

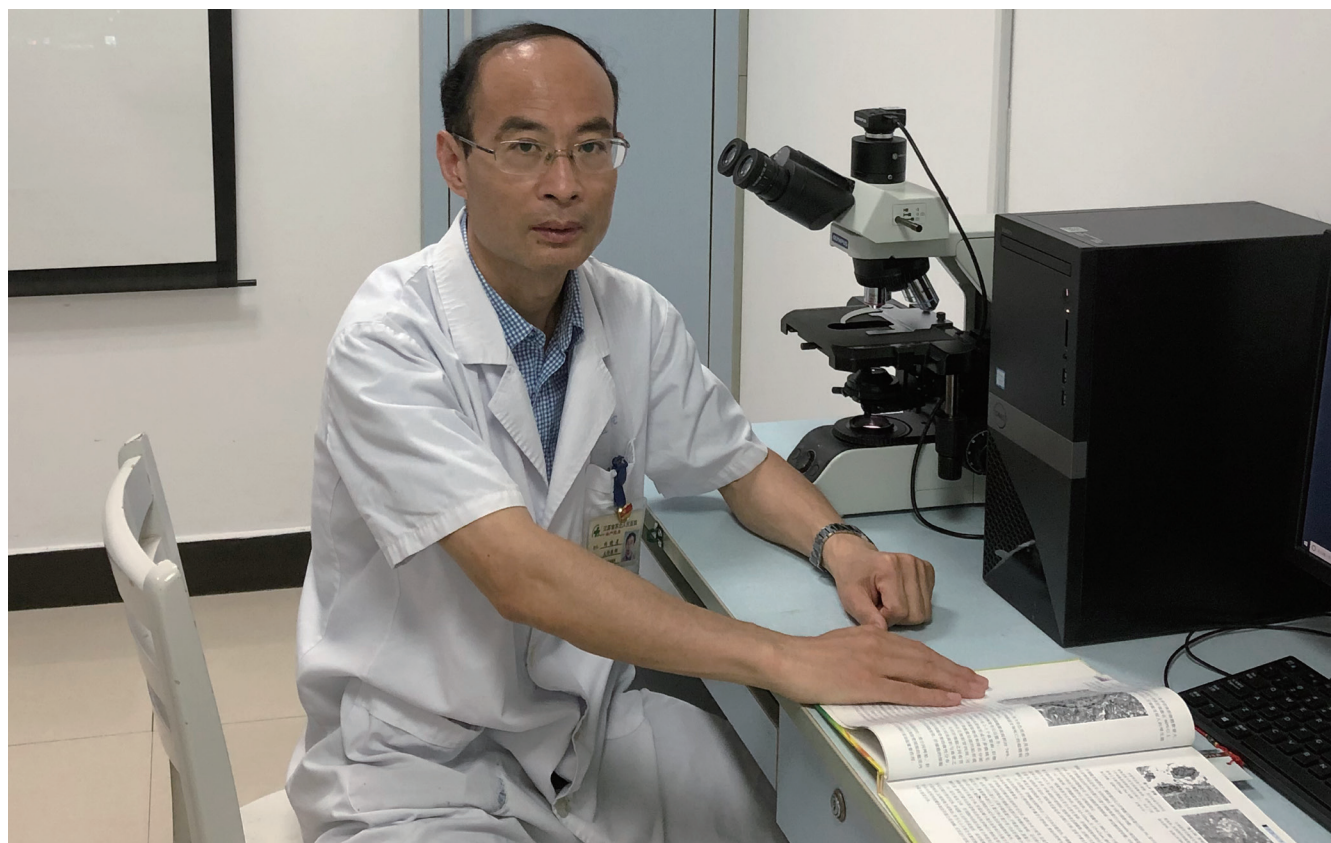
ISSN 1009-3079 (print)
ISSN 2219-2859 (online)

世界华人消化杂志®

WORLD CHINESE JOURNAL OF DIGESTOLOGY

Shijie Huaren Xiaohua Zazhi

2020 年 9 月 28 日 第 28 卷 第 18 期 (Volume 28 Number 18)



18/2020

《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. 本刊被国际检索系统《化学文摘(Chemical Abstracts, CA)》、《医学文摘库/医学文摘(EMBASE/Excerpta Medica, EM)》、《文摘杂志(Abstract Journal, AJ)》、Scopus、中国知网《中国期刊全文数据库(CNKI)》、《中文科技期刊数据库(CSTJ)》和《超星期刊域出版平台(Superstar Journals Database)》数据库收录.

ISSN 1009-3079





述评

- 873 人类免疫缺陷病毒的传播途径及影响因素
杨贵波
- 884 生物大分子的“液-液”相分离及其在生理与疾病中的作用
陈娅婧, 杨金娥

临床研究

- 891 一氧化氮合酶、环氧合酶-2在不同类型胃食管反流病中的表达及意义
岳爱君, 尹宇杰, 李莹
- 898 不同营养方式在腹腔镜远端胃癌根治术后的临床疗效
吴国珍, 高胜强, 毛根军, 罗建生

文献综述

- 904 肝细胞癌缺氧微环境中低氧诱导因子-1 α 促进癌细胞免疫逃逸及治疗耐受的发生机制
杨焕珍, 周喜汉
- 914 胰十二指肠切除术胰瘘的相关危险因素及预防措施的最新进展
杨均兴, 叶思严, 戴东
- 920 肠道黏膜岩藻糖基化与炎症性肠病研究进展
陈鑫, 李国熊, 方家恒, 徐思楠, 高宇飞, 孙倚天
- 925 正电子发射计算机断层显像在结直肠癌的临床应用及研究进展
吴彩霞, 王荣福

消 息

- 883 《世界华人消化杂志》参考文献要求
890 《世界华人消化杂志》栏目设置
903 《世界华人消化杂志》2011年开始不再收取审稿费
913 《肠道微生物与消化系统疾病》书讯

封面故事

向晓星, 主任医师, 消化内科主任, 苏北人民医院, 扬州大学临床医学院. 上海第二医科大学内科学博士学位. 扬州大学和大连医科大学硕士生导师. 江苏省临床医学重点专科学术带头人, 扬州市“十三五”临床医学创新团队领军人才. 核心期刊发表论著和综述60余篇, 主持或主要参与国家、省市级科研课题5项, 获得省市级科技进步奖4项. 科研专长为肝脏疾病的应用基础和临床研究.

本期责任人

编务 王栋梅; 送审编辑 张晗; 组版编辑 刘继红; 英文编辑 王天奇;
形式规范审核编辑部主任 吴云晓健; 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

(半月刊)

创 刊 1993-01-15

改 刊 1998-01-25

出 版 2020-09-28

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

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

编辑委员会

编辑委员会成员在线名单, 详见:

<https://www.wjgnet.com/1009-3079/editorialboard.htm>

编辑部

马亚娟, 主任

《世界华人消化杂志》编辑部

Baishideng Publishing Group Inc

7901 Stoneridge Drive, Suite 501, Pleasanton,

CA 94588, USA

Telephone: +1-925-3991568

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

7901 Stoneridge Drive, Suite 501, Pleasanton,

CA 94588, USA

Telephone: +1-925-3991568

E-mail: bpgoffice@wjgnet.com

<https://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: +86-10-85381892

《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. 本刊被国际检索系统《化学文摘(Chemical Abstracts, CA)》、《医学文摘库/医学文摘(EMBASE/Excerpta Medica, EM)》、《文摘杂志(Abstract Journal, AJ)》、Scopus、中国知网《中国期刊全文数据库(CNKI)》、《中文科技期刊数据库(CSTJ)》和《超星期刊出版平台(Superstar Journals Database)》数据库收录.

《世界华人消化杂志》正式开通了在线办公系统(<https://www.baishideng.com>), 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136.00元 全年24期3264.00元

© 2020 Baishideng Publishing Group Inc. All rights reserved.



