

• 妊娠期影像学检查 •

妊娠期应用放射性影像学检查的专家建议

中国医师协会妇产科医师分会母胎医师专业委员会

中华医学会妇产科学分会产科学组

中华医学会围产医学分会

《中华围产医学杂志》编辑委员会

通信作者：陈敦金，Email: gzdrchen@gzhmu.edu.cn，电话：020-81292211；

杨慧霞，Email: yanghuixia@bjmu.edu.cn，电话：010-83573246

【摘要】 X 射线、CT 以及核素显像等放射性影像学检查可产生电离辐射，因担心胎儿暴露可能会增加先天畸形、发育迟缓和智力障碍等风险，导致临床应用时难以抉择。现基于国内外研究及相关指南，制订妊娠期应用放射性影像学检查的专家建议，旨在指导临床应用。

【关键词】 妊娠；体层摄影术，X 线计算机；辐射剂量；新型冠状病毒肺炎

DOI: 10.3760/cma.j.cn113903-20200305-00198

Committee opinion on imaging with radiation exposure in pregnancy

Maternal and Fetal Experts Committee, Chinese Physician Society of Obstetrics and Gynecology, Chinese Medical Doctor Association

Subgroup of Obstetric, Society of Obstetrics and Gynecology, Chinese Medical Association

Society of Perinatal Medicine, Chinese Medical Association

Editorial Board of Chinese Journal of Perinatal Medicine

Corresponding authors: Chen Dunjin, Email: gzdrchen@gzhmu.edu.cn, Tel: 0086-20-81292211;

Yang Huixia, Email: yanghuixia@bjmu.edu.cn, Tel: 0086-10-83573246

【Abstract】 Confusion about the safety of imaging with radiation exposure, including radiography, CT, and nuclear medicine for pregnant women and their infants results in hesitancy on the part of clinicians in applying this mode of investigation in pregnant women, in view of the possibility of increasing the risk of congenital abnormalities, developmental delay and mental disorders. The committee opinion on the imaging with radiation exposure in pregnancy was developed in order to raise awareness and guide clinical management.

【Key words】 Pregnancy; Tomography, X-ray computed; Radiation dosage; COVID-19

DOI:10.3760/cma.j.cn113903-20200305-00198

X 射线、超声、CT、核素显像及 MRI 等影像学检查是众多急、慢性疾病的重要辅助检查方法之一，妊娠期间也因为各种内、外科疾病或其并发症、合并症需要采用这些影像学检查。由于超声和 MRI 无放射性，在妊娠期间更易被医生和患者接受。但近年来，随着影像学技术的发展、疾病诊疗需求的增加及防护措施的不断改善等原因，X 射线、CT、核素显像等放射性影像学检查在妊娠期的应用有所增加，这些接受了放射性影像学检查的孕妇中 95% 接受了 1 次检查，少数接受了 2 次

检查^[1-2]。2016 年美国和加拿大的统计分析发现，3.6%~5.3% 的孕妇曾接受过放射性影像学检查，较 1996 年增加了 2.0~3.7 倍，其中 X 射线检查占 3.1%~4.6%、CT 占 0.6%~0.8%^[2]。尽管这些检查在妊娠期应用越来越多，但仍然有很多医生和患者对其安全性存在疑问，这不仅造成焦虑和不安等不良情绪，也造成临床上对这些检查不必要的规避或者不恰当的处置（如因检查暴露而终止妊娠）。现基于 2017 年美国妇产科医师学会发布的指南^[3]，并根据国内外的研究及其他相关指南，制订妊娠期应

用辐射性影像学检查的专家建议,旨在希望临床医务工作者和患者正确认识妊娠期辐射性影像学检查的相关问题,并指导其临床处理。

一、妊娠期应用辐射性影像学检查的风险

妊娠期辐射暴露的潜在不良结局风险主要是胚胎死亡以及胎儿生长受限、小头畸形、肿瘤以及远期智力障碍等。既往资料显示,导致不良结局的风险大小和程度取决于胎儿的暴露孕周和暴露剂量^[4]。动物实验及回顾性临床资料显示,造成胎儿不良结局的最低辐射暴露剂量通常为 50~200 mGy,大剂量的暴露 (> 1 Gy, 1 Gy=1 000 mGy) 才容易导致胚胎死亡,临床上造成生后严重智力障碍的最低暴露剂量是 610 mGy^[5-6]。

