

第三章

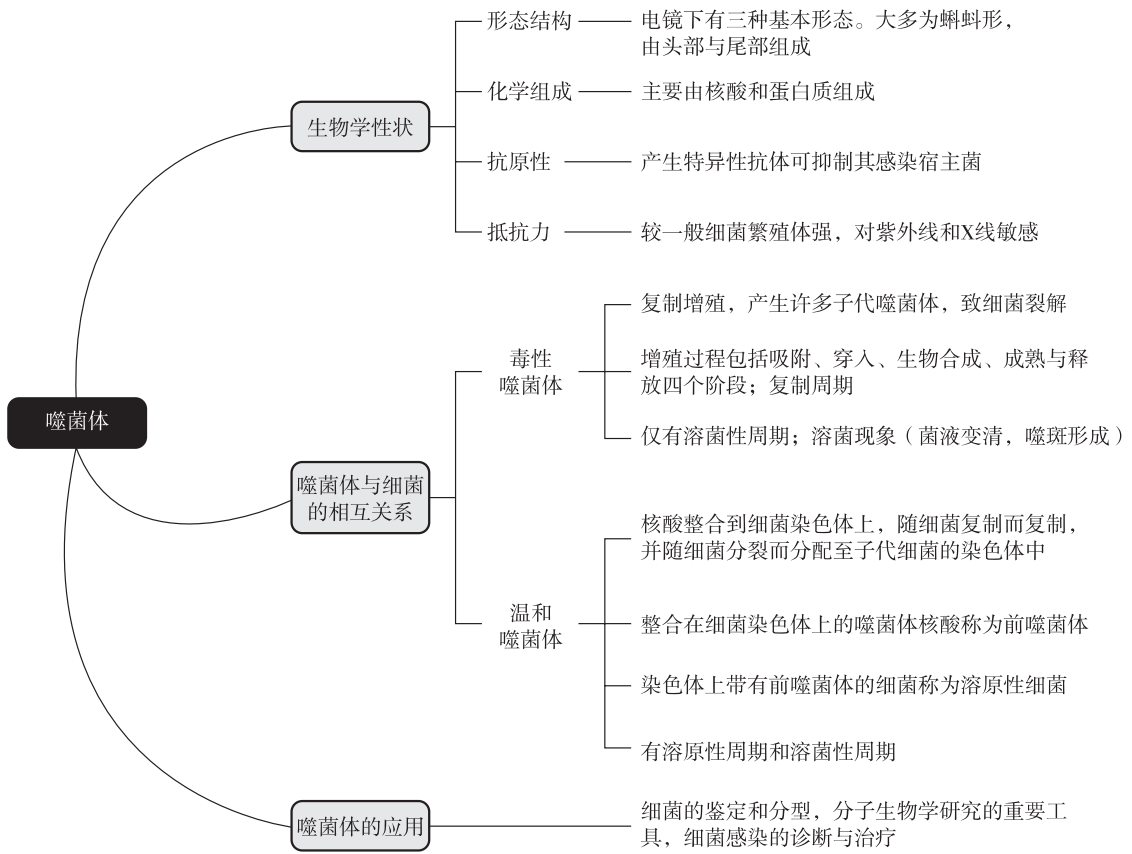
噬菌体

关键词

噬菌体	毒性噬菌体	温和噬菌体	前噬菌体
溶原性细菌	噬斑	溶菌性周期	溶原性周期
溶原性噬菌体	溶原性转换		

噬菌体是感染细菌、真菌、放线菌或螺旋体等微生物的病毒，只能寄生在活的微生物细胞内复制增殖，有严格的宿主特异性。噬菌体可分为两种类型：毒性噬菌体和温和噬菌体。温和噬菌体有溶原性周期和溶菌性周期，而毒性噬菌体仅有溶菌性周期。噬菌体可作为外源基因的载体，是分子生物学的重要研究工具；另外，噬菌体在细菌的鉴定与分型、细菌感染的诊断与治疗等方面具有应用价值。

