

凋亡的起始

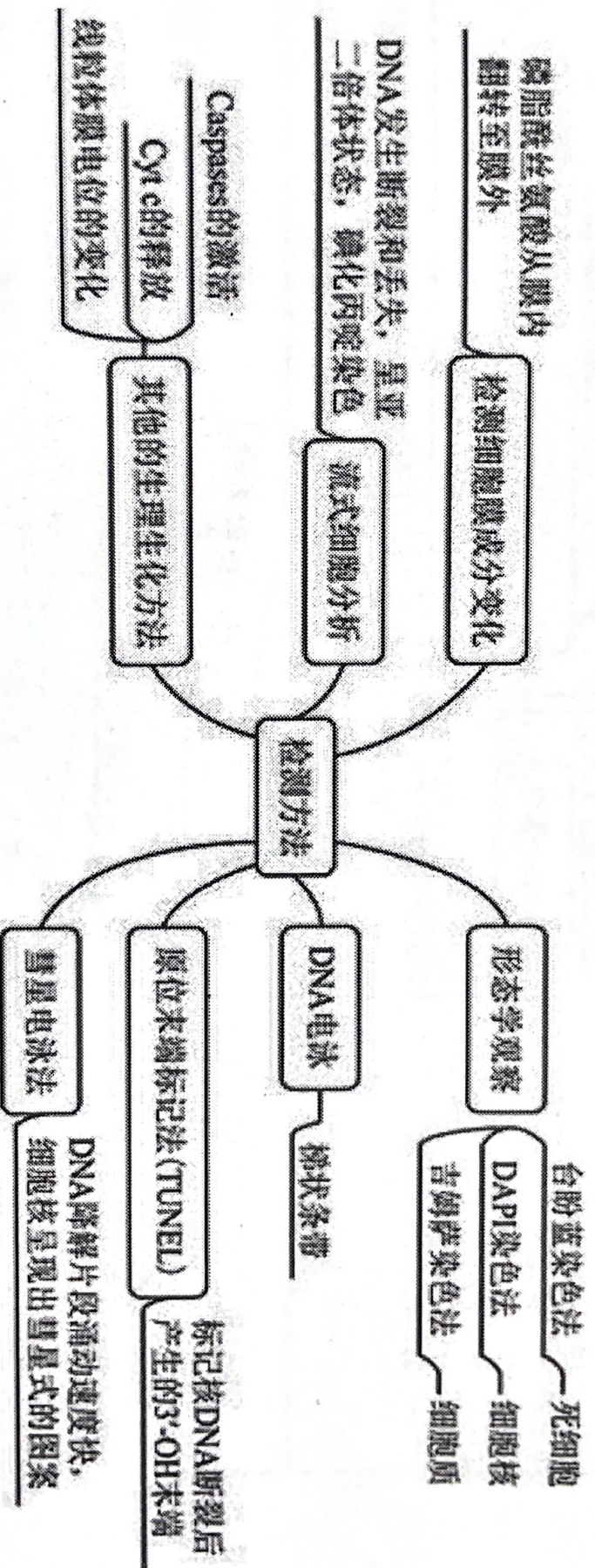
- ①细胞表面的特化结构消失，细胞间接触消失，细胞膜保持完整；
- ②细胞质中线粒体完整，核糖体从内质网脱落，内质网逐渐与质膜融合；
- ③核内染色质固缩形成新月形帽状结构，沿着核膜分布

