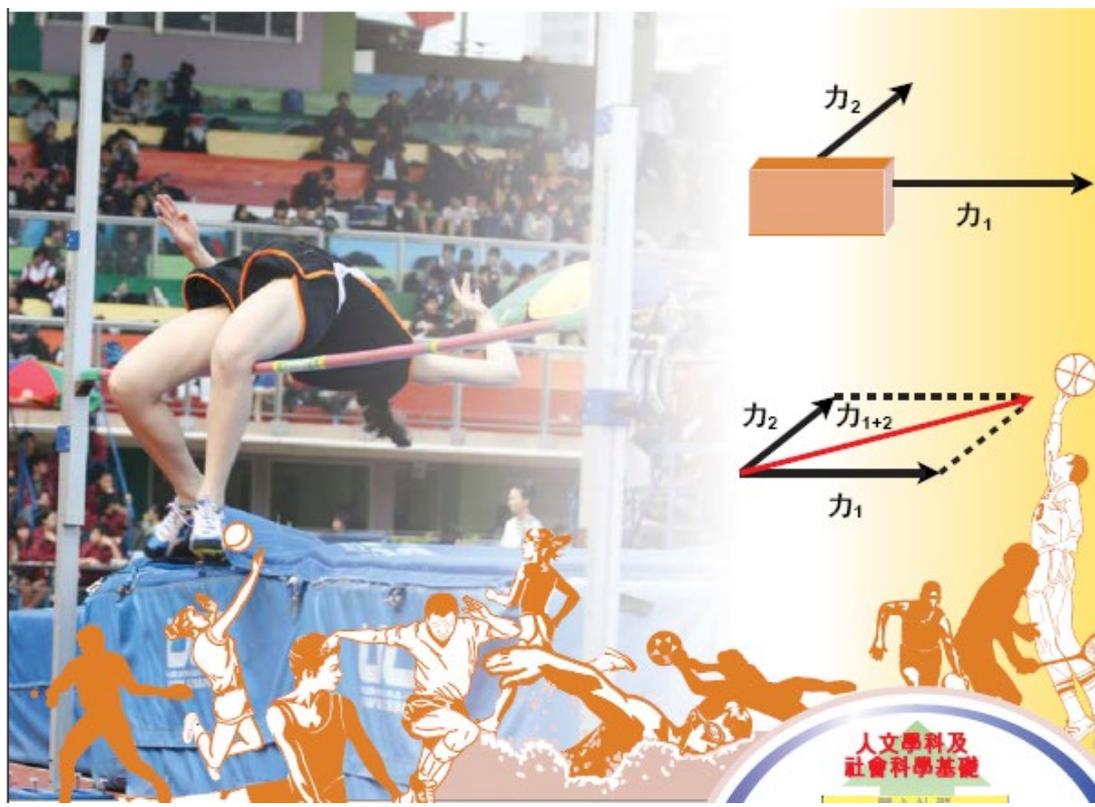


體育

(香港中學文憑)

第三部分：動作分析



香港特別行政區政府 教育局
課程發展處 體育組

2024

(於 2024 年 9 月更新)

目錄	頁數
學習目標	2
詞彙	3
基要概念和理論	
甲、基本力學概念	5
乙、人體動作的類別	12
丙、表現分析：步驟和指引	16
探究活動舉隅	21
教師參考資料	28
學生參考資料	30
相關網址	31

學習目標

本部分與物理科的學習內容有聯繫，涵蓋身體活動的基本原理，旨在引導學生明白身體活動的科學基礎，並將所學知識結合已掌握的心理技能（第七部分），提升在體育、運動及康樂方面的表現或參與相關活動的興趣（第十部分）。學習本部分對加強理解運動創傷的成因（第六部分）亦有裨益。

預期學習成果：學生將能夠

1. 舉例說明牛頓運動定律的內容和意義；
2. 運用槓桿原理改善動作表現；
3. 在分析動作表現時，指出肌骨系統中不同類別的動作，認識身體動作的三種活動平面；以及
4. 運用簡單的測量方法，探究運動生物力學的一些基本原理。

詞彙

用語	解釋
1. 加速度 Acceleration	物體速度隨時間的變化率。
2. 生物力學 / 生物機械學 Biomechanics	運用力學的知識及方法去研究有關人體系統中的結構和功能的一門學問。
3. 重心 Centre of gravity	物理學上指一物體所受重力之合力的作用點
4. 位移 Displacement	物體在位置上改變的淨距離。
5. 距離 Distance	物體移動路線的總長度。
6. 力 Force	用於物體或人體的「推」、「拉」動作，可引致靜止的物體移動，或使物體加速或減速，或改變移動方向。 改變物體的運動狀態，使物體速度改變，包括速率和運動方向的改變。
7. 重力 Gravity	宇宙間所有物體的相互引力。很多時，是指地心對地球表面物體的引力。
8. 慣性 / 慣量 Inertia	除非受到外力作用，迫使物體改變其狀態，否則物體會趨於保持靜止或向同一方向作勻速直線運動。
9. 外旋 Lateral rotation	關節的轉動軸向遠離身體中線的方向旋轉。
10. 量值 Magnitude	數值或體積的相對大小。

	用語	解釋
11.	內旋 Medial rotation	向靠近身體中線的方向旋轉；與外旋方向相反。
12.	力矩 / 轉矩 Moment of force / Torque	是力繞一軸心所產生的轉動效果的測量。轉動力矩又稱為轉矩。
13.	牛頓 Newton	力的單位。1 牛頓 (N) 的力使到 1 千克質量的物體產生 1 米/秒 ² 的加速度 ($1 \text{ N} = 1 \text{ kg}\cdot\text{ms}^{-2}$)。
14.	標量 Scalar	只有大小 (或量值) 而不涉及方向的物理量。例如質量、體積、時間等。
15.	速率 Speed	物體移動的距離除以物體走完這段距離所需的時間。
16.	矢量 / 向量 Vector	同時具有大小 (或量值) 和方向的物理量。例如力、位移、速度等。
17.	速度 Velocity	物體位移隨時間的變化率。

