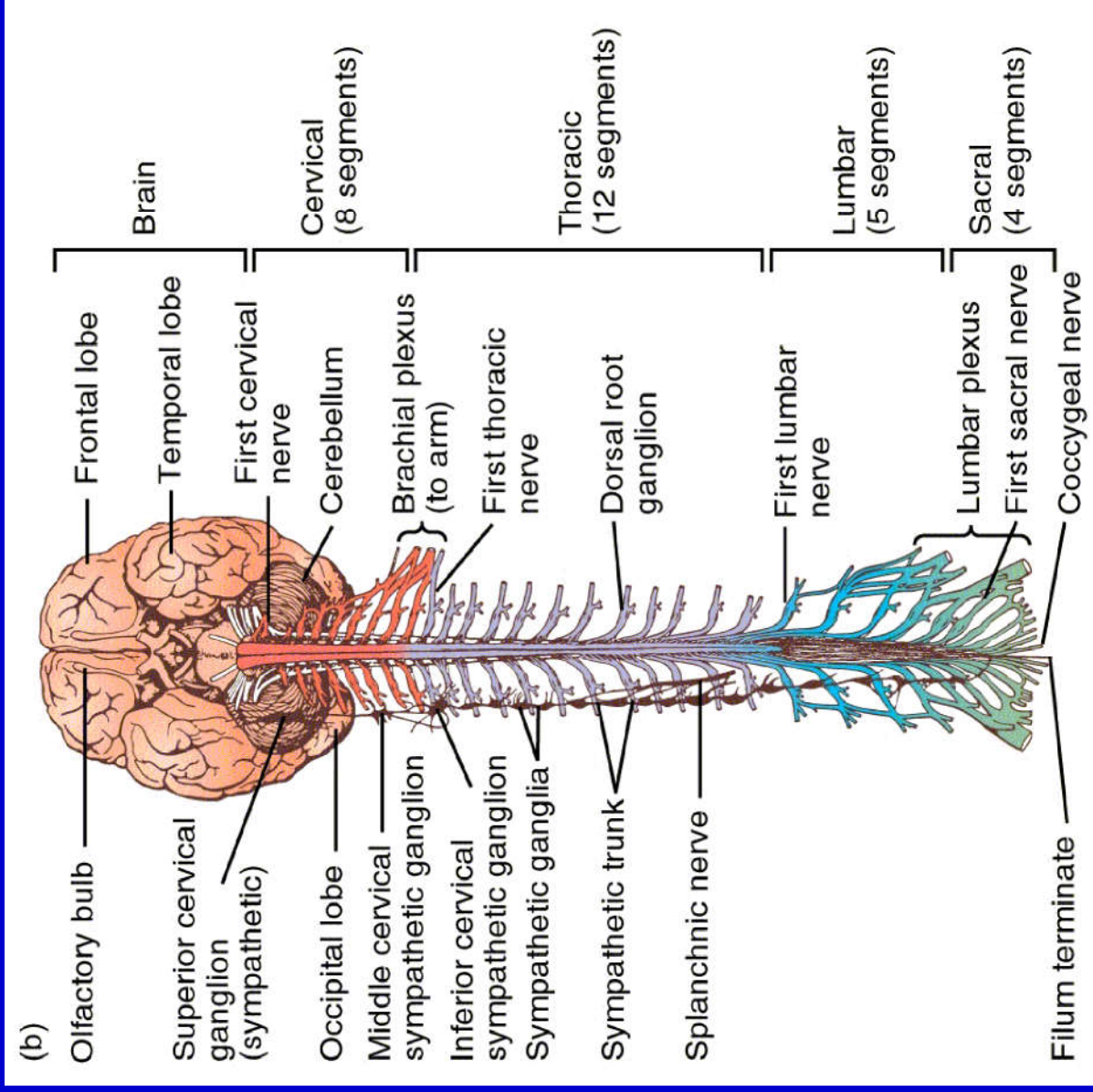
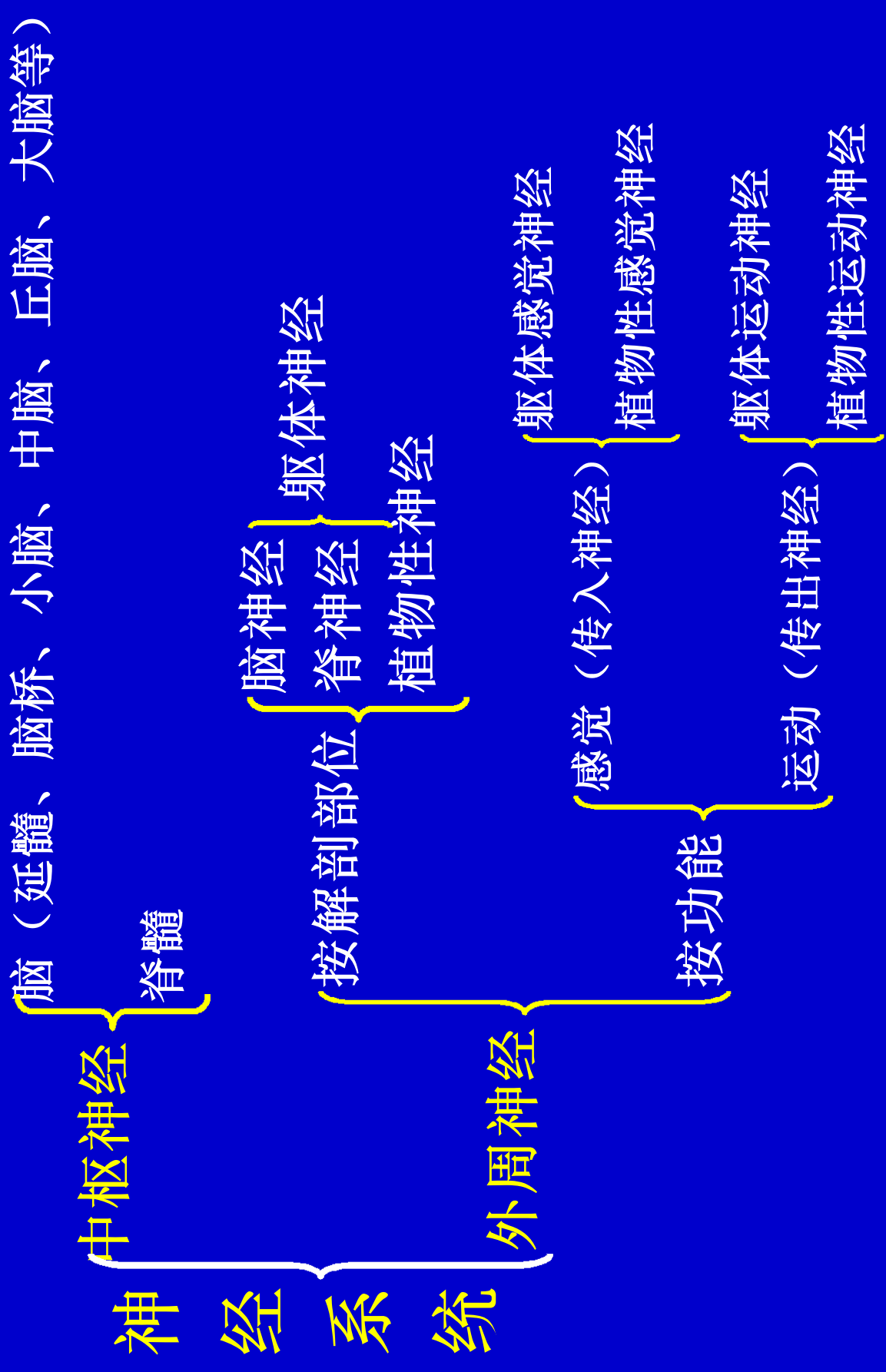


第十章 神经系统

神经系统主要由神经元（神经细胞）和神经胶质细胞构成，分为中枢神经系统和外周神经系统两大部分。





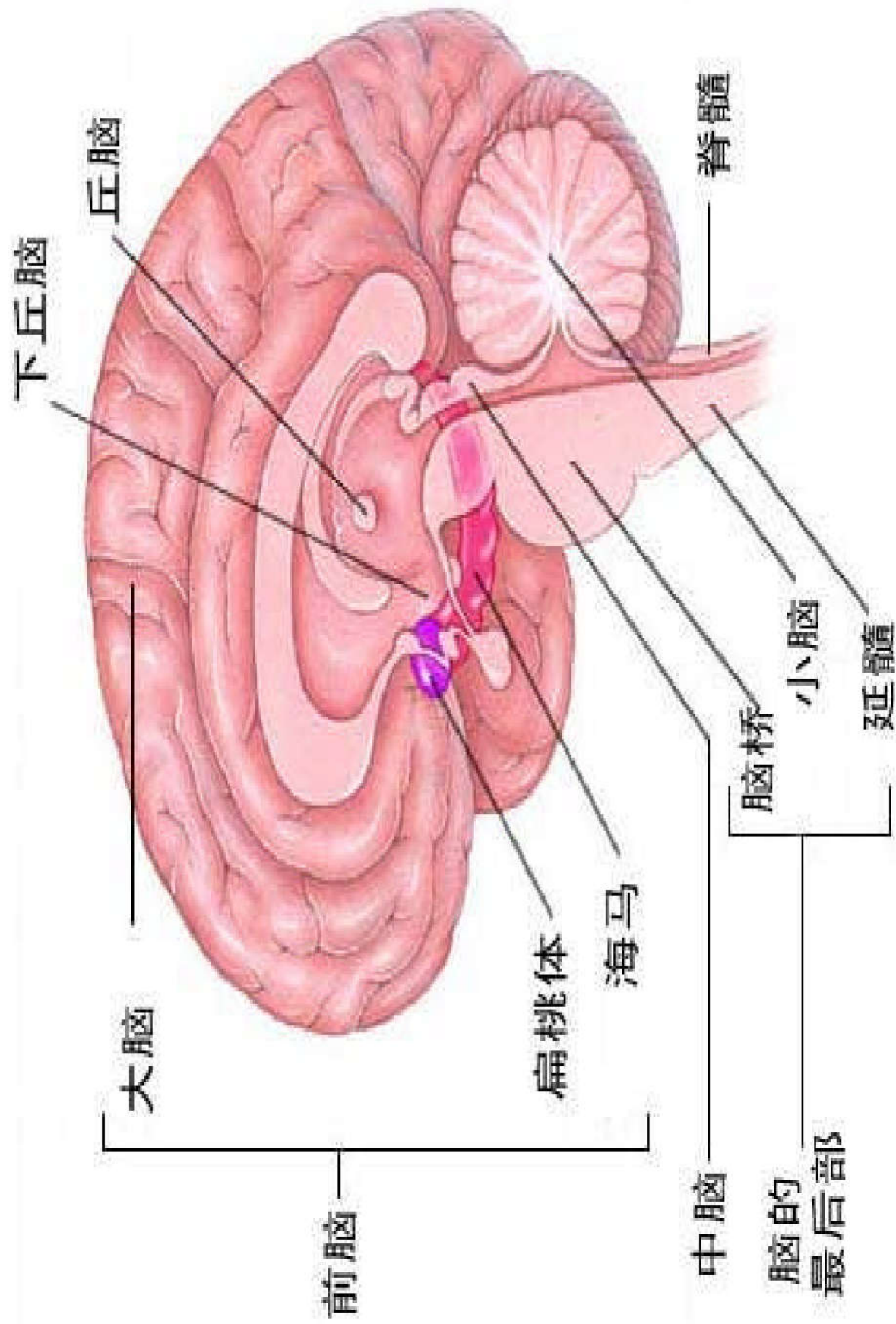
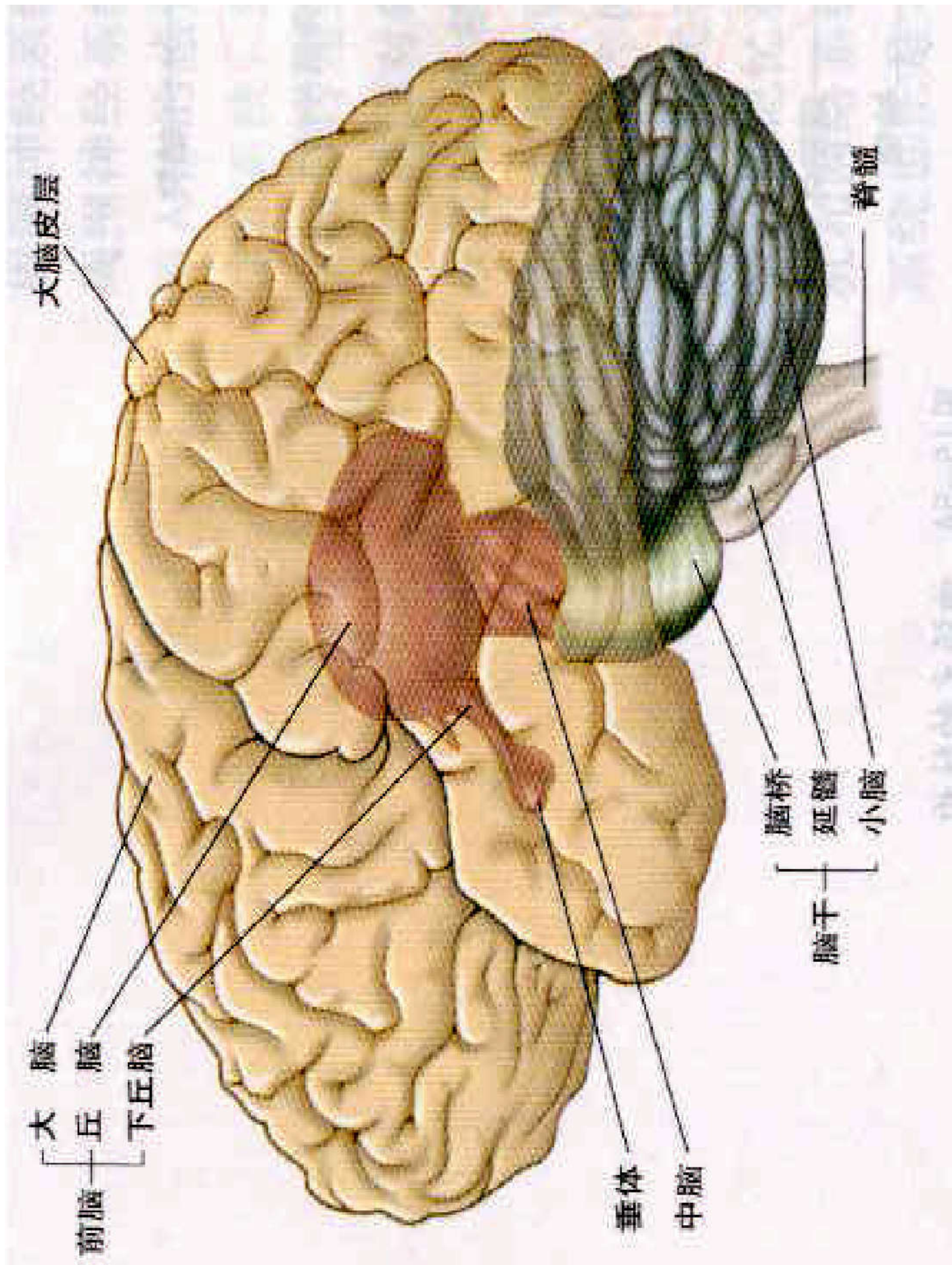


图 11-54 主要的脑区（纵切）



神经系统的功能:

