

主题
五以智能装置
量度脉搏率

学习目标

随着科技的进步，自我健康监测变得更加容易。使用智能手表等穿戴式装置来监测心率、运动量和其他健康指标越来越普遍。在这个主题中，我们将透过以下活动探索这些便捷的健康监测装置背后的科学原理和技术：

活动一

DIY脉搏传感器

活动二

运动对脉搏率的影响

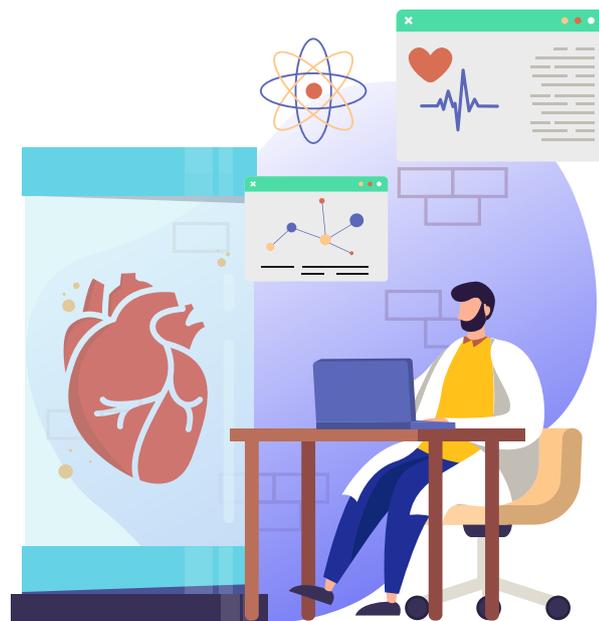
背景知识：人体循环系统

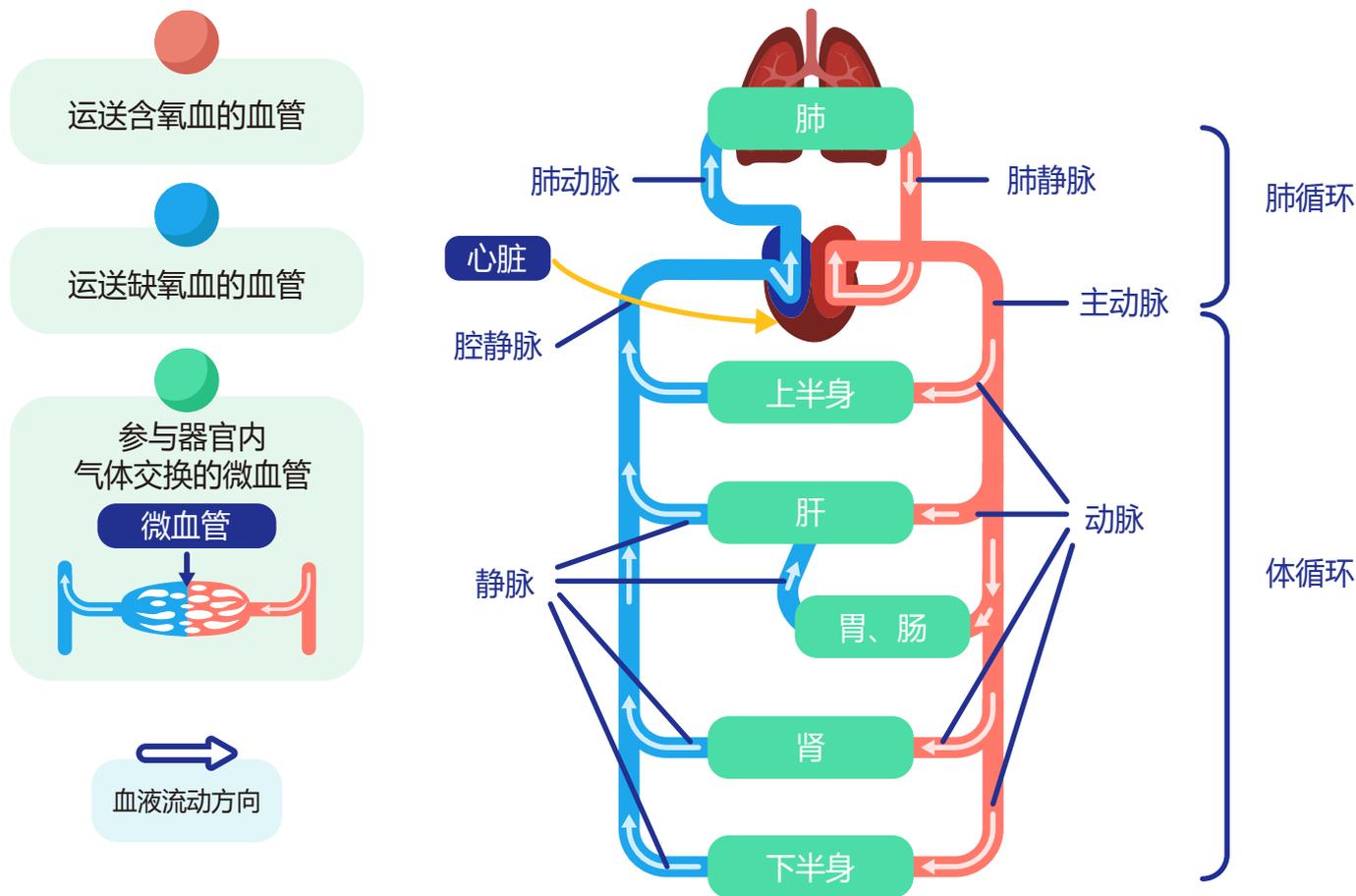
人体循环系统（图一），亦称心血管系统 (cardiovascular system, “cardio-” 或 “cardiac” 指心脏, “vascular-” 指血管), 是一个闭环系统, 由三个主要组成部分组成:

