

## • 腹部影像学 •

# 基于 CTA 和 DSA 评价膈下动脉解剖学变异和临床相关性:一项系统评价和 Meta 分析

严高文, 严高武, 李宏伟, 李勇, 赵林伟, 范小萍, 邓建涛, 严静, 王毅

**【摘要】目的:**评价基于 CT 血管成像(CTA)和数字减影血管造影(DSA)的膈下动脉(IPA)解剖学变异的发生率与临床相关性。**方法:**系统检索 PubMed、Web of Science、Scopus、Embase、Google Scholar、CBM、CNKI、WanFang、VIP 和 Baidu Scholar 等数据库,纳入与左、右膈下动脉(LIPA 和 RI-PA)相关的文献,并采用 Stata 17.0 软件进行 Meta 分析。**结果:**共纳入 19 篇文献,包括 6754 例患者。IPA 共干和单独起源的汇总发生率分别为 29.4% (95%CI: 24.8%~34.2%) 和 70.6% (95%CI: 65.8%~75.2%); IPA 共干以起源于腹主动脉和腹腔干最为常见,汇总发生率分别为 48.2% (95%CI: 42.4%~54.1%) 和 49.0% (95%CI: 43.3%~54.7%); RIPA 单独起源以腹主动脉和腹腔干最为常见,汇总发生率分别为 40.9% (95%CI: 36.7%~45.3%) 和 34.8% (95%CI: 30.7%~38.9%); LIPA 单独起源以腹腔干和腹主动脉最为常见,汇总发生率分别为 58.5% (95%CI: 53.2%~63.7%) 和 32.6% (95%CI: 27.3%~38.1%)。**结论:**IPA 的起源变异十分丰富,熟悉 IPA 的起源变异对介入放射学、胃肠病学、外科学和创伤学医师具有十分重要的临床意义。

**【关键词】**膈下动脉; CT 血管成像; 数字减影血管造影; 起源; 解剖变异; 系统评价; Meta 分析

**【中图分类号】**R322.1; R814.42   **【文献标志码】**A   **【文章编号】**1000-0313(2024)09-1199-08

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.09.013

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Evaluating the prevalence and clinical implications of the inferior phrenic arteries on CTA and DSA: a systematic review and meta-analysis** YAN Gao-wen, YAN Gao-wu, LI Hong-wei, et al. Department of Radiology, the First People's Hospital of Suining City, Sichuan 629000, China

**【Abstract】** **Objective:** To evaluate the incidence and clinical relevance of anatomical variations of the inferior phrenic arteries (IPA) based on computed tomography angiography (CTA) and digital subtraction angiography (DSA). **Methods:** A comprehensive search was conducted across multiple databases (PubMed, Web of Science, Scopus, Embase, Google Scholar, CBM, CNKI, WanFang, VIP, and Baidu Scholar) to include literature related to both left and right IPA. Meta-analysis was performed using the Stata 17.0 software. **Results:** A total of 19 studies encompassing 6754 patients were included. The pooled incidence of common trunk and independent origin of the IPA were 29.4% (95% CI: 24.8%~34.2%) and 70.6% (95%CI: 65.8%~75.2%), respectively. The most common origins of the IPA common trunk were the abdominal aorta and celiac trunk, with pooled incidences of 48.2% (95% CI: 42.4%~54.1%) and 49.0% (95%CI: 43.3%~54.7%), respectively. For separate origins of RIPA, the abdominal aorta and celiac trunk were also the most common, with a pooled prevalence of 40.9% (95%CI: 36.7%~45.3%) and 34.8% (95%CI: 30.7%~38.9%), respectively. Similarly, for separate origins of LIPA, the celiac trunk and abdominal aorta were the most prevalent, with a pooled prevalence of 58.5% (95%CI: 53.2%~63.7%) and 32.6% (95%CI: 27.3%~38.1%), respectively. **Conclusion:** The anatomical variations of IPA origins are highly diverse. Awareness with these variations is of great clinical significance for interventional radiologists, gastroenterologists, surgeons, and trauma spe-

**作者单位:**629000 四川,遂宁市第一人民医院放射科(严高文);629000 四川,遂市中心医院放射影像科(严高武、李勇、赵林伟、范小萍、邓建涛、严静);621000 四川,绵阳市第三人民医院·四川省精神卫生中心放射科(李宏伟);400042 重庆,陆军军医大学陆军特色医学中心(大坪医院)核医学科(王毅)

**作者简介:**严高文(1988—),男,四川遂宁人,硕士研究生,主治医师,主要从事胸部和腹部疾病影像诊断工作。

**通讯作者:**严高武,E-mail:yangaowu1989@163.com

**基金项目:**四川省卫生健康委员会科研课题(19PJ284);遂宁市青年科技人才托举工程科研课题(06);遂市中心医院科研课题(2021y09、2022ypj01);四川省医疗卫生与健康促进会科研项目(KY2023QN0065)

cialists.

**【Key words】** Inferior phrenic arteries; Computed tomography angiography; Digital subtraction angiography; Origins; Anatomic variations; Systematic review; Meta analysis

膈下动脉(inferior phrenic artery, IPA),一般包括右膈下动脉(right inferior phrenic artery, RIPA)和左膈下动脉(left inferior phrenic artery, LIPA)两支,是供应膈肌的主要动脉来源<sup>[1-4]</sup>。此外,IPA还是肝细胞性肝癌(hepatocellular carcinoma, HCC)患者最常见的肝外侧支供血来源<sup>[1-4]</sup>。Kim 等<sup>[4]</sup>曾在 3179 例 HCC 患者中观察到 1026 支 RIPA(栓塞率为 84%)和 78 支 LIPA(栓塞率为 74%)参与肿瘤的肝外侧支血管供应。由于上述侧支动脉的存在会影响经导管肝动脉化疗栓塞术(transcatheter arterial chemoembolization, TACE)对 HCC 的疗效,因此,介入放射科医师应熟悉肝外侧支血管的影像表现,以便早期发现。

