

鞭毛介导的运动性与细菌生物膜的相互关系

丁莉莎, 王瑶*

(中国科学院武汉病毒研究所, 武汉 430071)

摘要: 由于运动缺陷型细菌形成生物膜的能力会下降, 长期以来细菌的运动性都被认为与生物膜的形成呈正相关, 但这一理论现在证明还有待商榷, 而且运动性不是影响膜形成的绝对因素。本文详细介绍了细菌的生物膜和运动性, 并重新定义了两者的相互关系。

关键词: 鞭毛, 运动性, 生物膜, 相互关系

中图分类号: Q936 文献标识码: A 文章编号: 0001-6209(2009)04-0417-06

生物膜(biofilm, BF)作为细菌在自然界中存在的两种形式之一, 能够保护菌体抵抗外界不利条件。生物膜的形成受到多种因素的调控, 包括细菌群体感应系统、鞭毛介导的运动性、性菌毛粘附以及毒力因子等^[1-4]。之前人们对生物膜的研究主要集中在运动性, 发现鞭毛以及运动缺陷型菌形成生物膜的能力下降^[5-6]。而最新的研究证明鞭毛的运动性虽然重要但不是绝对必须, 有的菌没有鞭毛也能形成膜^[7], 而在另一些菌中, 部分蛋白对运动性与膜的调控完全相反^[8-10]。除了群体感应, 环二核苷酸在生物膜形成过程中的作用逐渐凸显, 整个生物膜调控网络也有待进一步的完善。

1 细菌生物膜简介

生物膜是原核生物多细胞聚合(Multicellularity)形式的一种^[11], 是细菌在不利条件下继续生存所形成的一种特殊结构。与单个细菌分散的浮游形式不同, 它附着在非生物或生物活性表面, 由自身产生的多聚基质包裹细胞群落^[12]。一些新词汇已经被用来描述生物膜形成过程中的细微差别使得定义更加

准确。种内聚合(Autoaggregation)是相同遗传背景细菌的相互聚集, 共同聚合(Coaggregation)指悬浮液中不同遗传背景的细菌相互粘合在一起, 而聚集(Aggregation)仅用来描述底栖生物(Benthic)和浮游菌(Floaters)之间的聚集作用^[13]。

1.1 细菌生物膜的形成及危害

生物膜的形成非常复杂, 一般分为五个阶段(图1)。首先是细菌黏附于附着物表面, 之后即开始生长繁殖, 在这一过程中将分泌大量胞外多聚物(Extracellular polymeric substances, EPS)形成微菌落使生物膜结构加厚^[14]。成熟的生物膜结构是不均质的, 在大量的微菌落之间还分布有运送养料和代谢产物以及排出废物的通道[△]。最后, 浮游菌从成熟的膜内释放, 在新的部位形成新的菌落。

生物膜作为自然界中细菌主要的生存方式, 给人类的生产生活带来了严重危害。除了危害环境和工业生产以外, 据统计超过80%的细菌感染是由生物膜菌引起的, 生物膜可以使细菌大幅度提高对抗生素的耐受性并抵抗机体的免疫防御, 从而导致严重的临床耐药问题^[4], 甚至在细菌侵染植物和真菌

基金项目: 国家自然科学基金(30570020, 30770026)

* 通信作者。Tel/Fax: +86-27-87199354; E-mail: ywang@wh.iov.cn

作者简介: 丁莉莎(1982-), 女, 湖南醴陵人, 博士研究生, 主要从事病原微生物研究。E-mail: hyjx1982@126.com

收稿日期: 2008-10-07, 修回日期: 2008-12-23

△ 引用自该课件 Cunningham AB. Biofilm hypertexbook. Montana State University Center for Biofilm Engineering. 26 Sept 2006.

