

世界华人消化杂志®

**WORLD CHINESE
JOURNAL OF DIGESTOLOGY**

Shijie Huaren Xiaohua Zazhi

2016 年 2 月 18 日 第 24 卷 第 5 期 (Volume 24 Number 5)



5/2016

ISSN 1009-3079



9 771009 307056

《世界华人消化杂志》是一本高质量的同行评议, 开放获取和在线出版的学术刊物. 本刊被中国知网《中国期刊全文数据库》, 美国《化学文摘 (Chemical Abstracts, CA)》, 荷兰《医学文摘库/医学文摘 (EMBASE/Excerpta Medica, EM)》和俄罗斯《文摘杂志 (Abstract Journal, AJ)》数据库收录.

目次

2016年2月18日 第24卷 第5期 (总第517期)

述评

- 657 胰十二指肠切除术中血管损伤的原因及防治措施

管小青, 郑向欣, 吴骥, 顾书成, 吴际生

- 664 肠道乳糖酶在小儿腹泻诊疗中的意义

邓艳玲, 舒兰, 刘又嘉, 谭周进

基础研究

- 670 人参皂苷Rg3联合索拉非尼对裸鼠肝癌移植瘤生长和血管生成的调控作用

郑侠, 高舒, 华海清, 杨爱珍, 秦叔逵

- 678 肠道碱性磷酸酶对结肠炎小鼠Muc2、Stat4及P-Stat4表达的影响

马娜, 赵美华, 李林静, 李展, 周力为, 冯百岁

临床研究

- 686 上皮细胞间质化预测胰腺癌预后的价值

马睿锐, 贡海兵, 龚健, 徐彬

文献综述

- 692 非酒精性脂肪肝机制及其与慢性应激相关性的研究进展

穆杰, 王庆国, 王雪茜, 程发峰, 李长香, 连雅君

- 699 原发性胆汁性肝硬化与天然免疫的研究进展

韦进香, 唐映梅

- 706 食物主要成分与动物肠道微生物组成及其代谢的关系

刘艺端, 余凯凡, 朱伟云

- 714 精准放射治疗技术在直肠癌的临床应用

赵文斌, 丘敏敏, 文碧秀

- 722 消化道癌脂类、氨基酸类及糖类代谢的分析及机制

杨方秀, 汪玉馨, 陆益红, 杨冬芝, 汤道权, 樊夏雷

研究快报

- 731 胶原纤维在小鼠酒精性肝损伤过程中的表达变化

姜雅坤, 李三强, 卢华杰, 尚付梅, 李倩倩, 侯松林, 白晓洁, 潘勇阳

- 737 肝癌细胞外泌体的分离与鉴定

陈加贵, 邓敬桓, 何敏

临床经验

- 744 腹腔镜治疗食管裂孔疝术后吞咽困难的比较

赵凯, 李朝霞, 陈震, 孙向宇

- 749 食管胃前壁吻合联合幽门成形在早期贲门癌术中的临床体会

聂蓬, 马海涛, 王吉红, 苏发德

- 754 幽门螺杆菌感染对血清及胃组织核组蛋白2/nesfatin-1表达的影响

张帅庆, 田宇彬, 孙桂荣, 丁雪丽, 宋文, 刘思良

- 759 阿帕替尼治疗晚期胃癌的临床疗效及预后

王博, 宋丽杰, 牛鹏云, 李晚露, 刘清存, 樊青霞

- 765 上消化道黏膜下肿瘤的诊治和随访

常琳琳, 张开光, 张明黎, 宋继中, 王业涛, 王巧民, 解丽, 吴正祥

- 775 非酒精性脂肪肝患者Hcy水平与C-IMT预测心血管病风险的相关性

王仁萍, 郭佳佳, 王伟, 刘洁, 张媛媛

- 782 肝脏Wilson病的临床病理特征

延永琴, 郑智勇, 曾德华, 刘庆宏, 朱育连, 郑巧灵, 曲利娟

- 790 失代偿期肝硬化患者SAAG、PA、PTA水平与肝功能分期及预后的关系

黄雪, 刘传苗, 赵守松, 赵久法, 高春明, 徐葵花

- 796 内镜治疗与药物治疗黏附血凝块的消化性溃疡出血的疗效对比

吴汉周, 袁海峰, 黄适, 雷力民, 赖远全

- 801 早期结直肠癌局部切除与根治性术后生存比较

曹益晟, 葛海燕

- 808 依据药物敏感试验根除幽门螺杆菌的临床疗效随访

韩丰, 冀子中, 金夏, 万里, 蔡陈效, 陈一鹏, 陈红亚, 陈敏芳, 杨宁敏

- 815 针灸治疗1330例单纯性肥胖病并发高脂血症的疗效

王鸣, 刘志成, 徐斌

病例报告

- 821 以间断发热伴发育迟缓为首表现的儿童克罗恩病1例报告及文献复习

张阳, 李伟华, 吕宜光

附录

I-V 《世界华人消化杂志》投稿须知

I 2016年国内国际会议预告

志谢

I-II 志谢《世界华人消化杂志》编委

消 息

- 705 《世界华人消化杂志》外文字符标准
721 《世界华人消化杂志》参考文献要求
743 《世界华人消化杂志》修回稿须知
753 《世界华人消化杂志》2011年开始不再收取审稿费
764 《世界华人消化杂志》消化护理学领域征稿启事
781 《世界华人消化杂志》栏目设置
789 《世界华人消化杂志》性质、刊登内容及目标
795 《世界华人消化杂志》正文要求

封面故事

《世界华人消化杂志》编委, 管小青, 教授, 主任医师, 硕士生导师, 223800, 江苏省宿迁市宿城区黄河南路138号, 南京鼓楼医院集团宿迁市人民医院(徐州医科大学附属宿迁医院)普通外科. 江苏省重点学科带头人, 主攻胃肠外科疾病的诊治, 且颇有建树. 2006年以来, 获得江苏省科技厅自然科学基金课题、江苏省卫生厅资助课题、宿迁市科技局社会发展支撑课题共6项; 共在中华级、国家级及省级专业杂志上发表论文100余篇; 获得江苏省新技术引进奖一等奖1项、二等奖1项, 江苏省宿迁市人民政府科技进步奖一、二、三等奖12项, 江苏省有突出贡献中青年专家.

本期责任人

编务 李香; 送审编辑 都珍珍, 闫晋利; 组版编辑 都珍珍; 英文编辑 王天奇; 责任编辑 于明茜; 形式规范审核编辑部主任 郭鹏; 最终清样审核总编辑 马连生

世界华人消化杂志

Shijie Huaren Xiaohua Zazhi

吴阶平 题写封面刊名

陈可冀 题写版权刊名

(旬刊)

创 刊 1993-01-15

改 刊 1998-01-25

出 版 2016-02-18

原刊名 新消化病学杂志

期刊名称

世界华人消化杂志

国际标准连续出版物号

ISSN 1009-3079 (print) ISSN 2219-2859 (online)

主编

程英升, 教授, 200233, 上海市, 上海交通大学附属第六人民医院放射科

党双锁, 教授, 710004, 陕西省西安市, 西安交通大学医学院第二附属医院感染科

江学良, 教授, 250031, 山东省济南市, 中国人民解放军济南军区总医院消化科

刘连新, 教授, 150001, 黑龙江省哈尔滨市, 哈尔滨医科大学第一临床医学院普外科

刘占举, 教授, 200072, 上海市, 同济大学附属第十人民医院消化内科

吕宾, 教授, 310006, 浙江省杭州市, 浙江中医药大学附属医院(浙江省中医院)消化科

马大烈, 教授, 200433, 上海市, 中国人民解放军第二军医大学附属长海医院病理科

王俊平, 教授, 030001, 山西省太原市, 山西省人民医院消化科

王小众, 教授, 350001, 福建省福州市, 福建医科大学附属协和医院消化内科

姚登福, 教授, 226001, 江苏省南通市, 南通大学附属医院临床医学研究中心

张宗明, 教授, 100073, 北京市, 首都医科大学北京电力医院普外科

编辑部

郭鹏, 主任

《世界华人消化杂志》编辑部

100025, 北京市朝阳区东四环中路62号,

远洋国际中心D座903室

电话: 010-59080035

手机: 13901166126

传真: 010-85381893

E-mail: wcjd@wjgnet.com

http://www.wjgnet.com

出版

百世登出版集团有限公司

Baishideng Publishing Group Inc

8226 Regency Drive, Pleasanton,

CA 94588, USA

Fax: +1-925-223-8242

Telephone: +1-925-223-8243

E-mail: bpgoffice@wjgnet.com

http://www.wjgnet.com

制作

北京百世登生物医学科技有限公司

100025, 北京市朝阳区东四环中路62号, 远洋国际中心D座903室

电话: 010-85381892

传真: 010-85381893

《世界华人消化杂志》是一本高质量的同行评议, 开放获取和在线出版的学术刊物. 本刊被中国知网《中国期刊全文数据库》, 美国《化学文摘(Chemical Abstracts, CA)》, 荷兰《医学文摘/医学文摘(EMBASE/Excerpta Medica, EM)》和俄罗斯《文摘杂志(Abstract Journal, AJ)》数据库收录.