IPA 可能单独或共干起源于腹主动脉和腹腔干,也可能起源于肾动脉、胃左动脉、肝动脉、肠系膜上动脉和对侧等<sup>[1,3]</sup>。因此,在实施 TACE 术前仔细了解 IPA 的解剖学变异具有十分重要的临床意义;这不仅有利于节约手术时间,降低辐射剂量,而且有利于提高 TACE 疗效。CT 血管成像(computed tomography angiography, CTA)可以无创地评价人体各部位血管性疾病和解剖学变异,数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)被认为是诊断人体各部位血管性疾病的“金标准”<sup>[5-7]</sup>。因此,CTA 和 DSA 在评价 IPA 的解剖变异和临床相关性方面具有十分重要的临床价值。另一方面,随着循证医学(evidence-based medicine, EBM)的快速发展,循证解剖学(evidence-based anatomy, EBA)的概念应运而生。EBA 是指“将 EBM 的基本原理和研究方法应用于解剖学领域”<sup>[8,9]</sup>。本研究旨在采用 EBA 的方法(系统评价和 Meta 分析),回顾性分析 IPA 相关文献,评价基于 CTA 和 DSA 的 IPA 解剖学变异与临床相关性,从而指导临床相关疾病的诊断和治疗。

## 材料与方法

### 1. 纳入与排除标准

文献纳入标准:①研究类型:横断面研究;②研究对象:接受腹部 CTA 或 DSA 影像学检查,以评价是否存在 IPA 解剖学变异的一般人群;③结局指标:IPA 解剖变异的发生率。文献排除标准:①综述、病例报道、会议摘要;②研究对象为动物或人类尸体;③重复发表的文献;④无法获得全文,文献数据不全,或无法计算 IPA 解剖学变异的发生率;⑤非中文和英文的文献。

### 2. 文献检索策略

计算机检索 PubMed、Web of Science、Scopus、Embase、Google Scholar 等英文数据库和 CBM、CNKI、WanFang、VIP、Baidu Scholar 等中文数据库,搜集关于 IPA 解剖学变异发生率的横断面研究,检索时限均为建库至 2023 年 7 月 31 日。检索采用主题词与自由词相结合的方式进行,并根据各数据库的特点进行调整;同时检索纳入研究的参考文献,以补充获取相关资料。主要英文检索词包括:①inferior phrenic arteries、inferior phrenic artery、arteria phrenica inferiors、arteria phrenica inferior、arteriae phrenicae inferiors、arteriae phrenicae inferior、phrenic、diaphragmatic、diaphragm、arteries、artery、origins、origin、variations、variation;②X-ray computed、computed tomography、CT、multidetector computed tomography、MDCT、multislice computed tomography、MSCT、computed tomography angiography、CTA、digital subtraction angiography、DSA、angiography、angiogram 等。主要中文检索词包括:①膈下动脉、膈肌、膈、动脉、起源、变异;②计算机断层扫描、X 线计算机、多排探测器计算机断层扫描、多层螺旋 CT、数字减影血管造影、血管造影术、动脉造影术等。

### 3. 文献筛选与资料提取

由 2 位研究者独立筛选文献,提取资料并交叉核对,如有分歧则通过讨论或咨询第 3 位研究者解决。文献筛选时首先阅读文献标题,在排除明显不相关的研究后,进一步阅读文献摘要和全文以确定是否纳入。必要时可通过电子邮件或电话联系原始研究作者,获取未报告但对本研究非常重要的数据信息。资料提取内容包括:第一作者、发表时间(年)、国家、研究类型(CTA 或 DSA)、总样本量、IPA 例数及发生率(%)、IPA 解剖学变异类型(共干起源、独立起源、共干起源的血管分支、独立起源的血管分支)等。

### 4. 纳入研究的偏倚风险评价

由 2 位研究者独立评价纳入研究的偏倚风险,并交叉核对结果。偏倚风险评价采用国际循证解剖学工作组推荐的解剖学质量保证(anatomical quality assurance, AQUA)清单<sup>[10]</sup>。该清单由一系列问题组成,包括 5 个领域的内容:①研究目的和研究对象特征;②研究设计;③方法特征;④描述性解剖学;⑤结果报告。如果某一领域的所有问题均得到了“是”的回答,那么该方面存在偏倚的风险被判定为“低”;如果某

一领域的任一问题得到了“否”或“不清楚”的回答，那么该方面存在偏倚的风险被判定为“高”或“不清楚”。

## 5. 统计学分析

采用 Excel 表格收集和整理数据,使用 Stata 软件(版本 17.0)的 metaprop 模块进行单组率 Meta 分析,以 IPA 解剖学变异的发生率为效应分析统计量,并提供其 95% 可信区间(confidence interval,CI)。采用  $\chi^2$  检验和  $I^2$  统计量评价纳入研究之间的异质性。 $\chi^2$  检验中  $P$  值  $<0.10$  表明存在统计学异质性; $I^2$  值为 0~40% 被认为“可能不重要”,30%~60% 被认为“可能代表中度异质性”,50%~90% 被认为“可能代表显著的异质性”,75%~100% 被认为“代表相当大的异质性”<sup>[8]</sup>。若各研究结果间无统计学异质性,则采用固定效应模型进行 Meta 分析;若各研究结果间存在统计学异质性,则进一步分析异质性来源,在排除明显临床异质性的影响后,采用随机效应模型进行 Meta 分析,Meta 分析的水准设为  $\alpha=0.05$ 。根据纳入研究的语言类型(中文或英文)进行亚组分析,以进一步探讨影响 IPA 解剖学变异发生率的可能因素。

## 结 果

## 1. 文献筛选流程及结果

初检共获得相关文献 1937 篇, 经过逐层筛选后, 最终纳入 19 项横断面研究<sup>[11-29]</sup>, 包括英文文献 9 篇和中文文献 10 篇, 纳入研究对象 6754 例, 其中 CTA 检查 5769 例, DSA 检查 985 例。文献筛选流程及结果见图 1。

## 2. 纳入研究的基本特征与偏倚风险评价结果

纳入研究的基本特征见表 1。偏倚风险评价结果

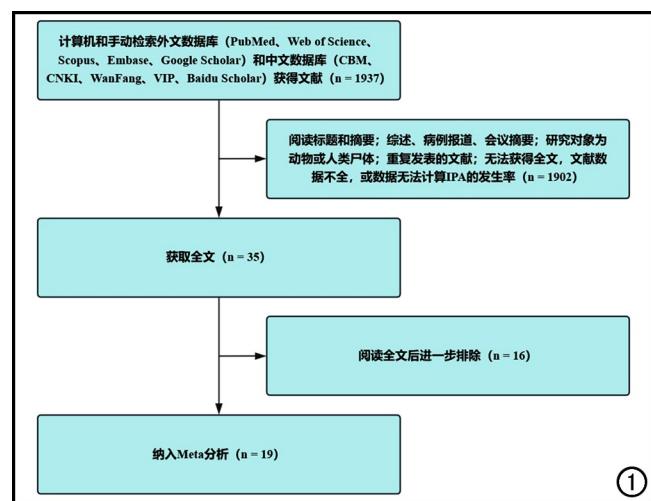


图 1 文献筛选流程及结果。

显示,共计4项研究在“研究目的和研究对象特征”领域的偏倚风险被判定为“高”<sup>[18,20,21,26]</sup>,共计3项研究在“方法特征”领域的偏倚风险被判定为“高”<sup>[13,14,18]</sup>,所有研究在其余领域的偏倚风险均被判定为“低”。

