doi:10.11659/jjssx.05E022097

·基础研究·

腹部 CTA 对肝动脉变异新分型的解剖学研究

曾 维[1],颜 杰[1],甘欣怡[2],张 慧[3],陈 伟[4],张银萍[1],李澜哲[1] (1.长沙医学院医学影像学院,湖南 长沙 410219;2.宁夏医科大学口腔医学院,宁夏 银川 750004;3.长沙医学院基础医学院人体解剖学教研室,湖南 长沙 410219;4.中南大学湘雅医院放射科,湖南 长沙 410008)

[摘 要] **目的** 通过腹部 CT 血管造影(CTA)观察肝动脉肝外解剖变异情况,结合相关文献提出肝动脉解剖变异新分型。**方法** 筛查 220 例患者的腹部 CTA 影像资料,利用自带工作站对其进行三维重建,充分观察肝动脉的解剖变异情况,收集相关数据并进行统计归类。**结果** 220 例患者的腹部 CTA 中,参照 Michels 分型有 192 例(87.27%),未包括在 Michels 分型内有 28 例(12.72%)。从肝总动脉(CHA)起源变异、CHA 分叉变异以及肝左右动脉起源变异 3 个方面对其解剖进行重新分析归类:将 CHA 起源变异分为 7 型,其中Ⅰ型 205 例(93.18%),Ⅱ型 7 例(3.18%),Ⅲ型 2 例(0.90%),Ⅳ型 1 例(0.45%),Ⅴ型 3 例(1.36%),Ⅵ型 1 例(0.45%),Ⅶ型 1 例(0.45%);CHA 分叉变异分为 3 型,其中Ⅰ型 213 例(96.81%),Ⅱ型 6 例(2.72%),Ⅲ型 1 例(0.45%);肝左右动脉起源变异分为 8 型,其中Ⅰ型 168 例(76.36%),Ⅱ型 17 例(7.72%),Ⅲ型 22 例(10.00%),Ⅳ型 4 例(1.81%),Ⅴ型 2 例(0.90%),Ⅵ型 5 例(2.27%),Ⅶ型 0 例,Ⅷ型 2 例(0.90%)。**结论** 多层螺旋 CTA 可以精确评估肝动脉的解剖变异,肝动脉肝外起源变异复杂,未被分型的变异发生率较高,结合文献报道与本研究结果提出的肝动脉解剖变异新分型,可为临床提供详尽的解剖学依据。

[关键词] 腹部 CT 血管造影;肝动脉;解剖变异;分型

[中图分类号] R602;R814 [文献标识码] A [收稿日期] 2022-05-25

Anatomical study on the new classification of hepatic artery variation by abdominal CTA

ZENG Wei[1], YAN Jie[1], GAN Xin-yi[2], ZHANG Hui[3], CHEN Wei[4], ZHANG Yin-ping[1], LI Lan-zhe[1] (1. School of Medical Imaging, Changsha Medical College, Changsha Hunan 410219, China; 2. School of Stomatology, Ningxia Medical University, Yinchuan Ningxia 750004, China; 3. Department of Human Anatomy, College of Basic Medicine, Changsha Medical College, Changsha Hunan 410219, China; 4. Department of Radiology, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha Hunan 410008, China)

