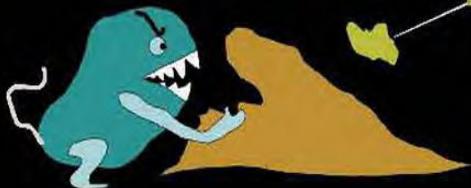
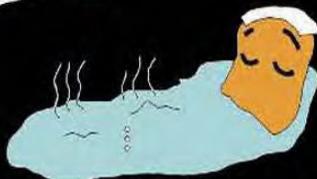
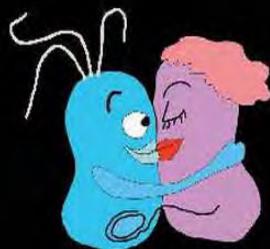
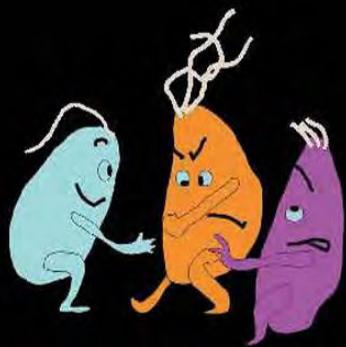


細菌的世界 Bacteria

陽明大學生化所教授、前陽明大學副校長

徐明達

黑死病、霍亂、癩瘡、肺結核……
這些可怕的疾病讓全世界聞「菌」喪膽，
不過細菌可不只會使人生病，
沒有細菌，我們就活不下去！



序言 8

推薦序

大自然微小卻深刻的角色——何曼德 10

與萬物息息相關的小生物——彭汪嘉康 14

小小細菌藏匿的生活智慧——黃崑巖 17

讓科學說中文的最佳示範——周成功 19

前言

還細菌一個公道——徐明達 22

part 01 細菌發現的前奏曲——西方醫學革命 27

黑暗中的第一線曙光——希波克拉底的自然醫學 28

失落的古代埃及醫學傳統 32

理性醫學的興起：西方醫學的革命 37

西方醫學革命的本質 46

中國實驗醫學的興衰 47

part 02 細菌的發現及細菌學的建立 51

一位詩人及反叛煉金術家的洞燭機先 52

古代中國的傳染病觀念 55

part
03

無所不在千奇百怪的細菌

101

- 見到了！——顯微鏡的發明及發展 56
- 細菌的重新發現——發酵的故事 60
- 細菌也有父母嗎？——細菌的生命論爭 63
- 病源及流行病學觀念的建立——斯諾和霍亂 68
- 消「毒」觀念的建立——一個婦女救星的故事 74
- 一個鄉下窮醫生的劃時代實驗——科克與炭疽熱 81
- 馬鈴薯片的故事——細菌也有「種別」 89
- 免疫學的建立——巴士德發明疫苗 95

part
04

細菌的構造及繁殖

119

- Jurassic Park 恐龍時代的細菌復活了！ 102
- 最大和最小的細菌——懷孕細菌及聖誕紅的故事 103
- 到處都是細菌 105
- 細菌的構造 120
- 孢子：細菌長生不老存活的秘訣 136

part
05

人也做、鳥也做、蜜蜂也做，細菌也做的行為——交媾 139

細菌如何生兒育女？ 140

傳宗接代物質的發現：DNA 的故事 141

細菌交媾：一個猶太學生的偉大發現 146

異類交媾 153

part
06

細菌的社會行為：語言、暴力、共生 155

細菌的社會語言 156

生物膜——一個複雜的細菌城市 158

「多細胞」細菌社會——多細胞生物的前驅 164

part
07

與我們共生的細菌 173

我們身上長滿了細菌！ 174

幫助我們消化食物的細菌 175

在胃裡寄生的螺旋桿菌 183

在我們皮膚上的細菌——調情聖手 188

造成口臭及齲齒的口腔細菌 192

part
08

自然界有趣的細菌共生現象

201

與海中生物共生的細菌

202

替植物生產氮肥的共生菌

205

與昆蟲共生的細菌

210

幫助食草動物消化的共生細菌

218

其他共生

221

變成細胞能量工廠的細菌

228

part
09

細菌怎樣讓我們生病

233

細菌入侵的策略

234

細菌致病的原因

236

為什麼有人容易得到細菌感染？——感染的遺傳因素

238

細菌感染的病徵

239

環境和細菌引起的疾病

242

寄居我們鼻腔裡的細菌

199

200

- 五合一疫苗預防的細菌疾病——百日咳 246
- 五合一疫苗預防的細菌疾病——白喉 248
- 五合一疫苗預防的細菌疾病——破傷風 251
- 五合一疫苗預防的細菌疾病——b型嗜血桿菌引起的肺炎及腦膜炎 252
- 尿道感染 252
- 退伍軍人症 254
- 婦女衛生棉栓產生的中毒性休克症候群 257
- 敗血症 262
- 肺結核：肺癆美學 263
- 細菌性肺炎 269
- 斑疹傷寒症：打敗拿破崙的小細菌 271
- 梅毒 274
- 淋病 281
- 霍亂 283
- 黑死病 289
- 傷寒——殺死亞歷山大大帝的細菌？ 292
- 瘋瘋 293
- 披衣菌引起的沙眼及性病 298

