

# 大肠杆菌 *nmpC* 基因与噬菌体 *lc* 基因的关系

张彦惠

(北京医学院微生物教研室, 北京)

基因 *lc* 首先于大肠杆菌 (*E. coli*) 噬菌体 PA2 中发现, 其产物为蛋白质 2。PA2 溶源菌的外膜上存在有蛋白质 2。*E. coli* K-12 的突变株 *nmpC*( $P^+$ ) 能够产生新的外膜蛋白质 NmpC, 与蛋白质 2 的结构和抗原性非常近似。通过用  $\lambda$  噬菌体分别与野生型的 K-12 株及 *nmpC*( $P^+$ ) 突变株的 *qsr'* 缺陷前噬菌体进行置换, 获得两种新的带有缺陷前噬菌体 *qsr'* 区的重组噬菌体。电子显微镜异源双链分析显示, 除了从野生型菌株中置换到的 DNA 多出一段 1,300 碱基对的插入序列外, 这两段置换 DNA 完全相同。并且置换 DNA 的一部分与含有 *lc* 基因的那部分 PA2 DNA 相同, 插入序列的位点在这段 DNA 之内。在置换 DNA 中, 不含插入序列的重组噬菌体可使其溶原菌产生与 NmpC 及蛋白质 2 非常相似的外膜蛋白。在 *E. coli* K-12 的基因图上, 基因 *nmpC* 定位于 12 分钟, *qsr'* 缺陷前噬菌体也在附近的位置。因此, 可以肯定 *nmpC* 基因位于缺陷前噬菌体之中, 实际上就是噬菌体的 *lc* 基因。在野生型的 K-12 株中, 由于插入序列的存在, 阻止了这个基因的表达。

**关键词** 细菌外膜蛋白; 基因表达; 噬菌体; 溶源菌

*E. coli* K-12 株的外膜有三种主要蛋白, 分别是 OmpF、OmpC 和 OmpA<sup>[1]</sup>。从缺乏 OmpF 和 OmpC 的突变株中可选择出具有新的主要外膜蛋白的再次突变株。这些新外膜蛋白有 NmpA、NmpB 及 NmpC, 结构基因分别为 *nmpA*、*nmpB* 和 *nmpC*。NmpA 和 NmpB 的结构难以区别, 而 NmpC 则与其它两种区别很大<sup>[2]</sup>。

Schnaitman 等人<sup>[3]</sup>报导过一种溶源转换的现象: 当 K-12 株成为  $\lambda$  类噬菌体 PA2 的溶源菌之后, 其外膜出现一种新蛋白, 同时 OmpF 和 OmpC 的产量明显减少。这种新蛋白被命名为蛋白质 2, 由噬菌体 PA2 的 *lc* (lysogenic conversion) 基因编码<sup>[4]</sup>。OmpC 是 PA2 的受体, 蛋白质 2 没有这种功能。基因 *lc* 位于 PA2 基因组的右臂, 靠近 QSR 区, *lc* 的中心距基因组的右末端 4 kb<sup>[5]</sup>。

通过对蛋白质 2 和 NmpC 进行等电点聚焦和肽链分析, 发现这两种蛋白的结

构非常相似, 蛋白质 2 的抗血清与 NmpC 有部分交叉反应<sup>[2]</sup>。这两种蛋白的基因很可能是由同一个基因进化而来。Lee 等人提出 PA2 可能是通过与 *E. coli* 的染色体重组获得 *lc* 基因<sup>[2]</sup>。

有一组通称为  $\lambda$  *qsr'* 的噬菌体突变株, 由  $\lambda$  与宿主菌重组产生。带有 QSR 基因的一段  $\lambda$  DNA 被 *E. coli* DNA 置换。这段 *E. coli* DNA 虽与原来的  $\lambda$  DNA 长度不同, 序列也不相同, 但却有相同的功能。目前认为这段 DNA 来源于 *qsr'* 缺陷前噬菌体。现已在 *E. coli* K-12 的染色体上发现了三个缺陷前噬菌体<sup>[6-8]</sup>。