- **血液**
带有一种称为血红蛋白的红色色素，负责携带氧气；
- **血管**
包括动脉、静脉和微血管；以及
- **心脏**
像泵一样，推动血液循环全身。

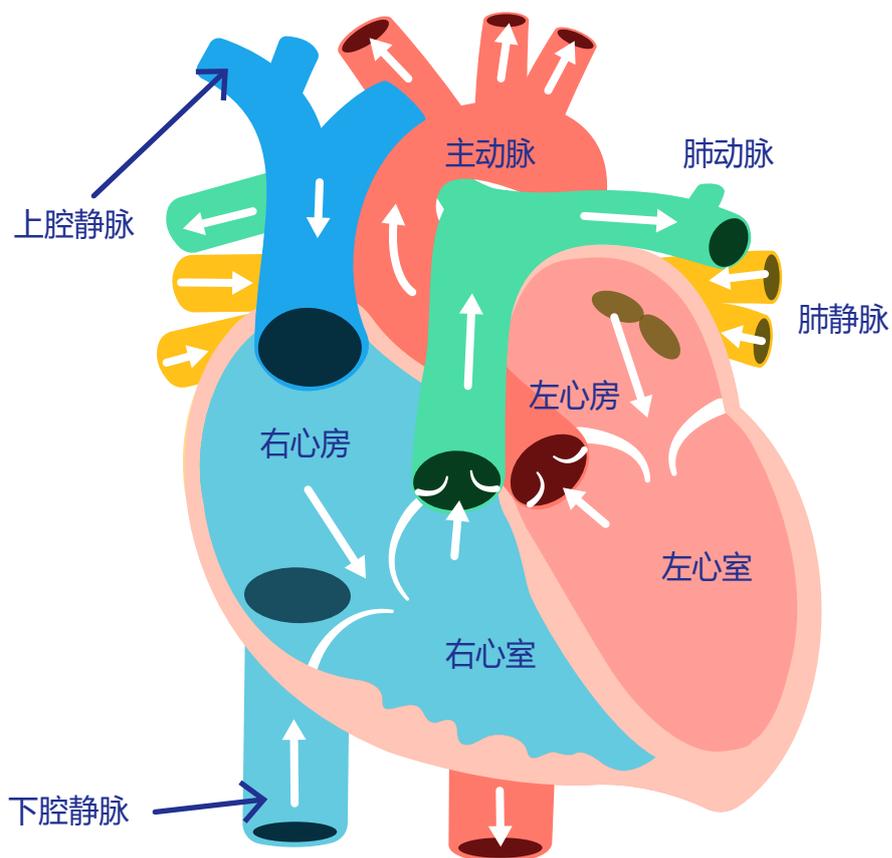
心脏的结构如图二所示。

人体循环系统的主要功能是携带氧气、营养和激素到人体的不同部位，同时从细胞和器官中带走二氧化碳和代谢废物。





图一：
人体循环系统

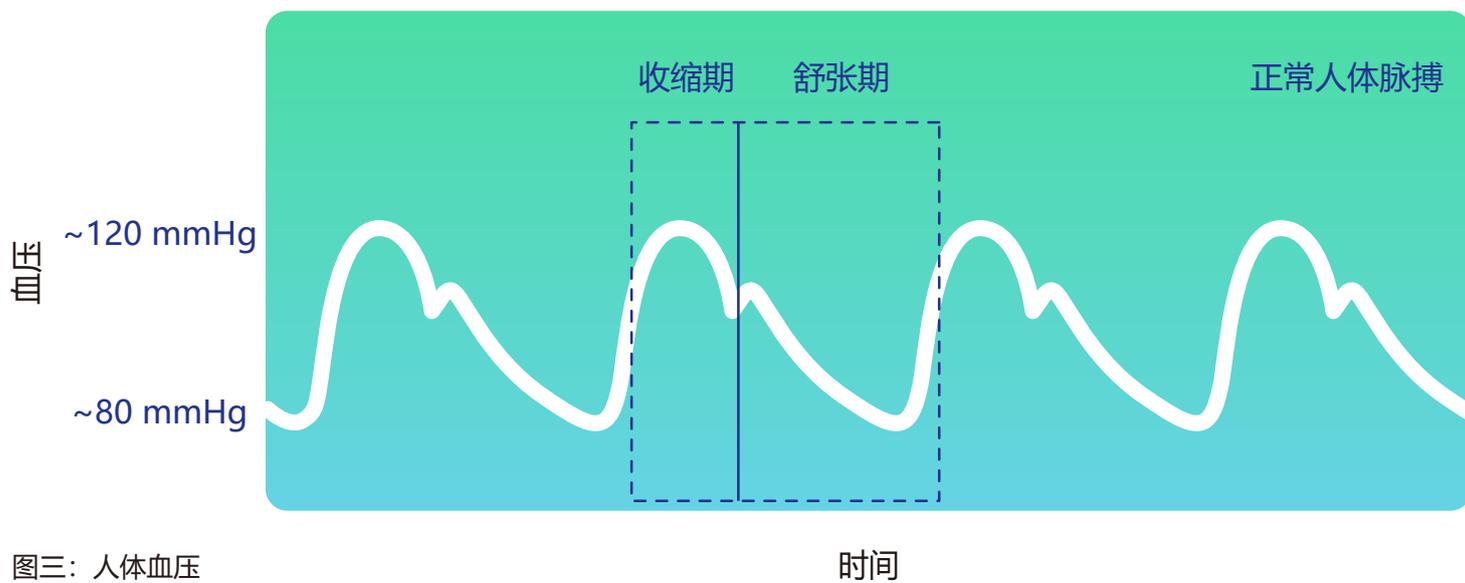


图二：
心脏的基本结构

背景知识:心动周期

心脏的泵血周期（又称心动周期）有两个阶段（图三）：

- **收缩期** – 此时心脏收缩，将血液从心室泵入动脉，形成动脉内的收缩压。
- **舒张期** – 此时心脏放松，血液从静脉流入心室，形成动脉内的舒张压。



图三：人体血压

心率和脉搏率

严格来说，心率和脉搏率是有分别的，但本质上脉搏率能够反映心率。

心率

- 心率是**心脏每分钟跳动的次数**。成年人在休息状态下心率通常在60至100次之间。
- 它可能受到各种因素的影响，例如运动、压力和药物。

脉搏率

- 脉搏是由心脏跳动引起的动脉有规律的扩张和收缩。
- 当心脏把血液泵向身体各部分时，动脉内的压力会增加。**脉搏率是透过动脉压力的增加感觉到的每分钟心脏跳动的次数。**
- 它可能受到各种因素的影响，例如血压和动脉弹性。

