sarcomere) 是肌肉細胞內基本的構造與功能單位。相鄰兩條Z線之間定義為一個肌節單位。細肌絲附著在Z線上，往M線延伸。粗肌絲的中央則連結於M線。在M線兩旁只有粗肌絲，沒有細肌絲的部分稱為H區 (H zone) (圖 1.2)。

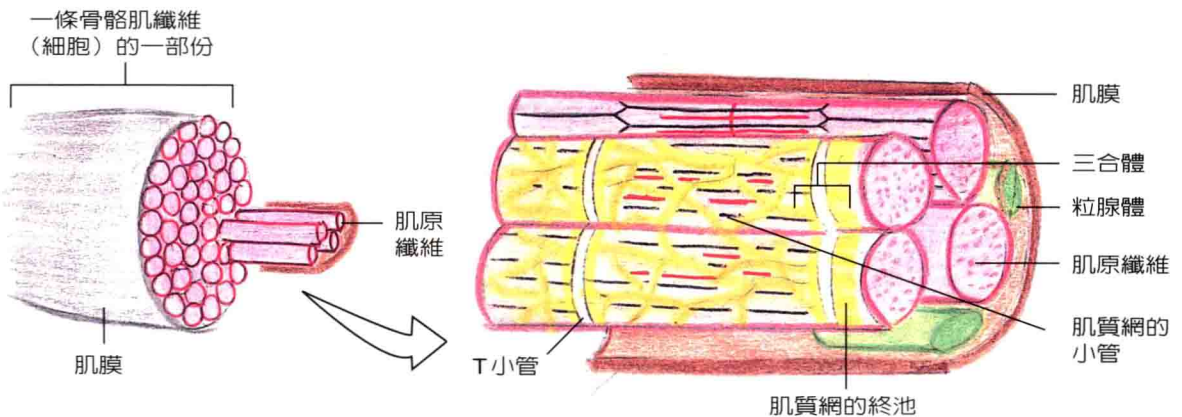


圖 1.2 肌細胞內的肌原纖維、肌質網和T小管。

細肌絲主要由雙股的肌動蛋白 (actin) 組成，並有旋轉肌球蛋白 (tropomyosin) 呈螺旋狀纏繞，另有三種旋轉素 (troponin) 附著其上，分別為**旋轉素 T** (與旋轉肌球蛋白 (tropomyosin) 結合)、**旋轉素 C** (與鈣離子 (Ca^{2+}) 結合)、**旋轉素 I** (與肌動蛋白結合可抑制 (inhibit) 橫橋連接)。粗肌絲主要由肌凝蛋白 (myosin) 組成，肌凝蛋白的尾部彼此聚合成網形成粗肌絲的主幹，頭部構造突出形成橫橋 (cross bridge)。第三種的彈性肌絲是由單一條的巨型蛋白 (titin) 所構成，此蛋白一端附著於 Z 線，另一端附著於 M 線，橫跨半個肌節。在亮帶區段蛋白質構造呈螺旋彈簧形狀，在暗帶區段蛋白質與粗肌絲緊密連結。

以電子顯微鏡觀察肌細胞的胞器，可以發現肌細胞的細胞膜又稱為肌細胞膜或是肌纖維膜 (sarcolemma)，會產生往內凹陷的 T 小管又稱為橫小管 (transverse tubule, T tubule)，延伸至肌原纖維的明暗帶交接處 (A-I junction)，具有將肌纖維膜上的電位往內傳遞的功能。肌細胞內的平滑內質網 (又稱為肌漿網) 會包圍肌原纖維，並且在 T 小管兩端會膨大，形成終池 (terminal cisterna) 的構造，肌漿網與終池內儲藏許多鈣離子 (Ca^{2+})。因此兩個膨大的終池與夾在中間的 T 小管，共同構成肌細胞內的三合體 (triad) (圖 1.2)。此外在肌原纖維的周邊還有許多豐富的肝醣顆粒與粒線體，分別負責提供肌肉收縮所需的葡萄糖與 ATP。