通过以  $\lambda$  DNA 为探针与一系列 F' 质粒杂交, Anilionis<sup>[7]</sup> 发现 F'152 带有缺陷前噬菌体 *qsr'*。F'152 携带的一段 *E. coli*

本文于 1985 年 8 月 1 日收到。

此项工作是作者在 Department of Molecular Biology, University of Edinburgh, Edinburgh, UK. 完成的。

DNA 始于 *purE* 之后, 终于 *gal* 之后<sup>[9]</sup>。因此 *qsr'* 缺陷前噬菌体应位于 *E. coli* K-12 基因图的 12 到 17 分钟之间, 这与 *nmpC* 的位点 (12 分钟) 非常相近。

本文针对以下问题进行了探讨: 1. *qsr'* 缺陷前噬菌体是否带有 *lc* 基因; 2. 此基因是否就是 *E. coli* 的 *nmpC* 基因; 3.

基因 *nmpC* 在一般的 *E. coli* 内不表达的原因。

## 材料和方法

### (一) 菌株及噬菌体株

见表 1 和表 2。

表 1 菌株的特性和来源

Table 1 Origin and characters of Bacterial Strains

菌株 Strain	有关特性 Relevant features	来源或参考文献 Source or reference
C600	K-12	Appleyard <sup>[10]</sup>
AB1157	K-12, Str <sup>r</sup>	Low <sup>[11]</sup>
C600(PA2)	Lysogenic for PA2	Chang <sup>[12]</sup>
C600( $\lambda$ )	Lysogenic for $\lambda$	Chang <sup>[12]</sup>
C600( $\lambda p4$ )	Lysogenic for $\lambda p4$	This work
C600[ $\lambda qsr'(P^+)$ ]	Lysogenic for $\lambda qsr'(P^+)$	This work
C600( $\lambda qsr'$ )	Lysogenic for $\lambda qsr'$	This work
P1700	Wild type outer membrane proteins	Pugsley and Schnaitman <sup>[4]</sup>
CS384	<i>nmpC(P<sup>+</sup>)</i> of CS327	As above

表 2 噬菌体的特性和来源

Table 2 Origin and characters of bacteriophage strains

噬菌体株 Strain	有关特性 Relevant features	来源或参考文献 Source or reference
$\lambda$	<i>cI857Sam7</i>	Goldberg and Howe <sup>[13]</sup>
$\lambda_c$	clear	N. Murray
$\lambda imm^{434}$	<i>imm^{434}</i>	N. Murray
NM1166	<i>lact-cI857supF</i>	N. Murray
NM698	$\lambda\Delta(RI1-RI2)cI857ninQam73Sam7$	N. Murray
NM22	$\lambda Nam7Nam53$	N. Murray
$\lambda p4$	<i>b2imm<sup>21</sup>p4</i>	Fiandt <sup>[14]</sup>
$\lambda qsr'(P^+)$	<i>qsr'</i> recombinant from CS384	This work
$\lambda qsr'$	<i>qsr'</i> recombinant from P1700	This work
PA2	Wide type	Schnaitman <sup>[3]</sup>
NM507	<i>h<math>\lambda b2imm<sup>21</sup>clear</math></i>	N. Murray
NM848	<i>h82imm<sup>21</sup>clear</i>	N. Murray

### (二) 方法

1. 噬菌体吸附实验: 采用 Schnaitman 等人介绍的噬菌体吸附实验方法<sup>[3]</sup>。

2. 细菌外膜蛋白的分离和分析: 将细菌培养至对数生长晚期, 于 4°C 4,000 r/min 离心 10 分钟, 悬浮沉淀物于 5 ml 缓冲液中 (10 mM Tris·

HCl, 5 mM EDTA, 2mM 巯基乙醇, pH7.8)。超声振荡 3 次, 每次 15 秒钟破碎细胞, 间歇时置冰浴 1 分钟。4,000 r/min 离心 5 分钟, 去除完整细菌。取上清液, 20,000 × g 离心 1 小时, 悬浮沉淀物于 0.5% Sarkosyl 中。重复离心及悬浮一次, 再离心 (20,000 × g) 1 小时, 收集外膜蛋白, 溶

