



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE



第九章 氨基酸代谢

Metabolism of Amino Acid

主要内容

1

蛋白质的营养作用

2

蛋白质的消化、吸收与腐败

3

氨基酸的一般分解代谢

4

氨的代谢

5

个别氨基酸的代谢

6

糖、脂类和蛋白质代谢的联
系



第一节

蛋白质的营养作用



一、蛋白质生理功能

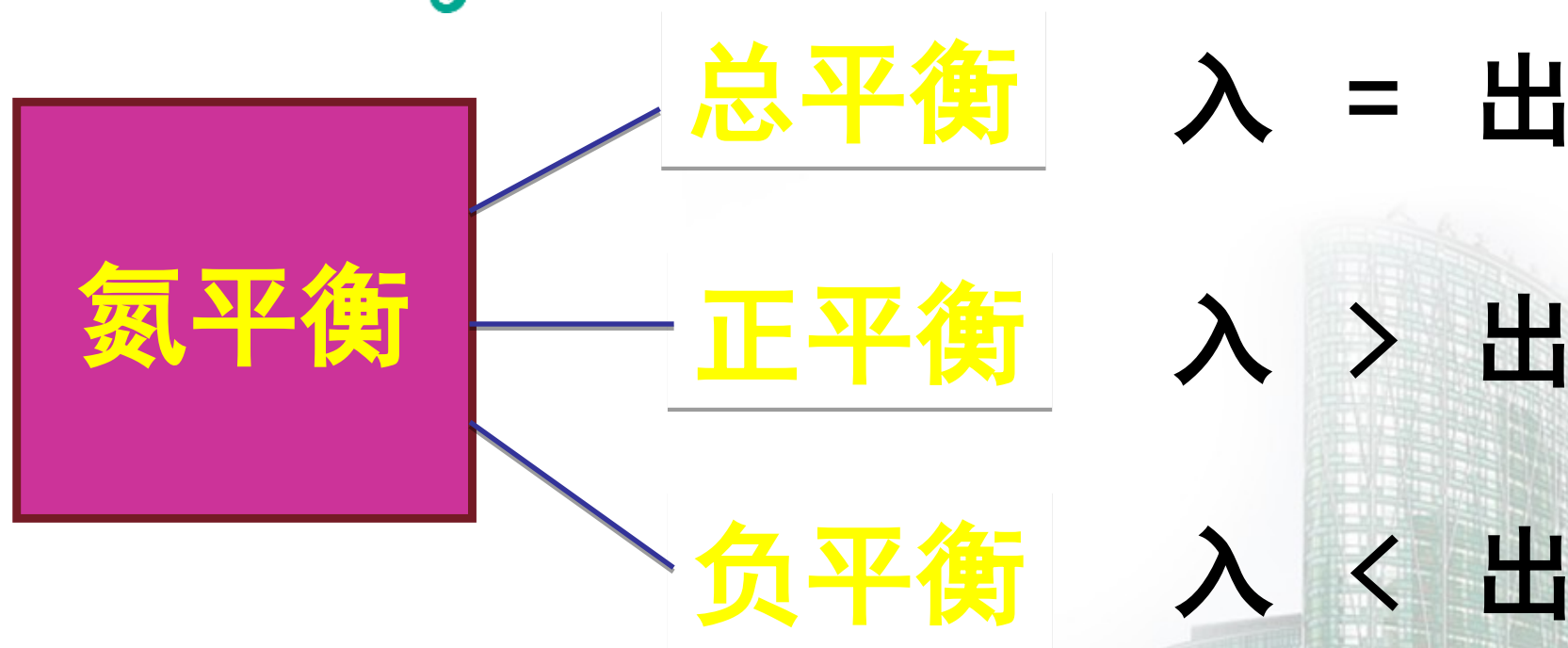


二、蛋白质的需要量

蛋白质的营养价值

- **蛋白质的营养价值**是指外源性蛋白质被人体利用的程度。
- **蛋白质营养价值的高低**与食物蛋白质所含**必需氨基酸**的种类和比例有关。

二、蛋白质的需要量



国家营养学会推荐正常成人：80 克 / 日

案例分析

案例

为什么在对临床危重病人的护理中，可用比例适当、营养价值高的混合氨基酸或必需氨基酸进行输液？

分析

危重病人对蛋白质摄入量减少，体内蛋白质合成受影响，为了维持患者体内氮平衡，保证体内氨基酸的需要，可以采用上述方法。



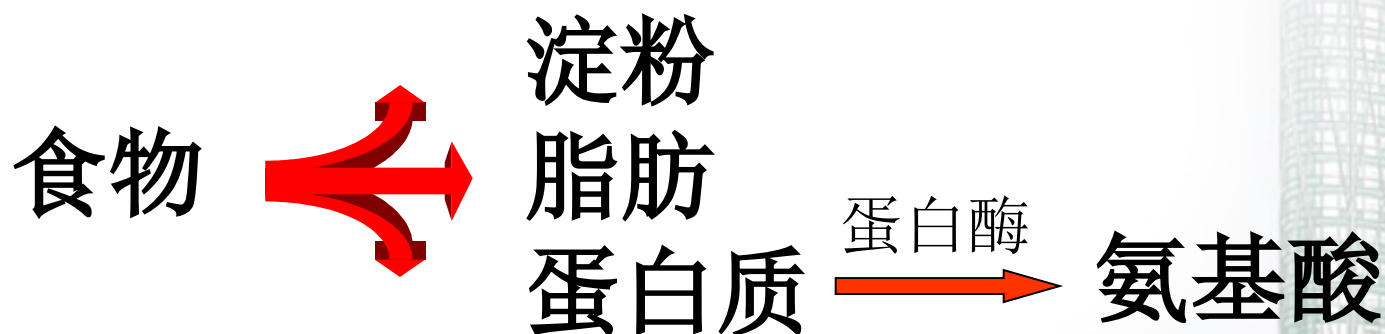
第二节

蛋白质的消化、吸收与腐败



一、蛋白质的消化与吸收

(一) 蛋白质的消化



(一) 蛋白质的消化

1. **胃**：胃蛋白酶水解食物蛋白质为多肽、寡肽及少量氨基酸。

2. **肠**：蛋白质消化的**主要场所**。

肽链外切酶：羧肽酶 A、羧肽酶 B、氨基肽酶、二肽酶等。

肽链内切酶：如胰蛋白酶、糜蛋白酶、弹性蛋白酶等。

(二) 蛋白质的吸收

- 吸收部位：主要在小肠
- 吸收形式：氨基酸、寡肽、二肽
- 吸收机制：耗能的主动吸收过程



1. 肽的吸收

- 利用肠粘膜细胞上的二肽或三肽的转运体系
- 此种转运是耗能的主动吸收过程
- 吸收作用在小肠近端较强



2. 氨基酸的吸收

- 氨基酸载体蛋白的转运

需钠耗能

- γ -谷氨酰基循环

在 γ -谷氨酰转移酶的催化下，通过与谷胱甘肽作用转运入细胞内。

二、蛋白质在肠道中的腐败



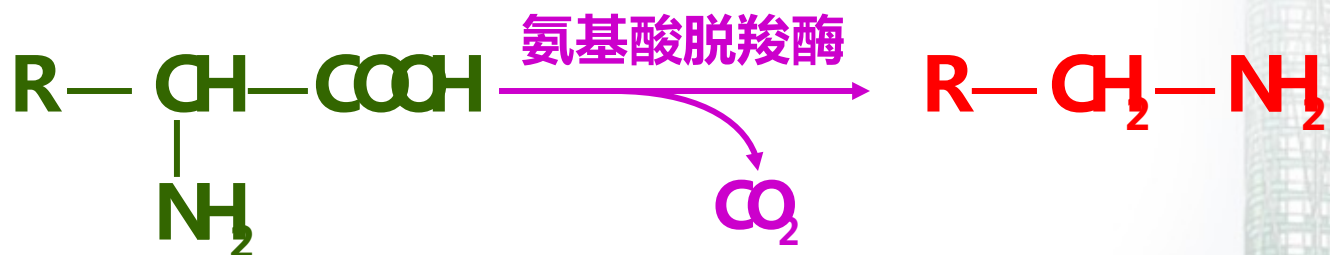
- **蛋白质的腐败作用**

肠道细菌对肠道中未消化及未吸收的蛋白质或蛋白质消化产物的分解作用。

