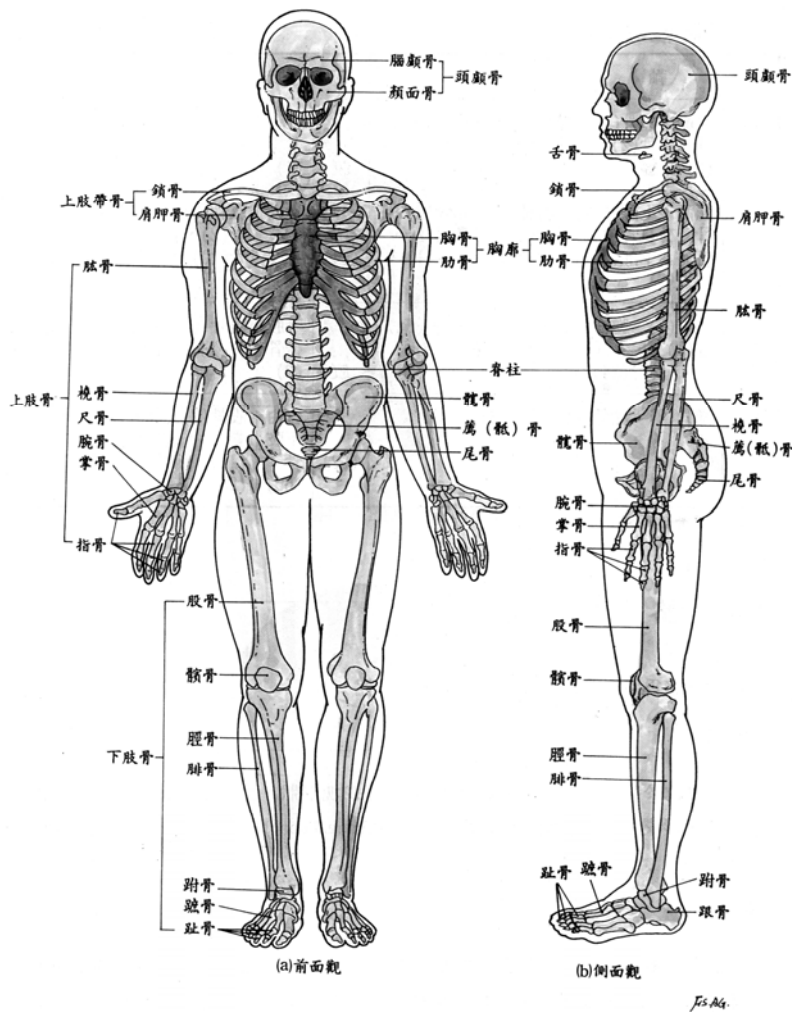


一、人類骨骼結構

成年人的骨頭 206 塊，包括 80 塊中軸骨骼、及 126 塊附肢骨骼：

1. 中軸骨骼 (axial skeleton) 位於中軸周圍，包括頭顱骨、胸骨、肋骨及脊椎骨等。
2. 附肢骨骼 (appendicular skeleton) 包含游離之上肢骨、下肢骨、及連接四肢骨於中軸骨之帶狀骨(girdles，如鎖骨 (clavicle)、肩胛骨 (scapula)、髖骨 (hip bone))。



二、關節分類—結構性分類

1. 纖維關節 (fibrous joint)：沒有關節腔，骨骼以纖維結締組織結合在一起，如頭蓋骨骨縫。
2. 軟骨關節 (cartilaginous joint)：沒有關節腔，關節以軟骨結合在一起，如肋骨與胸骨之結合、恥骨聯合。
3. 滑液關節 (synovial joint)：具有關節腔，形成關節的骨骼是以包在外面的關節囊及附屬韌帶結合在一起，如肩關節、膝關節。