Abstract: Objective To observe the extrahepatic anatomical variation of the hepatic artery by abdominal computed tomography angiography (CTA), and to put forward a new classification of anatomical variation of the hepatic artery based on relevant literature. **Methods** The abdominal CTA images data of 220 patients were screened and three-dimensional reconstruction was carried out by using the own workstation. The anatomical variation of the hepatic artery was fully observed and the relevant data were collected and classified statistically. **Results** Among the abdominal CTA of 220 patients, 192 cases (87.27%) were classified according to the Michels classification, and 28 cases (12.72%) were not included in the Michels classification. The anatomy of the common hepatic artery (CHA) was re-analyzed and classified from its origin variation, the bifurcation variation and the origin variation of the left and right hepatic arteries. The origin variation of CHA were divided into 7 types, including 205 cases (93.18%) of type Ⅰ, 7 cases (3.18%) of type Ⅱ, 2 cases (0.90%) of type Ⅲ, 1 case (0.45%) of type Ⅳ, 3 cases (1.36%) of type Ⅴ, 1 case (0.45%) of type Ⅵ and 1 case (0.45%) of type Ⅶ. The bifurcation variation of CHA were divided into 3 types, including 213 cases (96.81%) of type Ⅰ, 6 cases (2.72%) of type Ⅱ, and 1 case (0.45%) of type Ⅲ. The origin variation of the left and right hepatic arteries were divided into 8 types, including 168 cases (76.36%) of type Ⅰ, 17 cases (7.72%) of type Ⅱ, 22 cases (10.00%) of type Ⅲ, 4 cases (1.81%) of type Ⅳ, 2 cases (0.90%) of type Ⅴ, 5 cases (2.27%) of type Ⅵ, 0 cases of type Ⅶ and 2 cases (0.90%) of type Ⅷ. **Conclusion** Multi-slice spiral CTA can accurately evaluate the anatomical variation of the hepatic artery. The extrahepatic origin variation of the hepatic artery is complex, and the incidence of unclassified variation is high. The new classification of anatomical variation of the hepatic artery proposed based on the literature and the results of this study can provide detailed anatomical basis for clinical practice.

Keywords: abdominal computed tomography angiography; hepatic artery; anatomical variation; typing

[基金项目] 国家级大学生创新创业训练计划项目(s201710823004);湖南省普通高等学校教学改革研究项目(HNJG-2021-1056);湖南省普通高校课程思政建设研究项目(HNKCSZ-2020-0646)

[通信作者] 张 慧,E-mail:huizhang0601@126.com

肝动脉几乎是肝癌唯一的营养动脉来源[1],故在肝移植、肝肿瘤切除、肝癌介入治疗等术前详尽了解肝动脉的解剖特点尤为重要。但在临床实际工作中肝动脉变异较为常见,分型复杂多样,随着各类血管造影技术的不断发展和广泛应用[2-3],对于肝动脉解剖变异的研究愈发深入,而传统经典的分型方法无法满足临床需求,故近些年来不断有新的变异类型和分型方法被报道,与此同时肝动脉的分型数据库也不断地被补充和完善,这进一步说明对肝动脉的解剖变异研究仍是一个长期的过程。因此,本研究通过腹部 CT 血管造影(computed tomography angiography,CTA)观察肝总动脉(common hepatic artery,CHA)以及左右供肝动脉的解剖变异情况,结合既往研究的肝动脉分型方法和本研究结果,对肝动脉的分型和变异率进行重新归类和统计分析,并提出新的解剖学分型,以期为临床及相关研究提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选择中南大学湘雅医院放射科 2017 年 6 月至 2021 年 6 月因腹部疾病行上腹部 CT 增强扫描的患者 220 例,回顾性分析其影像资料,其中男 115 例,女 105 例,年龄 22~78 岁。纳入标准:自愿接受腹部动脉 CTA 检查;无肝外科手术史;无肝区占位及影响血管走行的疾病;成像后各级血管清晰可见、无移动伪影;临床资料完整。所有患者均签署增强扫描知情同意书。

