

肠道菌群

与精准营养健康

任广旭 文洁 主编



健康生活

从关爱肠道菌群开始

让有益菌与健康相伴

 中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

肠道菌群与精准营养健康

任广旭 文 洁 主编

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

肠道菌群与精准营养健康 / 任广旭, 文洁主编. — 北京: 中国科学技术出版社, 2019.3

ISBN 978-7-5046-7538-5

I. ①肠… II. ①任… ②文… III. ①肠道微生物—研究 IV. ①Q939

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 036239 号

策划编辑	符晓静
责任编辑	符晓静 王晓平
正文设计	中文天地
封面设计	季 蕾 孙雪骊
责任校对	蒋宵宵
责任印制	徐 飞

出 版	中国科学技术出版社
发 行	中国科学技术出版社发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编	100081
发行电话	010-62173865
传 真	010-62173081
网 址	http://www.cspbooks.com.cn

开 本	710 mm × 1000 mm 1/16
字 数	215 千字
印 张	13
版 次	2019 年 3 月第 1 版
印 次	2019 年 3 月第 1 次印刷
印 刷	北京博海升彩色印刷有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-7538-5/Q · 215
定 价	68.00 元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)



任广旭，博士，副研究员。毕业于复旦大学病原生物学专业，现就职于农业农村部食物与营养发展研究所，中国食品科学技术学会青年委员会委员。曾在中国科学院微生物研究所、德国杜伊斯-埃森大学医学院从事免疫

学研究，主持多项国家级/省部级课题，在学术刊物发表学术论文30多篇，并参与《国民营养计划（2017—2030年）》的编写工作。



文洁，微生物学与免疫学硕士、健康管理学博士，北京奥维森基因科技有限公司创始人。曾在中国科学院北京基因组研究所、华大基因研究院等单位从事免疫学、微生物学及分子生物学领域的科研工作。曾任国家药典委

员委员会委员。在感染性疾病诊断领域取得了丰硕的成果，在国内外学术期刊上发表学术论文数十篇，曾获国家科技进步奖二等奖。

编委会

主 编 任广旭 文洁

副 主 编 (按姓氏汉语拼音顺序排列)

程代 胡永飞 王锋 王辉 袁超
张建平

编 委 余燕 尹业师 韩迪 金永钢 马凯 刘丹
江萍萍 李晶 王朔阳 薛勇 董航 李明花
王立平 王泽 伊素芹 范振平 李守丽

科普语言修饰 蔡悦

配 图 绘 画 郭璟 张小凤 季蕾

主要参编单位 农业农村部食物与营养发展研究所

北京奥维森基因科技有限公司

中国科学院微生物研究所

中国农业大学

天津科技大学

湖南科技学院

北京陆道培医院

中国食品工业(集团)有限公司

罗格斯大学罗伯特·伍德·约翰逊医学院

说 明

DECLARE

本书中一些研究结论和建议都是在特定实验条件下得出的，由于任何一种疾病和生理现象都是所有相关因素共同作用的结果，因此任何涉及医疗和保健的建议都不能代替医嘱，只能作为医生定期诊查的补充。建议读者在采用本书提到的任何医疗方案 and 治疗方法前，去咨询医生的具体建议。

序

言 PREFACE

国民营养与健康状况是反映一个国家或地区的经济与社会发展水平、医疗卫生状况以及人口素质的重要指标。随着我国农业和社会经济的不断发展，人们已经基本摆脱了饥饿的困扰，但是食物营养结构的改变与人口结构老化也导致慢性病的高发。据统计，目前我国高血压患者数量超过了2亿人，并且仍以每年约1000万人的速度增长。此外，糖尿病患者数量在我国也是居高不下，已经超过了9240万人。慢性病已经成为引发死亡的重要因素。在这种大环境下，人们已经从关注如何吃饱，转向关注如何吃得营养与健康。与此同时，中国政府也已经把“健康中国”提升为国家战略，并陆续颁布了包括《中国食物与营养发展纲要（2014—2020年）》《中国防治慢性病中长期规划（2017—2025年）》以及《国民营养计划（2017—2030年）》在内的多项国家性指导纲领。