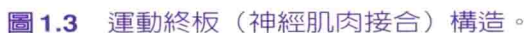
三、肌肉收縮的理論

目前肌肉收縮的機制，主要是滑動肌絲理論 (sliding-filament theory)。肌肉受到刺激收縮時，是細肌絲與粗肌絲互相連結與滑動，細肌絲與粗肌絲本身的長度沒有改變，只是左右兩邊的細肌絲滑向 M 線，因此將肌節兩端的 Z 線向 M 線拉動，直到 Z 線接觸到粗肌絲為止。因此肌肉收縮時肌節內的變化是：暗帶長度不變，明帶與 H 區會消失。

四、神經肌肉接合構造 (neuro-muscular junction) 或稱為運動終板 (motor end plate)

神經肌肉接合構造主要由運動神經元的軸突終端球 (axon terminal bulb) 與肌細胞凹陷的肌纖維膜共同構成。神經末梢與肌膜之間有縫隙，稱為突觸裂 (synaptic cleft) 的構造。運動神經元的軸突終端球內含許多突觸小泡，其內的神經傳遞物質主要是乙醯膽鹼 (acetylcholine, Ach)。肌膜上會有乙醯膽鹼的接受器或稱受體 (receptors)，可以與釋放的乙醯膽鹼相結合，進而打開肌纖維膜

當神經衝動延著運動神經的軸突傳到末梢膨大的終端球時，引起突觸前膜上的鈣離子通道 (calcium channel) 打開， Ca^{2+} 從細胞外進入終端球內，促使突觸小泡移向突觸前膜，並與胞膜融合而破裂，小泡中的乙醯膽鹼釋放至突觸裂中。乙醯膽鹼越過突觸裂並與突觸後膜上的受體結合。一旦結合，會使突觸後膜上的鈉、鉀通道開放，引起 Na^{+} 內流，並使突觸後膜去極化並且產生終板電位 (end-plate potential)。終板電位是一種局部電位 (local potential)，具有總和效應，終板電位的大小與突觸前膜釋放的乙醯膽鹼量成正比。當終板電位達到使肌細胞膜興奮的閾電位時就可引起肌細胞產生動作電位，肌細胞就會興奮收縮 (圖 1.3)。



神經－肌肉接合處興奮的傳遞有以下特徵：

- (1) 電－化學－電的傳遞方式。
- (2) 由突觸前向突觸後的單向傳遞。
- (3) 傳遞過程中有一定的時間延擱（0.5 ~ 1.0 毫秒）
- (4) 易受藥物和環境因素的影響。

正常情況下，突觸前膜釋放出的乙醯膽鹼，可以由突觸前膜回收或是在膽鹼酯酶 (acetylcholin esterase) 的作用下使之失去活性，進而使乙醯膽鹼的作用終止。此外，肉毒桿菌毒素可選擇性地阻斷突觸前膜釋放乙醯膽鹼；而美洲箭毒蛙的毒素 (curarine) 則可與乙醯膽鹼競爭突觸後膜上的膽鹼受體，但是不引發電位變化，結果乙醯膽鹼無法作用，肌肉無法產生收縮。

當肌肉收縮時可激發肌肉的動作電位，由紀錄儀上可以看到放電情形稱為肌電圖 (electromyography)。肌電圖應用在臨床上供肌肉或運動神經的疾病診斷。

五、肌肉收縮的機制

啟動肌肉收縮可以是運動神經元發出興奮性動作電位，電刺激或是化學刺激等，刺激傳到肌肉細胞，引發肌纖維膜的電位變化，神經衝動或是電位變化會沿著T小管傳入肌細胞內，進一步刺激三合體的終池，導致終池與肌漿網內的鈣離子釋放。鈣離子流入肌原纖維內與附著於細肌絲的旋轉素C相結合，導致旋轉肌球蛋白結構改變，暴露出粗肌絲的結合位置，粗肌絲頭部的橫橋構造與細肌絲相結合，ATP水解釋放能量，使橫橋擺動，推動細肌絲往M線滑動。肌節縮短。

