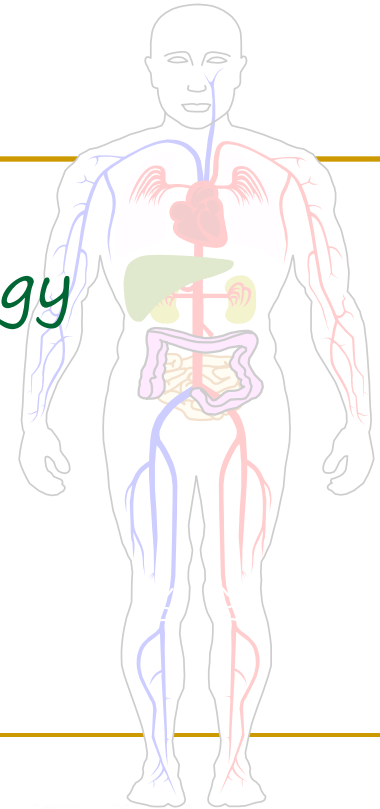




重 德 尚 學 弘 道
內 蒙 古 農 業 大 學

生理学概论 *Outline of Physiology*

人和哺乳类生理学



郭军 MD 教授

食品质量与安全系



《生理学概论》课程的特点、及 学习要求

内容庞大、系统性强、知识点多

需要理解、熟悉、掌握的内容多

学时少，48（24次，）

■ 为保障 教学 和 学习 效果

主动学习：上课跟好教师思路

思考着听课

培养兴趣，用生理学理论分析阐释……。

成绩考核

- 期末考试 50%~60% (闭卷)

- 平时成绩 40%~50%

形式：综述、讲座、作业、完成情况

笔记

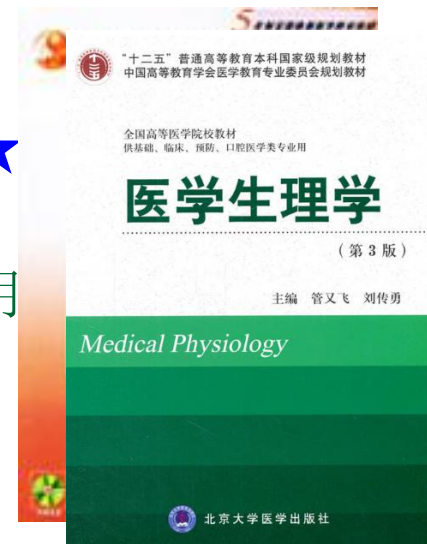
考勤 + 学习态度

考勤 旷课3次，取消考试资格！

平时成绩不及格，取消考试资格！

教材、参考书

- 管又飞，刘传勇 主编，**医学生理学 第三版** ★★★
五年制全国高等医学院校教材
“十五”国家级规划教材，北京大学医学出版社，2003年2月
- 朱文玉、曲瑞瑶，**人体生理学（第二版）**★★
基础专业 医学高等专科学校教材 2002年
- 全国农业院校 **动物生理学教材**★★
- G. H. 弗里德、G. J. 黑德莫诺斯 **Biology 生物学** 科学出版社，2004
- 英文教材 Guyton A C. **Textbook of Medical Physiology 10th edition**，北京医科大学出版社，2002 ★★★
- 网络教材、课件
- 考核内容以**教师课件**内容和范围为主。



第1章 绪论 *Introduction*

§1-1 An Overview of Physiology

What is Physiology ?

Methods Applied in

Physiology Study

§1-2 Basic Properties of the Living
Body

§1-3 Internal Environment & Its
Homeostasis

§1-4 The Regulation of Body Function

§1-5 Auto-control system of Body
Function

§1-1 An Overview of Physiology

全国食品学院

第一个对本科生 QS专业

第一个对研究生 选修

开设《生理学概论》

Why do we learn Physiology ? 开课意义何在?

开设本课程的意义

➤ 生理学

是研究生物机体生命活动现象规律和功能的学科。

➤ 人是吃的主体！食物永远是客体！

离开人而纯粹地谈食品科学，是丢掉了根本宗旨！

➤ 人是目的！

食品科学的目标是人！食品科学必须满足人的需要！

人对食品的要求 → **安全、营养、健康、长寿！**

养动物的研究动物生理，搞食品的为什么不研究人？

➤ 食物来自生物，需要对生物有充分了解！

▶ 《生理学》是生命科学的基础学科，

而不是“医学”学科。

同《生物学》、《动物学》、《植物学》和《微生物学》一样，是“生物学”的二级学科。生物科学 中的一个分支

学科分类：生物学的二级学科 图书分类：Q类

《微生物学》、《动物学》、《植物学》、《生理学》

学科代码：180.24

基础学科、应用学科、前沿学科！

食品科学要拔高必须结合生命科学！

生理学的划分 以物种划分大类和亚来

(1) 植物生理学

甜菜生理 果蔬生理

(2) 动物生理学

家畜生理 家禽生理 昆虫生理

比较生理学

(3) 人体生理学

基础生理学、医用生理学、运动生理学

特殊条件下的生理学

宇宙（航空）生理、潜水生理学

生态生理学 高原生理学

(4) 营养学的深层 → 营养生理学

➤ 宗旨：使食品科学与工程专业课程结构更加合理，使学生能够更扎实地理解和掌握中“生命科学”相关理论和技能，……。

➤ 教学基础

《营养学》、《食品卫生学》、《功能性食品》

《食品免疫学技术》、《食品毒理学》、《肉品学》

➤ 科研设计

譬如：保健食品开发领域

“免疫乳研究”、“抗炎因子研究”、“降压因子研究”、“益生菌研究”……

“纳豆激酶溶血栓研究”……

1. 什么是生理学？

■ 是研究机体 生命活动现象规律、功能和机制的学科

■ 研究对象

研究 正常 状态下，

机体内 细胞、组织、器官、系统的 功能 及其 机制，

以及作为 一个整体，各部之间的 调节（协调） 并与 外界相适应过程的 规律和机制。

机制：功能、机能发生的原理，即功能的背后深层知识。



2. Methods Applied in Physiology Study

生理学的研究手段 (简要介绍)