于 Tris 缓冲液中 (10mMTris, pH 7.8)。于外膜蛋白中加入 Leamml 缓冲液<sup>[15]</sup>, 置沸水浴 20 分钟后, 进行 SDS 聚丙烯酰胺梯度 (7%—20%) 凝胶电泳分析。

3. 电镜异源双链技术: 采用 Davis 等人<sup>[16]</sup>介绍的异源双链技术。

4. 建立 *supF* 菌株: 将噬菌体 NM 1166 滴在铺有适当菌株的 LB 培养皿中, 置 30℃ 培养过夜。噬菌体 DNA 可在 *supF* 区与细菌发生整合, 形成溶源菌。由滴中心取菌并接种在铺有  $\lambda$ clear (10<sup>8</sup> pfu) 的 LB 培养皿中, 置 30℃ 培养 24 小时。挑选生长较好的菌落, 再次接种到 LB 培养皿中, 并检测是否为 NM 1166 的溶源菌。

将 NM 1166 溶源菌接种到 LB 培养皿中, 置 42℃ 生长 24 小时。挑出数百个存活菌落, 点在铺有噬菌体 NM 22 的 LB 培养皿中, 被 NM 22 裂解的菌落即为 *supF* 阳性。

5. 分离 *qsr'* 重组噬菌体: 将噬菌体 NM 698 感染新建成的 P 1700 和 CS384*supF* 菌株, 使之形成单个噬斑。挑选单个噬斑在相应菌株上培养, 将所培养的两种噬菌体分别接种到铺有 P1700 或 CS384 (*supF*<sup>-</sup>) 菌株的 BBL 培养皿中, 每个培养皿接种 10<sup>7</sup>—10<sup>8</sup> pla, 形成噬斑的即为 *qsr'* 重组噬菌体。挑出单个噬斑进行培养, 提取 DNA, 通过与  $\lambda p4$  噬菌体形成异源双链的方法检测是否为重组噬菌体。

## 结 果

### (一) $\lambda p4$ 的 *lc* 基因

噬菌体  $\lambda p4$  是  $\lambda$  与 *qsr'* 缺陷前噬菌体重组的产物<sup>[17,18]</sup>, 大约 11% 带有 QSR 基因和晚期基因启动子 P<sub>R'</sub> 的  $\lambda$  DNA (84%—95%) 被一段长度为 20%  $\lambda$  的 DNA ( $p4$  区) 置换。通过对  $\lambda p4$  和 PA 2 的 DNA 进行异源双链分析, 发现 PA 2 与  $p4$  区的一部分相同, *lc* 基因位于这一相同的区域内 (图 1)。这说明 *qsr'* 前噬菌体带有 *lc* 基因。异源双链还显示由 *lc* 基因的中心向左 1.5%  $\lambda$  处有一个单链的环, 长度为 2.7%  $\lambda$ 。这段 DNA 属于  $\lambda p4$ , 被命名为 *Ic* (I 代

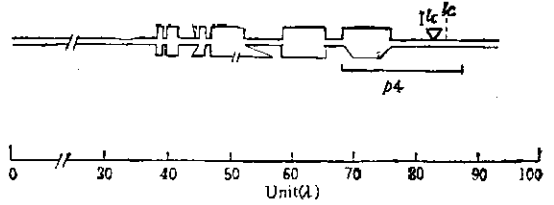


图 1 异源双链 PA2/ $\lambda p4$ , 显示  $p4$  区, *lc* 基因和 *Ic* 的位置

Fig. 1 The heteroduplex PA2/ $\lambda p4$ , indicated are the positions of the  $p4$  region, gene *lc* and *Ic*

