

综述

国内外对拟杆菌属认识的近年进展

中国医学科学院流行病学微生物学研究所 熊德鑫

近年来，随着抗生素、免疫制剂、抗肿瘤药物、以及放射疗法的发展，治疗了人们许多危重的疾病，另一方面也显著地影响了宿主和寄生体的关系。尤其是当上述疗法使用不当时，许多原被认为是非病原性或弱毒的细菌可引起所谓内因性感染症。作为人肠道正常菌群主要成员的革兰氏阴性无芽孢厌氧杆菌，如拟杆菌属(*Bacteroides*)所引起的感染症已日益引人注目。因此随着对拟杆菌属的分类学，以及作为肠内常住菌对宿主的生理和病理作用研究的进展，对拟杆菌属也逐渐有了更新的认识。

目前对拟杆菌认识的概述

拟杆菌属是构成人类和许多动物肠道正常菌群的主要成员之一，几乎占所有被分离出活菌的32%^[1]。人出生后不久，尤其是开始一般饮食之后，就作为宿主肠道菌群的主要成员，伴随宿主终生。近年来许多研究证实^[2]，它对于宿主的营养、免疫、代谢、生长发育、以及衰老等许多方面都具有一定的生理意义。另外，拟杆菌属的许多菌种，在临床检材中也常被分离出来。如脆弱拟杆菌(*B. fragilis*)的临床检出率高达51~78%^[3]。还有报告^[4]指出拟杆菌属的细菌占全部厌氧菌感染的35%。就是说拟杆菌在一定条件下，可引起肝脓疡、脑脓肿、胆囊炎、腹膜炎等，以及口腔、妇科等许多的内因性感染症。过去临幊上所称的许多“无菌性炎症”，实际上不少是由厌氧菌感染所引起的，其中很大一部分是由拟杆菌属细菌所引起的感染症。可见拟杆菌属作为人肠道菌群的主要成员，既具有对宿主在防御感染、营养等有利的一面，也有条件致病等有害的另一面。

拟杆菌属在细菌分类学上的概况

根据《伯捷氏细菌鉴定手册》第八版的分类提要^[5]，革兰氏阴性无芽孢厌氧杆菌的拟杆菌科(*Bacteroidaceae*)有三个菌属：I. 拟杆菌属 II. 梭杆菌属(*Fusobacterium*) III. 纤毛菌属(*Leptotrichia*)。而据Moore等^[6]分类提要(第4版)拟杆菌科中还应包括脱硫单孢菌属(*Desulfomonas*)等等。拟杆菌属是拟杆菌科中一个菌属。拟杆菌是严格厌氧、革兰

氏染色阴性、无芽孢、长、短、球杆状或多形性的杆菌，多数菌种无动力、少数菌种有动力。多数菌种能发酵碳水化合物或分解蛋白质，主要脂肪酸代谢产物是琥珀酸、乙酸、甲酸、丙酸、异丁酸、异戊酸、乳酸等，或伴有丁酸产生。 $G+C$ 百分比在34.8~59%间^[1]。据目前多数作者意见^[5~7]，拟杆菌属包括约40个菌种。近年来在拟杆菌属的菌种上有些变动，如脆弱拟杆菌原来包括五个亚种，因 $G+C$ 百分比和DNA同源性差异，现全部上升为种，但作为脆弱拟杆菌群(*B. fragilis group*)还是合理的，因为它们的 $G+C$ 百分比在40~44%非常相近^[8]。另外，菌属里有些菌种是否包括在拟杆菌属中，还有新的不同的看法，如口腔拟杆菌(*B. oralis*)有人^[9]提出应归*apnocytophaga*菌属之内等。

关于菌属的鉴别，可用气液相色谱(GIC)分析菌的脂肪酸代谢产物以助鉴定。凡产丁酸为主，不产生或少量产生异丁酸或异戊酸的归至梭杆菌属中。而只产生乳酸的为纤毛菌属。只产生乙酸，还原硫酸盐产生H₂S的为脱硫单胞菌属等。