part 11 治療細菌引起的疾病 301

魔術子彈——治療細菌感染藥物的發現 302

磺胺藥的發現 305

盤尼西林抗生素的發現 309

鏈黴素發現的故事 319

超級病菌：醫療的新危機 321

對抗超級抗藥細菌的策略 329

part 12 食物及細菌 333

美味又營養的「細菌製」食品 334

食物被病菌污染中毒事件 345

part 13 會替我們賺錢的細菌：生物科技 355

採礦的細菌 356

偵測與清除環境污染的細菌 358

製造環保原料的細菌 364

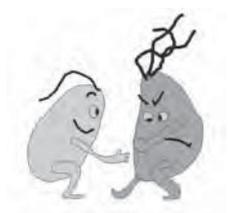
能治病與美容的細菌 368

細菌生物科技 371

part

07

與我們共生的細菌



1——我們身上長滿了細菌！

你知道嗎？我們身體上所有的細胞有九十%是細菌！我們身上到底帶有多少細菌？說起來是很嚇人的，口腔內大概有一百億的細菌，表皮上大概有一兆的細菌，而腸胃裡更是多得驚人，大概有一百兆之多！這比我們身體的細胞數還要多十倍。我們的手上每平方公分有四萬到幾百萬個細菌，頭皮上每平方公分有一百萬個細菌，腋下每平方公分有五十萬個細菌，而肚皮上每平方公分也有四萬個細菌。你會不會覺得奇怪？既然已經每天都用肥皂洗澡了，為什麼還會有這麼多的細菌在皮膚上呢？這是因為這些細菌都是用許多特殊的表面分子牢牢的黏附在我們表皮細胞上面（這種自然界經長久演化發展出來的黏著劑，其實是一種高級的奈米技術，很值得對奈米生物科技有興趣的人去探討），而且不同的細胞所用的黏附分子也不一樣。有人曾經做過實驗，請人每天刷牙洗身體連續三個星期，結果身上細菌數目並沒有什麼太大的改變，其實第一次洗的時候，細菌數目都會降低一些，這是因為我們皮膚上面通常有兩層細菌族群，有貼得很牢與我們長期共生的細菌及臨時附在我們身上的細菌（比如你用手去開門時臨時附著在你手上的細菌），當我們洗澡或洗手時，上層附著不很牢的細菌很快地就會被洗掉，但牢牢貼在我們皮膚上與我們共生的細菌則很不容易洗掉，甚至用九十五%酒精連續清洗，仍然還會有些細

菌留在皮膚上。另外你可能不知道，當你用肥皂洗手時會有小水滴噴出來，這些水滴裡會含有你的上皮細胞和活的細菌。

2 — 幫助我們消化食物的細菌

我們的消化道裡布滿了細菌，最多的是在我們的大腸裡，大腸裡有五百多種細菌，而且數目很驚人，大約有一百兆之多，是我們整個身體細胞數目的十倍，重量超過一公斤！這些細菌是我們生命的共同體，沒有這些細菌食客，我們恐怕還無法生存呢。這些細菌的種類及數目會隨著我們的年齡、飲食習慣、文化背景及生活習慣而有所不同，最近歐盟的研究甚至發現：沒有兩個人的腸道細菌是一樣的。

在胎兒的時期，身體基本上是无菌的，但一旦出生接觸到母親的生殖道及外界，就開始有細菌在大腸寄居，開始時細菌種類比較複雜，但出生一個星期後，細菌的組成就會穩定下來，嬰兒大腸細胞表面會作出一些特別的多醣體，來引誘一些特定可以幫助我們消化多醣體的細菌食客在我們腸子裡生存，這些細菌的種類和初期嬰兒的飲食很有關係，用母乳餵食的嬰兒，因為母乳裡面含有乳酸菌，而且母乳的成分會促進乳酸菌（好的細菌，因為會產生酸性抑制有害細菌的生長）的生長，因此腸內主要是這種細菌，而用奶粉餵食的嬰兒，腸內細菌的組成就比較複雜，而且排出的糞便中，有害物質的成分

也比較高。嬰兒出生的環境及生產狀況也會影響嬰兒腸內細菌的組成，在醫院出生的嬰兒，腸內乳酸菌數目就比較不確定；剖腹生產的嬰兒，因為是在無菌情況下生產，腸內細菌的產生比較慢，而且會受到出生後接觸環境的不同而產生不同的細菌組成。早產兒也因為是在無菌環境下及打抗生素，使得腸內細菌的產生也比較慢。因為腸內細菌會影響大腸的功能及免疫反應（見下文），因此出生後，嬰兒腸內細菌的種類及數目對於嬰兒的健康相當重要，最近科學家更發現腸道細菌也會影響小鼠大腦的發育及行為。從這些發現來看，腸道細菌並不只是好吃懶做的食客，它們已經是我們的共同工作伙伴。

腸內細菌的組成對於老年人的健康相當重要，最近研究發現，隨著年紀的增長，糞便中乳酸菌的數量會越來越少，而其他類的細菌卻增多了，這種變化會讓老年人的腸子更容易受到病菌的感染，有人就建議可以用補充乳酸菌的方式來防止腸的疾病。

這些和我們共存的細菌會幫助我們消化在小腸沒有完全分解的食物，例如含有多醣類的分子的植物可溶性纖維，以及腸子代謝出來的多醣體，就無法在小腸裡用我們分泌的酵素去分解，而必須依靠大腸裡的食客幫忙，用它的拿手本領——發酵反應，把多醣類轉換成小的脂肪酸，這些脂肪酸可以作為我們的養分，讓我們可以吸收。其實細菌是可以把多醣體食物完全分解變成二氧化碳，來吸收食物中的所有化學能；如果這樣的話，我們就沒有東西吃了。但是因為在大腸的無氧狀態下，細菌的分解反應只作了三分

之一，因此我們只給替我們辛苦工作的細菌伙伴三分之一的收入，其餘三分之二我們就拿來自己用了，因為我們在小腸裡已經吸收很多養分，這些脂肪酸只代表我們一部分的養分，但對食草動物而言，這些脂肪酸的養分就佔了一個很大的比例，在腸道裡的細菌也會製造維他命K、B12及其他我們需要的養分。

脂肪酸也會形成膠狀，像潤滑劑幫助我們的糞便變成又濕又軟容易排出，而且這些膠狀的脂肪酸可以保護我們的腸壁及神經末梢，避免受到食物中不能被消化的粗纖維的刮傷，造成病菌及其他微生物的感染，產生發炎及更嚴重的急性感染，保護腸壁上末梢神經也是非常重要，因為一旦神經受損，我們的神經就無法控制腸子的蠕動，造成便秘及排便的不正常，而且糞便在腸內停留太久不但使糞便因被大腸脫水變硬，排出困難，而且糞便中的有害物質也會被腸子吸收，造成我們的傷害，最近的研究證實，大腸的慢性發炎及便秘是大腸癌的重要因素，而長期吸收有害的物質當然會造成許多、包括各種癌症的慢性疾病，這就是為什麼醫生要大家多吃高纖維的食物來避免得到癌症，其實高纖維食物裡面含有兩種纖維，一種就是我們上面所提到的可溶性纖維（如穀、豆類食物，其中燕麥的量最多，大約是十四%，但這些食物的纖維量都不夠高，白米及麵包則完全沒有，水果中蘋果含量很高，而根類食物的含量更高，含量最高而又沒有熱量的是蒟蒻），另一種是不可溶性纖維（如青菜的纖維）。可溶性纖維還可以降低葡萄糖的吸收，

有助於糖尿病人血糖的控制，可溶性纖維也會和膽固醇的代謝物結合，把這些物質排出體外而使肝臟從血液中吸取膽固醇，造成降低血液中的膽固醇的效果。不可溶性纖維其實對於大腸的運作也很重要，這種纖維在大腸內會吸水膨脹，使糞便體積增大以刺激大腸的蠕動。

