

主題 五

以智能裝置 量度脈搏率



學習目標

隨著科技的進步，自我健康監測變得更加容易。使用智能手錶等穿戴式裝置來監測心率、運動量和其他健康指標越來越普遍。在這個主題中，我們將透過以下活動探索這些便捷的健康監測裝置背後的科學原理和技術：

活動一

DIY脈搏傳感器

活動二

運動對脈搏率的影響

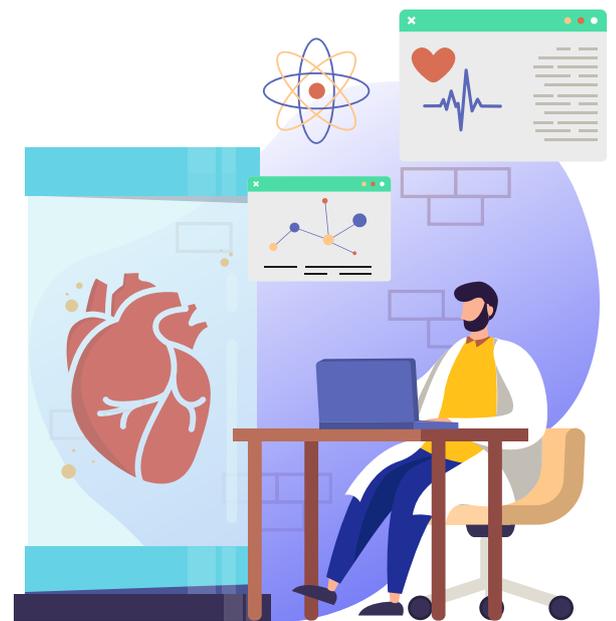
背景知識：人體循環系統

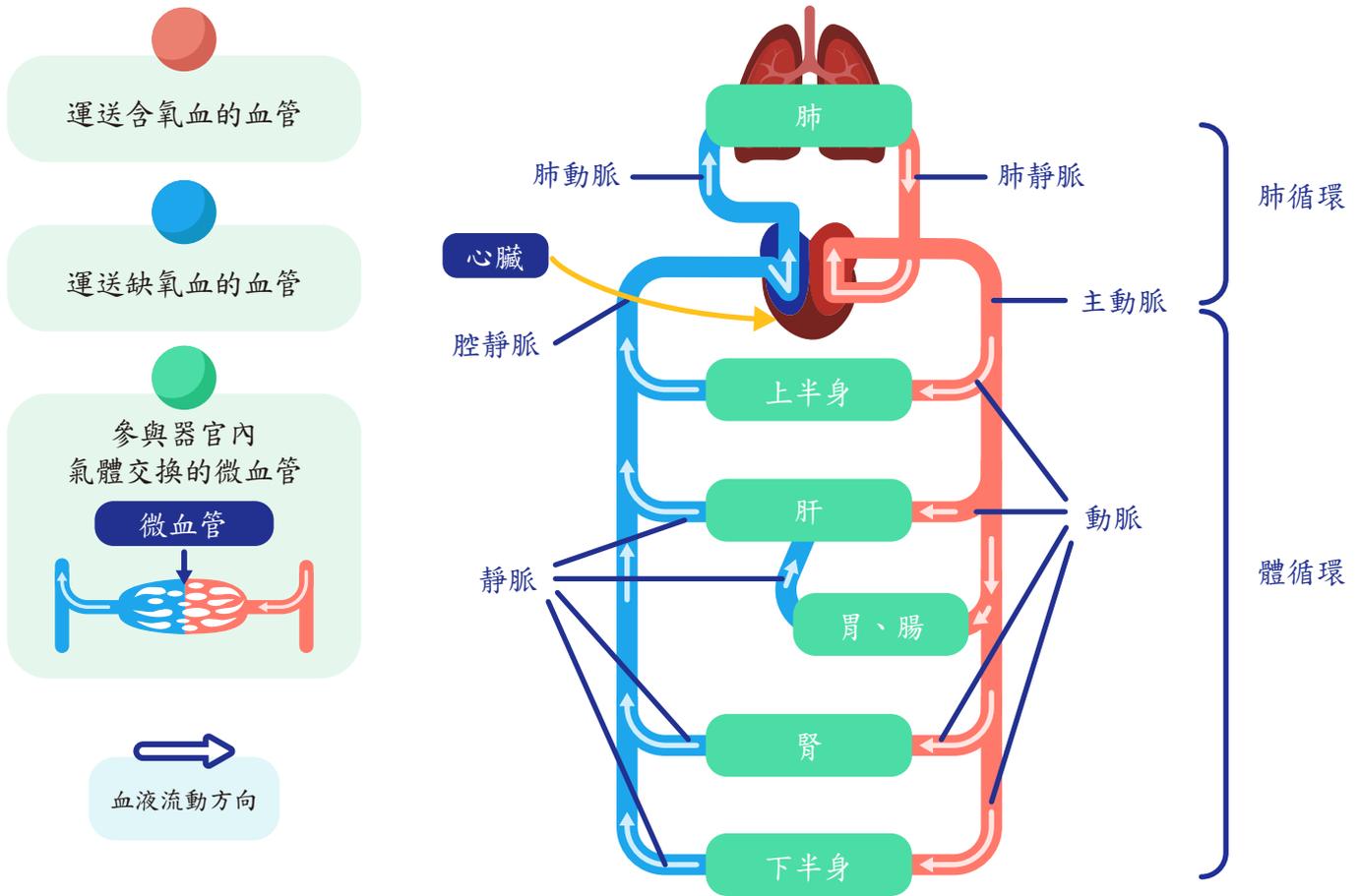
人體循環系統（圖一），亦稱心血管系統（cardiovascular system，“cardio-”或“cardiac”指心臟，“vascular-”指血管），是一個閉環系統，由三個主要組成部分組成：