1.2 检查设备及方法

本组患者采用中南大学湘雅医院 CT 检查室的 320 排东芝螺旋 CT 机或 GE Revolution 256 排螺旋 CT 机行常规肝三期增强扫描,扫描前 4 h 嘱咐患者禁食并行反复屏气训练,患者取仰卧位,于平静呼吸末先行常规扫描,扫描范围自膈顶平面至髂前上棘平面。常规扫描结束后采用高压注射器经肘正中静脉以 3~4 mL/s(根据个人体质而定)的速率注入非离子型对比剂碘佛醇(320 mgI/mL)60~80 mL;注射完毕后,动脉期采用 Smart Prep(智能跟踪动态监测扫描技术)。将扫描的原始动脉期数据上传至 CT 自带工作站,行容积再现处理(volume reformation,VR),结合横、冠、矢三个断面及三维空间多角度、全方位地进行观察。观察指标:从腹主动脉(abdominal aorta,AA)开始梳理,明确患者的腹腔干(celiac axis,CA)与肠系膜上动脉(superior mesenteric artery,SMA)的起源及走行情况,并着重观察 CHA、胃左动脉(left gastric artery,LGA)、脾动脉(splenic artery,SA)、胃十二指肠动脉(gastroduodenal artery,GDA)、肝固有动脉(proper hepatic artery,PHA)、胃右动脉(right gastric artery,RGA)、肝左动脉(left hepatic artery,LHA)、肝中动脉(middle hepatic artery,MHA)及肝右动脉(right hepatic artery,RHA)的起源和分支分布情况。记录和整理 Michels分型[4]以外的肝动脉走行,并进行统计学分析。

1.3 影像分析

本课题组在 1 名放射科副主任技师、1 名临床应用解剖与断层解剖学副教授的共同指导下进行阅片,对所有患者的 CT 影像资料进行分析并记录相关血管的解剖情况,若图像分析意见不一致,则共同阅片与协商后再次确定。

1.4 统计学方法

根据重建所得结果建立数据库,并应用 SPSS 20.0 软件对数据进行统计处理,计数资料以率(%)表示。

2 结果

220 例腹部 CTA 中,参照 Michels 分型者有 192 例,占 87.27%,未包括在 Michels 分型内者有 28 例,占 12.72%。结合既往学者的报道和本研究中无法按 Michels 标准进行分型的病例,确定从 CHA 起源变异、CHA 分叉变异以及肝左右动脉起源变异 3 个方面对其解剖进行重新归类和分型。

2.1 CHA 起源变异分型

基于 CA 繁多的变异种类,CHA 的起源情况随之复杂化,本研究根据 CHA 的不同起源将其分为 7 型,其具体的变异情况及分型比例见表 1。

表 1 CHA 起源变异分型及比例

分型	描述	例(%)
Ⅰ型(图 1a)	CA 发出 LGA、SA、CHA	205(93.18)
Ⅱ型(图 1b)	CHA 起自 SMA	7(3.18)
Ⅲ型(图 1c)	CHA 起自 CT	2(0.90)
Ⅳ型(图 1d)	CHA 起自 HMT	1(0.45)
Ⅴ型(图 1e)	CHA 起自 HT	3(1.36)
Ⅵ型(图 1f)	CHA 缺如,LHA 和 RHA 均异位起源	1(0.45)
Ⅶ型(图 1g)	CHA 起源变异合并供肝动脉起源变异	1(0.45)

CT:腹腔肠系膜上干(即 LGA、CHA、SA 与 SMA 共干);HMT:肝脾肠系膜上干(即 CHA、SA 与 SMA 共干,LGA 起自 AA);HT:肝脾干(即 CHA 与 SA 共干,LGA 起自 AA);GT:胃脾干(即 LGA 与 SA 共干,CHA 起自 AA 或 SMA)

2.2 CHA 分叉变异分型

当 PHA 缺如时,CHA 直接分叉为 GDA、RGA、LHA、MHA 和 RHA 其中的几支动脉,即 CHA 分叉变异。本研究将 CHA 分叉变异分为 3 型,其具体的变异情况及分型比例见表 2。

表 2 CHA 分叉变异分型及比例

分型	描述	例(%)
Ⅰ型(图 1a)	二分叉型(即正常型)	213(96.81)
Ⅱ型	三分叉型	6(2.72)
Ⅱa 型(图 1h)	CHA 发出 GDA、LHA 和 RHA	4(1.81)
Ⅱb 型(图 1i)	CHA 发出 GDA、RHA 和 RGA,LHA 异位起源	1(0.45)
Ⅱc 型(图 1j)	CHA 发出 GDA、RGA 和 MHA,LHA 和 RHA 异位起源	1(0.45)
Ⅲ型(图 1k)	四分叉型(CHA 发出 GDA、RGA、LHA 和 RHA)	1(0.45)