三、關節分類—功能性分類

1. 不動關節 (synarthroses)：不具有活動性的關節，如長骨中的骨垢板。
2. 微動關節 (amphiarthroses)：可作有限度的運動，如恥骨聯合。
3. 可動關節 (diarthroses)：可作自由的活動，如腕關節、膝關節等。

四、骨骼肌組織

如圖 1 及 2 所示，骨骼肌 (skeletal muscles) 由多個肌束所組成，肌束由多條肌纖維 (muscle fibers, 又稱肌細胞) 組成，而肌纖維又由多條肌原纖維 (myofibril, 又稱肌纖維素) 組成。骨骼肌具有橫紋，是由肌原纖維的纖維所造成，肌原纖維主要是由二種絲狀的肌絲 (myofilaments) 所構成，細的肌絲稱為肌動蛋白 (actin)，又稱肌細絲，粗的肌絲稱為肌凝蛋白 (myosin)。肌動蛋白絲與肌凝蛋白絲有一部分重疊，藉由橫橋 (cross bridge) 維繫在一起 (如圖 2 至圖 4 所示)。

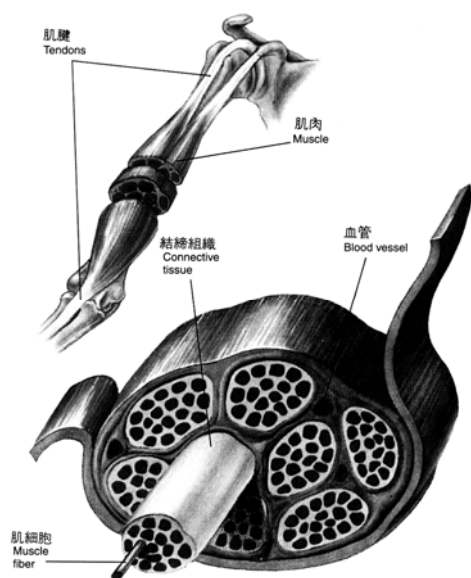


圖 1 肌肉組織

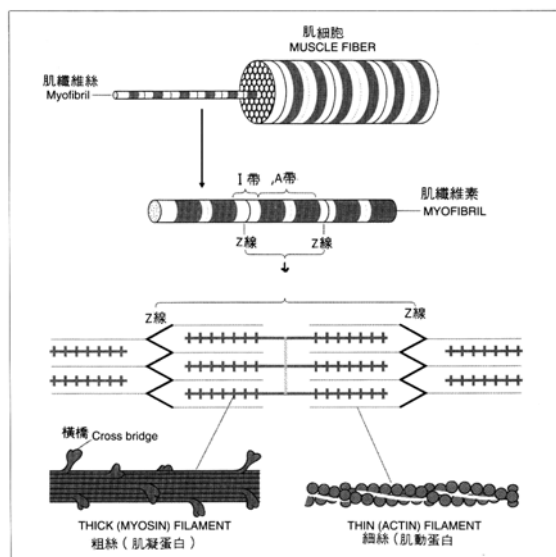


圖 2 肌絲結構

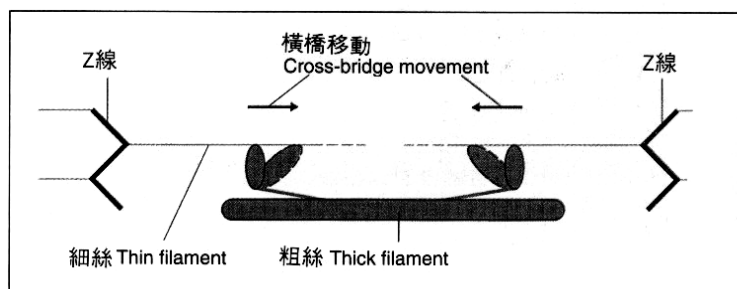


圖 3 橫橋 (cross bride)