表 Insertion), 其长度和电镜图象很象是一种 IS 序列。

为了检测  $\lambda p4$  的 *lc* 基因是否表达, 需制备  $\lambda p4$  的溶源菌。 $\lambda p4$  基因组的 *b2* 区缺失, *att* 位点不完整, 不能在正常的  $\lambda$  附着点处与 *E. coli* 染色体发生整合, 形成溶源菌的机会极小。但  $\lambda p4$  DNA 与 *E. coli* 中的缺陷前噬菌体有同源性, 有可能在  $p4$  区与 *E. coli* 染色体发生整合。通过施加选择压力, 即可将为数较少的溶源菌挑选出来。根据这一理论, 成功地制备出了 C600( $\lambda p4$ ) 溶源菌。基本过程如下: 将  $\lambda p4$  感染 C600 后, 与噬菌体  $\lambda b2imm^{21}C$  及 82 *imm*<sup>21</sup>C 一起接种到培养皿中。后两种噬菌体均不能形成溶源菌, 可裂解非溶源菌及对  $\lambda p4$  有抗性的细菌。存活的菌落即为  $\lambda p4$  的溶源菌。

本实验采取了两个方法检测 C 600 ( $\lambda p4$ ) 的 *lc* 基因是否表达: (1) PA 2 吸附实验。如果 *lc* 不表达, PA2 通过受体 OmpC 吸附到细菌上; 如果 *lc* 表达, 其产物蛋白质 2 掺入细菌外膜, OmpC 相应减少, PA2 吸附下降。结果表明 C600( $\lambda p4$ ) 和 C600 对 PA2 的吸附没有显著差异 (图 2)。(2) 提取细菌外膜蛋白, 用 SDS 聚丙烯酰胺梯度电泳进行分析。结果, C600( $\lambda p4$ ) 和 C 600 的外膜主要蛋白质的组成相同, 没有发现蛋白质 2 (图 3)。

以上结果说明, 噬菌体  $\lambda p4$  具有 *lc* 基

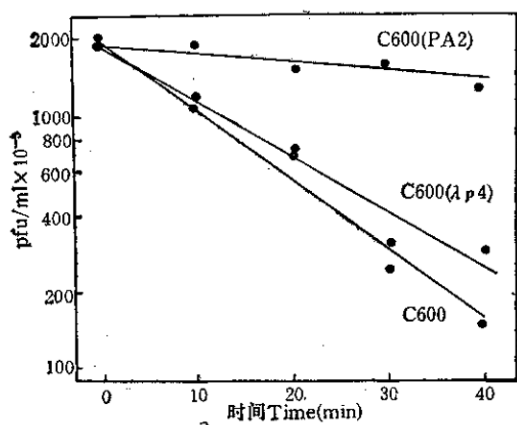


图2 PA2对C600和C600( $\lambda p4$ )的吸附对照为C600(PA2)。

Fig. 2 The adsorption of PA2 to C600 and C600( $\lambda p4$ ) as control.

因,然而由于一种未知的调控机制,这个基因并不表达。

## (二) 基因 *nmpC* 的定位和调控

Anilionis 等人<sup>[7]</sup>发现 F'152 携带有 *qsr'* 前噬菌体。F'152 携带的 *E. coli* DNA 片段是从 *perE* 到 *gal*<sup>[9]</sup>。根据 Pugsley 和 Schnaitman<sup>[27]</sup> 的数据,基因 *nmpC* 大约位于 *E. coli* 基因图的 12 分钟处,这与 *qsr'* 缺陷前噬菌体的位置很接近。基因 *nmpC* 很可能是 *qsr'* 缺陷前噬菌体的 *lc* 基因,产生 NmpC 的 *nmpC* ( $P^+$ ) 突变株可能丢失了 *Uc*。为了证实这个推测,用  $\lambda$  噬菌体分别从 *nmpC* ( $P^+$ ) 突变株 CS 384 及其野

生型祖先 P 1700 中置换出 *qsr'* 缺陷前噬菌体的 *p4* 片段,然后用异源双链技术比较这两种重组噬菌体,看前者是否缺少 *Uc*,进而制备这两种噬菌体的溶源菌,用噬菌体吸附及提取外膜蛋白的方法检测其 *lc* 基因的表达。