实验性学科

- 根据研究对象，根据侵入性

(1) 体内/ 在体 *in vivo* 实验 人体、动物

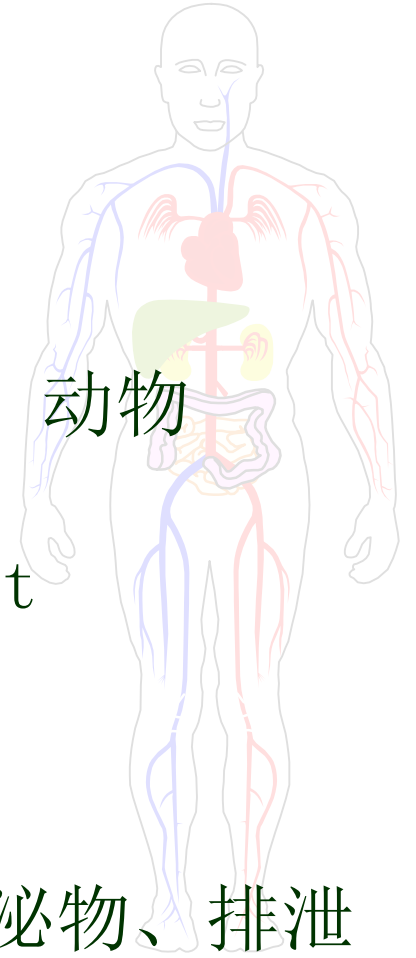
急性实验 acute experiment

慢性实验 chronic experiment

(2) 体外/ 离体 *in vitro* 实验

细胞、组织、离体器官

生化指标：代谢物、体液、分泌物、排泄物



■ 根据研究水平/层次，有划分三个研究水平

(1) 细胞/亚细胞和 分子水平 Chemical, Cellular level

如 物质的转运（交换）、生物电现象、
生命现象的基本物理化学过程

(2) 器官、系统水平 Organs, System level

心脏的泵血、肾脏的泌尿、肝脏功能
神经系统的功能、消化系统的功能

(3) 整体水平研究

如：体格指标；生命指标；生化指标

器官系统之间的功能联系；

机体与环境之间的相互关系，如温度对人体的影响
安静、运动中各项生理指标的变化



■ 人体营养生理的生化指标 举例

蛋白质营养指标

血清总蛋白、血清白蛋白、血浆视黄醇结合蛋白

尿亮氨酸、尿谷氨酰胺、尿肌酐.....

脂肪营养指标

血清总脂、血清总胆固醇、游离胆固醇和胆固醇酯、脂蛋白（HDL、LDL、VLDL）、血清甘油三脂

碳水化合物营养指标

血葡萄糖、胰岛素、葡萄糖耐量试验、血尿酮、

尿糖定性和定量、血糖生成指数

矿物质、微量元素营养指标 血清钙，Hb，发硒

维生素营养指标 过氧化氢溶血

水盐电解质平衡指标 pH、血尿钾、血尿钠、 HCO_3^- 、 H^+

■ 体格指标 举例

身高、体重、体表面积、三围、肺活量、听力、视力.....
神经反射、协调能力、体能、.....
身体质量指数（综合指标）.....

■ 生命的体征

心跳、呼吸、体温、血压、瞳孔反射.....
脑电图、心电图.....

■ 代谢动态研究



§ 1-2 Basic Properties of the Living Body

生命活动的基本特征

■ 生命的基本特征

- a 新陈代谢 Metabolism
- b 兴奋 Excitability
- c 适应 Adaptation
- d 生殖 Reproduction

■ 区分：生命的基本体征

- a 心跳、b 呼吸、c 体温、d 血压、e 瞳孔反射

1. Metabolism 新陈代谢

■ Definition1 :

机体与环境之间不断进行物质交换和能量交换,
以实现自我更新的过程,称为~。

■ Definition2 :