- **腐败产物有些是有一定营养价值的，如维生素及脂肪酸等；而大多数腐败产物对人体有害，如胺类、氨、吲哚、硫化氢、酚类等。**

1. 胺类的生成

蛋白质 $\xrightarrow{\text{蛋白酶}}$ 氨基酸 $\xrightarrow{\text{脱羧基作用}}$ 胺类



组氨酸 $\longrightarrow$ 组胺
赖氨酸 $\longrightarrow$ 尸胺

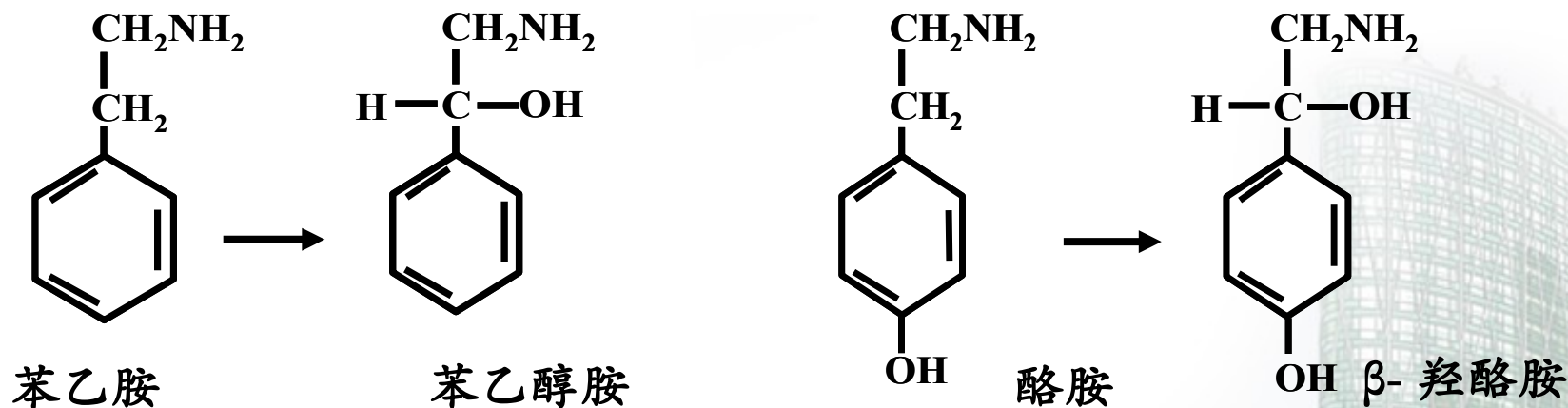
} 降压

酪氨酸 $\longrightarrow$ 酪胺
色氨酸 $\longrightarrow$ 色胺

} 升压

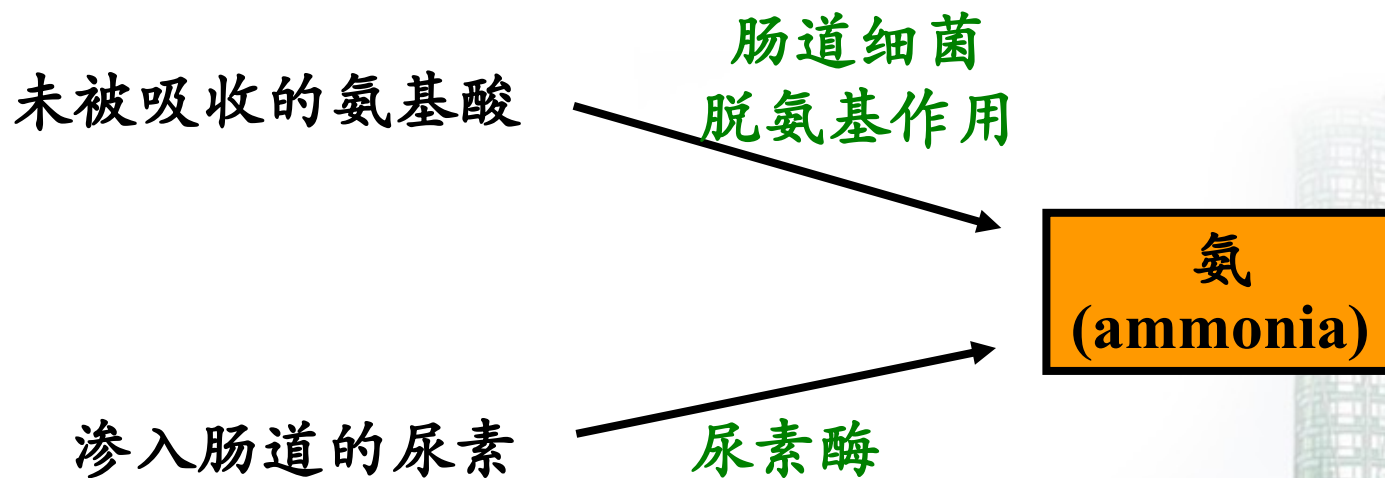
1. 胺类的生成

某些胺类 $\xrightarrow{\beta\text{-羟化}}$ 假神经递质



• β -羟酪胺和苯乙醇胺结构类似儿茶酚胺，它们可取代儿茶酚胺与脑细胞结合，但不能传递神经冲动，使大脑发生异常抑制。

2. 氨的生成



3. 其它有害物质的生成

苯酚、吲哚、甲基吲哚及硫化氢等



第三节

蛋白质的一般分解代谢



一、体内氨基酸的代谢概况

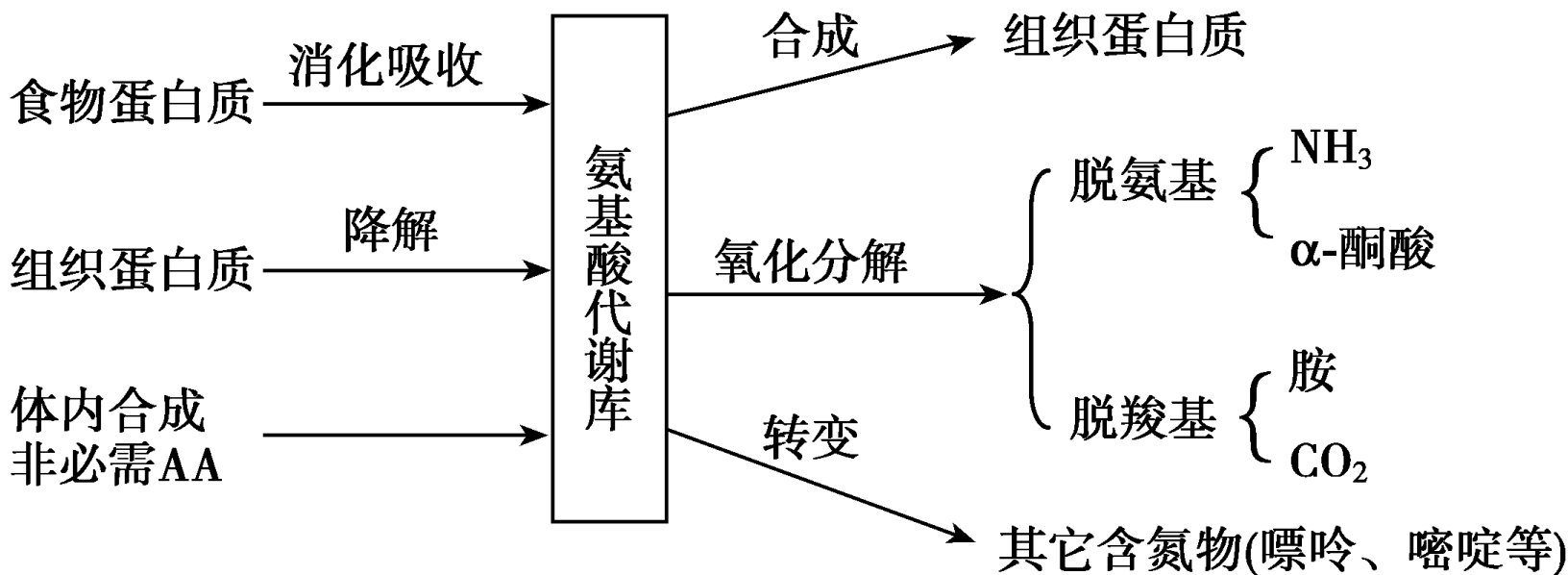
氨基酸代谢库

食物蛋白经消化吸收的氨基酸（外源性氨基酸）与体内组织蛋白降解产生的氨基酸（内源性氨基酸）混在一起，分布于体内各处参与代谢，称为氨基酸代谢库。

氨基酸的来源和去路

氨基酸的来源

氨基酸的去路



二、氨基酸的脱氨基作用

定义

指氨基酸脱去氨基生成相应 α - 酮酸的过程。

脱氨基方式

转氨基作用

氧化脱氨基

联合脱氨基

嘌呤核苷酸循环

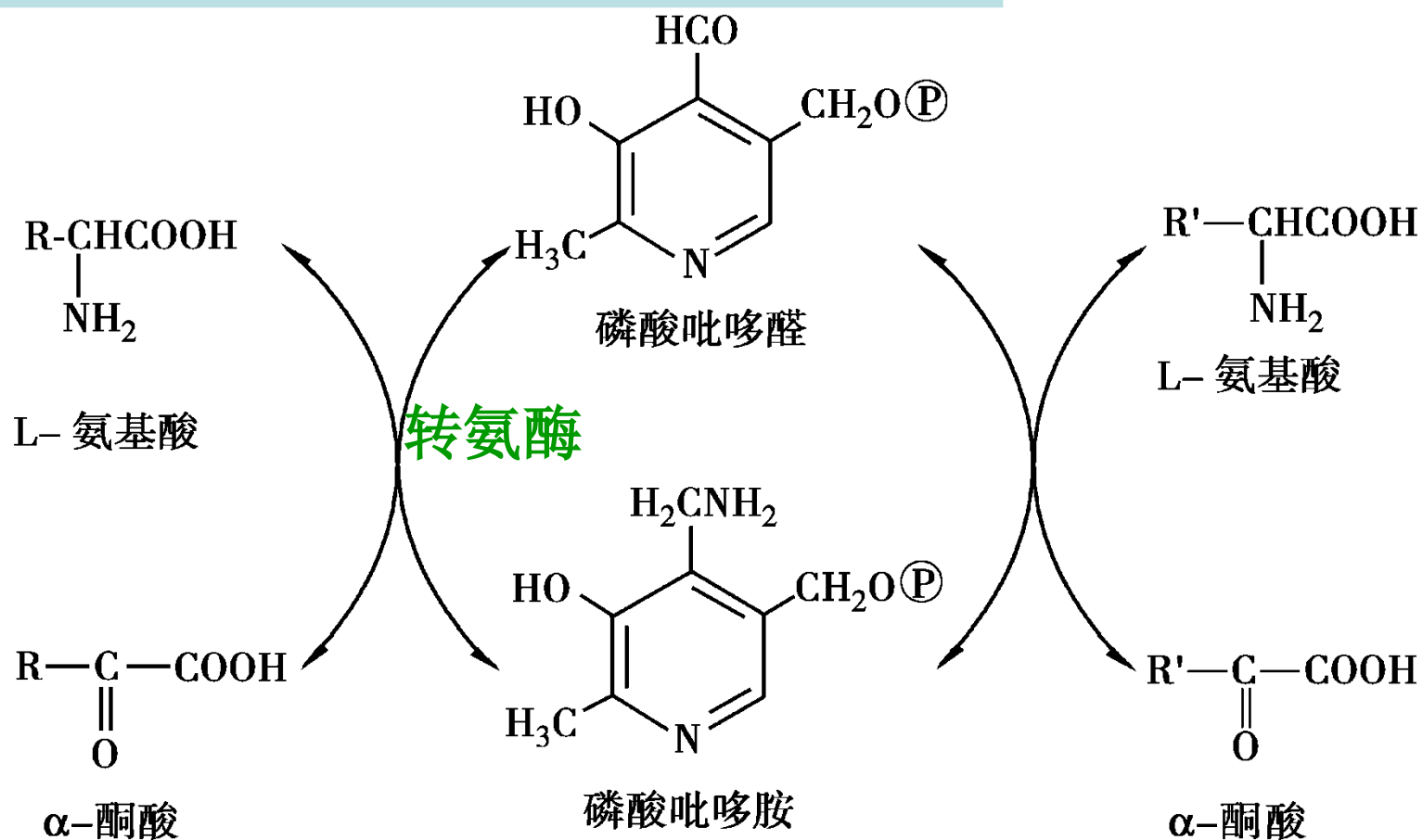
1. 转氨基作用

定义

氨基酸在氨基转移酶的催化下，将氨基转移到 α - 酮酸分子上，自身生成相应的 α - 酮酸，原来的 α - 酮酸接受氨基转变为相应氨基酸的过程称为转氨基作用。

转氨基作用的反应过程

转氨酶的辅酶是磷酸吡哆醛

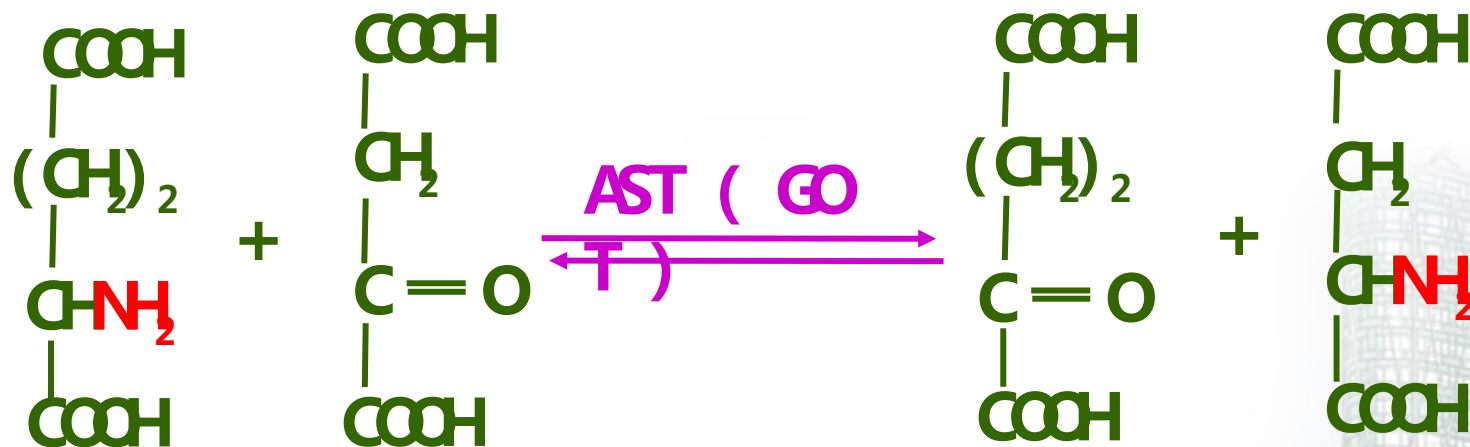


重要的转氨酶



丙氨酸氨基转移酶（ALT），又称为谷丙转氨酶（GPT）。催化丙氨酸与 α -酮戊二酸之间的氨基移换反应，为可逆反应。该酶在肝脏中活性较高，在肝脏疾病时，可引起血清中ALT活性明显升高。