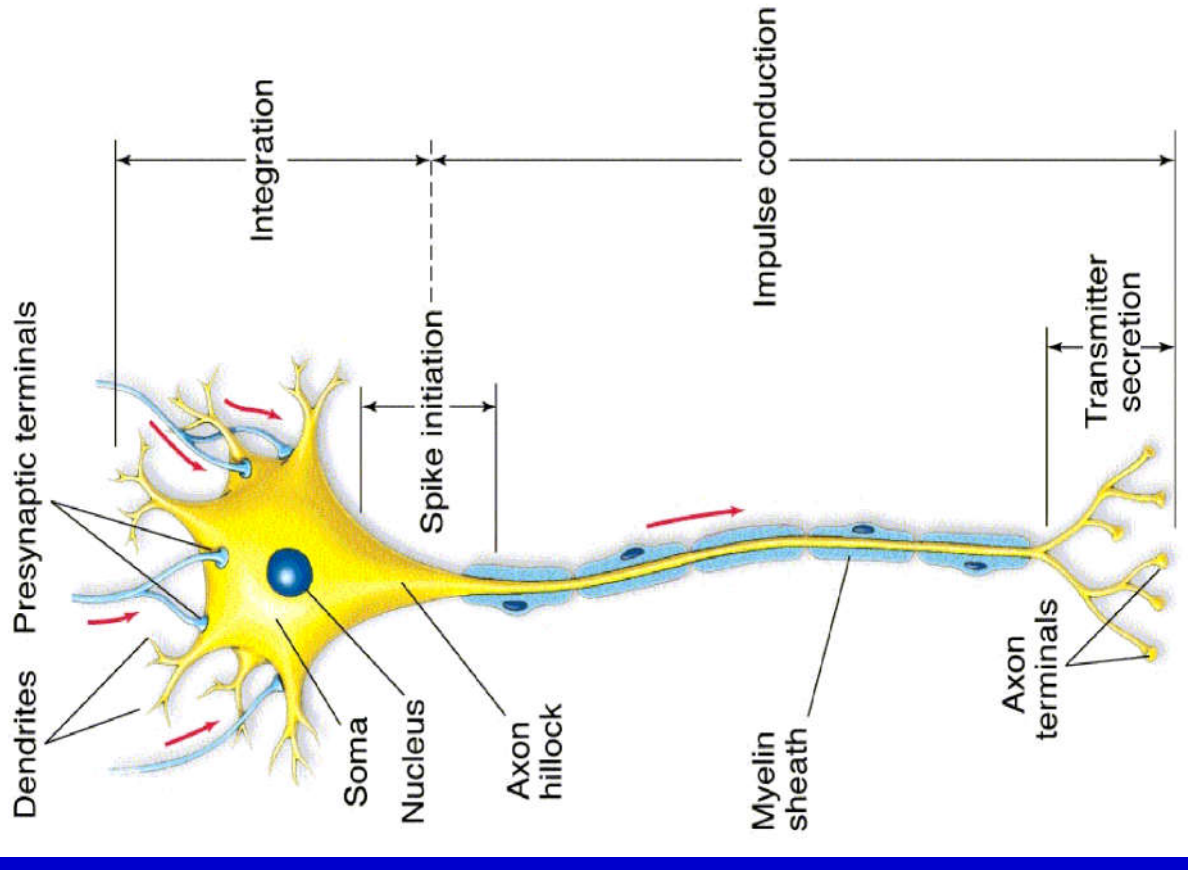
1. 感觉功能
2. 效应功能
3. 信息整合功能
4. 信息储存功能

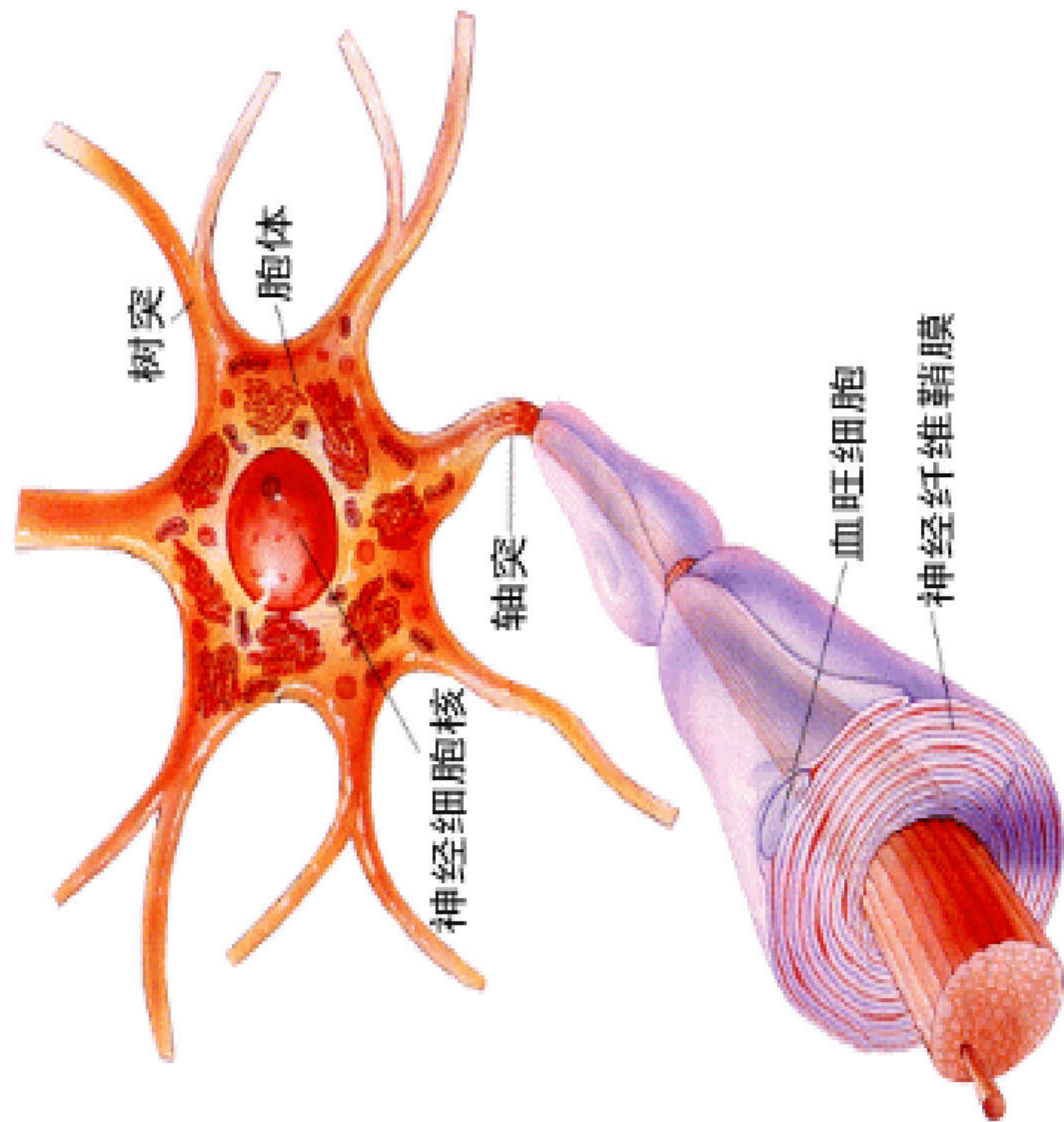
第一节 组成神经系统的基本元件

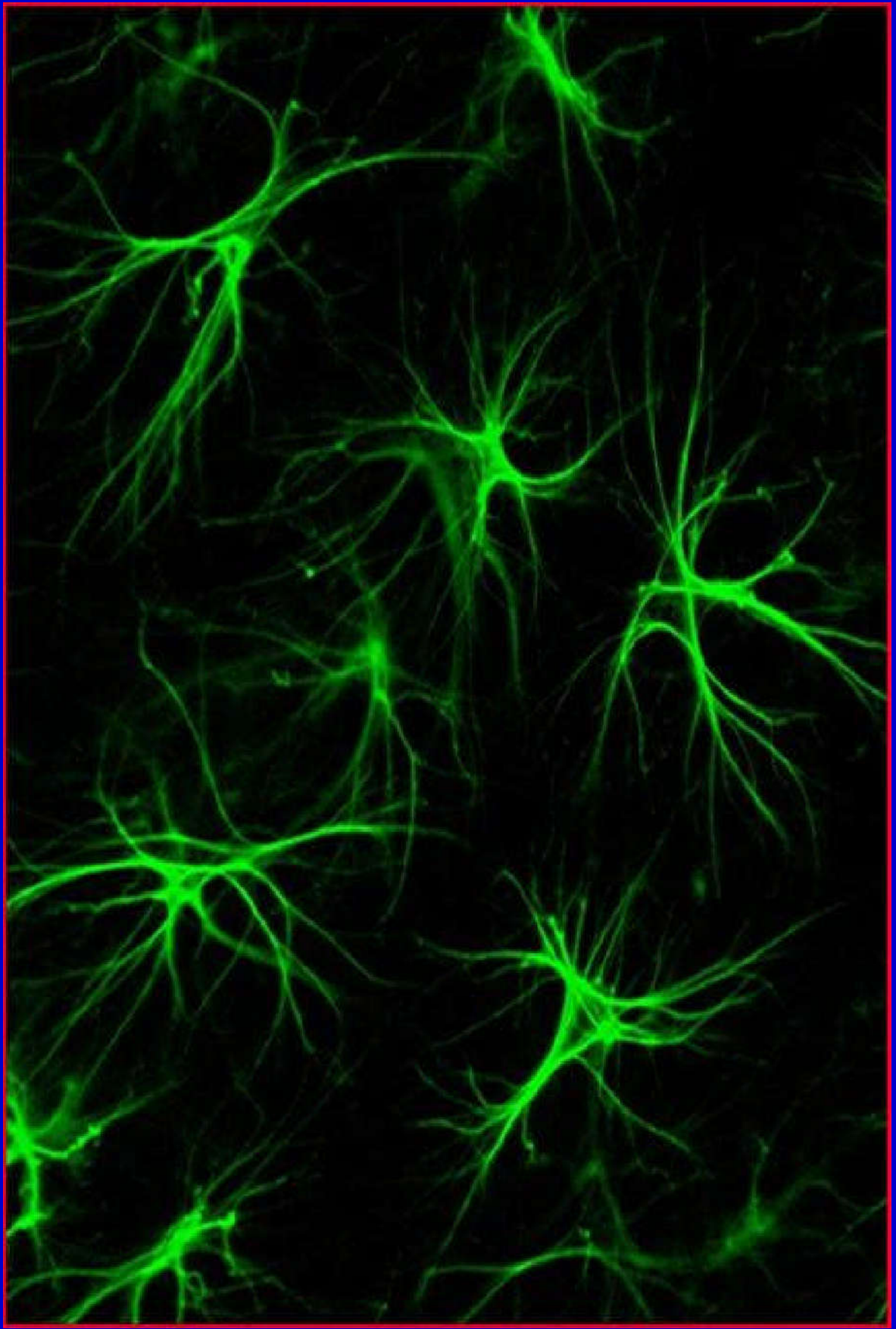
一、神经元和神经纤维

(一) 神经元

神经元是神经系统的结构和功能单位，由胞体和胞突组成。胞突可分为轴突和树突两种。轴突离开细胞体若干距离后，便获得髓鞘成为神经纤维。







认识神经元

神经元可以分为

以下几个部分：

神经元胞体

树突

轴丘

轴突

髓鞘

侧枝

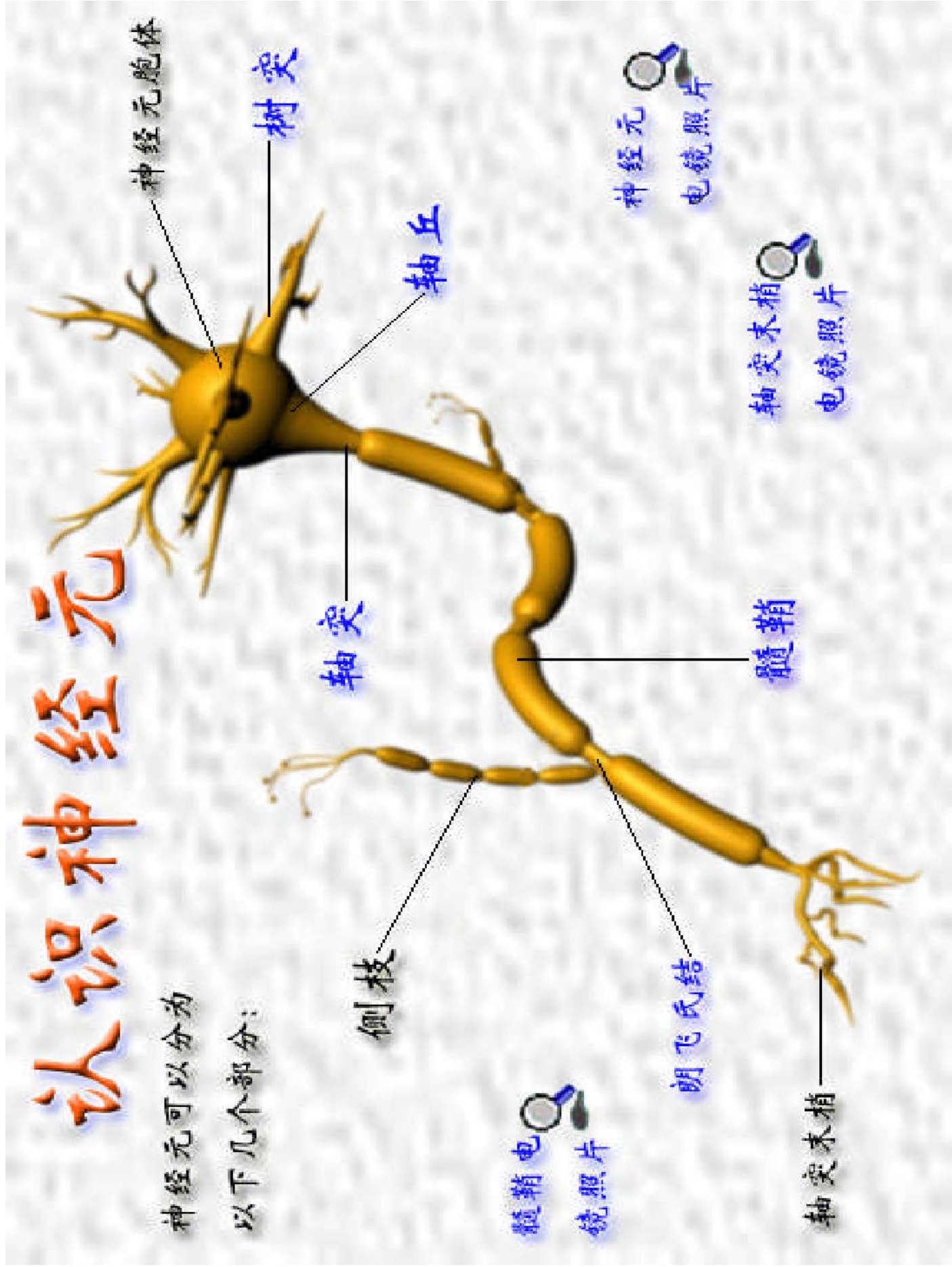
朗飞氏结

轴突末梢

髓鞘电
镜照片

神经元
电镜照片

轴突末梢
电镜照片



神经元有接受、整合和传递信息的功能。
神经元的分类：

1. 按照神经元的功能可分为：

- ①感觉神经元（传入神经元）
- ②中间神经元（联络神经元）
- ③运动神经元（传出神经元）

2. 按照对下一级神经元的影响可分为：

- ①兴奋性神经元
- ②抑制性神经元

神经元四个重要功能部位：

1. 接受信息、并进行整合的部位：树突、胞体
2. 产生神经冲动的部位：轴突始段、起始郎结
3. 传导动作电位的部位：轴突
4. 释放递质的部位：神经末梢

神经纤维的主要功能：传导神经冲动

神经冲动：沿神经纤维传导着的动作电位（兴奋）

(二) 神经纤维的兴奋传导与分类

1. 神经纤维传导的一般特征

- ① 生理完整性
- ② 绝缘性
- ③ 双向传导性
- ④ 不衰减性
- ⑤ 相对不疲劳性

2. 神经纤维的分类和传导速度

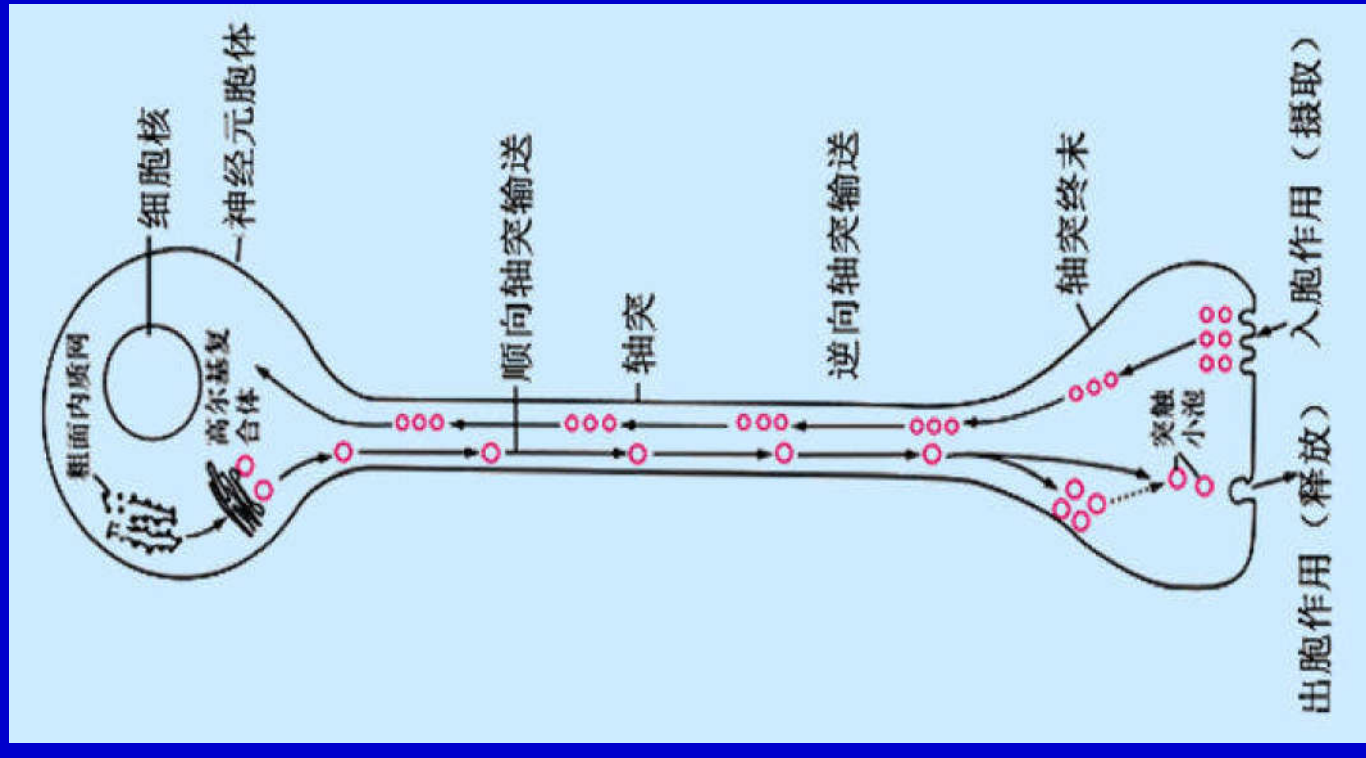
- ① 根据电生理学的特性（传导速度和后电位）[分类](#)
- ② 根据神经纤维直径的大小和来源[分类](#)
- ③ 动物种类、纤维的直径、髓鞘、温度和生理状态都可影响到神经纤维的传导速度。

(三) 神经纤维的轴浆运输

1. 顺向轴浆运输
2. 逆向轴浆运输

(四) 神经的营养性作用和支持神经的营养性因子

1. 神经的营养性作用
2. 支持神经的营养性因子



二、神经胶质细胞

1. 基本形态

周围神经系统：雪旺氏细胞和卫星细胞

中枢神经系统：星形胶质细胞、少突胶质细胞、小胶质细胞和室管膜细胞等

2. 主要功能

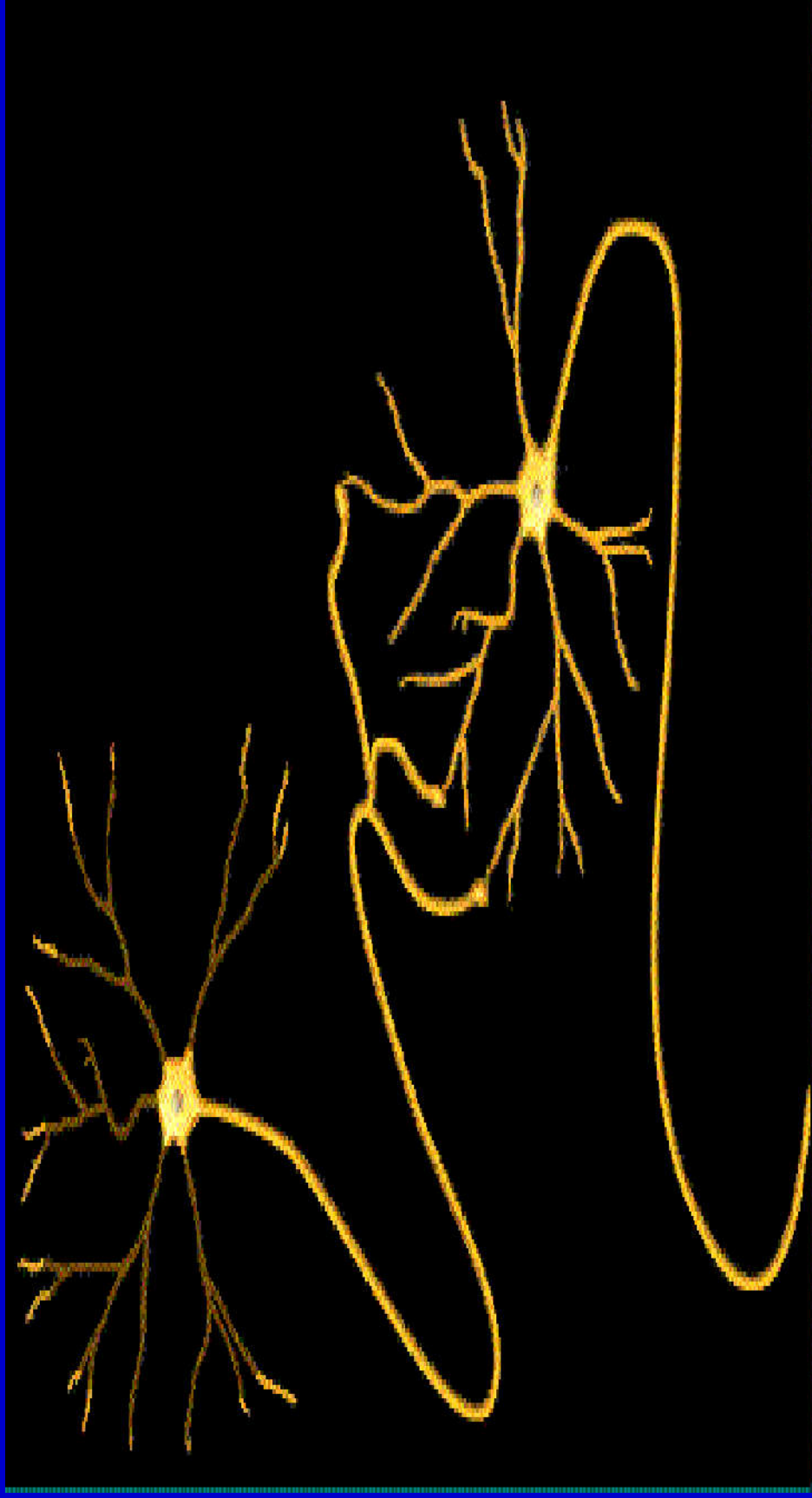
- ①支持作用
- ②修复和再生作用
- ③绝缘和屏障作用
- ④物质代谢和营养性作用
- ⑤维持神经元的正常活动
- ⑥摄取与分泌神经递质

第二节 神经元之间的功能联系

突触：两个神经元之间彼此接触的功能部位。

一、突触传递：

冲动从一个神经元通过突触传递到另一个神经元的过程。



(一) 经典的突触传递

1. 突触的分类

①根据突触接触部位分类 [\(图\)](#)

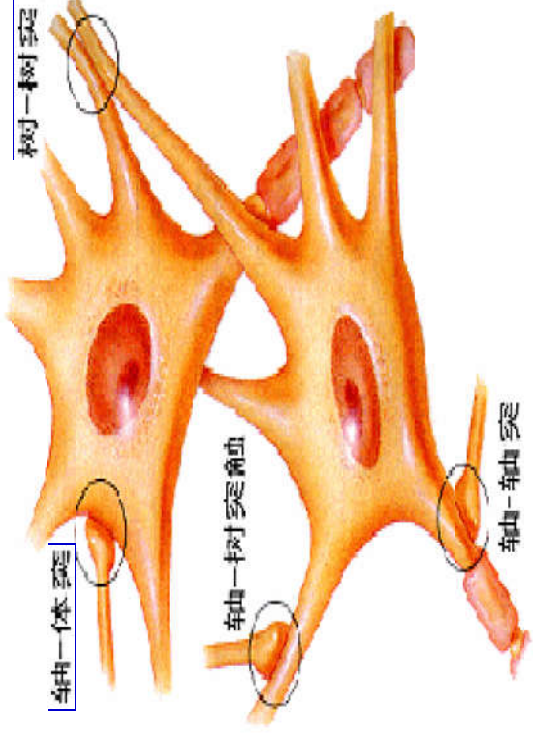
轴—树突触 轴—体突触

②根据突触传递信息的方式分类

[化学性突触 \(图\)](#)

③根据突触的功能分类

兴奋性突触



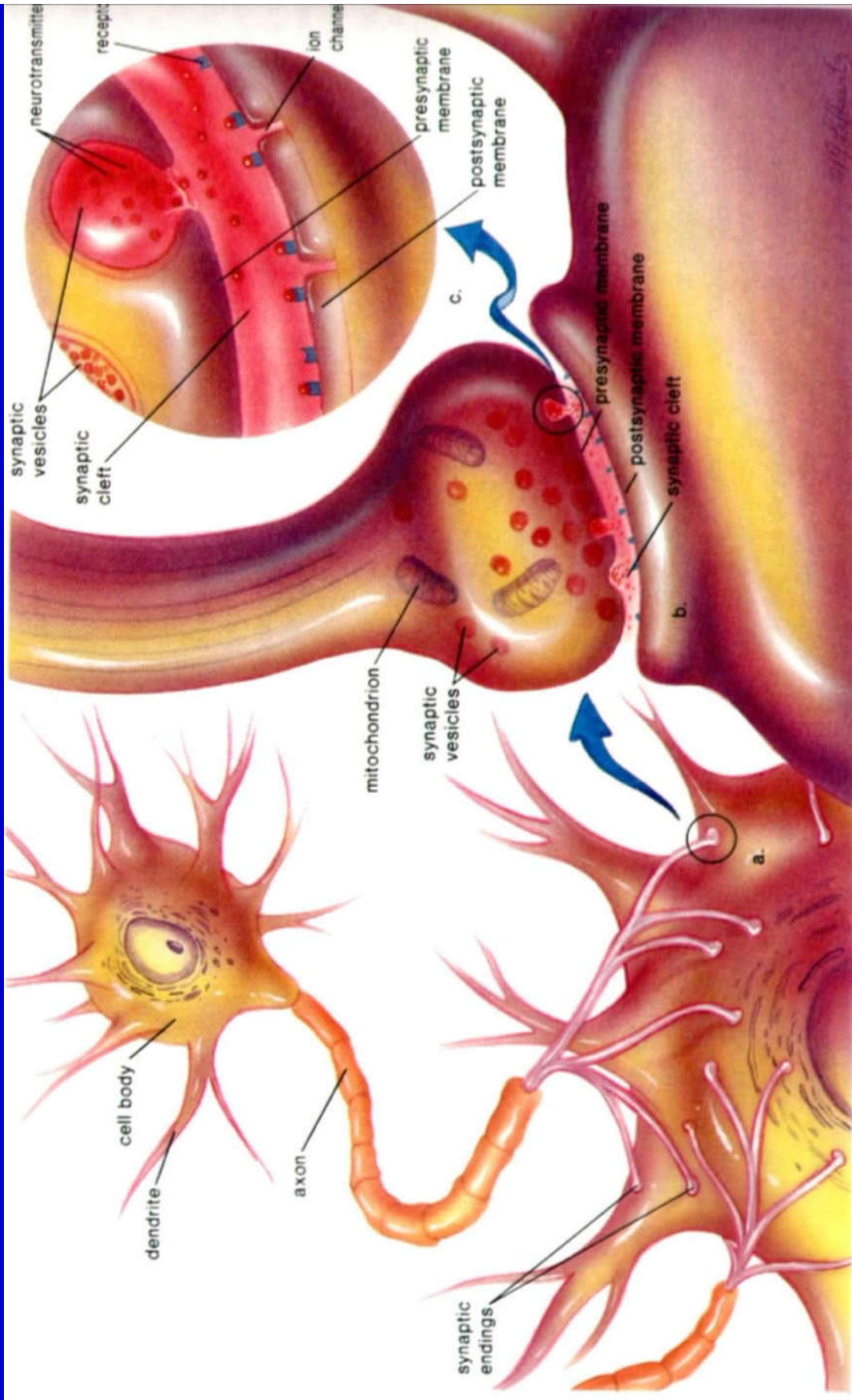
轴—轴突触

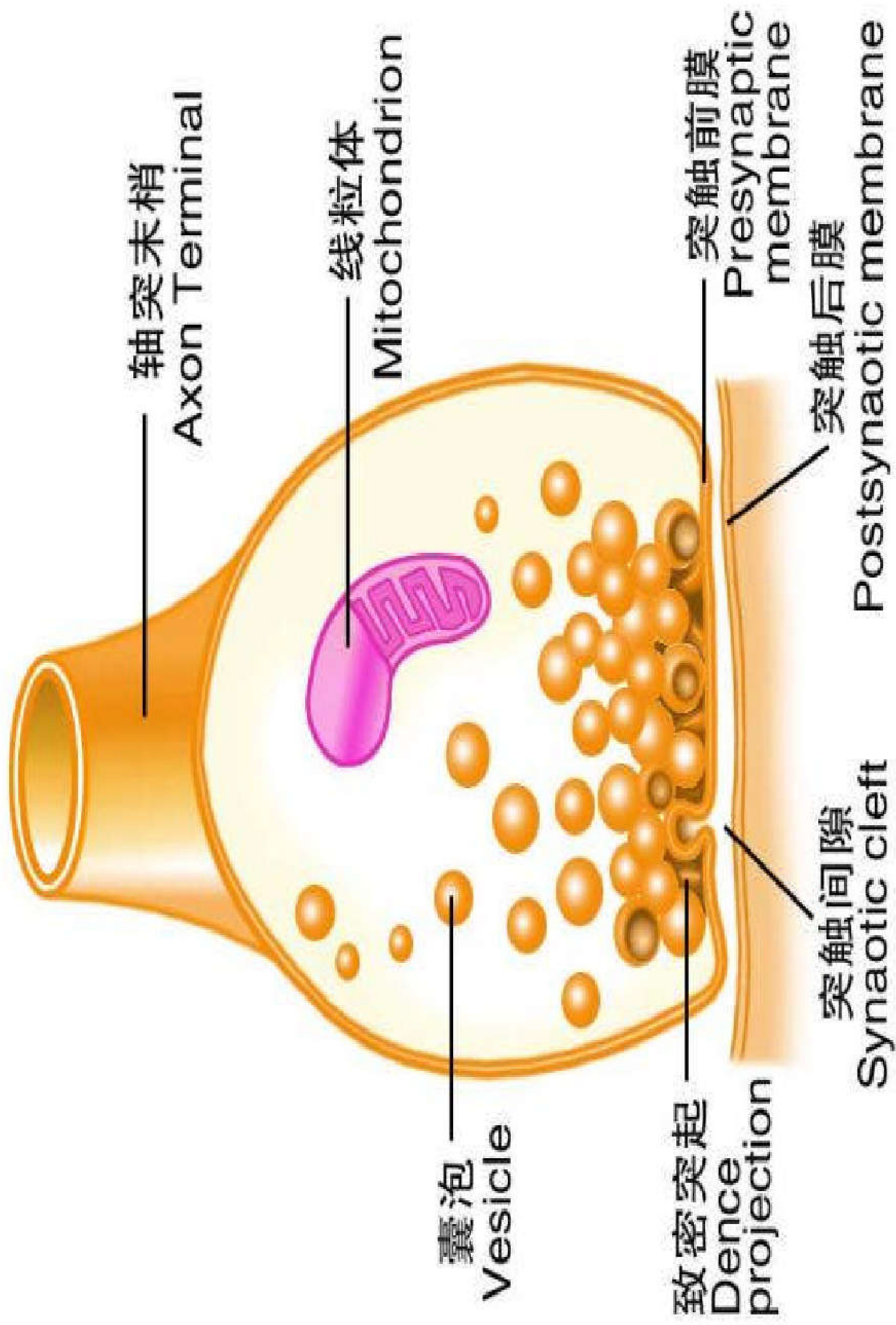
[电突触 \(图\)](#)