机体不断破坏和清除自身衰老的结构,同时不断摄入
营养重新建造自身结构的过程,称为~。

包括 物质转化(代谢)、能量转化(代谢) 两个过程。

合成 \longleftrightarrow 分解 化学能 \rightarrow 热能、电能、机械能

生命活动最基本的特征

拓展：新陈代谢研究手段

宏观理论/逻辑：黑箱理论、平衡理论

一个现代手段：显踪技术 ^{14}C 、 ^{13}C 、双标水、

^{32}P

深层机制探讨：

代谢组学



蛋白质组学



基因组学 ↔ 蛋白质组学

物质代谢

物质的摄入和排泄

O₂

N、C、O、H 平衡
矿物质平衡
能量平衡

食物 (营养素、化学能)
C、H、O、N、P、S

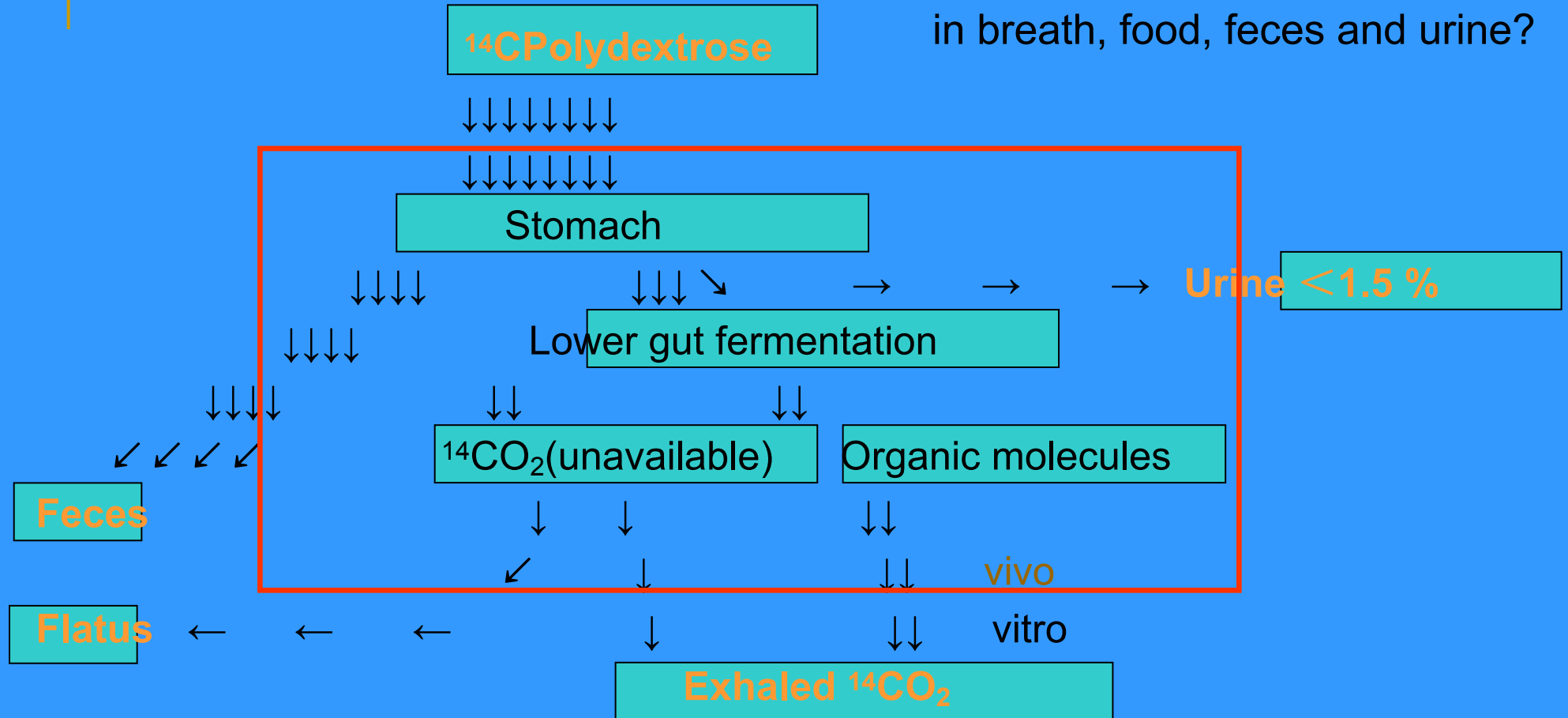


CO₂
体表脱落
腺体分泌
化学能/体表能

热能

代谢废物、尿素、
C、H、O、N、P、S
化学能/粪能、尿能

What if we use ^{13}C ? How to test ^{13}C in breath, food, feces and urine?



the metabolism of labeled ^{14}C Polydextrose in man and animal
Sanford K. Figdor and Joseph R. Balanchine 1983

■ 人和动物生理功能的一种划分

A 植物性功能

人和动物围绕新陈代谢进行的消化 a 吸收、b 呼吸、c 循环、d 泌尿等e 内脏功能与f 生殖功能，统称为~。

调节内脏、内分泌、生殖功能的神经称为植物性神经
(交感和副交感神经) (自主神经)

B 动物性功能

将运动、感觉、思维等功能为人和动物所特有
调节动物性功能的神经可称为运动神经

2. Excitability 兴奋性

重要概念：刺激、反应、刺激三要素、阈值、兴奋性

■ 刺激 stimulus

是引起生物体出现反应的各种内外环境的变化。

■ 反应 reaction

刺激所引起的机体变化。

应激 Stress（扩展）：对刺激的过度反应。

对内部或外界的、身体或精神或情绪上的任何有害刺激的生物学反应之总称。

可使机体的内环境稳定受到破坏，假如这些补偿反应不足的或不适当，就可导致病变。

如对某些疫苗的反应，鸡群转场、换饲料、“水土不服”。

扩展阅读：应激 Stress（百度文献）

■ 应激

是机体在各种内外环境因素及社会、**心理因素**刺激时所出现的全身性非特异性适应反应，又称为**应激反应**。这些刺激因素称为应激原。应激是在出乎意料的紧迫与危险情况下引起的高速而高度紧张的情绪状态。应激的最直接表现即精神紧张。指各种过强的不良刺激，以及对它们的生理、心理反应的总和。应激反应指所有对**生物系统**导致损耗的非特异性生理、心理反应的总和。应激或应激反应是指机体在受到各种强烈因素（应激原）刺激时所出现的非特异性全身反应。

■ 应激原

是指能引起全身性适应综合症或局限性适应综合症的各种因素的总称。根据来源不同，将其分为三类：

(1) 外部物质环境：包括自然的和人为的两类因素。属于自然环境变化的有寒冷、酷热、潮湿、强光、雷电、气压等，可以引起冻伤、中暑等反应。属于人为因素的有大气、水、食物及射线、**噪声**等方面的污染等，严重时可引起疾病甚至残废。

(2) 个体的内环境：内、外环境的区分是人为的。内环境的许多问题常来自于外环境，如营养缺乏、感觉剥夺、刺激过量等。机体内部各种必要物质的产生和平衡失调，如内分泌**激素**增加，酶和血液成分的改变，既可以是**应激源**，也可以是应激反应的一部分。

(3) 心理社会环境：大量证据表明，心理社会因素可以引起全身性适应综合症，具有应激性。尤其，亲人的病故或意外事故常常是重大的应激源，因为在悲伤过程中往往会伴有明显的躯体症状。研究表明，在配偶死亡的这一年中，丧偶者的死亡率比同年龄其他人要高出很多。

心理、社会因素可引起良性应激，如中奖、提升；也可引起劣性应激，如竞争失败、丧失亲人。应激对健康具有双重作用，适当的应激可提高机体的适应能力，但过强的应激（不论是良性应激还是劣性应激）使得适应机制失效时会导致机体的功能障碍。

另外根据影响程度又可分为良性应激（生理性应激）和劣性应激（病理性应激）。

■ 刺激引起反应的三条件（要素）

足够的a 强度

足够的b 时间

适宜的刺激 c 强度变化率

青蛙效应

题例：

刺激引起反应的三条件（要素）包括：足够的_____；
足够的_____；适宜的刺激_____。

■ 刺激阈值 threshold / 阈强度

定义1:

刚能引起组织细胞发生反应的刺激强度。

定义2:

刺激时间和 强度变化率 固定不变，只改变强度，
能引起反应的最小刺激强度。

阈上刺激：强度高于阈值的刺激，可引起反应。

阈下刺激：强度低于阈值的刺激，不引起反应。

阈值 是衡量细胞、组织兴奋性高低的指标。

阈值 与 兴奋性 成 反比

即阈值越高兴奋性越低，阈值越小，兴奋性越高。

$$\text{兴奋性} \propto \frac{1}{\text{阈值}}$$

■ 兴奋性 Excitability

定义一：传统定义

生物体对 刺激 产生 反应 的能力。是生物体生存的必要条件。

定义二：现代定义—按生理机制

细胞、组织对 刺激 产生 动作电位 的能力。

兴奋、兴奋性的本质是生物电现象

What is real? How you define the reality? (骇客帝国)