的过程中,也有生物膜的参与。鉴于生物膜在临床治疗及生态环境保护等方面的危害,揭示膜的调控

机制并寻找适合的药物作用靶点,具有十分重要的现实意义。

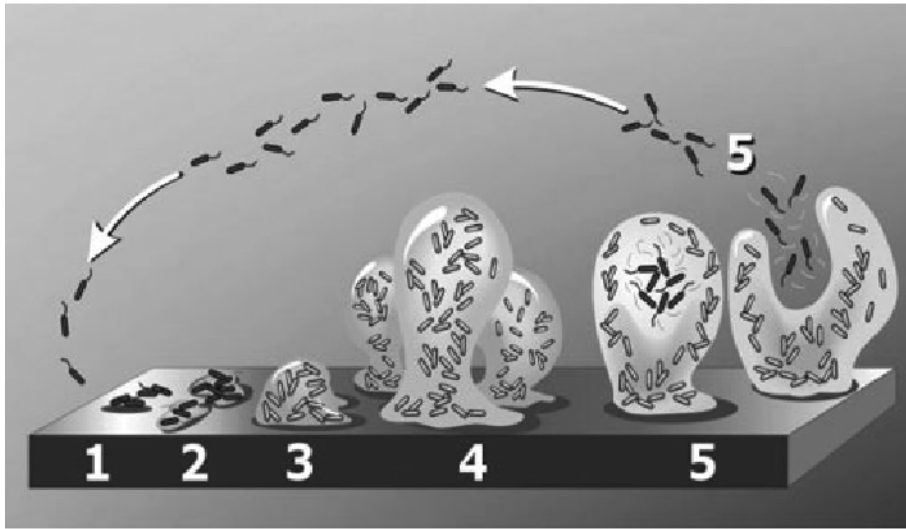


图1 铜绿假单胞菌生物膜的形成过程

Fig. 1 The biofilm life cycle in *Pseudomonas aeruginosa*. 5 stages of biofilm development including initial attachment, irreversible attachment, development, maturation and dispersion to release new planktonic cells. Graphic by Peg Dirckx and David Davies.

1.2 影响生物膜形成及其结构的因素

一个细菌能否形成生物膜,与其所处的环境有关,如环境中的营养成分、温度、渗透压、pH、铁离子浓度和氧化还原电位等^[15]。而细菌自身的浓度、生长状态、流体力学,以及鞭毛、菌毛等附加结构,甚至包括附着表面的理化性质等也对生物膜的形成起着促进或抑制作用^[16]。

生物膜的主要组成成分为水和细菌,除此之外,还有细菌吸附的营养物质、分泌的代谢产物及裂解产物等,主要包含有蛋白质、多糖、DNA、RNA、肽聚糖和脂等生物大分子,而在枯草芽孢杆菌中,除了蛋白复合物和多聚糖,另外一种蛋白成分 TasA 也是生物膜的主要组成物^[17],而甲基化分析表明阪崎肠杆菌的生物膜中包含有纤维素的成分^[18]。遗传学研究和多聚糖分析证实:在大肠杆菌和表皮葡萄球菌等多种细菌中,生物膜的完整性依赖于 β -1,6-N-乙酰-D-葡萄糖胺的多聚化^[19]。此外,在膜的生长繁殖过程中,由于 EPS 可粘结单个细菌而形成微菌落使膜加厚,因此 EPS 对膜结构的发育十分重要。

对于细菌来说,胞外复合物的产生是由极其复杂的网络所调控的,包括正负调控蛋白的相互影响和相互作用^[20]。在分子水平上,细菌能采用不同的小分子来传导胞内及胞外信号,它们使用小分子混合物来探索胞外环境和胞内生理水平,从而获得相关信息并迅速作出反应。目前研究的热点是两种最基础的细菌小分子信号途径:群体感应(Quorum

sensing, QS)和环二核苷酸(cyclic dinucleotide)途径。研究表明这两种途径足以调控很多复杂的细胞行为,包括多细胞集群、生物膜合成以及毒力因子^[21]。

QS 是多数细菌中存在的一种监测群体密度并协调细菌生物功能的信息交流机制。通过构建 QS 系统相关基因的缺失突变体以及对该系统信号分子的降解已经证明, QS 在生物膜的形成过程中起着重要的作用^[1, 22]。受 QS 调节的胞外多糖、表面活性剂、鼠李糖脂、黏附因子的合成以及细菌的运动性等多种因素,可能参与不同细菌生物膜形成的多个阶段^[23-25]。因此,进一步了解和完善 QS 调控生物膜形成的机制,已经成为目前病原细菌研究的热点。