抑制性突触

2. 突触的结构

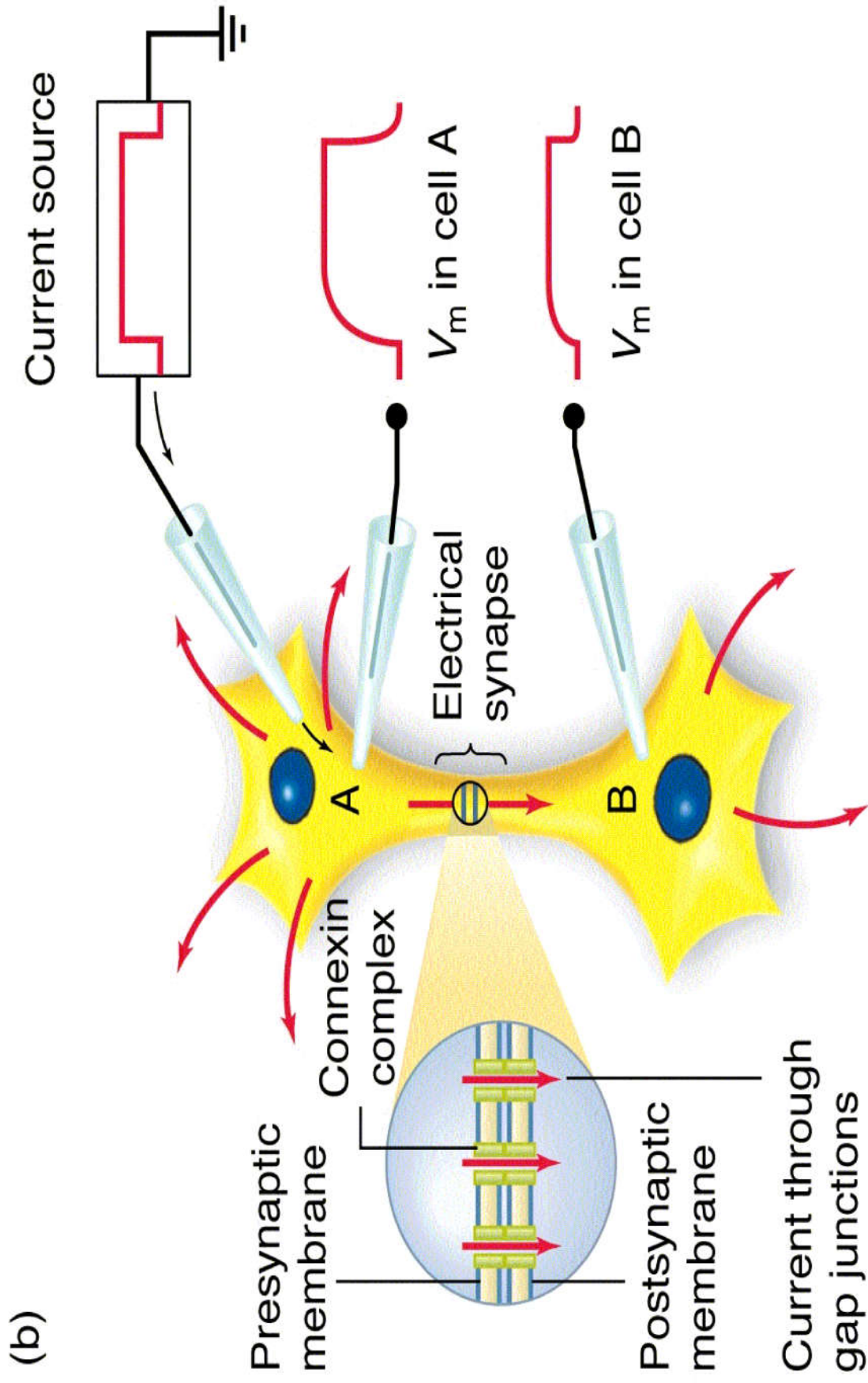
① 化学性突触





图一 突触结构模式图

②电突触



3. 经典突触传递机理

化学性突触的传递机理 (图)

神经冲动传到轴突末梢使突触前膜去极化 → 突触

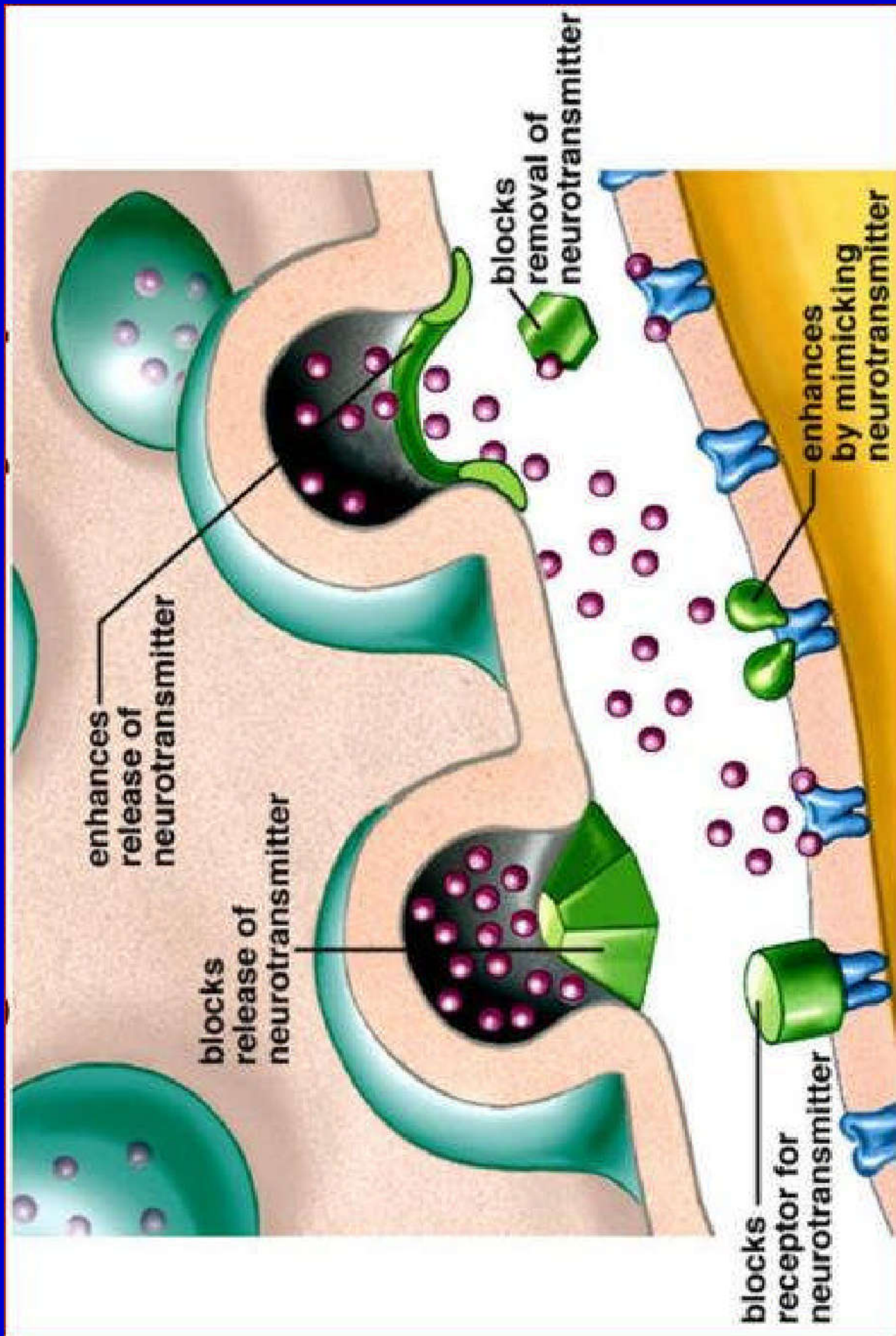
前膜 Ca^{2+} 通道开放 → Ca^{2+} 内流进入突触小体 → 递质释

放至突触间隙 → 扩散至突触后膜, 与后膜的特异受体

或化学门控通道结合 → 后膜对某些离子通透性的改变

→ 某些带电离子进出突触后膜 → 突触后电位 → 突触后

神经元兴奋或抑制。



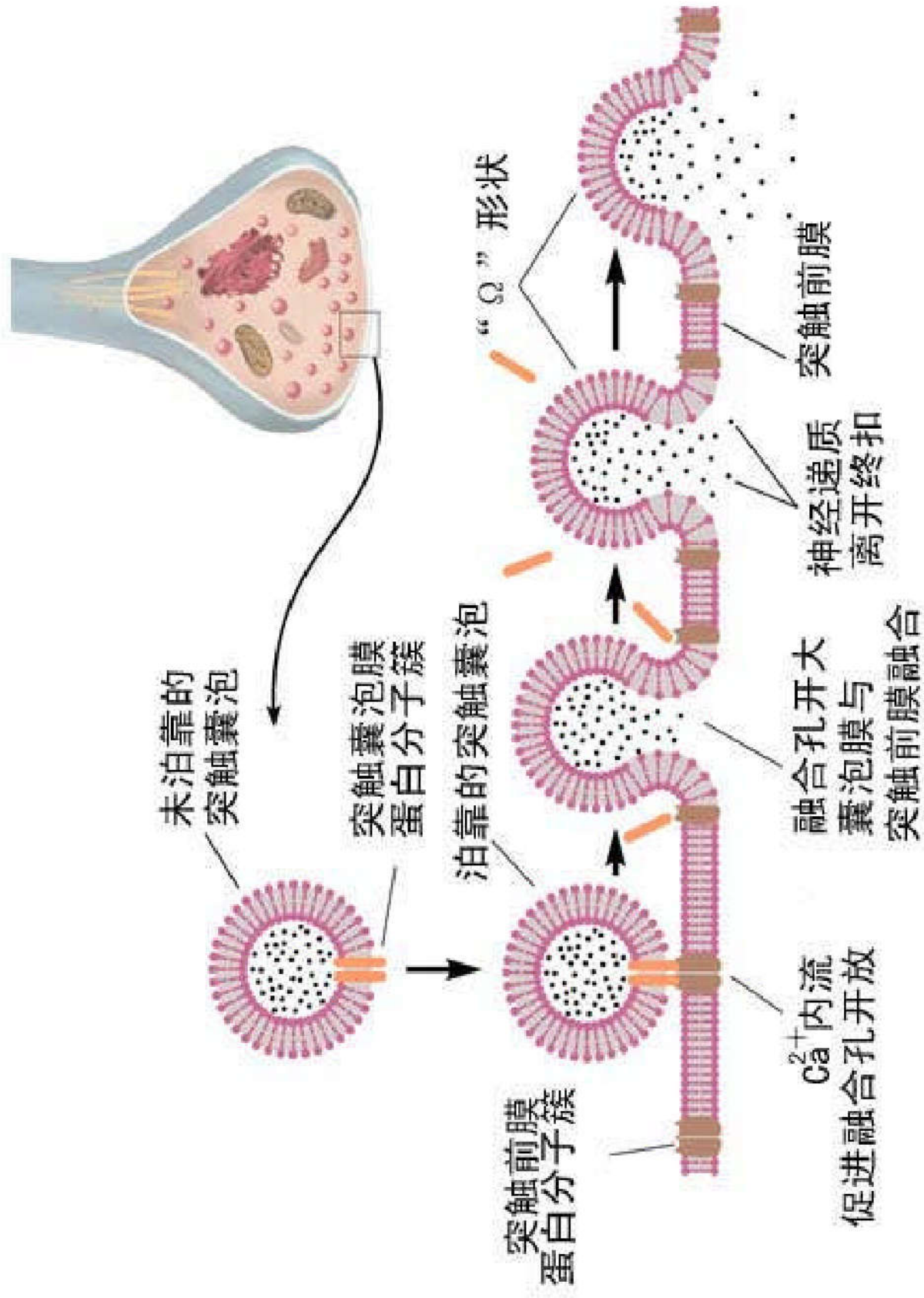


图 11-53 神经终末的递质释放

①兴奋性突触后电位 (EPSP)

定义: 突触后膜电位在递质作用下发生去极化改变, 这种电位称为EPSP。

机制: 突触前膜释放兴奋性递质 → 递质与突触后膜上的受体结合 → 突触后膜对 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- , 尤其对 Na^+ 通透性增加 → Na^+ 内流 → 突触后膜局部去极化 → 产生EPSP → EPSP总和作用 → 兴奋突触后神经元

特点: 局部兴奋

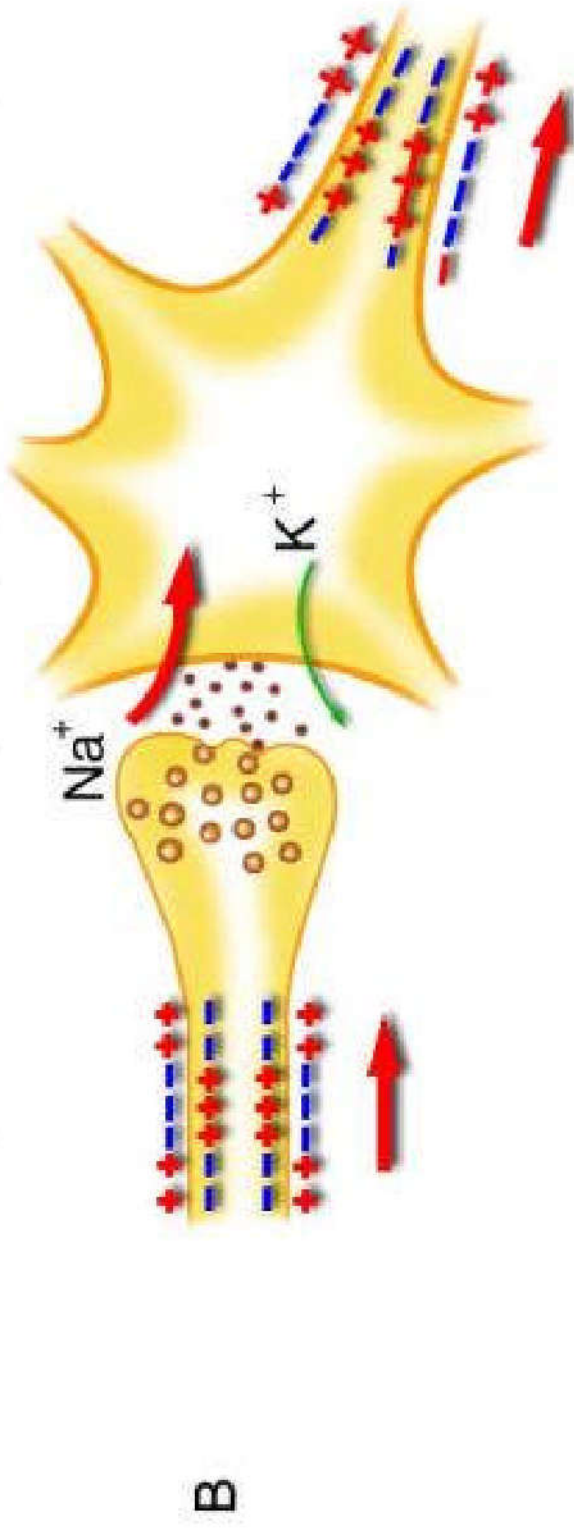


图 - 兴奋性突触后电位产生机制示意图

A: 电位变化 B: 突触传递

②抑制性突触后电位 (IPSP)

定义: 突触后膜电位在递质作用下发生超极化改变, 这种电位称为IPSP。

机制: 突触前膜释放抑制性递质 → 递质与突触后膜上的受体结合 → 后膜对 K^+ 、 Cl^- 尤其是对 Cl^- 通透性加大 → Cl^- 内流 → 突触后膜超极化 → 产生IPSP → IPSP总和作用 → 抑制突触后神经元的兴奋性

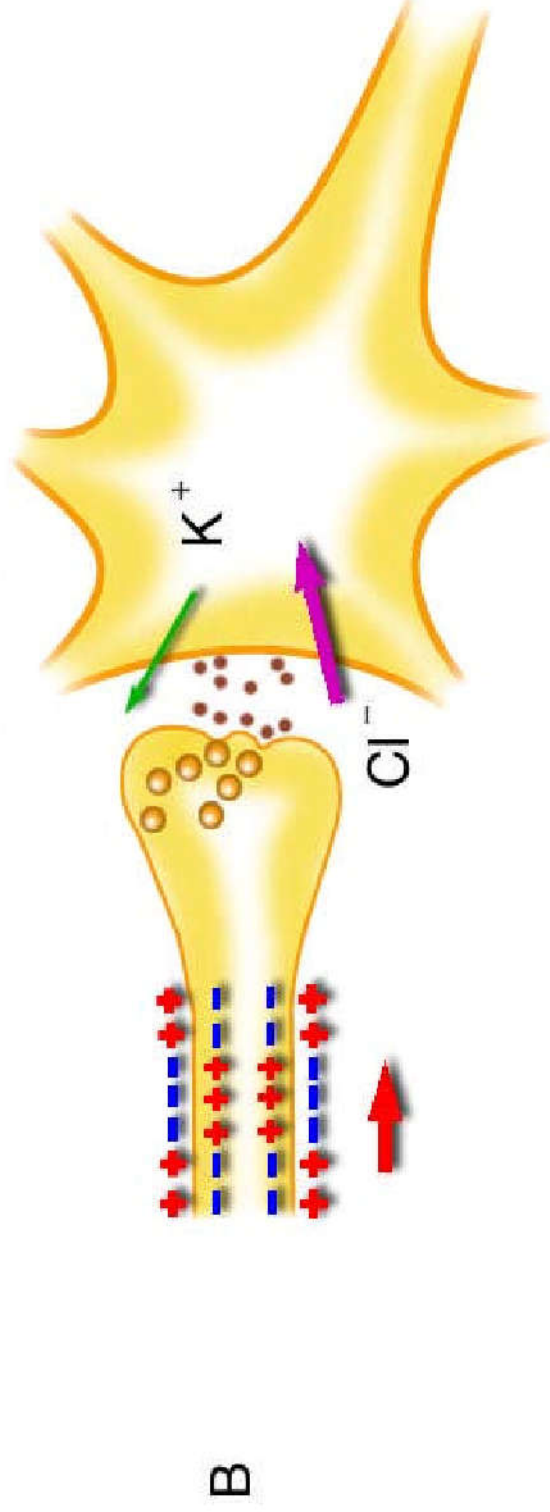


图 - 抑制性突触后电位产生机制示意图

A: 电位变化 B: 突触传递

时间总和：同一突触前末梢连续传来一系列冲动，引起较多递质释放，使**先后发生**的许多突触后电位总和达一定阈值从而影响突触后神经元的兴奋性，这种作用称为时间总和。

空间总和：许多突触前末梢同时传来一排冲动，引起较多递质释放，使**同时发生**的许多突触后电位总和达一定阈值从而影响突触后神经元的兴奋性，这种作用称为空间总和。

4. 突触的抑制

①突触后抑制

如果突触后膜发生超极化，即产生抑制性突触后电位，使突触后神经元兴奋性降低，不易去极化而呈现抑制。这种抑制就称为突触后抑制。可分为**传入侧支性抑制和回返性抑制**两类。

传入侧支性抑制：指一条感觉传入纤维的冲动进入脊髓后，一方面直接兴奋某一中枢神经元，另一方面通过其侧支兴奋另一抑制性中间神经元，然后通过抑制性中间神经元的活动转而抑制另一中枢神经元。其作用在于使互相颀抗的两个中枢的活动协调起来。这种抑制亦称为**交互抑制**。