兴奋：组织细胞 对 刺激 产生 动作电位 称为~。

可兴奋组织：对 刺激 产生 动作电位 的组织。

- 不同细胞、或同细胞在不同条件下兴奋性不同。

高兴奋性细胞、组织 对弱刺激便可兴奋，即刺激阈值低

$$\text{兴奋性} = \frac{1}{\text{阈值}}$$

有 神经细胞、肌肉细胞、心肌细胞、腺体细胞

3. 适应 Adaptability

■ 适应性 adaptability

机体对一类频繁、持续性（长期）内外环境变化（刺激），调整体内各部分活动和功能来应对变化的功能。

分为两种：

行为性适应 例如，低温下的趋热，躲避伤害

生理性适应 例如，高原环境RBC、Hb 增加

瞳孔的光反射

体育锻炼、训练、体能挑战 → 器官功能贮备力提高

扩展：耐受性 tolerance

是一种适用性，但不完全等同，有被动和抵抗的意味。

扩展：心理适应（一种精神活动状态）

培养学习、钻研、探究的习惯；抛弃懒惰！

学习也是一种生活方式，生活的主要内容

4. 生殖 Reproduction

- 单细胞生物、机体内单个细胞
 - 自我复制 Self replication
 - 简单分裂 Fission
 - 有丝分裂 Mitosis
- 植物：两性花朵、芽植、扦插、组繁、孢子
- 人类和高等动物两性生殖
- 人和动物的克隆生殖 → 当代生物、生理科学的顶峰
“我克隆了我自己” ， “克隆人对未来的意义”
故事中国 → guojunge → 搜索

§ 1-3 Internal environment and Homeostasis

内环境及其稳态

1. 体液 约占体重 60%

男60%、女50%、新生儿 75%~80%

A 细胞内液 intracellular fluid 40% (2/3)

B 细胞外液 extracellular fluid 20% (1/3)

a 血浆 plasma 5%

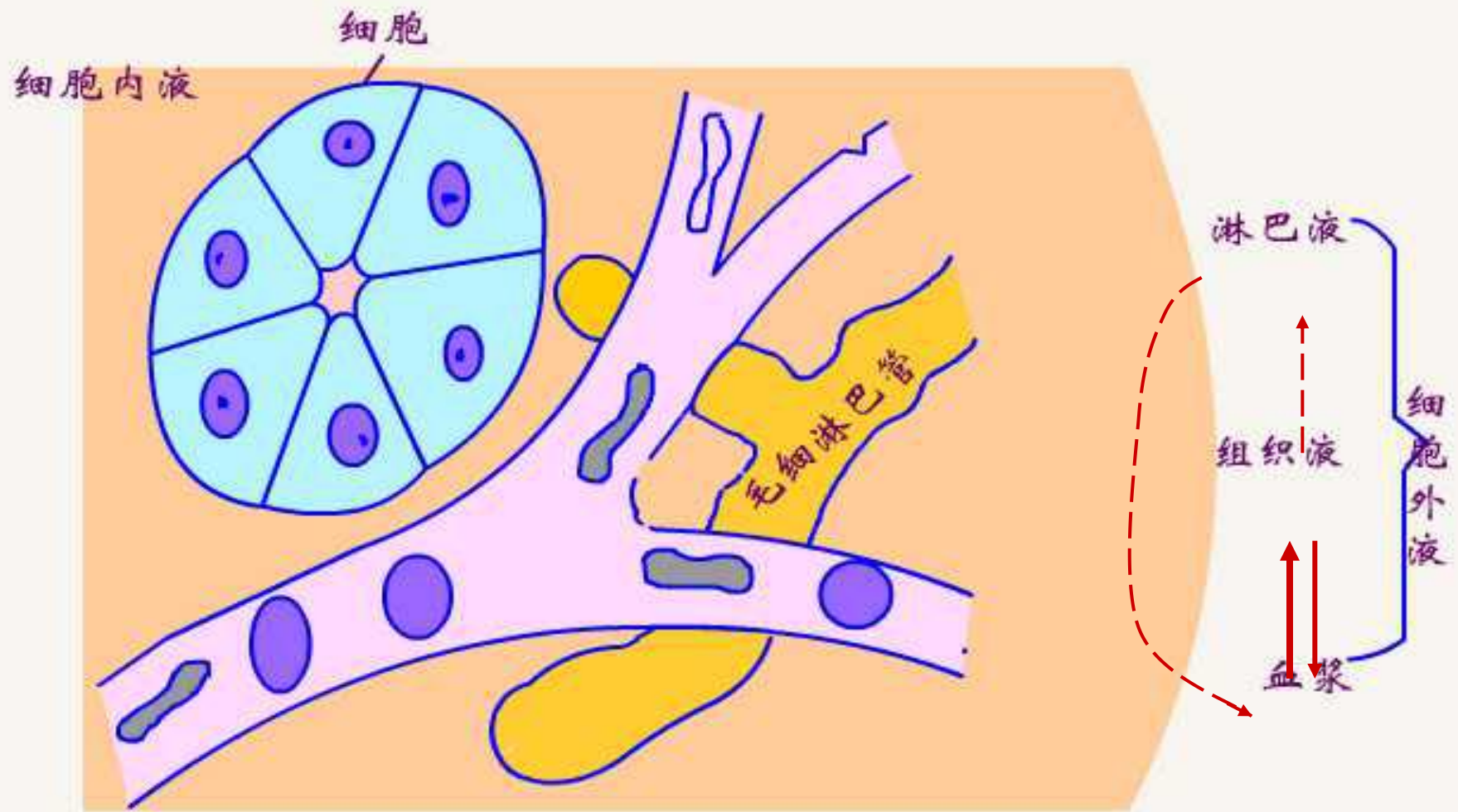
b 组织液 interstitial fluid 15%

c 淋巴液

C 其它体液（细胞外液）

房水、脑脊液、胸腔液、腹腔液、关节囊液。

消化液，通常不划入细胞外液，也不作为体液讨论。



2. 内环境 internal environment

细胞生活的体液环境，即细胞外液

细胞是一个相对独立的存在的单位，但对环境条件要求非常苛刻，机体细胞生存的海洋必需“风平浪静”。

3. 稳态 homeostasis

内环境理化性质的相对恒定，不是绝对无变化。

拓展：“内环境稳态”研究的萌芽 和 发展

1775 英国, C. Blagden 最早研究体温。

一个有趣的自身试验

120℃烤箱, 13分烤熟一盘牛肉

他坚持了15分, 他没有被烤熟! 体温基本正常。

1857 法国, C. Bernard 提出“内环境”、

“体内组织并不与外界环境直接接触, 而是被体内环境保护着, 这个内环境主要由体内循环的液体组成”。 “所有生命机制尽管多种多样, 但只为一个目标, 就是保持内环境中生活条件的稳定……”

“内环境对自由和独立生存的首要条件” ……

1929 英国 W. B. Cannon 确定了“稳态”的概念

“外环境的干扰、物质交换只能让内环境在很窄的范围内波动……”