《世界华人消化杂志》正式开通了在线办公系统(<http://www.baishideng.com/wcjd/ch/index.aspx>), 所有办公流程一律可以在线进行, 包括投稿、审稿、编辑、审读, 以及作者、读者和编者之间的信息反馈交流.

特别声明

本刊刊出的所有文章不代表本刊编辑部和本刊编委会的观点, 除非特别声明. 本刊如有印装质量问题, 请向本刊编辑部调换.

定价

每期90.67元 全年36期3264.00元

© 2016年版权归百世登出版集团有限公司所有

Contents

Volume 24 Number 5 February 18, 2016

EDITORIAL

- 657 Reasons and preventive measures for vascular damage in pancreaticoduodenectomy

Guan XQ, Zheng XX, Wu J, Gu SC, Wu JS

- 664 Signification of intestinal lactase in diagnosis and treatment of infantile diarrhea

Deng YL, Shu L, Liu YJ, Tan ZJ

BASIC RESEARCH

- 670 Effect of ginsenoside Rg3 combined with sorafenib in inhibiting tumor growth and neovascularization in nude mice with *in situ* transplanted human hepatocellular carcinoma

Zheng X, Gao S, Hua HQ, Yang AZ, Qin SK

- 678 Effect of intestinal alkaline phosphatase on expression of Muc2, Stat4 and P-Stat4 in colitis in mice

Ma N, Zhao MH, Li LJ, Li Z, Zhou LW, Feng BS

CLINICAL RESEARCH

- 686 Relationship between epithelial to mesenchymal transition and prognosis in pancreatic cancer

Ma RR, Gong HB, Gong J, Xu B

REVIEW

- 692 Mechanisms of non-alcoholic fatty liver disease and its correlation with chronic stress

Mu J, Wang QG, Wang XQ, Cheng FF, Li CX, Lian YJ

- 699 Primary biliary cirrhosis and natural immunity

Wei JX, Tang YM

- 706 Impact of macronutrients on gut microbiota

Liu YD, Yu KF, Zhu WY

- 714 Clinical application of precise radiotherapy in rectal cancer

Zhao WB, Qiu MM, Wen BX

- 722 Metabolic analysis and mechanism of lipids, amino acids and carbohydrates in gastrointestinal cancer

Yang FX, Wang YX, Lu YH, Yang DZ, Tang DQ, Fan XL

RAPID COMMUNICATION

- 731 Changes of collagen fibers in development of alcoholic liver injury

Jiang YK, Li SQ, Lu HJ, Shang FM, Li QQ, Hou SL, Bai XJ, Pan YY

- 737 Isolation and identification of exosomes of hepatocellular carcinoma cells

Chen JG, Deng JH, He M

CLINICAL PRACTICE

- 744 Comparison of dysphagia incidence after laparoscopic Nissen and Toupet fundoplication for hiatal hernia repair

Zhao K, Li ZX, Chen Z, Sun XY

- 749 Esophagogastric anterior wall anastomosis combined with pyloroplasty after surgery for early cardia cancer

Nie P, Ma HT, Wang JH, Su FD

- 754 Impact of *Helicobacter pylori* infection on serum and gastric tissue nucleobindin 2/nesfatin-1 levels

Zhang SQ, Tian ZB, Sun GR, Ding XL, Song W, Liu SL

- 759 Clinical efficacy of Apatinib in treatment of advanced gastric cancer

Wang B, Song LJ, Niu PY, Li WL, Liu QC, Fan QX

- 765 Therapy and follow-up of upper gastrointestinal subepithelial lesions

Chang LL, Zhang KG, Zhang ML, Song JZ, Wang YT, Wang QM, Xie L, Wu ZX

- 775 Correlation between homocysteine level and carotid artery intima-media thickness in patients with nonalcoholic steatohepatitis

Wang RP, Guo JJ, Wang W, Liu J, Zhang YY

- 782 Clinicopathologic features of Wilson disease of the liver

Yan YQ, Zheng ZY, Zeng DH, Liu QH, Zhu YL, Zheng QL, Qu LJ

- 790 Relationship between levels of serum-ascites albumin gradient, serum prealbumin and prothrombin activity and grade of liver function and prognosis in patients with decompensated liver cirrhosis

Huang X, Liu CM, Zhao SS, Zhao JF, Gao CM, Xu KH

- 796 Efficacy of endoscopic therapy vs drug therapy in peptic ulcer bleeding with an adherent blood clot

Wu HZ, Yuan HF, Huang S, Lei LM, Lai YQ

- 801 Survival after local excision or radical resection for early-stage colorectal cancer

Cao YS, Ge HY

- 808 Antimicrobial susceptibility testing for *Helicobacter pylori* treatment: A follow-up study on clinical effects

Han F, Ji ZZ, Jin X, Wan L, Cai CX, Chen YP, Chen HY, Chen MF, Yang NM

- 815 Efficacy of acupuncture for simple obesity complicated with hyperlipidaemia: Analysis of 1330 cases

Wang M, Liu ZC, Xu B

CASE REPORT

- 821 Intermittent fever and developmental retardation as initial manifestations in a pediatric Crohn's disease patient: A case report and literature review

Zhang Y, Li WH, Lv YG

Contents

World Chinese Journal of Digestology
Volume 24 Number 5 February 18, 2016

APPENDIX

I – V Instructions to authors
I Calendar of meetings and events in 2016

ACKNOWLEDGMENT

I – II Acknowledgments to reviewers for the *World Chinese Journal of Digestology*

COVER

Editorial Board Member of *World Chinese Journal of Digestology*, Xiao-Qing Guan, Chief Physician, Department of General Surgery, Suqian People's Hospital of Nanjing Drum-tower Hospital Group (Suqian Hospital Affiliated to Xuzhou Medical University), 138 Huanghe South Road, Suqian 223800, Jiangsu Province, China

Indexed/Abstracted by

Chinese Journal Full-text Database, Chemical Abstracts, EMBASE/Excerpta Medica, and Abstract Journals.

