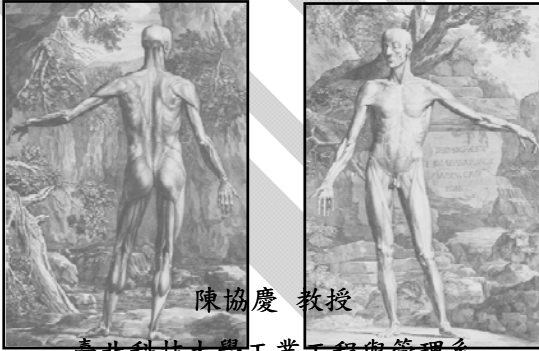


肌肉系統

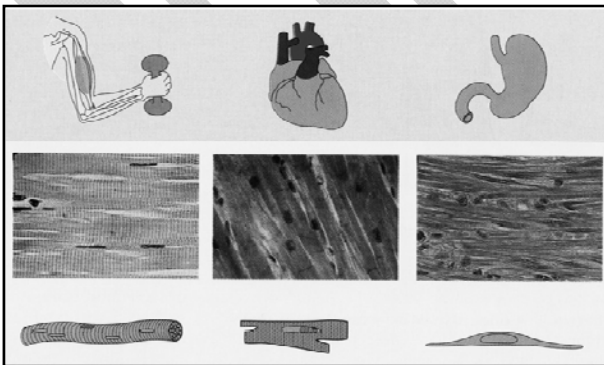


臺北科技大學工業工程與管理系

講解內容

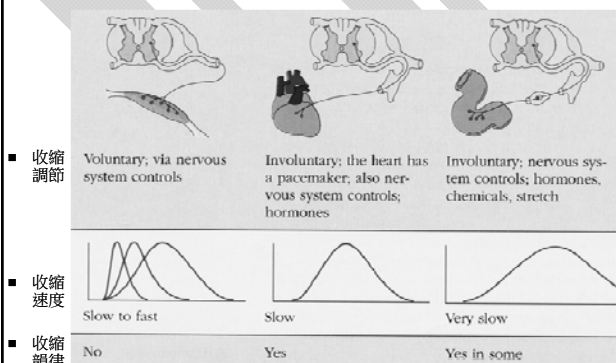
- 骨骼肌構造
- 神經肌肉作用
- 骨骼肌收縮模式
- 骨骼肌與肌纖維特性

肌肉種類



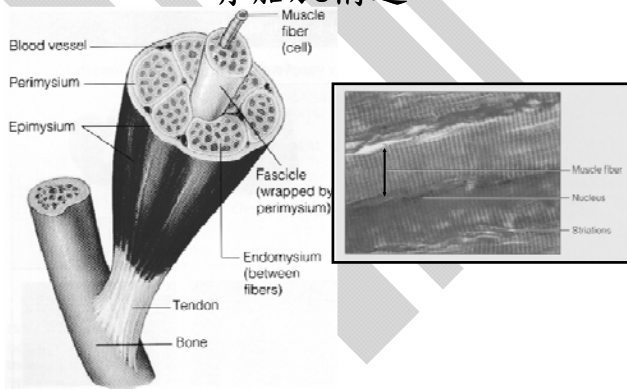
- 骨骼肌→橫紋，隨意
- 心肌→具有紋路，非隨意
- 平滑肌→消化、泌尿器官，非隨意

肌肉種類



	骨骼肌	心肌	平滑肌
收縮調節	隨意 神經系統控制	非隨意 具起搏器 賀爾蒙 神經系統控制	非隨意 神經系統控制 賀爾蒙 化學物質 拉撐(stretch)
收縮速度	慢至快	慢	極慢
收縮韻律	無	有	時有

骨骼肌構造



肌肉(muscle)



肌束(fascicle)