活动一

DIY脉搏传感器

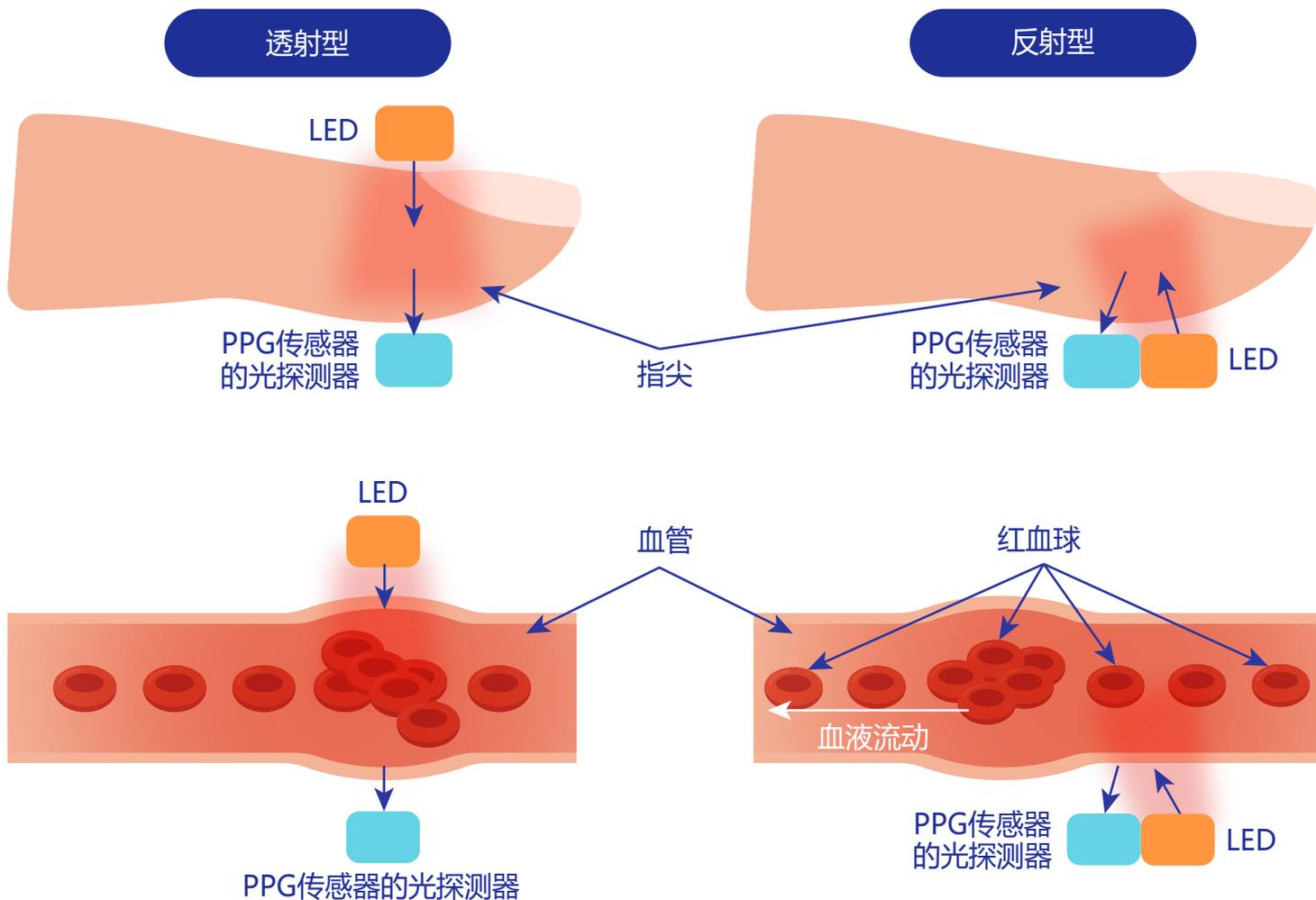
简介

在这个活动中，我们会使用DIY脉搏传感器以光电容积脉搏波描记法(PPG)来测量和计算我们的脉搏率。

操作原理：光电容积脉搏波描记法(PPG)

心脏收缩会使动脉内的血量增加，相反心脏舒张会使动脉内的血量减少。PPG是一种光学方法，透过光束（由绿色、红色或红外线LED发出）穿透血液或被血液反射来测定血量的变化。

PPG传感器的光探测器（例如：光电二极管）可以测量透射或反射的光量。PPG传感器可以是透射型或反射型（图四）。这些传感器通常放置在靠近血管的皮肤表面，如耳垂、手腕、脚踝和指尖（图五）。此技术广泛应用于智能手表等可穿戴装置中，用于监测脉搏率。