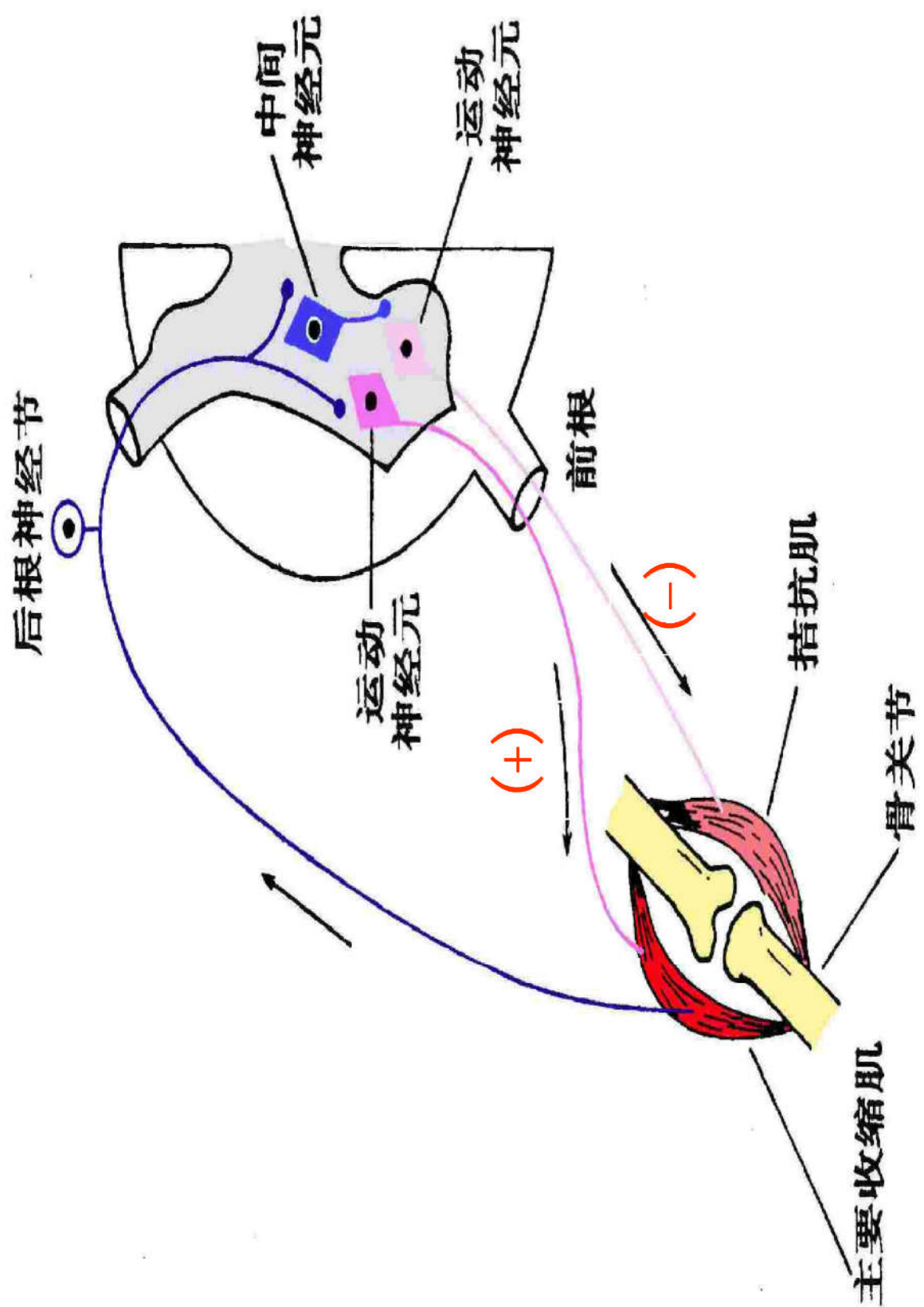


图 10-8 传入侧支性抑制示意图

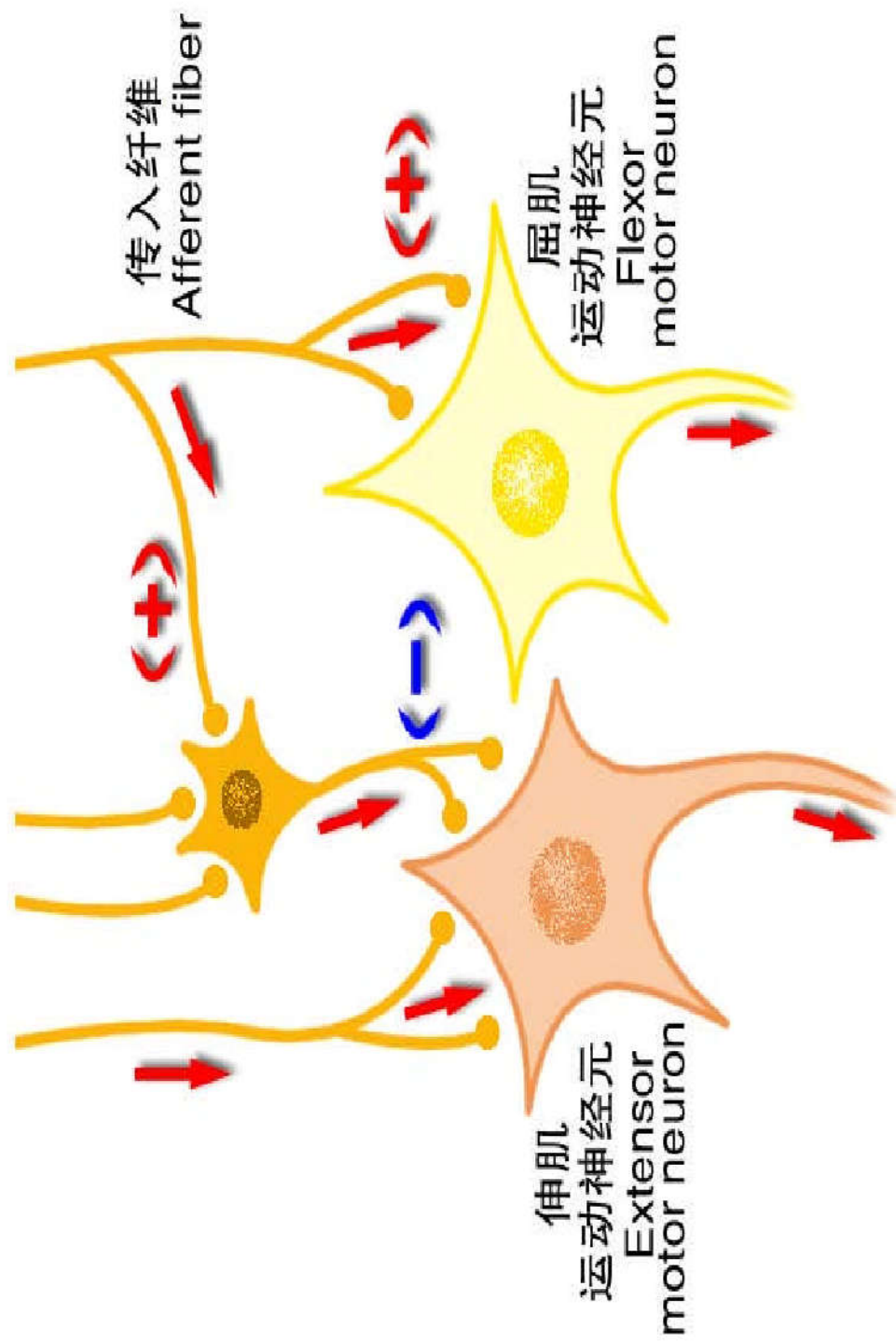
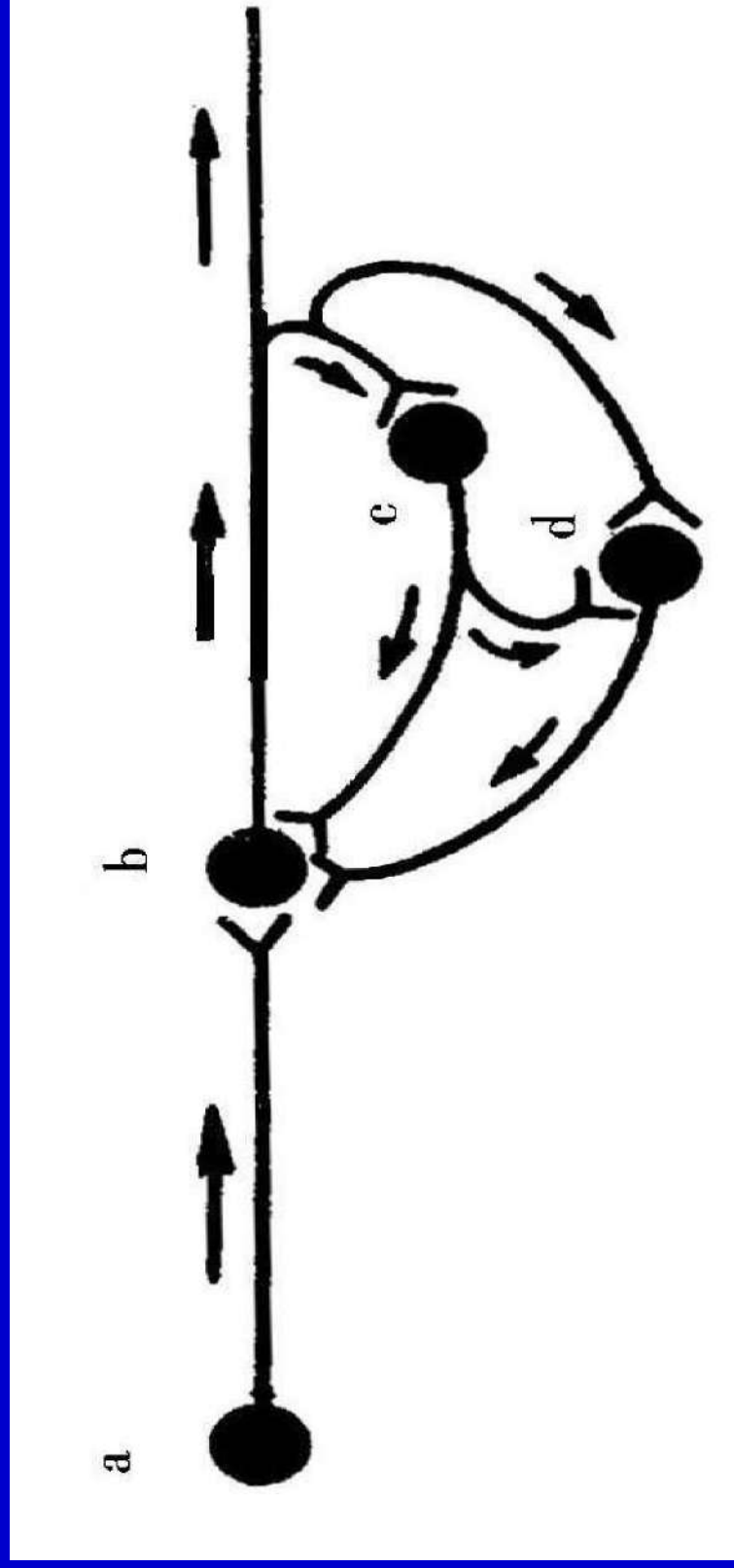


图 - 传入侧枝性抑制

回返性抑制: 指某一中枢的神经元兴奋时，其传出冲动在沿轴突外传的同时，又经其轴突侧支兴奋另一抑制性中间神经元，后者兴奋沿其轴突返回来作用于原先发放冲动的神经元。其意义在于防止神经元过度、过久的兴奋，并促使同一中枢内许多神经元的活动步调一致。



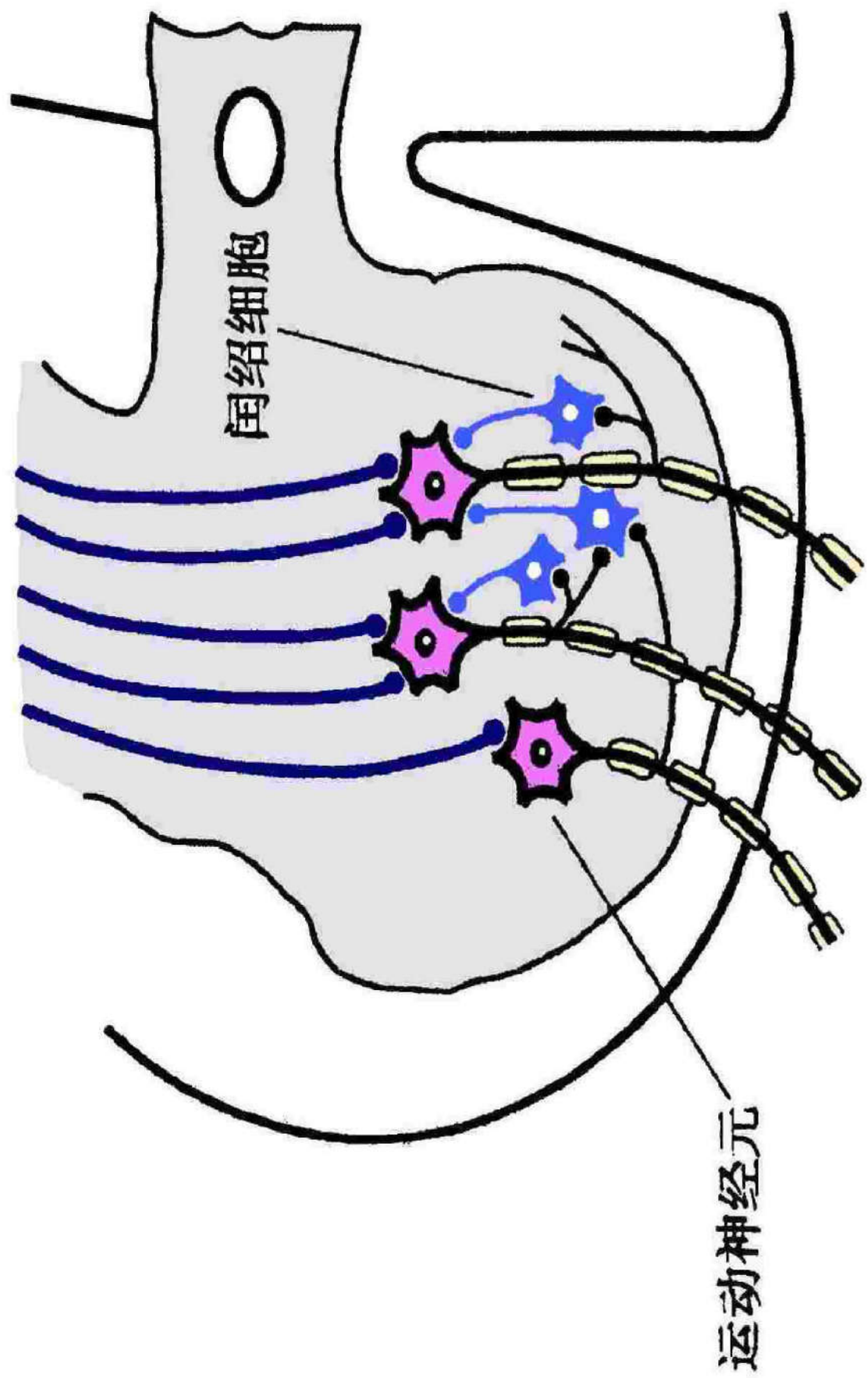


图 10-9 回返性抑制示意图

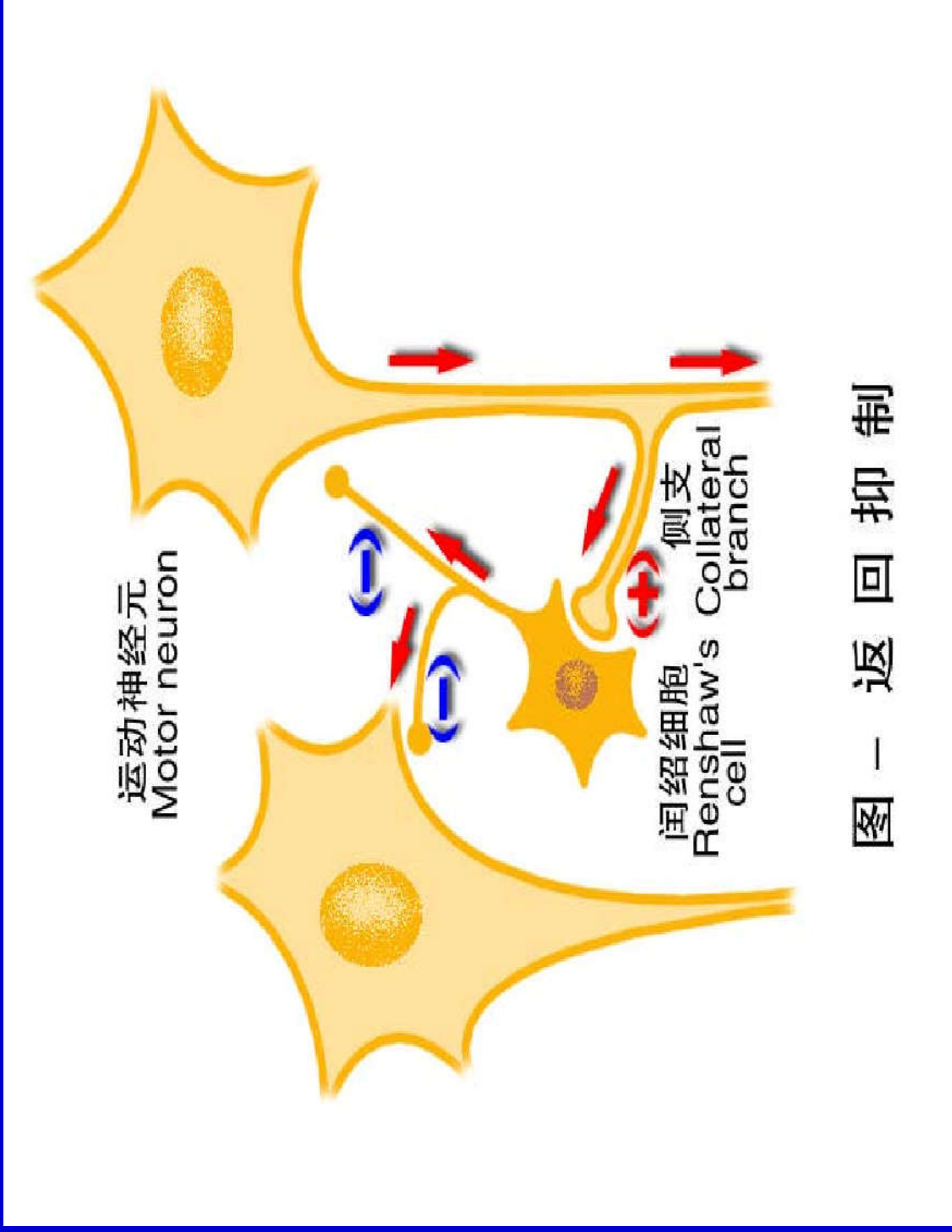
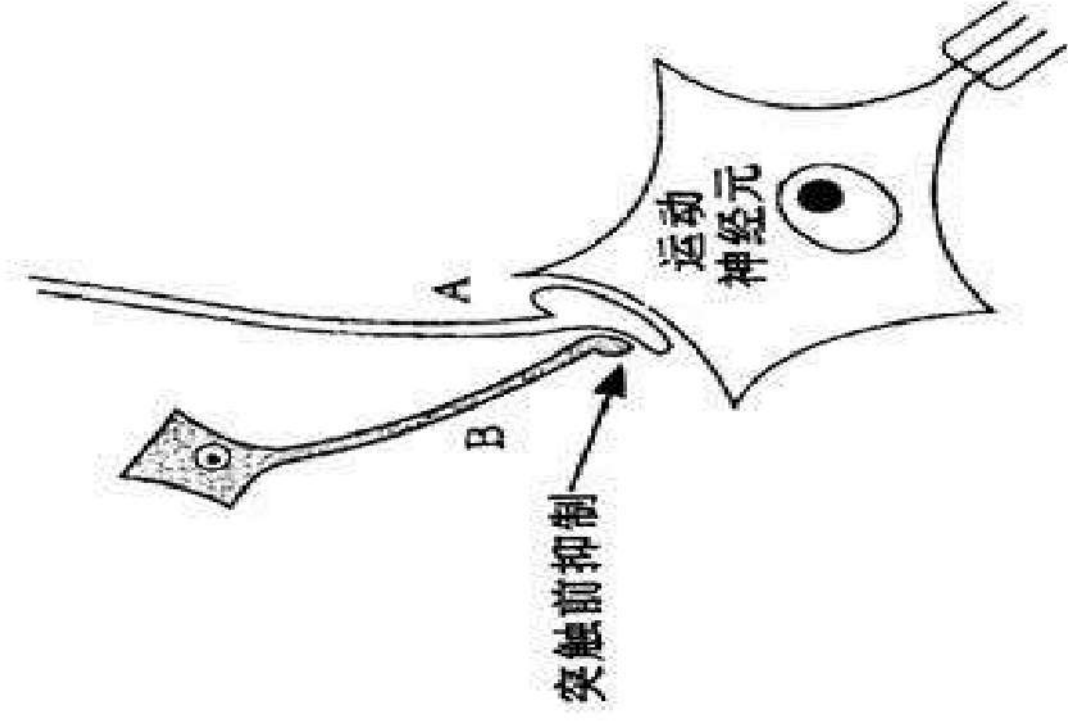


图 - 返回抑制

②突触前抑制

当突触后膜受到突触前轴突末梢的影响，使后膜上的兴奋性突触后电位减小，导致突触后神经元不易或不能兴奋而呈现抑制，称为突触前抑制。因为这种抑制发生时，后膜发生去极化，而不是超极化，形成的是EPSP，所以又称为去极化抑制。

结构基础——轴-轴式突触与轴突-胞体式突触的联合存在

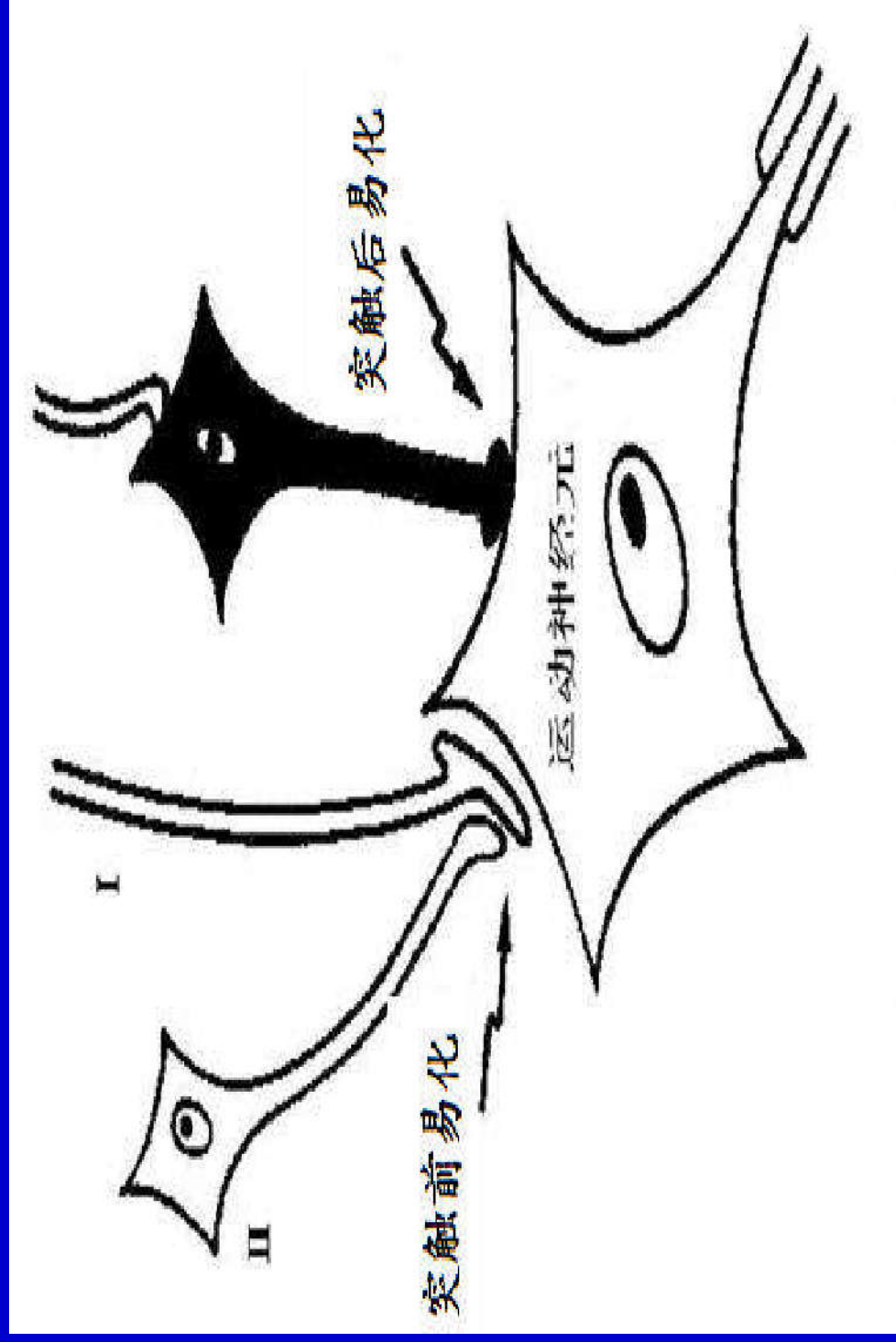


突触前抑制和突触后抑制比较

	突触后抑制	突触前抑制
结构类型	轴-体式 轴-树式	轴-轴式
中间神经元	抑制性	兴奋性
释放递质	抑制性	兴奋性
作用部位	突触后膜	突触前膜
抑制机理	超极化	去极化
生理意义	调节传出神经元 使活动更协调、更精确	感觉的中枢定位 及时中止更精确
举例	交互抑制	针刺麻醉