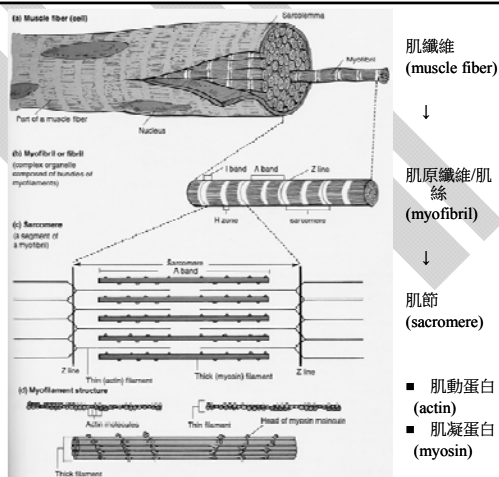


肌纖維(muscle fiber)



肌原纖維(myofibril)

骨骼肌構造



肌纖維(muscle fiber)



肌原纖維/肌絲(myofibril)

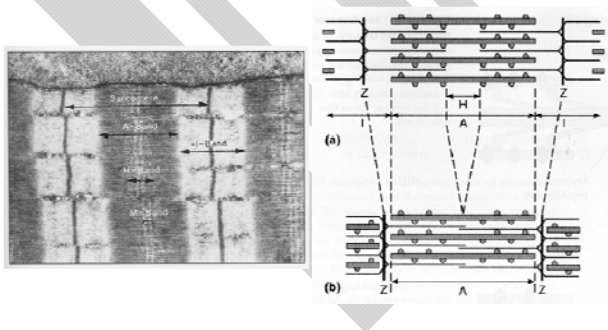


肌節(sarcomere)

➢ 肌動蛋白 (actin)

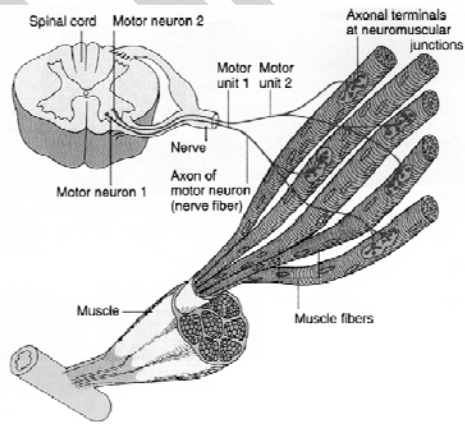
➢ 肌凝蛋白 (myosin)

骨骼肌肌絲構造



圖示肌節構造與其顯微組織之對照

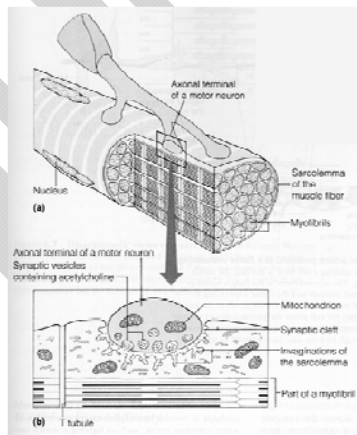
運動單位



運動單位：一條運動神經與其所控制之肌纖維

運動單位遵守「全有」或「全無」之運動方式

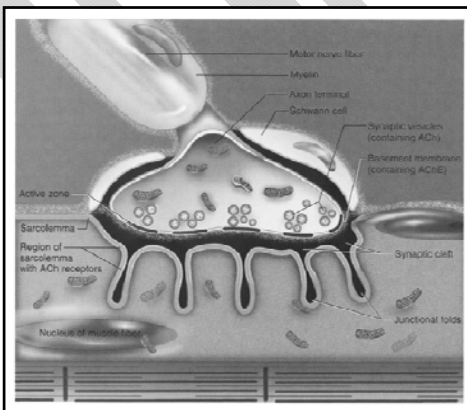
神經肌肉介面



(a)圖示運動神經之軸索末端（運動終板）與肌纖維形成之接點

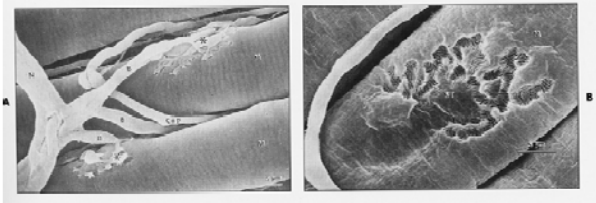
(b)當運動神經之神經衝動傳遞至運動終板時，其小囊中之神經傳導物質 (Ach, acetylcholine, 乙醯膽素)即被釋放出來。Ach滲透通過神經接合的間隙後，與肌纖維膜之Ach受器接合，造成肌纖維膜電位之改變。