稳态概念现有了更大的发展, 贯穿与生命科学

■ 内环境 要求 处于 稳态 的 理化因素

包括：

A 渗透压 晶体渗透压、胶体渗透压

B 酸碱度/ pH, H^+/OH^-

C 温度

D 代谢产物 O_2/CO_2 、尿素、尿酸、 NH_4^+

E 化学组成

a 重要离子 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ...

b 血糖、氨基酸

c 激素、细胞因子等

议题：人是否该喝初乳、是否需要OMP？

§ 1-4 Regulation of the physiological functions
生理功能的调节

- A. 神经调节 nervous regulation
- B. 体液调节 humoral regulation
- C. 自身调节 autoregulation

1. 神经调节 nervous regulation

通过神经系统的活动，对各组织、器官、系统的功能的调节，乃至全身某一项活动进行的协调。

重点概念、内容：

反射、反射弧、条件和非条件反射、神经调节的特点。

· 神经调节的特点

反应快速、准确、作用部位局限、持续时间短暂。

■ 神经调节的基本方式 / 是什么？

反射 reflex

在中枢神经系统参与下，机体对刺激发生的规律性应答反应，称为~。

反射弧 reflex arc

完成反射的必需结构/基本机构称为~。

■ 反射弧有几个环节？ / 反射弧的基本结构

有五个环节

感受器 → 传入神经 → 中 枢 → 传出神经 → 效应器



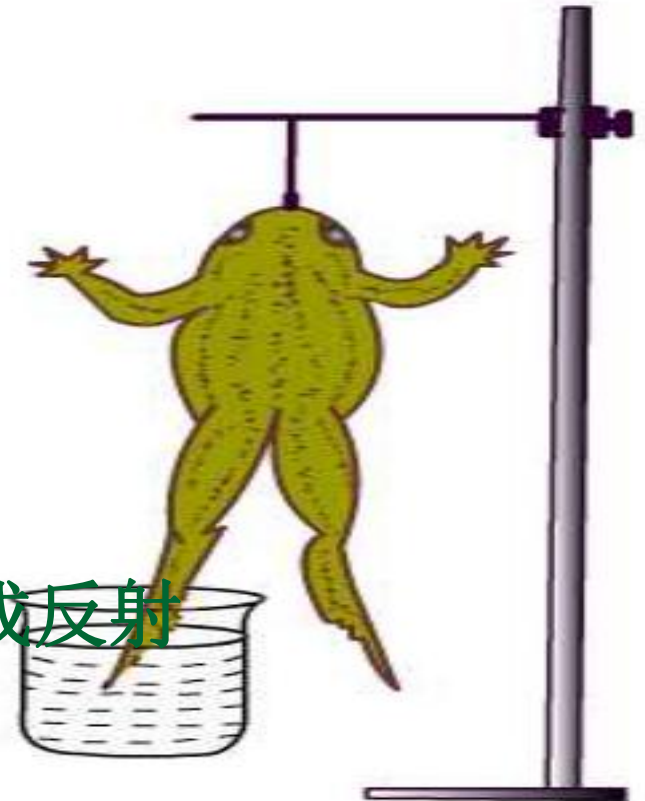
中枢：