EDITORIAL

- 873 Transmission routes of human immunodeficiency virus and affecting factors

Yang GB

- 884 Role of liquid-liquid phase separation in cell physiology and diseases

Chen YJ, Yang JE

CLINICAL RESEARCH

- 891 Significance of expression of nitric oxide synthetase and cyclooxygenase-2 in different types of gastroesophageal reflux disease

Yue AJ, Yin YJ, Li Y

- 898 Clinical efficacy of different nutritional methods in patients after laparoscopic radical surgery for distal gastric cancer

Wu GZ, Gao SQ, Mao GJ, Luo JS

REVIEW

- 904 Mechanism for hypoxia inducible factor-1 α to promote immune escape and therapeutic tolerance in hepatocellular carcinoma under hypoxic microenvironment

Yang HZ, Zhou XH

- 914 Risk factors and preventive measures for postoperative pancreatic fistula after pancreaticoduodenectomy

Yang JX, Ye SY, Dai D

- 920 Fucosylation in the intestinal mucosa and inflammatory bowel disease

Chen X, Li GX, Fang JH, Xu SN, Gao YF, Sun YT

- 925 Clinical application and research advancement of positron emission tomography/computed tomography in colorectal cancer

Wu CX, Wang RF

Contents

World Chinese Journal of Digestology
Volume 28 Number 18 September 28, 2020

COVER

Editorial Board Member of *World Chinese Journal of Digestology*, Xiao-Xing Xiang, Medical Doctor, Postgraduate Tutor, Chief Physician, Department of Gastroenterology, Northern Jiangsu People's Hospital, Clinical Medical College of Yangzhou University, No. 98 West Nantong Road, Yangzhou 225001, Jiangsu Province, China

Indexed/Abstracted by

Chemical Abstracts, EMBASE/Excerpta Medica, Abstract Journals, Scopus, CNKI, CSTJ and Superstar Journals Database.

RESPONSIBLE EDITORS FOR THIS ISSUE

Assistant Editor: *Dong-Mei Wang*

Review Editor: *Han Zhang*

Production Editor: *Ji-Hong Liu*

English Language Editor: *Tian-Qi Wang*

Proof Editor: *Yun-Xiaojuan Wu*

Layout Reviewer: *Lian-Sheng Ma*

Shijie Huaren Xiaohua Zazhi

Founded on January 15, 1993

Renamed on January 25, 1998

Publication date September 28, 2020

NAME OF JOURNAL

World Chinese Journal of Digestology

ISSN

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

EDITOR-IN-CHIEF

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

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 BOARD MEMBERS

All editorial board members resources online at <https://www.wjgnet.com/1009-3079/editorialboard.htm>

EDITORIAL OFFICE

Ya-Juan Ma, Director

World Chinese Journal of Digestology

Baishideng Publishing Group Inc

7901 Stoneridge Drive, Suite 501, Pleasanton, CA 94588, USA

Telephone: +1-925-3991568

E-mail: wjcd@wjgnet.com

<https://www.wjgnet.com>

PUBLISHER

Baishideng Publishing Group Inc

7901 Stoneridge Drive, Suite 501, Pleasanton, CA 94588, USA

Telephone: +1-925-3991568

E-mail: bpgoffice@wjgnet.com

<https://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

PRINT SUBSCRIPTION

RMB 136 Yuan for each issue

RMB 3264 Yuan for one year

COPYRIGHT

© 2020 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 <https://www.wjgnet.com/1009-3079/Nav/36>. If you do not have web access, please contact the editorial office.

正电子发射计算机断层显像在结直肠癌的临床应用及研究进展

吴彩霞, 王荣福

吴彩霞, 王荣福, 北京大学第一医院核医学科 北京市 100034

王荣福, 北京大学国际医院核医学科 北京市 102206

吴彩霞, 在读博士研究生, 研究方向肿瘤核医学。

基金项目: 北京市科技计划项目(首都健康保障培育研究专项课题), No. Z181100001618017; 国家重大科学仪器设备开发专项, No. 2011YQ03011409; 十二五国家支撑项目基金, No. 2014BAA03B03; 北京大学医-信交叉项目, No. BMU2018MI010。

作者贡献分布: 此课题由王荣福教授设计; 研究过程及文章初稿写作由吴彩霞完成; 文章修订由王荣福教授完成。

通讯作者: 王荣福, 博士, 教授, 主任医师, 100034, 北京市西城区西什库大街8号, 北京大学第一医院核医学科. rongfu_wang@163.com

收稿日期: 2020-06-15

修回日期: 2020-08-03

接受日期: 2020-08-14

在线出版日期: 2020-09-28

Clinical application and research advancement of positron emission tomography/computed tomography in colorectal cancer

Wu Cai-Xia, Wang Rong-Fu

Wu Cai-Xia, Wang Rong-Fu, Department of Nuclear Medicine, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China

Wang Rong-Fu, Department of Nuclear Medicine, Peking University International Hospital, Beijing 102206, China

Supported by: Beijing Science and Technology Plan Project (Special Research Project of Health Security Cultivation in the Capital), No. Z181100001618017; National Special Fund for the Development of Major Research Equipment and Instrument, No. 2011YQ03011409; National Science and Technology Infrastructure Program during the 12th Five-Year Plan Period, No. 2014BAA03B03; Peking University Medicine Seed Fund for Interdisciplinary Research, No. BMU2018MI010.

Corresponding author: Rong-fu Wang, PhD, Professor, Chief Physician, Department of Nuclear Medicine, Peking University First Hospital, No. 8 Xishiku Street, West District, Beijing 100034, China. rongfu_wang@163.com

Received: 2020-06-15

Revised: 2020-08-03

Accepted: 2020-08-14

Published online: 2020-09-28

Abstract

Colorectal cancer is one of the most common malignant tumors of the digestive system. Early diagnosis and accurate staging and restaging of tumors are the preconditions for standardized treatment of colorectal cancer, which is conducive to the selection of treatment options and the evaluation of prognosis, as well as the improvement of patients' quality of life. With the popularization of fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography (PET/CT), its value in the diagnosis, staging and restaging, treatment decision-making, and efficacy and prognosis assessment of colorectal cancer is becoming increasingly important. This review briefly introduces the application and advancement of PET/CT in the diagnosis and treatment of colorectal cancer, in the hope that clinicians can have a more comprehensive understanding of the significance of PET/CT in the diagnosis and treatment of colorectal cancer.

© The Author(s) 2020. Published by Baishideng Publishing Group Inc. All rights reserved.

Key Words: Colorectal cancer; Positron emission tomography/computed tomography; Diagnosis; Staging; Prognosis

Citation: Wu CX, Wang RF. Clinical application and research advancement of positron emission tomography/computed tomography in

colorectal cancer. Shijie Huaren Xiaohua Zazhi 2020; 28(18): 925-932
URL: <https://www.wjgnet.com/1009-3079/full/v28/i18/925.htm>
DOI: <https://dx.doi.org/10.11569/wjcd.v28.i18.925>

摘要

结直肠癌是消化系统常见恶性肿瘤之一, 是我国居民恶性肿瘤发病与死亡的主要疾病之一. 肿瘤的早期诊断、精准的分期及再分期是结直肠癌规范化治疗的前提, 有利于治疗方案的选择及预后的判断, 改善患者的生活质量及生存状态. 随着¹⁸氟-氟代脱氧葡萄糖正电子发射计算机断层显像(positron emission tomography/computed tomography, PET/CT)在临床广泛应用, 其在结直肠癌的诊断、分期及再分期、治疗决策和疗效及预后评估中的临床价值也得到肯定. 本文就PET/CT在结直肠癌诊治中的应用与进展作简要介绍, 以期临床医生更全面地认识PET/CT对结直肠癌的诊疗意义.

© The Author(s) 2020. Published by Baishideng Publishing Group Inc. All rights reserved.

关键词: 结直肠癌; 正电子发射计算机断层显像; 诊断; 分期; 预后

核心提要: 正电子发射计算机断层显像在结直肠癌的诊断、分期及再分期、治疗决策和疗效及预后评估中具有重要作用, 且其在结直肠癌靶向治疗、免疫治疗及实体瘤评价疗效中的价值日益凸显.