在富有的社會，人們吃的食物的營養基本上可以經由小腸的消化得到，但貧窮地區的食物大部分是含有多醣類的植物，因此大腸的功能就很重要，但富有地區的食物含有太多的脂肪及蛋白質，含有纖維的食物相對較少，過多的脂肪及蛋白質使得食物無法在小腸內被完全分解及吸收，剩餘的脂肪及蛋白質到了大腸，就在那裡被細菌發酵，這些發酵反應會產生一些有害的副產物，對我們產生傷害，而且細菌有了其他好吃的食物，對於從可溶性纖維製造對我們有利物質的工作就比較疏忽了。高脂肪食物也會造成大量膽汁的分泌，這些膽汁會被細菌轉化成性荷爾蒙，被腸子吸收進入血液，而和膽汁結合的性荷爾蒙也會被細菌釋放出來回到血液裡面，造成荷爾蒙量的上升，產生性早熟及各種疾病，最近臺灣婦女性早熟及早發性乳癌都有上升的趨勢，可能就和飲食中高脂肪食物有關。

最近的研究也發現大腸裡的細菌會幫助幼兒的腸子發育，科學家用小鼠做實驗，發現在無菌的狀況下，剛出生小鼠大腸的微血管無法形成，沒有這些血管，腸道就無法

吸收水分、礦物質及養分，這些微血管的形成是要靠一種特殊的細菌，而細菌也會協助腸細胞的分化，因此沒有這些食客的幫忙，我們的大腸可能無法有效運作，因此若故意讓動物的大腸沒有細菌，那麼動物勢必要吃更多的食物才有足夠的營養。另外，腸內的細菌也會幫忙我們抵抗入侵的病菌，首先，我們腸子裡面的共生細菌食客會去「教育」初生嬰兒的腸子免疫系統，它像一個反間諜一樣，會告訴我們腸子的免疫系統什麼是細菌，以及如何去對抗入侵的細菌，因此當動物的腸子裡沒有細菌的時候，腸子內特有的免疫組織沒有這些細菌教官的諄諄教誨，就會發育不全，無法有效抵抗病菌的入侵，而且這些細菌食客會驅趕外來的細菌，使這些外來的細菌無法在我們腸子裡停留對我們造成傷害，可以說已經是我們的傭兵了。這些細菌因為在我們一出生時就跟我們在一起，而且這些細菌也會和免疫系統溝通，因此我們的免疫系統只是對它們保持監視而不會去傷害它們。

細菌調控腸內免疫系統對於食物敏感很有關係，因為在嬰兒腸內免疫系統發育過程中，細菌的 DNA 及脂多醣 (lipopolysaccharide) 會抑制和敏感反應有關的 E 型抗體的產生，而且細菌會很快分解食物中的高分子，減少這些分子引起過敏反應的機會。最近就發現，西方國家對食物敏感比例比較高的主要原因，是因為嬰兒衛生條件太好，造成腸內細菌不足及細菌組成的變異，使得腸內免疫系統對於某些食物的過度反應而產生食

物敏感。有人就用我們腸內的大腸桿菌或乳酸菌給剛出生的嬰兒吃，結果發現，這些嬰兒長大後對食物的敏感，比沒有食用大腸桿菌嬰兒少得多。同樣的，腸內的好細菌也會減少大腸的發炎反應，但有些人的免疫系統，則會對腸內某些類的細菌產生過度免疫反應而產生大腸炎，醫生現在正嘗試用好細菌來調節反應過頭的免疫系統，或者用特定的抗生素，減少會引起發炎反應的細菌，來治療這個疾病。

食物中的蛋白質養分太高會造成小腸細胞的生長及死亡，這些死亡的細胞的蛋白質及食物的蛋白質，含有高量的色氨酸（tryptophan），色氨酸在大腸裡會被細菌分解成一種有臭味的化學物質（skatole，這是造成我們糞便臭味的揮發性有機化合物，也是口臭的成分之一），這個化合物會經由大腸吸收到脂肪及血液裡面，因此若養豬的飼料蛋白質太高，會造成豬肉有一股不好聞的味道，所以飼料的選擇對於豬肉的品質相當重要，有的生技公司就針對這個問題，用基因改良的方法使 skatole 在體內可以被有效地分解，生產不會有臭味豬肉的豬種，這種豬還有一個好處，就是它的排泄物不會那麼臭。

人類消化系統的構造其實是比较像素食動物，有一個很長（因為需要吃很多植物）、含有可以分解植物纖維細菌的大腸，而食物通過這裡的時間也很長（三十八至四十八小時），很像素食動物。在素食動物中，為了有效消化植物纖維，還特別設計出「反芻胃」（相當於把我們的大腸先接到食道，見下一章）。相對的，肉食動物消化器官主要是胃

(佔消化系統體積的六十%至七十%；我們胃的比例大概只有百分之二十幾)，這是因為肉食動物需要一段時間才可以吃到肉，因此要有一個體積大的胃去容納大量的肉，並且在胃部分解肉類，肉食動物因為不需要消化植物纖維，因此大腸又短又直，其實大腸對於肉食動物的營養吸收並不是非常重要，主要是用來吸收鹽分及水，並且用來排除廢物，食物通過大腸的時間就短得多(二到六小時)，肉食動物的胃的酸度(pH=1)或更酸，像鱷魚及禿頭鷹的胃酸可以消化整根骨頭)，比我們胃的酸度(pH=4~5，像素食動物)高出很多，因此幾乎沒有細菌或病毒可以存活，這就是為什麼一些專吃屍體的腐食動物，像禿頭鷹，可以吃含有很多細菌的腐肉及生的內臟而不會生病的原因，這些腐食動物還有一個本事，就是不怕細菌產生的毒素，它們都已帶有抵抗細菌毒素的抗體；土狼還有一個特別的偵測器，當食物裡有它不能對抗的毒素的時候，就馬上通知腦去引發嘔吐的動作把毒素排掉，禿頭鷹的尿管則會直接把尿排在腳上，因為尿的酸性很高，禿頭鷹就用這個方法來消毒那沾滿屍菌的雙腳。

相對於大腸，我們的小腸裡面的細菌就少了很多(每CC有一百萬細菌，大約只有大腸細菌濃度的百萬分之一)，這主要有兩個原因，第一、小腸緊接著胃，由胃來的胃酸使細菌不容易在這裡生存。第二、小腸裡的流量及流速都比較大(食物通過小腸大約需要三到五小時，通過大腸則需要一到兩天)，細菌不容易附著，而且小腸是我們主要分解