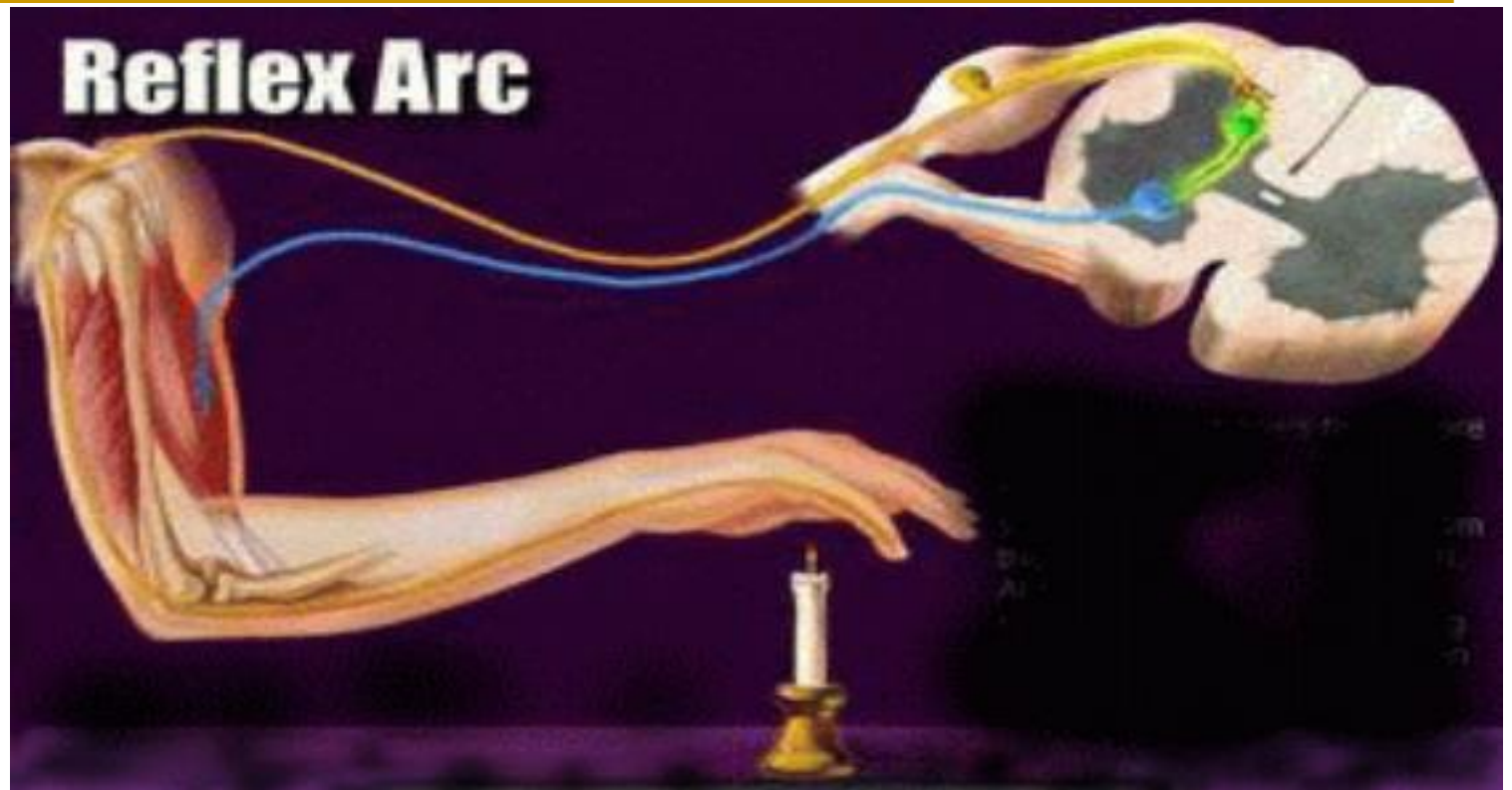
最高级中枢—大脑皮层

最低级中枢—脊髓

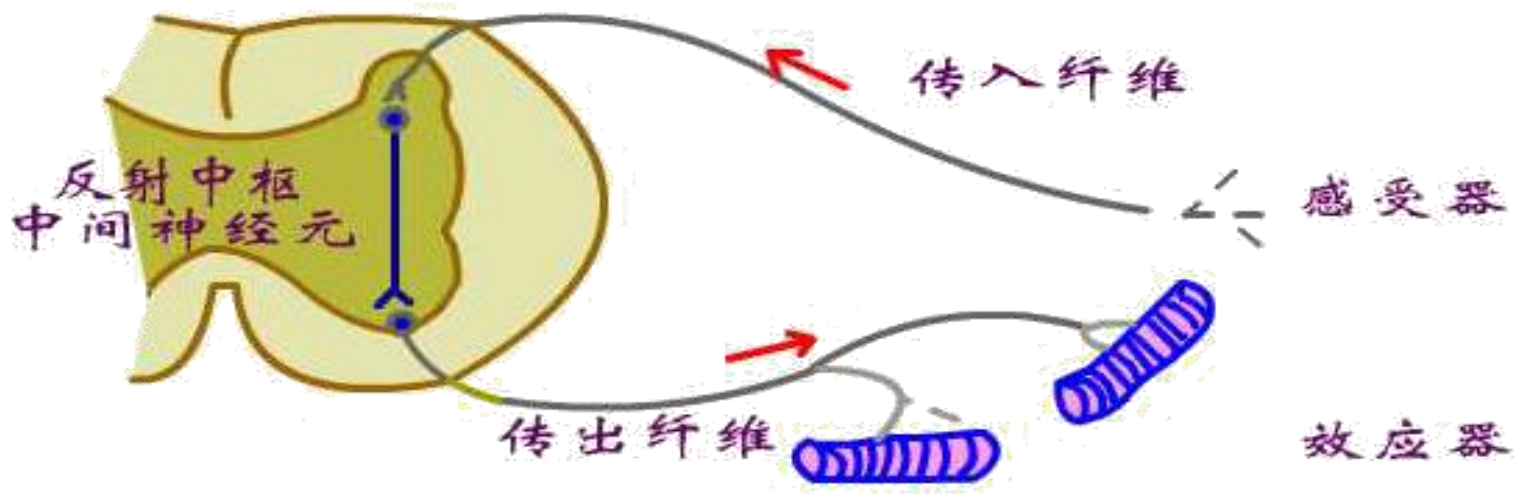
经典实验：脊蛙搔拔反射

证实反射弧 及 通过脊髓完成反射





神经反射调节是一种
闭合回路 Closed-loop
而非
开口回路 Open loop



反射弧中的任何一部分被破坏，
都会导致反射活动的消失。

- 反射弧中任何一部分被破坏，

都

会导致反射活动的消失。

例如：封闭注射，阻断痛觉神经

■ 反射的分类（以中枢级别高低划分）

非条件反射 Unconditioned reflex
维持生命的本能活动

条件反射 Conditioned reflex

例如：巴布洛甫试验：狗→吹哨→口水
望梅止渴

非条件反射	先天遗传/获得	同类动物都具有	初级的神经活动
条件反射	后天获得/建立	不固定，可以建立，也可以丢失	大脑的高级神经活动 学习、训练

2. 体液调节 humoral regulation

概念

指体内产生的某些化学物质经体液运输到达靶细胞、组织、器官，并作用于细胞的相应受体，对这些细胞的活动和功能进行调节。

关键词：

化学物质：如激素、细胞因子、代谢物质（ CO_2 等）

体液途径：如血液循环、组织液、脑脊液扩散

■ 体液调节物质有哪些？

体液因素 / 介导体 / 信使物质 / 化学物质：

- a 激素/荷尔蒙 hormone：内分泌细胞、腺产物
- b 细胞因子
- c 神经递质：Ach、儿茶酚胺、组织胺、5-羟色胺
- d 组织细胞代谢产物 — 乳酸、CO₂、尿素、NH₄⁺等等
- e Ca²⁺、K⁺、Na⁺ 等等化学物质