- **血液**
帶有一種稱為血紅蛋白的紅色色素，負責攜帶氧氣；
- **血管**
包括動脈、靜脈和微血管；以及
- **心臟**
像泵一樣，推動血液循環全身。

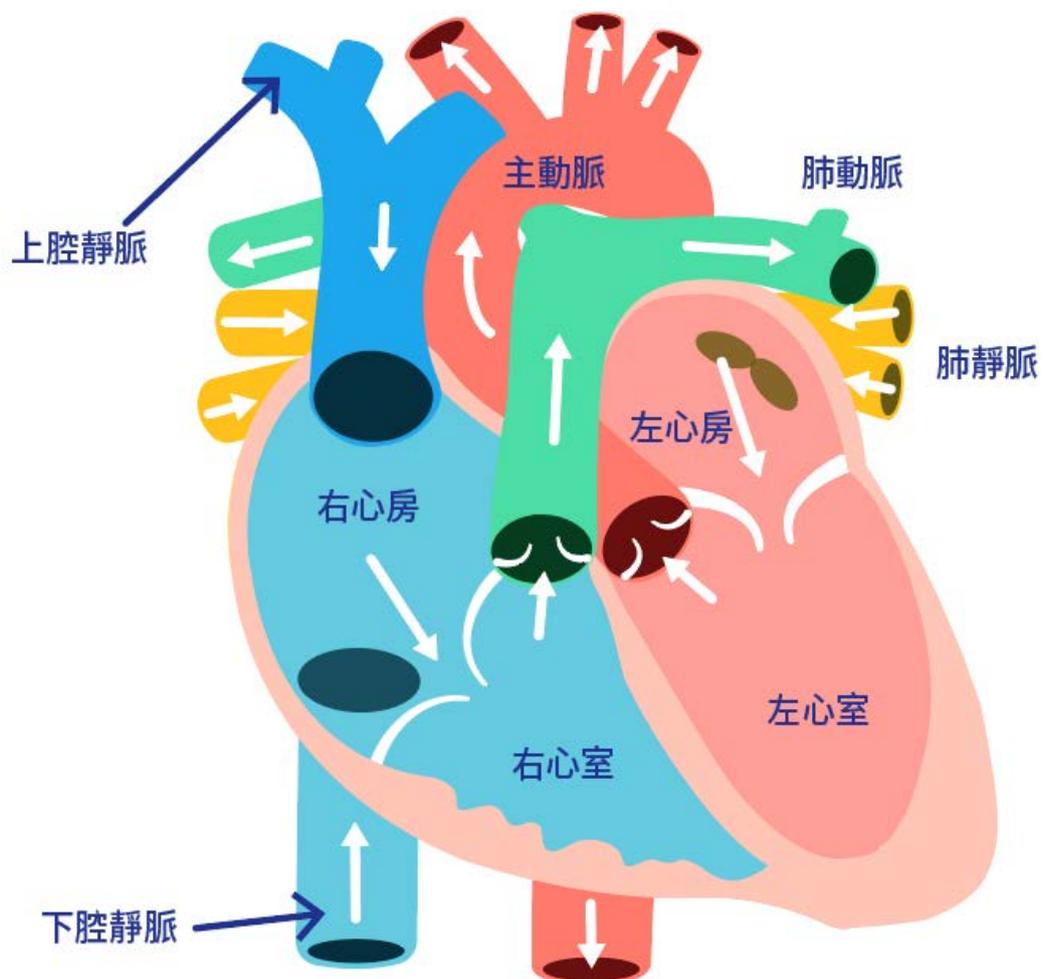
心臟的結構如圖二所示。

人體循環系統的主要功能是攜帶氧氣、營養和激素到人體的不同部位，同時從細胞和器官中帶走二氧化碳和代謝廢物。





圖一：
人體循環系統

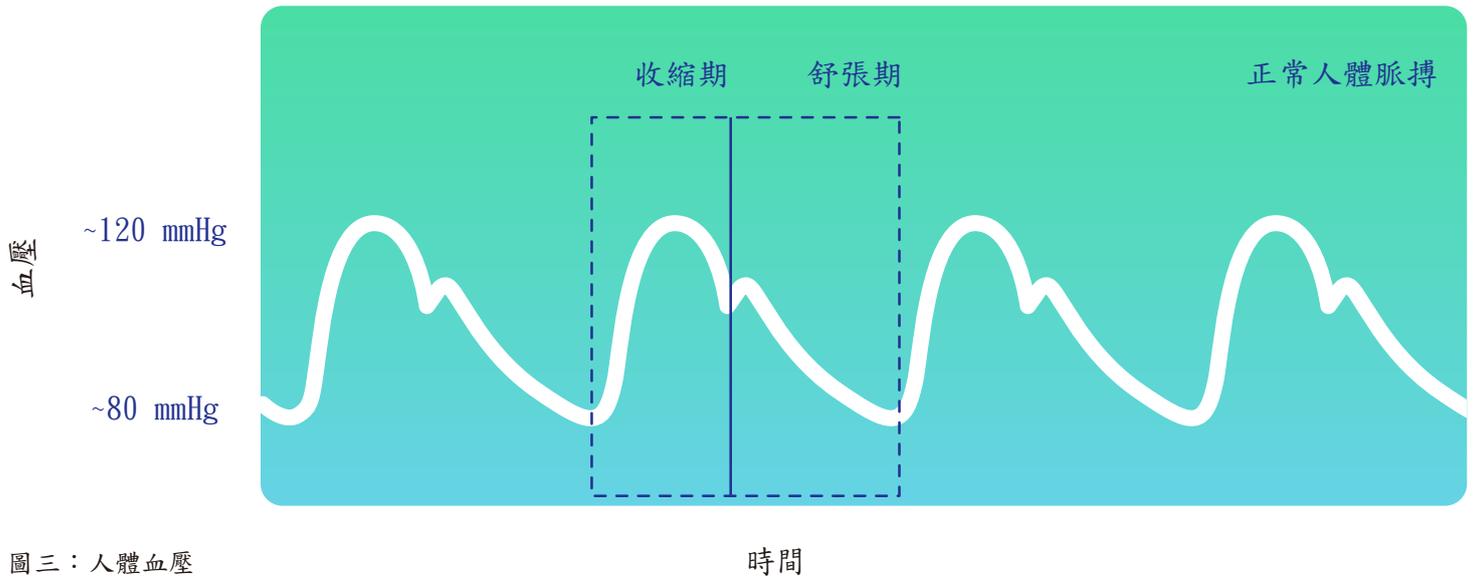


圖二：
心臟的基本結構

背景知識：心動週期

心臟的泵血週期（又稱心動週期）有兩個階段（圖三）：

- 收縮期 - 此時心臟收縮，將血液從心室泵入動脈，形成動脈內的收縮壓。
- 舒張期 - 此時心臟放鬆，血液從靜脈流入心室，形成動脈內的舒張壓。



圖三：人體血壓

心率和脈搏率

嚴格來說，心率和脈搏率是有分別的，但本質上脈搏率能夠反映心率。

心率

- 心率是心臟每分鐘跳動的次數。成年人在休息狀態下心率通常在60至100次之間。
- 它可能受到各種因素的影響，例如運動、壓力和藥物。

脈搏率

- 脈搏是由心臟跳動引起的動脈有規律的擴張和收縮。
- 當血液由心臟經動脈泵向身體各部分時，動脈內的壓力會增加。脈搏率是透過動脈壓力的增加感覺到的每分鐘心臟跳動的次數。
- 它可能受到各種因素的影響，例如血壓和動脈彈性。