RESPONSIBLE EDITORS FOR THIS ISSUE

Assistant Editor: *Xiang Li* Review Editor: *Zhen-Zhen Du, Jin-Li Yan* Electronic Editor: *Zhen-Zhen Du*
English Language Editor: *Tian-Qi Wang* Editor-in-Charge: *Ming-Xi Yu* Proof Editor: *Peng Guo* Layout Reviewer: *Lian-Sheng Ma*

Shijie Huaren Xiaohua Zazhi

Founded on January 15, 1993

Renamed on January 25, 1998

Publication date February 18, 2016

NAME OF JOURNAL

World Chinese Journal of Digestology

ISSN

ISSN 1009-3079 (print) ISSN 2219-2859 (online)

EDITOR-IN-CHIEF

Ying-Sheng Cheng, Professor, Department of Radiology, Sixth People's Hospital of Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200233, China

Shuang-Suo Dang, Professor, Department of Infectious Diseases, the Second Affiliated Hospital of Medical School of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, Shaanxi Province, China

Xue-Liang Jiang, Professor, Department of Gastroenterology, General Hospital of Jinan Military Command of Chinese PLA, Jinan 250031, Shandong Province, China

Lian-Xin Liu, Professor, Department of General Surgery, the First Clinical Medical College of Harbin Medical University, Harbin 150001, Heilongjiang Province, China

Zhan-Ju Liu, Professor, Department of Gastroenterology, Shanghai Tenth People's Hospital, Tongji University, Shanghai 200072, China

Bin Lv, Professor, Department of Gastroenterology, the First Affiliated Hospital of Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310006, Zhejiang Province, China

Da-Lie Ma, Professor, Department of Pathology, Changhai Hospital, the Second Military Medical University of Chinese PLA, Shanghai 200433, China

Jun-Ping Wang, Professor, Department of Gastroenterology, People's Hospital of Shanxi, Taiyuan 030001, Shanxi Province, China

Xiao-Zhong Wang, Professor, Department of Gastroenterology, Union Hospital, Fujian Medical University, Fuzhou 350001, Fujian Province, China

Deng-Fu Yao, Professor, Clinical Research Center, Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226001, Jiangsu Province, China

Zong-Ming Zhang, Professor, Department of General Surgery, Beijing Electric Power Hospital, Capital Medical University, Beijing 100073, China

EDITORIAL OFFICE

Peng Guo, Director
World Chinese Journal of Digestology
Room 903, Building D, Ocean International Center, No. 62 Dongsihuan Zhonglu, Chaoyang District, Beijing 100025, China
Telephone: +86-10-59080035 13901166126
Fax: +86-10-85381893
E-mail: wjcd@wjgnet.com
<http://www.wjgnet.com>

PUBLISHER

Baishideng Publishing Group Inc
8226 Regency Drive, Pleasanton, CA 94588, USA
Fax: +1-925-223-8242
Telephone: +1-925-223-8243
E-mail: bpgoffice@wjgnet.com
<http://www.wjgnet.com>

PRODUCTION CENTER

Beijing Baishideng BioMed Scientific Co., Limited Room 903, Building D, Ocean International Center, No. 62 Dongsihuan Zhonglu, Chaoyang District, Beijing 100025, China
Telephone: +86-10-85381892
Fax: +86-10-85381893

PRINT SUBSCRIPTION

RMB 90.67 Yuan for each issue
RMB 3264 Yuan for one year

COPYRIGHT

© 2016 Baishideng Publishing Group Inc. Articles published by this open access journal are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License, which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited, the use is non commercial and is otherwise in compliance with the license.

SPECIAL STATEMENT

All articles published in journals owned by the Baishideng Publishing Group (BPG) represent the views and opinions of their authors, but not the views, opinions or policies of the BPG, except where otherwise explicitly indicated.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

Full instructions are available online at www.wjgnet.com/1009-3079/tgxz.asp. If you do not have web access, please contact the editorial office.

食物主要成分与动物肠道微生物组成及其代谢的关系

刘艺端, 余凯凡, 朱伟云

■背景资料

动物胃肠道中寄居有大量微生物, 这些微生物与宿主免疫、营养以及其他生命活动紧密相关, 肠道菌群组成及其代谢活动都会影响宿主的代谢和健康, 而宿主饮食是菌群组成和代谢的重要调控因素, 因此, 探究食物对肠道菌群的调控具有重要意义。

刘艺端, 余凯凡, 朱伟云, 江苏省消化道营养与动物健康重点实验室 南京农业大学消化道微生物研究室 江苏省南京市 210095

刘艺端, 主要从事消化道微生物的研究。

国家重点基础研究发展计划(973计划)基金资助项目, No. 2013CB127300

江苏省自然科学基金资助项目, No. BK20130058

国家自然科学基金资助项目, No. 31501962

教育部博士点基金资助项目, No. 20130097130005

作者贡献分布: 本文由刘艺端完成; 余凯凡进行文章修改; 朱伟云进行选题设计和文章修改。

通讯作者: 朱伟云, 教授, 210095, 江苏省南京市玄武区卫岗1号, 江苏省消化道营养与动物健康重点实验室, 南京农业大学消化道微生物研究室. zhuweiyun@njau.edu.cn
电话: 86-25-84395523

收稿日期: 2015-11-19

修回日期: 2016-01-04

接受日期: 2016-01-11

在线出版日期: 2016-02-18

Impact of macronutrients on gut microbiota

Yi-Duan Liu, Kai-Fan Yu, Wei-Yun Zhu

Yi-Duan Liu, Kai-Fan Yu, Wei-Yun Zhu, Laboratory of Gastrointestinal Microbiology, Jiangsu Provincial Key Laboratory of Gastrointestinal Nutrition and Animal Health; College of Animal Science and Technology, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095, Jiangsu Province, China

Supported by: National Key Basic Research Program of China, No. 2013CB127300; Jiangsu Provincial Natural Science Foundation, No. BK20130058; National Natural Science Foundation of China, No. 31501962; Research Fund for the Doctoral Program of Higher Education of China, No. 20130097130005

Correspondence to: Wei-Yun Zhu, Professor, Laboratory of Gastrointestinal Microbiology, Jiangsu Provincial

Key Laboratory of Gastrointestinal Nutrition and Animal Health; College of Animal Science and Technology, Nanjing Agriculture University, 1 Weigang, Xuanwu District, Nanjing 210095, Jiangsu Province, China. zhuweiyun@njau.edu.cn

Received: 2015-11-19

Revised: 2016-01-04

Accepted: 2016-01-11

Published online: 2016-02-18

Abstract

The human gastrointestinal tract is colonized by microbial communities that have important effects on immune function, nutrient processing, and a broad range of other host activities. Diet and other environmental factors can modulate the composition and metabolic activity of the gut microbiota, which in turn impacts health. On the other hand, microbiota and its collective genomes provide us with genetic and metabolic attributes we have not been required to evolve on our own, including the ability to harvest nutrients such as polysaccharides. This review will focus on the impact of dietary macronutrients (carbohydrate, protein and fat) on the microbial ecology and metabolism within the intestine, and explore some of the consequences for animal health.

© 2016 Baishideng Publishing Group Inc. All rights reserved.

Key Words: Nutrients; Intestinal microbiota; Bacterial metabolism; Health

Liu YD, Yu KF, Zhu WY. Impact of macronutrients on gut microbiota. *Shijie Huaren Xiaohua Zazhi* 2016; 24(5): 706-713 URL: <http://www.wjgnet.com/1009-3079/24/706.asp> DOI: <http://dx.doi.org/10.11569/wcjd.v24.i5.706>

■同行评议者

谭周进, 教授, 湖南中医药大学; 汪海峰, 教授, 硕士生导师, 浙江农林大学动物科技学院; 张静姝, 研究员, 天津市疾病预防控制中心; 伦永志, 副教授, 大连大学医学院

摘要

动物胃肠道中寄居有大量微生物, 这些微生物的存在与宿主免疫、营养以及其他生命活动紧密相关。经过长期进化, 肠道菌群与宿主形成了相对稳定的共生体系, 但饮食等环境因素能够改变肠道菌群组成及其代谢活性, 进而影响机体健康。另一方面, 肠道菌群携带着与宿主截然不同的遗传信息, 并具有比宿主更多元的代谢功能, 包括从食物中摄取能量的能力, 比如分解和利用不能被宿主消化的多糖。本文综述碳水化合物、蛋白质和脂类三大主要营养成分对肠道菌群及其代谢的影响, 并探讨菌群变化和菌群代谢对动物健康的影响。

© 2016年版权归百世登出版集团有限公司所有。

关键词: 食物成分; 肠道菌群; 微生物代谢; 机体健康

核心提示: 动物肠道菌群与宿主免疫、营养以及其他生命活动紧密相关。然而, 饮食等环境因素能够改变肠道菌群组成及其代谢活性, 进而影响机体健康。本文综述碳水化合物、蛋白质和脂类对肠道菌群及其代谢的影响, 并探讨菌群变化和菌群代谢对动物健康的影响。