思维导图



微视频 3-1

噬菌体

噬菌体 (bacteriophage 或 phage) 是感染细菌、真菌、放线菌或螺旋体等微生物的病毒。噬菌体具有病毒的基本特性, 如个体微小, 可以通过细菌滤器; 没有完整的细胞结构; 只能在活的微生物细胞内复制增殖等。

噬菌体分布极广, 可存在于各种不同的生态环境中, 凡是有细菌的场所, 就可能有相应噬菌体的存在。

第一节 噬菌体的生物学性状

一、形态与结构

表 3-1

部分噬菌体的形态与核酸特征

噬菌体体积微小, 需用电子显微镜才能观察到。其基本形态有蝌蚪形、微球形和细杆形。大多数噬菌体呈蝌蚪形, 由头部和尾部两部分组成 (图 3-1)。例如, 大肠埃希菌 T4 噬菌体头部呈六边形立体对称; 尾部呈管状, 由一个中空的尾髓和外面包裹的尾鞘组成, 尾髓具有收缩功能, 可将核酸注入宿主菌。尾部末端尚有尾板、尾刺和尾丝, 尾板内可能有使宿主菌细胞壁裂解的溶菌酶; 尾丝能识别并结合宿主菌表面的特异性受体。头部与尾部之间尚有尾领等结构, 尾领与头部装配有关, 某些噬菌体尾部很短或缺失。

二、化学组成

噬菌体主要由核酸和蛋白质组成, 某些噬菌体尚有脂质成分。

核酸是噬菌体的遗传物质。一个噬菌体内仅含一种类型核酸, 即 DNA 或 RNA, 据此可将噬菌体分为 DNA 噬菌体和 RNA 噬菌体两大类。大多数 DNA 噬菌体的 DNA 为线状双链, 如 *E. coli* 噬菌体 λ 、P1 等。多数 RNA 噬菌体的 RNA 为线状单链, 少数为分节段的线状双链, 如噬菌体 MS2。某些噬菌体的核酸中含有异常碱基, 如 *E. coli* T 偶数噬菌体无胞嘧啶, 代之以 5-羟甲基胞嘧啶与糖基化的 5-羟甲基胞嘧啶, 而细菌无此碱基, 因此可作为噬菌体核酸的天然标志物。