### 3. Meta 分析结果

IPA 共干和单独起源的发生率:共计纳入 18 项研究<sup>[11-20,22-29]</sup>,随机效应模型 Meta 分析结果显示(表 1、图 2a),IPA 共干和单独起源的汇总发生率分别为 29.4%(95%CI: 24.8%~34.2%) 和 70.6%(95%CI: 65.8%~75.2%)。IPA 共干起源的发生率:共计纳入 17 项研究<sup>[11-16,18-20,22-29]</sup>,随机效应模型 Meta 分析结果显示(表 2、图 2b),IPA 共干起源于腹主动脉、腹腔干和其他动脉的汇总发生率分别为 48.2%(95%CI: 42.4%~54.1%)、49.0%(95%CI: 43.3%~54.7%) 和 1.8%(95%CI: 0.7%~3.3%)。RIPA 单独起源的发

表1 纳入研究的基本特征

第一作者	发表时间 (年)	国家	研究类型	样本量 (例)	共干	单独起源
李志坚 <sup>[11]</sup>	2003	中国	DSA	168	64(38.1%)	104(61.9%)
赵绍宏 <sup>[12]</sup>	2006	中国	CTA	440	69(15.7%)	371(84.3%)
Kimura <sup>[13]</sup>	2007	日本	DSA	178	54(30.3%)	124(69.7%)
Basile <sup>[14]</sup>	2008	意大利	CTA	200	74(37.0%)	126(63.0%)
刘欣杰 <sup>[15]</sup>	2008	中国	CTA	128	46(35.9%)	82(64.1%)
So <sup>[16]</sup>	2009	韩国	CTA 和 DSA	580	122(21.0%)	458(79.0%)
Ozbulbul <sup>[17]</sup>	2009	土耳其	CTA	200	72(36.0%)	128(64.0%)
雷鸣 <sup>[18]</sup>	2010	中国	DSA	59	41(69.5%)	18(30.5%)
林楚岚 <sup>[19]</sup>	2011	中国	CTA	250	58(23.2%)	192(76.8%)
Ozbülbül <sup>[20]</sup>	2011	土耳其	CTA	92	34(37.0%)	58(63.0%)
宫凤玲 <sup>[22]</sup>	2012	中国	CTA	200	48(24.0%)	152(76.0%)
青云 <sup>[23]</sup>	2014	中国	CTA	167	49(29.3%)	118(70.7%)
刘长春 <sup>[24]</sup>	2014	中国	CTA	935	163(17.4%)	772(82.6%)
唐勇 <sup>[25]</sup>	2014	中国	CTA	210	23(11.0%)	187(89.0%)
Esen <sup>[26]</sup>	2017	土耳其	CTA	78	31(39.7%)	47(60.3%)
Aslaner <sup>[27]</sup>	2017	土耳其	CTA	1000	295(29.5%)	705(70.5%)
Kulkarni <sup>[28]</sup>	2020	印度	CTA	600	128(21.3%)	472(78.7%)
Ekingen <sup>[29]</sup>	2021	土耳其	CTA	969	360(37.2%)	609(62.8%)
合计				6454	1731(26.8%)	4723(73.2%)
汇总发生率(95% CI)					29.4% (24.8% ~ 34.2%)	70.6% (65.8% ~ 75.2%)