刘艺端, 余凯凡, 朱伟云. 食物主要成分与动物肠道微生物组成及其代谢的关系. 世界华人消化杂志 2016; 24(5): 706-713
URL: <http://www.wjgnet.com/1009-3079/24/706.asp>
DOI: <http://dx.doi.org/10.11569/wjcd.v24.i5.706>

0 引言

经过长期进化, 肠道微生物与宿主形成了相对稳定的共生体系^[1]。其中, 厚壁菌门(Firmicutes)、拟杆菌门(Bacteroidetes)和放线菌门(Actinobacteria)细菌是动物肠道的优势菌^[2,3]。随着分子生物学技术的发展, 目前, 已鉴定出的种属包括双歧杆菌属(*Bifidobacterium*)、乳杆菌属(*Lactobacillus*)、拟杆菌属(*Bacteroides*)、梭菌属(*Clostridium*)、埃希氏菌属(*Escherichia*)、链球菌属(*Streptococcus*)以及瘤胃球菌属(*Ruminococcus*)等^[4]。肠道菌群是宿主生理状态、日常习惯等环境因素共同选择的结果^[4]。虽然肠道环境提供了细菌生长所需的营养、温度等条件, 但是宿主免疫^[5]、菌种间竞争等都是对细菌适应性的重大考验^[1]。在长期相对固定的饮食模式下, 人肠道内的优

势菌群是相对稳定的。通过分析粪样菌群组成, 研究人员发现非洲土著(摄食植物性食物为主)肠道内拟杆菌门细菌极其丰富, 厚壁菌门细菌则相对较少, 而西方人(摄食动物蛋白为主)肠道内拟杆菌门与厚壁菌门细菌的比例相对较低^[6], 这可能就是饮食结构对菌群进行选择的结果, 同时也是细菌对不同底物适应性的体现。但是, 关于某些菌群适宜在高蛋白饮食人群的肠道内生存, 而另一些菌群却不能的原因, 目前还不清楚, 甚至特定食物背景下的菌群组成也不尽明确。事实上, 肠道菌群是相当脆弱的, 进行抗生素治疗时或改变饮食结构后, 肠道菌群会在短时间内发生变化^[7]。已有报道, 长期饲喂高纤维日粮的小鼠改饲高脂日粮后, 其肠道内双歧杆菌属^[8,9]、拟杆菌属^[8]和普雷沃氏菌属(*Prevotella* spp.)细菌数量增加, 而厚壁菌门细菌特别是该细菌门类中的柔嫩梭菌(*Clostridium leptum*)数量减少^[10]。由此可见, 肠道菌群对食物结构存在某种偏好性, 而且可能具有特定功能^[11]。值得注意的是, 饮食结构改变所引起的肠道菌群的变化, 可能关系到宿主的健康。目前, 肠道微生物与肥胖、糖尿病等代谢疾病存在相关性的观点受到广泛关注^[12]。基于饮食结构能够影响肠道菌群^[13], 宿主的摄食类型已被公认为代谢失调的诱因之一^[14]。因此, 探究宿主和肠道微生物间的代谢互作关系, 有望从肠道微生物干预角度寻找预防和治疗代谢相关疾病的方法; 同时, 由于细菌代谢旺、生长快等特点, 使得肠道菌群能够迅速回应饮食等环境的改变^[15], 而肠道菌群的可变性揭示了饮食干预手段应用于疾病治疗的可能性。为此, 本文总结了不同食物成分对肠道菌群组成和代谢的影响, 并分析微生物活动及其代谢产物对宿主代谢和健康的影响, 为通过靶向肠道微生物的营养干预途径调节机体健康提供参考。

1 碳水化合物

1.1 碳水化合物对肠道菌群组成的影响 植物性食物富含抗性淀粉、非淀粉多糖和寡糖等, 但是宿主消化酶不能水解这些碳水化合物, 他们逃脱前肠消化和吸收到达结肠后, 将作为碳源和能源供细菌利用和生长^[3]。宿主摄入碳水化合物的结构(种类和数量)是多种多样的, 宿

■ 研究前沿

近年来, 随着宏基因组学、代谢组学等生物学分析技术的发展, 肠道微生物领域研究已经逐渐从分类学鉴定逐渐向菌群功能性深入, 比如拟杆菌属细菌降解多糖的机制。

■ 相关报道

Bäckhed等透彻解析了肠道菌群与宿主之间的互利共生关系, 有助于大家更好的理解宿主与菌群间的相互营养及其代谢互动。Conlon等提出生活方式、日常饮食会影响肠道菌群, 特别强调了饮食对于菌群稳态和机体健康的重要意义。

主的肠道菌群组成会随之发生规律性的变化。与大量摄食动物蛋白的欧洲儿童相比, 以富含碳水化合物的谷物、豆类和蔬菜为主食的非洲儿童, 其粪中拟杆菌门细菌丰度较高, 而厚壁菌门和肠杆菌科(Enterobacteriaceae)细菌丰度较低^[6]。从细菌种属水平分析, Abell等^[16]发现健康成年人摄食大量抗性淀粉时, 其粪中布氏瘤胃球菌(*Ruminococcus bromii*)丰度较高; Walker等^[17]也发现类似的现象, 摄食抗性淀粉配制的食物后, 肥胖患者肠道内布氏瘤胃球菌快速生长, 达到总菌数量的17%, 而患者摄食非淀粉多糖时布氏瘤胃球菌仅占3.8%, 其他种属的细菌丰度则相对增加。由此可见, 瘤胃球菌属细菌善于利用抗性淀粉, 而拟杆菌门细菌则适宜于在碳水化合物丰富的环境中生长。然而, 食物干预后的菌群变化很大程度依赖于受试者肠道初始菌群^[17], 个体差异是动物试验中存在的重要限制因素。幸运的是, 应用体外培养技术能够针对性的研究底物对特定菌群的影响^[18]。有研究^[19]指出, 将人粪样悬液接种到不同碳水化合物中, 细菌丰度和多样性均随之变化。以木聚糖、果胶等非淀粉多糖作为底物, 拟杆菌属细菌大量增殖, 而瘤胃球菌属、梭菌属等细菌较接种时比例下降, 而以直链淀粉为底物的培养基中布氏瘤胃球菌、*B. adolescentis*、短双歧杆菌(*B. breve*)为优势细菌^[20]。由此可见, 不同微生物对碳水化合物具有不同的偏好, 这些天然的寡糖和非淀粉多糖将成为针对性调控肠道菌群的重要益生菌资源。

1.2 碳水化合物的发酵规律及其代谢产物SCFAs对宿主健康的影响 多糖是储存着丰富能量的多聚体, 可作为肠道细菌的营养底物。多糖发酵生成乙酸、丙酸和丁酸等短链脂肪酸(short chain fatty acids, SCFAs), 以及H₂和CO₂等气体^[21]。

肠道菌群对碳水化合物的利用可能存在种间竞争或共生关系。Duncan等^[19]的研究指出, 分离自人粪样的产丁酸菌罗氏菌属(*Roseburia*)的A2-183^F菌株在纯培养条件下不能有效利用土豆淀粉、木聚糖等碳水化合物, 而在与人粪样悬浮液的共培养条件下, 则可在多种碳水化合物中生长, 由此推测, 微生物降解复杂碳水化合物的过程不是独立进行的, 而是彼此紧密配合形成了相互依赖的代谢网络。

事实上, 微生物能否有效利用特定碳水化合物与他们所携带的碳水化合物摄取及代谢基因相关, 比如编码戊糖磷酸途径和产乳酸途径的相关酶的基因^[22]。拟杆菌属细菌能够产生一系列多糖水解酶, 而另一些种属的细菌如双歧杆菌属的*B. longum*却只能转运和利用单糖^[23], 因此, 拟杆菌属细菌如多型拟杆菌(*Bacteroides thetaiotaomicron*)存在时, 能够促进*B. longum*的生长。菌种间的这种协作关系, 对于肠道菌群平衡的维持有着重要意义, 也是益生菌和益生菌的研究中需要考虑的重要规律。此外, 单糖磷酸转移酶系统(phosphotransferase systems, PTS)在小肠的链球菌中大量表达, 提示链球菌主要利用简单碳水化合物^[22]; 而编码多糖水解相关酶的多型拟杆菌则主要分布在大肠肠腔中^[24], 反映出不同肠段消化和吸收分工有所不同。由此可见, 肠道菌群对碳水化合物的代谢活动, 不仅促进了宿主对营养素的摄取和利用, 而且对于肠道健康的维持有着重要意义。