蛋白质构成噬菌体头部的外壳与尾部, 起着保护核酸的作用, 并决定噬菌体的外形和表面特征。

三、抗原性

噬菌体具有抗原性, 能够刺激机体产生抗体, 而抗体能抑制相应噬菌体, 使其失去侵袭易感宿主菌的能力, 但对已吸附或已进入宿主菌的噬菌体不起作用。

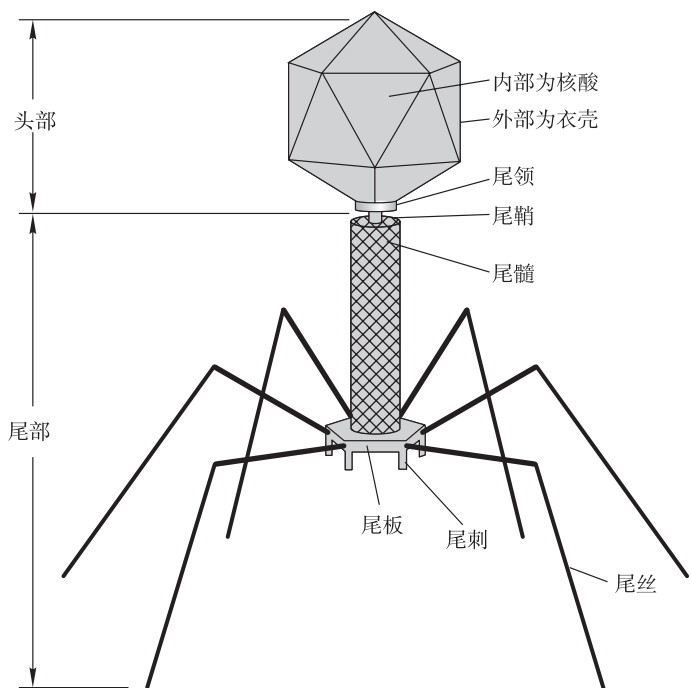


图 3-1 噬菌体结构模式图

四、抵抗力

噬菌体对理化因素的抵抗力比一般细菌繁殖体强。加热 70 °C 30 min 不失活，且能耐受低温。大多数噬菌体能抵抗脂溶剂（如乙醚、三氯甲烷和乙醇等）。常用化学消毒剂需作用较长时间才能使噬菌体失活。噬菌体对紫外线和 X 线敏感，一般经紫外线照射 10~15 min 即失去活性。

第二节 噬菌体与细菌的相互关系

噬菌体感染细菌有两种结果：一是噬菌体增殖，细菌被裂解，建立溶菌性周期；二是噬菌体核酸与细菌染色体整合，细菌不裂解，建立溶原性周期。根据感染细菌的两种结果，噬菌体可分成两种类型：前者称为毒性噬菌体（virulent phage），即能在宿主菌细胞内复制增殖并产生许多子代而导致细菌裂解的噬菌体；后者是噬菌体基因与宿主菌染色体整合，不产生子代噬菌体，但噬菌体基因能随细菌 DNA 复制，并随细菌的分裂而传代，称为温和噬菌体（temperate phage）或溶原性噬菌体（lysogenic phage）。

一、溶菌性周期

毒性噬菌体在宿主菌内以复制方式进行增殖，增殖过程包括吸附、穿入、生物合成、成熟与释放四个阶段。

噬菌体特异性吸附到菌细胞表面之后，注入核酸，随后噬菌体进行核酸复制及蛋白质合成，并组装成噬菌体颗粒，最后使感染的菌细胞裂解，释放出子代噬菌体。从噬菌体吸附细菌至细菌溶解释放出子代噬菌体，称为噬菌体的复制周期或溶菌性周期。

当子代噬菌体复制达到一定数量时，菌细胞突然裂解，释放出子代噬菌体再感染其他敏感细菌。但有些细杆形噬菌体是以出芽方式逐个释放。

毒性噬菌体增殖过程中伴随着细菌被裂解，在液体培养基中，可见混浊菌液变为澄清；在固体培养基上，用适量的噬菌体和宿主菌液混合后接种培养，培养基表面可有透亮的溶菌空斑出现。一个空斑系由一个噬菌体复制增殖并裂解细菌后形成，称为噬斑（plaque）。通过噬斑计数，可测知一定体积内的噬菌体数量，即为噬斑形成单位（plaque forming units, PFU）。

二、溶原性周期

温和噬菌体感染细菌后不增殖，其核酸整合到细菌染色体上，随细菌染色体的复制而复制，并随细菌分裂而分配至子代细菌的染色体中，细菌的这种状态称为溶原状态（lysogeny）。整合在细菌染色体上的噬菌体核酸又称为前噬菌体（prophage）。染色体上带有前噬菌体的细菌称为溶原性细菌（lysogenic bacteria）。