据测试,临床上常用的诊断性辐射性影像学检查方法的剂量通常低于 50 mGy,其中常用的胸部 X 射线和胸部 CT 的胎儿辐射暴露剂量分别为 0.000 5~0.01 mGy 和 0.01~0.66 mGy (表 1)^[3]。瑞典的一个队列研究发现,早、中孕期因疾病导致 X 射线暴露的胎儿生后在学校的成绩与无暴露组并无明显区别^[7]。辐射暴露的远期影响,主要考虑是否增加肿瘤发生率。一项研究对 2 690 例儿童期癌症患者进行配对分析,发现孕期诊断性辐射性影

像学检查不会明显增加儿童期肿瘤 (OR=1.14, 95%CI: 0.90~1.45) 和白血病的发生率 (OR=1.36, 95%CI: 0.91~2.02)^[1]。但也有回顾性资料显示,早孕期 10~20 mGy 的胎儿辐射暴露剂量可能会使生后白血病的发生风险增加 1.5~2.0 倍,但白血病的发生率仅 1/3 000,且白血病发生原因众多,是否为孕期辐射暴露导致的发生率增加尚不清楚^[8-9]。综上所述,尚无证据表明妊娠期单次 X 射线和 CT 影像学检查对胎儿存在危害。

部分孕妇意外接受了辐射性影像学检查,由于其胎儿辐射暴露剂量远远低于 50~100 mGy,不推荐作为终止妊娠的医疗指征^[3]。但孕期,尤其是早孕期,因病情需要特殊类型检查或多次检查导致累积暴露剂量超过 50~100 mGy 时,可根据孕周及胎儿辐射暴露剂量大小 (表 2^[3,10]) 综合分析其风险;同时,是否继续妊娠还需要尊重孕妇及家属意愿,并参考相关法律法规。

此外,为提高对病变组织的辨识度,在 CT 检查过程中,可能需要使用对比剂。使用对比剂时应考虑孕周、对比剂性质以及使用途径。口服碘对比剂因不被吸收,不会造成实质的伤害,但静脉使用的碘对比剂能够穿过胎盘屏障进入胎儿循环及羊水^[11]。动物研究结果显示,孕期使用静脉碘对比剂未见致畸或造成遗传变异^[11-12]。有研究对 21 例行 CT 检查同时静脉使用碘对比剂孕妇的新生儿进行随访,CT 检查的平均孕周为 23 周,平均分娩孕周为 38 周,分娩后 36 h 行新生儿甲状腺功能检查均未见异常^[13]。理论上,碘对比剂对胎儿甲状腺功能存在潜在影响,但并未在人类研究中得到证实^[13]。尽管如此,妊娠期尤其早孕期应尽量避免使用对比

表 1 妊娠期常用 X 射线、CT 及核素显像的照射部位及胎儿辐射暴露剂量^[3]

检查方法及照射部位	胎儿辐射暴露剂量 (mGy)
X 射线 (正侧位)	
颈椎	< 0.001
四肢 (仅检测一侧上肢或下肢时)	< 0.001
乳房	0.001~0.01
胸部	0.000 5~0.01
腹部	0.1~3.0
腰椎	1.0~10
静脉肾盂造影	5~10
结肠气钡双重造影	1.0~20
CT	
头、颈部	0.001~0.01
胸部或肺动脉造影	0.01~0.66
限制性骨盆测量 (经股骨头层面的单层轴位扫描)	< 1
腹部	1.3~35
盆腔	10~50
核素显像	
低剂量灌注显像	0.1~0.5
^{99m} Tc 骨显像	4~5
全身 PET/CT	10~50

注: PET/CT: 正电子发射计算机断层显像 (positron emission tomography/computed tomography)

表 2 受孕后不同时间辐射暴露的风险及估计影响胎儿的辐射剂量阈值^[3,10]

受孕后时间及可能影响	估计辐射暴露剂量阈值 (mGy)
0~2 周	
胚胎死亡或没有影响	50~100
2~8 周	
先天畸形 (骨骼、眼、生殖器)	200
生长受限	200~250
8~15 周	
严重智力障碍 (风险高)	60~310 ^a
小头畸形	200
16~25 周	
严重智力障碍 (风险低)	250~280