肠道发酵产生的代谢产物是宿主每日能量需要的重要来源^[25]。曾有报道^[26]指出, 为了满足无菌大鼠维持代谢所需的能量, 需要为其额外补充30%的卡路里。碳水化合物发酵产生的SCFAs大部分经肠道上皮吸收, 并在不同组织代谢^[27], 乙酸主要为肠上皮组织提供能量, 丙酸则主要参与肝脏的糖代谢和脂代谢^[28]。结肠细胞倾向于以丁酸作为能源物质, 而不是葡萄糖或酮体, 因此当肠道中乙酸成为主导能源物质时, 能有效抑制结肠癌细胞的增殖^[29], 补充适宜浓度的丁酸或添加产丁酸菌有利于肠道的稳态和健康。此外, SCFAs可作为配体激活游离脂肪酸受体(free fatty acid receptor, FFAR)^[30], 调节宿主的免疫功能, 例如, 乙酸和丙酸可激活人体中性粒细胞和单核细胞中的FFAR2, 促进肠道中抗炎反应^[30]。FFAR2基因缺失小鼠感染肠炎后, 由于此通路受阻导致炎症急剧恶化; 而无菌小鼠由于肠道内几乎不释放SCFAs, 同样表现出抗炎反应的失调^[31]。由此可见, SCFAs参与调节宿主正常炎症反应, 并通过多种途径促进肠道健康。当前, 寡糖类物质是动物健康研究领域的热点, 菊粉和果寡糖能提高小鼠粪中丁酸和丙酸产量^[32], 寡糖的功能性可能最终要归结到SCFAs的作用。

2 蛋白质

2.1 蛋白质对肠道菌群组成的影响 寄居于肠道的蛋白降解菌包括拟杆菌属、梭菌属、梭杆菌属(*Fusobacterium*)、链球菌属细菌等^[33]。事实上, 大多数肠道菌都能利用肠道含氮资源, 比如, 小肠部位的微生物既能利用内源氨基酸作为氮源^[34,35], 还会参与到赖氨酸等氨基酸的从头合成, 进而为十二指肠、空肠以及肝脏等组织的蛋白质合成提供原料^[36]。然而, 当肠道内的碳水化合物耗尽后, 仅仅少数病原菌能够有效利用蛋白质作为能源^[37], 由此可见, 食物中蛋白质和碳水化合物的适宜比例对肠道健康至关重要。蛋白质水平会改变肠道菌群, Lubbs等^[38]检测了不同蛋白浓度对成年猫粪样微生物组成和数量的影响, 结果发现, 与中等蛋白日粮(34%)组相比, 高蛋白日粮(52%)能够增加猫粪样中产气荚膜梭菌(*C. perfringens*)数量, 而双歧杆菌属数量较低; 而在饲喂高蛋白日粮的犬类肠道中, 梭杆菌目(*Fusobacteriales*)细菌优势菌, 改饲常规日粮后梭菌目(*Clostridiales*)、乳杆菌目(*Lactobacillales*)和拟杆菌目(*Bacteroidales*)细菌增加^[39]。Chung等^[40]则发现饲喂高蛋白日粮的大鼠粪便中大肠杆菌和梭菌属细菌数量增加。另外, 蛋白质的来源也会影响肠道菌群组成。仔猪饲喂酪蛋白后, 其回肠中总真细菌、拟杆菌属、紫单胞菌属(*Porphyromonas*)、肠杆菌科、梭菌属XIVa簇细菌丰度较高^[37], 而饲喂豆粕日粮的仔猪粪中肠杆菌科细菌丰度较低^[37]。此外, 在以牛肉、鸡肉等动物蛋白作为底物的体外试验中, 梭菌属和拟杆菌属细菌在培养基中大量富集^[41]。由此可见, 与不同碳水化合物一样, 不同来源的蛋白质存在相对应的特征菌群, 肠杆菌科以及梭菌属细菌随蛋白质水平和来源有一定的波动, 但是不同蛋白源对肠道菌群影响的报道还相对较少。

2.2 蛋白质发酵产物对宿主健康的影响 肠道微生物能够利用蛋白质、氨基酸、肽链以及尿素和氨气等含氮物质作为氮源^[34,35,42]。未被小肠消化和吸收的食物蛋白及内源蛋白进入后肠, 经结肠微生物降解, 除了生成SCFAs、 H_2 和 CO_2 ^[43,44], 经脱氨、脱羧等途径还会产生氨、酚类、吡啶类、胺类、 H_2S 等物质^[45], 这些代谢产物会对机体健康产生重要影响。

结肠的氨不仅会缩短结肠细胞生命周期, 而且会限制结肠黏液层细胞的增殖^[46]。氨基酸经微生物脱羧酶作用生成的胺类和酰胺类物质, 亚硝基化生成与结直肠癌疾病相关的亚硝基化合物(N-nitroso compounds, NOCs), 同时, NOCs含量与红肉(猪肉和牛肉)摄入量高度相关^[47]。普遍认为, H_2S 是一种有毒产物, 能够诱导机体DNA损伤, 造成结肠细胞发生基因水平的病变, 引发结肠癌等肠道疾病^[48]。然而, Carbonero等^[48]的试验中却发现, 抑制健康小鼠体内 H_2S 的合成后, 造成其小肠和结肠黏膜损伤并引发炎症反应, 而补充 H_2S 后能有效缓解结肠炎症。Russell等^[49]则发现一些结肠优势菌能够利用3种芳香族氨基酸, 随着蛋白质摄入量的增加, 粪中苯衍生物的含量增加, 而这些苯化合物具有一定的抗炎和抑菌活性。由此可见, 虽然蛋白质的代谢产物具有一定毒性, 但是他们对于机体的稳态与健康又是必不可少的。然而, 关于硫化氢等物质的代谢途径、调节作用等还不清楚。

3 脂类

3.1 脂类对肠道菌群组成的影响 肠道菌群组成会随食物中脂肪酸组成的变化而变化。饲喂添加棕榈油(富含饱和脂肪酸)的高脂日粮, 小鼠肠道中拟杆菌门细菌减少, 而添加橄榄油(富含单不饱和脂肪酸)组拟杆菌科(*Bacteroidaceae*)细菌丰度相对较高^[50]。另一方面, 亚麻油或鱼油组(富含n-3多不饱和脂肪酸)相比添加淀粉或蔗糖的低脂日粮组, 肠道内双歧杆菌数量增加^[50], 通常认为双歧杆菌是肠道的有益菌, 能够降低肠道内毒素水平并提高肠道黏膜屏障功能^[51], 提示不饱和脂肪酸的添加有利于肠道微生态的平衡。

此外, 肠道菌群组成还会受到食物高脂的调控。有报道^[52]指出, 高脂饮食的摄入导致后肠细菌总量、双歧杆菌属细菌减少, 而拟杆菌目和梭菌目细菌丰度相对增加^[53], 双歧杆菌作为肠道有益菌的代表, 其数量的减少可能会影响肠道屏障功能的发挥; 同时, 肠道内革兰氏阴性菌所占比例相对增加, 导致机体血液中LPS含量也增加^[51]。另外, 高脂饮食可能诱导肠道微生物摄取食物能量的能力增加^[52], 进而诱发肥胖等代谢疾病。脂类和碳水化合物都是仅由碳元素和氢元素构成, 都能

创新盘点

目前, 许多研究指出饮食会改变肠道菌群, 进而影响宿主健康。本文旨在深入食物成分层面, 区别于混杂多种成分的食物结构层面, 探讨饮食因素对肠道菌群的影响, 并竭力从菌群代谢机制层面解析肠道菌群活动对宿主营养代谢的影响。

应用要点

探究肠道微生物对不同食物成分的代谢规律, 有助于将来通过调整饮食结构或添加益生菌、益生元等方式来改善肠道健康, 并为研究肥胖等代谢相关疾病的发病机制、寻找治疗方法提供新思路和新途径。