除了 QS, 环二核苷酸信号系统也能影响生物膜的形成。在大肠杆菌和铜绿假单胞菌中,这个系统中的胞外第二信使分子环二核苷酸(c-di-GMP)的水平能直接调控包括生物膜在内的多种细胞功能^[26-27]。值得注意的是,在霍乱弧菌中, QS 是通过调节鸟苷酸环化酶的水平来调控膜合成的^[28],该酶能影响鞭毛介导的运动性和毒力,胞外多糖以及表面粘附能力^[29]。

2 细菌的运动性

很多细菌都具有运动的能力,细菌的运动性包括群集运动(swarm motility)和浮泳运动(swim motility)两种方式。细菌的运动具有重要的生态学 and 病理学意义,对于病原细菌来说,运动性是重要的

致病因素之一。鞭毛是多种细菌最主要的运动器官,主要介导细菌的黏附、运动和趋化,帮助细菌附着于宿主体内并迁移到营养物质丰富的位置去,其化学组成主要是蛋白质。

2.1 细菌鞭毛的分子调控机制

鞭毛的形成非常复杂,需要超过 50 个基因的表达与协作,这些基因分布在十多个操纵子里,组成一个大的调控元。以大肠杆菌为例,鞭毛的生成需要三级基因的表达:一级基因为主调控操纵子 *flhDC*;二级基因通过 *flhA* 和 *flgM* 编码结构蛋白和基体及钩状体组装所需的蛋白零件;三级基因由 FlhA 依赖的启动子进行转录,编码鞭毛体和趋化系统所需的蛋白。

2.2 细菌鞭毛介导的运动性及其他功能

细菌鞭毛的运动受到周围环境条件影响。某些菌,包括产气单胞菌、固氮螺菌、红螺菌和霍乱弧菌,拥有双重鞭毛系统,在不同的环境条件下介导不同的运动。细菌在液体中的游动仅由端生鞭毛控制,而在固体表面或粘性环境下所进行的泳动则比较复杂,需周生或侧生鞭毛的参与。两端的鞭毛是连续生长的,只有在它丧失功能的情况下才会长出侧生鞭毛,此时,两组鞭毛器官将同时组装来促使细菌运动。

通过构建鞭毛调控以及结构蛋白缺失菌株,在大肠杆菌中已经证实运动性将大幅下降^[30]。而与结构缺陷型菌相比,缺失掉鞭毛马达基因如 *motA* 等,虽然鞭毛还能正常生成,但运动能力完全缺失。本实验室通过构建一系列假结核耶尔森氏菌鞭毛调控及结构蛋白缺失突变株,也证明了这一点。

此外,多个研究发现除了运动性,鞭毛对于很多胃肠道致病菌的侵染来说也是必须的,既可以作为粘附的动力装置,又能分泌毒力因子。对于单核细胞增多性李斯特菌来说,鞭毛并不是一个粘附器官,而主要是靠其介导的运动性让细菌在组织表面延伸入侵的时候起作用^[31]。弯曲菌的鞭毛能够分泌调节毒力的非鞭毛蛋白,鞭毛的操纵子也能够与毒力因子共同作用^[32]。而在空肠弯曲菌中,鞭毛动力复合体在细菌与固体表面初始接触以及细胞与细胞互作的过程中起着至关重要的作用^[33]。但是鞭毛能够影响细菌毒力这一理论并不适用于所有细菌,我们所构建的鞭毛调控蛋白缺失突变体,虽然鞭毛缺失或者结构不完整,但对细菌的毒力影响并不明显。