2.3 肝左右动脉起源变异分型

CHA 向右走行,发出 GDA 后继而延续为 PHA,在第一肝门处发出 LHA、RHA 或 MHA。本研究通过分析所观察到的肝左右动脉变异,结合文献报道提出经典型、替代或副肝左右动脉型、双变异共存型等 3 大类共 8 型,其具体的变异情况及分型比例见表 3。

表 3 肝左右动脉起源变异分型及比例

分型	描述	例(%)
Ⅰ型(图 1a)	经典型(PHA 发出 LHA、RHA 或 MHA)	168(76.36)
Ⅱ型	替代肝左动脉型(rLHA 的多种异位起源)	17(7.72)
Ⅱa 型(图 1l)	rLHA 起自 LGA	11(5.00)
Ⅱb 型(图 1m)	rLHA 起自 CHA	4(1.81)
Ⅱc 型(图 1n)	rLHA 起自 GDA	2(0.90)
Ⅲ型	替代肝右动脉型(rRHA 的多种异位起源)	22(10.00)
Ⅲa 型(图 1o)	rRHA 起自 AA	1(0.45)
Ⅲb 型(图 1p)	rRHA 起自 CA	1(0.45)
Ⅲc 型(图 1q)	rRHA 起自 SMA	15(6.81)
Ⅲd 型(图 1r)	rRHA 起自 SA	1(0.45)
Ⅲe 型(图 1s)	rRHA 起自 CHA	2(0.90)
Ⅲf 型(图 1t)	rRHA 起自 GDA	2(0.90)
Ⅳ型	副肝左动脉型(aLHA 的多种异位起源)	4(1.81)
Ⅳa 型(图 1u)	aLHA 起自 LGA	3(1.36)
Ⅳb 型(图 1v)	aLHA 起自 RGA	1(0.45)
Ⅴ型	副肝右动脉型(aRHA 的多种异位起源)	2(0.90)
Ⅴa 型(图 1w)	aRHA 起自 CA	1(0.45)
Ⅴb 型(图 1x)	aRHA 起自 SMA	1(0.45)
Ⅵ型	双替代肝动脉型(rLHA 的多种异位起源合并 rRHA 的多种异位起源)	5(2.27)
Ⅵa 型(图 1y)	rLHA 起自 LGA 合并 rRHA 起自 SMA	4(1.81)
Ⅵb 型(图 1j)	rLHA 起自 CA 合并 rRHA 起自 SMA	1(0.45)
Ⅶ型	双副肝左动脉型(aLHA 的多种异位起源合并 aRHA 的多种异位起源)	0
Ⅷ型	替代/副肝左动脉合并替代/副肝右动脉型(r/aLHA 的多种异位起源合并 r/aRHA 的多种异位起源)	2(0.90)
Ⅷa 型(图 1z)	rLHA 起自 CHA 合并 aRHA 起自 GDA	1(0.45)
Ⅷb 型(图 1i)	rLHA 起自 AA 合并 aRHA 起自 SMA	1(0.45)