食物及吸收養分的地方，我們絕不會允許細菌在這裡搶我們的食物，但小腸的乳酸菌卻會幫助小腸維持酸鹼度、吸收養分及促進小腸的蠕動，驅趕不好的外來細菌及製造維他命B。

但是如果小腸內的細菌大量生長，會產生大量氣體及造成肚子疼痛、滿肚子氣、多便、下瀉或便秘等症狀，而且會破壞膽酸，妨礙脂肪及其他養分的吸收，造成營養不良。

放屁！

當食物在大腸裡被細菌發酵時就會產生氣體，這些氣體和吞食食物時候一起吞進去的空氣一起放出來，就是俗稱的放屁，正常人一天大概會分十幾次放出總共半公升的屁，但豆類及菇類食物中含有很多我們小腸無法消化的醣類物質，這些醣類在大腸內被大腸細菌發酵就會產生很多氣體，這就是為什麼吃了太多花生會一直放屁的緣故（減少豆類醣分子的方法是先讓它發芽，因此吃豆芽菜就不會放屁），有很多人不能消化牛奶裡的乳糖，因此在喝了牛奶以後乳糖無法被小腸吸收，而被大腸裡的細菌發酵分解，產生大量的氣體，因此這些人會覺得脹氣並很會放屁或打嗝，當然吃飯吃太快或一面吃一面高談闊論，也會因為吞了太多空氣而多放屁（所以講話講太多的人被說成喜歡放屁，是有科學根據的），屁的成分除了主要是空氣之外，就是發酵反應產生的二氧化碳、氫、甲烷、及有臭味的硫化物和有機化合物，放的屁會不會臭和你吃的食物及腸內細菌的組成

有關，像蛋、肉及芥藍、大蒜之類含硫的食物，就比較會產生臭屁，這些發酵產生的氣體會被腸子吸收，被吸收的氫氣會由血液經過肺部從口吐出來，因此測量吐氣時氫氣的濃度，可以用來研究我們消化道裡的狀況，會脹氣的人是因為腸子的蠕動不正常，使腸內氣體跑到胃裡的緣故

3 一在胃裡寄生的螺旋桿菌

你知道嗎？世界上三十%到五十%的人胃裡也有叫作幽門螺旋桿菌的細菌寄居在裡面，感染這個細菌和年紀及經濟條件有關，小孩的感染率通常都很低，年紀越高感染率也越高，在西方國家四十歲以下的人感染率是二十%，但大於六十歲的老人大約有五十%受到感染，但開發中貧窮國家的人到了五歲已經有九十%的人受到感染，像中國大陸七十%到八十%的人口就有這種寄生細菌，在臺灣五歲小孩大約有八%受到感染，但青少年感染率就增加到三十二%（若用敏感的PCR檢測則高達七、八成）。有的人比較容易受到這種細菌的感染，其中一個主要的因素就是個人基因的差別。

幽門螺旋桿菌和胃病，如胃潰瘍、胃炎及胃癌，有密切的關係。這個現象是在一九八三年，兩位澳洲的科學家：華倫（Robin Warren）及馬歇爾（Barry Marshall）在胃潰瘍病人的胃裡面發現的。華倫是一位病理學家，一九七〇年末，他在胃潰瘍病人的檢

體看到一種彎曲的細菌，他注意到這種細菌的數目越多，發炎也越嚴重，因此他認為這種細菌可能是造成胃潰瘍的病源，但沒有人相信他的說法，因為在胃酸裡面怎麼可能有細菌的感染呢？而且當時大家都認為胃潰瘍是因為胃酸太多、精神壓力太大或吃太多辛辣食物引起的。華倫正不知如何證明他的理論的時候，剛好醫學院學生馬歇爾到他那裡實習，華倫就把這個工作交給馬歇爾去做，像以前科克那樣，他要馬歇爾先培養及純化這個細菌，他們試了一年多，但都無法培養出這個細菌，有一次因為復活節大家都去度假，實驗室沒有人工作，而培養細菌的溶液放在培養箱裡忘了拿出來，結果在過了一個星期，大家度假回來之後，卻意外的發現細菌居然長出來了！因為這種細菌長得比別的細菌慢很多，一般細菌都是在兩天裡就培養出來，因此他們之前都是兩天內看不到細菌長出來，就以為是失敗了，於是把培養液倒掉。這又是科學史上一個偶然而且好運氣發現的典故。

根據科克制定的法則，他們下一步需要做的是證明這個細菌會引起胃潰瘍或胃炎，但如何作這個實驗呢？年輕的馬歇爾就自告奮勇，他和一位志願者就把培養出來的細菌吞下去！果然一星期後，可憐的馬歇爾就開始嘔吐並產生其他胃炎的症狀了。科克最後的一個證明病源的法則，是從得病的組織裡再培養出同樣的病菌，因此華倫就用內視鏡從他們的胃裡取出發炎的檢體，先確定檢體裡有這種細菌的存在，並再次培養出同一種

細菌。研究至此，這個現在稱為「幽門螺旋桿菌」的細菌，是胃炎的病源已毫無疑問。

但是馬歇爾及這位志願者並沒有產生胃潰瘍，因此他們的實驗並無法證實，這幽門螺旋桿菌是造成胃潰瘍的病源，他們只能用流行病學的方法去間接證明，幽門螺旋桿菌和胃潰瘍的關係，這個結果對於治療胃潰瘍有很大的意義，因為如果胃潰瘍是因為細菌感染引起的話，那麼只要用抗生素去殺死胃裡的細菌，就可以治療胃潰瘍了，但要醫學界接受這個新觀念並不容易，而且製造抗酸劑來治療胃潰瘍的大藥廠，也因為自身的利益去阻礙這種新的治療觀念。美國國家衛生院（NIH）到了一九九四年才承認幽門螺旋桿菌和胃潰瘍之間的關係，但是絕大部分的病人仍然是用傳統的抗酸劑去治療，美國及澳洲也遲到一九九六年才批准用抗生素來治療胃潰瘍。

事實上，華倫並不是第一個在胃裡看到幽門螺旋桿菌的人，一八九二年在義大利的一位病理學家比左階羅（Giulio Bizzozero），首先在胃的檢體裡發現這個細菌，而後來也有不少人在顯微鏡底下看到在胃裡的這個細菌，但都只是看到而已，並沒有做進一步證明這些細菌就是胃潰瘍的病源，而胃潰瘍是感染產生的疾病這種觀念，也早在一八七五年被提出來。而且早在一九四〇年代，在紐約醫院（New York Hospital，康奈爾大學醫學院的附屬醫院）已經有醫生開始用抗生素來治療胃潰瘍，但不久就放棄了。到了一九五八年，有一位希臘醫生萊庫提斯（John Lykoudis, 1910～1980）用抗生素治癒了他