5. 突触的易化

通过突触传递使某些生理过程容易发生的现象。分为突触前易化和突触后易化

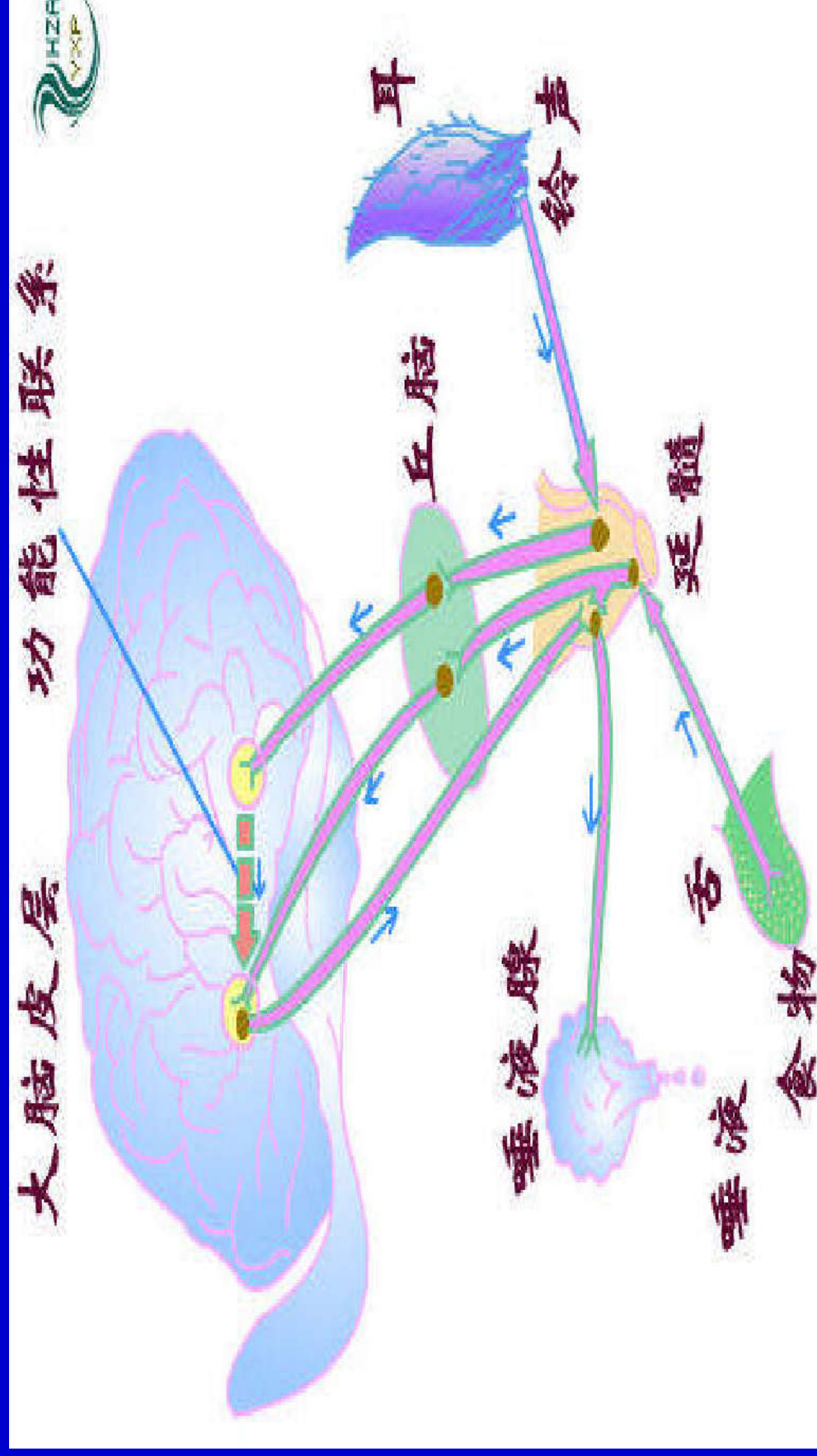


6. 突触传递的特征

- ①单向传递
- ②突触延搁
- ③总和作用
- ④兴奋节律的改变
- ⑤对内环境变化的敏感和易疲劳

7. 突触的可塑性 (plasticity)

指突触传递的功能可发生较长时程的增强或减弱。

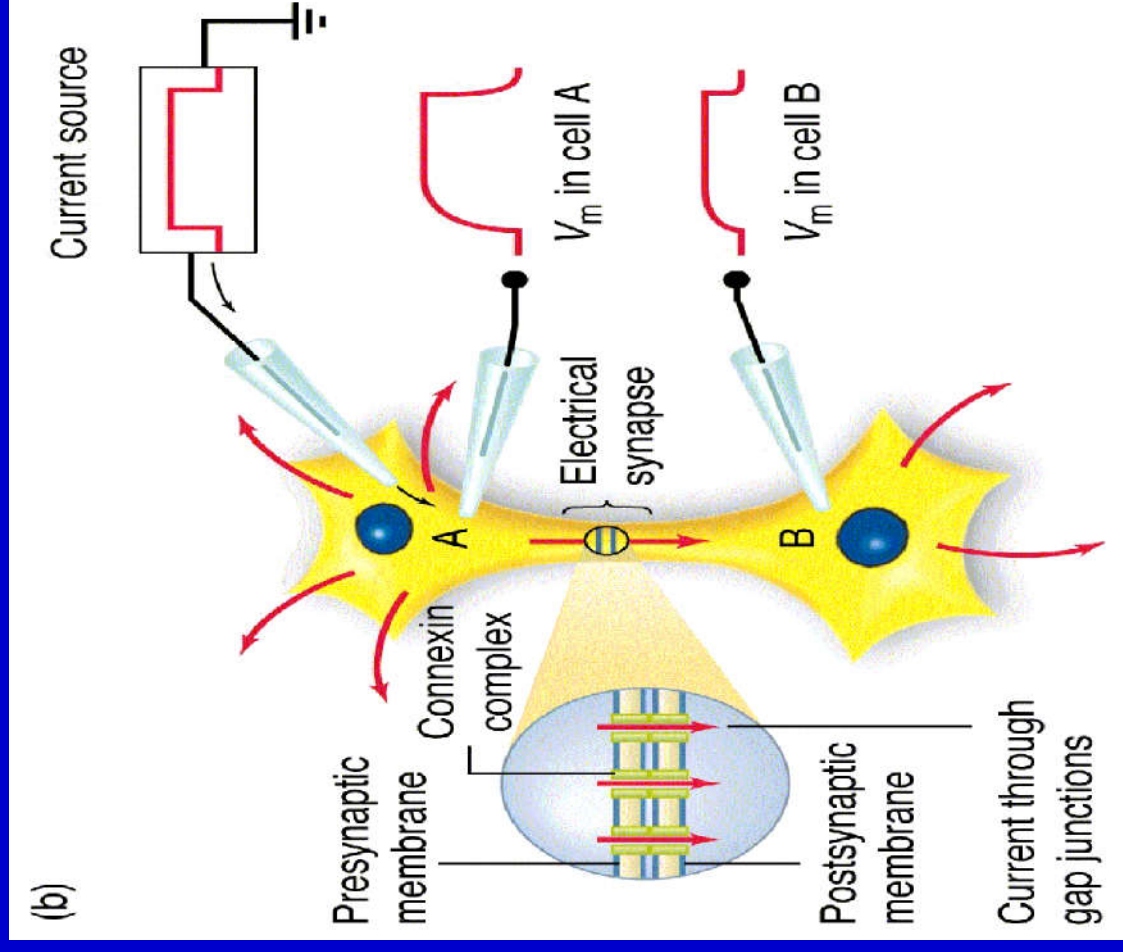


(二) 突触传递的其他方式

1. 电突触传递

结构基础是**缝隙连接**

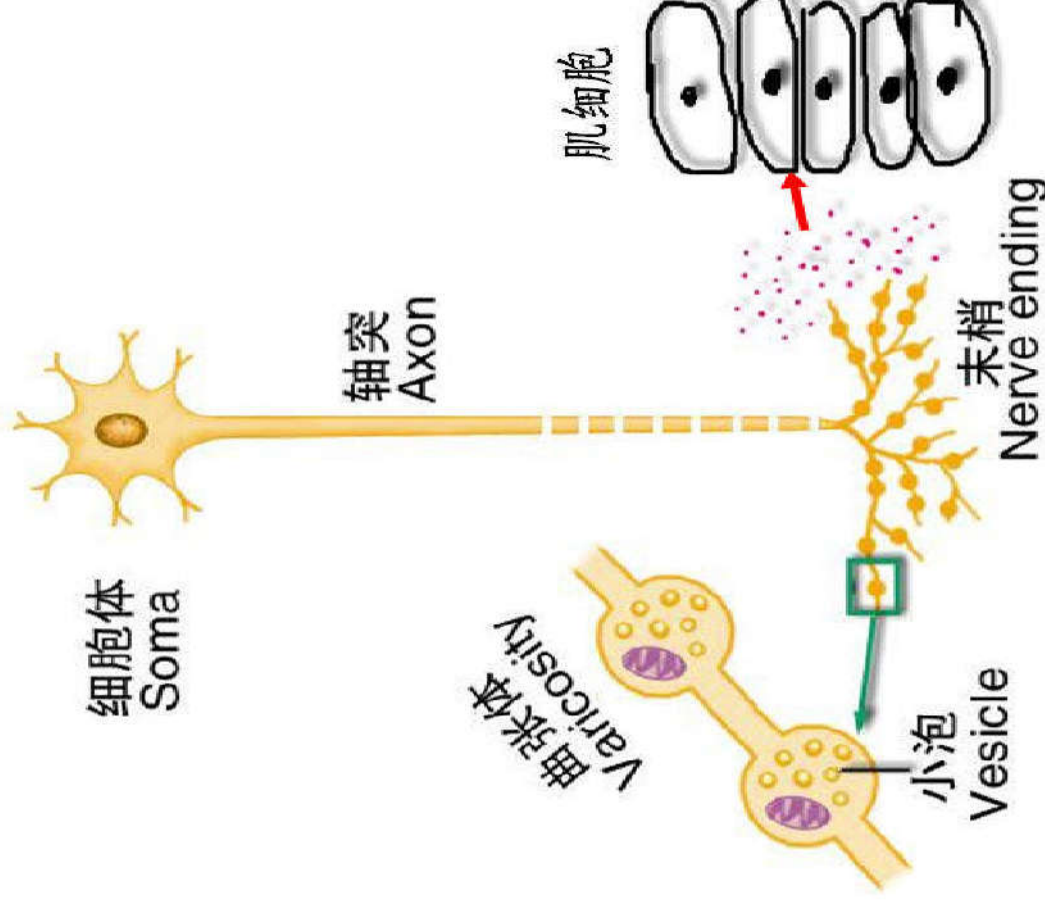
突触前神经元的动作电位到达神经末梢时，可通过局部电流的作用引起突触后成分发生动作电位。



2. 非突触传递

轴突末梢具有**曲张体**结构的肾上腺素能神经元，曲张体内含突触小泡。

神经冲动到达曲张体
→ 曲张体释放递质 → 递质扩散到效应器



图一 非突触性化学传递示意图
交感神经肾上腺素能神经元示意图

二、神经递质和受体

(一) 神经递质

神经递质：由神经元合成，神经末梢释放，经突触间隙扩散，特异性地作用于突触后神经元或效应器细胞上的受体，使信息从突触前传递至突触后的特殊化学物质。

- ①在突触前神经元内具有合成递质的前体物质和酶系，能够合成这一递质。
- ②递质贮存于突触小泡以防止被胞浆内其它酶系所破坏，当兴奋冲动抵达神经末梢时，小泡内递质能释放入突触间隙。
- ③递质释放，经突触间隙作用于后膜特异受体而发挥生理作用，且该过程可以模拟。
- ④存在使这一递质失活的酶或其他环节(摄取回收)。
- ⑤用递质拟似剂或受体阻断剂能加强或阻断这一递质的突触传递作用。

1. 神经递质的分类:

①外周递质

由外周神经系统的神经元合成，包括乙酰胆碱、去甲肾上腺素和嘌呤类或肽类。

②中枢递质

由中枢神经系统的神经元合成，主要包括乙酰胆碱、单胺类（去甲肾上腺素、多巴胺和5-羟色胺）、氨基酸类和肽类（P物质和脑啡肽）。

哺乳动物神经系统内神经递质的分类

(据化学结构分)

分类	家族成员
胆碱类	乙酰胆碱
胺类	多巴胺、去甲肾上腺素、肾上腺素、5-羟色胺、组胺
氨基酸类	谷氨酸、门冬氨酸、甘氨酸、 γ -氨基丁酸
肽类	下丘脑调节肽、血管加压素、催产素、阿片肽、脑肠肽 血管紧张素II、心房钠尿肽
嘌呤类	腺苷、ATP
气体	一氧化氮、一氧化碳
脂类	花生四烯酸及其衍生物（前列腺素类）

2. 神经递质的共存

戴尔原则：一个神经元的全部神经末梢释放相同的递质。

递质共存：一个神经元的末梢可同时释放两种或两种以上递质的现象称为递质共存。

3. 递质的代谢：包括合成、储存、释放、降解、再摄取、再合成

递质作用于受体产生生理效应后的消除过程是多途径的：ACh 主要由胆碱酯酶水解；NA的消除主要通过末梢的重摄取（主要）和酶解失活；肽类递质的消除主要依靠酶促降解。递质的迅速消除是防止其持续作用、保持神经冲动正常传递的必要条件。

4. 神经调质 (neuromodulator)：由神经元产生并作用于膜受体后，并不传递信息，而是调节信息传递的效率，增强或削弱递质效应的一类化学物质。其发挥的作用称为调制作用。

(二) 受体

受体：指细胞膜上或细胞内能与激素、递质或调质等化学物质发生特异性结合并诱发生物效应的特殊蛋白质分子。

配体：能和受体发生特异性结合的化学物质，包括：

受体激动剂：能与受体发生特异性结合并产生相应生理效应的化学物质；

受体拮抗剂：只和受体发生特异性结合，不产生生理效应的化学物质。

受体与配体结合的一般特性:

1. **特异性:** 相对特异性
2. **饱和性:** 数量有限
3. **可逆性:** 解离常数因配体而异, 也有不可逆结合
4. **脱敏性:** 当受体长时间暴露于配体时, 大多数受体会失去反应性, 即产生脱敏性。

主要的受体系统:

1. 胆碱能受体

M型受体 (毒蕈碱受体)