注: ^a 每增加 1 000 mGy, 智力商数降低 25

剂, 仅在权衡利弊认为有额外的诊断价值时才考虑使用。

X 射线和 CT 主要是为了显示组织或器官的解剖位置关系, 但部分病变仅引起如甲状腺、骨和肾脏等组织或器官的功能变化, 不会导致明显解剖学改变。此时, 可借助核素显像进行辅助诊断, 这需要使用到同位素扫描。常用的放射性同位素包括 ^{99m}Tc 和 ^{131}I 。 ^{99m}Tc 的半衰期为 6 h, 在不影响图像判断的情况下, 其辐射量可低至 5 mGy^[14], 妊娠期使用无明显伤害。而 ^{131}I 会穿过胎盘, 且半衰期为 8 d, 妊娠期尤其是孕 10~12 周后使用会影响胎儿的甲状腺^[14], 不建议在妊娠期使用, 此时可考虑用 ^{99m}Tc 代替^[3]。

二、产科临床应用指征

上述证据绝大多数来源于回顾性临床资料分析和动物研究, 而超声和 MRI 等影像学技术无辐射方面的危害, 又基本可以满足大部分疾病的临床需求。因此, 不建议妊娠期常规开展 X 射线、CT 或核素显像等放射性影像学检查, 以避免不必要的胎儿辐射暴露。但超声和 MRI 无法满足少部分疾病需要, 仍需要采用放射性影像学检查。

妊娠期采用放射性影像学检查的总体原则是: (1) 患者诊断获益大于风险原则; (2) 遵循尽可能低剂量 (as low as reasonably achievable, ALARA) 的原则。例如, 肺栓塞是一种严重威胁患者生命的疾病, 在妊娠期间, 尽管放射性影像学检查方法会带来辐射暴露, 但考虑到辐射暴露剂量较低和疾病诊疗所需, 对怀疑肺栓塞的孕妇建议行 X 射线、肺通气-灌注扫描 (ventilation-perfusion scan, VQ) 或者肺动脉 CT 肺血管造影 (CT pulmonary angiography, CTPA)^[15-16]; 怀疑外伤、脑缺血性病变、小肠梗阻、肺炎等其他疾病时也可以考虑应用放射性影像学检查^[17-19]。同时必须注意, 即使孕妇具有 X 射线或 CT 检查的临床应用指征, 也必须遵循医学伦理学基本原理, 尊重孕妇及家属的知情同意权, 必须在检查前充分告知其目前已知的疾病相关信息、放射性影像学检查的诊断重要性及潜在的胎儿伤害风险, 并签署知情同意书。

目前, 正值新型冠状病毒肺炎的疫情期间, X 射线或 CT 是妊娠合并新型冠状病毒肺炎诊断及判断预后的重要检查手段之一, 且 CT 优于 X 射线^[19-20]。所以, 具有上述临床指征时, 可考虑单次

胸部 CT 或者 X 射线检查, 但应注意防止交叉感染。

三、妊娠期应用放射性影像学检查的保护措施

为降低近、远期不良结局发生风险, 妊娠期使用 X 射线、CT 和核素显像检查时需要考虑以下 4 个方面内容: 孕周、暴露持续时间、是否实施防护以及暴露距离。具体措施是: 科学客观告知、合理选择检查方法、正确进行辐射防护以及遵循 ALARA 原则。目的是在确保诊疗效果的情况下减轻孕产妇焦虑, 降低辐射暴露剂量^[21]。尽量避免早孕期使用。为了减少辐射暴露持续时间, 需要熟练而准确地定位、合理而个性化的参数设定, 告知患者正确配合顺利完成检查。暴露距离方面, 主要是注意患者合适的体位, 既保证检查时观察到病变区域, 也减少孕妇其他部位的暴露, 并便于辐射防护。

对于孕妇因疾病诊断需要对非盆腔部位和腹部进行检查时, 可考虑加用腹部防护装置。最常用的腹部防护装置是铋箔防护和铅防护, 通常置于孕妇下腹部、胎儿正前方, 防护标准应达到 5 mm 铅当量, 使用此类防护可以有效减少胎儿暴露辐射剂量; 但使用防护措施时, 应避免影响检查效果, 以免导致重复检查而增加暴露次数^[22-24]。