3 讨论

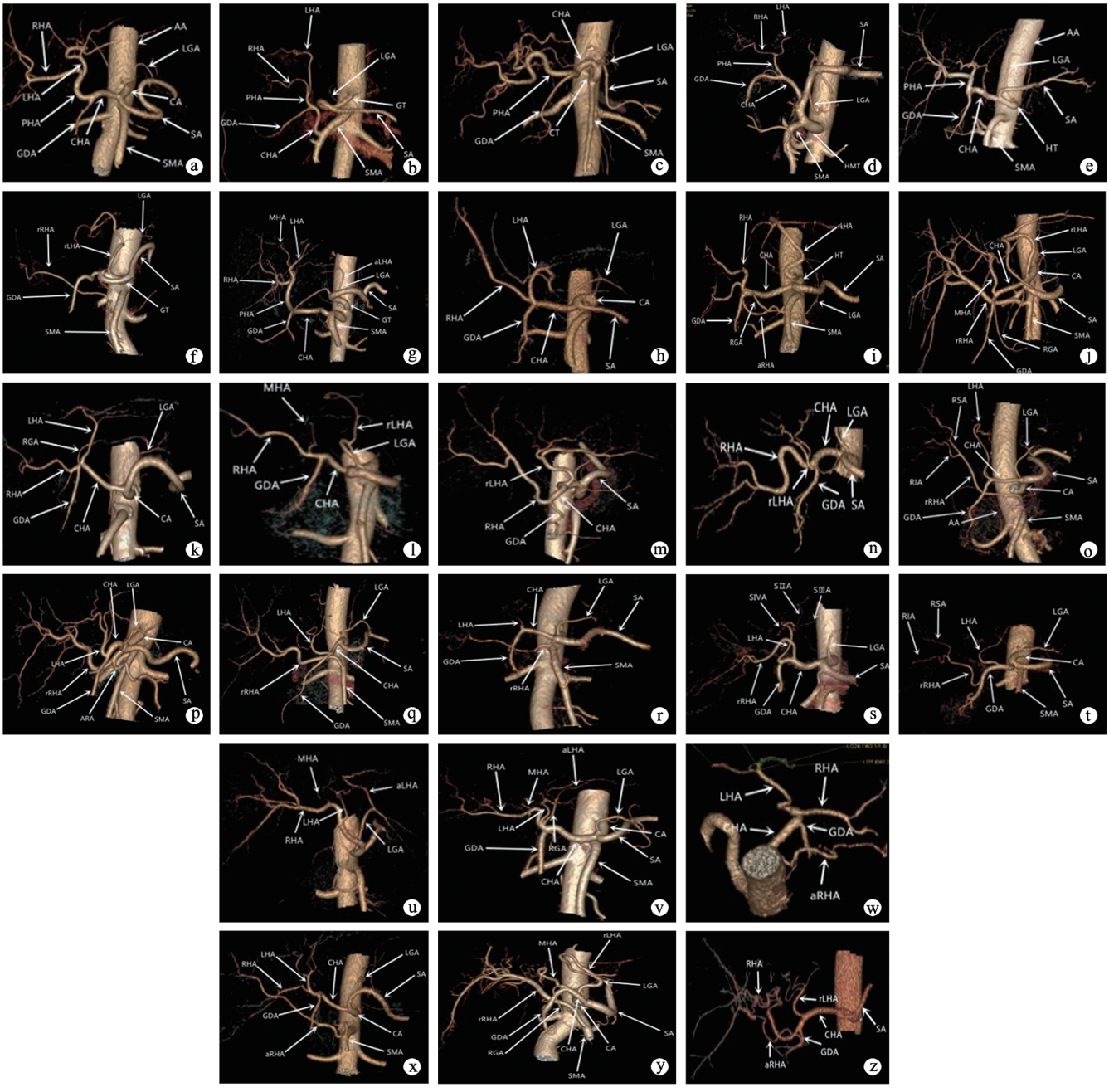
3.1 肝动脉解剖及变异的有关概况

腹内消化器官的正常营养动脉来源是腹主动脉不成对分支的腹腔干、肠系膜上动脉和肠系膜下动脉,但其分支的解剖存在众多的变异[5],其中最为常见的是供肝动脉变异,除了存在起源和解剖路径变异,其在入肝后的分支、分布和数目也常有显著差异[1,6-7]。变异肝动脉的发生率可因地区、人群个体、研究方法、病例选取条件及样本量大小的不同而大相径庭,其变异区间在 13% ~50%[1-13]。本研究中未被 Michels[4] 分型所囊括的变异种类较多,共存在 19 种类型(28 例),占整体样本量的 12.72%,占变异总数的 40.57%。虽然当前肝动脉解剖分型依旧以 Michels 分型[4] 为金标准,但该分型仅把肝动脉的变异起源局限在胃左动脉和肠系膜上动脉上,且并未明确 CHA 的解剖学特征。当前随着越来越多的肝动脉新解剖变异被报道,传统经典的分型方法已无法满足临床需求,故近些年不断有新的解剖变异分型被提出[6,8-13],鉴于肝动脉变异的复杂性和多变性,一些学者刻意简化的分型方法可能会疏漏某些变异情况。