重要的转氨酶



天冬氨酸氨基转移酶（AST），又称为谷草转氨酶（GOT）。催化天冬氨酸与 α -酮戊二酸之间的氨基移换反应，为可逆反应。该酶在心肌中活性较高，故在心肌疾患时，血清中AST活性明显升高。

案例分析

案例

某男， 38 岁， 近日食欲减退， 恶心厌油， 全身疲乏无力， 右上腹痛。

触诊：肝大

肝区叩痛

肝功： **ALT** 显著增高； **AST** 增高 ； 两对半正常（乙肝指标）

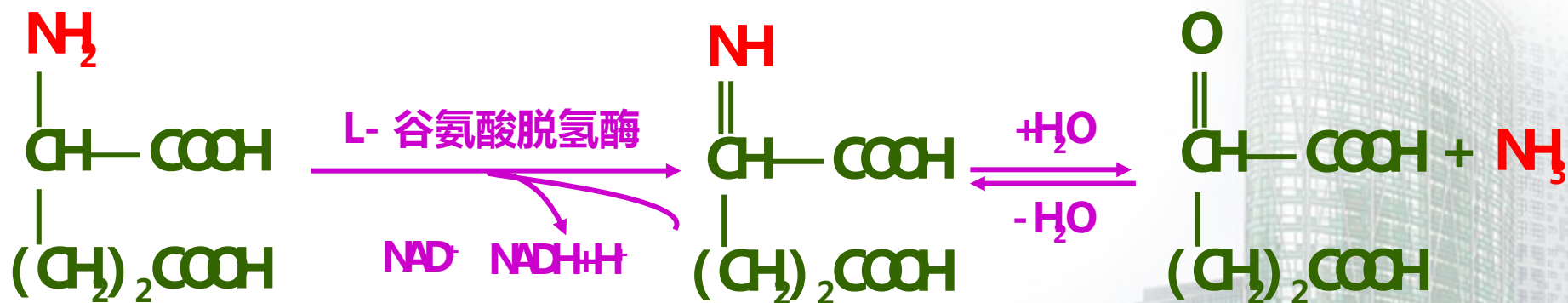
诊断：急性病毒性肝炎

分析

正常情况下， **ALT** 在肝细胞内活性最高， **AST** 次之。急性肝功能损伤时， 肝细胞内酶释放入血， 血中转氨酶增高。

2. 氧化脱氨基作用

定义：在氨基酸氧化酶作用下，氨基酸脱氢并脱去氨基的过程。



催化酶：

L-谷氨酸脱氢酶

辅酶：

NAD^+ 或 NADP^+

3. 联合脱氨基作用

定义：在转氨酶和 *L*- 谷氨酸脱氢酶的联合作用下使氨基酸脱去氨基的作用。

此方式是体内多数组织脱氨基的主要方式。其逆反应是体内合成非必需氨基酸的主要途径。



4. 嘌呤核苷酸循环

- 在肌肉细胞中的一种特殊的联合脱氨基作用方式。
- 由于骨骼肌和心肌中，谷氨酸脱氢酶的活性较低，而腺苷酸脱氢酶的活性较高，故采用此方式进行脱氨基。

三、 α - 酮酸的代谢

1. 合成非必需氨基酸

2. 转变成糖及脂肪酸

- 生糖氨基酸：体内能转变为糖的氨基酸，共有 13 种；
- 生酮氨基酸：能转变为酮体的氨基酸，如亮氨酸和赖氨酸；
- 生糖兼生酮氨基酸：既能转变为糖又能转变为酮体的氨基酸，如异亮氨酸、苯丙氨酸、色氨酸、苏氨酸和酪氨酸。

3. 氧化供能

进入三羧酸循环彻底氧化分解供能

第四节

氮的代谢



案例

某年7月12日，某厂酮苯脱蜡车间3号氨冷冻机开车时，由于液氨进入缸体，使二段缸打碎。爆裂碎片击伤在场协助开车的电工臀部，当即摔倒在地，大量氨逸出，使其中毒死亡。

分析

氨对人来说是一种毒性物质。氨进入呼吸道可引起剧烈咳嗽和窒息感，呼吸深而快，高浓度氨吸入，可引起喉炎、急性支气管炎、肺炎和肺水肿；有患者发生喉头水肿、喉痉挛而引起窒息，甚至可引起反射性呼吸停止、昏迷和休克。吸收进入血液后，可引起中枢神经损害，如头晕、头痛、痉挛、谵妄、精神错乱，甚至昏迷等；有些发生中毒性肝炎、肾脏损伤等。氨与皮肤接触可引起化学性烧伤，损伤组织较深。

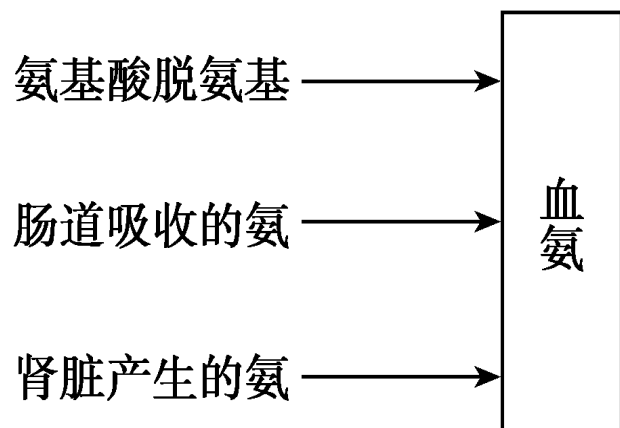
爆裂缸体的碎片击伤了在场协助开车者的臀部，这并不是导致他死亡的原因，真正的原因是**氨中毒**，如果及时将患者救离中毒现场，死亡事故便不会发生。

- 
- 氨是机体正常代谢产物，具有毒性。
 - 体内的氨主要在肝合成尿素而解毒。
 - 正常人血氨浓度一般不超过 $0.6\mu\text{mol/L}$ 。
- 

氨的来源、去路和转运



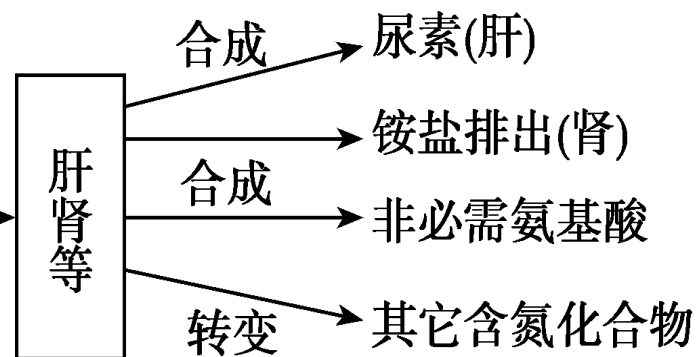
氨的来源



氨的转运

谷氨酰胺
丙氨酸-葡萄糖循环

氨的去路



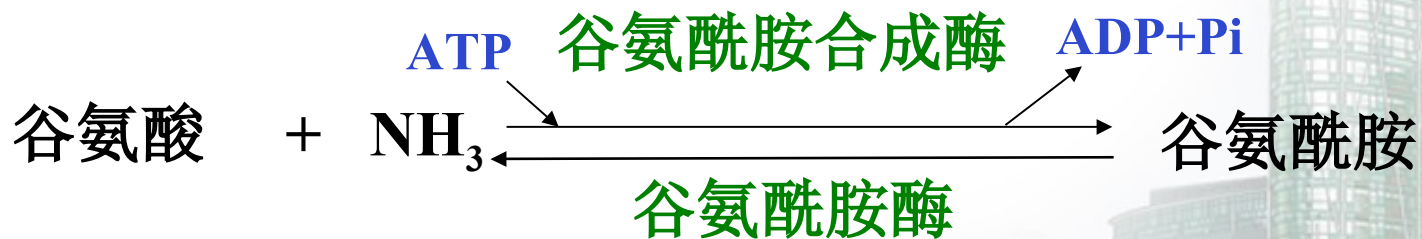
一、氨的来源

- 1 氨基酸的脱氨基作用产氨
- 2 肠道吸收的氨
- 3 肾脏产生的氨

二、氨的转运

1. 谷氨酰胺的运氨作用

谷氨酰胺主要是从脑和肌肉等组织运送氨到肝和肾脏。



这是体内贮氨、运氨的主要形式。

二、氨的转运

2. 丙氨酸-葡萄糖循环

肌肉组织中蛋白质分解旺盛，产生较多氨基酸。这些氨基酸脱下的氨基可经丙氨酸-葡萄糖循环转运至在肝内合成无毒的尿素。

通过此循环，不仅使肌肉组织内产生的氨以无毒的丙氨酸形式运送到肝进行代谢，同时又为肌肉组织提供了能源。

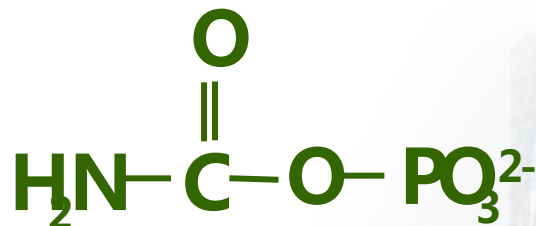
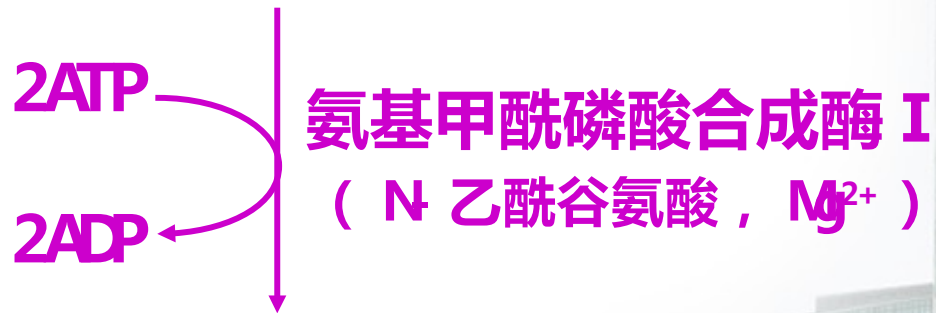
三、氨的去路