当前，国内外科研人员对人体消化道微生态已经有了较为深入的研究，并发现肠道微生态与人体健康息息相关。最新研究结果表明，肠道微生态可以通过直接或者间接的方式，参与肥胖、高血压、糖尿病、冠心病、肠道炎症甚至神经系统疾病的产生与发展。值得庆幸的是，肠道微生态可以通过日常饮食来加以调整和塑造，这就为预防或者改善诸多慢性病提供了一把“金钥匙”，而这把“金钥匙”就藏在我们每天的饮食里。遗憾的是，一般人在日常生活中很难花大量的精力去捕捉最新、最准确的科研信息，即便找到了相关文献也会因研究性论文的晦

涩难懂被拒之门外。帮助大家寻找并打造属于每个人的健康“金钥匙”，成为作者编写这本书的最大契机和驱动力。

本书的作者都是来自科研一线的研究人员。他们历时3年，搜集、整理国内外相关研究资料，然后将肠道微生物、食物营养与人体健康三者之间的复杂关系，用通俗易懂的语言呈现给读者。通过阅读本书，读者不仅可以在大脑中建立起全新的营养理念，还能对“肠道微生物如何参与健康调控”以及“食物如何通过调控肠道微生物来影响健康”等许多有趣的科学问题有一定程度的了解。

Handwritten signature of Cai Yongping in black ink.

教授级高级工程师

中国食品工业协会副会长

中国食品工业（集团）有限公司总经理

中国食品科学技术学会益生菌分会原理事长

中国营养餐产业技术创新战略联盟常务副理事长

目
CONTENTS
录

第一部分
微生物篇

一、饮食、肠道微生物和宿主的“黄金三角” / 002

- (一) “神秘旅客”你是谁 / 003
 - (二) “神秘旅客”从哪里来，又要到哪里去 / 005
 - (三) 如何掌控你，我的肠道菌群 / 007
 - (四) 食如其人 / 010
 - (五) 你的寿命谁决定 / 012
 - (六) 吃好了也能治病 / 015
 - (七) 吃也是能遗传的 / 016
- 参考文献 / 019

二、肠道微生物与免疫系统的那些事 / 022

- (一) 人体的“健康卫戍部队” / 023
 - (二) 人体“健康卫戍部队”的构建 / 025
 - (三) 肠道微生物参与免疫系统的构建 / 028
 - (四) 食物过敏也是人之“肠”情 / 030
 - (五) 再见，“肠炎君” / 032
 - (六) 类风湿到底是怎么回事 / 034
 - (七) 过敏性哮喘是肠道菌群的错吗 / 036
 - (八) 慢性炎症也没放过你 / 038
 - (九) 改善肠道菌群对免疫疾病治疗的前景 / 039
- 参考文献 / 040





三、肠道微生物的“小心思” / 043

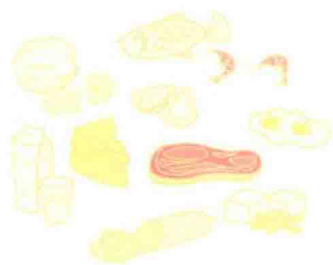
- (一) 脑子与肠子“自下而上”的对话 / 044
 - (二) 焦虑情绪也许源自肠道 / 045
 - (三) 微生物的“小球”如何转动社交行为的“大球” / 046
 - (四) 脑子与肠子“自上而下”的对话 / 047
 - (五) “屁股”指挥“大脑”似乎也有道理 / 048
 - (六) 神经内分泌失调也与肠道微生物相关 / 051
 - (七) 肠道菌群失调可以让精神失常 / 052
 - (八) 饮食可以成为改善大脑健康的一根救命稻草 / 055
- 参考文献 / 058