1. 置换 CS384 及 P 1700 的 *p4* 片段: 用来置换 CS384 及 P 1700 中 *p4* 片段的噬菌体为 NM 698, 其特性为  $\lambda\Delta(RI1-RI2)$  *cl* 857 *ninQ73S7*。两处 DNA 缺失对于容纳较长的 *p4* 片段是必要的。*Q* 和 *S* 基因的突变需要校正子 *supF* 校正。菌株 P1700 和 CS384 不含 *supF*, NM 698 不能在这两个菌株上形成噬斑,与 *qsr'* 前噬菌体的 *p4* 区重组过的噬菌体可以形成噬斑。噬菌体  $\lambda$  与 *p4* 发生重组的频率为  $10^{-4}$ <sup>[18]</sup>, 与单一的 *Q* 或 *S* 基因突变的恢复突变率相同。NM 698 在 *Q* 和 *S* 基因各有一个点突变,使恢复突变型的发生率减少到  $10^{-8}$ , 不会影响重组噬菌体的选择。

值得注意的是,原来的噬菌体株 NM 698 中就存在着在增殖过程中与宿主菌的 *qsr'* 前噬菌体发生过重组的噬菌体,其发生率也是  $10^{-4}$ 。为了不使其与新的重组噬菌体混淆,须将其排除。方法是将 NM698 稀释,接种到铺有 P1700 和 CS384 菌株的 BBL 培养皿中培养,挑选单个噬

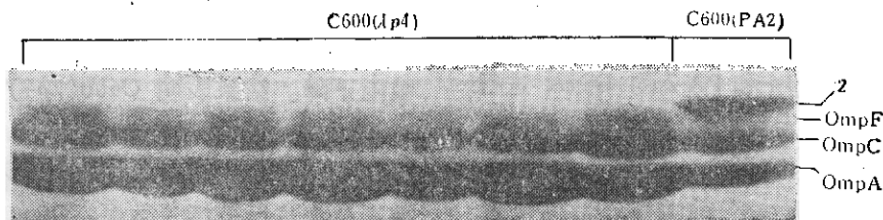


图3 细菌外膜蛋白的 SDS 聚丙烯酰胺凝胶电泳显示 7 株  $\lambda p4$  溶源菌的外膜蛋白都缺少蛋白质 2

Fig. 3 SDS-polyacrylamide gel of outer membrane proteins, protein 2 is absent in 7 isolates of  $\lambda p4$  lysogens

斑。原有的重组噬菌体只占万分之一, 被挑上的可能性极小。在培养过程中形成的新重组噬菌体, 是与 P 1700 或 CS 384 产生的。P 1700 和 CS 384 不含有 *supF*, 为了使 NM 698 能够生长, 需要将 *supF* 引进这两个菌株。转化噬菌体 NM 1166 含有 *supF*, 并且缺少整合位点 *att*。如用其感染 P 1700 及 CS 384, 使之在 *supF* 位点处与这两个菌株的染色体发生重组, 即可使这两个菌株获得 *supF*。

通过上述方法, 成功地制备了由 NM698 分别与 P 1700 和 CS 384 产生的重组噬菌体。由野生型菌株 P1700 产生的重组噬菌体被命名为  $\lambda_{qsr'}$ , 由 *nmpC(P<sup>+</sup>)* 突变株产生的重组噬菌体被命名为  $\lambda_{qsr'(P^+)}$ 。异源双链分析表明, 除了  $\lambda_{qsr'}$  在 *lc* 基因的左侧 1.5%  $\lambda$  处有一个长度为 2.7%  $\lambda$  的 DNA 插入以外,  $\lambda_{qsr'}$  和  $\lambda_{qsr'(P^+)}$  的 DNA 完全相同(图 4)。

2. 噬菌体  $\lambda_{qsr'(P^+)}$  的 *lc* 基因的表达:  $\lambda_{qsr'(P^+)}$  和  $\lambda_{qsr'}$  的溶源菌是用来自同一个菌落的 C 600 菌株制备的。通过对溶源菌的外膜蛋白进行 SDS 聚丙烯酰胺凝胶电泳分析, 发现 C600[ $\lambda_{qsr'(P^+)}$ ] 产生了与蛋白质 2 的泳动率相同的新蛋白质