文献来源: 吴彩霞, 王荣福. 正电子发射计算机断层显像在结直肠癌的临床应用及研究进展. 世界华人消化杂志 2020; 28(18): 925-932
URL: <https://www.wjgnet.com/1009-3079/full/v28/i18/925.htm>
DOI: <https://dx.doi.org/10.11569/wjcd.v28.i18.925>

0 引言

结直肠癌是消化系统常见恶性肿瘤之一. 根据我国国家癌症中心2019年度发布的全国最新癌症报告数据显示, 结直肠癌为我国第三大恶性肿瘤, 发病率约占所有恶性肿瘤的9.88%^[1]. 手术是局限性结直肠癌患者首选的治疗方式. 结直肠癌化疗主要包括根治术前新辅助化疗、根治术后辅助化疗和晚期结直肠癌的姑息性化疗. 除此之外, 结直肠癌治疗方式还包括化疗联合放疗、靶向治疗及免疫治疗等. 早期诊断、准确分期及有效监测病程进展有助于选择合理的治疗手段, 提高治疗疗效, 改善患者的生存质量及预后. 核医学核素示踪分子功能精准诊断和靶向治疗在消化系统疾病应用广泛, 并具有重要的临床应用价值^[2-4].

¹⁸氟-氟代脱氧葡萄糖(fluorine-18 fluorodeoxyglucose, ¹⁸F-FDG)正电子发射计算机断层显像(positron emission

tomography/computed tomography, PET/CT)显像能够同时提供精准解剖形态和机体功能代谢情况, 在消化系统多种肿瘤的诊断、分期、疗效检测等方面发挥着越来越重要的作用^[5,6], 其中包括结直肠癌. 2018年国家综合癌症网络(the national comprehensive cancer network, NCCN)的结肠癌指南指出^[7,8], 在结直肠癌的早期诊断及分期中, PET/CT检查并不作为常规推荐, 对于评估诊断性增强CT或核磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)发现的可疑病变或静脉注射造影剂禁忌的患者, 亦或是对于部分潜在可治愈M1期患者, 可考虑进行PET/CT显像; 在肿瘤的复发监测中, 对于血清癌胚抗原(carcinoma embryonic antigen, CEA)升高, 体格检查、结肠镜检查、胸/腹/盆CT均为阴性的, 或是CT或MRI和/或活检证实异时性转移者, 如果病灶可切除, 需考虑PET/CT检查. 但也有研究者认为, 对于结直肠癌的患者应该使用个体化的方法, 更加合理有效的应用PET/CT. 同时他们指出, PET/CT在确定某些结直肠癌患者的初始治疗策略和后续治疗策略方面发挥着重要作用, 且使用PET/CT评估治疗反应的临床研究, 特别是在结直肠癌新辅助放化疗方面, 已经有了令人振奋的新发现. 事实上, 在临床医疗实践中, PET/CT检查在消化道肿瘤早期诊断、治疗决策和预测疗效等发挥了重要作用^[9].

虽然既往已有文献对于PET/CT在结直肠癌中的临床应用进行研究, 但是并不全面, 未对PET/CT在一些新领域方面的价值, 如在靶向治疗、免疫治疗及实体瘤评价疗效中的作用进行详细阐述. 本文就¹⁸F-FDG PET/CT在结直肠癌诊治中的临床应用与研究进展进行全面综述.

1 ¹⁸F-FDG PET/CT在结直肠癌诊断中的应用与研究

PET/CT显像在结直肠癌的诊断中具有优势. 一项包括了2283名结直肠癌患者的Meta分析中^[10], 术前PET或PET/CT的肿瘤检出率为95.35%, 明显优于CT (83.85%). 田蓉蓉等^[11]对83例结直肠癌患者术前的PET/CT显像进行分析, 结果显示所有原发灶均表现为较高的¹⁸F-FDG放射性浓聚, PET/CT对于原发灶诊断的灵敏度为100%. Makis等^[12]通过对639例结直肠癌患者的回顾性研究中发现, PET/CT的肿瘤检出率是CEA的2.5倍. 对于无梗阻或不完全梗阻性结肠癌, 传统检查技术即可发现并对疾病进行诊断. 而对于完全梗阻性结肠癌, 由于结肠镜无法通过病灶部位, PET/CT对于疾病诊断及病变范围评估尤为重要.

最大标准化摄取值(maximum standardized uptake value, SUVmax)是PET/CT检查中最重要的半定量参数指标. 对于有排便习惯改变、腹痛、便血等典型消化道

症状的患者, 病灶的SUVmax通常较高. 因此, 有研究者认为可以利用SUVmax界值对肿瘤良恶性进行界定, 以此推荐患者是否需要行结肠镜检查. Chung等^[13]对180例在PET/CT显像中结直肠部位有¹⁸F-FDG摄取的患者行肠镜检查, 显像阳性病灶与结肠镜检结果完全一致, 因此作者指出, 对于结直肠有FDG摄取者, 均应行内镜检查, 尤其是当CEA>3.4 ng/mL, 或SUVmax>8.0, 或存在转移瘤的情况下. 但是Soltau等^[14]则认为利用SUVmax的临界值来区分病灶的良恶性可信度较低. 徐微娜等^[15]研究分析了227例肠道高浓聚病例, 其中62例¹⁸F-FDG PET/CT显像表现为弥漫性代谢增高者, 经证实为良性病变(生理性摄取或炎性改变); 165例局灶性浓聚中49例为恶性; 在局灶性代谢增高者中, 良性病变与恶性病变的SUVmax无统计学差异, 分析本研究其与结直肠癌的病理类型有密切的关系. 可见, 对于SUVmax在结直肠癌诊断中的作用说法并不统一, SUVmax受多种因素影响^[16].

结直肠癌按其组织病理学可分为管状腺癌、黏液腺癌、印戒细胞癌、鳞状细胞癌及类癌等病理学类型, 大多数为高分化管状腺癌. 其中管状腺癌在¹⁸F-FDG PET/CT显像中常表现为较高的葡萄糖代谢. 但是少数黏液腺癌和印戒细胞癌由于组织内粘液含量较多, 病灶对¹⁸F-FDG摄取较低, 导致SUVmax偏低, 从而PET/CT显像易出现假阴性结果^[17]. 因此, 采用¹⁸F-FDG PET/CT诊断结直肠癌时应注意这种假阴性的情况. 临床医生可以联合CEA及CA199等血清肿瘤标志物及其他检查结果综合进行诊断.

2 ¹⁸F-FDG PET/CT在结直肠癌分期及再分期中的应用与研究

术前全身评估及肿瘤分期对于患者治疗方案的选择及临床预后至关重要. NCCN指南提出, 对于局部进展期患者应首先选择新辅助化疗, 然后根据病情缓解程度再选取手术治疗. PET/CT全身大视野成像, 可以更全面的评估全身情况, 检出远处转移灶, 优化常规影像学检查所提示的分期, 进而改善患者的预后. Lee等^[18]对266例结肠癌患者的研究发现, ¹⁸F-FDG PET/CT检查优化了6.5%临床分期为III期和12.7%临床分期为IV期的结肠癌患者的诊疗计划.

多数患者在接受手术及放疗、化疗后, 仍面临着复发及转移的风险. 约40%的患者在原发肿瘤切除后2年内复发^[19]. 早期发现并诊断术后复发、转移灶是结直肠癌治疗后随访的重点.

研究显示部分结直肠癌术后复发局限于原手术区域, 可通过再次根治性手术达到治愈目的. NCCN指南

推荐对于部分结直肠癌术后复发或转移患者, 可进行再次根治性手术切除而延长生存期. 因此准确全面的再分期对手术患者选择至关重要. 结直肠癌术后随访主要依据临床体检、血清CEA及常规影像学检查, 但是CEA水平的升高并不具有特异性, 对于部分早期无形态学改变的病变, 常规影像学检出率往往不理想. ¹⁸F-FDG PET/CT显像, 在基于解剖结构的基础上, 融合了功能显像, 有助于判断患者是否存在复发、转移并进行再分期, 为下一步的治疗决策提供依据, 即是否还存在再次手术机会或是否需要采用其他治疗方式.