一、肠道微生物——健康的“晴雨表” / 062

- (一) 不要认为肠道只是个消化器官 / 063
 - (二) 致命入侵 / 064
 - (三) 细菌少了是一种悲哀 / 065
 - (四) 便秘的秘密 / 068
 - (五) 谈“瘤”色变 / 071
 - (六) 胖是一种病，得治 / 073
- 参考文献 / 075

二、健康从“肠”计议。如何呵护好你的肠道菌群 / 078

- (一) 健康饮食为肠道减龄 / 079
- (二) 肠道年龄自测 / 079
- (三) 肠道提前老化危害多 / 082
- (四) 影响肠道年龄的因素 / 083
- (五) 如何让肠道保持年轻 / 083
- (六) 莫让情绪影响你的肠道 / 084
- (七) 肠道菌群失调可影响人的情绪 / 085
- (八) 季节更替，别忽视了肠道菌群的感受 / 088
- (九) 所谓“水土不服”，原来与肠道菌群相关 / 089



(十) 旅行时别忘了带着肠道微生物 / 090

参考文献 / 092

三、糖尿病的“幕后推手” / 095

(一) 鸡生蛋，蛋生鸡 / 096

(二) 肠道菌群干预糖尿病的手段 / 099

(三) 射人先射马，擒贼先擒王 / 100

(四) 精准膳食控制 / 102

参考文献 / 106

一、饮食模式与膳食习惯 / 110

(一) 一个馒头的“奇幻漂流” / 111

(二) 膳食模式对肠道微生物的影响 / 113

(三) 地中海膳食模式 / 114

(四) 日本膳食模式 / 116

(五) 西方膳食模式 / 117

(六) 其他膳食模式 / 118

参考文献 / 122

二、肠道微生物的食物 / 126

(一) 脂肪 / 127

(二) 蛋白质 / 127

(三) 糖类物质 / 128

(四) 影响宿主健康的肠道微生物代谢产物 / 130

参考文献 / 132

三、肠道菌群的“私人定制” / 136

(一) 人老“肠”未老 / 137

(二) 慢性病，“肠”来医 / 140

参考文献 / 147

第四部分
技术篇



一、基因测序技术：菌群研究的放大镜 / 152

- (一) 基因——书写所有生命的遗传密码 / 153
- (二) 一气呵成写“天书”——基因测序和遗传信息解读 / 155
- (三) 一代测序技术 / 156
- (四) 二代测序技术 / 161
- (五) 三代测序技术 / 167

二、微生物学的研究进展 / 171

- (一) 人类对微生物的认知过程 / 172
- (二) 人体微生物研究热点的盘点 / 173
- (三) 微生物研究手段的发展历程 / 176
- (四) 微生物研究的现状与展望 / 178

三、肠道菌群测序流程及相关技术 / 181

- (一) 扩增子测序 / 182
- (二) 宏基因组测序 / 189
- (三) 宏转录组测序 / 193

附录

中国居民平衡膳食宝塔（2016）

微生物篇

第一部分





一、饮食、肠道微生物和宿主的“黄金三角”

你知道吗？在你的身体里住着一群不同寻常的“神秘旅客”。当你还在母亲肚子里的时候，他们就已经悄悄住进你的身体里，并且在你的一生中一直默默地陪伴着、影响着你，不断地改变着你。不管你知与不知，这些熟悉的“陌生人”一直都在。

也许你会问：“这些‘神秘旅客’在我们的身体里面究竟想要干什么？他们有什么不可告人的秘密？”这的确是非常好的问题。也正因如此，现在全世界的科研人员正在用各种各样的手段，试图打入“敌人”内部，去了解他们此行的真正目的。根据现在已经掌握的线索，这群“神秘旅客”似乎已经“劫持”了人类的身体，利用人类去为他们摄取食物，同时释放各种“化学武器”去影响人类的健康。