图四：PPG传感器类型。（左）透射型及（右）反射型。

身体部位	描述
前额	由于前额的相对活动较少，因此是测量脉搏率的合适位置；惟此位置不适宜长期或连续监测。
耳垂	生物测量的最佳位置之一，但不适合长期或连续监测。
手臂和胸部	手臂和胸部适合长期监测。虽然这里的运动相对比头部多，但大血流量可以提供较好的讯号。
手腕	最普遍的但也是最难测量脉搏率的位置。手腕充满了能够散射光线的腱和韧带。此位置也非常容易受到运动干扰。
指尖	另一个普遍的测量位置。
小腿和四头肌	在不行走或不跑步时，这是讯号测量的好位置。
脚踝	由于血液流动有限，亦充满腱和韧带，导致这里非常难进行生物测量。

图五：使用PPG传感器检测脉搏率的普遍身体位置

问题

1 为什么在PPG中通常会使用**绿色**或**红色LED**来探测血量？

操作说明

观看影片以了解如何使用DIY脉搏传感器测量脉搏。

影片 13



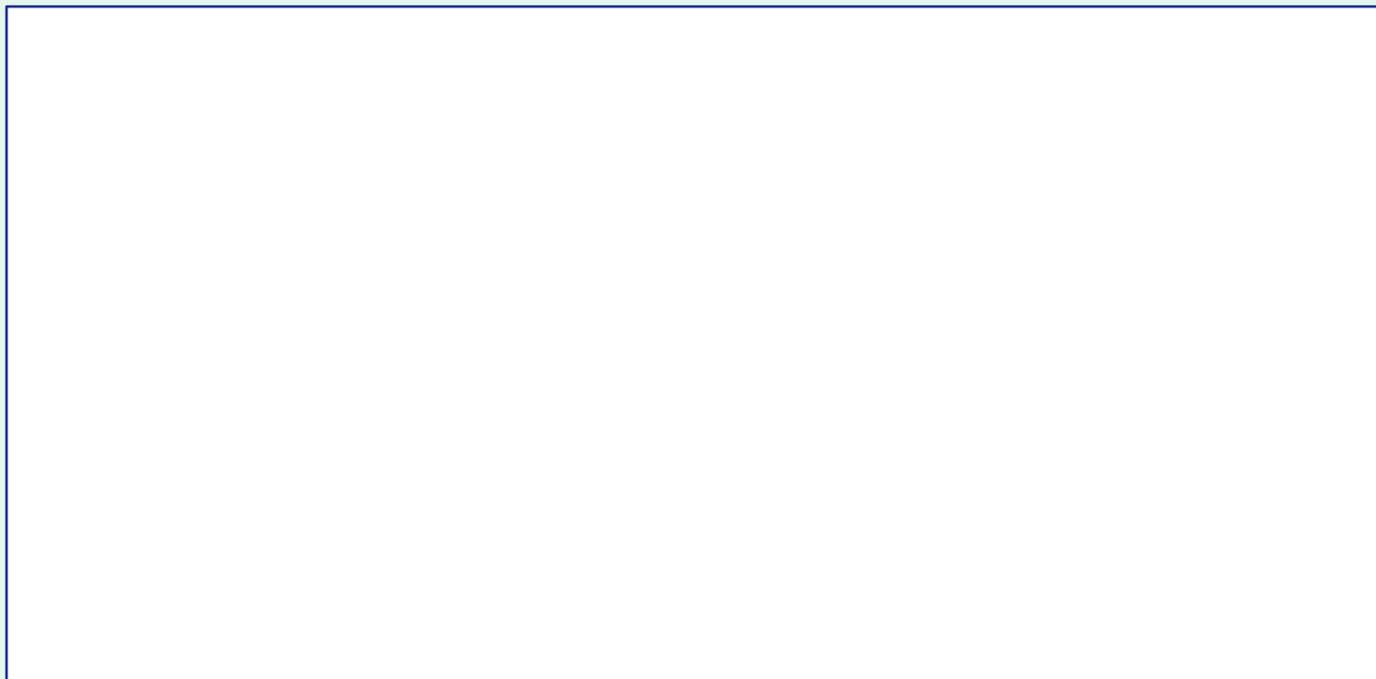
图六：
DIY脉搏传感器



如影片所示,配置示波器。将手指轻轻放在脉搏传感器的活动区域上(图六),并观察示波器上的脉搏波形。

结果

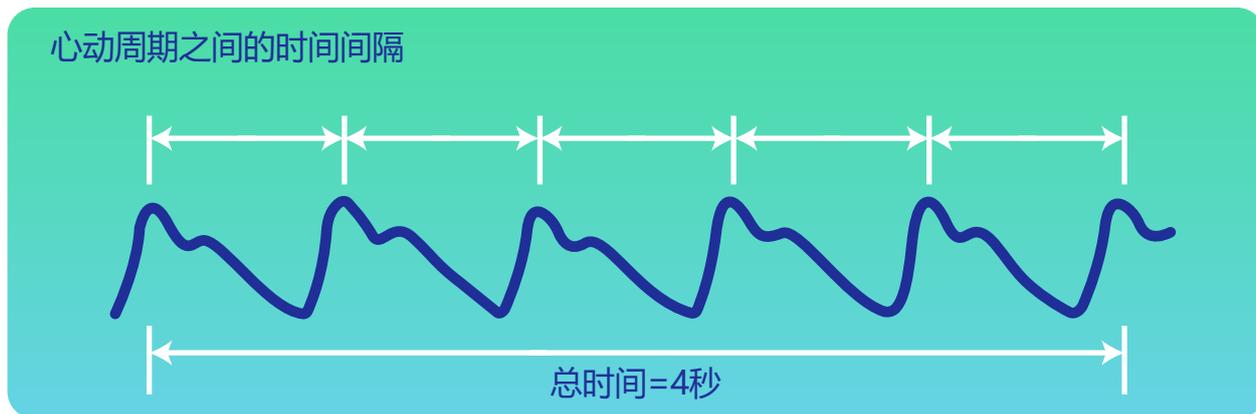
为你的脉搏波拍照,并把照片贴到下面的空白处。



脉搏率的计算

图七显示了一个典型的脉搏波。脉搏率可以通过以下方式计算：

$$\text{脉搏率 (每分钟脉搏次数)} = \frac{1}{\text{心动周期之间的时间间隔(以秒为单位)}} \times 60$$



图七：显示5个完整心动周期的脉搏波

因此，通过测量两个或以上的心动周期（或脉搏）*之间的时间间距，我们可以估计脉搏率。

如图七，完成5个心动周期(或脉搏)的总时间为4秒，脉搏率为：

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