基要概念和理論

甲、基本力學概念

i) 牛頓運動定律

見本節的第(v)段。

ii) 運動

在力學中談及的「運動」是指物體在空間的相對位置出現變化。它可以利用速度、加速度、位移和時間來描述。

iii) 速度

是物體位移隨時間的變化率。速率是標量，只有量值（大小），但沒有方向性；而速度則是矢量，具有量值和方向性，可以利用下列公式計算：

$$\text{速度} = \frac{\text{位移}}{\text{所需時間}}$$

iv) 加速度

是在特定時間內速度的變化。加速度是矢量，具有量值和方向性，可以利用下列公式計算：

$$\text{加速度} = \frac{\text{速度的變化}}{\text{所需時間}}$$

或

$$\text{加速度} = \frac{(\text{最終速度} - \text{初始速度})}{\text{所需時間}}$$

v) 力

力是物體與物體之間的「推」、「拉」作用，它可以引致靜止的物體產生運動，也可以使運動中的物體加速、減速或改變方向。

牛頓第一定律：慣性定律

除非受外力作用迫使物體改變其狀態，物體趨於保持靜止或向同一方向作勻速直線運動。

例一：足球員踢點球前，皮球處於「靜止」的狀態；踢球時，運動員需要施力於(踢)足球，以克服足球的慣性，皮球向前方移動。

例二：短跑選手跑到終點時，無法立刻停下來，原因是受到向前的慣性影響。

力是矢量，具有量值和方向性；其單位是牛頓 (N)。

1 牛頓 (N) 的力使 1 千克 (kg) 質量的物體產生 1 米/秒² 加速度。

牛頓第二定律：加速度定律

物體的加速度與它所受的力的大小成正比，並和它的質量成反比；物體加速度的方向與所受的力的方向相同。

例一：排球比賽中，扣球的力量愈大，球的加速愈快，防守亦愈困難。

例二：我們乘坐汽車時就能感受到力與加速度的關係。汽車剛開動時，我們會感受到從座位而來的推力。這力使我們的身體向前加速。如果我們坐過山車，感受到的推力便會更強，加速度也會更大。

為了獲得更大的加速度，運動員必須設法增大力量。如果已知物體的質量和加速度，可按照下列公式計算要產生此加速度所需要的力量：

$$\text{力} = \text{物體的質量} \times \text{加速度}$$

牛頓第三定律：作用與反作用定律

當一個物體的力作用於另外一個物體時，第二個物體必然會對第一個物體產生一個大小相等但方向相反的反作用力。

例一：跳高運動員用力蹬地，會產生向上的地面反作用力，令運動員能躍起，以越過橫杆。

例二：一位跑者的支撐腳在離地前蹬地時，作一個向下、向後的力給地面，地面則產生給跑者一個向上、向前的反作用力，所以跑者能夠向上騰入空中，並且向前進。

vi) 合力

兩個或更多的力同時作用於一個物體時產生的綜合矢量，稱為合力。合力可以利用一個「力平行四邊形」來計算其量值和方向性（見圖 3.1）。

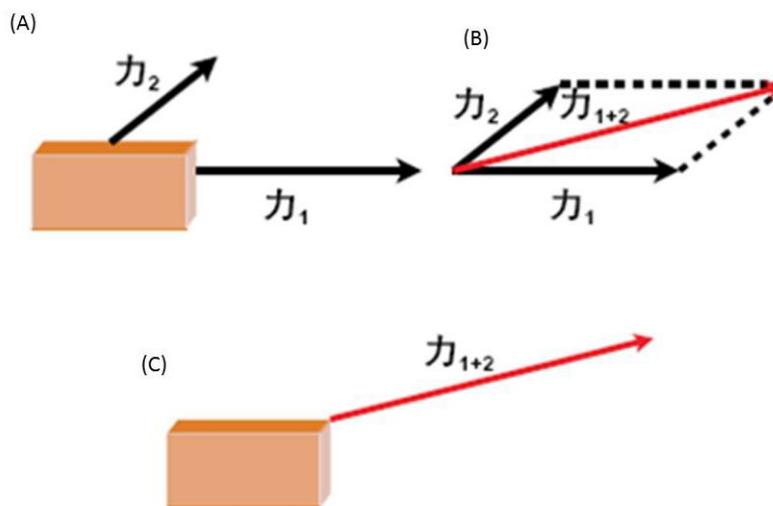


圖 3.1 合力

vii) 重心

地球存在引力，使物體以 9.81 米/秒^2 的加速度下墜，引力對物體的作用點一般都集中於物體質量的中心，進行動作分析時，我們稱這個質量的中心為重心。重心的位置取決於物體內部質量的分佈。在雙臂垂低站立時，人體重心約在身高的 53% 至 57% 位置。人體重心的位置在運動時會經常發生變化。以跳高為例，在過杆時，運動員將背部向後彎屈，令重心位置移到體外，貼近橫杆或處於橫杆之下(見圖 3.2)。



圖 3.2 跳高運動員採用背越式過杆

viii) 槓桿

利用槓桿原理可以提升工作的效率和效能。在日常生活中，應用槓桿原理的例子隨處可見。例如利用扳手鬆開或擰緊螺絲、用鐵錘敲鐵釘和撬鐵釘及運用球棒擊打棒球等。槓桿可以分為三種類型 (見圖 3.3)：

第一類槓桿 - 槓桿的支點位於力點和重點之間

第二類槓桿 - 重點位於槓桿的支點和力點之間

第三類槓桿 - 力點位於槓桿的支點和重點之間

(支點 **Fulcrum**；力點 **Effort**；重點 **Load**)