■ 相对于神经调节，体液调节有何特点？

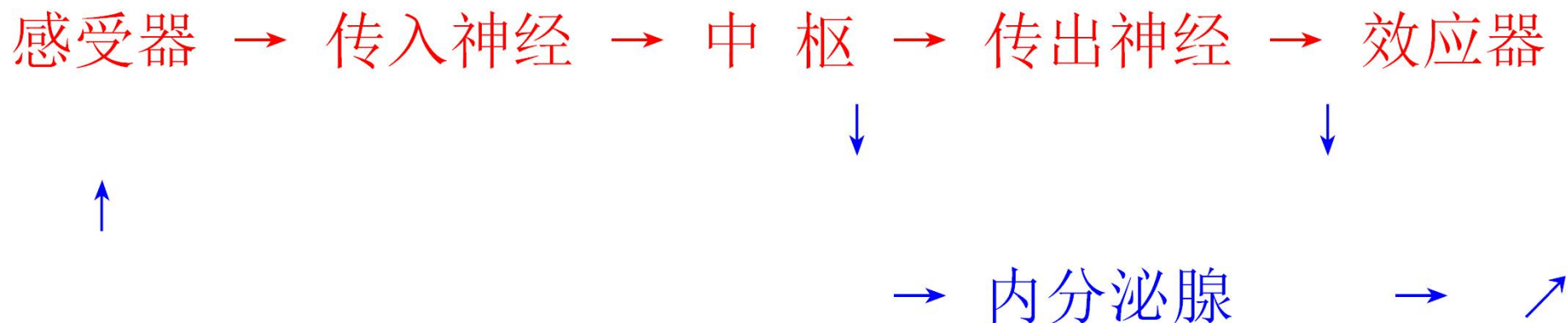
反应比较缓慢、持久而弥散、作用范围广。

神经调节的特点是

反应迅速、准确

作用部位局限和作用时间短暂

- 神经—体液调节 neuro-humoral regulation
二者不是孤立的，有密切联系



总体来所神经系统主导

例子：惊恐、紧张、精神压力 与 胃溃疡

3. 自身调节 auto-regulation

内外环境变化时，器官、组织、细胞在不依赖于神经或体液调节的情况下自身对刺激产生的适应性反应。

特点：影响范围小，调节幅度小、灵敏度较低

例如：

平均动脉压在一定范围内变动时，脑血管可通过自身调节机制改变其管径，使脑血流量保持相对恒定。

§ 1-5 生理活动的自动控制机制 本章难点

人体生理功能的调节是多重、复杂和微妙的，

怎样解释或阐释机体生理功能的调节机制呢？

人们联想了工业自动控制原理，机体的功能调节原理与此有类似性。

控制论 Cybernetics

■ 机体控制系统可分为：

a 反馈控制系统 feedback control system（重点）

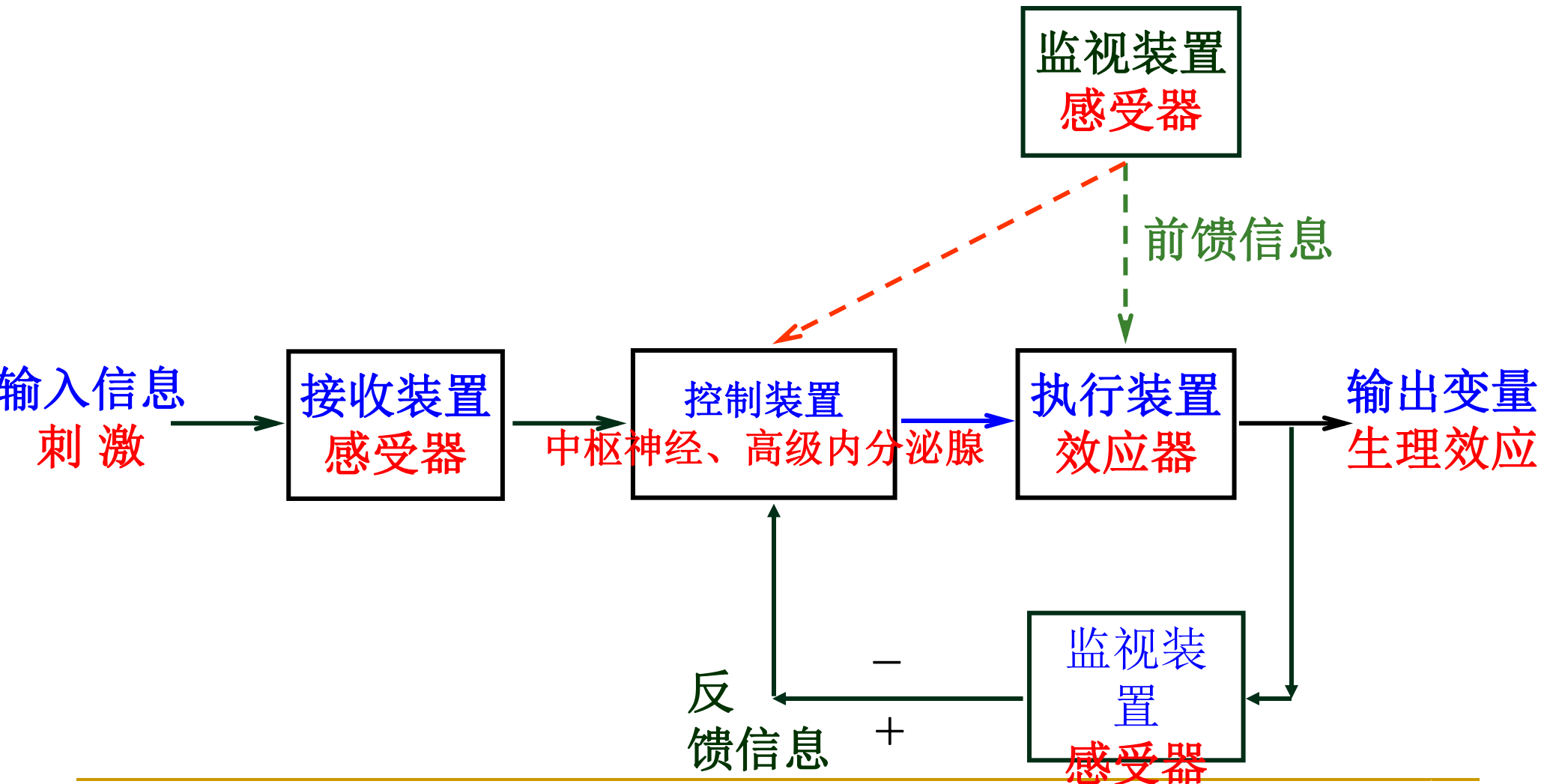
负反馈、正反馈

b 前馈控制系统 feed-forward control system

c 非自动控制系统（了解）

机体功能的自动控制系统

了解

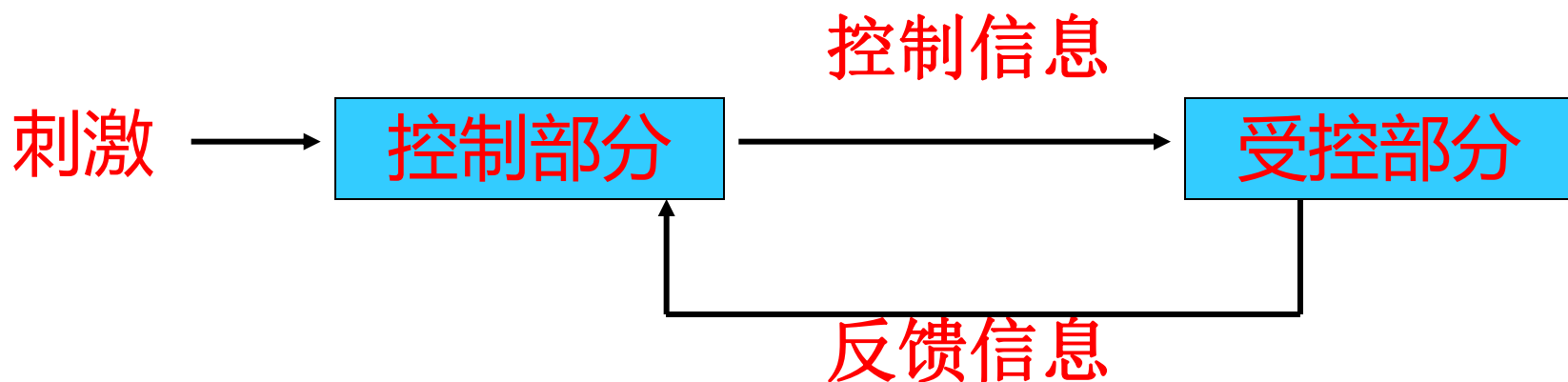


■ 反馈 feedback

受控部分 发出返回信息反过来调整控制部分后继判断和指令的过程，形成一个闭环回路。

神经（反射弧） 和 体液调节都有这个机制。

反馈有 负反馈、正反馈 两种形式



■ 负反馈 negative feedback

受控部分（效应器）反馈信息对控制部分的活动产生抑制或纠正作用，使控制部分的活动减弱或停止，称为~。

意义：

是维持机体内环境稳态的重要途径。

如，体温、血压等等

特点：滞后、波动。

输出信号出现偏差后，负反馈才起作用。滞后一段时间后才能纠正偏差，易纠枉过正而出现波动