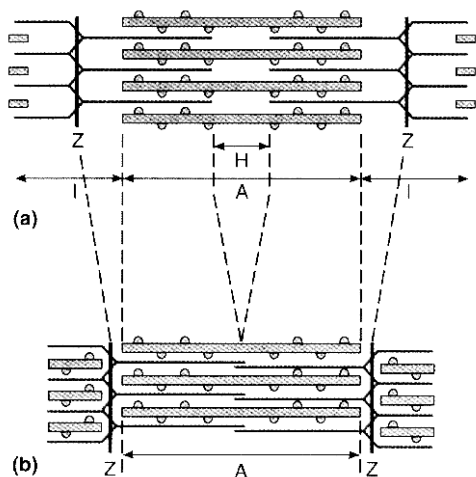


圖 4 肌絲滑動假說

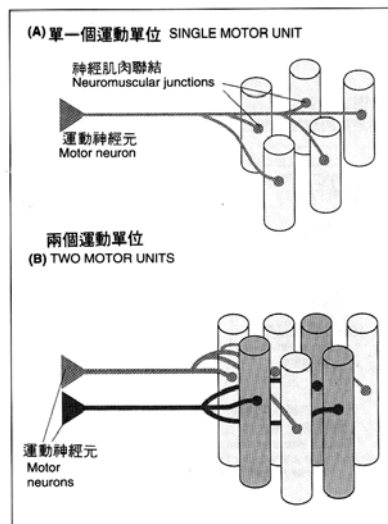
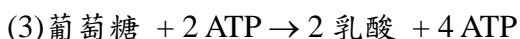
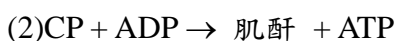


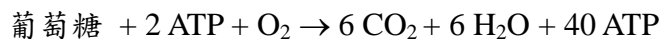
圖 5 運動單位 (motor unit)

五、能量反應過程

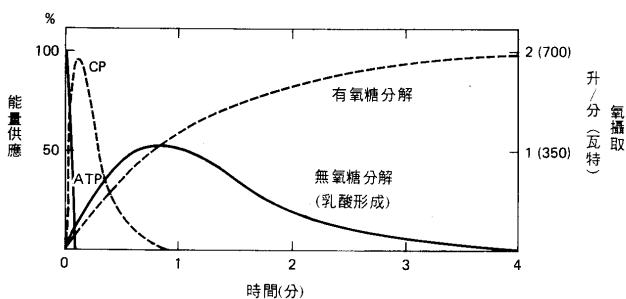
1. 無氧反應過程 (anaerobic processing)



2. 有氧反應過程 (aerobic processing)