六、肌肉放鬆的機制

收縮完成後，神經末梢釋放的乙醯膽鹼被酵素分解，神經衝動終止，肌纖維膜與T小管電位沒有產生變化。此時原先與旋轉素C相結合的鈣離子分離，鈣離子經主動運輸送回肌漿網儲存，旋轉肌球蛋白恢復原狀覆蓋住細肌絲，ATP與橫橋結合，使橫橋與細肌絲分開，肌肉放鬆。肌節內的巨型蛋白 (titin)，在肌肉收縮時彈性曲段被壓縮，當橫橋全部解開時，便會將細肌絲彈回原來位置，肌肉因此恢復原狀。

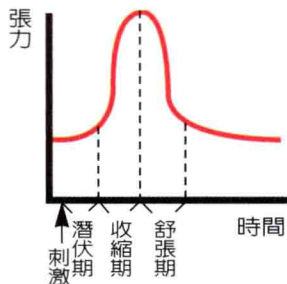
七、肌細胞收縮的全或無 (all-or-none) 定理

肌細胞的全或無定理是指當肌細胞受到刺激，而此刺激強度大到足以引發肌細胞興奮時，此肌細胞內的所有肌原纖維以及所有肌節，全部都會以最大強度收縮。此刺激強度稱為閾值刺激強度；若是刺激強度沒有達到閾值刺激強度，此肌細胞就完全不會產生收縮。此即肌細胞的全或無定理。

肌細胞有全或無定理，但是整塊肌肉卻有不同的收縮力量與張力，不符合全或無定理。這是因為整塊肌肉是由許多肌細胞共同組成，整塊肌肉的收縮強度主要取決於參與的運動單位 (motor unit) 多寡而定。一個運動神經元與其所支配的所有肌纖維構成一個運動單位。整塊肌肉受到不同的刺激強度會產生不同的收縮力量或張力，主要是因為參與的運動單位以及收縮的肌細胞數目不同所導致。越多的運動神經元產生興奮，就會有越多的肌細胞收縮，肌肉收縮強度與張力就越強。

八、骨骼肌收縮的種類與形式

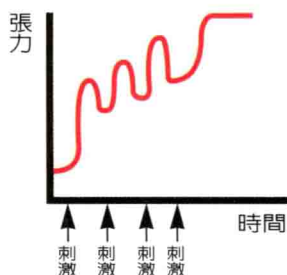
(一) 單收縮



肌肉對單一個的刺激產生的一次收縮，稱為單收縮 (single contraction) 或是牽扯收縮 (twitch contraction)。一個單收縮可分為三個時相；潛伏期 (latency)、收縮期 (systolic period) 和舒張期 (diastolic period)。潛伏期是指從刺激開始至肌肉開始收縮的時間；收縮期是指肌肉開始收縮至收縮達最高峰的這段時間；舒張期是從肌肉收縮的最高點至肌肉恢復到靜止狀態的這段時間。

潛伏期主要是因為電位傳遞到 Ca^{2+} 釋放，並引發肌絲滑動開始縮短，所需的時間。肌肉處在收縮期會暫時失去興奮性，無法再產生收縮，所以此時期又稱為肌肉的不反應期或是乏興奮期。舒張期則可以再產生收縮，且收縮強度會累加增強。

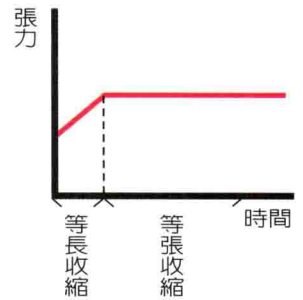
(二) 強直收縮



在肌肉接受連續刺激時，若後一個刺激落在前一個單收縮的舒張期，則後一個刺激引起的單收縮會在前一個單收縮的舒張期發生疊加，引發肌肉不鬆弛，成連續收縮狀態，形成強直收縮 (tetanus contraction)。強直收縮的力度要比單收縮強四倍。骨骼肌才有強直收縮現象。

(三) 等長收縮和等張收縮

肌肉在興奮收縮時，肌肉長度和張力都有變化。當肌肉收縮時長度不變，只有張力增加，稱為等長收縮 (isometric contraction)。如果只有長度縮短，張力不變，則稱為等張收縮 (isotonic contraction)。在人體活動時，骨骼肌既有等張收縮也有等長收縮，往往是兩種收縮形式不同程度的複合。例如當手舉重物，如果肌肉收縮，但是肌肉張力小於重物的重量時，無法將重物提起，肌肉此時處在等長收縮狀態，沒有縮短。但是隨著參與的運動單位與肌細胞越多，收縮張力逐漸增加，當肌肉張力等於重物的重量時，此時肌肉開始縮短，肌肉此時處在等張收縮，張力不變，肌肉長度縮短，將重物提起。若肌肉再增加收縮強度，使張力大於重物的重量時，重物就會被拋出。