■ 正反馈 positive feedback

从受控部分发出的反馈信息促进与加强控制部分的活动，称为正反馈。

意义：

加速一个生理过程。

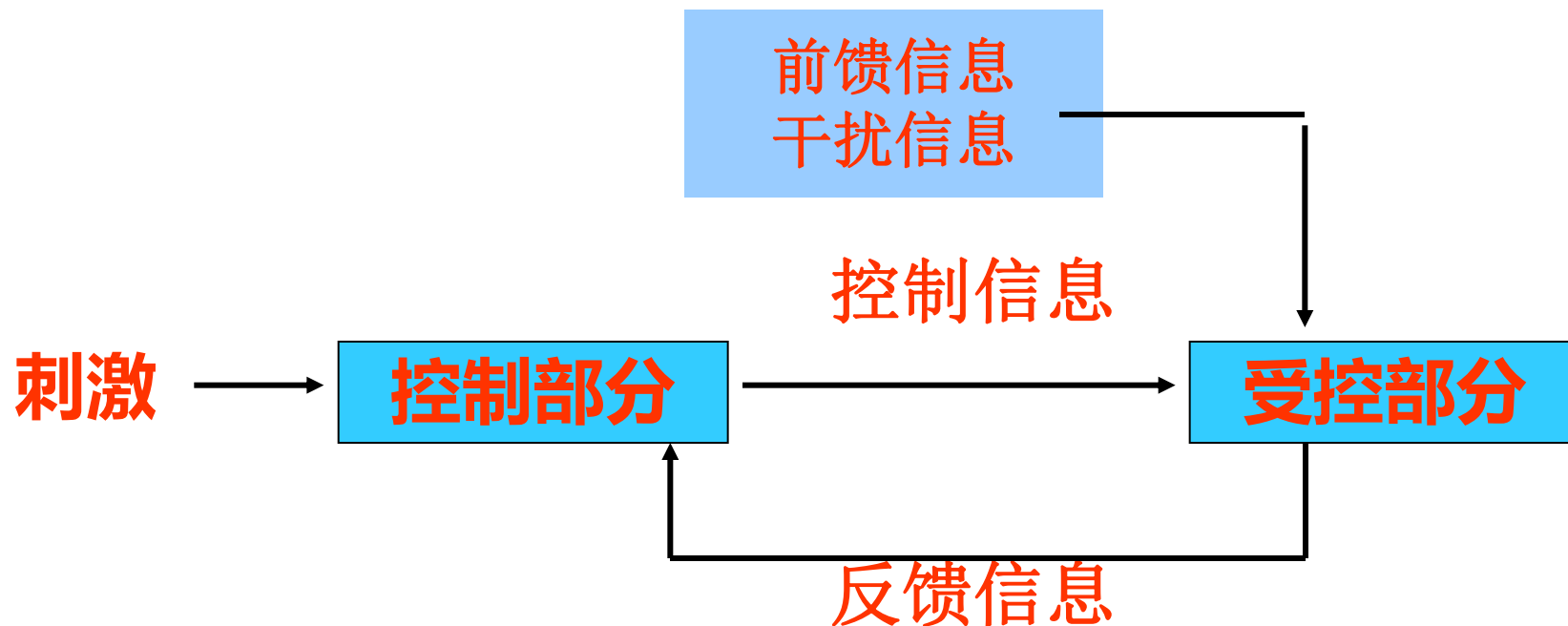
特点：

不可逆的、不断增强的过程，不能维持系统的稳态或平衡，而是破坏原来的平衡状态。

例子：排尿过程；打喷嚏。

■ 前馈 feed-forward

不是受控部分发出的信息，干扰信息直接通过感受装置作用于控制部分，从而调整控制信息



特点：调节具有前瞻性

例子：冬泳、有些条件反射；知识、经验

End
2015年3月
2018年9月



本章部分思考、复习题

一、名词解释（要求：相应英文或英文缩写）：

刺激、反应、反射、反射弧、阈值、兴奋性、适应性、应激、内环境、神经调节、体液调节、反馈、负反馈、正反馈、前馈

二、问答题

- 1、生理学的研究任务和对象是什么？
- 2、机体功能的调节有哪几个主要方式？各自有何特点？其相互关系如何？
- 3、参与体液调节的化学物质有哪些？
- 4、生命活动有哪些基本特征？生命的指征有哪些？
- 5、人和哺乳动物生理学研究有哪些层次？
- 6、条件反射和非条件反射有何区别？望梅止渴是什么反射？脊蛙搔拨反射试验证明了什么发射的存在？
- 7、负反馈的生理意义是什么？

8、反应、反射、反馈 三者有何区别？

三、判断题

例题1：机体内脏的功能是，不受意识的支配，因此支配内脏活动的神经叫自主神经。

例题2：受控部分发出返回信息反过来调整控制部分后继判断和指令的过程，称为 **反应**。

例题3：望梅止渴是条件反射。

四、单选题

例题1：下列哪一个是生命的体征

a 新陈代谢； b 血压； c 兴奋； d 适应； e 生殖

五、多选题

例题1：下列哪些是生命的四大基本特征？

a 新陈代谢； b 反馈； c 兴奋； d 适应； e 生殖

例题2：机体生理活动有哪三个层次的调节

a. 神经调节； b 体液调节； c 自身调节； d 反馈调节； e 反射调节

例题3：

六、填空题

1、望梅止渴是_____反射。

2、内环境稳态是指内环境_____的相对恒定。