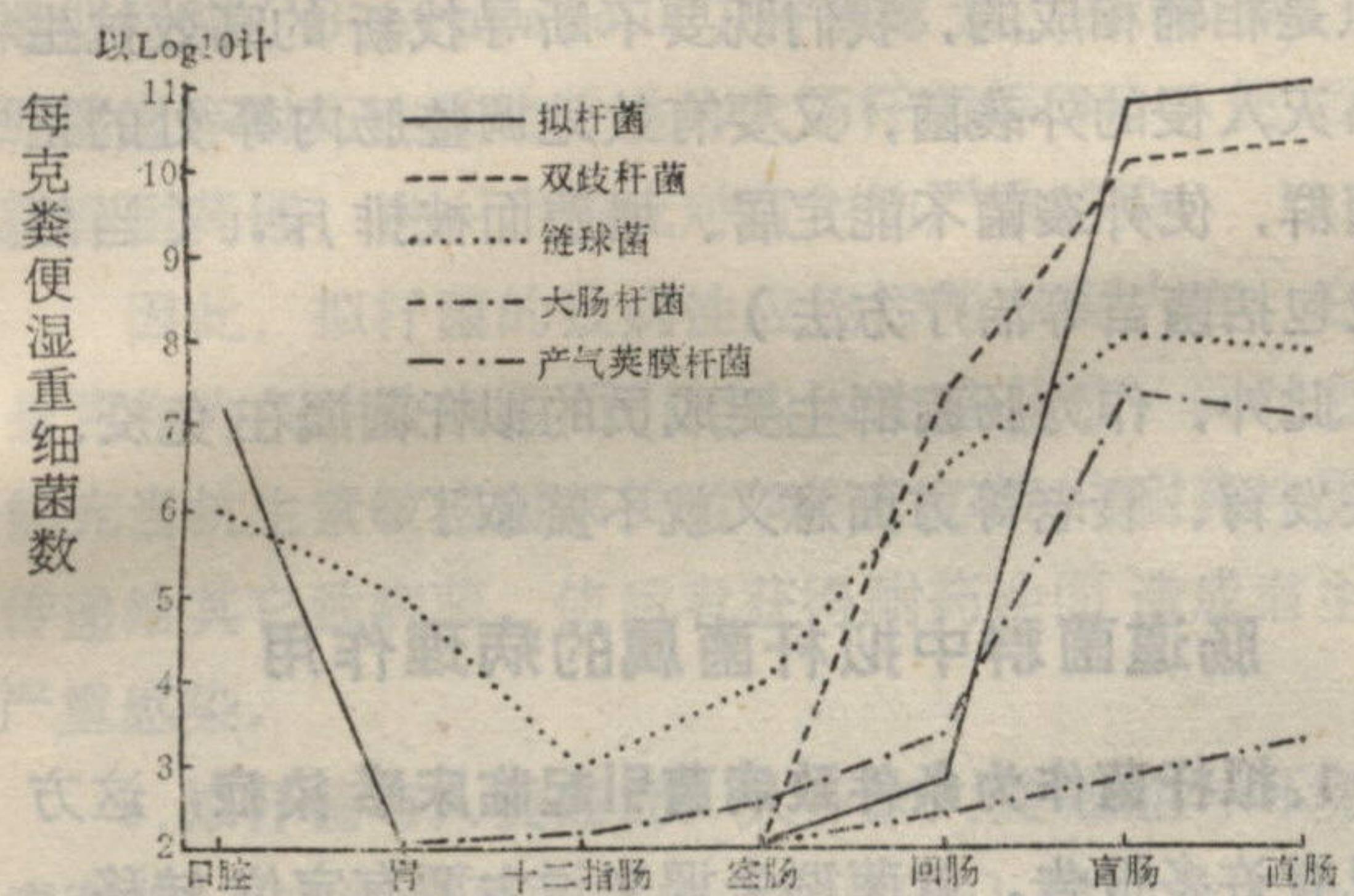
拟杆菌属在各年龄层肠道各部位中的分布^[7]