PET/CT在结直肠癌患者术后复发及转移的诊断中具有较高的诊断效能. 腹会阴联合切除术(Mile's)是治疗低位直肠癌的重要方法, 该术式腹膜返折缝合可于骶前形成片状软组织影, 但该区域又是肿瘤复发的重要部位. 传统的解剖影像学检查手段如CT检查等在鉴别直肠癌术后骶前病变具有局限性. 李雪娜等^[20]回顾性分析了61例因直肠癌Mile's术后发现骶前软组织病变行¹⁸F-FDG PET/CT显像的患者, 以SUVmax 4.45为界值, 并与病理学和最终随访结果对照, ¹⁸F-FDG PET/CT显像诊断直肠癌术后骶前复发的灵敏度为96%, 特异性为87%. 李崇佼等^[21]的研究指出, PET/CT总体诊断结肠癌术后复发转移的灵敏度及准确率分别为90.74%和89.74%, 明显高于传统影像学.

血清肿瘤标志物如CEA等常被用于结直肠癌术后的随访. 林新峰等^[22]的研究中, 在结直肠癌术后CEA升高的患者中, PET/CT诊断复发和转移灶的灵敏度为94.2%, 特异性为87.5%, 准确率为93.3%. Khan等^[23]对结直肠癌术后CEA指标升高但是常规影像学检查未见异常的患者进行PET/CT显像, 诊断复发的灵敏度及特异性均为88%. Makis等^[12]的研究结果显示, 超过1/3的CEA阴性的结直肠癌术后的患者通过¹⁸F-FDG PET/CT检查, 证实为阳性. 而Granados等^[24]认为, 无论CEA水平正常还是升高, PET/CT对结直肠癌患者术后复发与转移的诊断都具有较高的灵敏度与准确率.

文献报道^[25,26]PET/CT显像可以较常规影像学提供更多的信息, 提高诊断准确率, 对结直肠癌患者术后基于常规检查结果的再分期更改率可达10%-65%, 使得患者接受更为个体化的治疗, 改善患者的预后. 王荣福等^[27]报道了采用正电子符合探测葡萄糖显像对大肠癌术后复发转移灶的早期诊断准确率明显优于传统的B超, CT和MR影像学检查方法. 一项纳入了1059例患者的Meta分析结果显示^[28], ¹⁸F-FDG PET/CT显像影响了25%结直肠癌术后肝转移患者的治疗, 且使其预后更好. Abbadi等^[29]对188例拟接受结直肠癌肝转移灶切除术患者的回顾性研究结果显示, 131例患者接受了术前

PET/CT检查, 其中23%的患者改变了治疗方案, 其3年和5年生存率分别为79.8%和54.1%; 只进行CT检查的患者的3年和5年的生存率分别为54.1%和37.3%。刘玉奇等^[30]对91例结直肠癌术后行¹⁸F-FDG PET/CT显像的患者图像进行分析, 结果提示¹⁸F-FDG PET/CT诊断结直肠癌术后复发转移灶的灵敏度、特异性、准确率分别为96.36%、83.33%和91.21%。其中33例患者显像后分期更改, 治疗策略改变, 其无进展生存期(progression-free survival, PFS)长于未改变者。由此可见, PET/CT检查有助于提高患者的生存率, 具有重要的临床应用意义。

3 ¹⁸F-FDG PET/CT在治疗决策和疗效及预后评估中的应用与研究

自1979年WHO制定实体瘤疗效评价标准(response evaluation criteria in solid tumors, RECIST)以来, 该标准及其修订版本RECIST 1.1标准已被广泛应用于临床研究; 然而上述标准主要局限于病灶的解剖形态学变化。1999年欧洲癌症研究和治疗组织(european organization for research and treatment of cancer, EORTC)发表了基于¹⁸F-FDG PET评价肿瘤治疗疗效的标准。2009年Wahl发表了实体瘤治疗疗效的PET评估标准(PET Response Criteria in Solid Tumors, PERCIST)1.0版框架草案^[31], 该标准是建立在PET/CT分子影像基础上的对实体瘤治疗疗效评价的标准, 以肿瘤对¹⁸F-FDG的摄取率为依据, 采用完全代谢缓解(complete metabolic response, CMR), 部分代谢缓解(partial metabolic response, PMR), 代谢无变化(stable metabolic response, SMD)和代谢恶化(progressive metabolic disease, PMD)作为治疗疗效评价的描述。作为一种客观的评价标准, 该标准的提出为临床试验和实践带来了很大的益处。阎谦等利用RECIST 1.1、PERCIST 1.0、世界卫生组织(world health organization, WHO)标准及EORTC四种标准对41例结直肠癌肝脏转移的患者进行化疗后疗效评价, 结果提示代谢显像评价对于治疗有效率更为敏感^[32]。PET/CT的各种代谢参数可以提供疾病的量化信息, 尤其全身PET/CT动态多床位参数显像定量分析技术的应用, 有利于疾病的监测, 更好的评估预后^[33]。¹⁸F-FDG PET/CT显像中, SUVmax是最常用、便捷的半定量指标。近年来, 其他半定量及定量指标包括平均标准化摄取值(SUVmean)、峰值标准化摄取值(SUVpeak)、肿瘤代谢体积(metabolic tumor volume, MTV)、总糖酵解量(total lesion glycolysis, TLG)、肿瘤与肝脏标准化摄取值的比值(tumor to liver, TLR)等也受到广泛的关注。

根治性切除术是结直肠癌患者的首要治疗方式。¹⁸F-FDG PET/CT对术前未行任何辅助治疗的结直肠

癌患者的预后评估有一定价值。但是目前的研究对于SUVmax在这部分患者中的预后价值仍存在争议^[34-37]。MTV和TLG既可反映肿瘤代谢活性, 又可反映肿瘤负荷及肿瘤的生物行为, 对结直肠癌患者有较好的预后评估能力。Ogawa等^[35]对325例结直肠癌患者术前PET/CT显像进行研究, 结果提示TLG是总生存期(overall survival, OS)的独立预后因素, 高TLG的患者与低TLG患者的5年生存率有明显差异, 分别为92.1%和70.1%。贾朝阳等^[38]通过对73例结直肠癌患者术前PET/CT检查发现, 肿瘤原发灶MTV是患者术后PFS的独立预后因素。以11.55 cm³作为MTV的界值, 患者术前MTV≤11.55 cm³者其PFS明显延长。郭仲秋等^[37]对132例¹⁸F-FDG PET/CT检查的结直肠癌患者进行回顾性分析, 结果提示TLG是OS的独立危险因素之一, 即术前代谢参数越高, 结直肠癌患者根治术后的预后越差。此外, 也有研究者利用术前PET/CT中的代谢参数TLR预测结直肠癌术后患者的预后。Huang等^[39]对接受根治性切除的118例IIA期结直肠癌患者的术前PET/CT显像进行研究发现, TLR是患者无病生存期(disease-free survival, DFS)和OS的独立风险因子, 术前TLR大于6.2的患者1年、3年、5年无进展生存期及总生存期均低于TLR<6.2的患者。

新辅助放化疗已经成为局部晚期结直肠癌的标准治疗。有学者试图探讨¹⁸F-FDG PET/CT的代谢参数能否作为结直肠癌新辅助治疗疗效的有效预测因子。研究结果提示, 新辅助治疗前后PET/CT各参数值及各参数值变化情况可反映肿瘤组织对放化疗药物的反应情况, 判断患者预后。Kim等^[40]对64例结直肠癌患者新辅助化疗前后的PET/CT参数进行分析, 在单因素分析中, 治疗前SUVmax、TLG、MTV、治疗后TLG及治疗前后相关参数变化值(ΔSUVmax、ΔSUVmean、ΔMTV、ΔTLG)均可预测无复发生存时间(recurrence-free survival, RFS)及OS。在多因素分析中, 治疗前MTV及ΔTLG是影响患者OS的独立预后因素。分别以34.9 cm³和46.2%为这两个参数的阈值, 阈值上下两组的RFS和OS有明显差异。Koo等^[41]对103例新辅助化疗的患者进行研究指出, 化疗后肿瘤SUVmax<2.5或ΔSUVmax≥62.2%的患者, 其OS明显延长。但是也有研究认为, 新辅助化疗前的PET/CT检查代谢参数并不能预测预后, 只有化疗后的代谢参数才能预测RFS和OS。Lau等^[42]对结直肠癌患者肝转移化疗前后的PET/CT结果进行研究, 结果提示有代谢反应的患者的3年生存率为86%, 而无代谢反应的患者的3年生存率只有38%。不仅如此, 研究显示¹⁸F-FDG PET/CT还能通过代谢反应早期预测结直肠癌肝转移患者钇[⁹⁰Y]放射性栓塞术后的预后^[43,44]; 肝内转移病灶射频消融术后即时¹⁸F-FDG

PET/CT检查还能准确发现残余病灶, 有助于临床医师制定后续的治疗计划^[45].