作为碳源供微生物利用, 但是由于饮食中脂类含量较少、高低脂饮食中碳水化合物结构差异等原因, 肠道菌群对脂类的代谢机制暂不明确, 也未查阅到相关报道。

3.2 肠道微生物对宿主脂代谢的影响 肠道微生物能够通过多种途径调控宿主脂代谢, 他们如同机体的附属代谢器官, 与宿主进行着密切的物质、能量和信息交流。

胆盐在脂类消化环节中扮演着重要角色, 而肠道微生物能够对其进行修饰^[54], 影响其功能的发挥。首先, 肠道细菌释放胆盐水解酶(bile salt hydrolase, BSH)作用于胆盐的酰胺键, 反应生成甘氨酸或牛磺酸以及游离胆汁酸^[54]; 进一步, 肠道细菌可催化游离胆酸的脱羟基反应^[55]。目前已有报道, 梭菌属和双歧杆菌属细菌以及拟杆菌(*Bacteroides*)、乳酸杆菌(*Lactobacillus*)和肠球菌(*Enterococcus*)普遍具有BSH, 但不同株细菌其BSH活性不同, 如瑞士乳杆菌(*L. helveticus*)和发酵乳杆菌(*L. fermentum*)只能解离牛磺酸胆盐而不能解离甘氨酸胆盐, 推测微生物BSH具有类固醇类和氨基酸识别两类。另外, 有报道添加具有BSH活性的菌种能有效降低小鼠和狗血清胆固醇水平^[54]; 而胆盐水解产物牛磺酸胆盐能够抑制一定剂量艰难梭菌(*C. difficile*)毒素A和毒素B裂解活性, 有效避免结肠上皮细胞遭受毒素损伤^[56]。由此可见, 细菌BSH活性不仅反映肠道细菌对胆酸环境的适应力, 还能介导胆盐修饰影响宿主代谢及微生态平衡, 体现出一定益生效果。

除了参与到胆盐代谢中影响脂类消化, 微生物还能直接影响宿主脂肪代谢过程。Cani等^[51]发现, 将常规小鼠肠道菌群移植到无菌小鼠肠道后, 小鼠从食物中摄取能量的能力增加^[14], 其体内脂沉积量增加60%, 此时采食量也有所增加, 这可能是微生物促进了肠腔内单糖的吸收以及肝脏脂肪合成的结果^[1]。Bäckhed等^[57]进一步指出, 无菌小鼠能够避免由高脂多糖食物引发的肥胖, 因为其体内存在大量的饥饿诱导脂肪因子(fasting induced adipose factor, Fiaf), 而Fiaf能够有效抑制甘油三酯在脂肪细胞内沉积, 相反, 敲除Fiaf基因的无菌小鼠由于缺乏Fiaf就容易发生此类肥胖^[57]; 同时, 肠道上皮Fiaf的表达受到微生物的选择性抑制, 常规小鼠不能有效规避此类肥胖的风险^[58]。由此可见, 微生物既能干预宿主能量的利用和吸收, 又能

调控宿主脂代谢相关基因, 还参与到胆盐等脂代谢相关化合物的代谢中, 通过多种途径干预宿主脂代谢。

4 结论

由于携带着多种多样的物质代谢相关基因, 肠道菌群能够水解、吸收、利用宿主不能直接代谢的多糖、抗性淀粉等食物成分, 而这些功能是由不同种属的细菌分别承担的, 比如多型拟杆菌能够水解多糖, 而链球菌只善于利用单糖, 这也是肠道菌群间互利共生的体现。因此, 肠道菌群作为一个整体, 过分强调单一菌种的存在、数量及其代谢是不够的, 在将来的研究中需要多考虑菌种间互作和竞争关系。此外, 由于饮食成分的复杂性以及个体间肠道菌群的差异, 利用体外培养的方法研究细菌代谢规律将成为一种趋势。在食物成分调节下, 肠道菌群形成相对稳定的代谢网络, 并与宿主建立起糖代谢、氮代谢以及能量代谢平衡, 与宿主肥胖等代谢相关疾病的发生存在一定关联。深入解析肠道菌群与疾病的关系, 或许能从庞大的肠道菌群中找出某些指示菌, 由于微生物的生长速度极快能够快速响应机体环境的细微变化, 标志性微生物的数量变化有望作为健康变化的监测信号, 应用于疾病检查和疾病治疗。随着对肠道微生物对不同食物成分的代谢规律的深入认识, 有望通过调整饮食结构或添加益生菌、益生元等方式来改变肠道菌群结构, 从而维持肠道稳态甚至修复肠道损伤, 同时也将成为研究代谢相关疾病的发病机制、寻找治疗方法和改善宿主健康的新思路和新途径。

5 参考文献

- 1 Bäckhed F, Ley RE, Sonnenburg JL, Peterson DA, Gordon JI. Host-bacterial mutualism in the human intestine. *Science* 2005; 307: 1915-1920 [PMID: 15790844 DOI: 10.1126/science.1104816]
- 2 Arumugam M, Raes J, Pelletier E, Le Paslier D, Yamada T, Mende DR, Fernandes GR, Tap J, Bruls T, Batto JM, Bertalan M, Borruel N, Casellas F, Fernandez L, Gautier L, Hansen T, Hattori M, Hayashi T, Kleerebezem M, Kurokawa K, Leclerc M, Levenez F, Manichanh C, Nielsen HB, Nielsen T, Pons N, Poulain J, Qin J, Sicheritz-Ponten T, Tims S, Torrents D, Ugarte E, Zoetendal EG, Wang J, Guarner F, Pedersen O, de Vos WM, Brunak S, Doré J, Antolín M, Artiguenave F, Blottiere HM, Almeida M, Brechot C, Cara C, Chervaux C, Cultrone A, Delorme C, Denariáz G, Dervyn R,