活動一

DIY脈搏傳感器

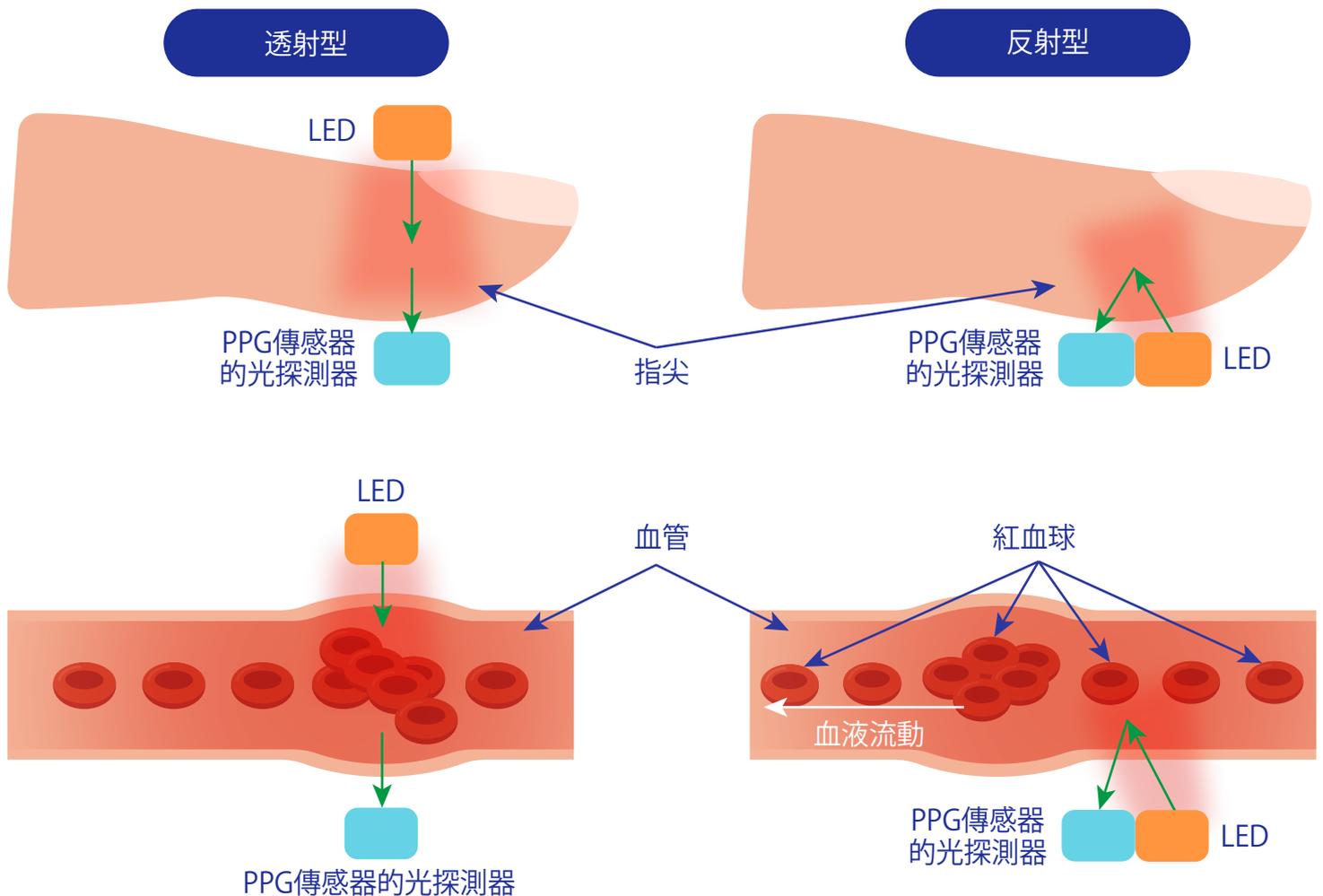
簡介

在這個活動中，我們會使用DIY脈搏傳感器以光電容積脈搏波描記法（PPG）來測量和計算我們的脈搏率。

操作原理：光電容積脈搏波描記法（PPG）

心臟收縮會使動脈內的血量增加，相反心臟舒張會使動脈內的血量減少。PPG是一種光學方法，透過光束（由綠色、紅色或紅外線LED發出）穿透血液或被血液反射來測定血量的變化。

PPG傳感器的光探測器（例如：光電二極管）可以測量透射或反射的光量。PPG傳感器可以是透射型或反射型（圖四）。這些傳感器通常放置在靠近血管的皮膚表面，如耳垂、手腕、腳踝和指尖（圖五）。此技術廣泛應用於智能手錶等可穿戴裝置中，用於監測脈搏率。



圖四：PPG傳感器類型。（左）透射型及（右）反射型。

身體部位	描述
前額	由於前額的相對活動較少，因此是測量脈搏率的合適位置；惟此位置不適合作長期或連續監測。
耳垂	生物測量的最佳位置之一，但不適合長期或連續監測。
手臂和胸部	手臂和胸部適合長期監測。雖然這裡的運動相對比頭部多，但大血流量可以提供較好的訊號。
手腕	最普遍的但也是最難測量脈搏率的位置。手腕充滿了能夠散射光線的腱和韌帶。此位置也非常容易受到運動干擾。
指尖	另一個普遍的測量位置。
小腿和四頭肌	在不行走或不跑步時，這是訊號測量的好位置。
腳踝	由於血液流動有限，亦充滿腱和韌帶，導致這裡非常難進行生物測量。