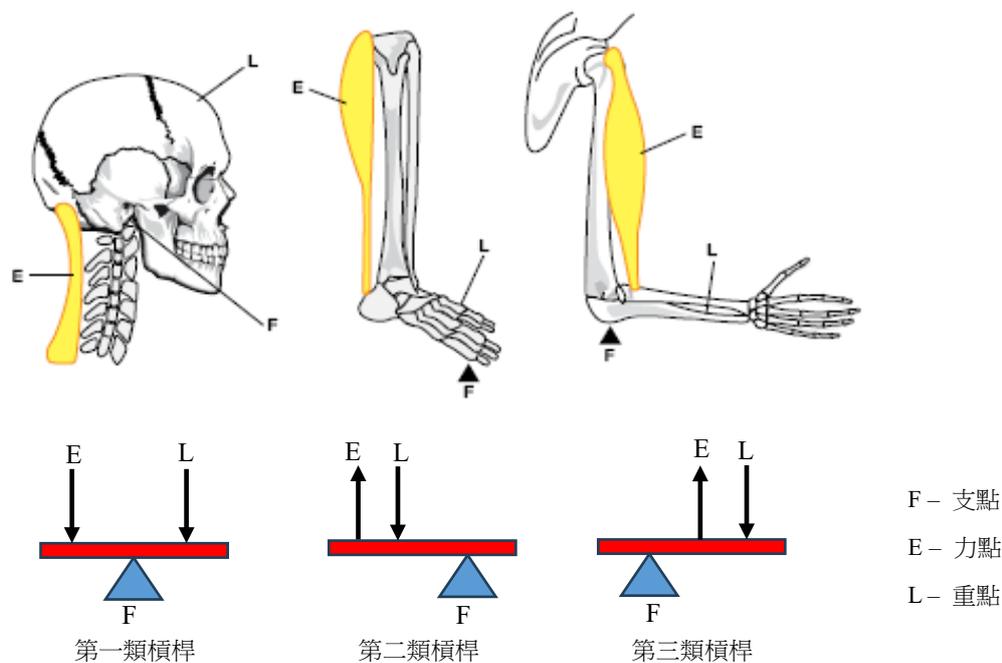
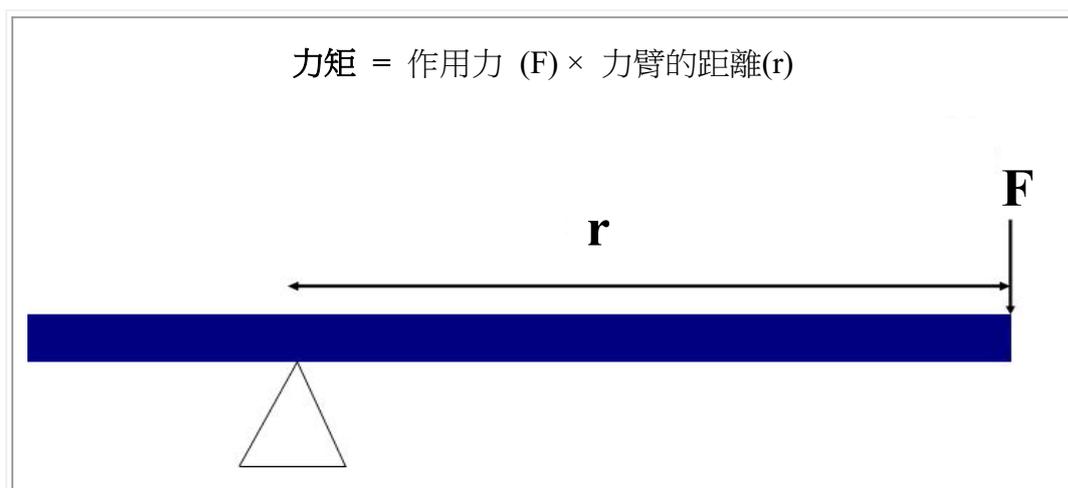


圖 3.3 人體第一、第二及第三類槓桿舉例

若力量不變，我們可以運用槓桿原理移動更重的物體，或提升物體的移動速度，其效能主要是取決於力臂和重臂的長度。

人體的槓桿系統只可以完成旋轉動作，這種圍繞轉軸而產生轉動效果的物理量稱為「力矩」，並與肌止端與關節之間的距離有直接的關係。力矩等於力臂的距離(支點到力的作用線的垂直距離)與作用力的乘積。



在體育活動中應用槓桿原理的例子很多，例如高爾夫球杆的長度會影響擊球的距離。假設能保持揮杆的角速度不變，運用長杆可擊出較遠的距離，而運用短杆所擊出的距離便較近（揮杆的力度可能有所不同）。

ix) 角運動

- **角位移** — 是測量物體繞中心軸線轉動的角度。完整旋轉 1 圈是 360 度（見圖 3.4）。
- **角速度** — 是角位移對於時間的變化率，其單位為度每秒($^{\circ}/s$)或弧度每秒(rad/s)。
- **角加速度** — 是角速度對於時間的變化率，其單位為度每秒平方($^{\circ}/s^2$)或弧度每秒平方(rad/s^2)。
- **轉動慣量** — 是物體對於改變其旋轉運動所產生的阻力。轉動慣量取決於質量圍繞旋轉軸的分佈情況。質量離軸心越遠，產生的轉動慣量就越大；物體內所有質量分佈越靠近軸心，轉動慣量就越低。轉動慣量可以用以下公式計算：

$$\text{轉動慣量} = \text{物體的質量} \times (\text{質量和轉軸的垂直距離})^2$$

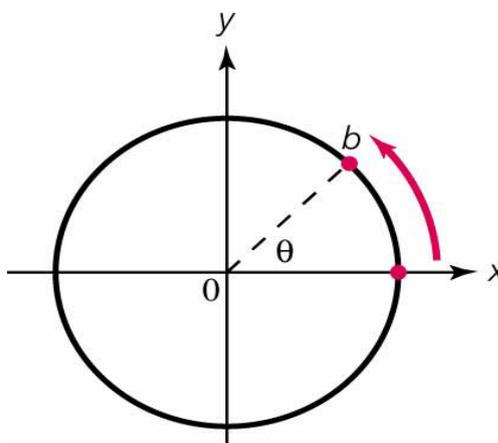


圖 3.4 符號 θ 是表示 b 物體圍繞軌道位移的角度；角速度是指相應時間內角位移的變化率。

● 角運動的牛頓定律

牛頓第一角運動定律 — 旋轉的物體會圍繞軸心旋轉，並以恆角動量保持運動狀態，只有外力作用於物體才可迫使其改變這種狀態。

例子：花式滑冰選手做跳轉時，將身體旋轉後會持續轉動直至著地才會停止。

牛頓第二角運動定律 — 物體的角加速度與物體所受的轉矩成正比，角加速度的方向跟轉矩的方向相同。

例子：向單車輪胎施力方向如圖 3.5 所示，施力越大，產生轉矩會越大，單車輪胎轉動的角加速度會越大。

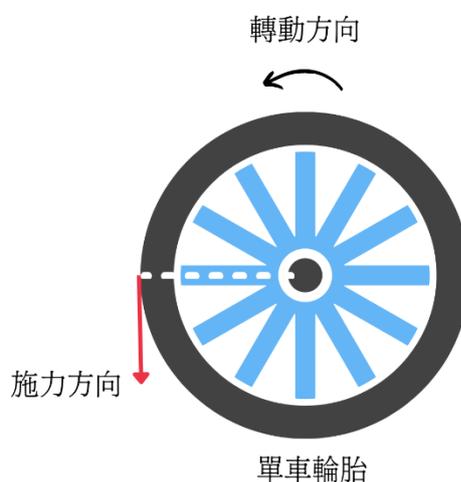


圖 3.5 施力於單車輪胎時所示的轉動方向

牛頓第三角運動定律 — 每個物體的轉矩必然會對另一個物體產生一個大小相等，但方向相反的轉矩。

例子：體操選手在平衡木感到將會失足掉下，她在感到開始失平衡時會嘗試向她跌下的方向擺動手臂(或她的非支撐腳)從而維持平衡。(圖 3.6)