N型受体 { N₁受体 (烟碱受体)
N₂受体

2. 肾上腺素能受体

α受体 { α₁受体
α₂受体

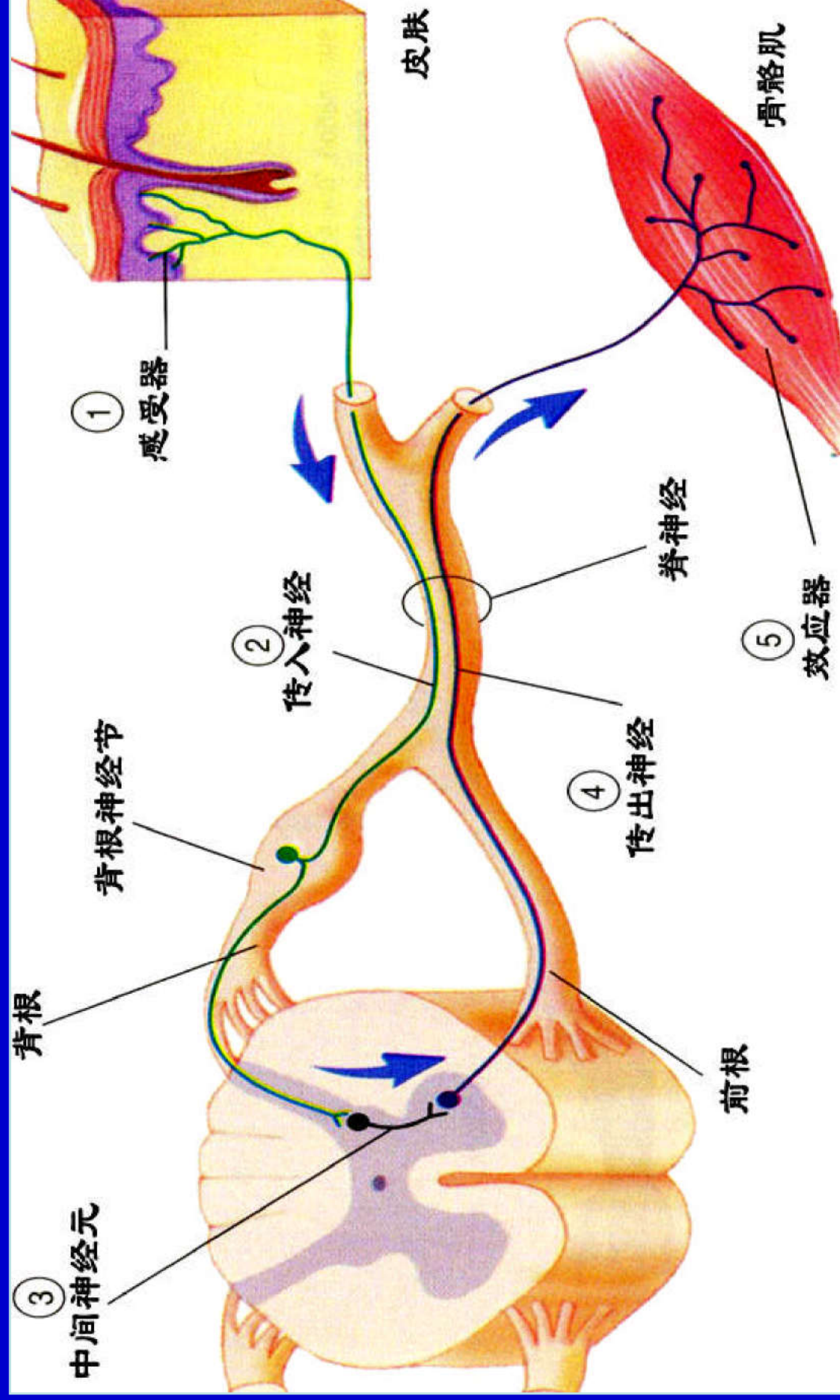
β受体 { β₁受体
β₂受体

3. 突触前受体

4. 中枢内递质的受体

三、反射与反射弧

(一) 反射与反射弧



(二) 中枢内神经元的联系方式

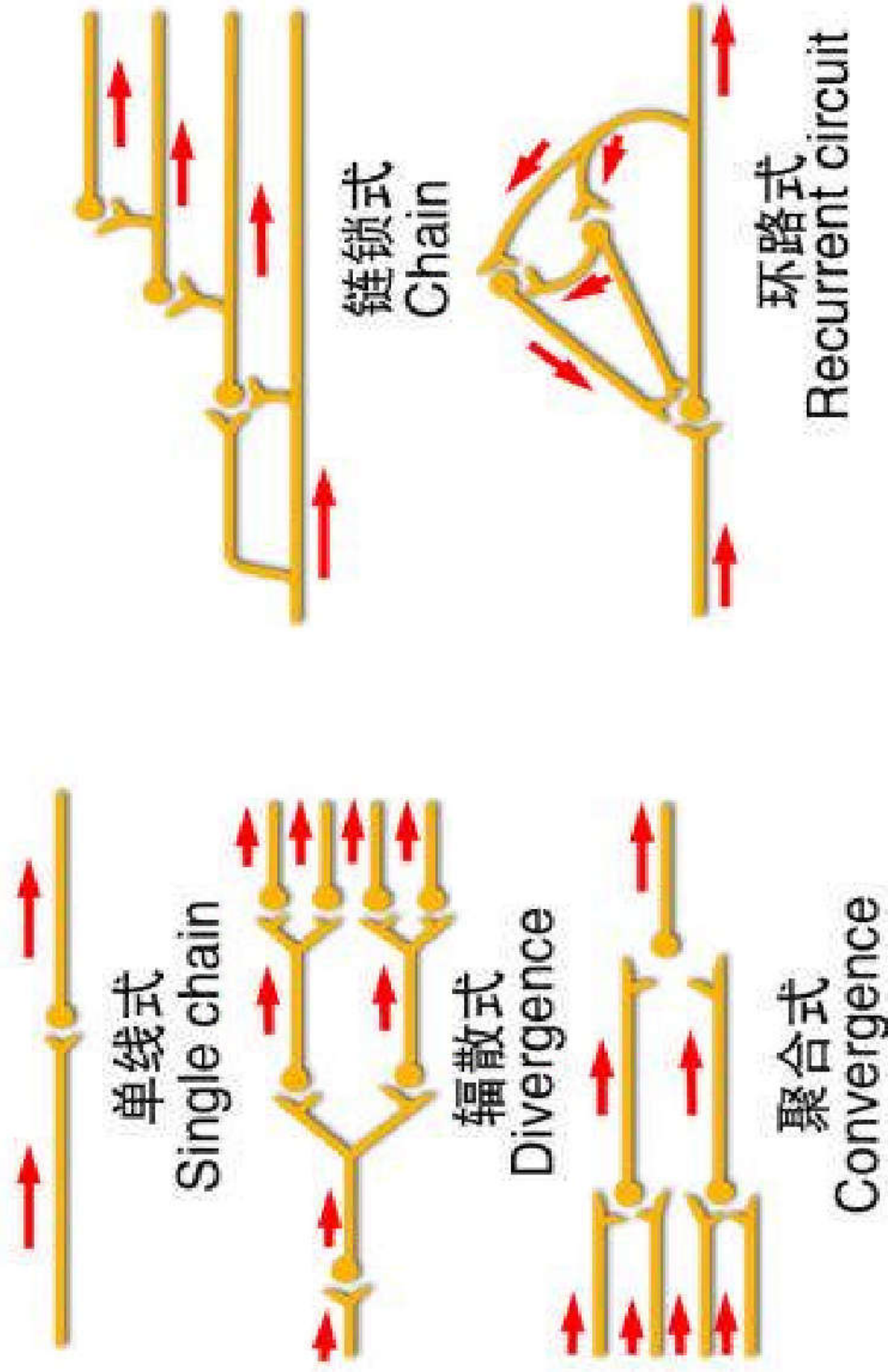


图 - 中枢神经元的联系方式

1. 辐散式

可使一个神经元的兴奋或抑制，同时引起许多神经元的兴奋或抑制。

2. 聚合式

可使许多神经元的作用同时引起同一神经元兴奋而发生总和，也可使许多不同来源的神经元的兴奋和抑制在同一神经元上发生整合。

3. 链锁式与环状式

链锁式可以在空间上加强或扩大作用范围；

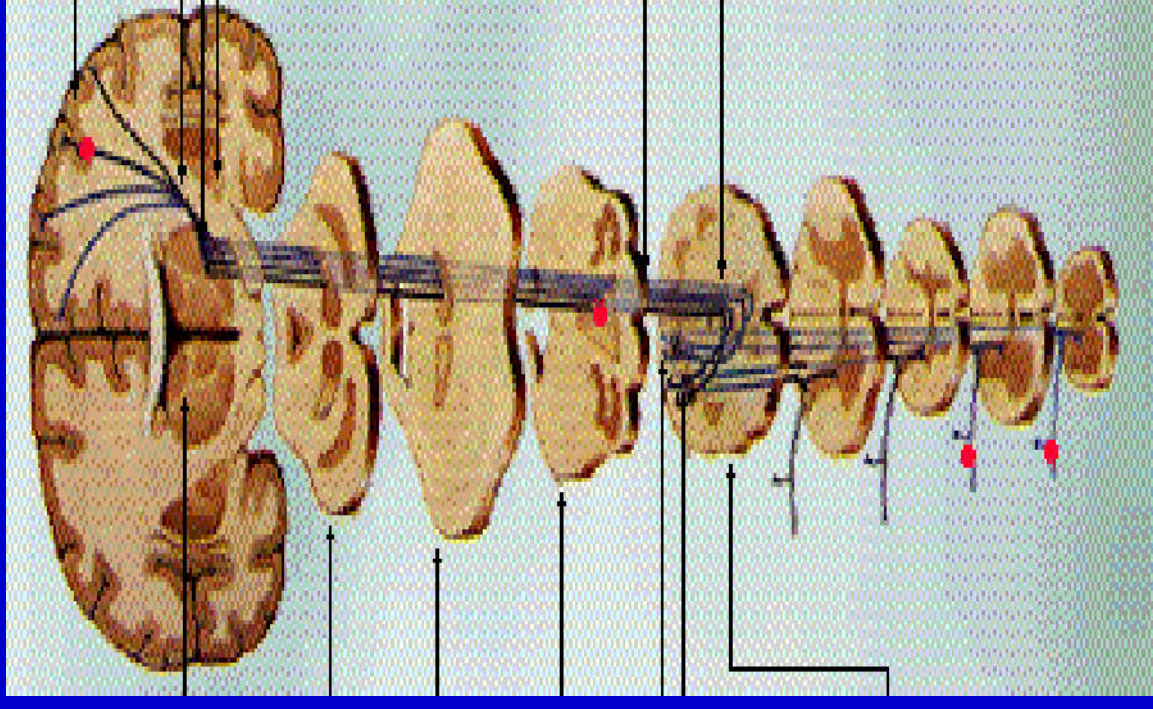
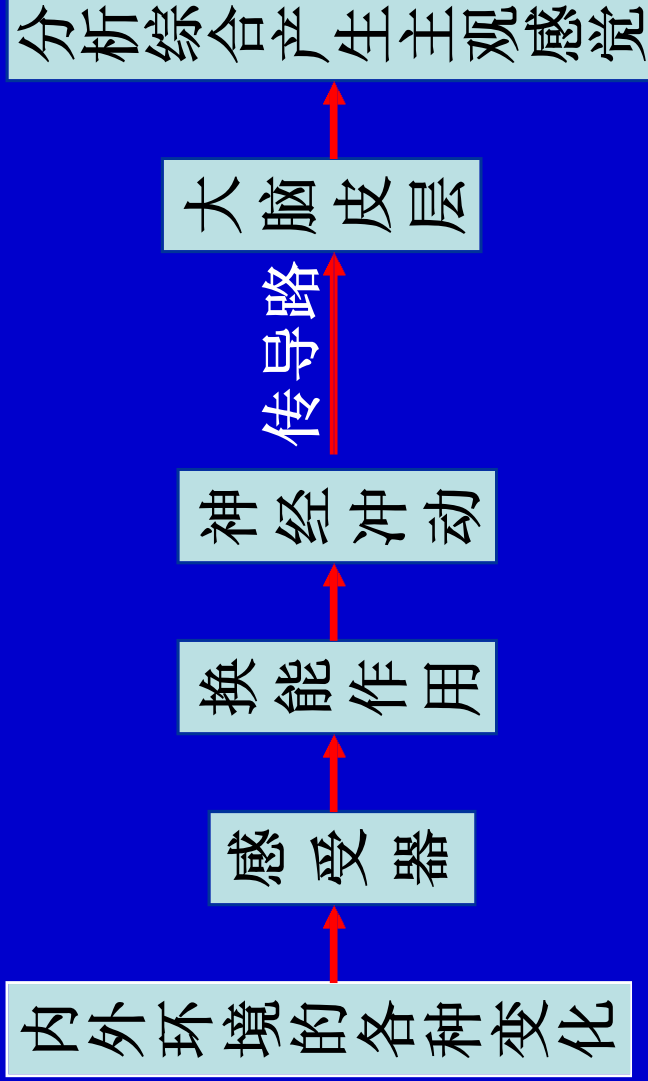
环状式可以通过反馈性调节，对原神经元活动进行调节。

(三) 中枢兴奋的传布特征

1. 单向传布
2. 反射时和中枢延搁
3. 总和
4. 扩散与集中
5. 兴奋节律的改变
6. 后放
7. 易化作用和抑制作用
8. 对内环境变化的敏感性和易疲劳性

第三节 神经系统的感觉功能

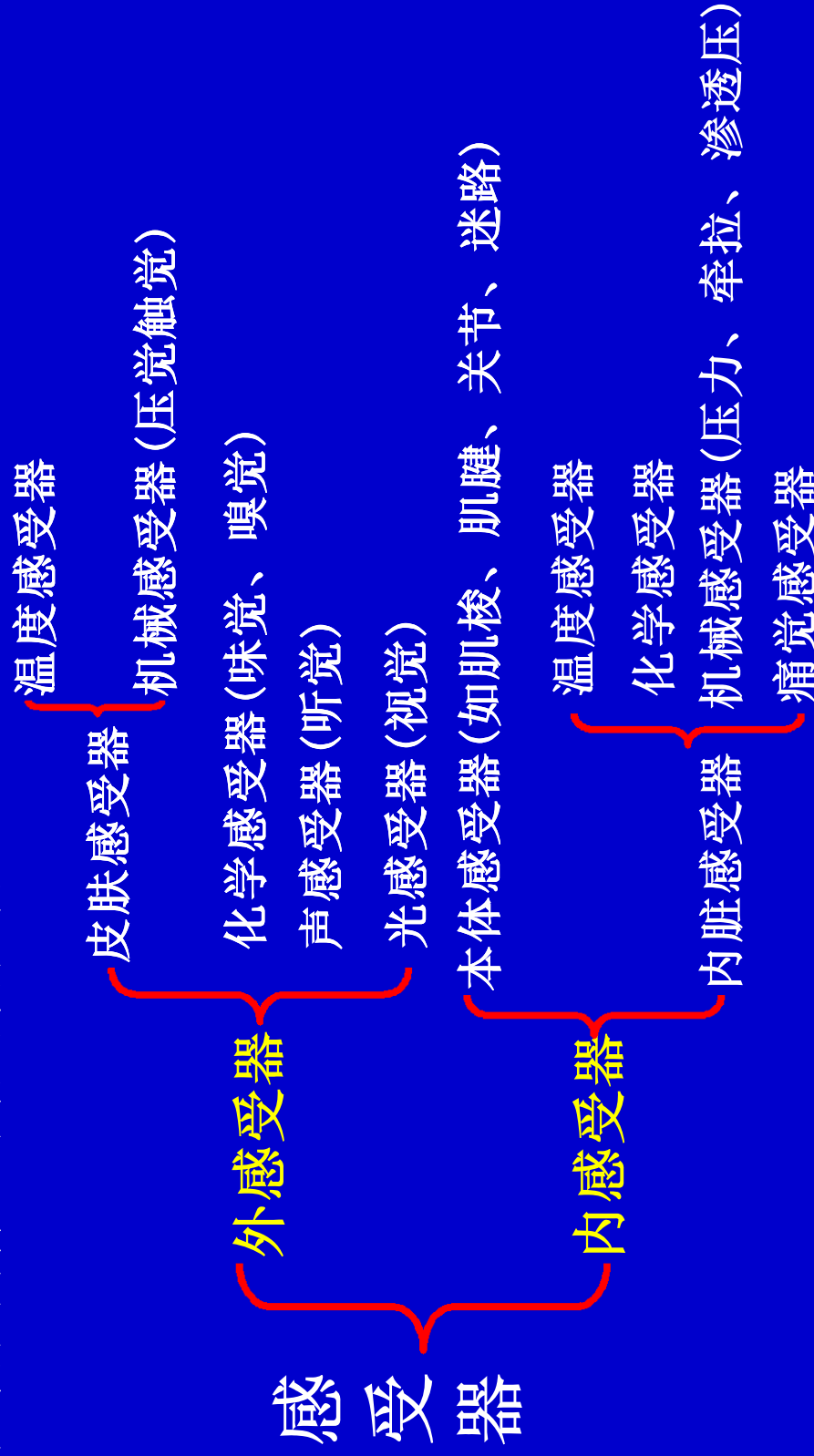
感觉产生过程:



一、感受器

(一) 感受器的定义和分类

感受器：指分布于动物体表、内脏或深部，能感受内外环境的刺激，将其转化为神经冲动的转化装置。

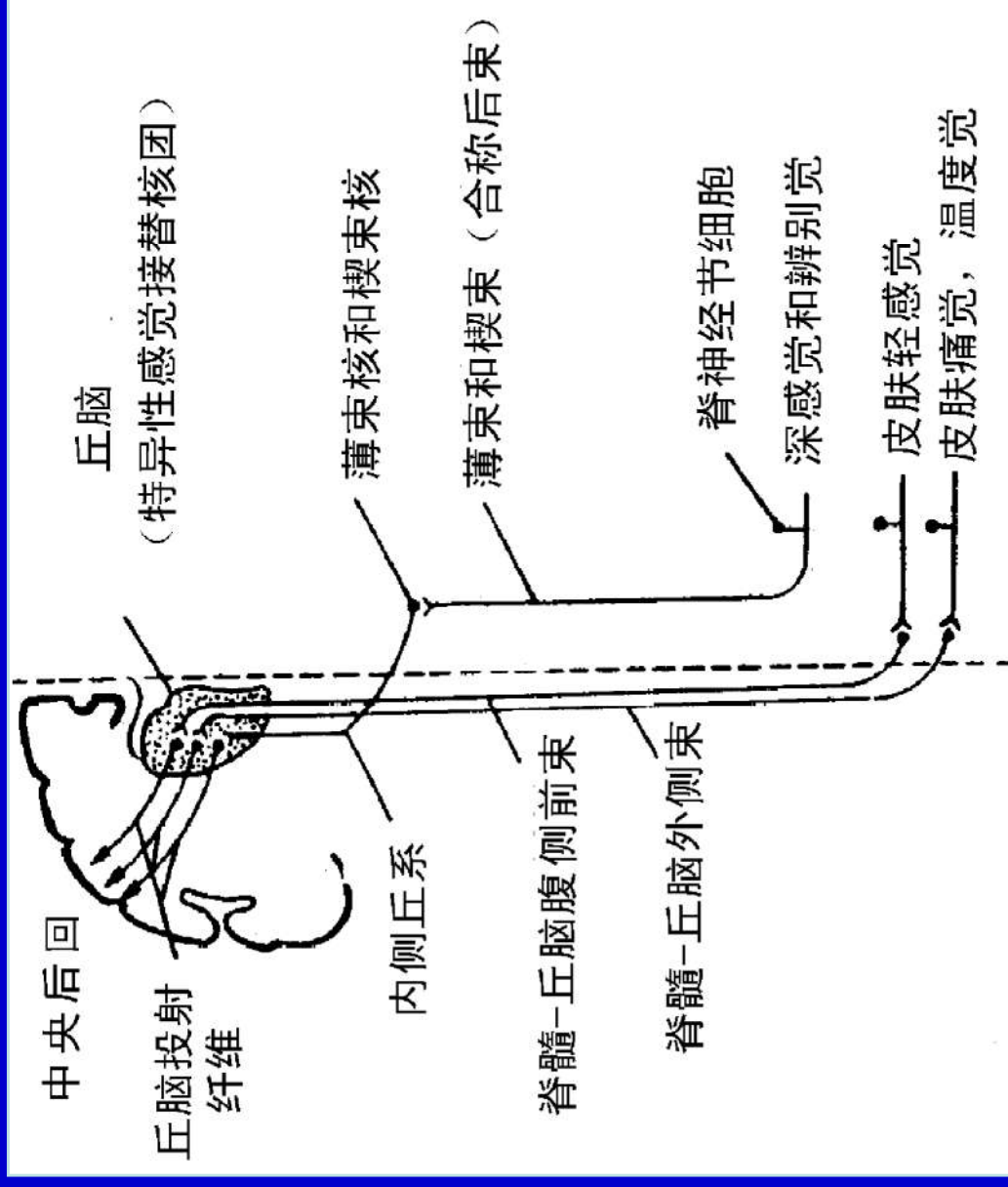


(二) 感受器的一般生理特性

1. 适宜刺激
2. 换能作用
3. 编码作用
4. 适应现象
5. 对比现象和后作用

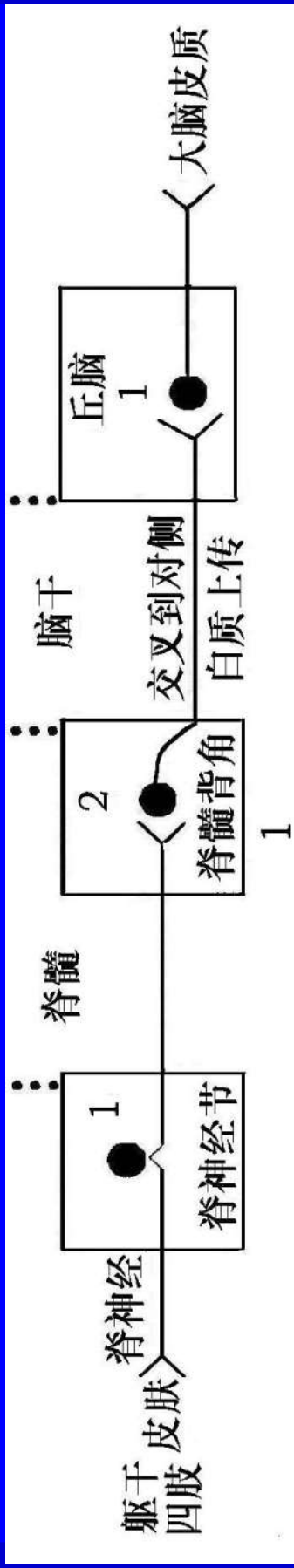
二、脊髓的感觉传导功能

1. 浅感觉传导路径
2. 深感觉传导路径

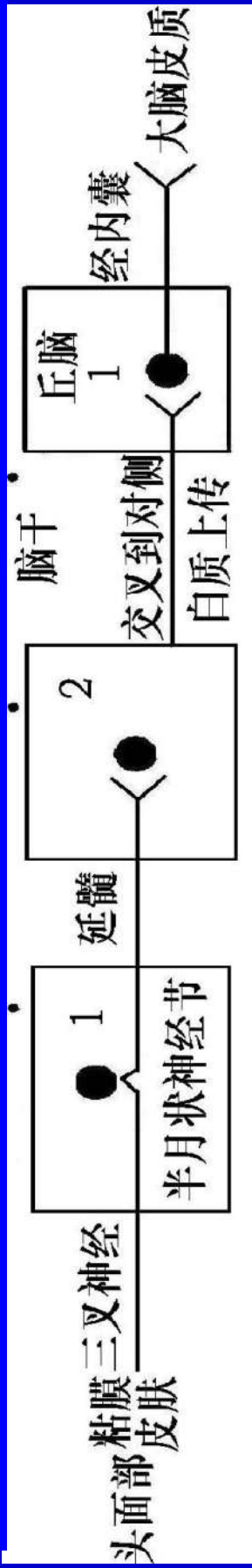


脊髓的感觉传导通路

(一) 浅感觉传导路：传导痛觉、温觉和轻触觉

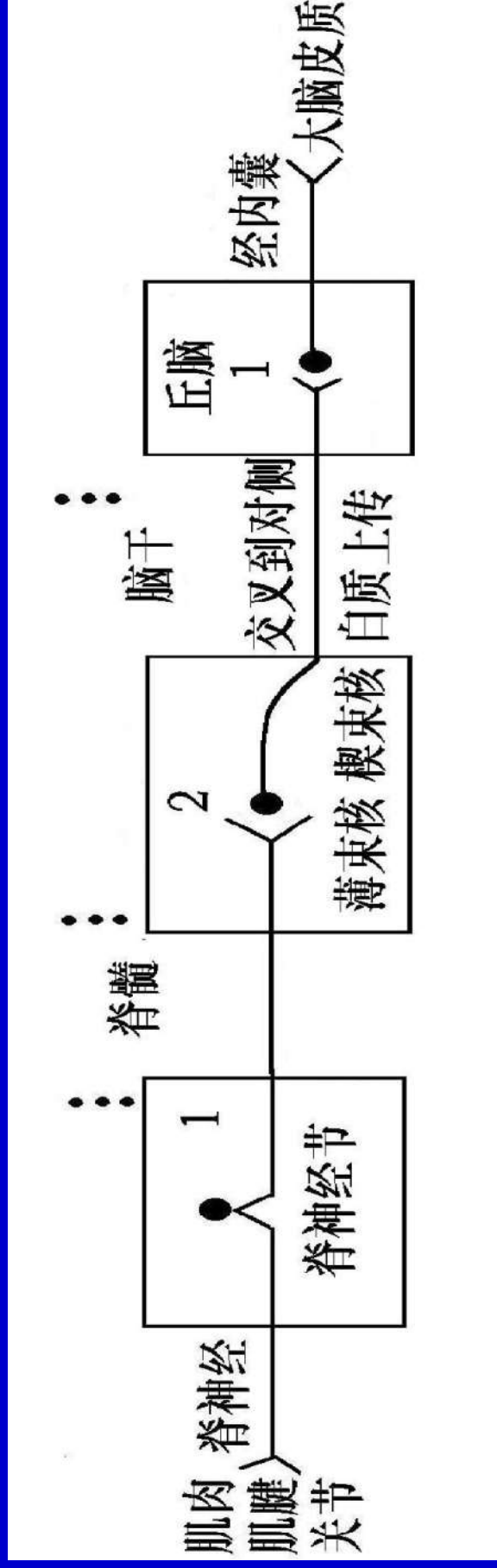


通路：传入神经由背根外侧进脊髓→背角换元→中央管前换元交叉到对侧→脊髓-丘脑侧束和脊髓-丘脑腹束→丘脑；特点：先交叉后前行，脊髓半断离浅感觉障碍在对侧。



通路：头部痛觉、温度觉由三叉神经脊束核中继，触觉与肌肉本体感觉由三叉神经主核和中脑核中继→自三叉神经脊束核和主核发出二级纤维交叉到对侧组成三叉丘系→与脊髓丘脑束毗邻前行→丘脑的后内侧腹核。