運動神經與肌纖維之接合



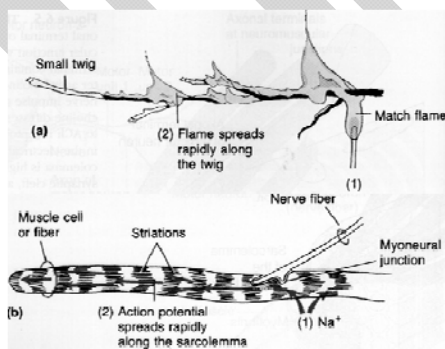
運動神經與肌纖維之接合圖示。顯示細胞內構造，以及與神經肌肉動作電位傳導有關之薄膜通道。

神經與肌肉接合



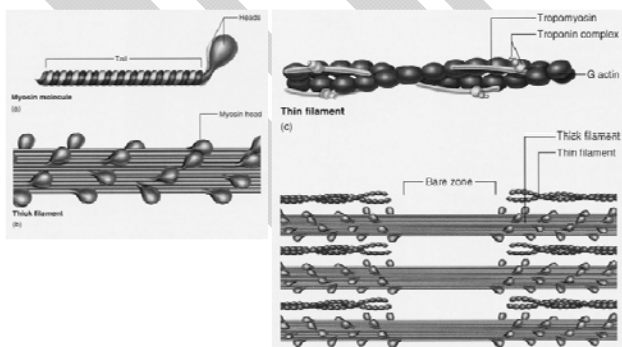
顯微下運動神經與肌纖維之接點。
運動終板被移除後所留下之間隙，顯示運動神經與肌纖維並沒有實質的接觸。

動作電位傳遞



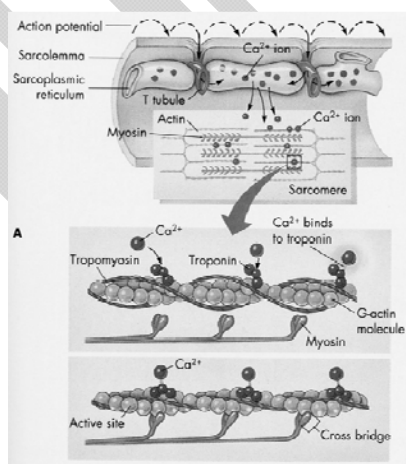
當肌細胞受到運動神經刺激而產生細胞膜通透現象，隨即因鈉離子 Na^+ 迅速滲透進入細胞中，導致形成之動作電位(action potential)如同火焰燃燒細枝條般地擴展延燒。