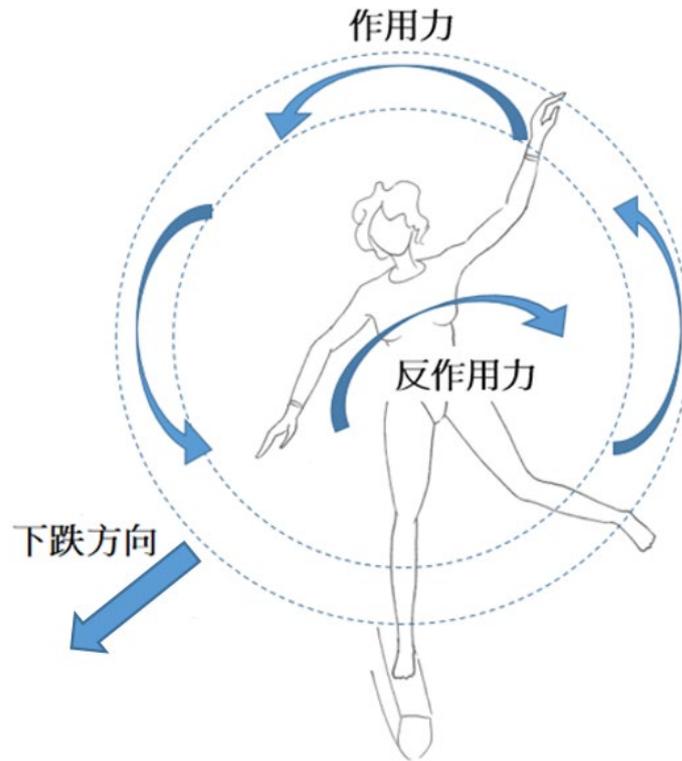


圖 3.6 體操選手在平衡木感到將會失足掉下時的作用力和反作用力的方向

乙、人體動作的類別

i) 人體解剖學姿勢

身體直立，面向前方，兩眼平視正前方，兩足併攏，足尖向前，上肢下垂於軀幹的兩側，掌心向前。(圖 3.7)

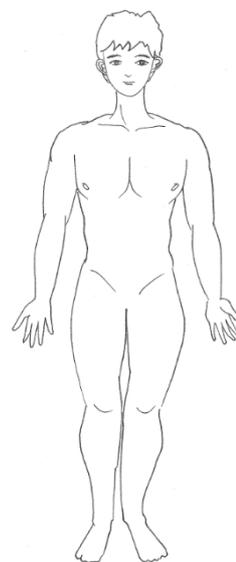


圖 3.7 人體解剖學姿勢

ii) 屈曲／伸展

屈曲 — 連接關節的骨間角度減少而構成屈曲動作 (見圖 3.8)。例如前肢上舉觸摸肩部構成屈曲動作。引致屈曲動作發生的肌肉稱為「屈肌」。按照這種定義，肱二頭肌屬於屈肌。



圖 3.8 手舉向肩部的動作構成屈曲

伸展 — 增加與關節連接的骨間角度會構成伸展動作。人體從「坐下」變成「站立」就是伸展動作的例子。股骨和脛骨之間的角度增加會引致膝關節伸展。構成伸展動作的肌肉稱為「伸肌」。按照這種定義，四頭肌群屬於伸肌。