人在出生后3~4小时，就已经有链球菌(*Streptococcus*)、大肠杆菌(*E. coli*)、梭状(芽孢)杆菌(*Clostridium*)、酵母菌等出现。生后第一日的新生儿粪便内主要是大肠杆菌、链球菌、乳杆菌(*Lactobacillus*)、梭状杆菌、葡萄球菌(*Staphylococcus*)等，总菌数在10¹¹/克以上。出生后第3~4日出现双歧杆菌(*Bifidobacterium*)，相对地说其它菌减少。到第5日后如为母乳喂养，则双歧杆菌成为最优势的菌群，而大肠杆菌和链球菌只不过为双歧杆菌的1%左右。之后，母乳儿与人工喂养儿是有差别的，母乳儿以双歧杆菌为最优势肠菌群。而人工喂养儿，尤其是开始普通饮食之后的幼儿，就出现与成人肠菌群类似的情况；拟杆菌、真杆菌(*Eubacterium*)、消化球菌(*Peptococcaceae*)等厌氧菌成为最优势肠菌群被检出。

在成人中最优势菌群是拟杆菌属等，肠杆菌与肠球菌不过构成中等程度的肠菌群而已。拟杆菌属与它

们相比高出1,000倍以上，且拟杆菌属在调查个体间差异小。到老年人，总菌数约减少，在一些个体中未检出双歧杆菌，相对的产气荚膜梭状杆菌(*C. perfringens*)检出率显著增加，而乳杆菌和肠杆菌也有增加的倾向，这一现象被认为是肠内菌群老化的表现，是宿主生理机能老化的结果，反过来又促进宿主的衰老。

消化道各部位主要菌群差异摘录于附图中：



附图 健康人消化道各部位主要菌群

在口腔中，厌氧菌与需氧菌几乎相等，主要是链球菌、奈瑟氏菌(*neisseria*)、梭杆菌、拟杆菌等约30个菌种。在胃内，由于空腹时胃酸分泌使pH到3.0以下，1毫升胃内容物中只不过检出 $10^2 \sim 10^3$ 细菌，主要有乳杆菌、链球菌、酵母菌等。在小肠上部由于胆汁分泌，以及肠粘膜溶菌酶等，加上较剧烈的肠蠕动，肠内细菌不怎么增殖，便将肠内容物送往小肠下部，小肠上部的细菌与胃内细菌情况类似。在小肠下部，由于肠液的中和作用，且肠蠕动变慢，空腹时细菌数增殖到 $10^5 \sim 10^7$ /克。以小肠上部的乳杆菌、链球菌、韦荣氏球菌(*Veillonella*)，与大肠内的优势菌群如拟杆菌、真杆菌、双歧杆菌及消化球菌(*peptococcaceae*)等混合被检出。

从回盲瓣开始，大肠内细菌起显著的变化，细菌数增加到 10^{11} /克以上。并以拟杆菌、双歧杆菌、真杆菌、梭状杆菌等厌氧菌成为最优势的菌群，而肠杆菌、链球菌等检出数只不过是 $10^5 \sim 10^7$ /克而已，与粪便菌群情况几乎改变。可见粪便菌群可以代表下肠道菌群，而肠道菌群主要是指下肠道菌群而言。

肠道菌群中拟杆菌属和菌种的研究

要研究肠道正常菌群的意义，首先要确定肠菌群主要成员的正常值，这是肠道菌群研究的基础，也可成为判别异常的依据。

近年来，国内关于健康成人肠菌群正常值研究有

许多报告[10~12]，每克粪便(湿重)中细菌数(以 \log_{10} 计)的均数±标准差[13]，拟杆菌数为 10.71 ± 0.54 ，与肠杆菌数(7.75 ± 0.67)和球杆菌数(7.29 ± 0.69)相比为1,000倍。同时拟杆菌数在个体之间差异小($9.90 \sim 11.79$)，而肠杆菌和肠球菌在个体间有差异($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。