收縮結構



骨骼肌與心肌收縮肌蛋白質之分子結構。

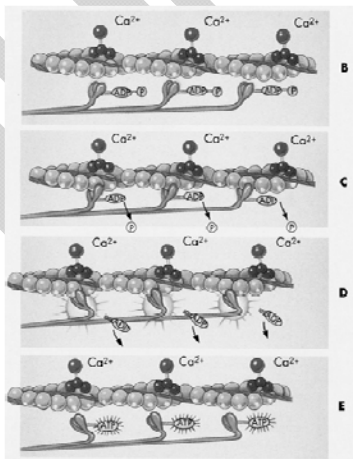
骨骼肌收縮模式



骨骼肌與心肌收縮之過程。肌纖維膜之「去極化」(depolarization)被傳遞至T管，造成肌漿網內鈣離子(Ca^{++})被釋放出來，促成後續之收縮過程。

(a) Ca^{++} 與肌蛋白混和物(troponin)結合，改變肌動蛋白(actin-tropomyosin)之型態，露出肌動蛋白與肌凝蛋白可鍵結之部位。

骨骼肌收縮模式



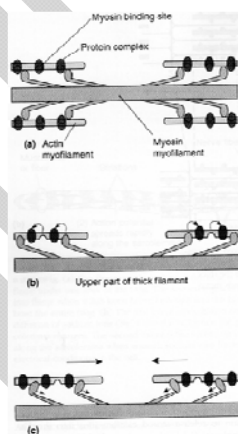
(b) Ca^{++} 與肌蛋白混和物(troponin)結合，改變肌動蛋白(actin-tropomyosin)之型態，露出肌動蛋白與肌凝蛋白可鍵結之部位。

(c) 肌動蛋白與肌凝蛋白的結合造成橫向的移動(收縮)。

(d) 由代謝所提供的新ATP結合至myosin head上，造成肌動蛋白與肌凝蛋白的分離。

(e) ATP的分解使myosin head恢復至垂直作態。(圖b)

肌絲滑動假說

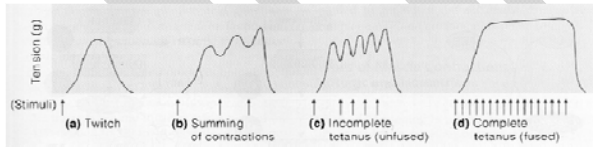


骨骼肌收縮與鬆弛過程

1. 運動神經元放電
2. 運動終板處傳遞物質放出
3. 終板處膜對 Na^{+} 及 K^{+} 的傳導度增加
4. 終板電位產生
5. 肌纖維肌膜活動電位發生
6. 去極化作用使電波傳至T管
7. 傳至肌小胞體
8. 肌小胞體(肌漿網) Ca^{++} 游離
9. 肌原纖維活化收縮 (Ca^{++} 與 troponin 結合)
10. Ca^{++} 被 pump 回肌小胞體(肌漿網)
11. Ca^{++} 由 troponin 上釋放

能源代謝

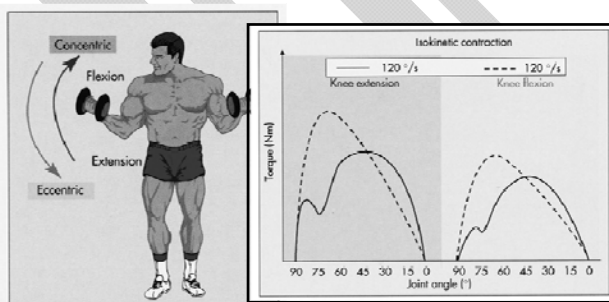
肌肉對刺激頻率之反應



收縮型態名詞解釋

- 肌肉於固定張力下收縮產生長度改變稱為等張收縮(isotonic contraction)
- 肌肉於固定長度下收縮施力稱為等長收縮(isometric contraction)
- 肌肉於固定長度變化率下收縮施力稱為等速收縮(isokinetic contraction)
- 肌肉收縮施力產生長度縮短稱為向心收縮(concentric contraction)
- 肌肉收縮抵抗外力產生長度伸長稱為離心收縮(eccentric contraction)