(二)深感觉传导路：传导肌肉本体感觉和深部压觉



通路：传入神经纤维从背根内侧进脊髓→同侧脊索前行→延髓下薄束核和楔束核换元交叉到对侧→经内侧丘系至丘脑；特点：先前行再交叉，脊髓半断离，深感觉障碍在同侧。

皮层特定区域

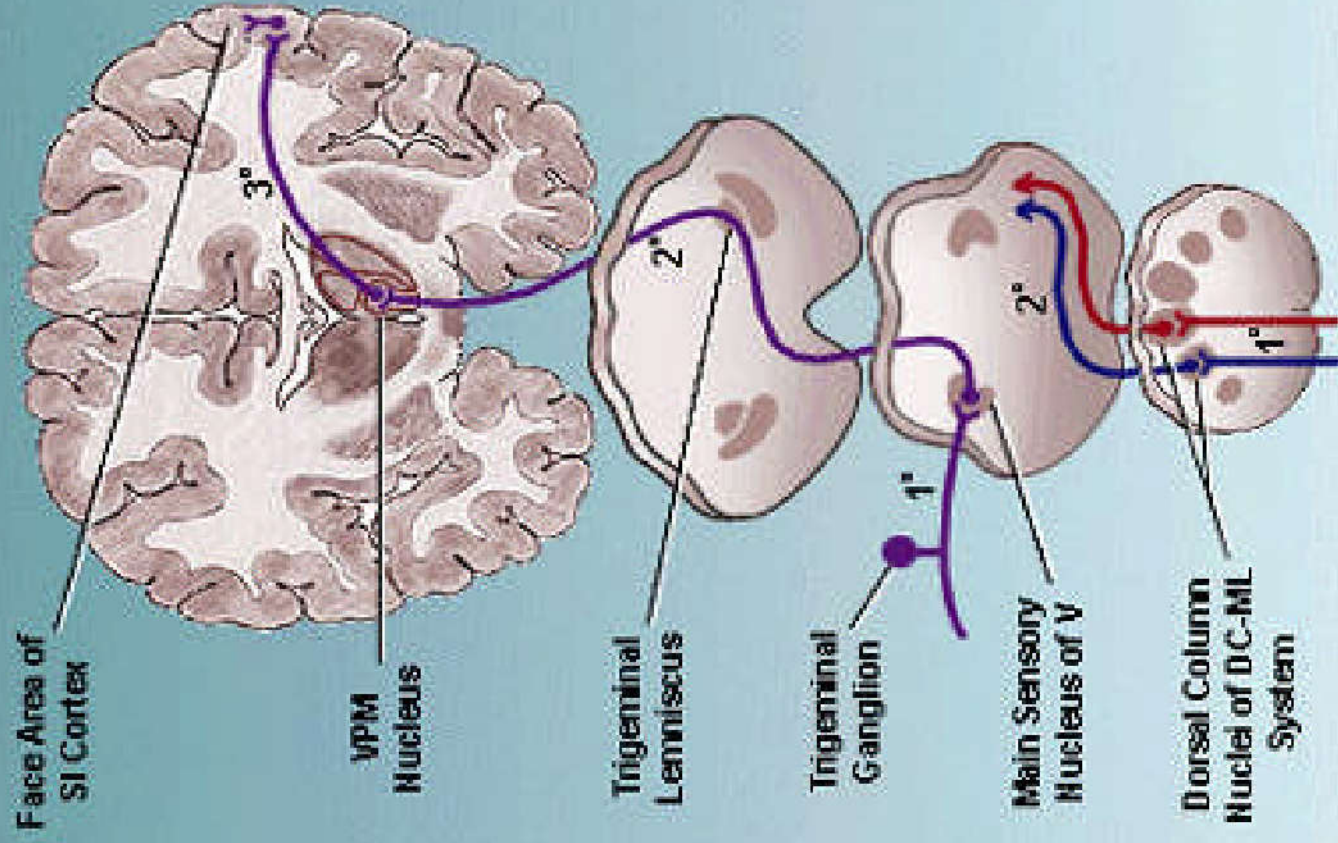
对侧丘脑
换神经元

交叉对侧三叉丘系

同侧脑干
换神经元

三叉神经传入

感受器兴奋



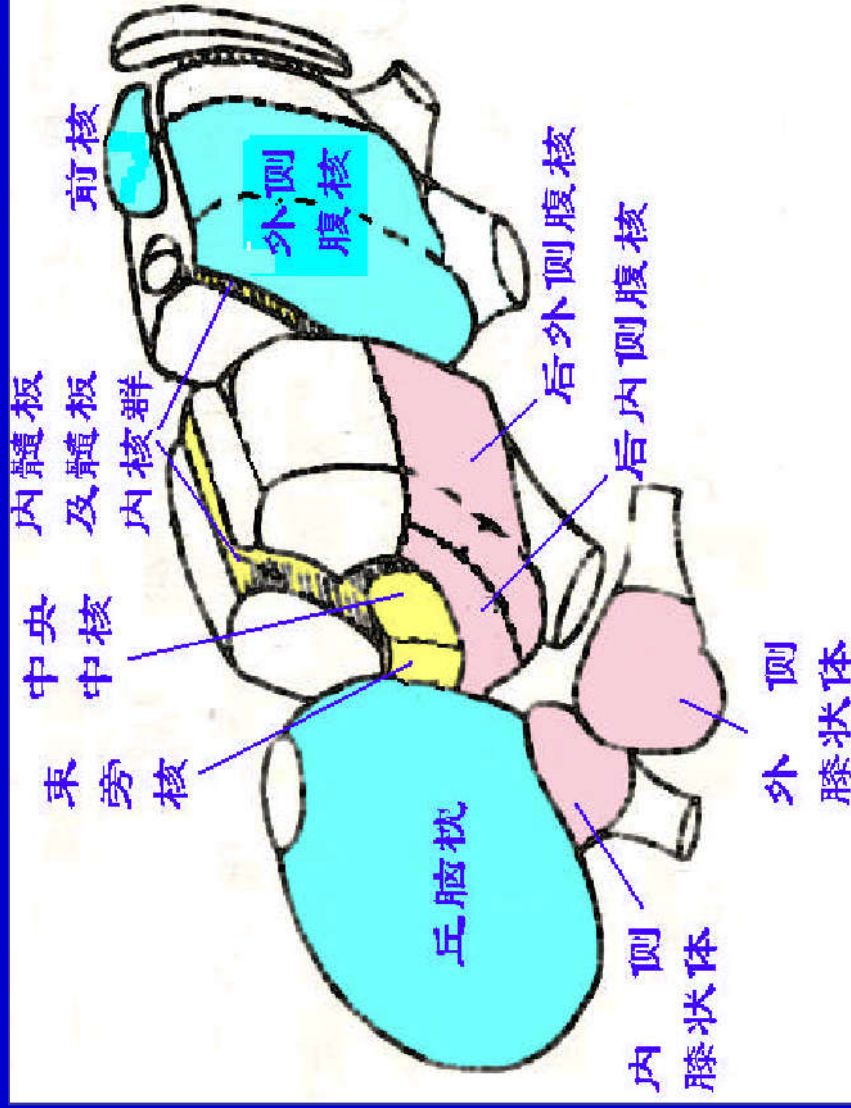
三、丘脑的感觉投射系统

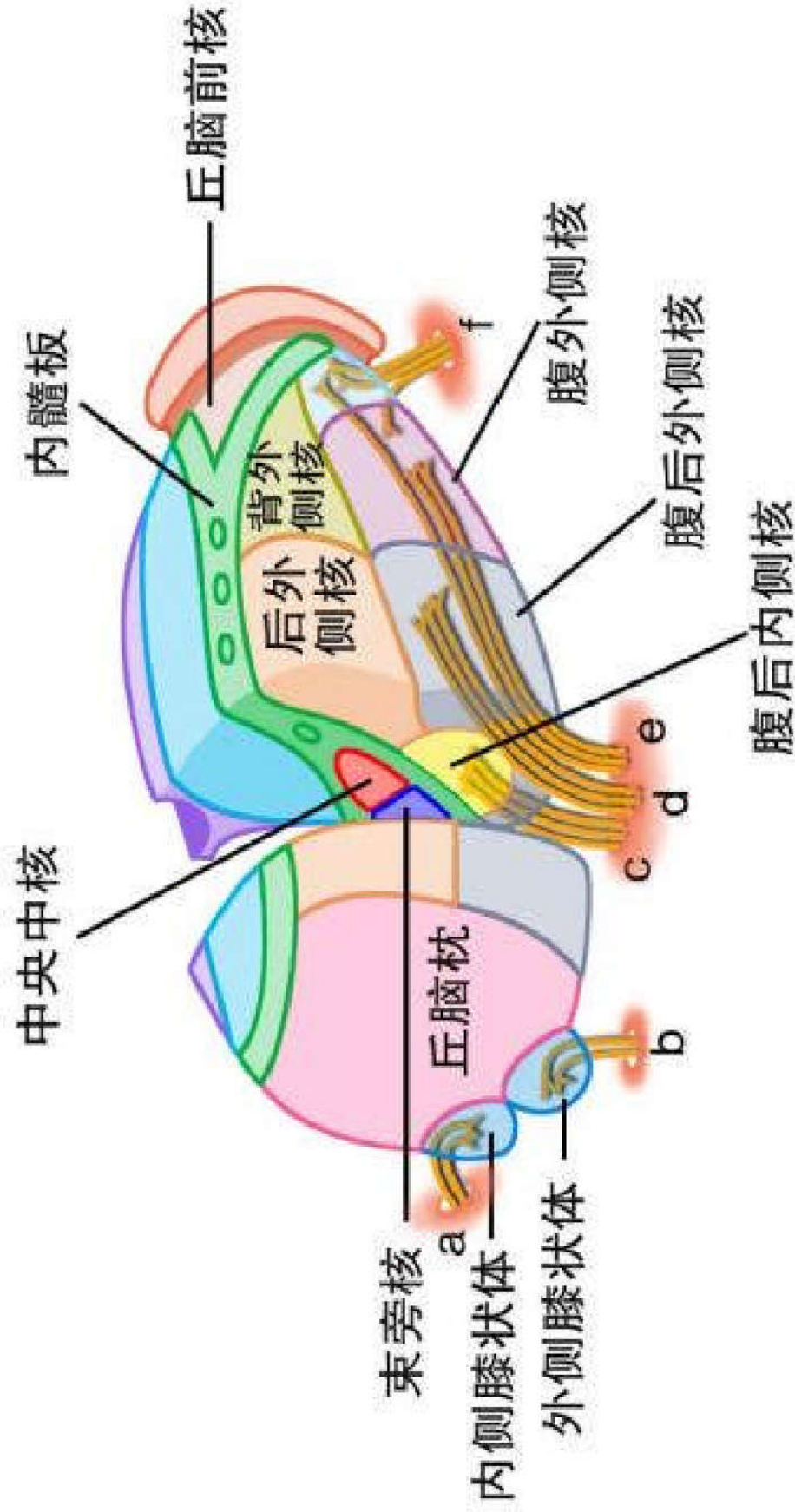
丘脑细胞群分类:

① 感觉接替核

② 联络核

③ 髓板内的核群





图一 丘脑主要核团示意图

- a: 听觉传来的纤维 b: 视觉传来的纤维
- c: 来自头面部的感觉纤维 d: 来自躯干四肢的感觉纤维
- e: 来自小脑的纤维 f: 来自苍白球的纤维

特异投射系统:

丘脑的感觉接替核接受除嗅觉外，躯体各种特异性感觉传来的神经冲动，再通过纤维投射到大脑皮层的特定区域，其主要机能是引起特定感觉，称为特异投射系统。

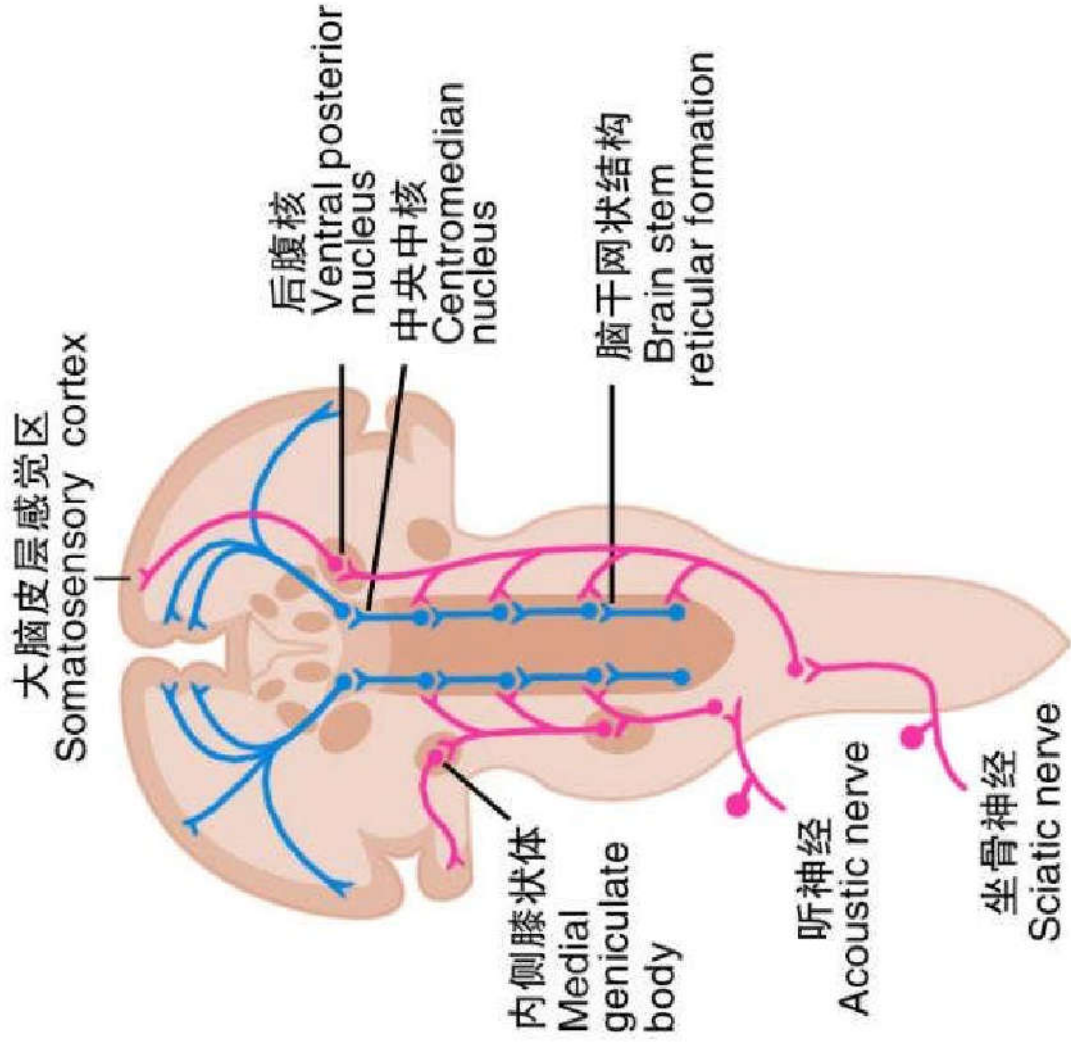
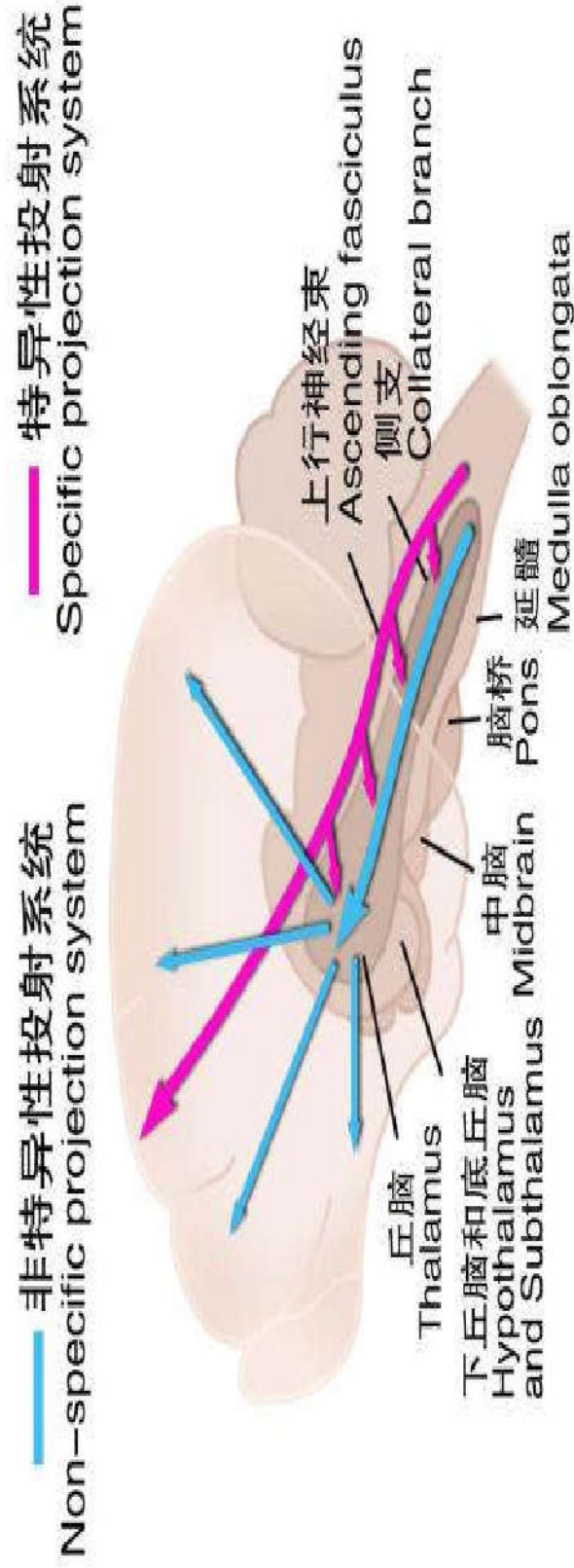


图 - 感觉投射系统示意图

非特异性投射系统：各种特异感觉传导纤维通过脑干时，发出侧支与脑干网状结构的神经元发生突触联系，经多次换元到达丘脑第三类核团，最后弥散性地投射到大脑皮层的广泛区域，这一投射系统称为非特异投射系统。其特点是**不能引起特定的感觉，但可以维持和改变大脑皮质的兴奋状态。**



图一 脑干网状结构上行激活系统作用示意图

两种感觉投射系统的比较

	特异性投射系统	非特异性投射系统
组成	<ul style="list-style-type: none">① 传入丘脑前沿特定途径② 丘脑-皮层的点对点投射纤维	<ul style="list-style-type: none">① 传入丘脑前经脑干网状结构多次换N元② 丘脑-皮层的弥散投射纤维③ 网状结构内有上行激动系统
功能	<ul style="list-style-type: none">① 引起特定的感觉② 激发皮层发出神经冲动	<ul style="list-style-type: none">① 不引起特定的感觉② 维持和改变大脑皮层的兴奋状态(上行觉醒作用)
特点	<ul style="list-style-type: none">① 三次更换N元② 投射区窄小(点对点关系)③ 功能依赖于非特异性投射系统的上行觉醒作用	<ul style="list-style-type: none">① 多次更N换元② 投射区广泛(点对点关系)③ 易受药物影响(巴比妥类催眠药物的作用原理)

四、大脑皮层的感觉分析功能

1. 躯体感觉区

躯体感觉在大脑皮质的投影有以下规律：

- ①具有左右交叉的特点，但头面部的感觉投影是双侧性的。
- ②前后倒置，即后肢投影在大脑皮质顶部，且转向大脑半球内侧面，而头部投影在底部。
- ③投影区的大小决定于感觉的灵敏度、机能重要程度和动物特有的生活方式。

2. 感觉运动区

3. 内脏感觉区

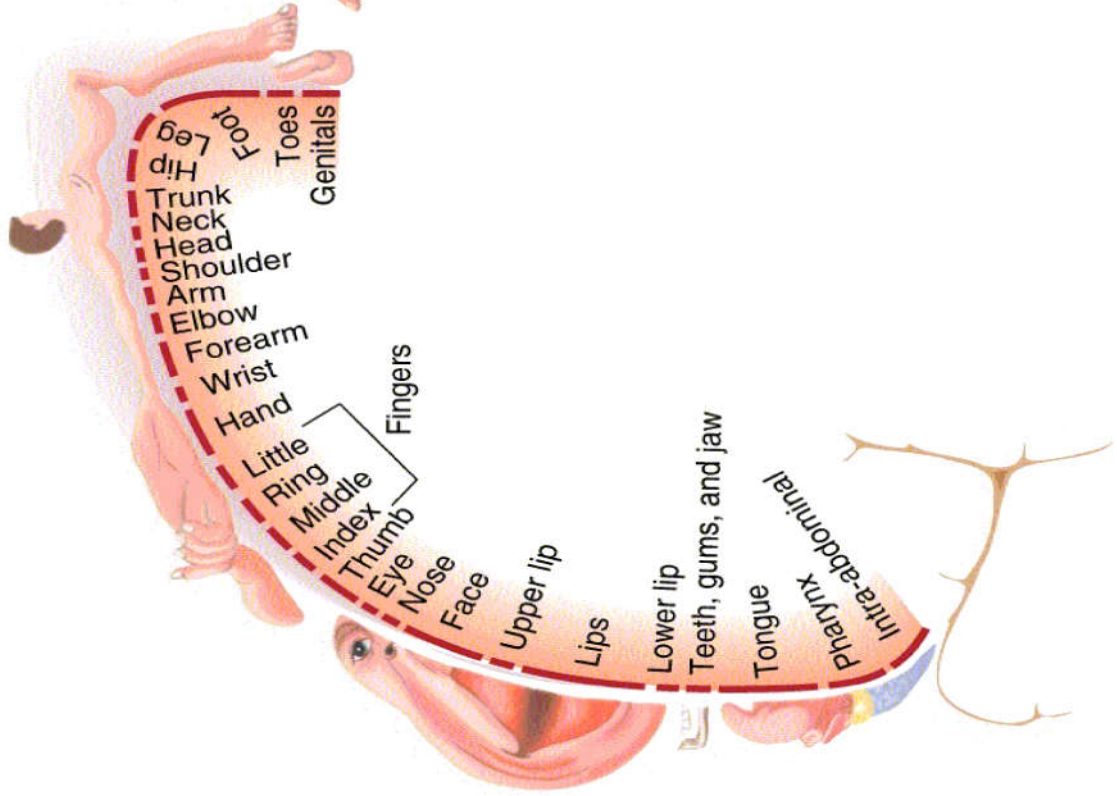
4. 特殊感觉区

①视觉区

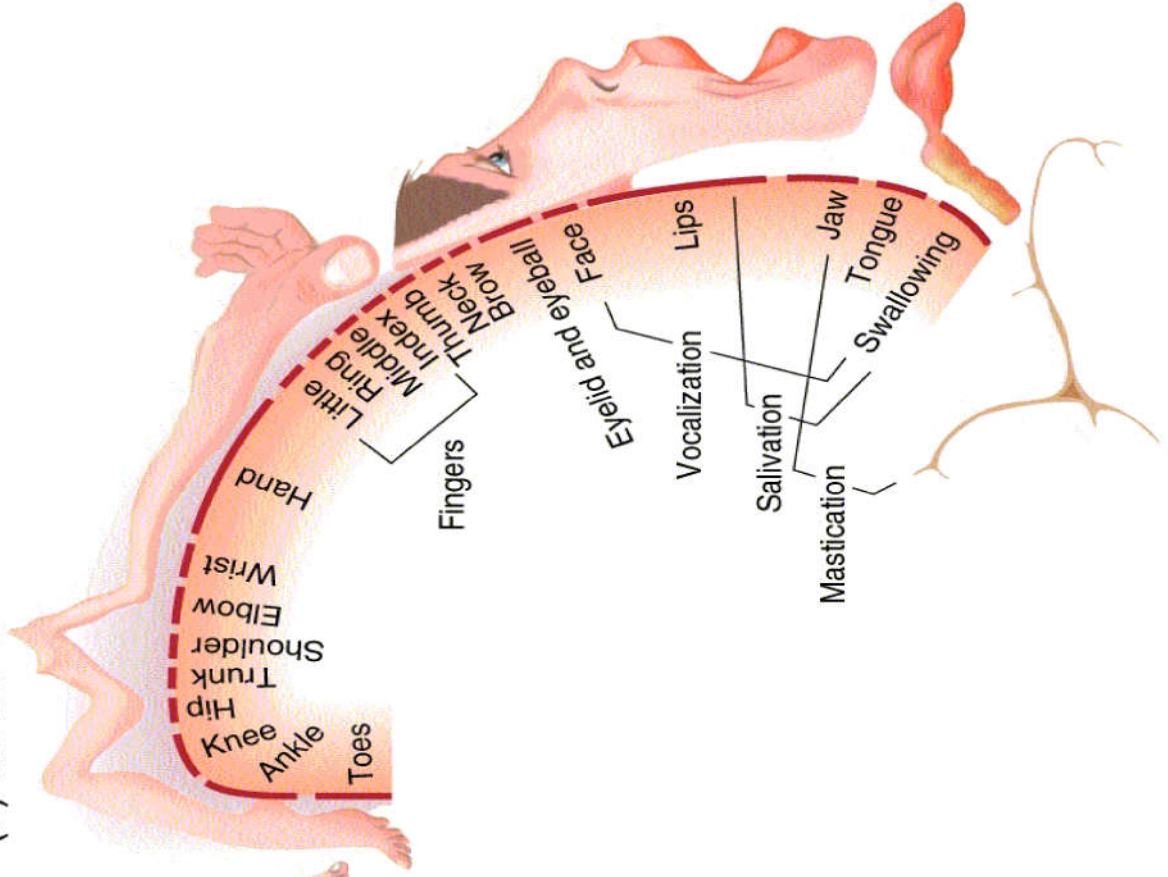
②听觉区

③嗅觉区和味觉区

(a) Sensory



(b) Motor



五、痛觉

六、视觉

七、听觉

八、嗅觉和味觉

第四节 神经系统对躯体运动的调节

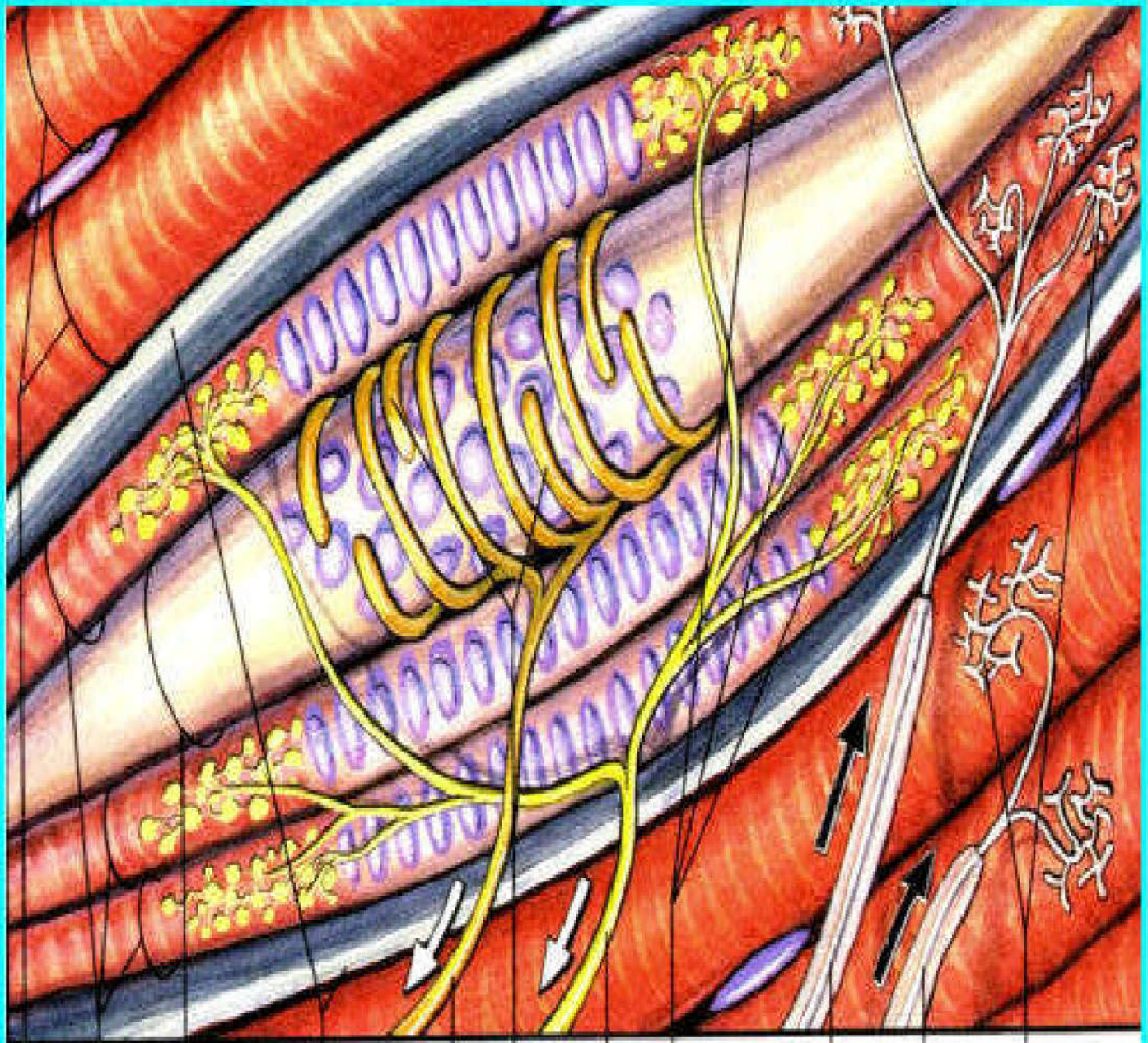
一、脊髓对躯体运动的调节

(一) 脊髓腹角运动神经元

1. α 运动神经元: 接受来自肌肉、皮肤、关节外周及脑干等高级中枢的传入信息, 产生传出冲动, 发出A α 传出神经末梢在肌肉中分支支配骨骼肌纤维, 调节肌肉活动。运动单位分为两类: **动态性运动单位:** 由轴突传导速度快的大 α 运动神经元支配快肌纤维; **静态性运动单位:** 由轴突传导速度慢的小 α 运动神经元支配慢肌纤维。