(一) 合成尿素

- 体内氨的主要去路是在肝内合成尿素由尿排出。
- 尿素合成的过程称为鸟氨酸循环。
- 鸟氨酸循环在肝细胞的线粒体和胞液中进行。

(一) 合成尿素

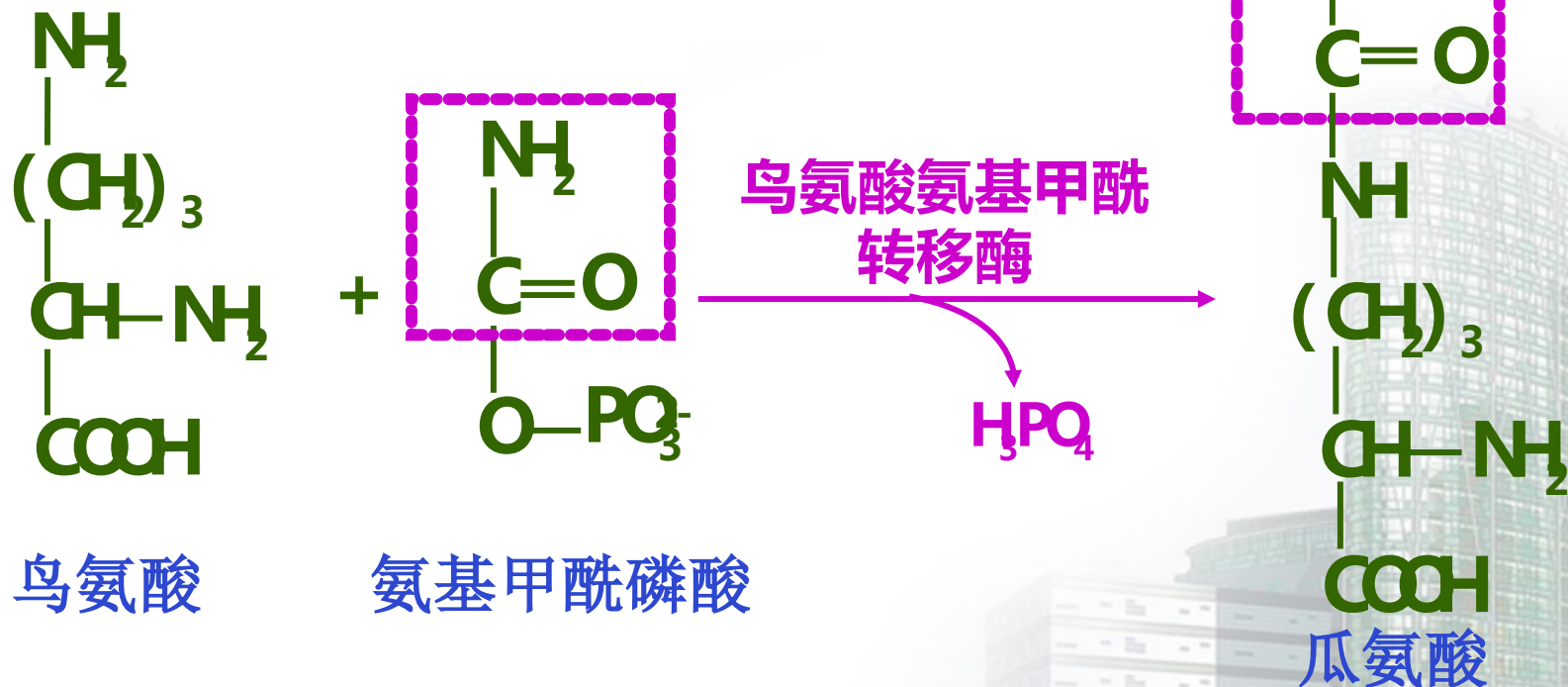
1. 氨基甲酰磷酸的合成



氨基甲酰磷酸

(一) 合成尿素

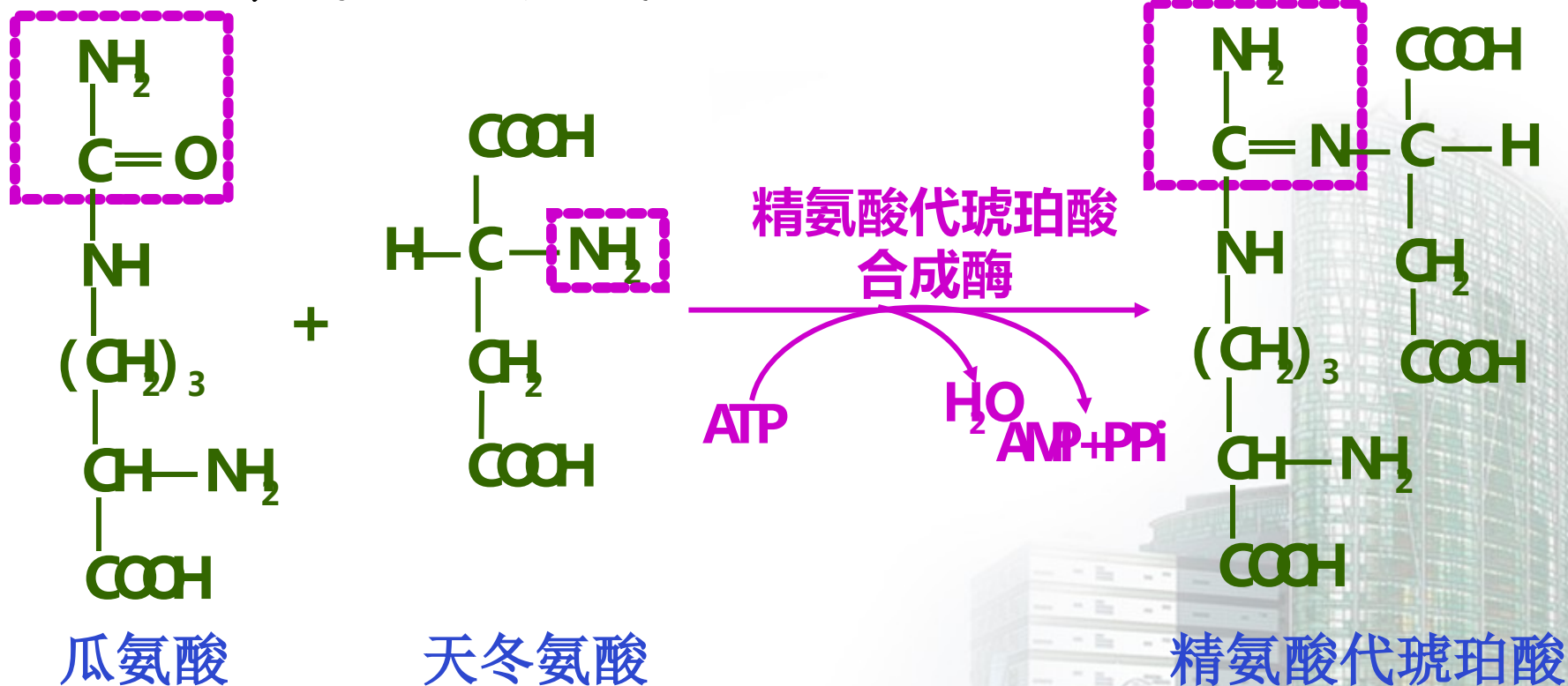
2. 瓜氨酸的合成



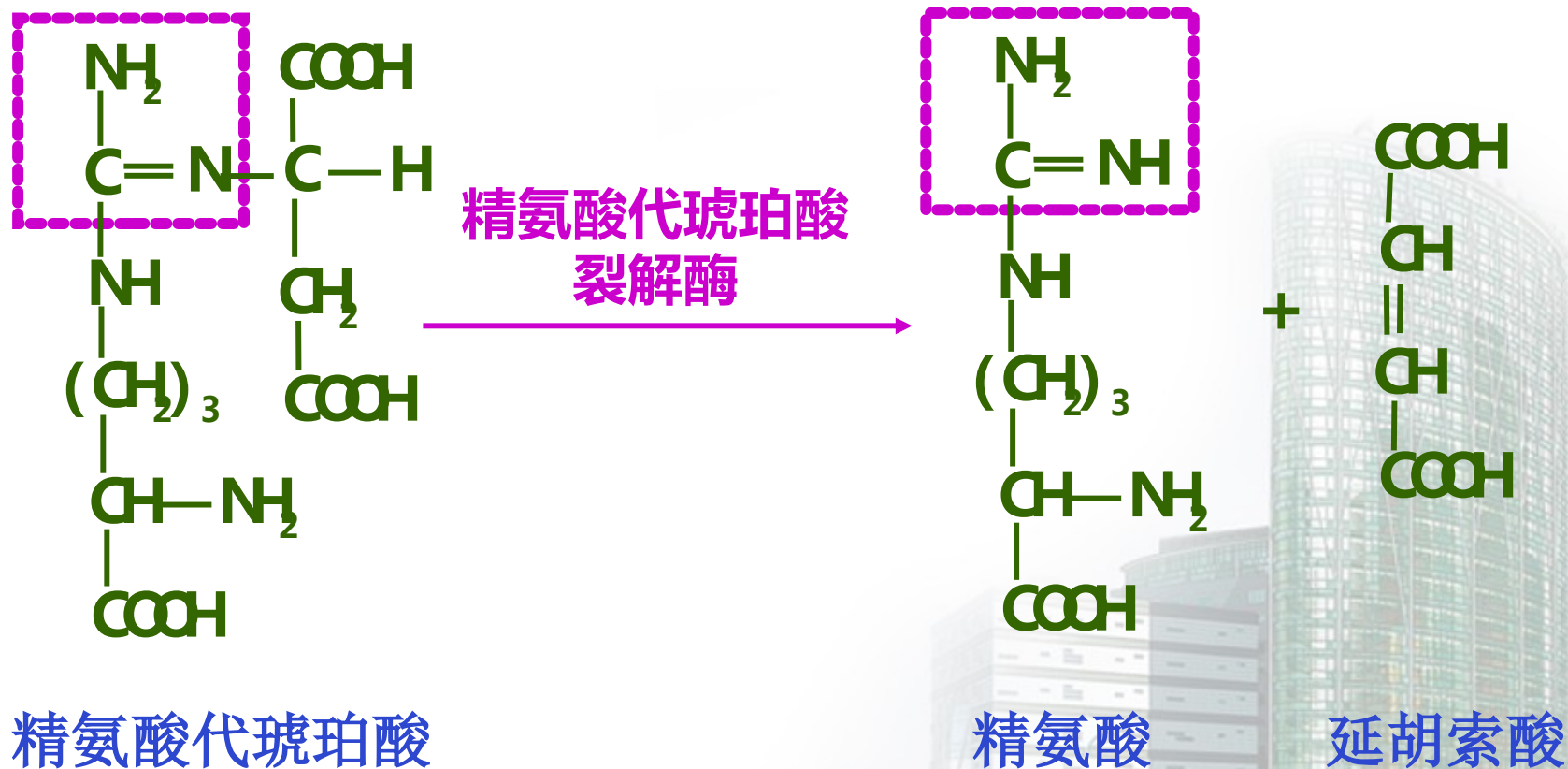
反应在线粒体中进行，瓜氨酸生成后进入胞液。

(一) 合成尿素

3. 精氨酸的合成

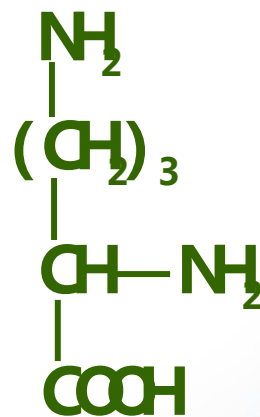
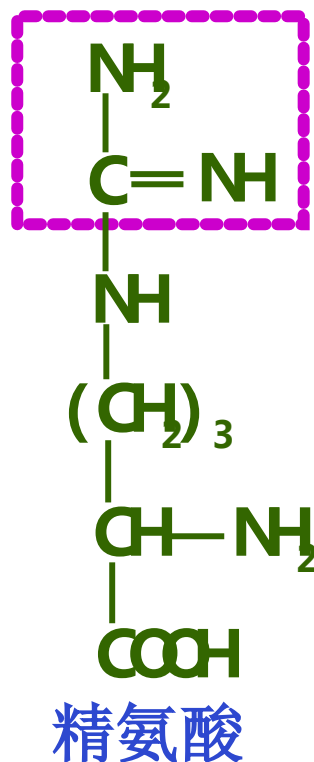


(一) 合成尿素

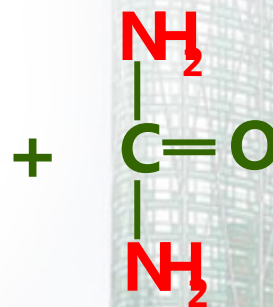


(一) 合成尿素

4. 精氨酸水解生成尿素

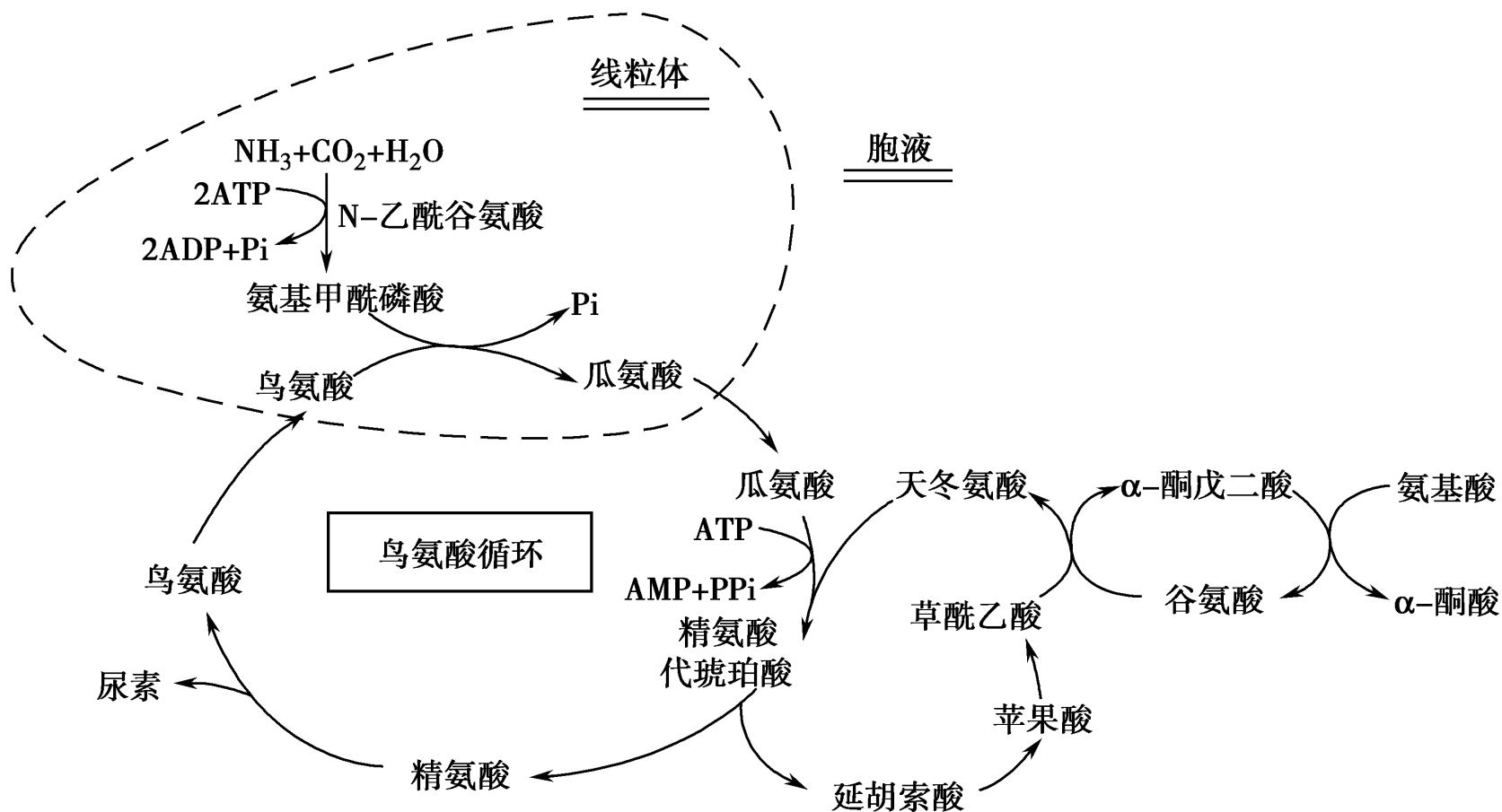


鸟氨酸



尿素

鸟氨酸循环



(一) 合成尿素

- 原料：2 分子氨，一个由氨基酸脱氨基产生，另一个来自天冬氨酸。
- 过程：先在线粒体中进行，再在胞液中进行。
- 耗能：3 个 ATP，4 个高能磷酸键。



(二) 以铵盐的形式由尿排出

在肾小管上皮细胞内，谷氨酰胺在谷氨酰胺酶作用下，重新生成谷氨酸及 NH_3 ， NH_3 大部分分泌至尿中，与 H^+ 结合形成 NH_4^+ ，随尿排出。