传统定义上的 CHA 是指从腹腔干向外延伸至胃十二指肠动脉分支处的动脉段[14],但在临床的实际工作中常会遇到 CHA 异位起源以及胃十二指肠动脉、肝固有动脉独立起源的情况,这使得传统的定义根本无法准确地识别与描述 CHA 的各种变异。与此同时,既往对于 CHA 起源变异的研究也大多仅停留在腹主动脉、肠系膜上动脉以及胃左动脉三者上[4,8-10,15],而较少对腹腔干的分支解剖变异进行探讨。除了经典的胃左动脉、CHA 与脾动脉共干外,还存在腹腔肠系膜上干、肝脾肠系膜上干、肝脾干和胃脾干[16-18] 等多种情况,并且起源于上述腹腔干分支变异的 CHA 不仅在肝、胆、脾、胰、胃等腹部手术中意义重大,还与肝动脉相关的肝癌介入治疗密切相关,故不可忽视。基于此,为了更清晰地描述 CHA 的众多变异,Song 等[16]、Zaki 等[17] 重新定义了 CHA,即发出胃十二指肠动脉后并包含有一段肝动脉的动脉段,而不论其起源如何;随后王承宇等[12] 在此基础上进行了补充,即来源于腹主动脉及其分支后发出胃十二指肠动脉并包含有一段肝动脉。此种定义较为完善地描述了腹腔干以及 CHA 的各种变异情况,弥补了既往学者在此方面研究的不足。

3.2 肝动脉解剖变异新分型的临床意义

本研究结合既往研究和本研究中所观察到的肝动



a~g:CHA 起源变异分型;a、h~k:CHA 分叉变异分型;a、j、i、l~z:肝左右动脉起源变异分型

图 1 肝动脉解剖变异新分型

脉变异的各种情况,从 CHA 的起源、分支以及左右供肝动脉的来源进行梳理,提出 CHA 起源变异分型、CHA 分叉变异分型以及肝左右动脉起源变异分型。

3.2.1 CHA 起源变异分型的临床意义 基于腹腔干的解剖变异情况以及对 CHA 的再定义,本研究将 CHA 的起源分为 7 型,其中Ⅰ型(即经典型)占比高达 93.18%,与王承宇等[12]的研究结果(96.78%)相似,而 Matoba 等[19]的研究中此型占正常人群的 72%~90%。在变异起源中以Ⅱ型(即 Michels Ⅸ型)最为常见,占比为 3.18%,当 CHA 起自于肠系膜上动脉时,其走行与正常胃十二指肠动脉相似,大多起自于肠系膜上动脉起始段的 2~3 cm 以内,走行于胰腺的后方或穿经胰腺实质,在拟行胰腺相关手术时准确识别该型变异至关重要[16,20]。Ⅲ型为腹腔肠系膜上干型,临床上预行选择性肝动脉造影时,须在术前明确其变异解剖学特点,避免在术中误插入肠系膜上动脉而致插管时间延长,甚至失败[18]。在Ⅳ型和Ⅴ型变异中,由于胃左动脉独立起源于腹主动脉,故胃癌根治术中离断胃周血管时准确识别其解剖变异意义重大[18,21]。对于Ⅵ型 CHA 缺如,本研究的界定为胃十二指肠动脉