附註：ATP：三磷酸腺苷酸 ADP：二磷酸腺苷酸 CP：磷酸肌酐



人類從事工作時，前幾分鐘的能量來源

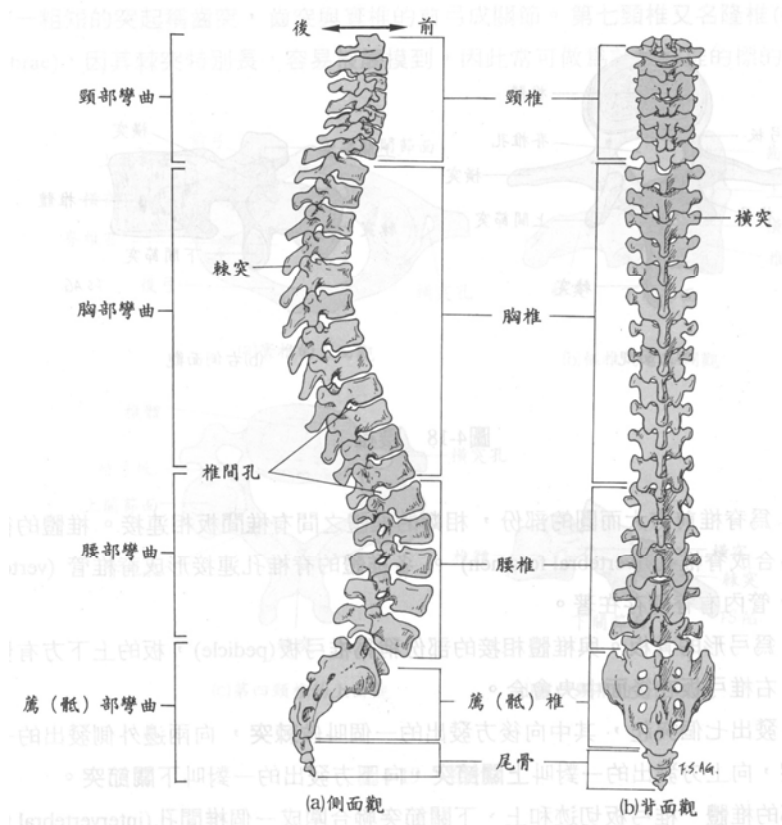


從事體力工作時，耗氧量及心搏率之量測

六、人工物料搬運 (Manual Materials Handling, MMH) 意義

在沒有藉助外力的情況下，利用身體徒手進行的搬運行為，稱之。常見的搬運型態有：抬舉 (lifting)、卸下 (lowering)、推 (pushing)、拉 (pulling)、提攜 (carrying) 及握持 (holding) 等動作。

人工搬運作業對於人體各關節均會產生壓力 (stresses)，對於下背部，尤其在 L4/L5 及 L5/S1 的椎間盤部位，其產生的壓力較其他部位大，因此極易造成此處的背部傷害 (人類脊椎構造圖如附)。



人體脊椎構造：7 節頸椎（C）、12 節胸椎（T）、5 節腰椎（L）、5 節薦椎癒合成一塊薦骨（Sacrum）及 3-5 節尾椎癒合成一塊尾骨（Coccyx），他們的作用是保護脊髓、運動、負重等功能。

七、人工抬舉指引（Lifting Guideline）

美國國家職業安全衛生研究所（NIOSH）於 1981 年綜合流行病學、生物力學、工作生理學、及心理物理學等方面研究資料，訂定人工抬舉指引，提供不同作業條件下的最佳抬舉重量。該指引適用的作業條件為：1.平順的抬舉動作；2.雙手、對稱性抬舉；3.箱寬需小於 75cm；4.不限制抬舉姿勢；5.適當的把手、鞋子、地面等；6.良好的作業環境。

所謂「心理物理法」簡稱心物法（psychophysical approach）探討人們的感覺強度與物理刺激強度二者間的關係，稱之。當使用心物法來研究抬舉作業時，受試者必須在不過度施力和過度疲勞的情形下，根據自身的施力知覺，來調整負荷的重量。

受試者最後所決定的重量，則稱為在一給定的情況下（如抬舉的頻率、抬舉時的高度、物品的大小等）的『最大可接受的抬舉重量』（Maximum Acceptable Weight of Lift，簡稱 MAWL）

NIOSH 人工抬舉指引（1981 年）設定二個風險水準：活動界限（action limit, AL）、及最大容許界限（maximum permissible limit, MPL）

活動界限 (AL) 及最大容許界限 (MPL)		
研究方法	AL 水準說明	MPL 水準說明
流行病學	工作負荷超過 AL, 受傷的風險會增加	工作負荷超過 MPL 時, 肌肉骨骼受傷率及嚴重性均會顯著增加
生物力學	大部份作業員 L5/S1 椎間盤可忍受的壓力約為 3400N, 此壓力約在 AL 狀況下產生	大部份作業員的 L5/S1 椎間盤壓力無法忍受超過 6400N, 此狀況約在 MPL 狀況下產生
生理學	AL 狀況下的新陳代謝量為 3.5 Kcal/min	MPL 狀況下的新陳代謝量為 5.0 Kcal/min
心物法	有 99% 的男性或 75% 的女性可從事 AL 的工作	僅有 25% 的男性或 1% 的女性能從事 MPL 程度的工作