iii) 外展／內收

外展 — 將肢體移離身體中線的動作，例如將手臂置於身體兩側，並向上舉高 (見圖 3.9a)。

內收 — 將肢體移向身體中線的動作，例如將已舉起的手臂，從側面向身體兩側收攏 (見圖 3.9b)。

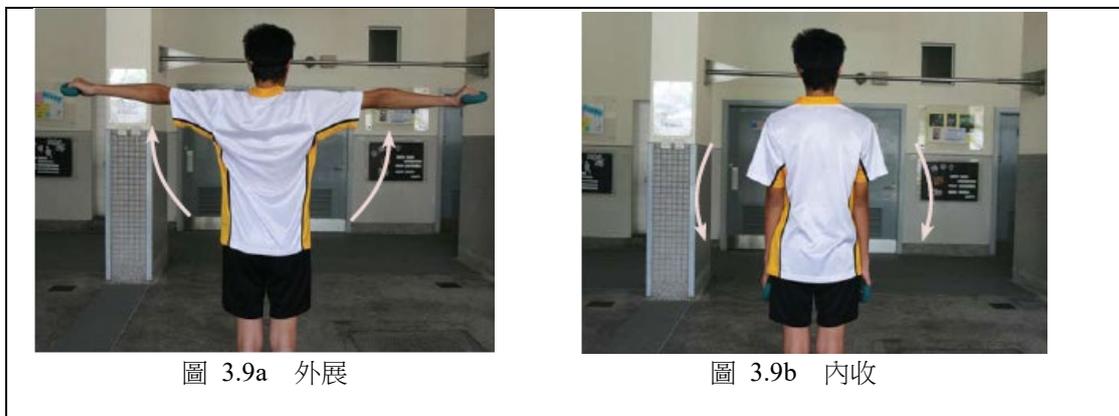


圖 3.9a 外展

圖 3.9b 內收

iv) 旋前／旋後

旋前 — 在肘部產生的旋前動作，涉及橈骨和肱骨之間的內旋，掌心從向上翻轉至向下的動作（見圖 3.10a）。例子，旋前動作常見於乒乓球正手攻/拉球的動作。

旋後 — 在肘部產生的旋後動作，涉及橈骨和肱骨之間的外旋，掌心從向下翻轉至向上的動作（見圖 3.10b）。你能否指出在進行乒乓球活動時的一個旋後動作？

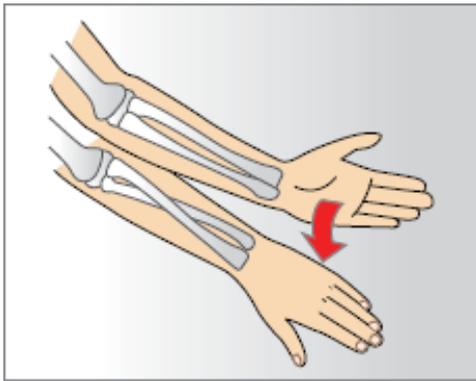


圖 3.10a 旋前

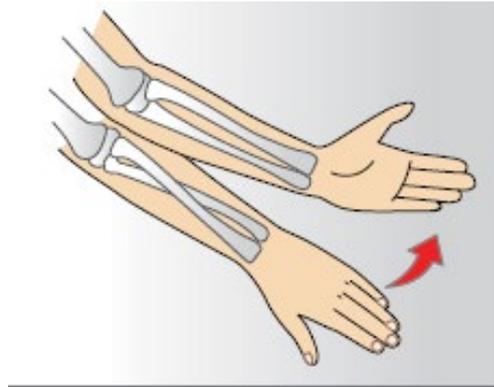


圖 3.10b 旋後

v) 活動平面

人體的活動平面可以分為三個 (見圖 3.11)：

矢狀切面 — 沿垂直方向把身體分為左、右兩部分

橫狀切面 — 把身體分為上、下兩部分

額狀切面 — 把身體分為前半部（前面）和後半部（後面）兩部分

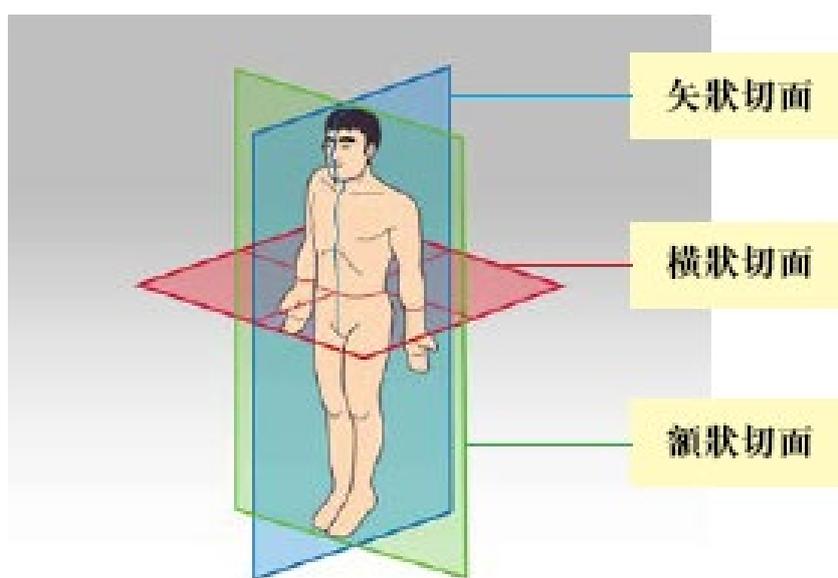


圖 3.11 人體的三個活動平面

vi) 迴旋動作

人體有三個與切面互相垂直的基本軸：

矢狀軸 — 與地面平行，由前而後的軸。額狀切面的迴旋動作圍繞矢狀軸進行，例如外展、內收、側手翻等。

橫軸 — 與地面平行，由左至右的軸。矢狀切面的迴旋動作圍繞橫軸進行，例如屈曲、伸展、前滾翻、前空翻及前手翻等。

縱軸 — 與地面垂直，由上而下的軸。橫狀切面的迴旋動作圍繞縱軸進行，例如旋前、旋後、轉體等。

肩關節和髖關節可以做到橫跨不同切面的迴旋動作

丙、 表現分析：步驟和指引

i) 採用科學方法¹

科學態度 — 科學探究從求真精神出發，建基於證據，並以事實經驗為準則；同時也鼓勵創新及存疑精神。

科學思維 — 科學知識建基於創意思維，科學家運用演繹法及歸納法，提出新的科學理論，再加以驗證。科學知識縱然源遠流長，卻不是永恆不變的。

科學實踐 — 科學家以精確的研究設計和合適的儀器，探索現象或驗證理論；謹慎處理定量和定質的數據，誠實匯報結果。

ii) 動作及表現分析

動作及表現分析是生物力學的其中一個課題。我們可以運用簡單的測量方法，探究生物力學在不同的動作的一些基本原理。

● 檢視動作

- 在各個階段的形態 (見圖 3.12 示例中的技術重點部分)
- 涉及的關節和肌肉 (見圖 3.13 的示例)
- 肌肉收縮類型(向心收縮、離心收縮和等長收縮) (見圖 3.14 的示例)
- 關節活動範圍和速度 (見表 3.1 示例中的標槍出手時各關節角度的部分)

1995年世界田徑錦標賽 標槍賽事獲獎運動員	標槍出手時各關節的角度		
	髖關節	肘關節	肩關節
金牌選手	59°	170°	55°
銀牌選手	59°	147°	45°
銅牌選手	70°	154°	59°

表 3.1 標槍出手時各關節的角度比較¹

¹ Morris et al. (1995). *Biomechanical analysis of the men's javelin throw at the 1995 world championships in athletics*.

(擷取自 www.athleticscoaching.ca)

- **量化觀察表現**

- 既量化過程，也量化效能（見表 3.2 的示例）
- 運用動作量表，系統地進行觀察（見圖 3.12 的示例）
- 運用科技，蒐集精確的觀察值，如速度、角度、張力等（見圖 3.15, 表 3.1, 表 3.2 有關示例）

運動員	速度 (公里/小時)	步頻 (次/分鐘)	速度 (公里/小時)	步頻 (次/分鐘)	速度 (公里/小時)	步頻 (次/分鐘)
A	12	171	14	177	16	183
B	12	174	14	178	16	182
C	12	182	14	188	16	194
D	12	176	14	181	16	187
E	12	177	14	180	16	186

表 3.2 長跑運動員的跑速和步頻比較

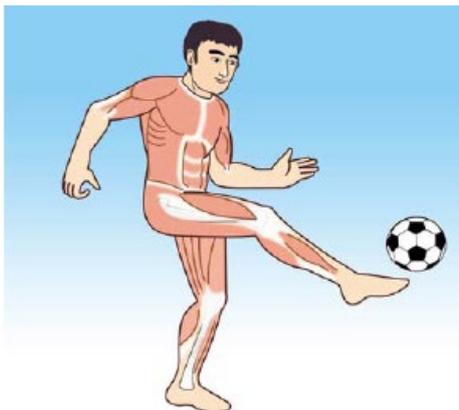
- **動作比較**

- 模擬：探究不同動作的效能
- 模仿：參考高水平運動員的動作，進行調整（見表 3.1 的示例）

《扣球》評估表				
姓名： <u> 李小芬 </u> (15)		班別： <u> 中二乙 </u>		
填表日期： <u> 25/1 </u>				
示範圖片	技術要點	評估 (只評有*項目)		
		自評 (了解教學示範)	互評 (整體技術表現)	
	1. 助跑的步數是根據球的遠近。			
	2. 最後兩步的助跑：右腳跨出一大步，左腳及時併上。 3. 手臂後擺，加大揮臂振幅。	2	2	*
	4. 起跳：雙腿蹬地向上起跳；兩臂有力向上擺動。	2	1	*
	5. 起跳後揮臂準備擊球。			
	6. 揮臂動作： - 右臂向後上方抬起。 - 向前上方揮動至手臂伸直。 - 在身體前上方最高點擊球。	3	3	*
		2	2	*
		2	2	*
	7. 擊球時：以全手掌包球，掌心擊球的後中部，同時主動用力屈腕、屈指向前推壓。			
	8. 落地：以屈膝、收腹緩衝下落力量；以前腳掌先著地再過渡至全腳掌。			
擊球效果	9. 球過網後在場區著地。	2	2	*