3 鞭毛介导的运动性与生物膜的关系

3.1 鞭毛缺失突变体影响生物膜形成

通过构建一系列不同细菌鞭毛缺失突变体进行

功能分析表明,运动性缺陷型菌不能正常形成生物膜。早在 1998 年,在对假单胞菌进行研究的过程中, O'Toole 和 Kolter 构建了铜绿假单胞菌和荧光假单胞菌鞭毛缺失突变体,结果发现突变株无法附着在非生物活性表面(例如聚氯乙烯 PVC)上,且不能形成微菌落^[5]。这一现象同时存在于胡萝卜软腐欧文氏菌、恶臭假单胞菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、霍乱弧菌以及沙门氏菌等多种细菌的运动缺陷型突变株中。为了进一步证明大肠杆菌中运动性与生物膜的相关性,Thomas K 等对 8 株大肠杆菌的膜结构进行了研究,发现鞭毛基因的表达、细胞的运动性与生物膜三者之间存在着——对应的关系,从而首次系统地证明了鞭毛介导的运动性影响细菌生物膜的形成^[6]。

3.2 鞭毛及运动性在生物膜形成中的作用

生物膜的形成始于在适当的环境信号下,浮游细胞与附着物表面的相互作用。但是细菌是如何到达附着物表面的?哪些因素促使膜发育成熟的呢?1987 年,Lawrence 等就已证明鞭毛、运动性以及趋化性在某些细菌的膜形成过程中十分重要^[34]。而 1998 年,Toole G 等在研究铜绿假单胞菌生物膜的形成机制时发现,鞭毛缺陷型突变体在 PVC 上的黏附能力很差,表明在生物膜形成的开始,鞭毛的物理吸附能力非常重要^[2]。同年,Pratt LA 和 Kolter R 以大肠杆菌为对象,第一次提出了膜形成初始模型^[35]。在这个模型中,鞭毛可能充当了四种完全独立的角色:(1)鞭毛介导的趋化能使游离细胞迁移到附着物表面营养充足的位置去,并且感应已附着的细胞所发出的信号;(2)鞭毛介导的运动性使细菌在一开始就能到达附着物表面,克服细胞与表面的静电排斥从而附着于其上;(3)在膜的生长期,运动能力又帮助细菌沿着表面扩散,促进膜的生长和延伸并且不断加厚;(4)鞭毛本身就是细菌用于物理吸附的重要工具之一,而具备同样功能的还有细菌的纤毛(pili)等其它表面结构。对大肠杆菌而言,菌毛(curlis)的缺失并不影响细胞对不锈钢表面的接触能力,但是会降低生物膜的形成^[36]。这个模型也被证明适用于多种细菌以及不同的环境。

3.3 鞭毛及运动性在生物膜形成中并非绝对必须因素

既然鞭毛介导的运动性在生物膜的形成中起着如此重要的作用,那么运动性对于生物膜来说是否不可或缺?在枯草芽孢杆菌中,类似于离合器(clutch)的蛋白 EpsE 对于生物膜复合物的形成是必

须的,但是它反过来抑制鞭毛体的旋转运动^[8]。而铜绿假单胞菌能利用一个 *SadB* 依赖的,类趋化的调控网络来分别调控生物膜和侧动,*SadB* 缺失菌株侧动能力上升而生物膜形成反而下降了^[9]。在小肠结肠炎耶尔森氏菌中,31 个突变体证明,运动性与生物膜并不存在直接的成正比关系^[10]。这就说明,运动是细菌生物膜形成重要但非唯一的条件,某些代谢调控蛋白、膜蛋白、环二核苷酸甚至毒力因子在其中也起着不能忽视的作用。

本实验室通过构建假结核耶尔森氏菌鞭毛主调控基因 *flhDC* 的缺失突变体,系统鉴定了 *flhDC* 在鞭毛生成、运动性、致病性、生物膜形成等方面的多重角色和枢纽作用,同时对受 *flhDC* 调控的下游功能基因进行敲除和互补分析,进一步确证了运动性在膜形成中的作用,再加上前期工作中已经发现 *FlhDC* 受 QS 调控,由此我们推测 QS 可能是通过运动性来调控生物膜的。但是后续研究发现并不是所有受到 *FlhDC* 调控的鞭毛以及运动相关基因的缺失都能够影响生物膜合成,这也与小肠结肠炎耶尔森氏菌中的实验结果一致,证明了在我们研究的这个细菌中, QS 可能是通过其他途径间接影响到细菌运动性的,而第二信使分子 c-di-GMP 的功能也在进一步研究中。