圖五：使用PPG傳感器檢測脈搏率的普遍身體位置

問題

1 為甚麼在PPG中通常會使用綠色或紅色LED來探測血量？

操作說明

觀看影片以了解如何使用DIY脈搏傳感器測量脈搏。

影片 13



圖六：
DIY脈搏傳感器



如影片所示，配置示波器。將手指輕輕放在脈搏傳感器的活動區域上（圖六），並觀察示波器上的脈搏波形。

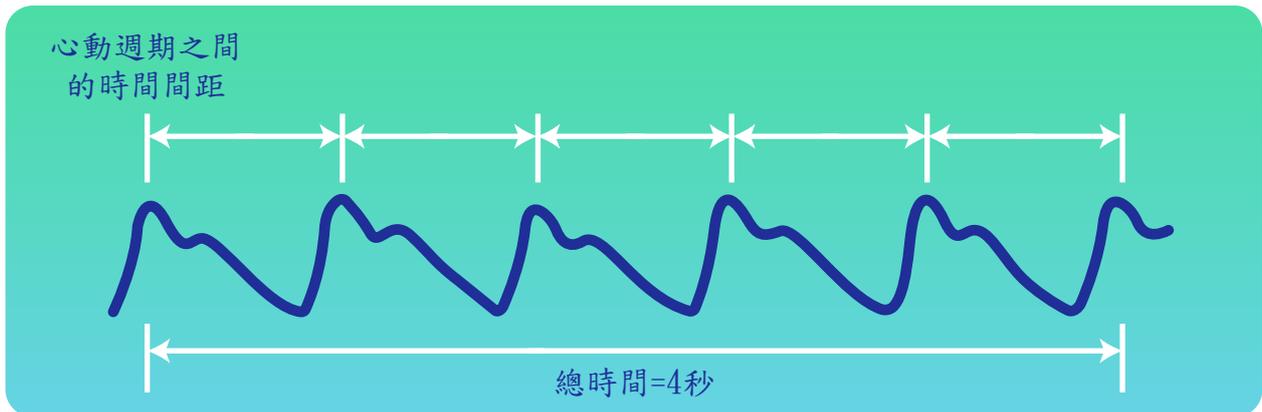
結果

為你的脈搏波拍照，並把照片貼到下面的空白處。

脈搏率的計算

圖七顯示了一個典型的脈搏波。脈搏率可以通過以下方式計算：

$$\text{脈搏率 (每分鐘脈搏次數)} = \frac{1}{\text{心動週期之間的時間間距 (以秒為單位)}} \times 60$$



圖七：顯示5個完整心動週期的脈搏波

因此，通過測量兩個或以上的心動週期（或脈搏）*之間的時間間距，我們可以估計脈搏率。

如圖七，完成5個心動週期（或脈搏）的總時間為4秒，脈搏率為：

$$\frac{1}{4 \div 5} \times 60 = 75 \text{次/每分鐘}$$

*備註：為避免由個別異常時間間距而造成的誤差，我們應該計算多個心動週期（或脈搏）之間的時間間距。

問題

- 2 根據測量到的脈搏波型，計算你的脈搏率，寫出你的計算步驟。

3 為什麼我們應該定期監測脈搏率？

結論

- 心臟收縮會使動脈內的血量增加，相反心臟舒張會使動脈內的血量減少。
- 光電容積脈搏波描記法(PPG)是一種光學方法，透過光束（由綠色、紅色或紅外線LED發出）穿透或被血液反射來測定血量的變化，有助估計脈搏率。

活動二

運動對脈搏率的影響

簡介

在這個活動中，我們會探究運動對脈搏率的影響。

操作說明

按照表一所列出的動作順序進行，通過DIY脈搏傳感器測量你的脈搏率，並查看示波器上顯示的脈搏節奏是否有規律。

結果

動作	脈搏率 (每分鐘脈搏次數)	脈搏節奏是否有規律？
1	休息（即：靜坐在椅子上1分鐘）	
	保持休息，量度脈搏率1	是／否
2	運動約1分鐘 (選一項：慢跑／上落台階／垂直跳躍10次／其他：_____)	
	完成運動後，立即量度脈搏率2	是／否
3	運動後休息（即：保持站立並放鬆1分鐘）	
	休息完畢時，量度脈搏率3	是／否

表一

問題

4 比較表一中的脈搏率1和2，運動後的脈搏率是增加還是減少了？

5 脈搏率增加表示心臟更頻密地收縮和舒張。為甚麼運動期間的心率會增加？

6 比較在表一中脈搏率1和3，哪一個較高？這種現象有何重要性？（提示：氧債*）

* 氧債是指（運動後）為了去除無氧呼吸過程中肌肉細胞產生的乳酸所需的額外氧氣量。

結論

- 運動期間和運動後，心臟以更高的速率收縮和舒張，這有助身體更快地將氧氣和營養運送到肌肉和身體細胞，並從中移除二氧化碳和乳酸。
- 光電容積脈搏波描記法（PPG）被廣泛應用於可穿戴裝置，如智能手錶，方便監測運動期間或運動後的脈搏率。