国外研究报告也较多[7,14,15]，拟杆菌为 10.90 ± 0.20 ，肠杆菌为 7.80 ± 0.80 ，肠球菌为 7.90 ± 1.40 ，国内外关于数值研究情况类似。

拟杆菌属主要分布在人下肠道中，国外报告，每份粪标本可检出3~10个拟杆菌株，包括2~7个菌种。一般可分离到10~20个菌种，其中最常见的是脆弱拟杆菌菌群里5种中的4种，包括多形拟杆菌(*B. thetaiotaomicron*)，吉氏拟杆菌(*B. distasonis*)，普通拟杆菌(*B. vulgatus*)，脆弱拟杆菌(*B. fragilis*)，以及埃氏/可变拟杆菌(*B. eggerthii/B. varius*)等。次为口腔拟杆菌(*B. oralis*)，单形拟杆菌(*B. uniformis*)，凸状拟杆菌(*B. convexus*)，栖瘤胃拟杆菌(*B. ruminicola*)等。偶见菌种是多毛拟杆菌(*B. capillosus*)，内脏拟杆菌(*B. splanchnicus*)，卵形拟杆菌(*B. ovatus*)，多酸拟杆菌(*B. multiacidus*)，超巨拟杆菌(*B. hypermegas*)，非解糖拟杆菌(*B. asaccharolyticus*)，腐败拟杆菌(*B. putredinis*)，恶臭拟杆菌(*B. putidus*)等等。国内研究情况[13]与此类似，分离到15个菌种。并研究了腹泻病人粪标本中拟杆菌种分离情况，与正常人相比，拟杆菌种上的差异主要是次常见和偶见菌种上，但差异不显著($P < 0.05$)。可见象拟杆菌属这样的肠内常住菌，不仅在菌属水平上(个体间无差异)，而且在菌种水平上也是相当稳定的。这种稳定性是肠内常住菌与宿主长期适应、共同进化的结果。有报告指出[16]拟杆菌表面具有与宿主肠粘膜上皮细胞或粘液共同的抗原，而不被宿主的免疫系统“识别”和“排斥”有关。

另外，我国方定一等人[17]在研究仔猪肠道内某些大肠杆菌血清型的定居与交替情况时指出，仔猪肠道内大肠杆菌血清型不是静止不动的，而是不断更新的。一个菌型的最长定居期不超过十几天，个别达20天，一旦出现少数新菌型时，新者全部替代旧者，如不停流动的大江，后浪推前浪，这种血清型的变化与局部免疫现象密切有关。也就是说肠菌群在菌属或菌种上是相当稳定的，实际肠内常住菌的血清型是处于不断更新和变化着的，肠内常住菌的稳定性是相对的，有条件的。所以，作为肠道正常菌群的研究，不仅要

在菌群正常值和比例等数量上进行，这当然是重要的，而且要深入到各个菌属、菌种，尤其是血清型的周期性的动态的更新研究，才能进一步揭示肠菌群间，以及与宿主间复杂的生态学关系，促进菌群调整疗法的进一步开展。

肠道菌群中拟杆菌属细菌对宿主的生理意义

关于肠道菌群的生理意义已有报告综述[27]，本文想补充有关拟杆菌属细菌对宿主的生理意义的研究。

1. 营养作用：有报告[18]指出，拟杆菌属中产生琥珀酸拟杆菌 (*B. succinogenes*) 和栖瘤胃拟杆菌直接参与人不能消化的纤维素，果胶等物质的降解，而形成能被人所利用的有机物等。此外，大肠杆菌和拟杆菌等可合成叶酸[19]。