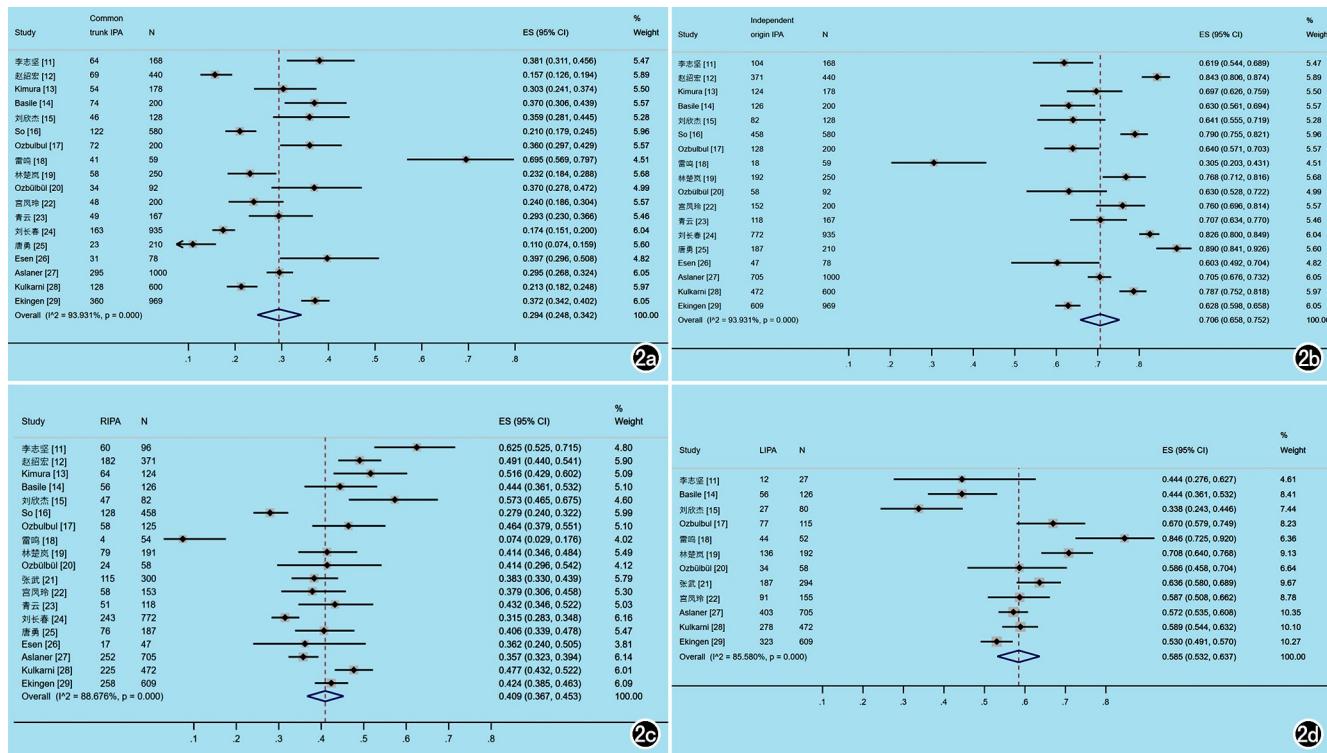


图 2 a) 森林图显示 IPA 共干的汇总发生率为 29.4% (95% CI: 24.8%~34.2%); b) 森林图显示 IPA 独立起源的汇总发生率为 70.6% (95% CI: 65.8%~75.2%); c) 森林图显示 RIPA 独立起源于腹主动脉的汇总发生率为 40.9% (95% CI: 36.7%~45.3%); d) 森林图显示 LIPA 独立起源于腹主动脉的汇总发生率为 58.5% (95% CI: 53.2%~63.7%)。

表 2 膈下动脉共干及其发生率相关文献特征

第一作者	共干总数	腹主动脉	腹腔干	其他起源
李志坚 [1]	64	32(50.0%)	26(40.6%)	6(9.4%)
赵绍宏 [2]	69	36(52.2%)	33(47.8%)	0(0%)
Kimura [3]	54	38(70.4%)	16(29.6%)	0(0%)
Basile [4]	74	42(56.8%)	32(43.2%)	0(0%)
刘欣杰 [5]	46	30(65.2%)	16(34.8%)	0(0%)
So [6]	122	62(50.8%)	53(43.4%)	7(5.7%)
雷鸣 [8]	41	4(9.8%)	37(90.2%)	0(0%)
林楚岚 [9]	58	18(31.0%)	40(69.0%)	0(0%)
Ozbülük [20]	34	16(47.1%)	18(52.9%)	0(0%)
宫凤玲 [22]	48	24(50.0%)	22(45.8%)	2(4.2%)
青云 [23]	49	25(51.0%)	20(40.8%)	4(8.2%)
刘长春 [24]	163	77(47.2%)	80(49.1%)	6(3.7%)
唐勇 [25]	23	13(56.5%)	10(43.5%)	0(0%)
Esen [26]	31	11(35.5%)	19(61.3%)	1(3.2%)
Aslaner [27]	295	164(55.6%)	126(42.7%)	5(1.7%)
Kulkarni [28]	128	68(53.1%)	58(45.3%)	2(1.6%)
Ekingen [29]	360	141(39.2%)	197(54.7%)	22(6.1%)
合计	1659	801(48.3%)	803(48.4%)	55(3.3%)
汇总发生率 (95% CI)		48.2% (42.4%~54.1%)	49.0% (43.3%~54.7%)	1.8% (0.7%~3.3%)

生率: 共计纳入 19 项研究<sup>[11-29]</sup>, 随机效应模型 Meta 分析结果显示(表 3、图 2c), RIPA 独立起源于腹主动脉、腹腔干、右肾动脉、胃左动脉和其他动脉的汇总发生率分别为 40.9% (95% CI: 36.7%~45.3%)、34.8% (95% CI: 30.7%~38.9%)、17.0% (95% CI: 14.6%~19.6%)、2.7% (95% CI: 1.6%~4.0%) 和 1.7% (95% CI: 0.5%~3.4%)。LIPA 独立起源的发生率: 共计纳入 12 项研究<sup>[11,14,15,17-22,27-29]</sup>, 随机效应模型 Meta 分析

结果显示(表 4、图 2d), LIPA 独立起源于腹主动脉、腹腔干、左肾动脉、胃左动脉和其他动脉的汇总发生率分别为 32.6% (95% CI: 27.3%~38.1%)、58.5% (95% CI: 53.2%~63.7%)、0.7% (95% CI: 0.2%~1.4%)、2.7% (95% CI: 0.8%~5.5%) 和 2.2% (95% CI: 0.9%~3.8%)。IPA 正常解剖学及发育变异的示意图见图 3、4。

根据纳入研究的语言类型进行亚组分析, 中文研究显示: IPA 共干和单独起源的汇总发生率分别为 27.5% (95% CI: 20.1%~35.5%) 和 72.5% (95% CI: 64.5%~79.9%); 英文研究显示: IPA 共干和单独起源的汇总发生率分别为 31.3% (95% CI: 26.4%~36.6%) 和 68.7% (95% CI: 63.4%~73.6%)。

#### 4. 敏感性分析与发表偏倚检验

采用逐一剔除单个研究的方法进行敏感性分析, 结果显示汇总发生率无明显变化, 表明本研究结果比较稳定。采用漏斗图、Begg 检验和 Egger 检验评价纳入研究的发表偏倚, 结果显示无明显发表偏倚( $P$  值均 $>0.05$ )。