尽管 X 射线和 CT 检查在孕期使用较为安全, 但近年来资料显示, CT 应用仅占放射性影像学检查的 7%~15%, 严格掌握指征至关重要^[25]。近年来, 孕产妇行 X 射线、CT 和 / 或核素显像检查时, 采用低剂量扫描或适当改进相应技术参数, 如采用管电压调节技术降低管电流、使用迭代重建技术等, 既可降低辐射暴露剂量, 又可实现检查效果。但需注意的是, 在降低辐射暴露剂量的同时, 不应降低检查的准确性, 即达到保证诊疗所需的最小辐射暴露剂量^[26-28]。有研究显示, 通过调整相应参数, CT 骨盆测量的辐射暴露剂量降至约 2.5 mGy 时仍可以满足诊断需要^[3]。

四、结语

目前, 产科医师、放射科医师及孕产妇, 对孕期有指征时使用 X 射线、CT 和 / 或核素显像检查用于诊断疾病及判断疾病预后准确性方面的认识较为一致, 但对其是否会导致胎儿近、远期不良影响的认识并不一致^[29]。虽然, 国内产科和放射科医师临床应用病例并不多^[30], 但现有的研究结果较为一致, 即孕期有指征地使用 X 射线、CT 对胎儿未见明显危害。所以, 应该科学宣传、普及相关知识, 且以保障孕产妇安全为前提。

专家建议要点

1. 妊娠期病情需要且有检查指征时，超声、MRI 检查仍然是优先考虑的检查手段。

2. 用于诊断的辐射性影像学检查相对安全。当病情需要时，建议采用单次或低剂量的辐射性影像学检查。对于有肺部疾病、尤其是发热或伴有流行病史怀疑新型冠状病毒感染孕妇，建议行 X 射线、CT 等胸部影像学检查，以便准确地评估病情。检查前应获得孕妇知情同意。

3. 目前，临床用于诊断的 X 射线、CT 和核素显像辐射剂量通常小于以往报道的胎儿致畸剂量。故单次辐射性影像学检查带来的胎儿辐射暴露不是终止妊娠的医疗指征。胎儿辐射暴露剂量过高，尤其高于 50 mGy 时，应结合孕周和暴露剂量综合分析其风险，在遵守相关法律法规和尊重孕妇及家属意愿的前提下决定是否继续妊娠。

4. 孕妇接受辐射性影像学检查时，应尽可能缩短暴露时间，并考虑加用合适的防护装备、调整设备参数等进一步降低胎儿接受的辐射暴露剂量。

执笔专家：

陈敦金（广州医科大学附属第三医院妇产科），杨慧霞（北京大学第一医院妇产科），刘兴会（四川大学华西第二医院妇产科），漆洪波（重庆医科大学附属第一医院妇产科），朱颖（北京大学第一医院医学影像科），谭虎（广州医科大学附属第三医院妇产科）

参与讨论专家（按姓氏拼音排序）：

边旭明（中国医学科学院北京协和医院妇产科），陈敦金（广州医科大学附属第三医院妇产科），段涛（上海第一妇婴保健院妇产科），冯玲（华中科技大学同济医学院附属同济医院围产医学科），封志纯（解放军总医院第七医学中心附属八一儿童医院新生儿科），贺晶（浙江大学医学院附属妇产科医院产科），胡娅莉（南京大学医学院附属鼓楼医院妇产科），李笑天（复旦大学附属妇产科医院产科），蔺莉（北京大学国际医院妇产科），刘彩霞（中国医科大学附属盛京医院妇产科），刘慧姝（广州市妇女儿童医疗中心产科），刘兴会（四川大学华西第二医院妇产科），母得志（四川大学华西第二医院儿科），朴梅花（北京大学第三医院儿科），漆洪波（重庆医科大学附属第一医院妇产科），宋

亭（广州医科大学附属第三医院放射科），孙瑜（北京大学第一医院妇产科），孙路明（上海第一妇婴保健院妇产科），谭虎（广州医科大学附属第三医院妇产科），王谢桐（山东大学附属省立医院妇产科山东省妇幼保健院妇产科），王志坚（南方医科大学南方医院妇产科），王子莲（中山大学附属第一医院妇产科），杨慧霞（北京大学第一医院妇产科），张国福（复旦大学附属妇产科医院放射科），赵扬玉（北京大学第三医院妇产科），朱颖（北京大学第一医院医学影像科），朱建幸（上海交通大学医学院附属新华医院儿科），邹丽（华中科技大学同济医学院附属协和医院妇产科）