2. 胆汁代谢和胆固醇代谢：与其他肠内菌群一道，拟杆菌属的细菌如脆弱拟杆菌等既具有形成结合胆酸盐能力[20]，又具有分解胆酸盐能力[21, 22]。如脆弱拟杆菌、吉氏拟杆菌、多形拟杆菌、卵形拟杆菌等，可能使结合胆酸盐降解为游离胆汁酸，以及在碳7位上脱羟基，3、7或12位碳上将羟基氧化形成脱氧胆酸和石胆酸等，脆弱拟杆菌具有这种分解作用的酶被纯化了，脱羟基作用的酶活力也在拟杆菌许多菌种中被确定[22]。此外，体内合成胆固醇有一半以上是在肝脏内分解成胆汁酸，因此人体肠道内拟杆菌与其它肠道菌一起参与胆固醇的代谢，当然有关这些转变过程中的酶知之甚少[21]。

3. 微生物间的拮抗作用：肠道正常菌群不仅其内部成员间有共生和拮抗作用，而且对外来致病菌的入侵也有拮抗作用。有报告指出[23]拟杆菌、肠球菌等对福氏痢疾杆菌有拮抗作用。也就是说肠内包括拟杆菌在内的厌氧菌，又直接或间接的影响着宿主的防御机能如定居耐性(*colonization resistance*, CR)[24]。定居耐性是指肠道厌氧菌群有选择性地抑制需氧菌（包括兼性厌氧菌）的作用。迄今为止，CR机理只有部分了解如肠粘膜张力，肠道蠕动，一些挥发性脂肪酸(VFA)，而这些都是间接或直接地被肠道菌群中占99%以上的厌氧菌部分[25]所刺激或产生的。因此可以说厌氧菌在肠道菌群内需氧的潜在性致病菌的组成方面起着重要作用。而肠菌群中需氧菌（包括兼性厌氧菌在内）有很大一部分是潜在性致病菌，人类许多感染性疾病来源于肠内、口腔、尿道或阴道等处的潜在性致病菌。还有一点要提及，就是目前关于

感染性疾病治疗有两种观点，一种[24]是不断寻找高效的抗生素物质，准确、有效的杀灭入侵机体的病原菌，或用有效的抗生素物质选择性杀灭潜在性致病菌（即选择性去污染），提高机体的CR，抵御外来菌的入侵等。另一观点[26]是主张采取菌群调整疗法，使平衡失调的肠菌群得以恢复，完善机体的CR，使入侵外来致病菌不能定居、增殖或被拮抗、排斥，这两种观点是相辅相成的，我们既要不断寻找新的高效抗生素杀灭入侵的外来菌，又要有效地调整肠内等处的正常菌群，使外来菌不能定居、增殖而被排斥。（当然还应包括菌苗等治疗方法）

此外，作为肠菌群主要成员的拟杆菌属在免疫、生长发育、衰老等方面意义就不赘叙了。

肠道菌群中拟杆菌属的病理作用

1. 拟杆菌作为条件致病菌引起临床感染症：这方面已有许多报告。就菌群失调来说主要有定位转移、比例失调、自身感染三种形式[27]。定位转移即正常菌群由某种原因离开原来栖息场所到达其它部位寄生而致病。如有人报告[28]在胆道感染中，约50%的是厌氧菌感染，其中大多数是脆弱拟杆菌群（下消化道向上消化道移位）。在吸入性肺炎中，90%检材分离出厌氧菌，其中主要是产黑色素拟杆菌 (*B. melanogenicus*)、口腔拟杆菌、脆弱拟杆菌等（口腔向肺部移位）。还有材料[29]说明厌氧菌在妇科感染率高达32~48%，其中尤以子宫颈癌的继发感染占的比重大（81.2%），所分离的厌氧菌主要是拟杆菌、消化链球菌(*peptostreptococcus*)等。比例失调是指正常菌群由于长期共生、彼此协调的生态平衡被破坏而造成比例的变化。包括可逆的，稳定的慢性失调及菌交替症等。笔者[13]曾观察到在急性腹泻病人中需氧菌肠杆菌增加，拟杆菌、肠球菌减少，与正常人相比出现比例改变现象，以及福氏痢疾杆菌感染病人中出现拟杆菌减少，福氏痢疾杆菌占优势的菌交替症。自身感染是指正常菌群在生态平衡失调时引起的感染现象。有报告[30]指出，13种临床检材中最常见的厌氧菌中，依次为脆弱拟杆菌、消化球菌、产黑色拟杆菌、消化链球菌、痤疮棒状杆菌 (*propionibacterium acnes*)、多形拟杆菌等等被检出。上野[4]从临床检材中所分离932株厌氧菌中，拟杆菌占35%为第一位，内中84%是脆弱拟杆菌，其中又以脆弱拟杆菌，多形拟杆菌最多见。