NIOSH (1981年) 抬舉指引：

$$AL = 40 \times (15/H) \times (1 - 0.004 \times |V - 75|) \times (0.7 + 7.5/D) \times (1 - F/F_{\max})$$

$$MPL = 3 \times AL$$

AL 與 MPL 單位：Kg

H：負荷中心至兩踝中心的水平距離 (cm)

V：地面至負荷中心的垂直距離 (cm)

D：垂直抬舉高度範圍 (cm)

F：抬舉頻率 (lifts/min)

F_{max}：可維持之最大抬舉頻率 (lifts/min)

NIOSH (1991年) 抬舉指引：

RWL (recommended weight of limit, 建議重量極限值)

$$= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

$$= 23 \times (25/H) \times (1 - 0.003 \times |V - 75|) \times (0.82 + 4.5/D) \times (1 - 0.0032A) \times FM \times CM$$

LC：負荷常數 (Load Constant)

HM：水平距離乘數 (multiplier)

VM：起始點的垂直高度乘數

DM：抬舉的垂直移動距離乘數

AM：身體扭轉角度乘數

FM：抬舉頻率乘數 (Frequency Multiplier)

CM：握把乘數 (Coupling Multiplier)

A：身體扭轉角度 (相對於矢狀面, sagittal plane)

$$(1) HM = 25/H \quad (\text{單位: 公分})$$

$$H \leq 25, HM = 1; \quad H > 25, HM = 0.5; \quad H > 63, HM = 0; \quad 0.4 \leq HM \leq 1$$

$$(2) VM = 1 - 0.003 |V - 75| \quad (\text{單位: 公分})$$

$$0 \leq V \leq 175; \quad V > 175, VM = 0; \quad 0.7 \leq VM \leq 1, \quad V = 0, VM = 0.78$$

(3) $DM = 0.82 + (4.5/D)$ (單位: 公分)

$25 \leq D \leq 175$; $D < 25, DM = 1$; $D > 175, DM = 0$; $0.85 \leq DM \leq 1$

(4) $AM = 1 - 0.0032A$ (單位: 度)

$0 \leq A \leq 135$; $A > 135, AM = 0$; $A = 90, AM = 0.71$; $0.57 \leq AM \leq 1$

(5) FM, CM 查表可得

抬舉指標 (LI, Lifting Index):

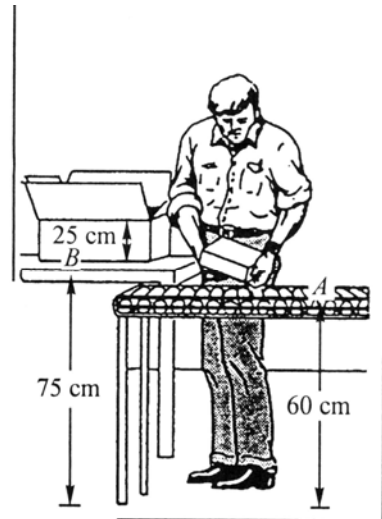
1991年使用抬舉指標 (LI, Lifting Index) 來評估抬舉作業是否有引發LBP的可能性，LI的計算方式如下：

$$LI = \frac{\text{Load Lifted}}{RWL}$$

當 LI 值小於 1 時，表示該作業安全；當 LI 值大於 1 時，有部份學者持保留態度，亦有指出 $LI > 1$ 不會使 LBP 發生機率有所增加 (Ayoub and Mital, 1989)。但 $LI > 3$ 將使下背部受傷機率大為增加，此為大部份學者專家所相信。

例題：

某作業員從事包裝作業，包裝時由A輸送帶取成品（9公斤重），轉身 90 度放入紙箱中，作業之頻率為每分鐘三件，作業員雙腳踝中點連線至手部握持處之水平距離為 35 cm，裝箱時其上半身需右轉 90⁰，紙箱裝滿後用膠帶封箱，並將箱子推至B輸送帶。工作時間為 8 小時，試問此工作是否需改善？（摘自：李開偉著，實用人因工程學，全華科技）