(三) 氨的其他代谢途径

- 氨可与 α - 酮酸结合生成非必需氨基酸。
- 氨可参与嘌呤和嘧啶等含氮化合物的合成。



四、高血氨症和氨中毒



- 正常生理条件下，血氨的来源和去路保持动态平衡，血氨保持低浓度水平。
- 各种因素导致的尿素合成发生障碍，使血氨浓度升高，称为高血氨症。



四、高血氨症和氨中毒

氨中毒的可能机制



脑内 α -酮戊二酸 ↓

TAC ↓

ATP ↓

脑供能不足



第五节

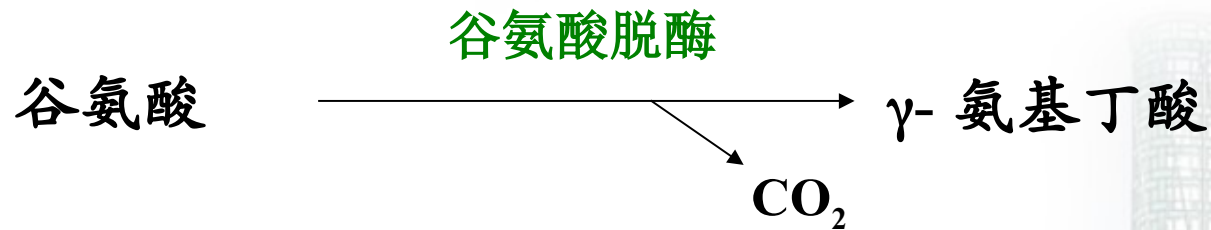
个别氨基酸代谢



一、氨基酸的脱羧基作用

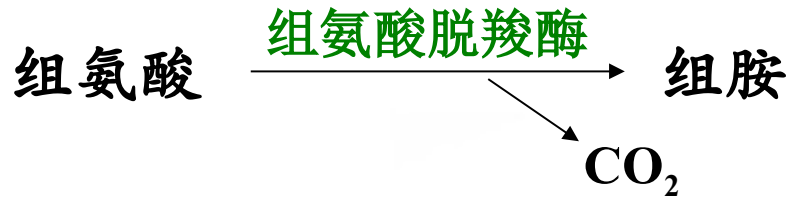
- 氨基酸可以通过脱羧基作用生成相应的**胺类**；
- 催化脱羧基作用的酶是**氨基酸脱羧酶**，其辅酶是**磷酸吡哆醛**；
- 正常情况下，胺在体内含量不高，但却具有重要的生理功用。

(一) γ -氨基丁酸 (GABA)



γ -氨基丁酸是抑制性神经递质，对中枢神经有抑制作用。

(二) 组胺



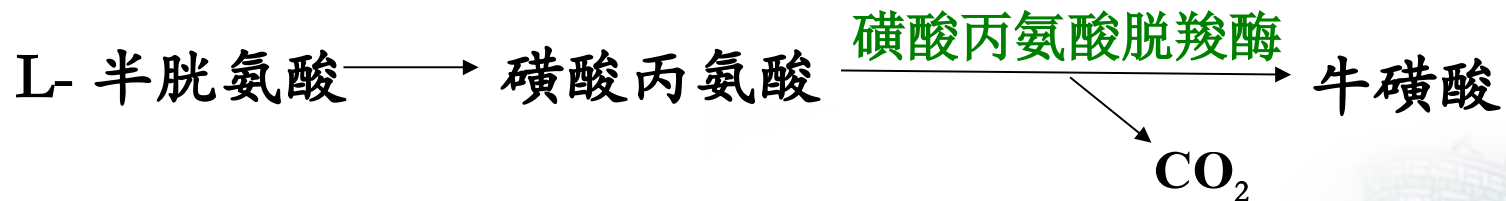
- 组胺在体内分布广泛，乳腺、肺、肝、肌肉及胃粘膜中含量较高。
- 组胺是一种强烈的血管扩张剂，并能使毛细血管的通透性增加，造成血压下降，甚至休克；组胺还可使平滑肌收缩，引起支气管痉挛而发生哮喘；组胺还可刺激胃蛋白酶及胃酸的分泌。