2. 拟杆菌对抗生素耐性和传递：拟杆菌属如脆弱拟杆菌临床检材检出率高达51~78%，对于许多抗生

素都具有耐性如青霉素、新霉素、卡那霉素、万古霉素、多粘菌素、氯霉素、四环素、链霉素等等，造成治疗上极大困难。其耐药机制与拟杆菌含有耐药质粒[38]，或菌体的酶如头孢素酶和 β -内酰胺酶等[32]，或抗生素如氨基糖苷类药物不能进入菌细胞即不能到达所作用的靶有关[33]等。同时拟杆菌含有的多种抗生素耐药性质粒即R-因子可传递给其它的致病菌，如黄褐拟杆菌(*B. ochraceus*)将氯霉素、四环素、卡那霉素等耐药性质粒传递给大肠杆菌等[34]，使后者获得耐药性，进一步造成对宿主的严重感染。

因此，拟杆菌的致病性应包括两方面内容：它自身可作为条件致病菌而引起内因性感染症，同时它们能充当抗生素敏感菌保护者[32]或直接将耐药性质粒传递给其它致病菌，使后者获得耐药性而造成宿主的严重感染。

3. 拟杆菌与人类癌症：大多数人类癌症与环境因素有关，其中细菌可能起中介作用[40]。特别是大肠癌，拟杆菌与其它肠菌群一起能把某些化合物代谢形成致癌因子或辅助致癌因子，如[35]在有仲胺与亚硝酸盐存在时可合成亚硝酸胺，若未被胃或小肠吸收直抵大肠后可诱发大肠癌。又如胆固醇的代谢产物胆汁酸具有促进致癌物作用的性质，初级胆酸和次级胆酸都能促进N-甲基-N'-硝基-N-亚硝酸胺基脲(MNNG)的致肠癌作用。还如酪氨酸代谢产生的酚类[21]，以及多形拟杆菌等[36]分解色氨酸形成吲哚类物质都具有辅助致癌作用。在研究食饵—肠菌群—癌的关系中，有报告说由膳食摄入的复合致癌物，由肠菌群的细菌酶的作用，而释放出活性成分可致癌。如苏铁苷[35]，经肠菌群 β -糖苷酶作用，释放出甲基氧化偶甲醇(MAM)可引起肝、肾和肠癌。又如2'，3-二甲-4-氨基联苯在肝内羟基化并与葡萄糖醛酸结合，进入肠道后由肠道细菌的 β -葡萄糖醛酸苷酶的水解作用释出终极致癌物等。还有，拟杆菌关于把多环芳香族碳氢化合物、偶氮化合物、2-胺荧素等直接合成为致癌化合物的极告[37~39]。当然，肠内拟杆菌与其它肠菌群一起引起结肠及其他癌症的实际作用还是不清楚的，尽管流行病学资料指出食物—肠菌群—结肠癌发病率之间有关系，还不能作为肯定的病因关系，许多问题尚待更深入地研究。

小 结

革兰氏阴性无芽胞厌氧杆菌拟杆菌属，作为人肠道菌群的主要成员之一，既具有对宿主的营养、代谢、

生长发育、免疫等生理作用有利的一面，又可以作为条件致病菌、或充当抗生素敏感菌“保护者的角色”、或将耐药性质粒传递给其它病菌，还参与致癌作用等对宿主有害的另一方面，因此开展对拟杆菌属的广泛研究，不仅对肠道菌群的生态学，而且对临床医学也具有重要的意义。有关最近对拟杆菌属的血清学以及代谢过程也有很多报告，限于篇幅此处从略。