## 讨 论

### 1. IPA 解剖及起源变异

表 3 右膈下动脉单独起源及其发生率相关文献特征

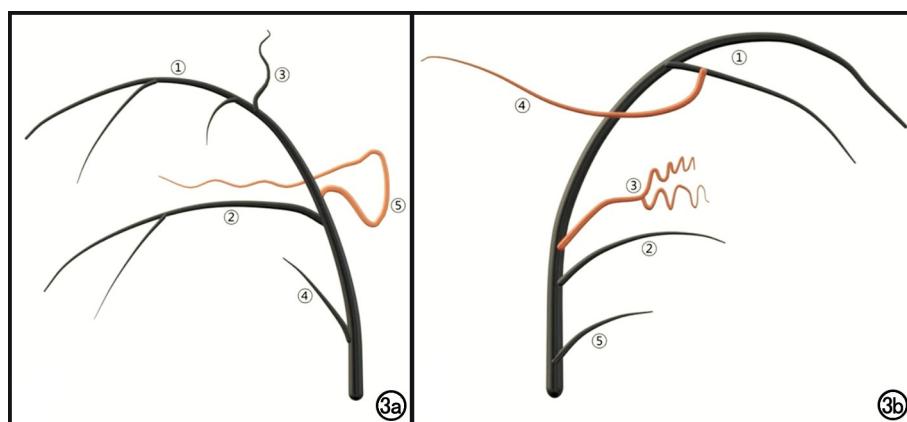
第一作者	RIPA 总数	腹主动脉	腹腔干	右肾动脉	胃左动脉	其他起源
李志坚 <sup>[11]</sup>	96	60(62.5%)	6(6.3%)	29(30.2%)	0(0%)	1(1.0%)
赵绍宏 <sup>[12]</sup>	371	182(49.1%)	105(28.3%)	78(21.0%)	6(1.6%)	0(0%)
Kimura <sup>[13]</sup>	124	64(51.6%)	37(29.8%)	19(15.3%)	3(2.4%)	1(0.8%)
Basile <sup>[14]</sup>	126	56(44.4%)	50(39.7%)	11(8.7%)	8(6.3%)	1(0.8%)
刘欣杰 <sup>[15]</sup>	82	47(57.3%)	25(30.5%)	4(4.9%)	6(7.3%)	0(0%)
So <sup>[16]</sup>	458	128(27.9%)	185(40.4%)	70(15.3%)	0(0%)	75(16.4%)
Ozbülbul <sup>[17]</sup>	125	58(46.4%)	39(31.2%)	21(16.8%)	6(4.8%)	1(0.8%)
雷鸣 <sup>[18]</sup>	54	4(7.4%)	39(72.2%)	9(16.7%)	2(3.7%)	0(0%)
林楚岚 <sup>[19]</sup>	191	79(41.4%)	50(26.2%)	44(23.0%)	10(5.2%)	8(4.2%)
Ozbülbul <sup>[20]</sup>	58	24(41.4%)	26(44.8%)	8(13.8%)	0(%)	0(0%)
张武 <sup>[21]</sup>	300	115(38.3%)	113(37.7%)	56(18.7%)	9(3.0%)	7(2.3%)
宫凤玲 <sup>[22]</sup>	153	58(37.9%)	48(31.4%)	37(24.2%)	6(3.9%)	4(2.6%)
青云 <sup>[23]</sup>	118	51(43.2%)	27(22.9%)	34(28.8%)	2(1.7%)	4(3.4%)
刘长春 <sup>[24]</sup>	772	243(31.5%)	287(37.2%)	172(22.3%)	24(3.1%)	46(6.0%)
唐勇 <sup>[25]</sup>	187	76(40.6%)	63(33.7%)	39(20.9%)	2(1.1%)	7(3.7%)
Esen <sup>[26]</sup>	47	17(36.2%)	26(55.3%)	2(4.3%)	2(4.3%)	0(0%)
Aslaner <sup>[27]</sup>	705	252(35.7%)	307(43.5%)	104(14.8%)	41(5.8%)	1(0.1%)
Kulkarni <sup>[28]</sup>	472	225(47.7%)	177(37.5%)	59(12.5%)	9(1.9%)	2(0.4%)
Ekingen <sup>[29]</sup>	609	258(42.4%)	205(33.7%)	91(14.9%)	36(5.9%)	19(3.1%)
合计	5048	1997(36.6%)	1815(36.0%)	887(17.6%)	172(3.4%)	177(3.5%)
汇总发生率		40.9%	34.8%	17.0%	2.7%	1.7%
(95% CI)		(36.7%~45.3%)	(30.7%~38.9%)	(14.6%~19.6%)	(1.6%~4.0%)	(0.5%~3.4%)

注: RIPA = right inferior phrenic artery, 右膈下动脉

表 4 左膈下动脉单独起源及其发生率相关文献特征

第一作者	LIPA 总数	腹主动脉	腹腔干	左肾动脉	胃左动脉	其他起源
李志坚 <sup>[11]</sup>	27	6(22.2%)	12(44.4%)	0(%)	9(33.3%)	0(0%)
Basile <sup>[14]</sup>	126	53(42.1%)	56(44.4%)	2(1.6%)	0(0%)	15(11.9%)
刘欣杰 <sup>[15]</sup>	80	52(65.0%)	27(33.8%)	0(0%)	0(0%)	1(1.3%)
Ozbülbul <sup>[17]</sup>	115	32(27.8%)	77(67.0%)	1(0.9%)	5(4.3%)	0(0%)
雷鸣 <sup>[18]</sup>	52	2(3.8%)	44(84.6%)	0(0%)	2(3.8%)	4(7.7%)
林楚岚 <sup>[19]</sup>	192	44(22.9%)	136(70.8%)	4(2.1%)	2(1.0%)	6(3.1%)
Ozbülbul <sup>[20]</sup>	58	21(36.2%)	34(58.6%)	0(0%)	0(%)	3(5.2%)
张武 <sup>[21]</sup>	294	93(31.6%)	187(63.6%)	0(0%)	11(3.7%)	3(1.0%)
宫凤玲 <sup>[22]</sup>	155	53(34.2%)	91(58.7%)	0(0%)	9(5.8%)	2(1.3%)
Aslaner <sup>[27]</sup>	705	252(35.7%)	403(57.2%)	20(2.8%)	24(3.4%)	6(0.9%)
Kulkarni <sup>[28]</sup>	472	181(38.3%)	278(58.9%)	7(1.5%)	0(0%)	6(1.3%)
Ekingen <sup>[29]</sup>	609	202(33.2%)	323(53.0%)	8(1.3%)	52(8.5%)	24(3.9%)
合计	2885	991(34.4%)	1668(57.8%)	42(1.5%)	114(4.0%)	70(2.4%)
汇总发生率		32.6%	58.5%	0.7%	2.7%	2.2%
(95% CI)		(27.3%~38.1%)	(53.2%~63.7%)	(0.2%~1.4%)	(0.8%~5.5%)	(0.9%~3.8%)

注: LIPA = left inferior phrenic artery, 左膈下动脉

图 3 膈下动脉的正常解剖学示意图<sup>[1]</sup>。a) 右膈下动脉及其分支, 包括: 前支①、后支②、心包膈支③、肾上腺上动脉④和奇食管支⑤; b) 左膈下动脉及其分支, 包括: 前支①、后支②、副胃支③、Sappey 上动脉④和肾上腺上动脉⑤。

IPA 通常起源于第 12 胸椎和第 2 腰椎中部, 可单独或共干起源于腹主动脉和腹腔干, 也可起源于肾动脉、胃左动脉、肝动脉、肠系膜上动脉和对侧等<sup>[1,3]</sup>。RIPA 的分支包括: 前支(升支)、后支(降支)、肾上腺上动脉、心包膈支和奇食管支(图 3a)。RIPA 前支供应膈肌上部和前部, 同时发出细小分支供应下腔静脉壁; 后支向膈肌下部走行; 肾上腺上动脉起源于 RIPA 近端, 供应肾上腺; 心包膈支供应心包, 该支常有肺分流, 与支气管动