(三) 5- 羟色胺



- 脑中的 5- 羟色胺是一种重要的神经递质，对中枢起抑制作用。
- 在外周组织，5- 羟色胺具有收缩血管的作用。

(四) 牛磺酸



- 牛磺酸是结合胆汁酸的组成成分。
- 脑中含有较多牛磺酸。

知识链接

- **牛磺酸**是 1827 年在牛的胆汁中发现的一类化合物。1976 年 Hayes 等人证明了它具有生物学功能，对人体特别是婴幼儿具有十分重要的意义。牛磺酸能够保护心肌，增强心脏功能，对肝脏和肠胃都有保护作用，能增强人体的免疫机能，调节脑部的兴奋状态，并有助于修复角膜、保持视网膜的健康、预防白内障等。牛磺酸对婴儿生长尤其是大脑和视网膜的发育更为重要。牛磺酸的缺少会影响到孩子的视力、心脏与脑的正常发育。

(五) 多胺

- 某些氨基酸经脱羧基作用可产生多胺类物质，例如甲基（ $-\text{CH}_3$ ）、次甲基（ $=\text{CH}$ ）、甲酰基（ $-\text{CHO}$ ）及亚胺甲基（ $-\text{CHNH}$ ）等。
- 精脒和精胺是调节细胞生长的重要物质。
- 在临床上，测定血液或尿液中多胺含量可作为肿瘤辅助诊断及病情变化监测的生化指标。

二、一碳单位的代谢

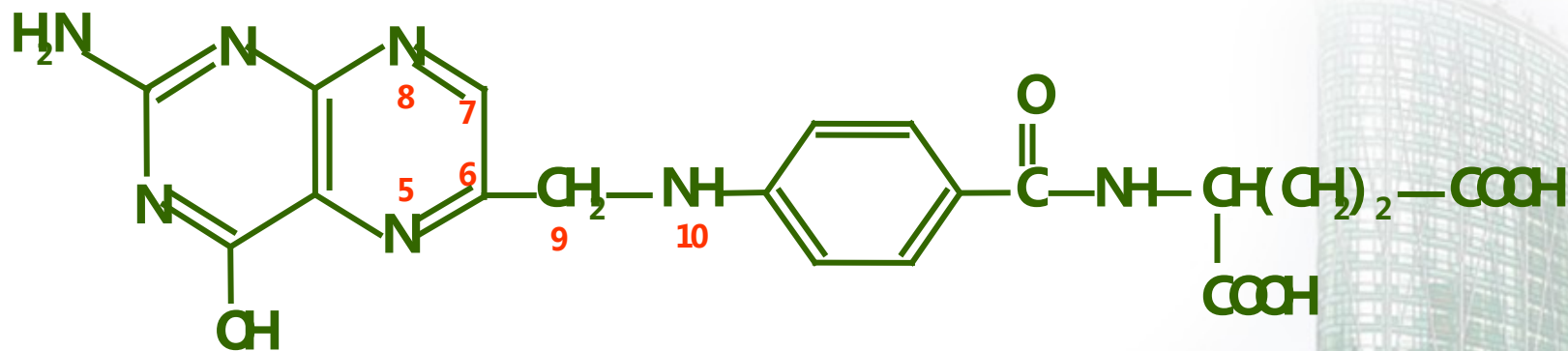
一碳单位又称**一碳基团**，是指某些氨基酸在分解代谢过程中产生的含有一个碳原子的**有机**基团，包括甲基（ $-\text{CH}_3$ ）、亚甲基（ $-\text{CH}_2-$ ）、次甲基（ $=\text{CH}$ ）、甲酰基（ $-\text{CHO}$ ）及亚氨甲基（ $-\text{CH}=\text{NH}$ ）等。

(一) 一碳单位的来源

- 一碳单位主要**来源**于某些氨基酸的分解代谢。丝氨酸、甘氨酸、组氨酸和色氨酸等在代谢过程中均可产生一碳单位。
- 各种不同形式的一碳单位在一定条件下可**相互转变**。

(二) 一碳单位的载体

- 一碳单位在体内不能单独存在，需要以四氢叶酸（ FH_4 ）作为载体。



- FH_4 分子上的 N 和 N^0 是一碳单位的结合位点。

(三) 一碳单位的生理功用



- 一碳单位是嘌呤和嘧啶核苷酸合成的原料，在核酸生物合成中有重要作用，与细胞的增殖、组织生长和机体发育等重要过程密切相关。
- 一碳单位将氨基酸代谢与核酸代谢联系在一起。





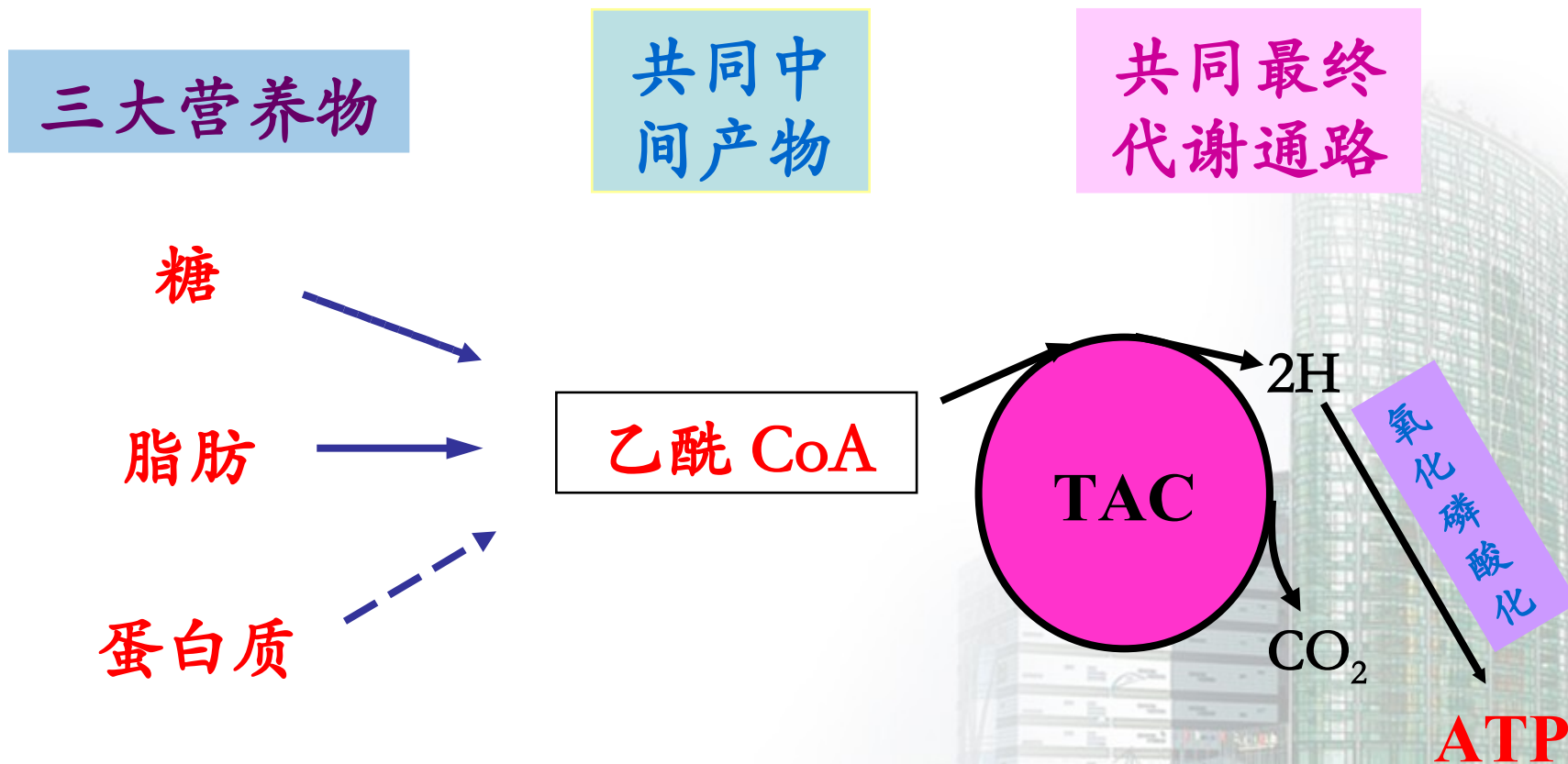
第六节

糖、脂类和蛋白质代谢的联系



一、在能量代谢上的相互联系

三大营养物质均可在体内氧化供能



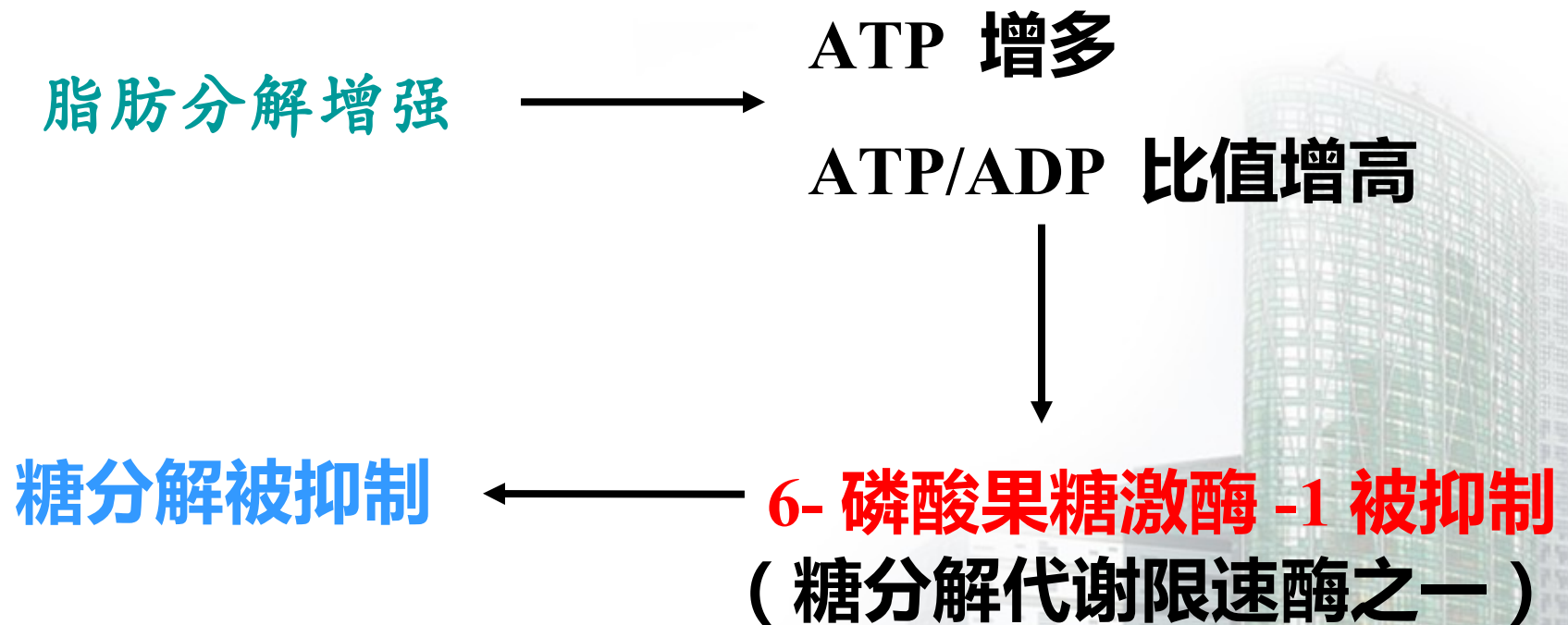
一、在能量代谢上的相互联系



- 从能量供应的角度看，机体内糖、脂类及蛋白质这三大产能物质可以互相代替，并互相制约。
- 一般情况下，供能以糖及脂肪特别是糖为主，蛋白质是次要能源物。



一、在能量代谢上的相互联系



饥饿时

1~2 天



3~4 周

肝糖原分解[↑]，肌糖原分解[↑]