(本文承蒙导师刘秉阳教授指导，特此致谢)

参 考 文 献

1. Macy JM: Am Rev Microbiol, 33: 563, 589, 1979.
2. 山中圣敬: 最新医学, 33(10): 1994, 1978.
3. Bartlett JG et al: Rev Infect Dis, 11: 399, 1979.
4. 上野一惠等: 临床病理(特集), 37: 49, 1979.
5. Holdeman LV et al: Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, p 384-404, 8th ed, Washington DC, Am Soc Microbiol, 1974.
6. Holdeman LV et al: Anaerobic Laboratory Manual, p 152, 4th ed, Virginia Polytechnic Institute and State University, 1977.
7. 光岡知足: 肠内菌の世界，嫌气性菌の分离と同定，从文出版社，1981。
8. Lambe Jr DW et al: Anaerobic Bacteria Selected Topics, p 29, New York Plenum Press, 1980.
9. Socransky SS et al: Arch Microbiol, 122: 29, 1979.
10. 来匡逮等: 遵义医学院学报, 9: 57~61, 1977.
11. 康白等: 对慢性腹泻病人菌群失调的研究，全国正常菌群SpA学术讨论会论文，(待发表)1981。
12. 张旭帆等: 我国儿童成人的粪便中主要菌群及在儿童腹泻时有关细菌变动情况，待发表，1981。
13. 熊德鑫: 人下肠道中拟杆菌属几个微生物学问题的探讨，内部资料，1981。
14. Duerden BI et al: J Med Microbiol, 13(1): 69, 1980.
15. 光岡知足: 微生物の生态(6), p 130, 东京, 学会出版社, 1979.
16. 光岡知足: 肠内细菌の话, p 103~113, 第6版, 东京, 岩波书店出版, 1980。
17. 方定一等: 正常仔猪在哺乳期间肠内大肠杆菌血清型定居与交替情况，全国正常菌群SpA学术讨论会论文，1981。
18. Wojciechowicz M: Acta Microbiol Pol Ser A, 4: 189, 1972.
19. 户田忠雄等: 户田新细菌学, p 421, 第27版, 南山堂出版, 1978。
20. 小泽敦等: 临床细菌学, p 240, 讲谈社サイエンティフィク出版, 1978.
21. Drasar BS et al: Human Intestinal Flora, New York, Academic, p 263, 1974.
22. Stellwag EJ et al: Biochem Biophys Acta, 452: 165, 1976.
23. 小泽敦: 临床检查, 23: 349, 1979.
24. Waaij DVD: New criteria for antimicrobial ther-

- apy, maintenance of digestivetract colonization resistance, Proceedings of a Symposium Utrecht, January, p 447-477, 1979.
25. 小泽敦: 最新医学 33(10): 2009, 1978.
26. 魏曦: 我国对菌群失调与菌群调整疗法的研究, 第七届国际悉生动物研究会论文, 1981。
27. 康白: 流行病学杂志, 1(2): 126, 1980.
28. 岛田馨: 感染症学杂志, 52(5): 119, 1978.
29. 松田静治: 临床病理, 25(9): 709, 1977.
30. Taylor NS et al: Rev Infect Dis, 1: 379, 1979.
31. Silver RP et al: J Virol, 15: 894, 1975.
32. Hackman AS et al: Arch Oral Biol, 21: 385, 1976.
33. 包幼迪: 国外医学, 微生物学分册, 3(1) 26, 1980.
34. Guiney DG Jr et al: Nature, 274: 181, 1978.
35. 来匡述: 大肠菌丛与大肠癌, 全国正常菌群学术讨论会论文, 1981.
36. Chung K T et al: J Natl Cancer Inst, 54: 1073, 1975.
37. Renwick AG et al: Nature, 263: 234, 1976.
38. Chung K T et al: Appl Environ Microbiol, 35: 558, 1978.
39. Moore WEC et al: Am J Clin Nutrit, 27: 1450, 1974.
40. Alcantara EN et al: J Clin Nutrit 29: 1035, 1976.