总体来讲, 放化疗后肿瘤代谢减低提示较好的治疗反应. 值得注意的是, 在结直肠癌NCCN指南中, 专家组并不推荐利用PET/CT来评价化疗效果, 因为化疗后PET/CT显像会出现暂时的阴性结果, 例如边缘较薄的坏死性病变的摄取, 因部分容积效应可导致假阴性. 可能在连续治疗周期后, 根据PET/CT显像的连续定量变化情况有利于判断治疗疗效. 但目前对于应用PET/CT评估放化疗疗效的时间点并无定论, 即在放化疗后的第几周后行PET/CT显像评估更为合理. 这是利用PET/CT评估放化疗疗效的一个挑战, 需要更多大样本的研究来证实.

靶向治疗在转移性结直肠癌患者的治疗中发挥着越来越重要的作用. 目前针对Kras基因的靶向药物使用较为广泛. Kras基因状态检测对结直肠癌患者治疗方案的选择至关重要. NCCN指南指出, Kras基因野生型结直肠癌患者推荐接受EGFR抑制剂治疗, 而Kras基因突变则预示着转移性结直肠癌对EGFR靶向治疗缺乏反应. 但对于部分不能耐受肠镜检查, 或因远处转移失去手术机会的患者, 基因检测结果的获取存在困难. 并且, 对肿瘤原发灶进行活检或者手术获得的Kras基因突变情况, 并不能完全代表转移灶的基因表达. ¹⁸F-FDG PET/CT显像作为一种无创的检查手段, 可以提供预测原发肿瘤与转移灶基因突变的信息, 从而对患者使用靶向药物治疗起到一定的指导作用, 对肿瘤的精确治疗具有实际意义. ¹⁸F-FDG PET/CT相关参数在甲状腺癌、肺癌等肿瘤中预测基因突变已有相关研究^[46-50]. ¹⁸F-FDG PET/CT用于治疗前预测结直肠癌患者的Kras基因突变状态也显示出较好的前景. 多数研究认为, 代谢参数高的患者, 其基因突变的概率较大. 目前, SUVmax是较为常用的预测结直肠癌原发灶及转移灶Kras基因突变状态的代谢参数^[51-57]. Kawada等^[52]对51例结直肠癌患者进行回顾性分析发现, 使用SUVmax = 13或14作为界值对结直肠癌原发病变Kras基因突变进行预测, 准确性为75%. Kras突变的原发肿瘤SUVmax比野生型高1.5-1.7倍. 郭仲秋等^[51]对150例结直肠癌患者PET/CT检查后1 mo内行手术并检测Kras基因的结果进行分析, 认为SUVmax是结直肠癌患者Kras基因突变的独立预测因素之一; 以SUVmax = 15.5为阈值预测Kras基因突变的准确性为67.33%. Lovinfosse等^[54]对151例直肠癌患者的研究显示, SUVmax = 15.5对基因突变有较高的预测价值, 灵敏度为69%, 特异性为52%. 在Kawada等^[56]的另一研究中, 结直肠癌转移灶的SUVmax在Kras基因突变组明显高于野生型, 突变型与野生型相比, SUVmax增加了约1.45

倍. 若以6作为SUVmax的cutoff值区分大于10 mm的结直肠癌转移灶的基因突变情况, 预测准确性可达71.4%. MAO等^[58]利用SUVmax无创性地预测结直肠癌肝转移灶的Kras基因突变状态, 准确性为74.7%. 此外, 也有研究者将MTV用于预测结直肠癌患者的Kras基因突变状态, 认为MTV是结直肠癌患者Kras基因突变的独立预测因素^[51,57]. ¹⁸F-FDG PET/CT扫描有助于预测转移性大肠癌的Kras状态, 有助于制定转移性大肠癌的治疗策略. 目前, SUVmax的预测界值尚未统一. 关于FDG摄取预测Kras突变状态的机制尚不明确. 有研究认为, 当结直肠癌细胞在低氧条件下时, 突变的Kras通过磷酸肌醇3激酶途径增强缺氧诱导因子-1 α (hypoxia-inducible factor-1 α , HIF-1 α)的表达. HIF-1 α 在低氧条件下可以上调葡萄糖转运蛋白1 (glucose transporter-1, GLUT1)的表达, 进而导致葡萄糖摄取增加^[59,60]. 但具体的机制仍有待于进一步研究.

近年来, 肿瘤免疫治疗迅速发展, 并取得了令人瞩目的成果, 已经成功地用于多种恶性肿瘤的治疗, 包括结直肠癌. 目前应用较为广泛的是针对肿瘤PD-1/PD-L1通路的免疫检查点抑制剂药物. 纳武单抗和帕博利珠单抗已经FDA批准用于结直肠癌患者的治疗. 在许多肿瘤细胞和肿瘤微环境中都有PD-L1/PD-1的高表达, 这是靶向PD-1/PD-L1免疫检查点抑制治疗有效的基础. 目前, 如何确定哪些患者可能从针对PD-1/PD-L1通路的免疫治疗中受益, 同时排除那些可能对治疗没有反应的结直肠癌患者, 仍然是一个悬而未决的挑战. 虽然PD-L1不是最完美的生物标志物, 但仍然是现有的最有价值的生物标志物, 所以, 目前仍以患者肿瘤组织中PD-L1阳性作为筛选患者的一个重要参考标准. 然而, 这一过程往往需要侵入性检查. PET/CT可以作为一种无创性的工具来评估肿瘤微环境中PD-L1的表达情况. 已有研究将PET/CT显像用于预测肺癌、膀胱癌、胃癌及鼻咽癌等肿瘤的PD-L1表达状态^[61-66]. 在结直肠癌的患者中, 也有初步研究结果提示¹⁸F-FDG PET/CT在肿瘤微环境特征和筛选结直肠癌患者进行免疫治疗方面具有潜在的作用^[67]. 该研究中指出肿瘤TLG和PD-L1的表达水平存在显著的相关性. 但是还需大样本的研究阐明PD-L1等免疫检查点分子影响肿瘤细胞糖酵解的原因, 进一步探讨¹⁸F-FDG PET/CT在预测PD-L1表达状态的价值.

结直肠癌已经成为我国居民发病和死亡的主要疾病之一. 肿瘤的早期诊断、精准的分期及再分期是结直肠癌规范化治疗的前提, 有利于治疗方案的选择及预后的判断, 改善患者的生活质量及生存状态. ¹⁸F-FDG PET/CT不仅在结直肠癌的诊断及分期中发挥重要的作用, 在患者治疗疗效的判断及预后评估中也有着独特的优势,

且在肿瘤Kras基因状态及PD-L1表达情况的预测作用也日益凸显。相信随着新技术及新设备的不断产生^[68,69], ¹⁸F-FDG PET/CT显像在在消化系统疾病的应用价值将进一步被发掘, 从而为临床诊断提供更多的依据, 更好的服务于患者^[70,71]。