肝糖异生[↑]，蛋白质分解[↑]



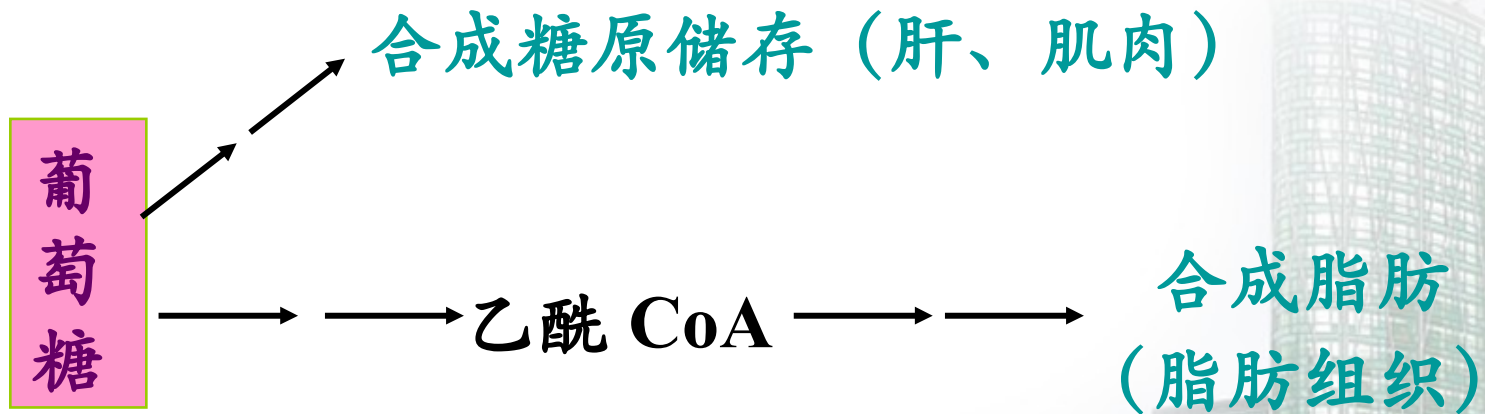
以脂酸、酮体分解供能为主
蛋白质分解明显降低

二、在物质代谢上的相互联系

- 机体内糖、脂类、蛋白质的代谢不是彼此独立、而是相互关联的。
- 它们通过共同的中间代谢物，即两种代谢途径汇合时的中间产物（乙酰辅酶 A）及三羧酸循环和生物氧化等联成一个整体。
- 糖、脂类、蛋白质三类物质的代谢间可以互相转变。