说到这里，你是不是会产生许多疑问？那就先看看咱们的问题是否一致：

- ✓ 这些“神秘旅客”到底是什么来头？他们是什么时候来到我们的身体里的？
- ✓ 他们到底对我们做了些什么？有好坏之分吗？我们能掌控他们吗？

如果你想知道这些问题的答案，那就请耐心地看完这部分内容。

▶ (一) “神秘旅客” 你是谁

有人问泰勒斯^①：“何事最难为？”他应道：“认识你自己。”那么，我想问你，你到底有多了解自己呢？也许你会说，我当然了解自己了。其实不然，有时我们并不了解自己的身体。

在口腔、肠道以及皮肤里，寄居着数量和种类都非常庞大的微生物家族。这个大家族可以粗略地分为细菌、真菌、病毒和一些寄生生物^②。例如，每天人体都要通过肠道排出粪便。可是你知道吗，这些粪便如果去掉水分，干重量的50%以上都是这些微生物及其“尸体”。这些微生物在你完全不知情的情况下，已经在你身体里慢慢地发展成了非常庞大的“神秘旅客”群。

接下来，先了解一下人体的肠道。教科书中对肠道是这样定义的：肠道是人体重要的消化器官，是从胃幽门至肛门的一段消化管，是人体消化、吸收食物中营养物质的场所。有数以万亿计的细菌栖息在人体的肠道中，其种类可能超过1000种。这是一个什么概念呢？这样说吧，肠道细菌的基因组数量之和是人类基因组的100~150倍。这么庞大的肠道菌群，在空间有限的肠道中生活，可谓热闹非凡！菌群的种属之分可以看作武林的不同“门派”，而它们的“门派”之争从未停止过。在肠道中，“门派”之间、“门派”与“东道主”之间的物质与信息的交换川流不息，每时每刻都上演着肠道微生物的资源争夺大战。

这到底是一个什么样的世界？以细菌为例，如果按照分布数量来划分，肠道菌群可以分为主要菌群和次要菌群（你可以理解成菌群中的“少数民族”）。你知道吗？占肠道菌群总数99%以上的细菌种类仅有30~40种，而其他种类的细菌全部加起来也不到肠道菌群种类总数的1%。目前，科研人员已经鉴定出的细菌类群有百余种，包括拟杆菌、双歧杆菌、乳酸杆菌、肠球菌和肠杆菌等。如果按照它们对人体健康的作用来划分，这些微生物又可以分成三大“派系”：益生菌

^① 泰勒斯：古希腊时期的思想家、科学家、哲学家，创建了古希腊最早的哲学学派——米利都学派，被誉为古希腊七贤之一。

^② 本书所涉及的肠道微生物主要是指肠道中寄生的各种细菌。

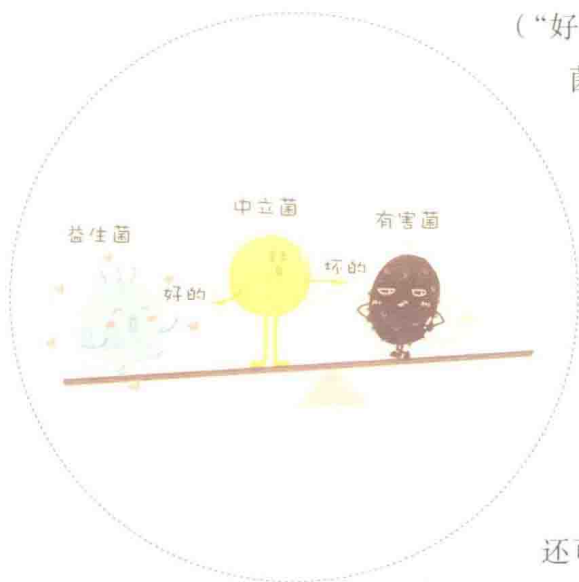


图 1-1 肠道菌群的三大“派系”

(“好菌派”)、有害菌(“坏菌派”)和中立菌(“中立派”)(图 1-1)。

1. 益生菌(“好菌派”)