九、骨骼肌與運動

骨骼肌分佈於全身的骨骼上，藉由肌腱連結兩塊骨骼，並且會跨越過至少一個關節 (joint)，收縮時造成關節的運動。當肌肉收縮時固定不動的一端稱為起端 (origin)；收縮時會移動的一端稱為止端 (insertion)。有些肌肉甚至可越過兩個或以上的關節。

身體的單一動作很少是單條肌肉收縮的結果，大部分是由數條肌肉成群的相互協調而產生。一般來說當關節產生一個動作時，實際收縮引發動作的肌肉群就稱為作用肌群 (agonists)。協助穩定作用肌群或是穩定關節來完成此一動作的肌群稱為協同肌群 (synergists)。而產生相反作用的肌群稱為拮抗肌群 (antagonists)。當作用肌群收縮時，拮抗肌群就放鬆；反之當拮抗肌群收縮時，作用肌群就放鬆。以肘關節為例，前臂的前面有屈肌群，而前臂的後面則有伸肌群。屈肌群與伸肌群互為拮抗肌群。

十、骨骼肌的命名

骨骼肌可依多種方式來命名。

- (1) 位置：如肋間肌 (intercostal muscle)
- (2) 形狀：如三角肌 (deltoid)、斜方肌 (trapezius) 及前鋸肌 (serratus anterior)
- (3) 大小：如胸大肌 (pectoralis major) 及胸小肌 (pectoralis minor)
- (4) 肌纖維走向：如腹外斜肌 (external oblique abdominis) 及腹內斜肌 (internal oblique abdominis)

(5) 起端的數目：如肱二頭肌 (brachial biceps) 與肱三頭肌 (brachial triceps)

(6) 起端與止端位置：如胸鎖乳突肌 (sterno-cleido-mastoid muscle)

(7) 作用：如旋前肌 (pronator) 及旋後肌 (supinator)

肌肉命名的方式無法全部列舉，可能同時採用位置、大小與作用等兩種方式以上。如果能了解命名的原則，則對肌肉的學習將有很大的幫助。

貳、身體主要的骨骼肌介紹

全身的骨骼肌可依分佈的區域分為中軸肌 (axial muscle) 和附肢肌 (appendicular muscle) (圖 1.4)。骨骼肌的介紹一般先說明起端及止端，其次說明收縮的作用，並且說明支配的神經。

一、中軸肌

分為頭部、頸部、胸壁、腹壁、骨盆底部、會陰底部及背部的肌肉。

(一) 頭部的肌肉

1. 表情肌 (muscles of facial expression)

表情肌分佈於顏面、口、眼、耳、鼻的四周，這些肌肉起端附於頭顱骨，止端附著於皮膚。肌肉界線並不明顯。由於表情肌沒有像一般肌肉跨越關節，而是連結皮膚，因此當這些小且薄的表情肌收縮時，會引起顏面皮膚及五官的表情變化，因此稱為表情肌 (圖 1.5)。又因為拉扯顏面的皮膚運動，因此造成顏面皺紋的產生。且皺紋的紋路恰與肌纖維的排列方向垂直。表情肌肉均由胚胎頭部的第二對咽弓 (2nd pharyngeal arch) 衍生而來，全部是由第七對腦神經 (顏面神經) 所支配。簡述如下：

(1) 額枕肌 (fronto-occipital muscle)：分為前面的額肌和後面的枕肌。

(2) 皺眉肌 (corrugator) 和眼輪匝肌 (orbicularis oculi)：此兩條為眼眶四周的肌肉。

(3) 提上唇肌 (levator labii superioris)、顴小肌 (zygomaticus minor)、顴大肌 (zygomaticus major)、提嘴角肌 (levator anguli oris)、笑肌 (risorius)、降下唇肌 (depressor labii inferioris)、降嘴角肌 (depressor anguli oris)、頰肌 (mental-