3 = 完全了解/ 做到 2 = 不完全了解/ 做到 1 = 未能了解/ 做到

圖 3.12 運用動作量表觀察運動技能



踢球是矢狀切面上的動作，涉及髖、膝和踝三個關節，可分為準備和踢球兩個階段：

準備階段

關節	動作	主動肌 (主要肌肉)
髖	伸展	臀肌 (臀大肌與臀小肌)
膝	屈曲	大腿後肌 (膕繩肌)
踝	蹠屈*	小腿三頭肌 (腓腸肌及比目魚肌)

踢球階段

關節	動作	主動肌 (主要肌肉)
髖	屈曲	髂腰肌
膝	伸展	股四頭肌
踝	蹠屈*	小腿三頭肌 (腓腸肌及比目魚肌)

圖 3.13 踢球動作涉及的關節和主動肌

* **蹠屈**是描述踝關節伸展，足尖

伸直下壓移離腳部的動作；

背屈是描述踝關節屈曲，足尖上

移接近腳脛的動作。



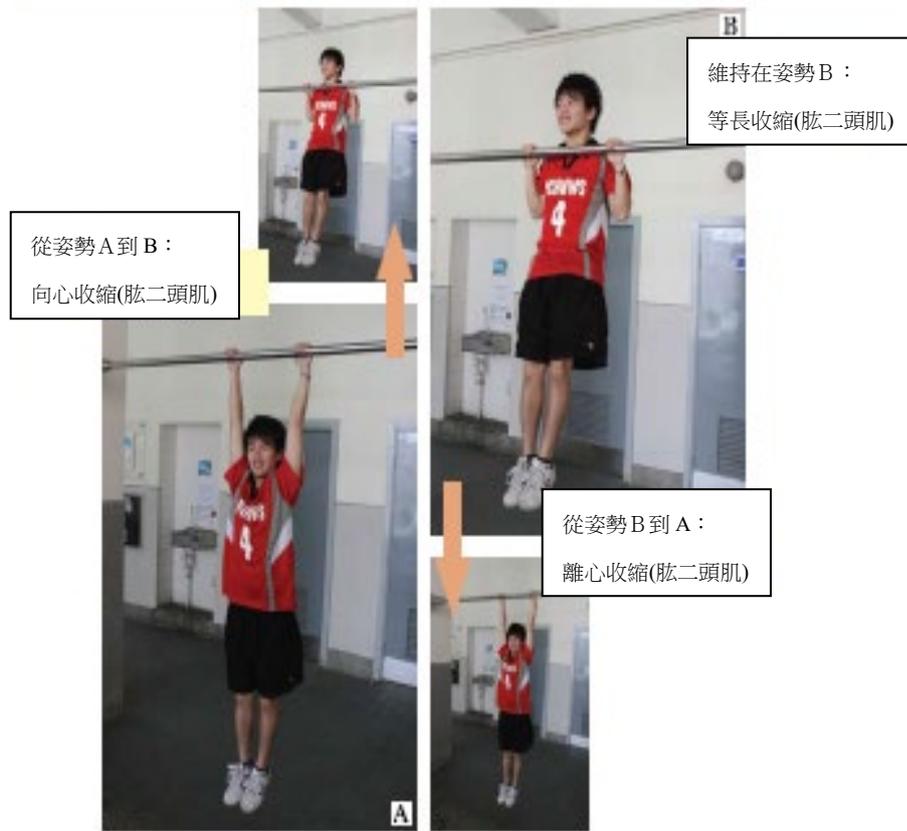


圖 3.14 肌肉收縮類型

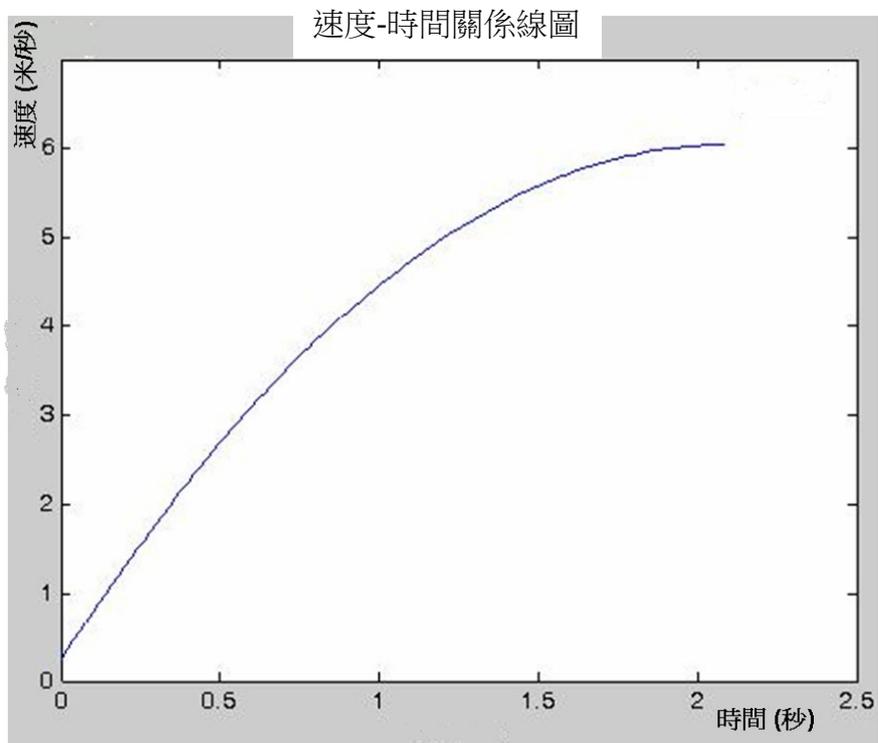


圖 3.15 透過電腦軟件 Motion Video Analysis 分析速度的變化

運動生物力學之研究熱門與前瞻

隨著新型先進儀器的不斷開發，運動生物力學研究方法不斷進展，近年運動生物力學的熱門議題大致上可分為：

- 一、動作分析相關主題；
- 二、運動表現相關主題；
- 三、動作控制相關主題；
- 四、復健醫療相關主題；
- 五、儀器方法相關主題。

前瞻議題方面則包括特殊需求（如高齡化、頂尖運動員、肌力訓練）；應用實務（如機能服飾、運動產業）及創新科技（如穿戴式科技）等主要議題。

探究活動舉隅

主題		活動
1	基本力學概念	<ul style="list-style-type: none"> ● 牛頓運動定律 (見附加資料(1)) ● 槓桿原理(見附加資料(2))
2	人體動作的類別	<ul style="list-style-type: none"> ● 運動類型 (見附加資料(3)) ● 重量訓練 (見附加資料(4))
4	表現分析	<ul style="list-style-type: none"> ● 重心 (見附加資料(5)) ● 垂直跳 (見附加資料(6)) ● 投擲 (見附加資料(7))