2. γ 运动神经元: 胞体较小, 发出 A γ 传出纤维分布肌梭两端支配骨骼肌肌梭内的梭内肌纤维。

3. β 运动神经元: 胞体较大, 传出纤维支配骨骼肌的梭内肌与梭外肌纤维。



梭外肌纤维

梭内肌纤维:
核链纤维

核袋纤维

肌鞘膜

传入神经纤维
(感觉)

I类传入纤维

环旋末梢

II类传入纤维

花枝末梢

传出神经纤维
(运动)

γ 传出纤维

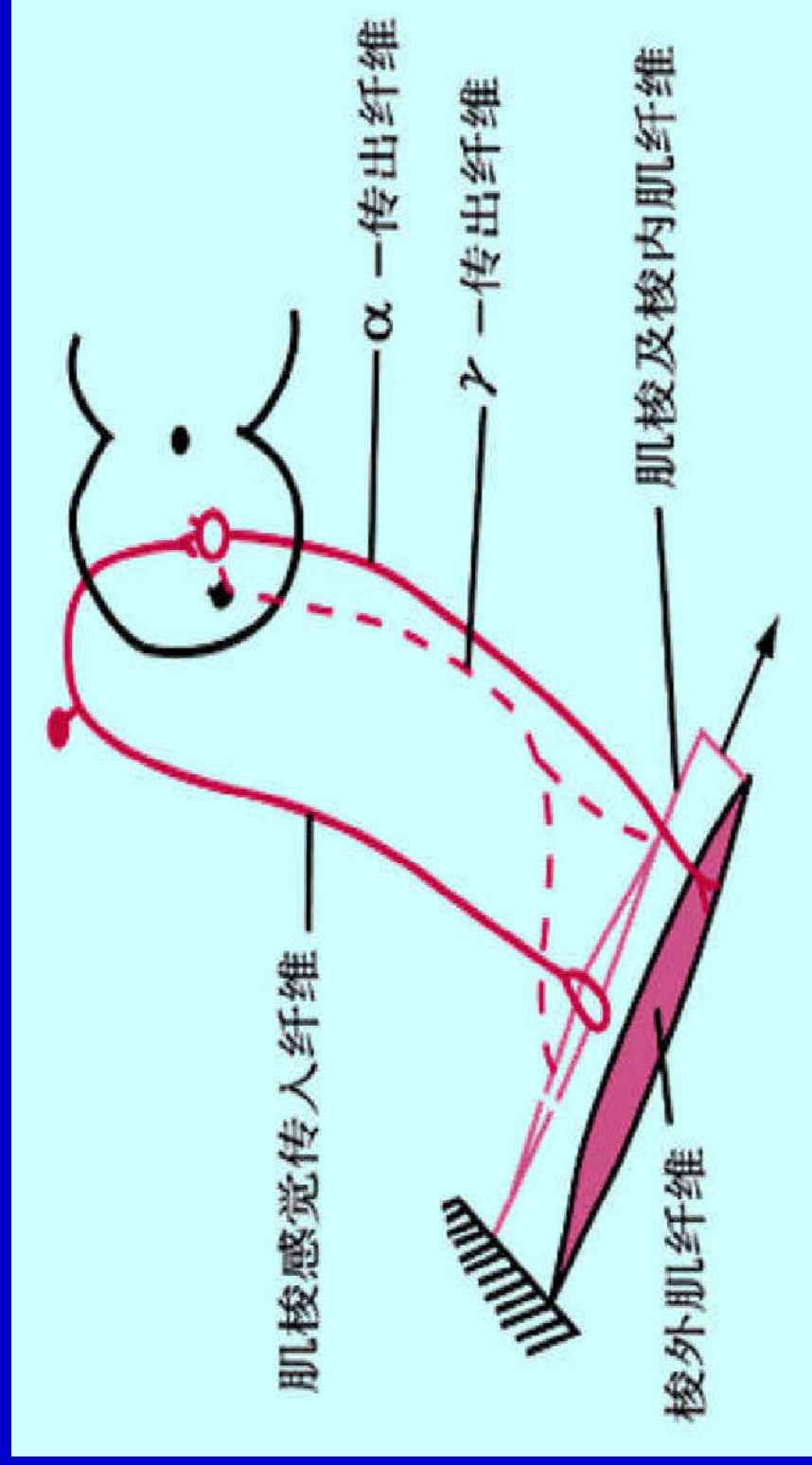
α 传出纤维

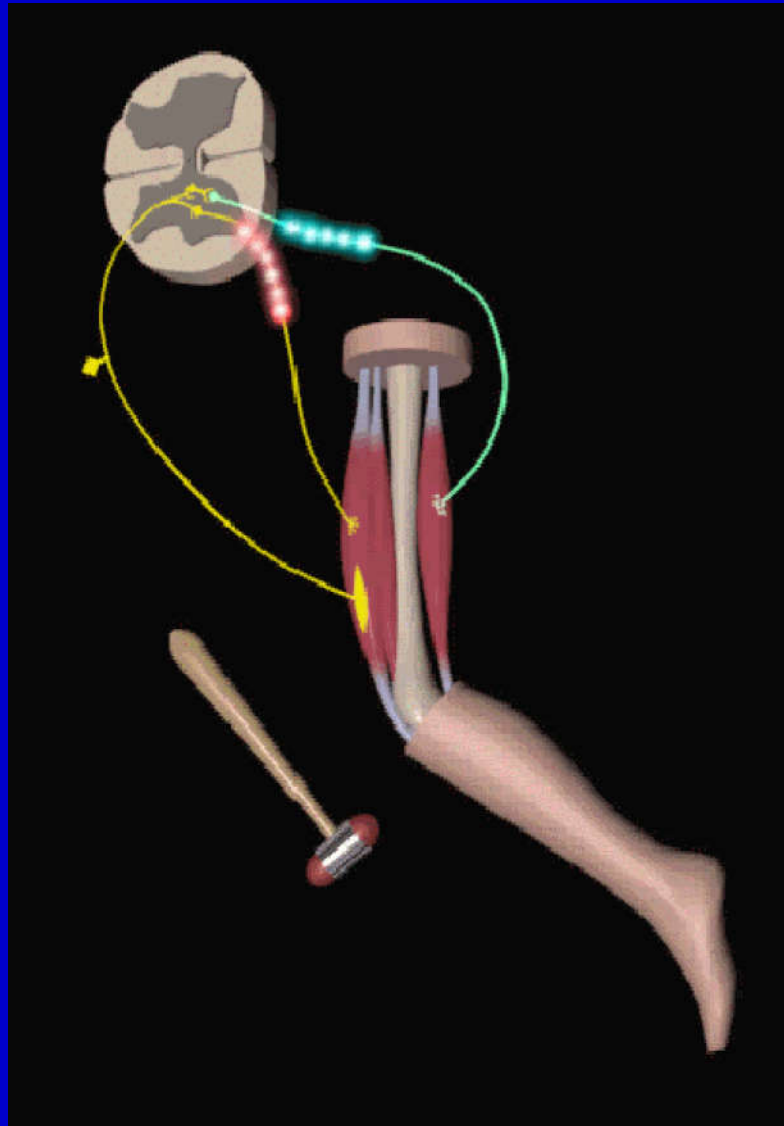
运动终板



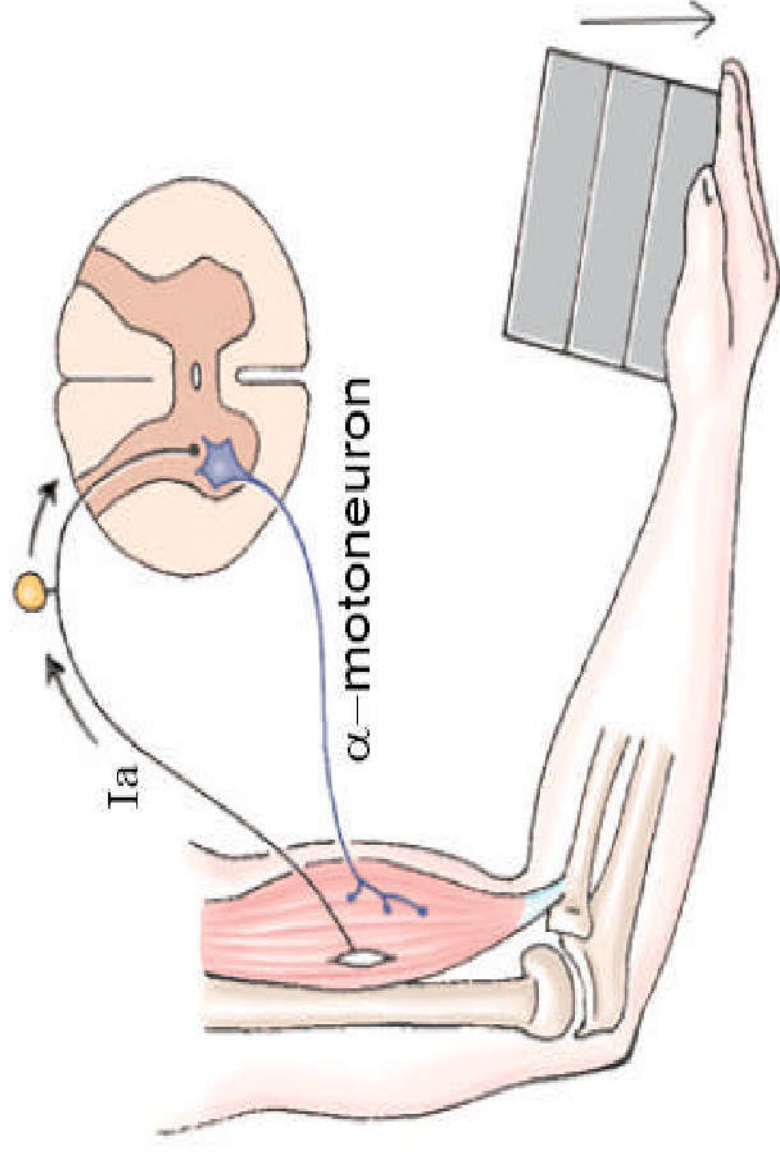
(二) 脊髓反射

1. 牵张反射：骨骼肌受到外力牵张使其伸长时，能反射性地引起受牵拉的肌肉收缩，此种反射称为牵张反射。牵张反射分两种类型：一为肌紧张，另一为腱反射。

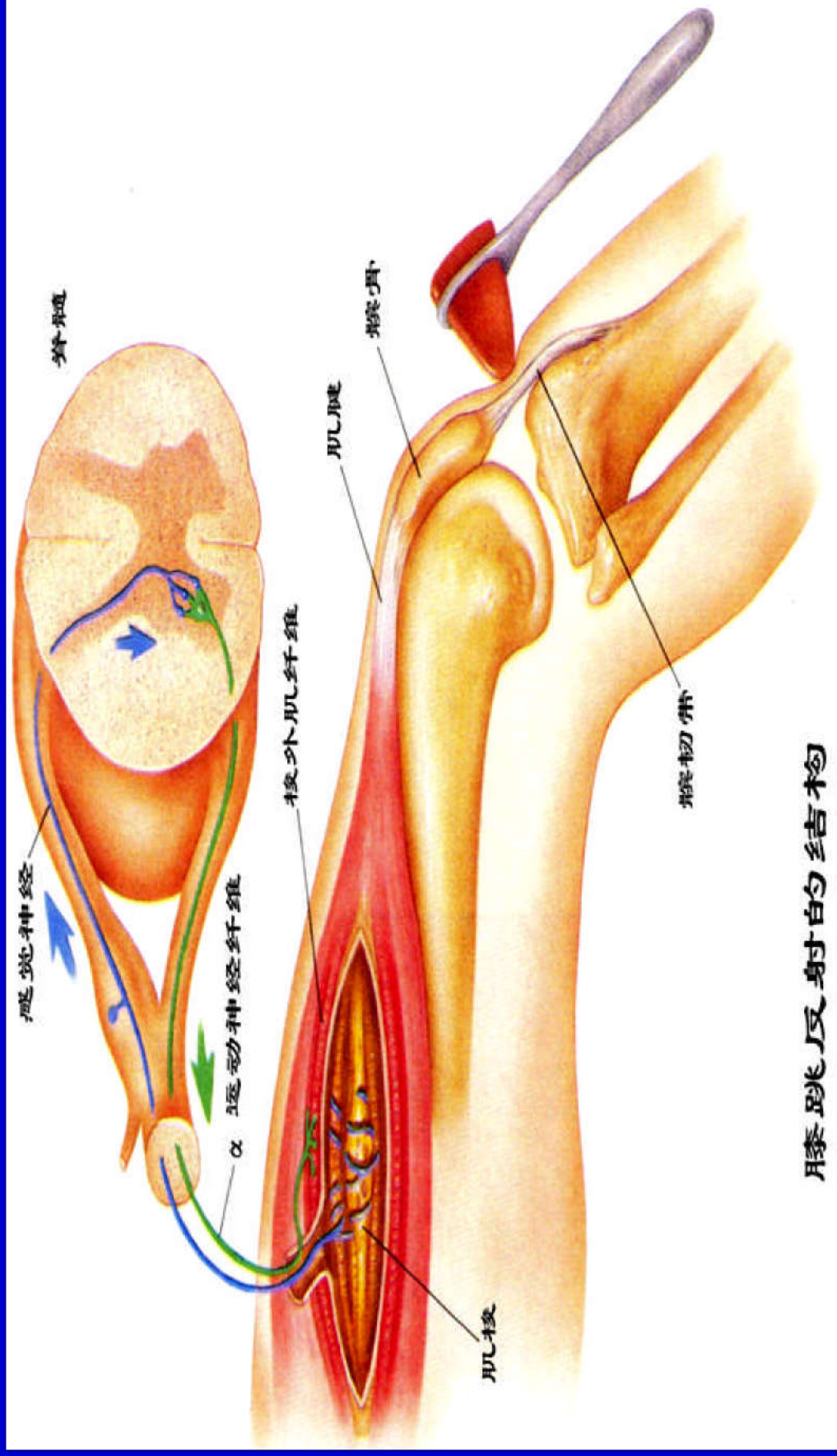




①肌紧张：是指缓慢持续牵拉肌腱时所发生的牵张反射。**意义：**对抗肌肉的牵拉以维持身体的姿势，是一切躯体运动的基础。



②腱反射：指短暂快速牵拉肌腱时发生的牵张反射。意义：了解神经系统的某些功能状态。



膝跳反射的结构

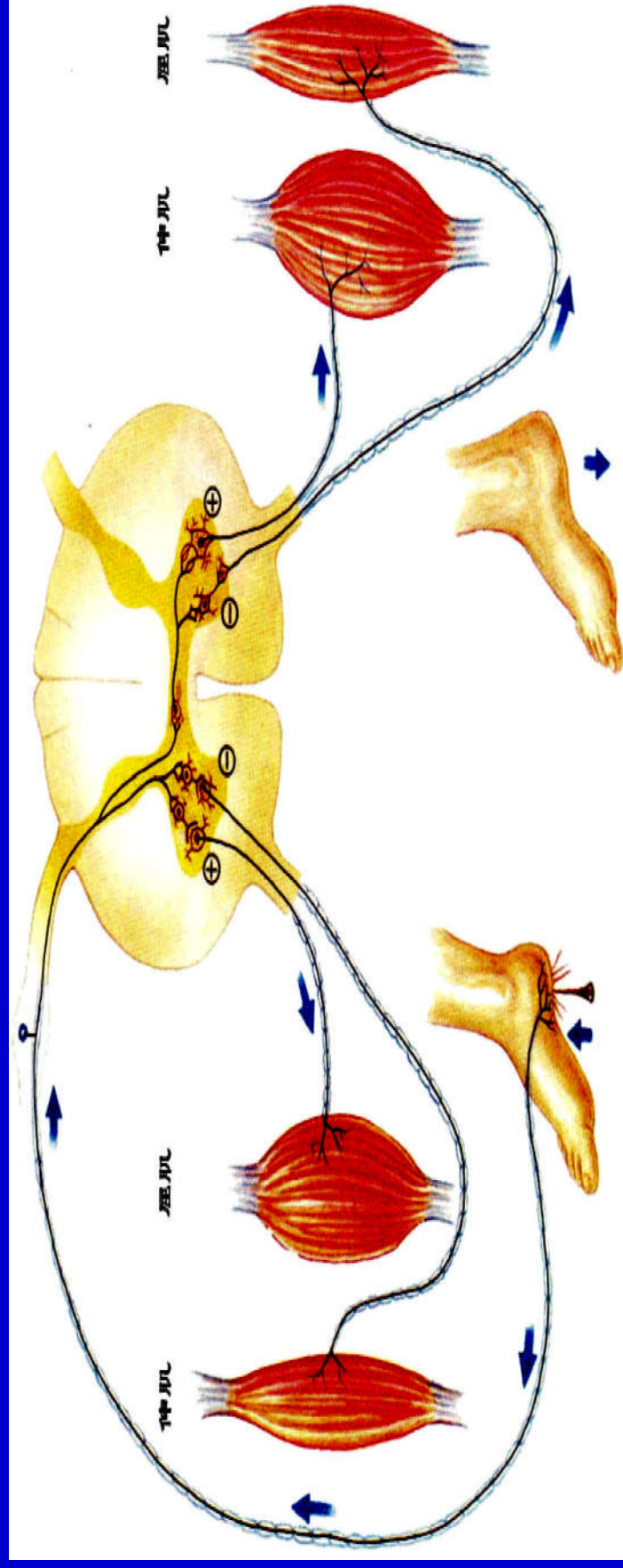
腱反射与肌紧张的比较

项目	腱反射	肌紧张
定义	快速牵拉肌腱时发生射	缓慢持续牵拉肌腱时发生
感受器	梭袋纤维	梭链纤维
传入纤维	I a类	II类
收缩成分	快肌纤维	慢肌纤维
收缩特点	同步性快速收缩	持续交替性收缩不易疲劳
反射弧	单突触反射	多突触反射
潜伏期	短	长
生理意义	反映神经系统的功能状态； 反射弧受损时减弱；高位 中枢病变时亢进	维持站立姿势是姿势反射的基 础

2. 屈肌反射和对侧伸肌反射

①**屈肌反射**：肢体皮肤受到伤害性刺激时，如针刺左（或右）侧后肢跖部皮肤时，常引起受刺激侧肢体的屈肌收缩、伸肌舒张，使肢体屈曲的现象。

②**对侧伸肌反射**：如果刺激很强，除本侧肢体发生屈曲外，同时引起对侧肢体伸直，以支持体重。



屈肌反射与对侧伸肌反射

(三) 脊休克

脊髓与大脑完全断离的动物为脊动物；在脑断离后一段时间，脊髓暂时丧失一切反射活动能力，进入无反应状态，此现象称**脊休克 (spinal shock)**，临床称截瘫，常因屈肌反射占优势导致瘫痪肢体难以伸直。

脊休克的产生原因是由于离断的脊髓突然失去了高位中枢的调节，这里主要指大脑皮层、前庭核和脑干网状结构的下行纤维对脊髓的易化作用。“超速驱动压抑”

脊休克的产生与恢复，说明脊髓可以完成某些简单的反射活动，但正常时它们是在高位中枢调节下进行活动的。

二、脑干对肌紧张和姿势的调节

(一) 脑干网状结构对肌紧张的调节

脑干网状结构中加强肌紧张和肌肉运动的区域，称为**易化区**。区域较大，包括延髓网状结构的背外侧部分、脑桥被盖、中脑的中央灰质与被盖等脑干中央区域；此外，下丘脑和丘脑中线核群等部位也包括在内。易化区一般具有持续的**自发放电活动**。

脑干网状结构中抑制肌紧张和肌肉运动的区域，称为**抑制区**。区域较小，位于延髓网状结构的腹内侧部分。抑制区活动必须在接受大脑皮层运动区、纹状体与小脑前叶蚓部等高位中枢传入的**始动作用**时，才能发挥**后行抑制作用**。