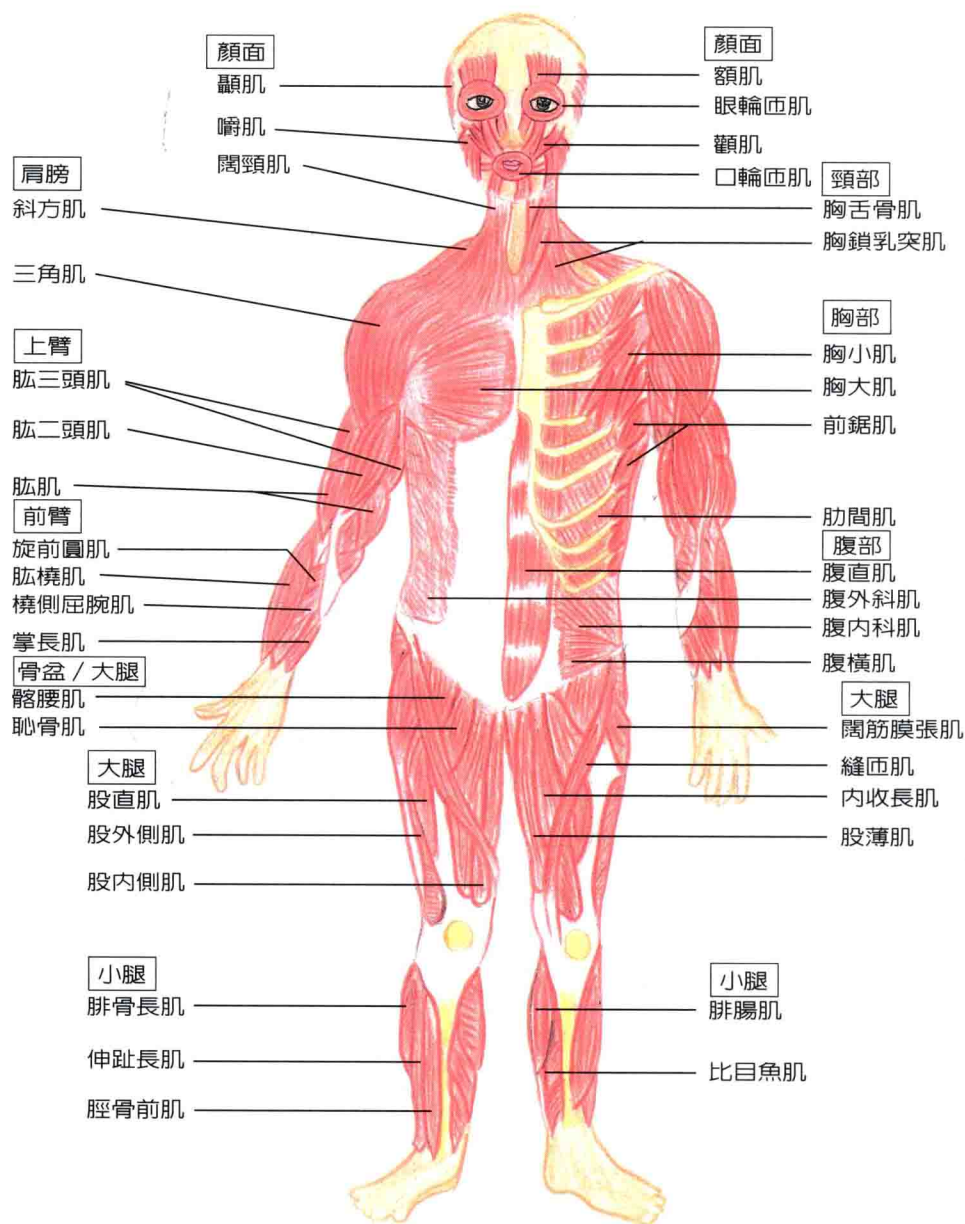


圖 1.4a 身體淺層的肌肉－前面觀。

is)、口輪匝肌 (orbicularis oris) 和頰肌 (buccinator muscle)：圍繞口部四周的肌肉。

上述這些表情肌都受到顏面神經的支配，如果顏面神經受損或切斷，則這些肌肉無法收縮，因而無法表現眨眼、皺眉、吮吸、哭或笑等表情，稱為顏面