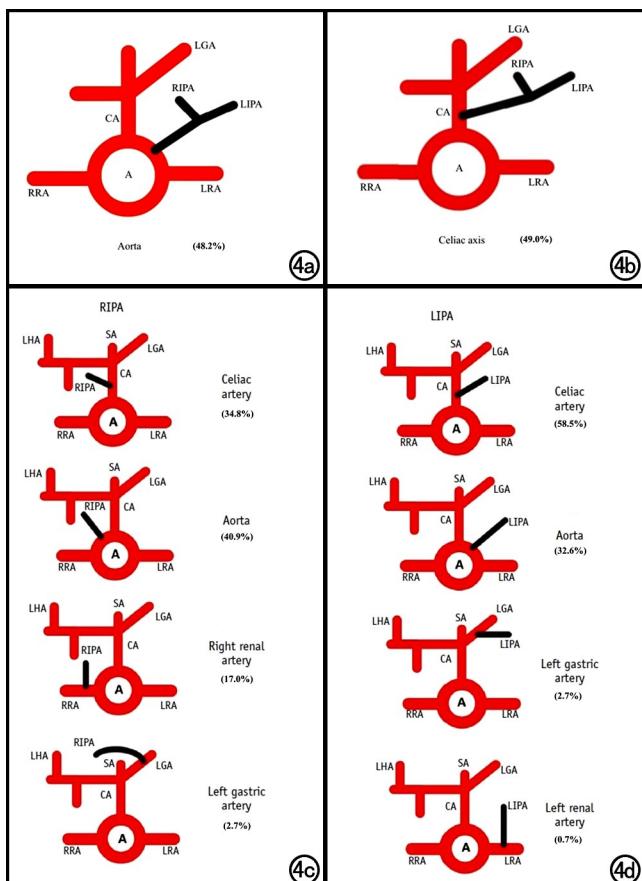


图 4 脐下动脉的起源变异示意图和汇总发生率<sup>[27]</sup>。  
 A=aorta, 腹主动脉; CA=celiac artery, 腹腔干; CHA=common hepatic artery, 肝总动脉; LGA=left gastric artery, 胃左动脉; SA=splenic artery, 脾动脉; LIPA=left inferior phrenic artery, 左膈下动脉; RIPA=right inferior phrenic artery, 右膈下动脉; LRA=left renal artery, 左肾动脉; RRA=right renal artery, 右肾动脉。a) RIPA 与 LIPA 共干, 起源于腹主动脉, 汇总发生率为 48.2%; b) RIPA 与 LIPA 共干, 起源于腹腔干, 汇总发生率为 49.0%; c) RIPA 单独起源于腹腔干、腹主动脉、右肾动脉和胃左动脉的汇总发生率分别为 34.8%、40.9%、17.0% 和 2.7%; d) LIPA 单独起源于腹腔干、腹主动脉、胃左动脉和左肾动脉的汇总发生率分别为 58.5%、32.6%、2.7% 和 0.7%。

脉相连;奇食管支沿着奇食管隐窝走行,到达后肺基底部(供应肺底部胸膜),呈典型的 U 形,该支几乎总是存在体-肺分流<sup>[1,3]</sup>。LIPA 的分支包括:前支(升支)、后支(降支)、副胃支、Sappey 上动脉和肾上腺上动脉(图 3b)。LIPA 前支可能起源于 RIPA(可见于约 15% 的患者);副胃支供应贲门和食管远端,造影可见于约 50% 的患者(造影时可能与肿瘤染色相混淆);Sappey 上动脉供应靠近肝脏第 IV 段的膈肌、镰状韧带和邻近的心包,可见于约 50% 的患者,并可与双侧

IPA 和内乳动脉相连,这意味着肝脏上部和内部的 HCC 可以由这四条侧支血管中的任意一条供应<sup>[1,3]</sup>。

本研究 Meta 分析结果显示:① IPA 单独起源较共干常见,其汇总发生率分别为 70.6% 和 29.4%;② IPA 共干以起源于腹主动脉和腹腔干最为常见(图 4a、4b),其汇总发生率分别为 48.2% 和 49.0%;③ RIPA 单独起源以腹主动脉、腹腔干和右肾动脉最为常见(图 4c),其汇总发生率分别为 40.9%、34.8% 和 17.0%;④ LIPA 单独起源以腹腔干和腹主动脉最为常见(图 4d),其汇总发生率分别为 58.5% 和 32.6%;⑤ 起源于其他动脉者少见(小于 3%)。上述研究结果表明,IPA 的起源变异十分丰富,这提示介入放射学医师在实施相关手术之前应该熟悉 IPA 起源变异的这种规律,这不仅有利于节约手术时间,降低辐射剂量,而且有利于提高手术治疗效果。

## 2.IPA 与 HCC

TACE 被认为是治疗不可切除 HCC 的首选治疗方案,且识别肝外侧支血管与对肝动脉进行充分栓塞同等重要。HCC 的动脉供应通常来自肝动脉,但肝外侧支血管也可以完全或部分供应整个 HCC,而不论肝动脉通畅与否。在 HCC 所有的侧支动脉中,以 IPA 最为常见。Kim 等<sup>[4]</sup>曾在 3179 例 HCC 患者中观察到 1026 支 RIPA(栓塞率为 84%)和 78 支 LIPA(栓塞率为 74%)参与肿瘤的肝外侧支血管供应。在 Gwon 等<sup>[3]</sup>进行的 383 例与 IPA 相关的介入手术中,观察到 346 例 HCC,它们均有来自 IPA 的肝外侧支血管供应。由于肝脏通过冠状韧带和三角韧带悬吊于膈肌上,且肝脏后部与膈肌裸区密切接触。因此,IPA 的分支可能与肝动脉的分支相交通。Gwon 等<sup>[3]</sup>认为,当 HCC 位于肝脏 I、II 和 VII 段并且与右半膈肌密切接触时,必须对右侧 IPA 进行选择性动脉造影。在增强 CT 动脉期图像上,IPA 前支管径增粗、进入肝脏表面的远端部分可见,尤其当 HCC 位于肝脏表面时被认为是 IPA 参与 HCC 肝外侧支血管供应的重要 CT 征象。当 HCC 位于肝左叶并且与左半膈肌密切接触时,也需警惕 LIPA 参与 HCC 侧支血管供应的可能性<sup>[3]</sup>。