4 展望

生物膜是细菌在自然界中存在的普遍方式。由于生物膜在临床治疗、工业生产以及环境保护等领域的危害性,一直受到人们的极大关注。可以说,生物膜的研究使微生物学的发展迈上了一个新的台阶。生物膜的三维微观结构展示了与高级生物有机体类似的多细胞特征,比如在生长过程中的细胞死亡和分化,而这两类特性又是与耐药和进化息息相关的。生物膜的微观结构能够增强细菌对外界压力的忍耐力,而细胞间的信号传导对这种耐受是必须的^[37]。

虽然到目前为止,运动性在生物膜形成过程中的具体机制还不清楚,但多个运动缺陷型菌表明,鞭毛,以及鞭毛介导的运动性是这些细菌形成膜所必需的。细菌依靠鞭毛来黏附在附着物表面,并通过鞭毛在表面游动使膜不断加厚。

但是,鼠疫耶尔森氏菌没有鞭毛仍然能形成细胞群落,而很多菌中也发现运动与生物膜不是呈正相关,于是 QS 和环二核苷酸对生物膜的分子调控机制成为了新的热点。经研究发现,多种细菌的运

动性本身就受到 QS 调控,比如假结核耶尔森氏菌和大肠杆菌^[38-39]。此外,在霍乱弧菌中已经证实 QS 是通过调控鸟苷酸环化酶的水平而不是运动性来影响生物膜合成的。

在 QS 和环二核苷酸两种分子机制之外,我们发现假结核耶尔森氏菌三型分泌系统结构缺失突变体形成生物膜的能力大幅下降,说明分泌系统也可能影响到膜的生成。我们推测其可能原因是某些通过分泌孔道运输到胞外的蛋白在胞外多糖聚集粘附过程中起着重要的作用,相关的研究还在进行中。

参考文献

- [1] Davies DG, Parsek MR, Pearson JP, et al. The involvement of cell-to-cell signals in the development of a bacterial biofilm. *Science*, 1998, 280: 295 - 280.
- [2] Toole G, Kolter R. Flagellar and twitching motility are necessary for *Pseudomonas aeruginosa* biofilm development. *Molecular Microbiology*, 1998, 30: 295 - 304.
- [3] Kikuchi T, Mizunoe Y, Takade A, et al. Curli fibers are required for development of biofilm architecture in *Escherichia coli* K-12 and enhance bacterial adherence to human uroepithelial cells. *Microbiology and Immunology*, 2005, 49: 875 - 884.
- [4] Attila C, Ueda A, Wood TK. PA2663 (PpyR) increases biofilm formation in *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 through the psl operon and stimulates virulence and quorum-sensing phenotypes. *Applied Microbiology & Biotechnology*, 2008, 78: 293 - 307.
- [5] Hossain MM, Tsuyumu S. Flagella-mediated motility is required for biofilm formation by *Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora*. *Journal of General Plant Pathology*, 2005, 1: 34 - 39.
- [6] Wood TK, Gonzalez Barrios AF, Herzberg M, et al. Motility influences biofilm architecture in *Escherichia coli*. *Applied Microbiology & Biotechnology*, 2006, 72: 361 - 367.
- [7] Qiu J, Guo Z, Liu H, et al. DNA microarray-based global transcriptional profiling of *Yersinia pestis* in multicellularity. *Journal of Microbiology*, 2008, 46: 557 - 563.
- [8] Blair KM, Turner L, Winkelman JT, et al. A molecular clutch disables flagella in the *Bacillus subtilis* biofilm. *Science*, 2008, 320: 1636 - 1638.
- [9] Caiazza NC, Merritt JH, Brothers KM, et al. Inverse regulation of biofilm formation and swarming motility by *Pseudomonas aeruginosa* PA14. *Journal of Bacteriology*, 2007, 189: 3603 - 3612.
- [10] Kim TJ, Young BM, Young GM. The effect of flagellar mutations on biofilm formation in *Yersinia enterocolitica*. *Applied and Environmental Microbiology*, 2008, 74: 5466 - 5474.