自己多年的胃潰瘍，因此就開始用混合的抗生素藥劑去治療病人，結果相當成功，但當時大藥廠對他的密方都很不感興趣，他送去發表的論文也被雜誌以「不適當」的理由退稿，最後他只好自己出書發表他的治療方法。在這裡，我們看到一個很好的發現被人們的偏見給抹殺了，如果這個發現早一點被接受，不知道會有多少病患能夠受益。

幽門螺旋桿菌也和胃癌有很密切的關係，有受到感染的人得到胃癌的機率是沒有受到感染人的二到六倍。我們的免疫系統一直想除掉這個寄居的細菌，但這個狡猾的細菌有一套對付免疫系統的辦法，它會發出一種信號叫我們的一些免疫細胞去自殺，它也會改變我們免疫系統的作業方式，造成免疫系統的不平衡，使許多免疫警察細胞聚集，但這些免疫警察細胞射出來的子彈不但打不到這個細菌，卻反而傷害到我們自己的胃而產生慢性發炎。我們身體需要常常去修補被自己免疫系統打傷的組織，這些修補的動作，有時候因為細菌引起的干擾而產生失誤，造成修補地方的細胞變成不正常的細胞，而逐漸發展成為腫瘤。但最近的研究也發現，個人的體質也會影響幽門螺旋桿菌對胃的傷害，而且和菌種有關，因此不是得到幽門螺旋桿菌感染的人都會有胃的疾病。

讀者或許會好奇，為什麼這個細菌不會被胃裡的強酸殺死呢？幽門螺旋桿菌其實對酸是相當敏感的，但它有一套對付胃酸的方法，首先它在進入胃以後就會先跑到胃裡面酸性比較低的地方，然後用它的鞭毛和它的螺旋形狀鑽進胃壁的黏液底下，並附著在

胃壁細胞上面，這樣它就不會受到胃酸的傷害，而且它還有一個祕密武器來預防酸的侵襲，當它開始感到週圍環境變酸的時候，它的細胞膜就會開出一個特別的管道，把胃壁細胞做出的尿素吸進細菌內，然後製造一種酵素去分解尿素，這個生化反應會產生鹼性的氫，使細菌內部保持中性，而一旦酸度回歸中性，細菌會馬上把這個中和酸的機器關閉，它也發展出酸不容易穿透的細胞膜，來防止胃酸進入細菌裡面。

幽門螺旋菌還有一個特殊的本領，就是能夠「呼吸」氫氣來過活，這是因為胃裡有很多的氫氣，這些氫氣是大腸細菌在分解醣類時產生的，因此這個細菌就發展出利用氫的還原能力來製造能量的方法。

因為幽門螺旋菌和人類共存的時間非常久遠，而且我們胃裡的幽門螺旋菌都來自母親，因此科學家也用它來了解人類民族的遷移，同一個人種在分開遷移後，不只在形態及語言上產生差異，而且連寄生在胃裡的細菌，也隨著環境改變產生基因上的變異，因此從形態、語言及細菌的異同，就可以找出兩個族群是在什麼時候分開來的。這種研究告訴我們，澳亞人種（*austronesians*，也就是南島民族）在太平洋的遷移分成兩個階段：第一階段大約發生在兩萬至三萬多年前，遷移到澳洲及新幾內亞；第二階段則在五千萬年前，遷移到太平洋各島嶼。

4 一在我們皮膚上的細菌——調情聖手

我們皮膚表面相當乾燥而且鹽分及酸度又高，其實不是一個很適合細菌生長的地方，但皮膚也不全是沙漠，皮膚毛孔有一些腺體會分泌胺基酸、乳酸、尿素、油質等細菌可以食用的物質，因此在皮膚上生長的細菌，都是附著在毛孔的附近，靠身體皮膚上的排泄物來過活。

我們毛孔裡有兩種腺體，一種是皮脂腺（sebaceous gland），它會分泌油性物質來保護皮膚毛髮並有防水的功能；另外一種叫作泌離腺（apocrine gland，是汗腺的一種，但已經不作汗腺調節體溫的功能）的腺體，會透過神經系統及荷爾蒙的控制，分泌含有蛋白質、脂質等細胞物質的水溶液，這些分泌物本來都是沒有味道的，但經過寄居在毛孔旁細菌的發酵過程，會產生一些有氣味的揮發性的有機物質，就是我們「體臭」的來源。

在我們皮膚上常見的細菌大約有幾十種，不同類的細菌會分布在不同部位，而且細菌的種類也隨性別、人種及年齡而異，男性皮膚上的細菌數目就比女性多，因為不同細菌在分解皮膚上各種腺體流出的食物時，會釋放出不同的揮發性物質，因此每一個人的「氣味」都不太一樣，這些揮發性的物質有的會吸引蚊蟲，這就是為什麼有的人比較會被蚊子叮的緣故。在腋下的泌離腺體數量特別多，它的分泌物和汗液混合後被細菌分

解，會產生強烈的味道，是我們體臭最大的來源，但有的人因為泌離腺分泌太多及細菌大量繁殖，而產生強烈的氣味，就是我們俗稱的狐臭，因此很多人都喜歡噴灑一些香水或除汗臭之類的商品，但這些天都含有重金屬成分，反而會堵塞毛孔，殺死皮膚上保護我們的細菌，因此若常用這些商品對我們皮膚其實是不利的，比較好的方法是洗澡，尤其是身體上有泌離腺集中的地方（頭髮，腋下，乳頭，生殖器毛髮，肛門附近），這樣可以減少皮膚上過多的細菌，並洗去皮膚上細菌食用的物質，洗完澡後若要使用除汗臭的藥品，也要等一下才好，剃去腋毛來減低臭味的散發也是有效的方法。

你知道嗎，蒙古種東方人的泌離腺體的數目比西方人及黑人少很多（五十%的韓國人沒有腋下的泌離腺體），因此就比較沒有體臭或狐臭，但有十%的日本人有較多的泌離腺，這些人可能有愛奴族（Ainu，日本的白種原住民）的血統，中國人之中大約有二到三%會有狐臭。因此如果你有比較強的體臭，那麼很有可能你沒有蒙古人的血統。

我們皮膚上的皮脂腺體及泌離腺體其實是一種荷爾蒙的腺體，它會受到性荷爾蒙的刺激，因此這些腺體都是在青春期以後才開始發揮功能，它們會產生類固醇之類的物質，細菌會把它們轉變成有麝香味道的多種化合物，這些化合物的組成因人而異，而且和男女相互吸引的「氣味相投」有很大的關係，其中的一種化合物就是豬的發情性費洛蒙。因此細菌還是最好的媒人呢！這些物質主要是產生於腋下，原因很可能是因為我們