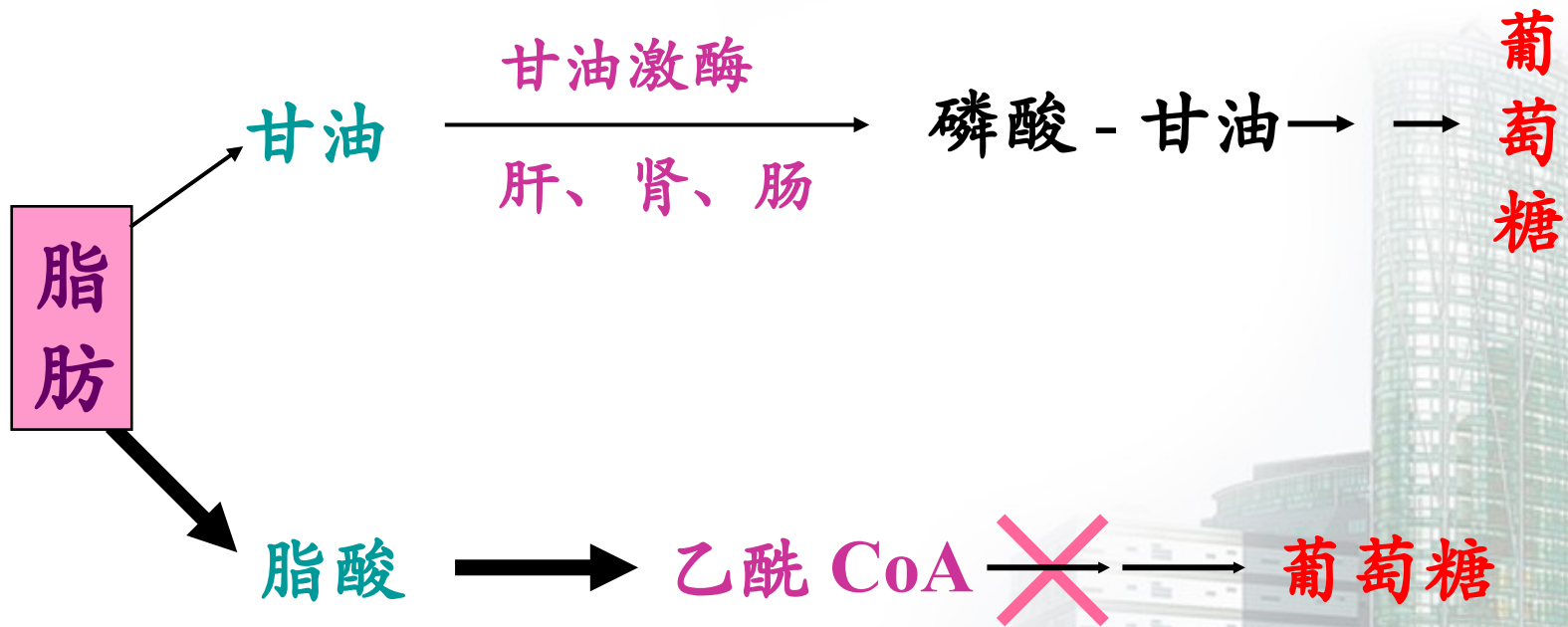
(一) 糖代谢与脂肪代谢间的相互联系

1. 摄入的糖量超过能量消耗时



(一) 糖代谢与脂肪代谢间的相互联系

2. 脂肪的甘油部分能在体内转变为糖



(一) 糖代谢与脂肪代谢间的相互联系

3. 脂肪的分解代谢受糖代谢的影响

饥饿、糖供应不足或糖代谢障碍时

脂肪大量动员 → → → 酮体生成增加

糖不足 → 草酰乙酸
相对不足

高酮血症

氧化受阻

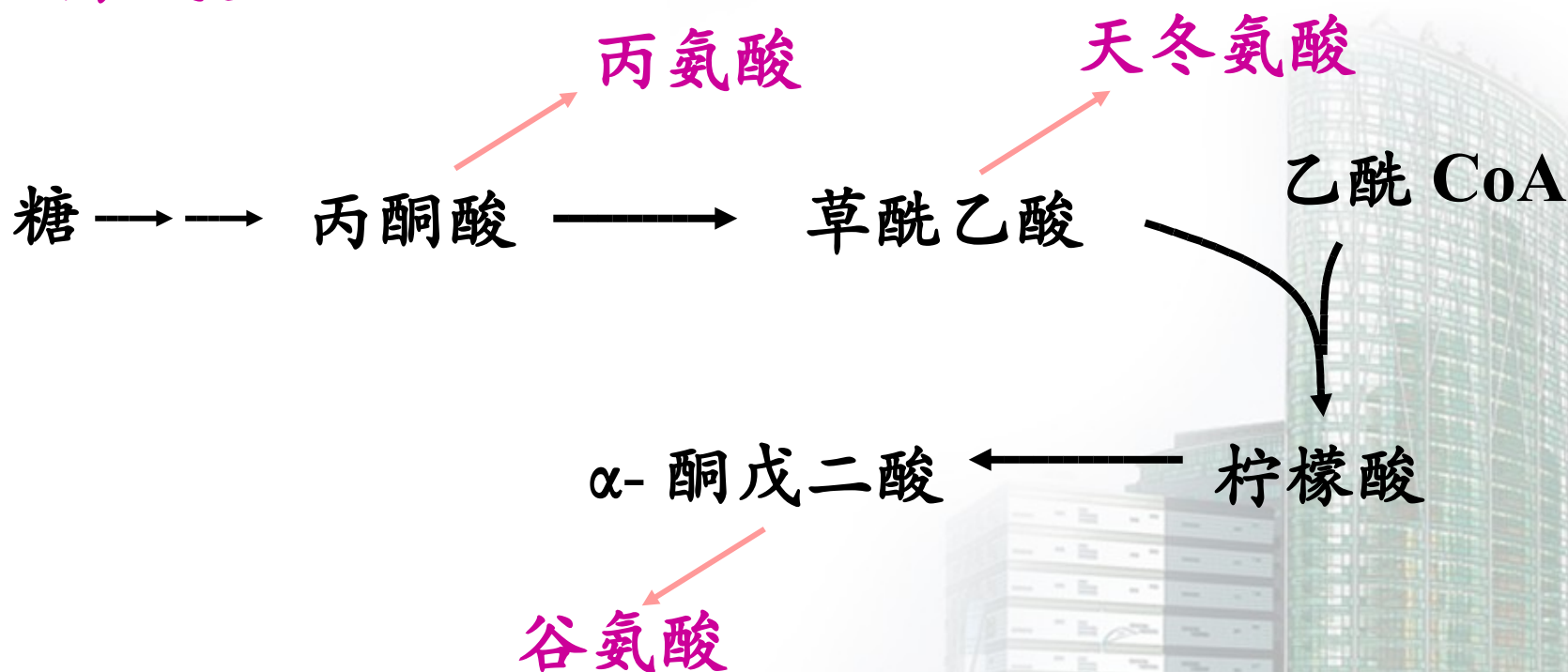
(二) 糖代谢与蛋白质代谢间的相互联系

1. 大部分氨基酸脱氨基后，生成相应的 α -酮酸，可转变为糖。

例如



2. 糖代谢的中间产物可氨基化生成某些必需氨基酸



(三) 脂类代谢与蛋白质代谢间的相互联系

1. 蛋白质可以转变为脂肪

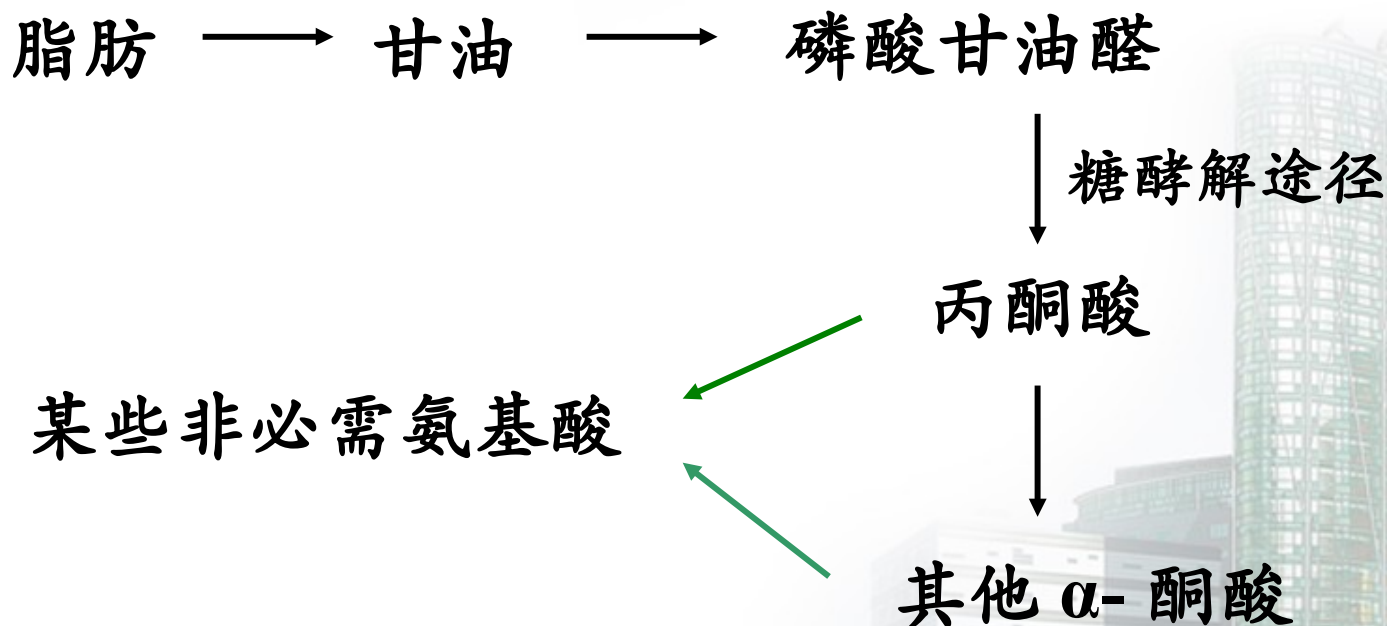
氨基酸 $\longrightarrow$ 乙酰 CoA $\longrightarrow$ 脂肪

2. 氨基酸可作为合成磷脂的原料

丝氨酸 $\longrightarrow$ 磷脂酰丝氨酸
 $\downarrow$
胆胺 $\longrightarrow$ 脑磷脂
 $\downarrow$
胆碱 $\longrightarrow$ 卵磷脂

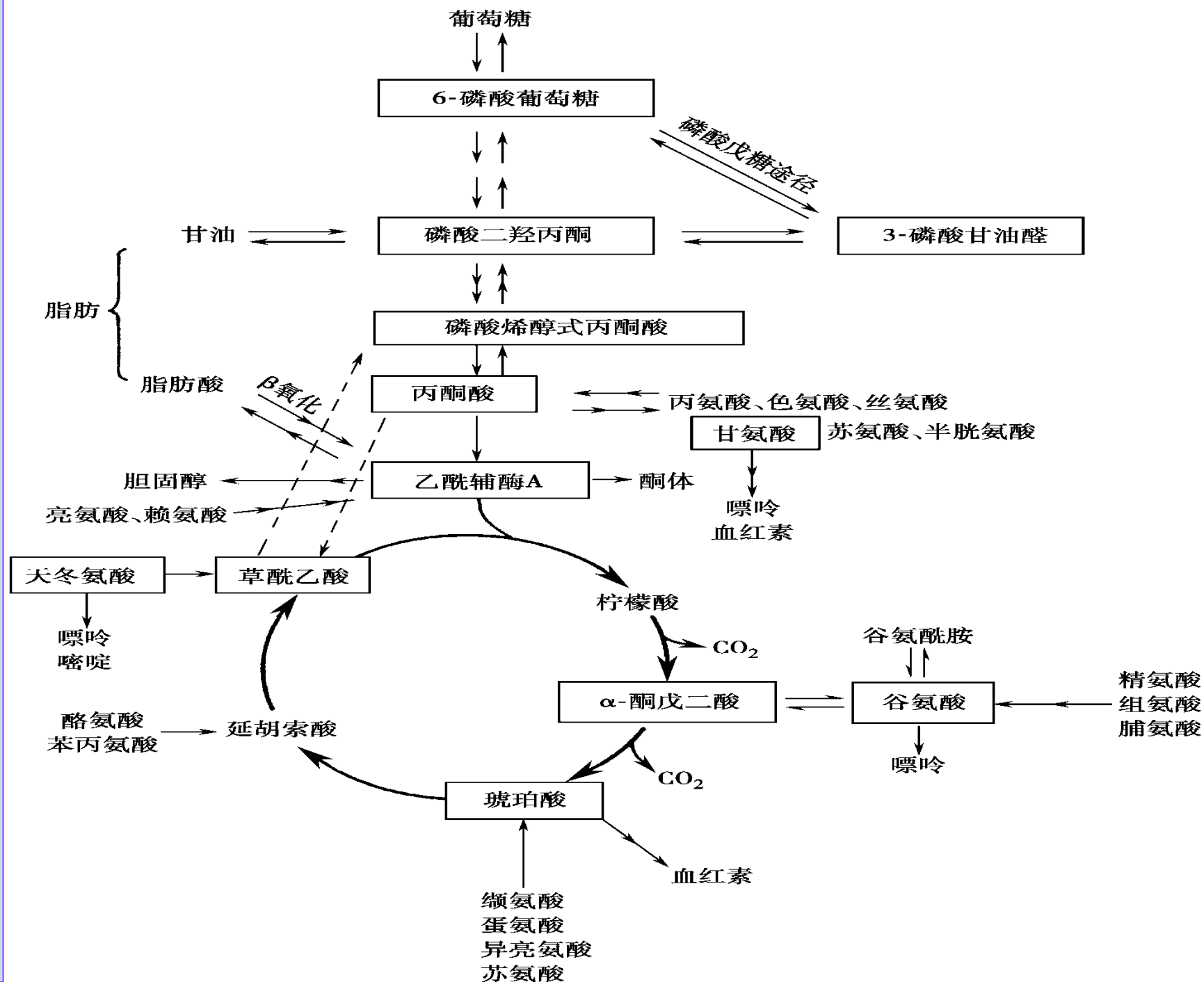
(三) 脂类代谢与蛋白质代谢间的相互联系

3. 脂肪水解产生的甘油可转变为非必需氨基酸



脂类基本不能直接转变为氨基酸

糖、脂肪、蛋白质代谢途径间的相互联系



目标检测

一、选择题

(一) 单项选择题

1. 通常在饮食适宜的情况下，儿童，孕妇及消耗性疾病康复期的人处于哪一种平衡
A. 氮总平衡 B. 氮正平衡 C. 氮负平衡 D. 氮不平衡
2. 氨基酸在体内的主要去路是
A. 合成核苷酸 B. 合成组织蛋白 C. 氧化分解
D. 合成糖原
3. 心肌和骨骼肌脱氨基的主要方式为
A. 转氨酸 B. 联合脱氨基 C. 氧化脱氨基 D. 嘌呤核苷酸循环

(一) 单项选择题

5. 能够构成转氨酶辅酶的是维生素
A. B_1 B. B_2 C. B_6 D. B_{12}
6. ALT 活性最高的组织是
A. 心肌 B. 骨骼肌 C. 肝 D. 肾
7. 尿素在哪个器官合成
A. 心 B. 脾 C. 肝 D. 肾
8. 血氨增高可能与下列哪个器官的严重损伤有关
A. 心脏 B. 肝脏 C. 大脑 D. 肾脏
9. 合成一分子尿素消耗高能键的数目为
A. 1 B. 2 C. 3 D. 4
10. 尿素的合成过程称为
A. 鸟氨酸循环 B. 核蛋白质体循环
C. 柠檬酸循环 D. 嘌呤核苷酸循环

(一) 单项选择题

11. 下列哪种氨基酸经脱羧后能生成一种扩张血管的化合物
A. 精氨酸 B. 谷氨酰胺 C. 天冬氨酸 D. 组氨酸
12. 一碳单位的载体是
A. 叶酸 B. 二氢叶酸 C. 四氢叶酸 D. B_2
13. 从下列哪一个角度看，糖、蛋白质和脂肪这三大类物质可相互替代并相互制约
A. 水分供应 B. 物质转换 C. 能量供应 D. 氧的消耗
14. 当机体摄入的糖量超过体内能量消耗时，多余的糖可大量地转变成
A. 无机盐 B. 蛋白质 C. 脂肪 D. 维生素
15. 糖代谢的中间产物能转变成组成机体蛋白质的哪一种氨基酸

(二) 多项选择题

1. 参与转氨基作用的酶是

A.LCAT B.ALT C.MAO D.AST E.AKP

2. 关于转氨基作用描述正确的是

A. 氨基转移酶的辅酶是 NAD^+

B. 催化 α -氨基和 α -酮酸之间进行氨基和酮基的互换

C. 反应消耗 ATP

D. 反应是可逆的

E. 氨基转移酶的辅酶组成中有维生素 B_6

3. 鸟氨酸循环进行的部位是肝细胞

A. 胞液

B. 内质网

C. 线粒体

D. 溶酶体

E. 细胞核

4. 属于一碳单位的是

A.CO B.CO₂ C.-CHO D.CH₄ E.-CH₃

5. 只能转变为酮体的氨基酸是

A. 亮氨酸

B. 赖氨酸

C. 谷氨酸

D. 色氨酸

E. 苯丙氨酸

6. α -酮酸的代谢去路包括

A. 合成非必需氨基酸

B. 转变为必需氨基酸

C. 氧化供能

D. 转变为糖

E. 转变为脂肪

二、问答题

1. 氨基酸脱氨基的方式有哪些？产物是什么？
2. 氨的来源去路有哪些？
3. 解释肝昏迷的氨中毒学说。
4. 什么是一碳单位？一碳单位代谢有何生理意义？
5. 长得胖的人是否一定是吃肥肉吃得多？为什么？运用物质代谢相互联系的知识进行说明。

三、实例分析



1. 试从蛋白质营养价值角度分析小儿偏食的危害处。
2. 测定血清中谷丙转氨酶和谷草转氨酶各有何临床意义？
3. 试从蛋白质、氨基酸代谢角度分析严重肝功能障碍时肝昏迷的原因。





谢谢观看！