- [11] Lai S , Tremblay J , Deziel F. Swarming motility : a multicellular behaviour conferring antimicrobial resistance. *Environmental and Microbiology* 2009 ,11 :126 – 136.
- [12] Costerton JW , Stewart PS , Greenberg EP. Bacterial biofilms : a common cause of persistent infections. *Science* ,1999 , 284 :1318 – 1322.
- [13] David RE , Michael W , Catherine MFB , et al. Aggregative behavior of bacteria isolated from canine dental plaque. *Applied and Environmental Microbiology* ,2006 ,72 :5211-5217.
- [14] Donlan RM. Biofilms :Microbial life on surfaces. *Emerging Infectious Diseases* 2002 8 881 – 890.
- [15] Lewis K. Riddle of biofilm resistance. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 2001 A5 999 – 1007.
- [16] 李彤 庄辉. 细菌生物膜的研究进展. 中华微生物学和免疫学杂志(*Chinese Journal of Microbiology and Immunology*) 2002 22 343 – 346.
- [17] Branda SS , Chu F , Kearns DB , et al. A major protein component of the *Bacillus subtilis* biofilm matrix. *Molecular Microbiology* 2006 59 :1229 – 1238.
- [18] Grimm M , Stephan R , Iversen C , et al. Cellulose as an extracellular matrix component present in *Enterobacter sakazakii* biofilms. *Journal of Food Protection* ,2008 ,71 :13 – 18.
- [19] Itoh Y , Wang X , Hinnebusch BJ , et al. Depolymerization of β -1 , 6-N-Acetyl-D-Glucosamine disrupts the integrity of diverse bacterial biofilms. *Journal of Bacteriology* ,2005 , 187 382 – 387.
- [20] Chu F , Kearns DB , McLoon A , et al. A novel regulatory protein governing biofilm formation in *Bacillus subtilis*. *Molecular Microbiology* 2008 68 :1117 – 1127.
- [21] Andrew C , Bonnie LB. Bacterial small-molecule signaling pathways. *Science* 2006 311 :1113 – 1116.
- [22] Huber B , Riedel K , Hentzer M , et al. The cep quorum-sensing system of *Burkholderia cepacia* H111 controls biofilm formation and swarming motility. *Microbiology* ,2001 ,147 : 2517 – 2528
- [23] Davey ME , Caiazza NC , Toole GA. Rhamnolipid surfactant production affects biofilm architecture in *Pseudomonas aeruginosa* PAO1. *Journal of Bacteriology* ,2003 ,185 :1027 – 1036
- [24] Beenken KE , Blevins JS , Smeltzer MS. Mutation of sarA in *Staphylococcus aureus* limits biofilm formation. *Infection & Immunity* 2003 71 :4206 – 4211.
- [25] Branda SS , Gonzalez-Pastor JE , Ben-Yehuda S , et al. Fruiting body formation by *Bacillus subtilis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* , 2001 98 :11621 – 11626.
- [26] Merritt JH , Brothers KM , Kuchma SL , et al. SadC reciprocally influences biofilm formation and swarming motility via modulation of exopolysaccharide production and flagellar function. *Journal of Bacteriology* ,2007 ,189 :8154 – 8164.
- [27] Jonas K , Edwards AN , Simm R , et al. The RNA binding protein CsrA controls c-di-GMP metabolism by directly regulating the expression of GGDEF proteins. *Molecular Microbiology* 2008 70 236 – 257.
- [28] Waters CM , Lu W , Rabinowitz JD , et al. Quorum sensing controls biofilm formation in *Vibrio cholerae* through modulation of cyclic di-GMP levels and repression of vpsT. *Journal of Bacteriology* 2008 190 2527 – 2536.
- [29] Chunq IY , Choi KB , Heo YJ , et al. Effect of PEL exopolysaccharide on the wspF mutant phenotypes in *Pseudomonas aeruginosa* PA14. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 2008 18 :1227 – 1234.
- [30] Wood TK , Gonzalez BAF , Herzberg M , et al. Motility influences biofilm architecture in *Escherichia coli*. *Applied Microbiology and Biotechnology* 2005 72 361 – 367.
- [31] Heather S , O'Neil , Helene M. *Listeria monocytogenes* flagella are used for motility ,not as adhesins ,to increase host cell invasion. *Infection & Immunity* 2006 12 6675 – 6681.
- [32] Guerry P. *Campylobacter* flagella :not just for motility. *Trends in Microbiology* 2007 15 456 – 461.
- [33] Kalmokoff M , Lanthier P , Tremblay TL , et al. Proteomic analysis of *Campylobacter jejuni* 11168 biofilms reveals a role for the motility complex in biofilm formation. *Journal of Bacteriology* 2006 188 4312 – 4320.
- [34] Lawrence JR , Delaquis PJ , Korber DR , et al. Behavior of *Pseudomonas fluorescens* within the hydrodynamic boundary layers of surface microenvironments. *Microbial Ecology* , 1987 ,14 :1 – 14.
- [35] Pratt LA , Kolter R. Genetic analysis of *Escherichia coli* biofilm formation :roles of flagella , motility , chemotaxis and type I pili. *Molecular Microbiology* ,1998 30 285 – 293.
- [36] Ryu JH , Kim H , Frank JF , et al. Attachment and biofilm formation on stainless steel by *Escherichia coli* O157 :H7 as affected by curli production. *Letters in Applied Microbiology* , 2004 39 359 – 362.
- [37] Webb JS , Givskov M , Kjelleberg S. Bacterial biofilms : prokaryotic adventures in multicellularity. *Current Opinion in Microbiology* 2003 6 578 – 585.
- [38] Atkinson S , Chang CY , Patrick HL , et al. Functional interplay between the *Yersinia pseudotuberculosis* YpsRI and YtbRI quorum sensing systems modulates swimming motility by controlling expression of *flhDC* and *fliA*. *Molecular Microbiology* 2006 1 :137 – 151.