NmpC。C 600 ( $\lambda_{qsr'}$ ) 则未产生这种新蛋白质(图 5)。

从图 5 看出, C 600 [ $\lambda_{qsr'(P^+)}$ ] 的 NmpC 的量比 C 600 (PA2) 的蛋白质 2 少, OmpF 和 OmpC 的量也不象 C 600 (PA2) 那样显著下降。另外, 在正常生长条件下, 不论是溶源菌或非溶源菌, *E. coli* 的 OmpF 要比 OmpC 少得多。 $\lambda_{qsr'}$  和  $\lambda_{qsr'(P^+)}$  溶源菌的 OmpF 量却与 OmpC 相差不多。细菌外膜蛋白质的组成与生长阶段、培养基和培养温度有关<sup>[19]</sup>, 本实验中细菌的生长条件相同(只有一点除外, 即  $\lambda_{qsr'}$  和  $\lambda_{qsr'(P^+)}$  的溶源菌因对温度敏感, 故在 30°C 培养; 其它菌在 37°C 培养)。Lugtenberg 等人<sup>[19]</sup>报导 OmpF 和 OmpC 量之比值在温度低时增高, 在温度高时降低。C 600 [ $\lambda_{qsr'(P^+)}$ ] 的 NmpC 产量低可能与培养温度低有关。如能将 C 600 ( $\lambda_{qsr'}$ ) 和 C600[ $\lambda_{qsr'(P^+)}$ ] 在更高的温度培养, 即可证实这一推论。

图 6 是在 34°C 及 36°C 培养的溶源菌 C600( $\lambda_{qsr'}$ ) 和 C600[ $\lambda_{qsr'(P^+)}$ ] 外膜蛋白质的 SDS 聚丙烯酰胺凝胶电泳结果。不论是在 34°C 或 36°C 培养的 C600[ $\lambda_{qsr'(P^+)}$ ] 的 NmpC 的量都比在 30°C 培养的有明显

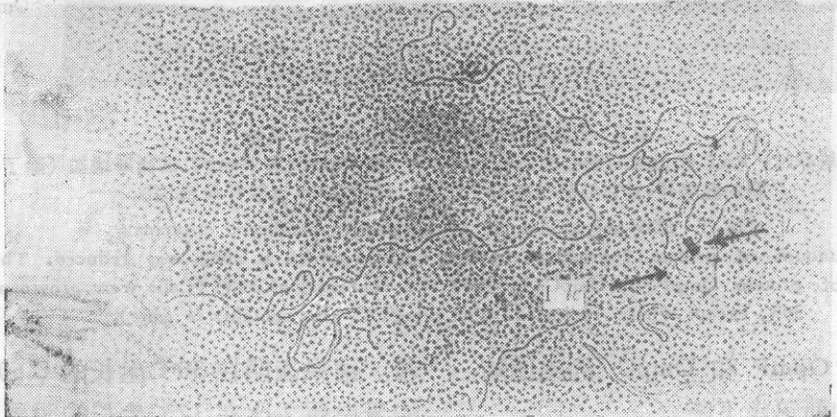


图 4 异源双链  $\lambda_{qsr'}/\lambda_{qsr'(P^+)}$

除了插入序列 *Iic* 之外,  $\lambda_{qsr'}$  和  $\lambda_{qsr'(P^+)}$  的 DNA 完全同源。

Fig. 4 The heteroduplex  $\lambda_{qsr'}/\lambda_{qsr'(P^+)}$

The two DNA molecules are homologous except the insertion *Iic*.

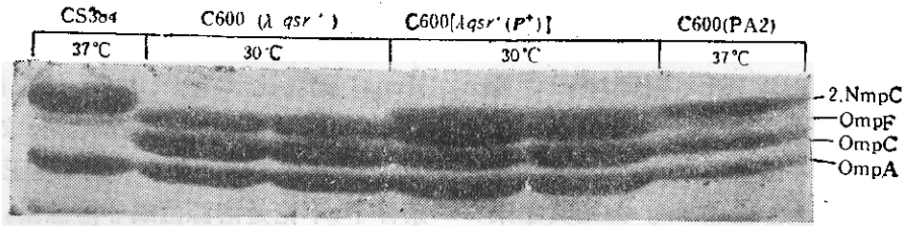


图5 外膜蛋白 SDS 聚丙烯酰胺凝胶电泳,  $\lambda qsr'(P^+)$  的溶源菌具有蛋白 NmpC

Fig. 5 SDS-polyacrylamide gel of outer membrane proteins, Protein NmpC is present in lysogens of  $\lambda qsr'(P^+)$