*备注：为避免由个别异常时间间距而造成的误差，我们应该计算多个心动周期（或脉搏）之间的时间间距。

问题

- 2 根据测量到的脉搏波型，计算你的脉搏率，写出你的计算步骤。

3 为什么我们应该定期监测脉搏率?

结论

- 心脏收缩会使动脉内的血量增加，相反心脏舒张会使动脉内的血量减少。
- 光电容积脉搏波描记法(PPG)是一种光学方法，透过光束（由绿色、红色或红外线LED发出）穿透或被血液反射来测定血量的变化，有助估计脉搏率。

活动二

运动对脉搏率的影响

简介

在这个活动中，我们会探究运动对脉搏率的影响。

操作说明

按照表一所列出的动作顺序进行，通过DIY脉搏传感器测量你的脉搏率，并查看示波器上显示的脉搏节奏是否有规律。

结果

动作	脉搏率 (每分钟脉搏次数)	脉搏节奏是否有规律?
1	休息 (即: 静坐在椅子上1分钟)	
	保持休息, 量度脉搏率1	是 / 否
2	运动约1分钟 (选一项: 慢跑/上落台阶/垂直跳跃10次/其他: _____)	
	完成运动后, 立即量度脉搏率2	是 / 否
3	运动后休息 (即: 保持站立并放松1分钟)	
	休息完毕时, 量度脉搏率3	是 / 否

表一

问题

4 比较表一中的脉搏率1和2，运动后的脉搏率是增加还是减少了？

5 脉搏率增加表示心脏更频密地收缩和舒张。为什么运动期间的心率会增加？

6 比较在表一中脉搏率1和3，哪一个较高？这种现象有何重要性？（提示:氧债*）

* 氧债是指（运动后）为了去除无氧呼吸过程中肌肉细胞产生的乳酸所需的额外氧气量。

结论

- 运动期间和运动后，心脏以更高的速率收缩和舒张，这有助身体更快地将氧气和营养运送到肌肉和身体细胞，并从中移除二氧化碳和乳酸。
- 光电容积脉搏波描记法（PPG）被广泛应用于可穿戴装置，如智能手表，方便监测运动期间或运动后的脉搏率。