世界卫生组织(World Health Organization, 简称 WHO)给益生菌的定义是“活的微生物,当摄取充足的数量时,对宿主的健康有益”。比如,大家所熟悉的乳酸杆菌和双歧杆菌都是益生菌。这些益生菌不仅可以协助消化分解食物,还可以通过自身的代谢活动,分泌对人体有益的物质,如维生素、多肽和短链脂肪酸等。

2. 有害菌(“坏菌派”)

有害菌大多对人体无益。这些细菌的代谢产物往往容易致癌或者会影响免疫系统的功能。它们一旦失控大量繁殖,就会引发多种疾病。代表性菌种包括金黄色葡萄球菌、溶血性链球菌以及从外界获得的外源性菌种,如变形杆菌、假单胞菌和产气荚膜梭菌(它们可引起食物中毒)。

3. 中立菌(“中立派”)

中立菌具有不稳定性。换句话说,这种菌具有双重“性格”,如拟杆菌、链球菌等。在正常情况下,它们对健康有益;一旦增殖失控,或从肠道转移到身体其他部位,就会具有侵袭性和致病性。

当然,分类也不是那么绝对的。在环境改变的情况下,菌群也会变换自己的角色,即“好菌”可以变成“坏菌”,“坏菌”也可以“从良”。如果这些“派系”能够在人体里面遵守和谐共存的原则,那么肠道微生物也可以为人类所用,发挥它们的健康效用。如果环境变化,如生病等,有害菌就会借机“拉拢”处于摇摆状态的中立菌,那么益生菌就会腹背受敌;如果局势不能及时有效地得到控制,就会导致肠道菌群失调,出现各种相关疾病。

▶ (二) “神秘旅客”从哪里来，又要到哪里去

当你对这些“神秘旅客”建立了第一印象后，自然会问：这些家伙是什么时候悄悄潜入人体的？要想解开这个谜团，还得从胎儿时期说起。以前人们认为，母亲的子宫内是没有细菌存在的（包括胎盘、羊水和胎膜）。胎盘好比人类生命早期的生命保障线：它的主要作用是将母亲血液中的氧气、营养素以及保护性抗体等生命保障物质输送给胎儿，同时充当着防止胎儿感染的“防火墙”。所以，1个多世纪以来，医生和科学家都认为胎盘是无菌的。

这种观点，在2011年前后就受到多方面的质疑。科学家英迪拉·米索雷卡（Indira Mysorekar）和她的同事们，在美国密苏里州圣路易斯医院收集了200名产妇的胎盘样品。通过检测发现，接近1/3的胎盘中有细菌存在。但是奇怪的是，虽然观察到有细菌存在，却没有发现相应的免疫细胞（通常，“外来者”的入侵都会诱发体内的免疫细胞应答，详见第23页“人体的‘健康卫戍部队’”），更没有发现与之相对应的炎症反应。研究人员解释说，这可能是由于这群细菌并不是致病菌，属于正常存在的微生物。后来，科研人员又在健康足月的新生儿胎便中发现了微生物存在的蛛丝马迹。不过，在学术界，对胎儿在母体环境下是否“无菌”，仍然没有达成一致意见。这主要是因为没办法确定所检测到的细菌究竟是其本身存在的，还是在后续检测过程中污染的。

不管是否达成共识，这些线索都说明在生命的早期阶段，微生物就已经开始试图与人体建立一定的联系了。这种联系随着包裹胎儿的胎膜破裂得到第一次升华。这时，胎儿将与母亲产道中的微生物来一次彻底的亲密接触。研究发现，阴道里驻扎着许多“守卫菌”。这些细菌一直在为胎儿的出生营造一个有利的环境。人的鼻孔里面有900多种细菌持有“长期居住证”，相比较而言，能在阴道里“落户”的细菌可就凤毛麟角了。这是因为在阴道里巡逻的“守卫菌”时刻分泌一种酸性物质，能将其他有害细菌驱赶干净，这就为胎儿的降生提供了一个健康生命通道。当胎儿通过产道时，挤压会将一些“守卫菌”留在胎儿的皮肤上以及体内，这些就是最早在人体内取得“落户”资格的有益细菌。从这个角度来讲，母