四种烟炮烟熏鼠洞灭鼠灭螨效果观察

南京军区后勤部军事医学研究所 吴光华 孟庆泗 张炳根 周方平 李法卿

1971年12月至1972年9月, 安徽城西湖、丹阳湖两农场在预防流行性出血热中, 多次使用氟乙酸钠毒饵杀灭黑线姬鼠后, 鼠产生了明显的拒食性。为解决这一问题, 除交替使用灭鼠剂外, 1972~1975年, 我们先后对四种烟炮的灭鼠、灭螨效果进行了观察。

材料: 80% 敌敌畏乳剂, 济南军区后勤部“五七”农药厂制品; 6% 可湿性六六六粉无锡农药厂制品; 硝酸钾, 芜湖化工厂制品; 硝酸铵, 南京化学工业公司制品, 以及木屑、报纸等。

配方: 四种烟炮配方如下

1. 硝酸钾六六六烟炮: 硝酸钾44%, 六六六粉6%, 木屑50%, 每支20克。

2. 木屑烟炮: 硝酸铵50%, 木屑50%, 每支25~50克。

3. 硝酸铵六六六烟炮: 硝酸铵45%, 六六六粉10%, 木屑45%, 每支20克。

4. 敌敌畏烟炮: 硝酸铵40%, 敌敌畏20%, 木屑40%, 每支15克。

制作方法: 将烟炮各成分按比例拌匀, 装入用报

纸卷成的小圆筒(直径约2厘米, 长约10~15厘米)中, 压实, 封口即成。为便于点燃, 在烟炮一端插入一长约3~4厘米的引信。如无引信, 可将多孔纸浸泡于饱和硝酸钾溶液中, 晒干后搓成纸捻使用; 也可将纸筒的一端浸入加有墨水的饱和硝酸钾溶液中再晾干, 用时点着色部分。

使用硝酸铵作助燃剂的烟炮, 因易潮解, 应现配现用, 或配好后放于塑料袋内扎口保存, 引信亦应在临用时插入。

使用、观察方法: 在条田埂上选择较新鲜黑线姬鼠洞, 留迎风低位的洞口作烟熏, 其余洞口用泥土严密堵塞。将烟炮点燃后放入洞内, 再加泥土堵塞打实。烟熏5分钟后, 挖洞检查洞内鼠的死亡情况。同时, 将窝草和窝底浅层土屑装入小布袋内扎口带回, 抽查部分烟炮的灭螨效果。

结果: 四种烟炮烟熏鼠洞灭鼠效果均较好, 有效洞率在85.7~95.7%, 灭鼠率在81.4~91.1%; 灭螨仅敌敌畏烟炮有显效, 其它三种烟炮均为弱效或无效(附表)。

附表

四种烟炮烟熏鼠洞杀灭黑线姬鼠及革螨的效果

烟炮种类	灭鼠效果						灭螨效果			
	有鼠洞数	有效洞数	有效洞率(%)	挖获鼠数	死鼠数	灭鼠率(%)	检查洞数	显效洞数	中效洞数	弱效或无效洞数
硝酸钾六六六烟炮	70	67	95.7	237	216	91.1	10	0	0	10
木屑烟炮	30	26	86.7	56	48	85.7	5	0	0	5
硝酸铵六六六烟炮	30	27	90.0	97	79	81.4	10	0	0	10
敌敌畏烟炮	42	36	85.7	65	57	87.6	25	22	3	0

注: 有效洞率: 洞内有死鼠即为有效; 显效: 窝草螨大部分死亡; 中效: 窝草螨约半数死亡; 弱效或无效: 窝草螨仅有少数死亡或无死亡。