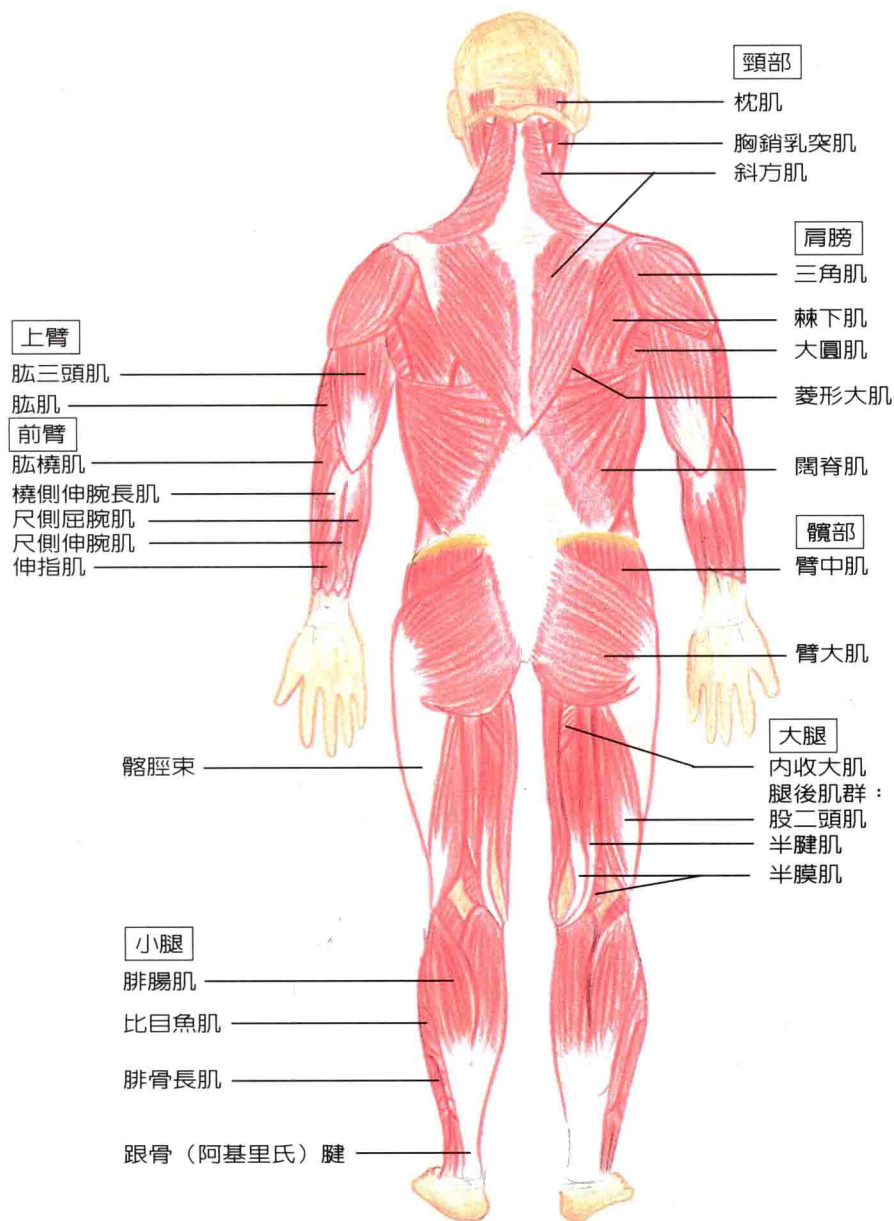


圖 1.4b 身體淺層的肌肉－後面觀。

神經麻痺症，又稱為貝爾氏面癱 (Bell's palsy)。

2. 咀嚼肌 (muscles of mastication)

咀嚼肌起端在頭顱骨，止端附著於下頷骨，收縮可以造成顳顎關節 (temporo-mandibular joint, TMJ) 運動，使下頷骨上提與下壓造成咀嚼動作。咀嚼肌