## 3.IPA 与其他疾病

IPA 不仅是 HCC 最常见的肝外侧支血管来源,还与咯血、上消化道出血、创伤性膈肌出血、肝脏出血、肾上腺和腹膜后种植转移瘤供血、IPA 动脉瘤、冠状动脉粥样硬化性心脏病、创伤后心包填塞、Mallory-Weiss 综合征等多种疾病的诊断和治疗关系密切<sup>[1-4,27,30-35]</sup>。在咯血的患者中,支气管动脉是出血最主要的来源。炎症性肺部病变可使肺循环减少,致使体-肺动脉吻合形成,并伴有体循环的代偿性增加,进

而导致体循环动脉破裂。除了支气管动脉外,许多体循环动脉,如 IPA、肋间、甲状腺颈干、内乳、胸背和胸外侧动脉等,也是导致咯血的非支气管性体循环侧支<sup>[31,32]</sup>。与胸膜纤维化和肺血流量减少相关的疾病,如支气管扩张、囊性纤维化、肺结核、结节病、慢性肺炎、先天性肺动脉狭窄以及在某些情况下的肺栓塞等,有形成这种经胸膜体-肺动脉吻合的趋势<sup>[31,32]</sup>。因此,IPA 和其他非支气管性体循环侧支被认为会降低栓塞的效果。因此,在咳血患者的动脉栓塞过程中,特别是当肺部异常涉及肺底时,识别 IPA 具有非常重要的临床意义。此外,对于上消化道出血患者,如果常规血管造影未发现出血灶,如胃左动脉、腹腔干或脾动脉,则应检查 IPA,尤其是在怀疑食管远端或胃近端病变时,这是因为 LIPA 分支也参与了胃-食管交接区的血液供应。Aslaner 等<sup>[27]</sup>认为 IPA 的起源变异与腹腔干的胚胎发育关系密切,因为 IPA 主要是从原始主动脉的腹侧段发育而来的。

综上所述,IPA 是 HCC 最常见的肝外侧支血管来源,并且与咯血、上消化道出血、创伤性膈肌出血、肝脏出血、肾上腺和腹膜后种植转移瘤供血、IPA 动脉瘤、冠状动脉粥样硬化性心脏病、创伤后心包填塞、Mallory-Weiss 综合征等多种疾病的诊断和治疗关系密切。IPA 的起源变异十分丰富,熟悉 IPA 的起源变异对介入放射学、胃肠病学、外科学和创伤学医师具有十分重要的临床意义。受本篇 Meta 分析纳入研究质量和数量的限制,上述结论尚需开展更多高质量和大样本的研究予以证实。

## 参考文献:

- [1] Kim HC, Miyayama S, Choi JW, et al. Hepatocellular carcinoma supplied by the inferior phrenic artery or cystic artery: anatomic and technical considerations [J]. Radiographics, 2023, 43 (1): e220076.
- [2] Moustafa AS, Abdel Aal AK, Ertel N, et al. Chemoembolization of hepatocellular carcinoma with extrahepatic collateral blood supply: anatomic and technical considerations [J]. Radiographics, 2017, 37(3): 963-977.
- [3] Gwon DI, Ko GY, Yoon HK, et al. Inferior phrenic artery: anatomy, variations, pathologic conditions, and interventional management [J]. Radiographics, 2007, 27(3): 687-705.
- [4] Kim HC, Chung JW, Lee W, et al. Recognizing extrahepatic collateral vessels that supply hepatocellular carcinoma to avoid complications of transcatheter arterial chemoembolization [J]. Radiographics, 2005, 25(Suppl 1): S25-S39.
- [5] Deng J, Ma T, Yan J, et al. Effect of low tube voltage (100kV) combined with ASIR-V on the visualization and image quality of the adamkiewicz artery: a comparison with 120kV protocol [J]. Diagnostics, 2023, 13(15): 2495.
- [6] 董立军, 刘畅, 戴钢, 等. 多时相 CTA 融合伪彩图在远端分支动脉闭塞的急性缺血性脑卒中的应用 [J]. 放射学实践, 2023, 38(11): 1362-1367.
- [7] 许娟, 胡道予, 陈艳, 等. 基于 MSCTA 急性 Stanford A 型主动脉夹层累及冠状动脉 Neri 分型细化分型的探讨 [J]. 放射学实践, 2022, 37(7): 852-856.
- [8] Henry BM, Tomaszewski KA, Walocha JA. Methods of evidence-based anatomy: a guide to conducting systematic reviews and meta-analysis of anatomical studies [J]. Ann Anat, 2016, 205: 16-21.
- [9] Yammine K. Evidence-based anatomy [J]. Clin Anat, 2014, 27(6): 847-852.
- [10] Henry BM, Tomaszewski KA, Ramakrishnan PK, et al. Development of the anatomical quality assessment (AQUA) tool for the quality assessment of anatomical studies included in meta-analyses and systematic reviews [J]. Clin Anat, 2017, 30(1): 6-13.
- [11] 李志坚, 王茂强, 白启才, 等. 中国人膈下动脉血管解剖研究 [J]. 中国医学影像学杂志, 2003, 11(2): 89-92.
- [12] 赵绍宏, 刘新, 蔡祖龙, 等. 右膈下动脉的多层螺旋 CT 表现 [J]. 中华放射学杂志, 2006, 40(4): 373-376.
- [13] Kimura S, Okazaki M, Higashihara H, et al. Analysis of the origin of the right inferior phrenic artery in 178 patients with hepatocellular carcinoma treated by chemoembolization via the right inferior phrenic artery [J]. Acta Radiol, 2007, 48(7): 728-733.
- [14] Basile A, Tsetis D, Montineri A, et al. MDCT anatomic assessment of right inferior phrenic artery origin related to potential supply to hepatocellular carcinoma and its embolization [J]. Cardiovasc Interv Radiol, 2008, 31(2): 349-358.
- [15] 刘欣杰, 赵建农, 郭大静, 等. MDCT 血管造影评价膈下动脉的临床应用 [J]. 中国医学影像学杂志, 2008, 16(3): 185-188.
- [16] So YH, Chung JW, Yin Y, et al. The right inferior phrenic artery: origin and proximal anatomy on digital subtraction angiography and thin-section helical computed tomography [J]. J Vasc Interv Radiol, 2009, 20(9): 1164-1171.
- [17] Ozbubbul NI, Yurdakul M, Tola M, et al. Can multidetector row CT visualize the right and left inferior phrenic artery in a population without disease of the liver? [J]. Surg Radiol Anat, 2009, 31(9): 681-685.
- [18] 雷鸣. 原发性肝癌患者膈下动脉解剖变异的 DSA 研究及其临床意义 [D]. 济南: 泰山医学院, 2010.
- [19] 林楚岚. 64 排螺旋 CT 血管成像评价膈下动脉的临床应用研究 [D]. 广州: 南方医科大学, 2011.
- [20] Ozbülbül NI, Yurdakul M, Tola M. Does the right inferior phrenic artery have a supplying role in liver cirrhosis without hepatocellular carcinoma? A 64-slice CT study [J]. Diagn Interv Radiol, 2011, 17(3): 239-242.
- [21] 张武, 王梅, 胡洋, 等. 多层螺旋 CT 观测正常膈下动脉起源和直径 [J]. 中国介入影像与治疗学, 2012, 9(1): 29-32.
- [22] 宫凤玲, 于鹏, 李宏坤, 等. 200 例膈下动脉的 256 层螺旋 CT 影像学分析 [J]. 重庆医学, 2012, 41(25): 2581-2583.
- [23] 青云, 罗小平, 刘曦, 等. 右侧膈下动脉起源及其在原发性肝癌中参与供血的影像特征 [J]. 第三军医大学学报, 2014, 36(5): 478-482.
- [24] 刘长春, 董景辉, 安维民, 等. 右膈下动脉 64 层螺旋 CT 三维重建在肝癌介入治疗中的应用 [J]. 中国医学装备, 2014, 11(5): 87-89.
- [25] 唐勇, 曹林德, 林薇. 多层螺旋 CT 血管成像对右膈下动脉的研究 [J]. 医学影像学杂志, 2014, 24(7): 1253-1255.