探究活動舉隅－附加資料 (1)：牛頓運動定律

學習目標：讓學生明白如何將牛頓運動定律應用到動作分析。

執行步驟及策略：

- 教師列舉 15 至 20 個不同運動項目的動作，學生以分組形式，進行動作分析討論。
- 每組須就指定的動作進行分析，並以牛頓運動定律（全部或部分）輔助說明：如要做好該動作，運動員應注意哪些動作的要點。
- 教師要適時給予回饋或提問，提升學生動作分析的能力。

教師可以參考以下例子：

動作	牛頓運動定律	說明
短跑的起動或結束	牛頓第一定律： 慣性定律	起跑或結束時，需要克服慣性，因此才能逐漸加速或減速。
跑步時的加速動作	牛頓第二定律： 加速度定律	假設已知運動員的質量和加速度，可以利用公式 $F=ma$ 計算達至某加速度需要產生的力。
跳高的起跳動作	牛頓第三定律： 作用與反作用定律	運動員用力蹬地，地面產生向上的反作用力，令運動員能躍起，以越過橫杆。

探究活動舉隅－附加資料 (2)：槓桿原理

學習目標：讓學生深入理解槓桿原理的概念，並將理論應用於實踐之中。

執行步驟：

- 學生 5 人一組協作學習。該活動需要使用壘球棒或木棒 1 支、小球（直徑約 10 厘米，不完全充氣）5 個、用作承托小球的發球台（約 1 米高）和丈量距離的工具。
- 第一輪擊球：以球棒的中間部分擊球；每人連續擊球 5 次（每次擊球動作和力量盡可能相同）；記錄每人平均擊球的距離（球的落點與發球台的距離）。
- 第二輪擊球：以球棒的前端擊球，其餘的安排與第一輪擊球相同。

教師提問舉隅：

- 「揮棒擊球」動作展示了哪種槓桿作用？你能夠以繪圖方式，標示該動作的「力臂」、「支點」及「重臂」嗎？
- （向個別學生提問）當你以球棒的中央擊球，打出的球平均的距離有多遠？當你以球棒的末端擊球，打出的球平均的距離又有多遠？
- 綜合全組的數據，試比較以球棒的中點和末端擊球的效果，所打出的球平均的距離是增加還是減少了多少？差距有多少？
- 你可以從本實驗得出什麼結論？

探究活動舉隅－附加資料 (3)：運動類型

學習目標：運用恰當的術語，闡釋運動技能的運動〈Motion〉類型和涉及的力學原理。

執行步驟：

- 教師鼓勵學生透過互聯網蒐集各類型運動動作的圖片。
- 學生利用蒐集的動作圖片製作簡報，並討論各動作所屬的運動類型和當中涉及的力學原理。
- 教師可以安排學生在課堂上進行匯報。

學生可以參考下表的模式，闡釋圖片內容：

項目	技能	運動類型	涉及的力學原理
體操	單槓上的迴環動作	角運動	轉動慣量

探究活動舉隅－附加資料 (4)：重量訓練

學習目標：加強學生對於肌肉活動的知識。

執行步驟：

- 教師講授各個動作的正確做法。
- 教師安排學生利用啞鈴完成以下動作，包括伸展、屈曲、外展、內收、旋前、旋後等不同活動面的動作。
- 學生兩人一組，各人輪流親身體驗動作或觀察同伴做的動作。進行觀察時，應適時向同伴給予回饋及幫助對方矯正動作。
- 在活動開始前，教師要強調學生在活動中需要扮演的角色和需要承擔的研習任務。
- 教師應從旁觀察，並應適時給予指導及回饋。
- 教師應鼓勵學生思考，並多採用開放式的提問。

探究活動舉隅－附加資料 (5)：重心

學習目標：幫助學生深入理解重心的概念，掌握繪製重心位置變化圖的技巧。

執行步驟：

- 安排學生觀看 100 米跑、跳高、三級跳遠、平衡木落地動作、舉重的挺舉動作、110 米跨欄等錄影片段。
- 教師示範如何利用運動連環圖片（例如從視像片段擷取圖片），標示運動員重心的轉變。

探究活動舉隅－附加資料 (6)：垂直跳

學習目標：讓學生了解動作與運動表現的關係。

執行步驟：

- 教師向學生示範垂直跳動作。
- 學生進行兩次垂直跳。第一次垂直跳時，學生必須擺動手臂以輔助跳躍；第二次垂直跳時，學生的雙手必須緊貼臀部或大腿兩側。
- 學生記錄垂直跳時的成績，並用生物力學原理解釋兩次垂直跳成績的差異。

分析垂直跳的動作技術

研習流程：

1. 進行擺臂垂直跳和不擺臂的垂直跳時，你的感覺有何分別？

2. 哪種跳法(擺臂或不擺臂)的成績較好（即可以跳得較高）？請解釋原因。

3. 再次重複動作，並評鑑上述兩種跳法。透過填寫下表，嘗試揀選最有效的垂直跳動作技術：

身體部分	位置／運動		討論（生物力學原理）
	擺臂	不擺臂	
手臂			
腕部			
膝蓋			
腳踝			

探究活動舉隅－附加資料 (7)：投擲

學習目標：讓學生了解力學原理與運動表現的關係。

執行步驟：

- 學生 3 人一組，1 人投擲豆袋、1 人丈量距離、1 人觀察投擲動作。
- 學生試比較和對照下列 5 種不同的投擲豆袋方法：
- **方法 1：**背靠牆站立，只揮動手臂。
- **方法 2：**坐在地板上，揮動手臂，並旋轉肩部。
- **方法 3：**站立，轉動腕部及旋轉肩部、揮動手臂，雙腳必須貼地及不能移動。
- **方法 4：**站立，轉動腕部及旋轉肩部、揮動手臂，並向前跨步。
- **方法 5：**與方法 4 同，加助跑，並以側身姿勢輔助揮臂動作。
- 在下表中記錄各種投擲方法的距離和身體感覺，並運用相關的力學概念予以解釋。