在演化中變成直立的動物，不像四腳著地的動物，鼻子很容易貼近性器官或產生性費洛蒙的地方；而靠近我們的鼻子、有很多毛孔、潮濕又有適當的的細菌種類的地方，大概就是腋下了。有趣的是，左撇子的左腋味道會比較濃，因此若要分辨一個人是左撇子或右撇子，只要用鼻子聞聞看腋下就可以知道了。

年輕人會長青春痘就是因為皮脂腺體受到性荷爾蒙刺激，大量分泌油質及皮膚腺體增生，造成毛孔堵塞引起的，因此皮脂腺分泌出來的油脂若無法有效排出來，而使油脂堆積起來，產生白色隆起的青春痘（白色的東西就是脂肪），這堆積的食物讓在毛孔旁的細菌欣喜若狂，大吃大喝，當然也就開始大量繁殖，並分泌物質刺激皮下的免疫系統而造成發炎反應，這些發炎的毛孔若沒有及時治療，就會結疤成所謂的痘瘡（Acne），因此治療痘瘡的一個方法，是用視黃素去促進皮膚細胞的分化，使油脂可以有有效的排出體外，有時候當我們汗腺或皮下淋巴腺堵塞時，也會造成類似的發炎病變，共產主義的創始人馬克斯，就因為從不洗澡而常有皮膚炎，他當然把他的不適歸罪於資本主義。當我們皮膚受傷的時候，這些細菌就會進入我們身體產生疾病，尤其是手術後的傷口，很容易受到皮膚上細菌的侵犯，造成手術後的感染，其中有一種鏈球菌會產生毒素及酵素使皮下組織壞死，造成病人疼痛發燒的症狀，有時候甚至會產生休克死亡，這就是聽起來很可怕的「食肉」細菌（Flesh-eating bacteria），美國出名的兒童節目 Sesame Street 中主角

Muppet 的創始人漢生 (Jim Hanson) 就是受到「食肉」細菌感染而死亡的。

這些我們畜養的食客也沒有白吃，它們會分泌脂肪酸使我們皮膚的酸鹼度 (pH) 保持在四·五到六·五之間，會幫忙皮膚保持濕潤、預防紫外線的傷害、防止皮膚老化及起皺，而且還會製造抗生素及其他物質，幫助我們趕走會讓我們生病的細菌，並訓練皮膚的免疫系統去對付外侵的細菌。

我們皮膚最上層是扁平的死細胞，這些死細胞是由裡面的皮膚細胞分化而來的，這個過程大概需要兩個星期的時間，新的扁平細胞形成後，舊的表面細胞就會脫落飄浮到空氣中，而在皮膚上寄居的細菌當然也會脫落，我們每人平均一天會脫落五億層片的表皮！（想想看，你在擁擠的捷運車廂裡都在呼吸別人身上脫落下來的表皮和細菌！）因此在需要無塵或無菌的工作環境，如電子工業、手術房或動物房，就必須把身體盡量蓋住，以控制這些從身上飄浮出來的表皮及細菌，有人就發現用織布做的衣服上的孔洞，還是會讓脫落的皮膚從衣服飄出來，因此必須用非織成品的材料才能減低污染。

我們的手上也是布滿了細菌，一般人手上大約有一百多種細菌，而且左右手的細菌也不一定相同，女性手上的細菌種類也通常比男性多，這是因為男女手上皮膚的酸鹼值不相同的緣故。哥倫比亞大學醫學院在二〇〇二年，從兩百二十位做家事的婦女的每隻手上，就發現有將近一百萬個細菌。醫院裡護士的手上也是布滿了細菌，而且很多是對

於抗生素有抵抗力的病菌，因此醫護人員需要常常洗手，不然就會造成院內感染（記得第二章的故事嗎？），美國每年因為院內感染需要多花費美金四十五億元。一般洗手的方法是肥皂搓洗至少四十秒，才能有效減低手上的細菌數目，但並無法完全把細菌洗掉。上面提到的哥大研究發現，這些婦女的手在經過一年用肥皂洗過後，仍然還有三十萬個細菌，洗完後用紙擦乾或用熱風機吹乾都可以，但若太常洗手會造成保護皮膚脂肪的流失，使皮膚容易受傷，這時候就需要用乳液來防止皮膚太過乾燥，而醫護人員為了方便起見，就使用含有酒精的清潔液來擦手。

5 一造成口臭及齲齒的口腔細菌

我們的口腔裡面至少有五百多種以上的細菌，唾液裡面每CC有十億個細菌！在剛出生的時候口腔裡是沒有細菌的，但不久之後就會由一種鏈球菌所進駐，一直到牙齒開始長出來的時候（大約六至九個月大），才有另外兩種的鏈球菌生長在牙齒上，之後隨著年紀增長，口腔內細菌的種類也產生變化，這些不同種類的細菌會形成一個相互依賴的細菌社會，它們不但互相幫忙而且也幫忙我們的口腔抵抗有害微生物的入侵，並製造維他命，這些口腔細菌的組成和嬰兒時期接觸的人及環境有關，因此口腔細菌的組成是隨人而異的，而且在口腔不同的部位也有不同的細菌族群。

口腔裡的細菌會造成齒斑 (dental plaque)，齒斑開始的時候是唾液裡面的一些蛋白質附在牙齒上面，而一些口腔鏈球菌會用它的纖毛勾住這些蛋白質而形成一種生物膜 (biofilm，請見第六章)，這些細菌會在牙齒上的生物膜繁殖，並召集其他細菌一起共同生活，這個細菌城市裡每一毫克住有一百萬兆 (10^{18}) 的細菌！十七世紀，李由文虎克第一次用顯微鏡看到自己齒斑裡有這麼多的細菌時，就嚇了一跳，齒斑裡含有從唾液來的鈣和磷等無機物，這些無機物會沉積在牙齒上面產生結石，因為每一個人唾液成分都很不同，因此形成齒斑的情況也會因人而異。

在齒斑生物膜裡生長的細菌，很不容易被我們的免疫系統或藥物殺死，這些本來和我們共存的細菌，在我們身體情況較差時就會跑出來作怪，有時候會引起齒齦的發炎反應，當我們嘴裡有傷口的時候，也會侵入我們的血液造成心血管疾病，最近就有一些證據顯示，口腔衛生和呼吸道及其他疾病有關，口腔的細菌也會和病菌一起被吸入我們的呼吸道而改變病菌的感染過程。

我們舌頭上面也有非常複雜的細菌族群住在生物膜保護的細菌社會裡，舌頭上面每平方公分大概有一億個細菌，但大部分是長在舌頭後端的凹槽裡面，這些細菌的組成及性質和對我們健康的影響，現在還很少有人研究。有些細菌會把食物中的硝酸鹽轉化成亞硝酸鹽，因為亞硝酸鹽是一種致癌物質，因此有人就擔心這些亞硝酸鹽會不會引起腫