- Foerstner KU, Friss C, van de Guchte M, Guedon E, Haimet F, Huber W, van Hylckama-Vlieg J, Jamet A, Juste C, Kaci G, Knol J, Lakhdari O, Layec S, Le Roux K, Maguin E, Mérieux A, Melo Minardi R, Mrini C, Muller J, Oozeer R, Parkhill J, Renault P, Rescigno M, Sanchez N, Sunagawa S, Torrejon A, Turner K, Vandemeulebrouck G, Varela E, Winogradsky Y, Zeller G, Weissenbach J, Ehrlich SD, Bork P. Enterotypes of the human gut microbiome. *Nature* 2011; 473: 174-180 [PMID: 21508958 DOI: 10.1038/nature09944]
- 3 Gill SR, Pop M, Deboy RT, Eckburg PB, Turnbaugh PJ, Samuel BS, Gordon JI, Relman DA, Fraser-Liggett CM, Nelson KE. Metagenomic analysis of the human distal gut microbiome. *Science* 2006; 312: 1355-1359 [PMID: 16741115 DOI: 10.1126/science.1124234]
 - 4 Conlon MA, Bird AR. The impact of diet and lifestyle on gut microbiota and human health. *Nutrients* 2015; 7: 17-44 [PMID: 25545101 DOI: 10.3390/nu7010017]
 - 5 Cullen TW, Schofield WB, Barry NA, Putnam EE, Rundell EA, Trent MS, Degnan PH, Booth CJ, Yu H, Goodman AL. Gut microbiota. Antimicrobial peptide resistance mediates resilience of prominent gut commensals during inflammation. *Science* 2015; 347: 170-175 [PMID: 25574022 DOI: 10.1126/science.1260580]
 - 6 De Filippo C, Cavalieri D, Di Paola M, Ramazzotti M, Poullet JB, Massart S, Collini S, Pieraccini G, Lionetti P. Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2010; 107: 14691-14696 [PMID: 20679230 DOI: 10.1073/pnas.1005963107]
 - 7 Scott KP, Gratz SW, Sheridan PO, Flint HJ, Duncan SH. The influence of diet on the gut microbiota. *Pharmacol Res* 2013; 69: 52-60 [PMID: 23147033 DOI: 10.1016/j.phrs.2012.10.020]
 - 8 Begley M, Gahan CG, Hill C. The interaction between bacteria and bile. *FEMS Microbiol Rev* 2005; 29: 625-651 [PMID: 16102595 DOI: 10.1016/j.femsre.2004.09.003]
 - 9 Brinkworth GD, Noakes M, Clifton PM, Bird AR. Comparative effects of very low-carbohydrate, high-fat and high-carbohydrate, low-fat weight-loss diets on bowel habit and faecal short-chain fatty acids and bacterial populations. *Br J Nutr* 2009; 101: 1493-1502 [PMID: 19224658 DOI: 10.1017/S0007114508094658]
 - 10 Saha DC, Reimer RA. Long-term intake of a high prebiotic fiber diet but not high protein reduces metabolic risk after a high fat challenge and uniquely alters gut microbiota and hepatic gene expression. *Nutr Res* 2014; 34: 789-796 [DOI: 10.1016/j.nutres.2014.08.004]
 - 11 Wu GD, Chen J, Hoffmann C, Bittinger K, Chen YY, Keilbaugh SA, Bewtra M, Knights D, Walters WA, Knight R, Sinha R, Gilroy E, Gupta K, Baldassano R, Nessel L, Li H, Bushman FD, Lewis JD. Linking long-term dietary patterns with gut microbial enterotypes. *Science* 2011; 334: 105-108 [PMID: 21885731 DOI: 10.1126/science.1208344]
 - 12 Tremaroli V, Bäckhed F. Functional interactions between the gut microbiota and host metabolism. *Nature* 2012; 489: 242-249 [PMID: 22972297 DOI: 10.1038/nature11552]
 - 13 Ibrahim M, Anishetty S. A meta-metabolome network of carbohydrate metabolism: interactions between gut microbiota and host. *Biochem Biophys Res Commun* 2012; 428: 278-284 [PMID: 23085046 DOI: 10.1016/j.bbrc.2012.10.045]
 - 14 Turnbaugh PJ, Ley RE, Mahowald MA, Magrini V, Mardis ER, Gordon JI. An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. *Nature* 2006; 444: 1027-1031 [PMID: 17183312 DOI: 10.1038/nature05414]
 - 15 David LA, Maurice CF, Carmody RN, Gootenberg DB, Button JE, Wolfe BE, Ling AV, Devlin AS, Varma Y, Fischbach MA, Biddinger SB, Dutton RJ, Turnbaugh PJ. Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature* 2014; 505: 559-563 [PMID: 24336217 DOI: 10.1038/nature12820]
 - 16 Abell GC, Cooke CM, Bennett CN, Conlon MA, McOrist AL. Phylotypes related to *Ruminococcus bromii* are abundant in the large bowel of humans and increase in response to a diet high in resistant starch. *FEMS Microbiol Ecol* 2008; 66: 505-515 [PMID: 18616586 DOI: 10.1111/j.1574-6941.2008.00527.x]
 - 17 Walker AW, Ince J, Duncan SH, Webster LM, Holtrop G, Ze X, Brown D, Stares MD, Scott P, Bergerat A, Louis P, McIntosh F, Johnstone AM, Lobley GE, Parkhill J, Flint HJ. Dominant and diet-responsive groups of bacteria within the human colonic microbiota. *ISME J* 2011; 5: 220-230 [PMID: 20686513 DOI: 10.1038/ISMEJ.2010.118]
 - 18 Barbara A, Williams MB, Huug Boer, Martin W. A. Verstegen, Seerp Tamminga. An in vitro batch culture method to assess potential fermentability of feed ingredients for monogastric diets. *Animal Feed Science and Technology* 2005; 123: 445-462 [DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2005.04.031]
 - 19 Duncan SH, Scott KP, Ramsay AG, Harmsen HJ, Welling GW, Stewart CS, Flint HJ. Effects of alternative dietary substrates on competition between human colonic bacteria in an anaerobic fermentor system. *Appl Environ Microbiol* 2003; 69: 1136-1142 [PMID: 12571040 DOI: 10.1128/AEM.69.2.1136-1142.2003]
 - 20 Leitch EC, Walker AW, Duncan SH, Holtrop G, Flint HJ. Selective colonization of insoluble substrates by human faecal bacteria. *Environ Microbiol* 2007; 9: 667-679 [PMID: 17298367 DOI: 10.1111/j.1462-2920.2006.01186.x]
 - 21 Scott KP, Duncan SH, Flint HJ. Dietary fiber and the gut microbiota. *British nutrition foundation* 2008; 33: 201-211 [DOI: 10.1111/j.1467-3010.2008.00706.x]
 - 22 Zoetendal EG, Raes J, van den Bogert B, Arumugam M, Boonjink CC, Troost FJ, Bork P, Wels M, de Vos WM, Kleerebezem M. The human small intestinal microbiota is driven by rapid uptake and conversion of simple carbohydrates. *ISME J* 2012; 6: 1415-1426 [PMID: 22258098 DOI: 10.1038/ismej.2011.212]
 - 23 Wexler HM. Bacteroides: the good, the bad, and the nitty-gritty. *Clin Microbiol Rev* 2007; 20: 593-621 [PMID: 17934076 DOI: 10.1128/CMR.00008-07]
 - 24 Xu J, Bjursell MK, Himrod J, Deng S, Carmichael LK, Chiang HC, Hooper LV, Gordon JI. A genomic

名词解释

常量营养素: 指碳水化合物、蛋白质和脂类这三大动物体需求量较高的营养物质;
菌群: 指生存在特定环境中的微生物群落集合, 如肠道菌群, 动物肠道中尤其是结肠部位数目巨大、多样性丰富的微生物集体。