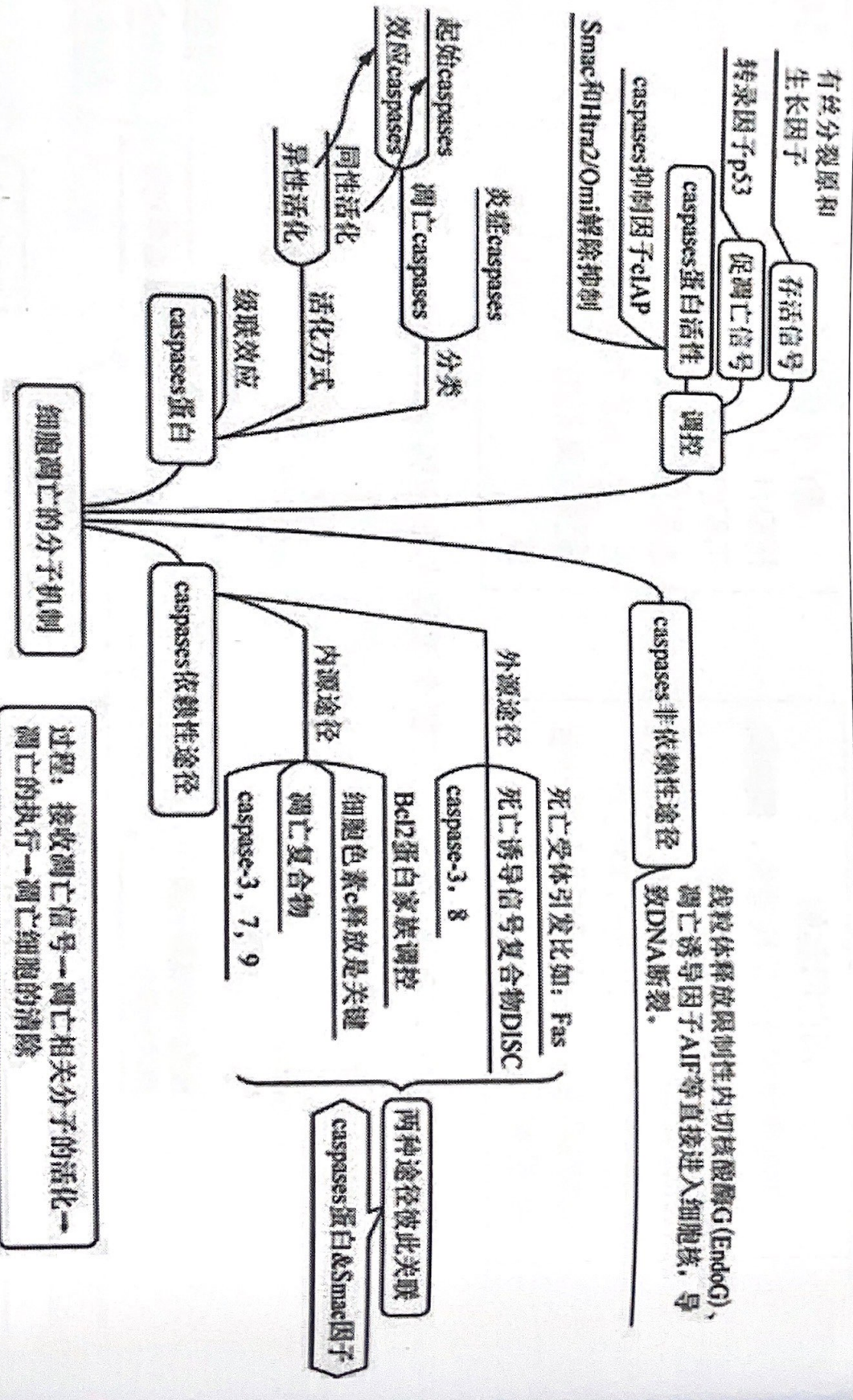
凋亡小体形成

核染色质断裂为大小不等的片段，与某些细胞器如线粒体等聚集在一起，被反折的细胞质膜包裹形成凋亡小体

吞噬

凋亡小体逐渐被邻近细胞或吞噬细胞吞噬，在溶酶体内被消化分解





caspases 蛋白种类	特点及功能	人类中 caspases 部分代表 成员
起始 caspases	切割效应 caspases 的前体，产生有活性的效应 caspases；具有串联重复的死亡效应结构域 DED 或者募集结构域 CARD	caspase-2 (CARD) 、 caspase-8 (DED) 、 caspase-9 (CARD) 、 caspase-10 (DED)
效应 caspases	负责切割细胞核内、细胞质中的结构蛋白和调节蛋白，使其失活或活化；被活化的代表分子是 DNA 内切酶 CAD，被失活的代表分子是聚腺苷酸二磷酸核糖转移酶 PARP	caspase-3 、 caspase-6 、 caspase-7
炎症 caspases	参与炎症信号通路	caspase-1 、 caspase-4 、 caspase-5、 caspase-12

依赖于 caspases 途径	具体过程	涉及的 caspases
外源途径	Fas 配体与受体结合→caspase-8 酶原到细胞膜→形成 DISC→caspase-8 酶原活化→caspase-3 酶原活化→切割底物	caspase-3; caspase-8
内源途径	胞内信号刺激 Bid 活化→Bcl2 对 Bax/Bak 的抑制解除, Bax/Bak 发生寡聚化并移动到线粒体外膜与膜上 VDAC 作用→细胞色素 c 转移到细胞质中与 APAF1 结合→caspase-9 酶原活化→切割并激活 caspase-3 和 caspase-7 酶原→细胞凋亡	caspase-3; caspase-7; caspase-9