4 参考文献

- 1 郑荣寿, 孙可欣, 张思维, 曾红梅, 邹小农, 陈茹, 顾秀瑛, 魏文强, 赫捷. 2015年中国恶性肿瘤流行情况分析. 中华肿瘤杂志 2019; 19-28 [DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3766.2019.01.005]
- 2 王荣福, 陈雪祺. 核素示踪技术在胃肠功能评价的临床应用研究及进展. 世界华人消化杂志 2017; 25: 2315-2321 [DOI: 10.11569/wcjd.v25.i26.2315]
- 3 王荣福. PET/CT肿瘤诊断学. 北京: 北京大学医学出版社 2008; P232-251
- 4 王荣福, 安锐. 核医学. 第九版. 北京: 人民卫生出版社 2018 P182-196
- 5 王荣福, 陈雪祺. PET/CT在消化肿瘤应用的现状与进展. 世界华人消化杂志 2016; 24: 4652-4659 [DOI: 10.11569/wcjd.v24.i35.4652]
- 6 王荣福. PET/CT在胰腺癌临床应用中的进展. 世界华人消化杂志 2007; 15: 1830-1834 [DOI: 10.3969/j.issn.1009-3079.2007.16.011]
- 7 Benson AB, Venook AP, Al-Hawary MM, Cederquist L, Chen YJ, Ciombor KK, Cohen S, Cooper HS, Deming D, Engstrom PF, Grem JL, Grothey A, Hochster HS, Hoffer S, Hunt S, Kamel A, Kirilcuk N, Krishnamurthi S, Messersmith WA, Meyerhardt J, Mulcahy MF, Murphy JD, Nurkin S, Saltz L, Sharma S, Shibata D, Skibber JM, Sofocleous CT, Stoffel EM, Stotsky-Himelfarb E, Willett CG, Wuthrick E, Gregory KM, Gurski L, Freedman-Cass DA. Rectal Cancer, Version 2.2018, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. *J Natl Compr Canc Netw* 2018; 16: 874-901 [PMID: 30006429 DOI: 10.6004/jnccn.2018.0061]
- 8 Benson AB, Venook AP, Al-Hawary MM, Cederquist L, Chen YJ, Ciombor KK, Cohen S, Cooper HS, Deming D, Engstrom PF, Garrido-Laguna I, Grem JL, Grothey A, Hochster HS, Hoffer S, Hunt S, Kamel A, Kirilcuk N, Krishnamurthi S, Messersmith WA, Meyerhardt J, Miller ED, Mulcahy MF, Murphy JD, Nurkin S, Saltz L, Sharma S, Shibata D, Skibber JM, Sofocleous CT, Stoffel EM, Stotsky-Himelfarb E, Willett CG, Wuthrick E, Gregory KM, Freedman-Cass DA. NCCN Guidelines Insights: Colon Cancer, Version 2.2018. *J Natl Compr Canc Netw* 2018; 16: 359-369 [PMID: 29632055 DOI: 10.6004/jnccn.2018.0021]
- 9 王荣福. PET在消化道肿瘤诊断应用. 实用肿瘤杂志 2005; 20: 95-97 [DOI: 10.3969/j.issn.1001-1692.2005.02.004]
- 10 Ye Y, Liu T, Lu L, Wang G, Wang M, Li J, Han C, Wen J. Pre-operative TNM staging of primary colorectal cancer by (18)F-FDG PET-CT or PET: a meta-analysis including 2283 patients. *Int J Clin Exp Med* 2015; 8: 21773-21785 [PMID: 26885142]
- 11 田蓉蓉, 薄云峰, 张毅勋, 靳宏星, 赵铭, 张红雨. 术前¹⁸F-FDG PET/CT显像对结直肠癌分期的临床价值. 肿瘤研究与临床 2017; 29: 809-814 [DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-9801.2017.12.004]
- 12 Makis W, Kurzenwyc D, Hickeson M. ¹⁸F-FDG PET/CT superior to serum CEA in detection of colorectal cancer and its recurrence. *Clin Imaging* 2013; 37: 1094-1097 [PMID: 23993799 DOI: 10.1016/j.clinimag.2013.04.004]
- 13 Chung SM, Kim KO, Cho IH, Kim TN. Clinicopathological analysis and risk factors of advanced colorectal neoplasms incidentally detected by ¹⁸F-FDG PET-CT. *Eur J Gastroenterol Hepatol* 2017; 29: 407-413 [PMID: 27926665 DOI: 10.1097/MEG.0000000000000808]
- 14 Soltan SR, Hess S, Nguyen T, Gerke O, Petersen H, Alavi A, Høilund-Carlson PF. Clinical significance of incidental focal bowel uptake on ¹⁸F-FDG PET/CT as related to colorectal cancer. *Hell J Nucl Med* 2016; 19: 245-249 [PMID: 27824964 DOI: 10.1967/s002449910407]
- 15 徐微娜, 于树鹏, 辛军. ¹⁸F-FDG PET-CT全身显像肠道高浓聚的临床意义分析. 现代肿瘤医学 2013; 21: 2337-2339 [DOI: 10.3969/j.issn.1672-4992.2013.10.65]
- 16 俞建华, 王荣福. 正电子发射断层代谢显像标准摄取值及定量分析的问题与对策. 中国医学影像技术杂志 2005; 21: 791-794 [DOI: 10.3321/j.issn.1003-3289.2005.05.042]
- 17 王荣福. 符合线路探测正电子成像与临床. 北京: 北京大学医学出版社 2004: P252-259
- 18 Lee JH, Lee MR. Positron emission tomography/computed tomography in the staging of colon cancer. *Ann Coloproctol* 2014; 30: 23-27 [PMID: 24639967 DOI: 10.3393/ac.2014.30.1.23]
- 19 Hammond K, Margolin DA. The role of postoperative surveillance in colorectal cancer. *Clin Colon Rectal Surg* 2007; 20: 249-254 [PMID: 20011206 DOI: 10.1055/s-2007-984869]
- 20 李雪娜, 李娜, 杜补林, 李亚明. ¹⁸F-FDG PET/CT显像对直肠癌术后复发复发的诊断价值. 山西医科大学学报 2016; 47: 289-292, 293 [DOI: 10.13753/j.issn.1007-6611.2016.03.021]
- 21 李崇俊, 兰晓莉, 张永学, 吴志坚, 贾清, 谭旭波, 王瑜, 田月丽, 魏昊. ¹⁸F-FDG PET/CT监测结肠癌术后复发转移. 中国医学影像技术 2011; 27: 95-99
- 22 林新峰, 李因, 王菲, 赵伟, 杨志. ¹⁸F-FDG PET/CT在结直肠癌术后血清癌胚抗原阳性患者中的临床应用. 中华临床医师杂志(电子版) 2019; 13: 822-827 [DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-0785.2019.11.005]
- 23 Khan K, Athauda A, Aitken K, Cunningham D, Watkins D, Starling N, Cook GJ, Kalaitzaki E, Chau I, Rao S. Survival Outcomes in Asymptomatic Patients With Normal Conventional Imaging but Raised Carcinoembryonic Antigen Levels in Colorectal Cancer Following Positron Emission Tomography-Computed Tomography Imaging. *Oncologist* 2016; 21: 1502-1508 [PMID: 27742904 DOI: 10.1634/theoncologist.2016-0222]
- 24 Granados Rangel O, Estrada G, Altamirano J. [¹⁸F-FDG PET/CT. Its correlation with carcinoembryonic antigen in patients with colorectal carcinoma]. *Gac Med Mex* 2014; 150: 509-517 [PMID: 25375281]
- 25 Zhang Y, Feng B, Zhang GL, Hu M, Fu Z, Zhao F, Zhang XL, Kong L, Yu JM. Value of ¹⁸F-FDG PET-CT in surveillance of postoperative colorectal cancer patients with various carcinoembryonic antigen concentrations. *World J Gastroenterol* 2014; 20: 6608-6614 [PMID: 24914384 DOI: 10.3748/wjg.v20.i21.6608]
- 26 Tutt AN, Plunkett TA, Barrington SF, Leslie MD. The role of positron emission tomography in the management of colorectal cancer. *Colorectal Dis* 2004; 6: 2-9 [PMID: 14692944 DOI: 10.1111/j.1463-1318.2004.00592.x]
- 27 王荣福, 杨熊飞, 张春丽, 徐文怀. ¹⁸F-FDG SPECT/PET探测大肠癌术后复发转移的临床价值. 中华肿瘤杂志 2004; 26: 62 [DOI: 10.3760/j.issn.0253-3766.2004.01.020]
- 28 Maffione AM, Lopci E, Bluemel C, Giammarile F, Herrmann K, Rubello D. Diagnostic accuracy and impact on management of (18)F-FDG PET and PET/CT in colorectal liver metastasis: a meta-analysis and systematic review. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2015; 42: 152-163 [PMID: 25319712 DOI: 10.1007/s00259-014-2930-4]
- 29 Abbadi RA, Sadat U, Jah A, Praseedom RK, Jamieson NV, Cheow HK, Whitley S, Ford HE, Wilson CB, Harper SJ, Huguet EL. Improved long-term survival after resection of colorectal liver metastases following staging with FDG positron emission tomography. *J Surg Oncol* 2014; 110: 313-319 [PMID: 24737685 DOI: 10.1002/jso.23623]