■ 同行评价

本文比较深入地综述了肠道微生物对碳水化合物及蛋白质和脂类的代谢情况,紧扣当今研究热点,层次清晰,内容详实,引用文献丰富,具有重要参考价值。

- view of the human-Bacteroides thetaiotaomicron symbiosis. *Science* 2003; 299: 2074-2076 [PMID: 12663928 DOI: 10.1126/science.1080029]
- 25 Hooper LV, Midtvedt T, Gordon JI. How host-microbial interactions shape the nutrient environment of the mammalian intestine. *Annu Rev Nutr* 2002; 22: 283-307 [PMID: 12055347 DOI: 10.1146/annurev.nutr.22.011602.092259]
- 26 Gilmore MS, Ferretti JJ. Microbiology. The thin line between gut commensal and pathogen. *Science* 2003; 299: 1999-2002 [PMID: 12663906 DOI: 10.1126/science.1083534]
- 27 Leslie D, Bourquin ECTaGCF. Fermentation of various dietary fiber sources by human fecal bacteria. *Nutrition research* 1996; 16: 1119-1131 [DOI: 10.1016/0271-5317(96)00116-9]
- 28 Topping DL, Clifton PM. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiol Rev* 2001; 81: 1031-1064 [PMID: 11427691]
- 29 Fleming SE, Choi SY, Fitch MD. Absorption of short-chain fatty acids from the rat cecum in vivo. *J Nutr* 1991; 121: 1787-1797 [PMID: 1941187]
- 30 Nilsson NE, Kotarsky K, Owman C, Olde B. Identification of a free fatty acid receptor, FFA2R, expressed on leukocytes and activated by short-chain fatty acids. *Biochem Biophys Res Commun* 2003; 303: 1047-1052 [PMID: 12684041 DOI: 10.1016/S0006-291X(03)00488-1]
- 31 Maslowski KM, Vieira AT, Ng A, Kranich J, Sierro F, Yu D, Schilter HC, Rolph MS, Mackay F, Artis D, Xavier RJ, Teixeira MM, Mackay CR. Regulation of inflammatory responses by gut microbiota and chemoattractant receptor GPR43. *Nature* 2009; 461: 1282-1286 [PMID: 19865172 DOI: 10.1038/nature08530]
- 32 Licht TR, Hansen M, Poulsen M, Dragsted LO. Dietary carbohydrate source influences molecular fingerprints of the rat faecal microbiota. *BMC Microbiol* 2006; 6: 98 [PMID: 17137493 DOI: 10.1186/1471-2180-6-98]
- 33 Whitt DD, Savage DC. Influence of indigenous microbiota on amount of protein and activities of alkaline phosphatase and disaccharidases in extracts of intestinal mucosa in mice. *Appl Environ Microbiol* 1981; 42: 513-520 [PMID: 7027954]
- 34 Metges CC, Petzke KJ, El-Khoury AE, Henneman L, Grant I, Bedri S, Regan MM, Fuller MF, Young VR. Incorporation of urea and ammonia nitrogen into ileal and fecal microbial proteins and plasma free amino acids in normal men and ileostomates. *Am J Clin Nutr* 1999; 70: 1046-1058 [PMID: 10584050]
- 35 Metges CC. Contribution of microbial amino acids to amino acid homeostasis of the host. *J Nutr* 2000; 130: 1857S-1864S [PMID: 10867063]
- 36 Metges CC, Petzke KJ, Hennig U. Gas chromatography/combustion/isotope ratio mass spectrometric comparison of N-acetyl- and N-pivaloyl amino acid esters to measure 15N isotopic abundances in physiological samples: a pilot study on amino acid synthesis in the upper gastro-intestinal tract of minipigs. *J Mass Spectrom* 1996; 31: 367-376 [PMID: 8799283 DOI: 10.1002/(SICI)1096-9888(199604)31:4<367::AID-JMS310>3.0.CO;2-V]
- 37 Rist VT, Weiss E, Sauer N, Mosenthin R, Eklund M. Effect of dietary protein supply originating from soybean meal or casein on the intestinal microbiota of piglets. *Anaerobe* 2014; 25: 72-79 [PMID: 24176945 DOI: 10.1016/j.anaerobe.2013.10.003]
- 38 Lubbs DC, Vester BM, Fastinger ND, Swanson KS. Dietary protein concentration affects intestinal microbiota of adult cats: a study using DGGE and qPCR to evaluate differences in microbial populations in the feline gastrointestinal tract. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 2009; 93: 113-121 [PMID: 19386015 DOI: 10.1111/j.1439-0396.2007.00788.x]
- 39 Hang I, Rinttila T, Zentek J, Kettunen A, Alaja S, Apajalahti J, Harmoinen J, de Vos WM, Spillmann T. Effect of high contents of dietary animal-derived protein or carbohydrates on canine faecal microbiota. *BMC Vet Res* 2012; 8: 90 [PMID: 22735212 DOI: 10.1186/1746-6148-8-90]
- 40 Chung KT, Fulk GE, Silverman SJ. Dietary effects on the composition of fecal flora of rats. *Appl Environ Microbiol* 1977; 33: 654-659 [PMID: 16345222]
- 41 Shen Q, Chen YA, Tuohy KM. A comparative in vitro investigation into the effects of cooked meats on the human faecal microbiota. *Anaerobe* 2010; 16: 572-577 [PMID: 20934523 DOI: 10.1016/j.anaerobe.2010.09.007]
- 42 Bergen WG. Small-intestinal or colonic microbiota as a potential amino acid source in animals. *Amino Acids* 2015; 47: 251-258 [PMID: 25466904 DOI: 10.1007/s00726-014-1875-z]
- 43 Geypens B, Claus D, Evenepoel P, Hiele M, Maes B, Peeters M, Rutgeerts P, Ghooys Y. Influence of dietary protein supplements on the formation of bacterial metabolites in the colon. *Gut* 1997; 41: 70-76 [PMID: 9274475 DOI: 10.1136/gut.41.1.70]
- 44 Hughes R, Magee EA, Bingham S. Protein degradation in the large intestine: relevance to colorectal cancer. *Curr Issues Intest Microbiol* 2000; 1: 51-58 [PMID: 11709869]
- 45 Gibson SA, McFarlan C, Hay S, MacFarlane GT. Significance of microflora in proteolysis in the colon. *Appl Environ Microbiol* 1989; 55: 679-683 [PMID: 2648991]
- 46 Lin HC, Visek WJ. Colon mucosal cell damage by ammonia in rats. *J Nutr* 1991; 121: 887-893 [PMID: 2033472]
- 47 Bingham SA, Hughes R, Cross AJ. Effect of white versus red meat on endogenous N-nitrosation in the human colon and further evidence of a dose response. *J Nutr* 2002; 132: 3522S-3525S [PMID: 12421881]
- 48 Carbonero F, Benefiel AC, Alizadeh-Ghamsari AH, Gaskins HR. Microbial pathways in colonic sulfur metabolism and links with health and disease. *Front Physiol* 2012; 3: 448 [PMID: 23226130 DOI: 10.3389/fphys.2012.00448]
- 49 Russell WR, Duncan SH, Scobbie L, Duncan G, Cantlay L, Calder AG, Anderson SE, Flint HJ. Major phenylpropanoid-derived metabolites in the human gut can arise from microbial fermentation of protein. *Mol Nutr Food Res* 2013; 57: 523-535 [PMID: 23349065 DOI: 10.1002/

- mnfr.201200594]
- 50 Patterson E, O' Doherty RM, Murphy EF, Wall R, O' Sullivan O, Nilaweera K, Fitzgerald GF, Cotter PD, Ross RP, Stanton C. Impact of dietary fatty acids on metabolic activity and host intestinal microbiota composition in C57BL/6J mice. *Br J Nutr* 2014 Feb 20; 1-13. [Epub ahead of print] 1-13 [PMID: 24555449 DOI: 10.1017/S0007114514000117]
- 51 Cani PD, Delzenne NM, Amar J, Burcelin R. Role of gut microflora in the development of obesity and insulin resistance following high-fat diet feeding. *Pathol Biol (Paris)* 2008; 56: 305-309 [PMID: 18178333 DOI: 10.1016/j.patbio.2007.09.008]
- 52 Fava F, Gitau R, Griffin BA, Gibson GR, Tuohy KM, Lovegrove JA. The type and quantity of dietary fat and carbohydrate alter faecal microbiome and short-chain fatty acid excretion in a metabolic syndrome 'at-risk' population. *Int J Obes (Lond)* 2013; 37: 216-223 [PMID: 22410962 DOI: 10.1038/ijo.2012.33]
- 53 Moreira AP, Texeira TF, Ferreira AB, Peluzio Mdo C, Alfenas Rde C. Influence of a high-fat diet on gut microbiota, intestinal permeability and metabolic endotoxaemia. *Br J Nutr* 2012; 108: 801-809 [PMID: 22717075]
- 54 Jiang JK, Hang XM, Zhang M, Liu XL, Li DT, Yang H. Diversity of bile salt hydrolase activities in different lactobacilli toward human bile salts. *Ann Microbiol* 2010; 60: 81-88 [DOI: 10.1007/s13213-009-0004-9]
- 55 Hill MJ, Drasar BS. Degradation of bile salts by human intestinal bacteria. *Gut* 1968; 9: 22-27 [PMID: 5640921 DOI: 10.1136/gut.9.1.22]
- 56 Darkoh C, Brown EL, Kaplan HB, DuPont HL. Bile salt inhibition of host cell damage by *Clostridium difficile* toxins. *PLoS One* 2013; 8: e79631 [PMID: 24244530 DOI: 10.1371/journal.pone.0079631]
- 57 Bäckhed F, Ding H, Wang T, Hooper LV, Koh GY, Nagy A, Semenkovich CF, Gordon JI. The gut microbiota as an environmental factor that regulates fat storage. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2004; 101: 15718-15723 [PMID: 15505215 DOI: 10.1073/pnas.0407076101]
- 58 Bäckhed F, Manchester JK, Semenkovich CF, Gordon JI. Mechanisms underlying the resistance to diet-induced obesity in germ-free mice. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2007; 104: 979-984 [PMID: 17210919 DOI: 10.1073/pnas.0605374104]

编辑: 于明茜 电编: 都珍珍





Published by **Baishideng Publishing Group Inc**
8226 Regency Drive, Pleasanton,
CA 94588, USA
Fax: +1-925-223-8242
Telephone: +1-925-223-8243
E-mail: bpgoffice@wjgnet.com
<http://www.wjgnet.com>



ISSN 1009-3079