	方法 1	方法 2	方法 3	方法 4	方法 5
距離					
身體感覺					
討論					

教師參考資料

- 王明禧 (2012) 《運動解剖學》。台灣：大展出版社出版社。
- 王樹傑、張憲強、張樹青 (2005) 〈帆船運動迎風航行力學分析及航線選擇〉，《體育科學》，25(8)，56-58。
- 吳劍、李建設 (2006) 〈青少年女性穿不同鞋行走時足底壓力分佈研究〉，《體育科學》，26(6)，67-70。
- 洪得明等 (2014) 《運動生物力學理論與應用》。台中市：華格那企業出版社。
- 林國全、王敏憲 (2009) 〈排球跳躍發球的運動生物力學機制〉《文化體育學刊》第 9 輯 51 - 60 頁。
- 紀仲秋 (2005) 《運動生物力學》。桂林：廣西師範大學出版社。
- 教育統籌局資優教育組 (2007) 《物理奧林匹克力學》。香港：教育統籌局。
- 陳啟明 (主編) (1995) 《運動醫學與科學》，169-186。香港：中文大學出版社。
- 陳文和 (2014) 〈划船划槳週期發力時序與船速變化之探討〉《運動教練科學》第 34 期，49-60 頁。
- 陳柏潔、黃長福 (2014) 〈以生物力學觀點探討不同跑步著地動作〉《運動表現期刊》第 1(2) 期，68-74 頁。
- 翁梓林 (2018) 〈運動生物力學之研究熱門與前瞻：以 2006~2015 為例〉《華人運動生物力學期刊》第 15 卷 第 1 期，01-13 頁。
- 游正忠、陳建勳、黃宏春 (2006) 〈人體的角動量變化對三級跳遠成績影響之分析〉《運動教練科學》第 6 期 3 月，41-49 頁。
- 辜瀨儀、孫苑梅、簡偉全、王令儀 (2018) 〈疲勞對耐力跑的下肢生物力學與著地型態之影響〉《華人運動生物力學期刊》第 15 卷第 2 期，16-24 頁。
- 劉宗翰、謝長欣、相子元 (2018) 〈以生物力學觀點應用於跑鞋研發設計實例〉《華人運動生物力學期刊》第 15 卷 第 1 期，23-29 頁。
- Bartlett, R. (1999). *Sports biomechanics: Reducing injury and improving performance*. London: E & FN Spon.
- Bartlett, R. (2014). *Introduction to Sports Biomechanics: Analysing human movement*

- patterns (3rd ed.). Taylor & Francis.
- Batman, P. (1994). *Exercise analysis made simple: A step by step approach* (4th ed.). Sydney: FIT4U, Fitness and Healthy Lifestyle.
- Carr, G. (2004). *Sport mechanics for coaches* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Gerhardt, J. J. (2002). *The practical guide to range of motion assessment*. Chicago, IL: American Medical Association.
- Hughes, M., & Franks, I.M. (Eds.). (2004). *Notational analysis of sport: Systems for better coaching and performance in Sport* (2nd ed). London: Routledge.
- Kreighbaum, E., & Barthels, K.M. (1996). *Biomechanics: A qualitative approach for studying human movement* (4th ed.). Boston : Allyn and Bacon.
- McGinnis, P. M. (2005). *Biomechanics of sport and exercise* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Neumann, D.A. (2017) *Kinesiology of the Musculoskeletal System*, (3rd ed) : Mosby/Elsevier.
- Royston, A. (2001). *Forces and motion*. Oxford: Heinemann Library
- Ryan, S., Marzilli, S., & Martindale, T. (2001). Using digital camera to assess motor learning. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 72(8), 13.
- Saladin, K. S. (2018). *Anatomy & physiology: the unity of form and function*, New York, NY : McGraw-Hill Education.
- Watkins, J. (2014). *Fundamental Biomechanics of Sport and Exercise*. Routledge.
- Men's 100m - 2017 IAAF World Championships Biomechanical report.
<https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/research-centre>
- Morris et al. (1995). Biomechanical analysis of the men's javelin throw at the 1995 world championships in athletics. www.athleticscoaching.ca

學生參考資料

紀仲秋 (2005) 《運動生物力學》。桂林：廣西師範大學出版社。

教育統籌局資優教育組 (2007) 《物理奧林匹克力學》。香港：教育統籌局。

Batman, P. (1994). *Exercise analysis made simple: A step by step approach* (4th ed.).
Sydney: FIT4U, Fitness and Healthy Lifestyle.

Honeybourne, J., Hill, M., & Moors, H. (2004). *Advanced physical education and sport for A-level* (3rd ed.). Cheltenham: Nelson Thornes.

相關網址

1. 澳洲體育委員會 (英文網頁) (Australian Sports Commission) (ASC)
<https://www.ausport.gov.au/>
2. 運動教練法 (英文網頁) (BrianMAC Sports Coach)
<https://www.brianmac.co.uk/>
 - 動作分析(Movement Analysis)
<https://www.brianmac.co.uk/moveanal.htm>
 - 生物力學(Biomechanics)
<https://www.brianmac.co.uk/biomechanics.htm>
3. 英國體育學會 (英文網頁) (English Institute of Sport) (EIS)
<https://www.eis2win.co.uk>
 - 表現分析 (英文網頁) (Performance Analysis)
<https://www.eis2win.co.uk/expertise/performance-analysis/>
4. 香港體育教學網
<http://www.hkpe.net/hkdsepe/>
 - 跑步的運動生物力學
http://www.tswong.net/hkpe/running/running_biomechanics.htm
5. 國際運動生物力學學會 (英文網頁) (International Society of Biomechanics in Sports) (ISBS)
<https://isbs.org/>
6. 拉夫堡大學 (英國) 運動生物力學研究室網頁 (英文網頁) (Sports Biomechanics and Motor Control Research Group of the Loughborough University, UK)
<https://www.lboro.ac.uk/microsites/ssehs/biomechanics/>
7. 英國運動與體育科學協會 (英文網頁) (The British Association of Sport and Exercise Sciences) (BASES)
<https://www.bases.org.uk/>
 - 生物力學 (英文網頁) (Biomechanics)
https://www.bases.org.uk/spage-divisions-biomechanics_and_motor_behaviour.html
8. 香港體育學院 Hong Kong Sports Institute
<https://www.hksi.org.hk/tc/>