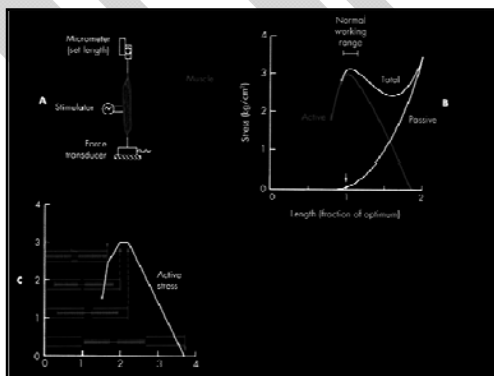
骨骼肌收縮型態



受到肌肉長度與張力關係之影響，肌肉可產生之最大收縮力量會隨著關節角度的改變而改變。

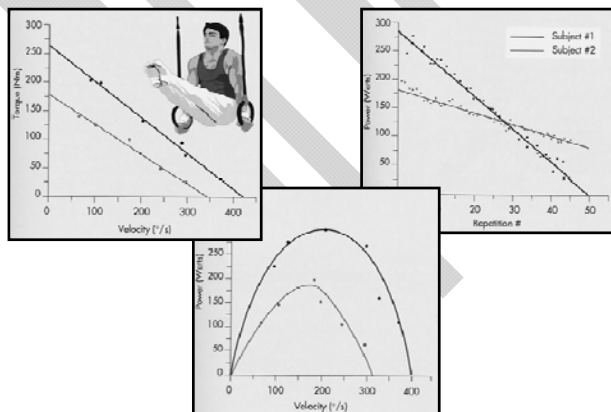
在等速收縮下，最大向心收縮與最大離心收縮所產生之力量變化型態類似，惟最大離心收縮產生之張力較最大向心收縮為大。

長度-張力關係



- 於試管中進行肌肉收縮實驗獲得肌肉長度與張力之關係
- 將張力中非主動元件之張力移除後，所餘下之張力稱為“主動式張力(active tension)”

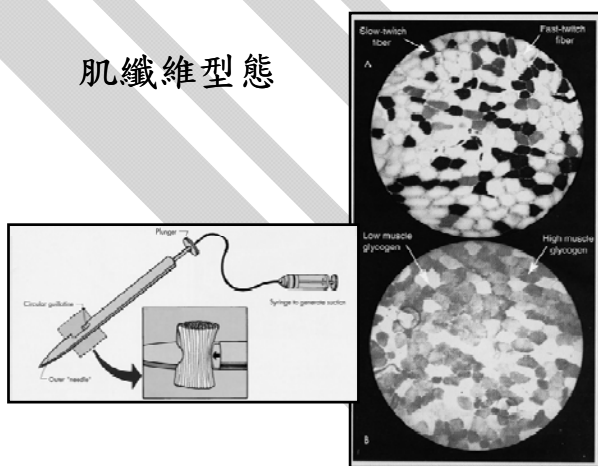
速度-張力關係



受到肌肉收縮速度與張力關係之影響，肌肉可產生之最大收縮力量隨著收縮速度增加而減少。

肌肉收縮所產生之功率($W=F \times v$)亦隨收縮速率改變而改變。

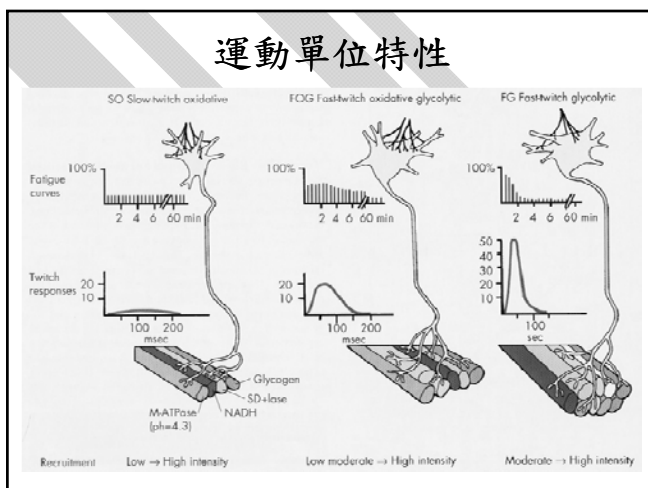
肌纖維型態



不同收縮性質之肌纖維經染色後於顯微鏡下所呈現之差異。

- 呈現深色（紅色）之肌肉為慢肌(slow-twitch oxidative, SO)。
- 呈現白色之肌肉為快肌(fast-twitch glycolytic, FG)

運動單位特性



肌纖維型態之特徵

肌纖維種類	張力	速度	抗疲勞	氧化能力	解糖能力
白肌 (快肌) FT (F)	+++	+++	+	+	+++
混合肌 FOT (FR)	++	++	++	++	++
紅肌 (慢肌) ST (S)	+	+	+++	+++	+