[39] Sperandio V ,Torres AG ,Giron JA ,et al. Quorum sensing is a global regulatory mechanism in enterohemorrhagic

Escherichia coli O157 :H7. *Journal of Bacteriology* ,2001 , 183 :5187 – 5197.

Relationship between flagella-dependent motility and biofilm in bacteria - A review

Lisha Ding ,Yao Wang*

(Wuhan Institute of Virology ,Chinese Academy of Sciences ,Wuhan 430071 ,China)

Abstract :Motility was considered to be closely related with biofilm formation positively for a long time because the ability of biofilm formation would be decreased in the motility-defective bacteria. Moreover ,the results of defective mutants of flagella and some other regulated proteins suggested that the relationship between motility and biofilm was diverse in different bacteria. Factors other than motility could influence the development of biofilms as well. Namely ,motility is not the only determining factor for biofilm formation. Here ,we described bacterial biofilm and motility in detail and evaluated their correlation.

Keywords : flagellum ; motility ; biofilm ; relationship

(本文责编 :王晋芳)

Supported by the National Natural Science Foundation of China (30570020 ,30770026)

* Corresponding author. Tel/Fax :+ 86-27-87199354 ; E-mail : ywang@wh.iov.cn

Received :7 October 2008/ Revised :23 December 2008

本刊荣获 2008 年度“中国精品科技期刊”称号



2008 年 12 月 9 日中国科学技术信息研究所在北京国际会议中心召开“中国科技论文统计结果发布会”,会上公布《微生物学报》被评为 2008 年度中国精品科技期刊。

据中国科学技术信息研究所 2008 年 11 月公布的统计结果,我国大陆的科技期刊已达 6082 种、中国科技核心期刊 1765 种,此次“精品科技期刊服务与保障系统项目组”评选出 323 种精品科技期刊。

《微生物学报》能够获得此项殊荣,是广大作者、专家共同努力的结果,在此表示衷心的感谢!