解答：

$H = 35 \text{ cm}$ $HM = 25/35 = 0.71$
 $V = 60 \text{ cm}$ $VM = 1 - 0.003 | 60 - 75 | = 0.955$
 $D = 40 \text{ cm}$ $DM = 0.82 + (4.5/40) = 0.93$
 $A = 90 \text{ 度}$, $AM = 1 - 0.0032 \times 90 = 0.71$
 $C = \text{普通}$, $CM = 0.95$ (查表而得)
 $F = 3 \text{ 次/min}$, $FM = 0.55$ (查表而得)

RWL

$= 23 \times (25/H) \times (1 - 0.003 \times |V - 75|) \times (0.82 + 4.5/D) \times (1 - 0.0032A) \times FM \times CM$
 $= 23 \times 0.71 \times 0.955 \times 0.93 \times 0.71 \times 0.55 \times 0.95$
 $= 5.4 \text{ kg}$

$LI = 9/5.4 = 1.66 > 1$ 故該作業有下背傷害風險，應加以改善

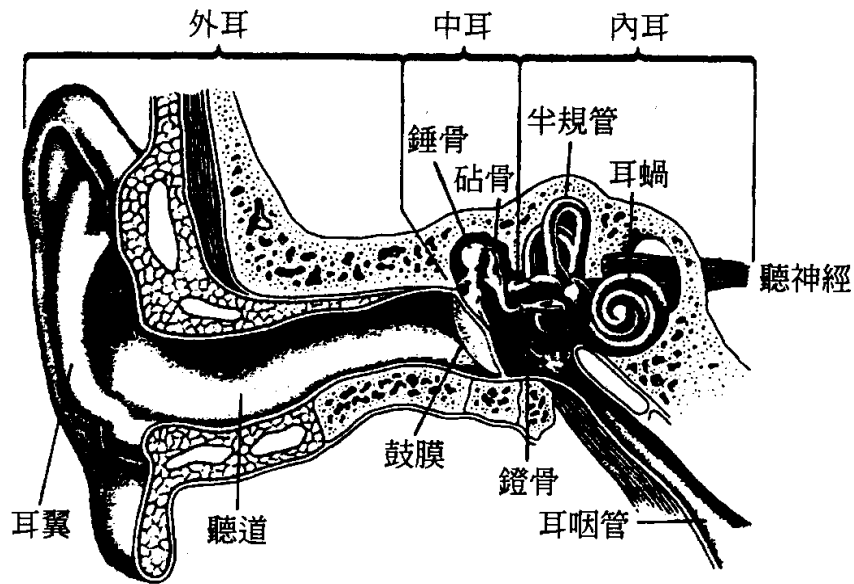


圖 9.1 外耳、中耳與內耳(資料來源：White, 1975)

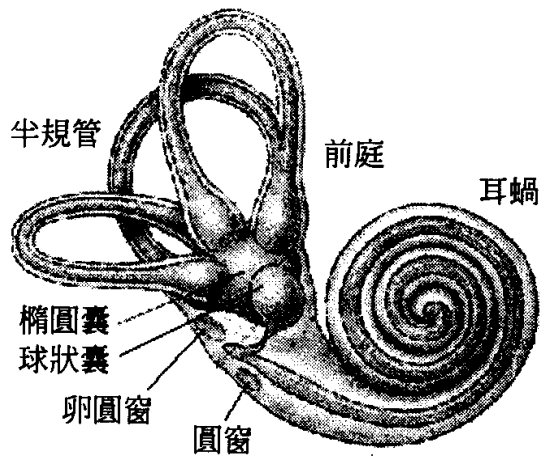


圖 9.2 內耳的構造(資料來源：道氏醫學大辭典)

資料來源：李開偉，實用人因工程學，全華科技