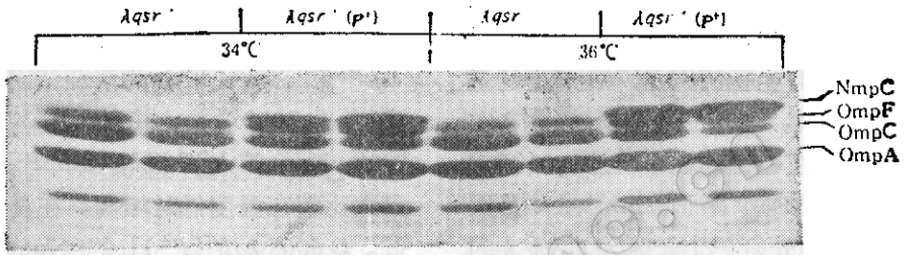


图6 外膜蛋白 SDS 聚丙烯酰胺凝胶电泳

$\lambda qsr'(P^+)$  溶源菌在 34°C 及 36°C 生长时, 其 NmpC 的量有所增加

Fig. 6 SDS-polyacrylamide gel of outer membrane proteins  
Protein NmpC in  $\lambda qsr'(P^+)$  lysogens was increased when grown at 34°C and 36°C.

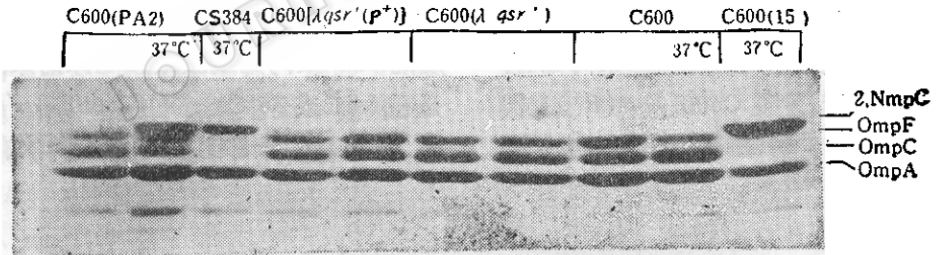


图7 外膜蛋白 SDS 聚丙烯酰胺凝胶电泳

在 30°C 培养时, PA2 溶源菌的蛋白质 2 减少, C600 的 OmpF 与 OmpC 的比率增加 (除了标明的温度外, 其它细菌均在 30°C 培养。噬菌体 15 也带有  $lc$  基因)。

Fig. 7 SDS-polyacrylamide gel of outer membrane proteins  
The amount of protein 2 produced by PA2 lysogen grown at 30°C was reduced. The ratio of protein OmpF to OmpC in C600 was increased at 30°C (Cells were grown at 30°C except where indicated. The phage 15 also contains  $lc$  gene).

增加。并且 OmpF 和 OmpC 的比值随着温度的增加而逐步下降。

为了进一步证实温度对外膜蛋白产量的影响, 将 C600 及 C600(PA2) 置 30°C 培养, 并与 37°C 培养的该菌株外膜蛋白比

较。结果表明在 30°C 生长的 C600(PA2) 的蛋白质 2 比在 37°C 生长的明显减少。在 37°C 生长的 C600 的 OmpF 和 OmpC 的比值明显增加(图 7)。

## 讨 论

以上实验证明, *E. coli* K-12 的 *nmpC* 基因实际上就是噬菌体的 *lc* 基因, 不论是在细菌还是噬菌体中, 这个基因的表达都由一段插入 DNA *Uc* 控制。已有证据说明 *Uc* 是一种多拷贝可转座的插入序列。从以上事实不难看到, 细菌与噬菌体的进化决不是独立的过程, 而是互相依赖的。它们可以从对方获得基因, 并加以利用。