参 考 文 献

- [1] Rajaraman P, Simpson J, Neta G, et al. Early life exposure to diagnostic radiation and ultrasound scans and risk of childhood cancer: case-control study[J]. *BMJ*, 2011,342:d472. DOI:10.1136/bmj.d472.
- [2] Kwan ML, Miglioretti DL, Marlow EC, et al. Trends in medical imaging during pregnancy in the United States and Ontario, Canada, 1996 to 2016[J]. *JAMA Netw Open*, 2019, 2(7):e197249. DOI:10.1001/jamanetworkopen.2019.7249.
- [3] Committee on Obstetric Practice. Committee Opinion No. 723: Guidelines for diagnostic imaging during pregnancy and lactation[J]. *Obstet Gynecol*, 2017,130(4):e210-e216. DOI:10.1097/AOG.0000000000002355.
- [4] Tremblay E, Therasse E, Thomassin-Naggara I, et al. Quality initiatives: guidelines for use of medical imaging during pregnancy and lactation[J]. *Radiographics*, 2012,32(3):897-911. DOI:10.1148/rg.323115120.
- [5] Patel SJ, Reede DL, Katz DS, et al. Imaging the pregnant patient for nonobstetric conditions: algorithms and radiation dose considerations[J]. *Radiographics*, 2007,27(6):1705-1722. DOI:10.1148/rg.276075002.
- [6] Al Naemi H, Aly A, Kharita MH, et al. Multiphase abdomen-pelvis CT in women of childbearing potential (WOCBP): Justification and radiation dose[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(4):e18485. DOI:10.1097/MD.00000000000018485.
- [7] Nordenskjöld AC, Palme M, Kaijser M. X-ray exposure in utero and school performance: a population-based study of X-ray pelvimetry[J]. *Clin Radiol*, 2015,70(8):830-834. DOI:10.1016/j.crad.2015.04.002.
- [8] Leyendecker JR, Gorengaut V, Brown JJ. MR imaging of maternal diseases of the abdomen and pelvis during pregnancy and the immediate postpartum period[J]. *Radiographics*, 2004, 24(5):1301-1316. DOI:10.1148/rg.245045036.
- [9] Gjelsteen AC, Ching BH, Meyermann MW, et al. CT, MRI, PET, PET/CT, and ultrasound in the evaluation of obstetric and gynecologic patients[J]. *Surg Clin North Am*, 2008,88(2):361-