- 30 刘玉奇, 章斌, 邓胜明, 王振欣, 盛茂. 18F-FDG PET/CT对结直肠癌术后患者临床再分期、治疗策略及预后评估的价值. *中华核医学与分子影像杂志* 2017; 37: 613-617 [DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.10.003]
- 31 Wahl RL, Jacene H, Kasamon Y, Lodge MA. From RECIST to PERCIST: Evolving Considerations for PET response criteria in solid tumors. *J Nucl Med* 2009; 50 Suppl 1: 122S-150S [PMID: 19403881 DOI: 10.2967/jnumed.108.057307]
- 32 阎谦, 吴骋, 童林军, 施一平, 唐德伟, 沈淳风, 万良荣, 徐波, 黄钢, 刘建军. RECIST1.1、PERCIST1.0、WHO及EORTC用于评价结直肠癌肝脏转移化疗后疗效的对比. *中华核医学与分子影像杂志* 2017; 37: 559-563 [DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.09.008]
- 33 Wang Q, Wang RF, Zhang J, Zhou Y. Differential diagnosis of pulmonary lesions by parametric imaging in (18)F-FDG PET/CT dynamic multi-bed scanning. *J BUON* 2013; 18: 928-934 [PMID: 24344019]
- 34 Lee JE, Kim SW, Kim JS, Choi KY, Kang WK, Oh ST, Yoo IeR, Kim SH. Prognostic value of 18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography-computed tomography in resectable colorectal cancer. *World J Gastroenterol* 2012; 18: 5072-5077 [PMID: 23049216 DOI: 10.3748/wjg.v18.i36.5072]
- 35 Ogawa S, Itabashi M, Kondo C, Momose M, Sakai S, Kameoka S. Prognostic Value of Total Lesion Glycolysis Measured by 18F-FDG-PET/CT in Patients with Colorectal Cancer. *Anticancer Res* 2015; 35: 3495-3500 [PMID: 26026116]
- 36 Shi D, Cai G, Peng J, Li D, Li X, Xu Y, Cai S. The preoperative SUVmax for (18)F-FDG uptake predicts survival in patients with colorectal cancer. *BMC Cancer* 2015; 15: 991 [PMID: 26689966 DOI: 10.1186/s12885-015-1991-5]
- 37 郭仲秋, 刘启志, 潘桂霞, 张卫, 李潇, 王涛, 崔斌, 左长京, 程超. 18F-FDG PET/CT相关参数预测结直肠癌切除术后预后的价值. *国际放射医学核医学杂志* 2019; 43: 295-302 [DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.04.001]
- 38 贾朝阳, 徐文贵, 朱磊, 朱湘, 张利卜. 18F-FDG PET/CT在结直肠癌术后预后中的应用. *天津医科大学学报* 2019; 25: 342-345, 355
- 39 Huang J, Huang L, Zhou J, Duan Y, Zhang Z, Wang X, Huang P, Tan S, Hu P, Wang J, Huang M. Elevated tumor-to-liver uptake ratio (TLR) from ¹⁸F-FDG-PET/CT predicts poor prognosis in stage IIA colorectal cancer following curative resection. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2017; 44: 1958-1968 [PMID: 28812134 DOI: 10.1007/s00259-017-3779-0]
- 40 Kim SJ, Chang S. Volumetric parameters changes of sequential 18F-FDG PET/CT for early prediction of recurrence and death in patients with locally advanced rectal cancer treated with preoperative chemoradiotherapy. *Clin Nucl Med* 2015; 40: 930-935 [PMID: 26204222 DOI: 10.1097/RLU.0000000000000917]
- 41 Koo PJ, Kim SJ, Chang S, Kwak JJ. Interim Fluorine-18 Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography to Predict Pathologic Response to Preoperative Chemoradiotherapy and Prognosis in Patients With Locally Advanced Rectal Cancer. *Clin Colorectal Cancer* 2016; 15: e213-e219 [PMID: 27316919 DOI: 10.1016/j.clcc.2016.04.002]
- 42 Lau LF, Williams DS, Lee ST, Scott AM, Christophi C, Muralidharan V. Metabolic response to preoperative chemotherapy predicts prognosis for patients undergoing surgical resection of colorectal cancer metastatic to the liver. *Ann Surg Oncol* 2014; 21: 2420-2428 [PMID: 24595797 DOI: 10.1245/s10434-014-3590-0]
- 43 Sabet A, Meyer C, Aouf A, Sabet A, Ghamari S, Pieper CC, Mayer K, Biersack HJ, Ezziddin S. Early post-treatment FDG PET predicts survival after 90Y microsphere radioembolization in liver-dominant metastatic colorectal cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2015; 42: 370-376 [PMID: 25351506 DOI: 10.1007/s00259-014-2935-z]
- 44 Shady W, Kishore S, Gavane S, Do RK, Osborne JR, Ulaner GA, Gonen M, Ziv E, Boas FE, Sofocleous CT. Metabolic tumor volume and total lesion glycolysis on FDG-PET/CT can predict overall survival after (90)Y radioembolization of colorectal liver metastases: A comparison with SUVmax, SUVpeak, and RECIST 1.0. *Eur J Radiol* 2016; 85: 1224-1231 [PMID: 27161074 DOI: 10.1016/j.ejrad.2016.03.029]
- 45 Cornelis F, Sotirchos V, Violari E, Sofocleous CT, Schoder H, Durack JC, Siegelbaum RH, Maybody M, Humm J, Solomon SB. 18F-FDG PET/CT Is an Immediate Imaging Biomarker of Treatment Success After Liver Metastasis Ablation. *J Nucl Med* 2016; 57: 1052-1057 [PMID: 26912433 DOI: 10.2967/jnumed.115.171926]
- 46 Nagarajah J, Ho AL, Tuttle RM, Weber WA, Grewal RK. Correlation of BRAFV600E Mutation and Glucose Metabolism in Thyroid Cancer Patients: An ¹⁸F-FDG PET Study. *J Nucl Med* 2015; 56: 662-667 [PMID: 25814520 DOI: 10.2967/jnumed.114.150607]
- 47 Yoon S, An YS, Lee SJ, So EY, Kim JH, Chung YS, Yoon JK. Relation Between F-18 FDG Uptake of PET/CT and BRAFV600E Mutation in Papillary Thyroid Cancer. *Medicine (Baltimore)* 2015; 94: e2063 [PMID: 26632889 DOI: 10.1097/MD.0000000000002063]
- 48 Caicedo C, Garcia-Veloso MJ, Lozano MD, Labiano T, Vigil Diaz C, Lopez-Picazo JM, Gurrpide A, Zulueta JJ, Richter Echevarria JA, Perez Gracia JL. Role of [¹⁸F]FDG PET in prediction of KRAS and EGFR mutation status in patients with advanced non-small-cell lung cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2014; 41: 2058-2065 [PMID: 24990403 DOI: 10.1007/s00259-014-2833-4]
- 49 Minamimoto R, Jamali M, Gevaert O, Echegaray S, Khuong A, Hoang CD, Shrager JB, Plevritis SK, Rubin DL, Leung AN, Napel S, Quon A. Prediction of EGFR and KRAS mutation in non-small cell lung cancer using quantitative ¹⁸F FDG-PET/CT metrics. *Oncotarget* 2017; 8: 52792-52801 [PMID: 28881771 DOI: 10.18632/oncotarget.17782]
- 50 廖树鹤, 陈思, 王荣福, 刘萌, 陈雪祺, 殷雷, 陈大方. 葡萄糖代谢半定量参数预测肺腺癌表皮生长因子受体基因突变的分类决策树模型. *中国慢性病预防与控制* 2020; 28: 176-181 [DOI: 10.16386/j.cjpcd.issn.1004-6194.2020.03.004]
- 51 郭仲秋, 程超, 刘启志, 王涛, 崔斌, 高明军, 左长京. 18F-FDG PET/CT相关代谢参数对结直肠癌Kras基因突变的预测价值. *中华核医学与分子影像杂志* 2019; 39: 86-90 [DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2019.02.006]
- 52 Kawada K, Nakamoto Y, Kawada M, Hida K, Matsumoto T, Murakami T, Hasegawa S, Togashi K, Sakai Y. Relationship between 18F-fluorodeoxyglucose accumulation and KRAS/BRAF mutations in colorectal cancer. *Clin Cancer Res* 2012; 18: 1696-1703 [PMID: 22282467 DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-11-1909]
- 53 Chen SW, Lin CY, Ho CM, Chang YS, Yang SF, Kao CH, Chang JG. Genetic Alterations in Colorectal Cancer Have Different Patterns on 18F-FDG PET/CT. *Clin Nucl Med* 2015; 40: 621-626 [PMID: 26018692 DOI: 10.1097/RLU.0000000000000830]
- 54 Lovinfosse P, Koopmansch B, Lambert F, Jodogne S, Kustermans G, Hatt M, Visvikis D, Seidel L, Polus M, Albert A, Delvenne P, Hustinx R. (18)F-FDG PET/CT imaging in rectal cancer: relationship with the RAS mutational status. *Br J Radiol* 2016; 89: 20160212 [PMID: 27146067 DOI: 10.1259/bjr.20160212]
- 55 Chen SW, Chiang HC, Chen WT, Hsieh TC, Yen KY, Chiang SF, Kao CH. Correlation between PET/CT parameters and KRAS expression in colorectal cancer. *Clin Nucl Med* 2014; 39: 685-689 [PMID: 24978328 DOI: 10.1097/RLU.0000000000000481]
- 56 Kawada K, Toda K, Nakamoto Y, Iwamoto M, Hatano E,