- [26] Esen K, Balci Y, Tok S, et al. The evaluation of the right inferior phrenic artery diameter in cirrhotic patients [J]. Jpn J Radiol, 2017, 35(9): 526-531.
- [27] Aslaner R, Pekcevik Y, Sahin H, et al. Variations in the origin of inferior phrenic arteries and their relationship to celiac axis variations on CT angiography [J]. Korean J Radiol, 2017, 18(2): 336-344.
- [28] Kulkarni CB, Pullara SK, Prabhu NK, et al. Variations in the origins of inferior phrenic arteries—an evaluation with 256 slice multidetector computed tomography [J]. J Clin Interv Radiol ISVIR, 2020, 4: 73-82.
- [29] Ekingen A, etinakmak MG. A comprehensive study of right and left inferior phrenic artery variations in 1000 patients with multidetector computed tomography angiography: an important study for HCC [J]. Surg Radiol Anat, 2021, 43(9): 1471-1480.
- [30] Marcinkowska W, Malicki M, Karauda P, et al. Clinical significance of morphological variations of the inferior phrenic arteries [J]. Folia Morphol, 2023, 82(3): 467-477.
- [31] Marquis KM, Raptis CA, Rajput MZ, et al. CT for evaluation of hemoptysis [J]. Radiographics, 2021, 41(3): 742-761.
- [32] Yoon W, Kim JK, Kim YH, et al. Bronchial and nonbronchial systemic artery embolization for life-threatening hemoptysis: a comprehensive review [J]. Radiographics, 2002, 22(6): 1395-1409.
- [33] Sanmoto Y, Hanari N, Kinuta S. A case of inferior phrenic artery injury after chest drainage treated laparoscopically [J]. Trauma Case Rep, 2023, 43(9): 100763.
- [34] Funakoshi K, Ishibashi Y, Yoshimura S, et al. Right inferior phrenic artery pseudoaneurysm after a laparoscopic gastrectomy: a case report [J]. Surg Case Rep, 2019, 5(1): 187.
- [35] Carsen GM, Casarella WJ, Spiegel RM. Transcatheter embolization for treatment of Mallory-Weiss tears of the esophagogastric junction [J]. Radiology, 1978, 128(2): 309-313.

(收稿日期:2023-08-25 修回日期:2024-01-15)

## 本刊网站及远程稿件处理系统投入使用

本刊网站与远程稿件处理系统已开发测试完毕,已于 2008 年 3 月 1 号正式开通投入使用。

作者进行网上投稿及查稿具体步骤如下:请登录《放射学实践》网站(<http://www.fsxsj.net>)点击进入首页→点击“作者投稿”→按提示注册(请务必按系统提示正确填写个人信息,同时记住用户名和密码,以便查询稿件处理进度)→用新注册的用户名和密码登录→点击“作者投稿”进入稿件管理页面→点击“我要投稿”→浏览文件→上传文件(浏览文件后请点击后面的“上传”按钮,只有系统提示“稿件上传成功”方可进行下一步录入操作,文章须以 WORD 格式上传,图表粘贴在文章中)→录入稿件标题、关键词等→最后点击“确定”即可完成投稿。投稿后请速寄审稿费(100 元/篇)以使稿件迅速进入审稿处理。

作者自投稿之日起可不定期登录本刊网站查看稿件处理进度,不必打电话或发邮件查询,具体步骤如下:用注册过的用户名和密码登录→点击“作者查稿”进入稿件管理页面→点击左侧导航栏“我的稿件库”→“稿件状态”显示稿件处理进度→点击“查看”→选择“当前信息”或“全部信息”查看稿件处理过程中的具体信息。稿件退修和催审稿费(版面费)的信息作者亦可在注册时填写的邮箱中看到,作者在邮箱看到相关信息后须进入本系统进行相应处理。

作者如从邮箱和邮局投稿(或网上投稿成功后又从邮箱或邮局再次投稿),本刊须花费大量精力将稿件录入系统中,部分稿件重复多次处理,这给我们的稿件统计及处理工作带来巨大困难。**本刊作者需登录本刊网站投稿**,如果通过邮箱或邮局投稿,本刊会通知您通过网上投稿。

由于准备时间仓促及经验不足,网站及远程稿件处理系统必然会存在一些缺点和不足之处,希望各位影像同仁不吝赐教,多提宝贵意见,予以指正。

如果您在投稿中遇到什么问题,或者对本系统及网站有好的意见和建议,请及时联系我们。

联系人:石鹤 明桥 联系电话:027-69378385 15926283035