- 390.DOI:10.1016/j.suc.2008.01.005.
- [10] Lowe S. Diagnostic imaging in pregnancy: Making informed decisions[J]. *Obstet Med*, 2019,12(3):116-122.DOI:10.1177/1753495X19838658.
- [11] Webb JA, Thomsen HS, Morcos SK, et al. The use of iodinated and gadolinium contrast media during pregnancy and lactation[J]. *Eur Radiol*, 2005,15(6):1234-1240.DOI:10.1007/s00330-004-2583-y.
- [12] Expert Panel on MR Safety, Kanal E, Barkovich AJ, et al. ACR guidance document on MR safe practices: 2013[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2013,37(3):501-530.DOI:10.1002/jmri.24011.
- [13] Atwell TD, Lteif AN, Brown DL, et al. Neonatal thyroid function after administration of IV iodinated contrast agent to 21 pregnant patients[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2008,191(1):268-271. DOI:10.2214/AJR.07.3336.
- [14] Adam A, Dixon AK, Gillard JH, et al. Grainger & Allison's diagnostic radiology: a textbook of medical imaging[M].6th ed. New York :Churchill Livingstone/Elsevier,2015:50-60.
- [15] Gillespie C, Foley S, Rowan M, et al. The OPTICA study (Optimised Computed Tomography Pulmonary Angiography in Pregnancy Quality and Safety study): Rationale and design of a prospective trial assessing the quality and safety of an optimised CTPA protocol in pregnancy[J]. *Thromb Res*, 2019,177:172-179. DOI:10.1016/j.thromres.2019.03.007.
- [16] Kruger PC, Eikelboom JW, Douketis JD, et al. Pulmonary embolism: update on diagnosis and management[J]. *Med J Aust*, 2019,211(2):82-87.DOI:10.5694/mja2.50233.
- [17] de Fatima Vina Vasco Aragão M, van der Linden V, Petribu NC, et al. Congenital Zika Syndrome: The main cause of death and correspondence between brain CT and postmortem histological section findings from the same individuals[J]. *Top Magn Reson Imaging*, 2019,28(1):29-33.DOI:10.1097/RMR.000000000000194.
- [18] Pacheco LD, Hankins G, Saad AF, et al. Acute management of ischemic stroke during pregnancy[J]. *Obstet Gynecol*, 2019,133(5):933-939.DOI:10.1097/AOG.0000000000003220.
- [19] 国家卫生健康委办公厅. 新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第七版)[EB/OL].(2020-03-04)[2020-03-04].http://www.nhc.gov.cn/xcs/zhengcwj/202003/46c9294a7dfe4cef80dc7f5912eb1989/files/ce3e6945832a438eaae415350a8ce964.pdf.
- [20] 中国医师协会妇产科医师分会母胎医师专业委员会, 中华医学学会妇产科学分会产科学组, 中华医学会围产医学分会, 等. 妊娠期与产褥期新型冠状病毒感染专家建议[J]. *中华围产医学杂志*, 2020, 23(2):73-79. DOI:10.3760/cma.j.issn.1007-9408.2020.02.001.
- [21] Paquet F, Bailey MR, Leggett RW, et al. ICRP Publication 137: Occupational intakes of radionuclides: Part 3[J]. *Ann ICRP*, 2017, 46(3-4):1-486.DOI:10.1177/0146645317734963.
- [22] Chatterson LC, Leswick DA, Fladeland DA, et al. Fetal shielding combined with state of the art CT dose reduction strategies during maternal chest CT[J]. *Eur J Radiol*, 2014, 83(7):1199-1204.DOI:10.1016/j.ejrad.2014.04.020.
- [23] Mazonakis M, Damilakis J. Estimation and reduction of the radiation dose to the fetus from external-beam radiotherapy[J]. *Phys Med*, 2017,43:148-152.DOI:10.1016/j.ejmp.2017.09.130.
- [24] Ryckx N, Sans-Merce M, Schmidt S, et al. The use of out-of-plane high Z patient shielding for fetal dose reduction in computed tomography: Literature review and comparison with Monte-Carlo calculations of an alternative optimisation technique[J]. *Phys Med*, 2018,48:156-161.DOI:10.1016/j.ejmp.2018.03.017.
- [25] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography--an increasing source of radiation exposure[J]. *N Engl J Med*, 2007,357(22):2277-2284.
- [26] Takahashi EA, Kohli MD, Teague SD. A Practice Quality Improvement Project: Reducing dose of routine chest CT imaging in a busy clinical practice[J]. *J Digit Imaging*, 2016, 29(5):622-626.DOI:10.1007/s10278-016-9877-x.
- [27] Tomà P, Bartoloni A, Salerno S, et al. Protecting sensitive patient groups from imaging using ionizing radiation: effects during pregnancy, in fetal life and childhood[J]. *Radiol Med*, 2019,124(8):736-744.DOI:10.1007/s11547-019-01034-8.
- [28] Hendriks BMF, Schnerr RS, Milanese G, et al. Computed tomography pulmonary angiography during pregnancy: Radiation dose of commonly used protocols and the effect of scan length optimization[J]. *Korean J Radiol*, 2019,20(2):313-322. DOI:10.3348/kjr.2017.0779.
- [29] Dauda AM, Ozoh JO, Towobola OA. Medical doctors' awareness of radiation exposure in diagnostic radiology investigations in a South African academic institution[J]. *SA J Radiol*, 2019,23(1):1707.DOI:10.4102/sajr.v23i1.1707.
- [30] 刘彬, 白玫, 张宗锐. 妊娠期患者腹部 CT 检查所致胎儿辐射风险分析[J]. *中国医学装备*, 2012,9(4):1-4.DOI:10.3969/j.issn.1672-8270.2012.04.001.

(收稿日期: 2020-03-05)

(本文编辑: 刘菲)