瘤，但其實口腔中的一些細菌及胃酸，都會把亞硝酸鹽再轉化成氧化氮，從動物實驗裡面，這些轉化的氧化氮及亞硝酸鹽，對於我們胃的功能是有好處的，而且會有殺菌的效果，因此至少現在還沒有證據顯示，由口腔細菌產生的亞硝酸鹽，對我們的健康有什麼不良的影響。

舌頭上細菌的種類會因人而異，有口臭的人舌頭上的細菌就和平常人不同，口臭是由於牙齒及舌頭上的厭氧細菌發酵反應，產生的臭味揮發性含有硫的有機化合物所造成的，有口臭的人舌頭上的細菌比較多，看起來白白的（有的因為有不同的細菌，所以會產生不同的顏色），最有效減低這些細菌的方法，就是把它們從舌頭上刮下來。最近有些年輕人喜歡在舌上穿洞帶裝飾品，這也會導致舌上的細菌侵入到血液裡面，造成心臟內膜炎的疾病。

這些寄生在我們口腔的細菌造成的疾病，最常見的是齲齒，齲齒的產生是因為細菌在我們口中食用醣類食物產生發酵反應，而釋放出乳酸之類的酸性物質，使牙齒的礦物質溶化而造成的；有時候飲料本身就帶有很強的酸性（如可口可樂或果汁），也會促進齲齒的產生，但酸度要達到什麼程度才會讓牙齒的礦物質開始溶化，則每一個牙齒及每一個人都不太一樣。當口腔酸度增加的時候，會促使產生齲齒的細菌繁殖而抑制其他的細菌，因此防止齲齒的一個方法就是不要讓口腔的酸度太高，最好在吃完飯後就趕快清

除會讓細菌產生發酵反應的醣類物質，另外一個方法就是增加唾液的流量，因為唾液一方面可以中和酸性，一方面可以補充牙齒的礦物質，有人也發現氟離子會減緩酸性的產生，因此可以抑制產生齲齒細菌的生長，並且促進其他種細菌的生長，而且氟離子也可以增強牙齒的琺瑯質，這就是為什麼在超市裡會看到很多品牌的牙膏都含有氟的緣故。

但並不是所有口腔的細菌都是壞蛋，最近科學家就發現口腔裡有一種細菌可以抓住愛滋病毒，來防止病毒的感染。

加氟牙膏和原子彈

氟和牙齒的關係又是怎麼被發現的呢？這是一個相當長的故事。在一八〇三年，義大利有一位 Morozzo 伯爵，在羅馬附近找到一個變成化石的古代象牙，他請一位叫作墨里奇尼（Morichini）的化學家幫他分析象牙的成分，結果發現除了鈣、磷之外，還有氟這個元素，墨里奇尼對於氟的發現很感興趣，因為那時候氟酸（用硫酸加在含氟的礦石產生的氣體）在義大利被發現可以用來在玻璃上製造美麗的圖案，他於是再去分析人的牙齒，結果發現現在人齒的琺瑯質也有氟元素的存在，後來的化學研究也發現骨頭裡面也有氟元素。到了一八七四年，德國一位醫生用狗做實驗，他給狗吃氟離子結果發現新長出來的牙齒比原來的牙齒長得更強硬，因此就建議小孩及孕婦食用氟離子，從此就興起一股「氟狂熱」，有人甚至說氟可以治百病。

到了一九〇一年，在美國有一位剛從牙醫系畢業叫作馬階（Frederick McKay）的醫生，到克羅拉多州的克羅拉多泉鎮（Colorado Springs）去開業，他在那裡發現一個很奇特的現象，很多當地人的牙齒是深棕色的，像包了一層巧克力，而且這些人很少有齲齒。他對於這個現象感到非常好奇，他和一位知名的牙醫學家布拉克（G. V. Black）開始合作去尋找造成這種奇特牙齒的原因，當地的居民懷疑是和他們的飲用水有關，但他們都沒有辦法找到證據。一直到了一九二三年，馬階才從一個小鎮的市民聽到一個重要的線索，他們告訴馬階以前並沒有這種現象，一直要等到他們從另一個泉水取水後，才發現他們的小孩開始長出這種牙齒，馬階於是建議他們去換個水源，果然這個問題消失了。很顯然的，這個現象一定和飲用水有很大的關係，但他並沒有在那個泉水裡找到什麼特別的物質，可以解釋造成深棕色牙齒的情況。

就在這個時候，在阿肯薩斯州的一個城鎮也傳出同樣的現象，但在隔壁的城鎮卻沒有這種事情發生，這兩個鎮最大的差別是，有問題的城鎮的主要工業是製鋁。當美國衛生署發表了初步調查報告後，擁有這個工廠的美國製鋁公司 Alcoa 開始擔心，這個事件會不會對公司的名譽造成不良的影響，因此公司的化學部門便開始分析那裡的水源，幾天後分析水質的技術員向上司報告說，那個城鎮的飲用水裡含有很高量的氟，開始的時候那位主管不太相信，要技術員再做一次，結果還是一樣，這才讓他了解氟可能是造成那

種奇特有棕斑牙齒的原因，他記起馬階在克羅拉多州的發現，於是寫信給馬階，要他趕快去分析那邊的水是否也含有高量的氟，果然不出所料，克羅拉多州的水裡也是含有高量的氟！馬階辛苦研究了三十年的問題終於找到了答案。

本來這個事情到此就結束了，但在美國衛生院（NIH）牙齒衛生研究單位的主管狄恩博士（H. Trendley Dean），對於氟和牙齒的關係很感興趣，他和他的同仁發明一個可以很精確的去定量水中含氟量的分析方法，他們發現水中氟的量需要高過一定的值才會產生褐斑的牙齒，有一天他在讀馬階的報告時，對於馬階說有褐色斑點的牙齒很少有齲齒這個現象感到很有興趣，他突然想，這個現象會不會是因為氟可以抑制齲齒的產生呢？若是如此，那麼如果在水中加入一些不會產生褐斑牙齒濃度的氟離子，就可以來防治齲齒了，他的想法終於在一九四四年被紐約州的一個城市所接受，在飲用水裡加入適量的氟離子，經過十幾年的試驗後，果然小孩的齲齒發生率降低了六十%，這個驚人的成果公布之後，許多城市都開始在飲用水裡加氟離子。一九九四年，在佛羅里達州的國際口腔衛生會議，就建議在飲用水中加氟來防治齲齒，並認為這種作法並不會對於人體健康產生不良影響。這個結論在二〇〇二年又重新被英國醫學研究會（MRC）所肯定，愛爾蘭在實施三十多年之後，也發現小孩的齲齒發生率降低了四、五倍；南加州在二〇〇三年也開始在飲用水裡加氟離子；製造牙膏的公司也開始在牙膏裡加氟離子。這就是牙膏裡有氟的由來。