- Chen F, Hasegawa S, Togashi K, Date H, Uemoto S, Sakai Y. Relationship Between 18F-FDG PET/CT Scans and KRAS Mutations in Metastatic Colorectal Cancer. *J Nucl Med* 2015; 56: 1322-1327 [PMID: 26135109 DOI: 10.2967/jnumed.115.160614]
- 57 Lv Y, Wang X, Liang L, Wang L, Lu J. SUVmax and metabolic tumor volume: surrogate image biomarkers of KRAS mutation status in colorectal cancer. *Onco Targets Ther* 2019; 12: 2115-2121 [PMID: 30962693 DOI: 10.2147/OTT.S196725]
- 58 Mao W, Zhou J, Zhang H, Qiu L, Tan H, Hu Y, Shi H. Relationship between KRAS mutations and dual time point ¹⁸F-FDG PET/CT imaging in colorectal liver metastases. *Abdom Radiol (NY)* 2019; 44: 2059-2066 [PMID: 30143816 DOI: 10.1007/s00261-018-1740-8]
- 59 Iwamoto M, Kawada K, Nakamoto Y, Itatani Y, Inamoto S, Toda K, Kimura H, Sasazuki T, Shirasawa S, Okuyama H, Inoue M, Hasegawa S, Togashi K, Sakai Y. Regulation of 18F-FDG accumulation in colorectal cancer cells with mutated KRAS. *J Nucl Med* 2014; 55: 2038-2044 [PMID: 25453050 DOI: 10.2967/jnumed.114.142927]
- 60 Kikuchi H, Pino MS, Zeng M, Shirasawa S, Chung DC. Oncogenic KRAS and BRAF differentially regulate hypoxia-inducible factor-1alpha and -2alpha in colon cancer. *Cancer Res* 2009; 69: 8499-8506 [PMID: 19843849 DOI: 10.1158/0008-5472.CAN-09-2213]
- 61 Takada K, Toyokawa G, Tagawa T, Kohashi K, Akamine T, Takamori S, Hirai F, Shoji F, Okamoto T, Oda Y, Maehara Y. Association Between PD-L1 Expression and Metabolic Activity on ¹⁸F-FDG PET/CT in Patients with Small-sized Lung Cancer. *Anticancer Res* 2017; 37: 7073-7082 [PMID: 29187498 DOI: 10.21873/anticancer.12180]
- 62 Kaira K, Shimizu K, Kitahara S, Yajima T, Atsumi J, Kosaka T, Ohtaki Y, Higuchi T, Oyama T, Asao T, Mogi A. 2-Deoxy-2-[fluorine-18] fluoro-d-glucose uptake on positron emission tomography is associated with programmed death ligand-1 expression in patients with pulmonary adenocarcinoma. *Eur J Cancer* 2018; 101: 181-190 [PMID: 30077123 DOI: 10.1016/j.jca.2018.06.022]
- 63 Jreige M, Letovanec I, Chaba K, Renaud S, Rusakiewicz S, Cristina V, Peters S, Krueger T, de Leval L, Kandalaft LE, Nicod-Lalonde M, Romero P, Prior JO, Coukos G, Schaefer N. ¹⁸F-FDG PET metabolic-to-morphological volume ratio predicts PD-L1 tumour expression and response to PD-1 blockade in non-small-cell lung cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2019; 46: 1859-1868 [PMID: 31214790 DOI: 10.1007/s00259-019-04348-x]
- 64 Chen R, Zhou X, Liu J, Huang G. Relationship between the expression of PD-1/PD-L1 and ¹⁸F-FDG uptake in bladder cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2019; 46: 848-854 [PMID: 30627815 DOI: 10.1007/s00259-018-4208-8]
- 65 Chen R, Chen Y, Huang G, Liu J. Relationship between PD-L1 expression and ¹⁸F-FDG uptake in gastric cancer. *Aging (Albany NY)* 2019; 11: 12270-12277 [PMID: 31848322 DOI: 10.18632/aging.102567]
- 66 Zhao L, Zhuang Y, Fu K, Chen P, Wang Y, Zhuo J, Liao X, Chen H, Lin Q. Usefulness of [¹⁸F]fluorodeoxyglucose PET/CT for evaluating the PD-L1 status in nasopharyngeal carcinoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2020; 47: 1065-1074 [PMID: 31897588 DOI: 10.1007/s00259-019-04654-4]
- 67 Jiang H, Zhang R, Jiang H, Zhang M, Guo W, Zhang J, Zhou X, Pan W, Zhao S, Li P. Retrospective analysis of the prognostic value of PD-L1 expression and ¹⁸F-FDG PET/CT metabolic parameters in colorectal cancer. *J Cancer* 2020; 11: 2864-2873 [PMID: 32226504 DOI: 10.7150/jca.38689]
- 68 杜毓菁, 王荣福. 全景PET/CT的研究进展及轴向视场的新突破. *CT理论与应用研究* 2018; 27: 675-682 [DOI: 10.15953/j.1004-4140.2018.27.05.15]
- 69 申强, 王荣福. PET/MRI新技术应用进展. *中国医学装备杂志* 2017; 14: 7-12
- 70 王荣福, 庞小溪, 刘敏, 霍焱. ^{99m}Tc-GSA肝受体显像在肝功能评估临床应用及进展. *世界华人消化杂志* 2017; 25: 1903-1909 [DOI: 10.11569/wcjd.v25.i21.1903]
- 71 王荣福. PET/CT在胰腺癌临床应用中的进展. *世界华人消化杂志* 2007; 15: 1830-1834 [DOI: 10.3969/j.issn.1009-3079.2007.16.011]

科学编辑: 张晗 制作编辑: 刘继红





Published by **Baishideng Publishing Group Inc**
7041 Koll Center Parkway, Suite 160, Pleasanton,
CA 94566, USA
Telephone: +1-925-3991568
E-mail: bpgoffice@wjgnet.com
https://www.wjgnet.com



ISSN 1009-3079



9 771009 307056