动画 3-1
毒性噬菌体感染与溶
菌性周期



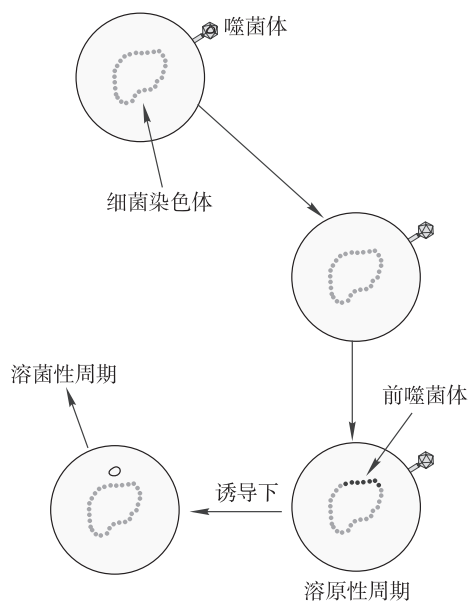


图 3-2 温和噬菌体与溶原性周期

溶原状态通常十分稳定，能经历许多代，但在某些条件（如紫外线、X线、致癌剂、突变剂等）作用下，可中断溶原状态而进入溶菌性周期。由此可见，温和噬菌体可有溶原性周期和溶菌性周期，而毒性噬菌体只有一个溶菌性周期（图 3-3）。

溶原性细菌具有抵抗同种或有亲缘关系噬菌体重复感染的能力，即宿主菌处在一种抵抗噬菌体感染的保护状态，这与前噬菌体编码的阻遏蛋白抑制后进入感染的噬菌体的生物合成有关。这种免疫性不同于对噬菌体的抗性突变，抗性突变表现为噬菌体不能吸附于细菌的表面受体。

某些前噬菌体可导致细菌基因型和性状发生改变，这称为溶原性转换（lysogenic conversion）。例如，无毒的白喉棒状杆菌受 β -棒状杆菌噬菌体感染后，获得产生白喉毒素的能力，是因其前噬菌体带有白喉毒素的结构基因。

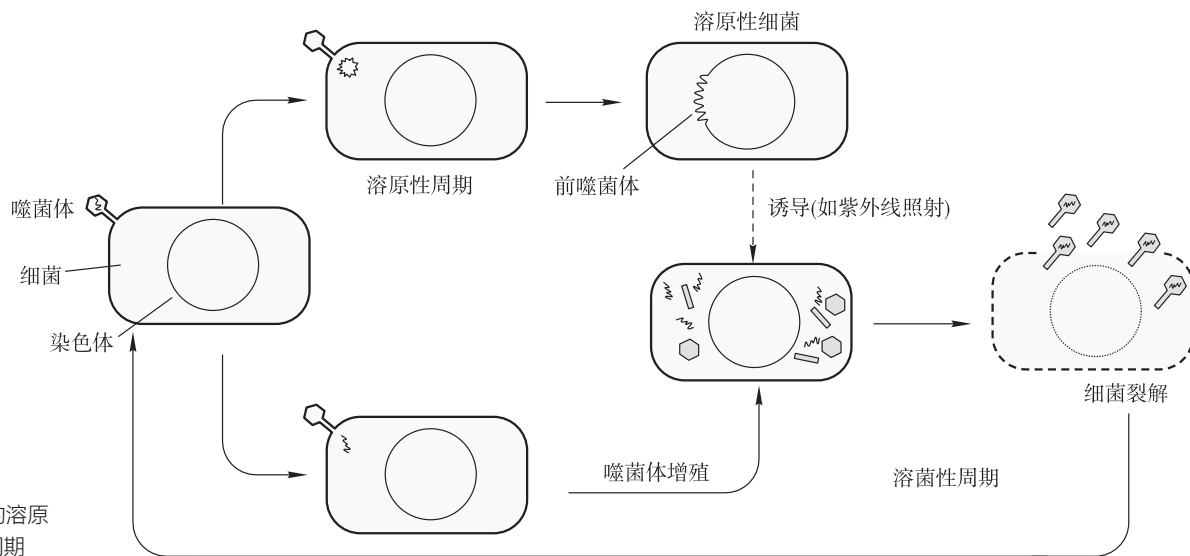


图 3-3 噬菌体的溶原性周期与溶菌性周期

第三节 噬菌体的应用

（余方流）

思考题

1. 噬菌体的生物学性状有哪些？

2. 噬菌体与相应细菌之间发生哪些关系?

网上更多……

 本章小结

 自测题

 教学 PPT