基因 *nmpC* 存在于缺陷前噬菌体上的事实说明, 缺陷前噬菌体并不只是残留在宿主基因组上没有功能的一段 DNA, 除了它的基因可被宿主利用以外, 还在噬菌体和宿主基因的进化中起重要作用。当噬菌体感染含有缺陷前噬菌体的细菌时, 可与缺陷前噬菌体在 DNA 序列相同的部分发生重组, 产生新型的噬菌体, 并提供给细菌新的噬菌体基因。这些新型的噬菌体还可以将一种细菌的基因携带到另一种细菌内。通过这种方式, 细菌之间也可以互换基因。于是噬菌体和细菌都发生了进化。

## 参 考 文 献

[1] Osborn, M. J. and H. C. P. Wu: *Annu. Rev.*

- Microbiol.*, 34: 369—422, 1980.
- [2] Lee, D. R. et al.: *J. Bacteriol.*, 138: 861—870, 1979.
- [3] Schnaitman, C. et al.: *J. Virol.*, 15: 1121—1130, 1975.
- [4] Pugsley, A. P. and C. A. Schnaitman: *J. Bacteriol.*, 133: 1181—1189, 1978a.
- [5] Schnaitman, C. A., unpublished.
- [6] Kaiser, K. and N. E. Murray: *Mol. Gen. Genet.*, 175: 159—174, 1979.
- [7] Anilionis, A. et al.: *ibid.*, 180: 479—481, 1980.
- [8] Espion, D. et al.: *J. Mol. Biol.*, 170: 611—633, 1983.
- [9] Ohtsubo, E. and M. T. Hsu: *J. Bacteriol.*, 134: 778—794, 1978.
- [10] Appleyard, R. K.: *Genetics*, 39: 440—452, 1954.
- [11] Low, K. B.: *Mol. Gen. Genet.*, 122: 119—130, 1973.
- [12] Chang, Y. Ph. D. thesis, University of Edinburgh. 1984.
- [13] Goldberg, A. R. and M. Howe: *Virology*, 38: 200—202, 1969.
- [14] Fiant, M. et al.: *The Bacteriophage Lambda*, (ed. by Hershey, A. D.), p. 329—354, 1971.
- [15] Laemmli, U. K.: *Nature (London)*, 227: 680—685, 1970.
- [16] Davis, R. W. and R. W. Hyman: *J. Mol. Biol.*, 62: 287—301, 1971.
- [17] Pugsley, A. P. and C. A. Schnaitman: *J. Bacteriol.*, 135: 1118—1129, 1978b.
- [18] Harskowitz, I. and E. R. Singer: *Virology*, 61: 112—119, 1974.
- [19] Lugtenberg, B. et al.: *Mol. Gen. Genet.*, 147: 251—262, 1976.

## THE CORRELATION BETWEEN THE *E. COLI* GENE *nmpC* AND THE BACTERIOPHAGE GENE *LC*

Zhang Yanhui

(Department of Microbiology, Beijing Medical University, Beijing)

Gene *lc* was first found in the lambdoid phage PA2. It codes for a protein, named protein 2, which appears on the outer membrane of the bacterium after the phage PA2 DNA has integrated into the cell chromosome. Mutants of *E. coli* K-12 strain, called *nmpC*( $P^+$ ), produce a new outer membrane protein NmpC, which is closely related structurally and immunologically to protein 2. Lambda phages with substitutions from the *qsr'* defective prophage of a wild type and a mutant *nmpC*( $P^+$ ) *E. coli* K-12 strain were generated. The substitution from the two strains were homologous except that there was an extra piece of DNA which was about 1,300 base pairs in length in the one from the wild type strain. This insertion was on a part of the substituted DNA which was also homologous with a re-

gion in the phage PA2 genome which contains the gene *lc*. The phage without the insertion in the substitution enables its lysogen to produce an extra outer membrane protein which is very similar to protein NmpC and also to protein 2, which is the product of *lc* gene. The *nmpC* gene has been mapped at 12 min on the *E. coli* chromosome and the *qsr'* defective prophage is known to lie nearby. It could be concluded that in fact the *nmpC* gene lies within the *qsr'* defective prophage, and that in wild type strains the expression of this gene is prevented by the insertion.

### Key words

Outer membrane protein; Gene expression; Bacteriophage; Lysogen