但飲用水中加氟到現在仍是具有爭議性的，有人認為氟對人體的作用還不是很清楚，甚至有人認為可能會造成骨骼成分的流失，因此並不是所有的人都贊成在飲用水中加氟，這些爭議需要更多的研究才能夠解決。

有人在最近解密的美國政府機密文件裡卻赫然發現，在五〇年代辯論是否應該在飲水中加氟的時候，被拿來支持加氟安全性的數據，其實是由參與美國第二次世界大戰的「曼哈頓」製造原子彈的計畫的科學家所做出來的，因此這個數據的可靠性非常有問題，因為氟離子是製造原子彈的重要化合物，而在大量使用這些化合物的過程中，工作人員發現氟離子的毒性很高。有一次杜邦化工廠不小心釋放出氟化氫的氣體，造成附近民眾身體及農作物的傷害，因此向杜邦提出控告。美國政府正在為了如何保護原子彈計畫大傷腦筋，這時候剛好狄恩正在倡導在水中加氟來防止齲齒，於是美國政府便藉機請一位參與原子彈計畫的教授去主持氟安全性的人體試驗研究，在紐約州的一個鄉鎮的飲水中加氟來做健康安全的全評估，當然這個評估報告最後認為低量的氟對人體無害，而美國在飲水中加氟的城市也都是根據這個報告作依據的，但因為這個報告顯然有球員兼裁判的嫌疑，而且研究是在羅切斯特大學做的，這個研究機構也在冷戰期間替美國政府進行祕密、不道德的人體放射線實驗，因此很多人懷疑，這個報告是美國政府在冷戰期間為了要替製造氟化化合物的廠商開脫，後來調查的證據顯示，美國能源部果然把對於政府不利的數據都刪掉了。

事實上，一九四四年「曼哈頓」計畫裡的內部祕密研究已經發現，在製造氟化物工廠的工人很多都變成沒有牙齒，但在實際發表的報告裡卻不提這個事實，反而說工人的蛀牙減少了，他們也發現氟離子可能會造成中樞神經系統的傷害，但進一步的動物實驗結果卻離奇失蹤，因此動物實驗的結果如何並不清楚，美國一位教授認為氟會累積在骨頭裡，造成骨頭脆弱容易受損，而且會影響中樞神經系統。總之，在飲水中加氟的科學根據已有些爭議，大家對氟的使用還是小心為上。

6—寄居我們鼻腔裡的細菌

鼻子及咽喉裡面濕度及溫度都相當適合細菌的生長，因此每一個人的上呼吸道都有很多寄生的細菌族群（鼻子裡大都是革蘭氏陽性的細菌），不同的族群有自己的地盤，這些住在我們鼻腔裡的細菌有很多是會引起疾病的細菌，比如居住在我們鼻子裡的黃金葡萄球菌，就是引起手術後感染的重要病原，大概有四分之一的人鼻腔裡會帶有這種細菌。最近在德國的調查發現，有八十二%得到黃金葡萄球菌感染的病人，引起感染的細菌和病人鼻子裡的細菌是相同的，這對於外科醫生而言是個頭痛的問題，因此有的醫院在手術前，會先用含有抗生素的藥膏去殺死鼻腔內的細菌，以降低手術後感染的機會，用手去挖鼻孔就會把這種危險的病菌帶到手上，相當危險。

7 寄生在生殖道及尿道的細菌

我們的腎臟及膀胱通常都是無菌的，但尿道出口附近則會有一些細菌族群寄居，因為尿道口常常有酸性尿液的沖洗，這些寄生的細菌很不容易侵犯我們，但當尿道有阻塞或變窄，使排尿不順暢，或者因為性行為引起的感染，就會造成尿道炎。

女性陰道也有一些寄生的細菌，這些細菌的種類會隨著年齡不同而產生變化，在青春發育期及停經後的陰道大都是比較鹼性，因此像大腸桿菌、鏈球菌和葡萄球菌都在這種時期寄居，但在成熟婦女的陰道裡面是酸性的，因此像乳酸菌類的細菌就是主要的寄居者，這些細菌會分泌酸性的物質使病菌不容易滋生，但如果在某些情況下使這些細菌減少或改變陰道裡的酸度（例如月經、性行為或懷孕），就會使病菌或酵母菌有機可乘而造成陰道炎，這些病菌的發酵反應會產生不好的味道及分泌物，但並不會造成嚴重的症狀，可是如果在懷孕中有陰道炎，那麼很可能會造成早產，而在性行為時也會覺得疼痛不舒服，為了避免發生早產，有人就建議在孕婦的陰道裡殖入乳酸菌來防止陰道炎，這些乳酸菌也會促進細胞素的產生，來幫助胎兒的發育，有時候因為陰道酸度變化會引起更嚴重的感染，如性病或毒素休克症候群（toxic shock syndrome，見第十章），也有人擔心陰道炎會不會和子宮頸癌或其他婦癌有關，但最近的研究已排除這種可能性。

二魚文化 人文工程 E040

細菌的世界

作者 徐明達
繪圖 徐明達
責任編輯 劉晏瑜
美術設計 蔡文錦

出版者 二魚文化事業有限公司
發行人 謝秀麗
地址 106 臺北市大安區和平東路一段121號3樓之2
網址 www.2-fishes.com
電話 (02)23515288
傳真 (02)23518061
郵政劃撥帳號 19625599
劃撥戶名 二魚文化事業有限公司

法律顧問 林鈺雄律師事務所
總經銷 大和書報圖書股份有限公司
電話(02)89902588
傳真(02)22901658

製版印刷 漾格科技股份有限公司

初版一刷 二〇一二年三月

ISBN 978-986-6490-63-7

定價 三九〇元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

細菌的世界 / 徐明達著. -- 初版. -- 臺北市 : 二魚文化, 2012.03
384面 ; 21.5×14.8公分. -- (人文工程 ; E040)
ISBN 978-986-6490-63-7(平裝)

1.細菌 2.通俗作品

369.4

101004002



版權所有·翻印必究
(本書如有缺頁或破損,請寄回更換)
題字篆印 李蕭鋸

第35次中小學生優良課外讀物推介評選活動
獲選書籍試閱電子書

主辦單位 /  **文化部**
MINISTRY OF CULTURE

承辦單位 /  **聯合線上**
udn.com

活動官網 / <http://book.moc.gov.tw>

客服信箱 / book.service@moc.gov.tw

官網行動條碼 /