和左右供肝动脉皆独立起源且两者互不共干,此型较为少见,在本组与既往学者的研究中都仅见个例[12,15],本组中的胃十二指肠动脉起自于胃脾干,这与王承宇等[12]、张瑞池等[15]的报道一致,但 Covey 等[22]的报道中胃十二指肠动脉还可独立起源于腹主动脉。Ⅶ型属罕见情况,本研究 CHA 起源于肠系膜上动脉后,还可见一支起源于胃左动脉的副肝左动脉供应左半肝,在既往研究中也可见此型[6,11],虽然发生率极低,但如若发现存在 CHA 起源变异时,也需特别注意其是否合并肝左右动脉的异位起源情况。除此之外,本研究并未见 CHA 起自腹主动脉和胃左动脉(即 Michels Ⅹ型)的情况,前者可能与本组样本量较小有关,而后者在绝大多数的研究中也均未见报道[1,2,12,23],可见是十分罕见的肝动脉变异,故而有研究提出可将此型作为胃左动脉起自 CHA[12],也有研究将此型作为胃左动脉和 CHA 共干,即所谓肝胃干[24],但不管如何归类和命名,临床上都不能忽视此种变异的可能。

3.2.2 CHA 分叉变异分型的临床意义 CHA 分叉变异包含三分叉、四分叉以及五分叉,但本研究中并未出现五分叉,且在既往研究中也仅见 1 例五分叉的报道[1]。临床上以 CHA 三分叉出现率最高,本研究中为 2.72%,高于杜东东等[13]报道的 1.3%,低于陶文强等[25]报道的4.55%。而 CHA 三分叉也可同时合并肝左动脉和/或肝右动脉起源变异,上述研究曾报道过 4 种此类型的变异[6,11,13],而本研究中的Ⅱb 和Ⅱc 两型变异既往未曾见报道,原因可能在于分叉变异在常规肝外科手术中常被忽略,同时有学者认为分叉不属于变异[26]。但本研究认为这两型变异在肝动脉介入栓塞治疗的过程中,对于指导超选择性插管进入肝肿瘤动脉具有重要的外科学意义。

3.2.3 肝左右动脉起源变异分型的临床意义 当前对于肝左右动脉的起源变异研究,除了国际上公认的 Michels 分型之外,国内外还有许多研究提出了新的分型[6,8-13],但皆有不足之处,这也进一步说明了肝动脉解剖变异的复杂性,无论哪一种分型都不能全面涵盖所有类型,仍有待进一步补充完善。Hiatt 等[9]通过 1 000例肝移植手术患者的研究将来源于胃左动脉和肠系膜上动脉上的替代或副肝动脉分为两类,从而将 Michels 分型简化为 6 型,虽然该研究囊括了绝大多数常见的变异类型,但其分型特点同 Michels 分型并无本质差异。夏旸等[10]通过查阅大量文献后将肝动脉从变异起源上分为 5 型,即肠系膜上动脉型、腹主动脉型、胃左动脉型、肠系膜上动脉和胃左动脉型、其他型,该分型的缺陷是仅提出了部分变异肝动脉起源的可能,且对各类型的细化较少,而忽略了胃肠道的其他供血动脉也可为其变异来源的可能[1]。王承宇等[12]通过对 1 520 例行腹盆腔 CTA 患者的肝动脉进行研究,从 CHA 起源和左右肝动脉起源两个方面进行了新分型,虽然该学者对 CHA 重新进行了定义,并提出了大部分 CHA 起源变异的可能,但该分型忽略了 CHA 分叉变异的情况,此外该学者将供肝动脉分为 5 型,即经典型、替代肝右动脉型、替代肝左动脉型、副肝右动脉型、双替代动脉型,其认为副肝左动脉管径较为纤细,血管造影时常难确定且对肝血供的影响不大,故可忽略,但本研究结果及相关文献报道发现副肝左动脉单独供血某一肝段的情况并不少见[6],且其变异来源众多,临床上如若忽视则可能造成左半肝相关区域的缺血坏死。基于此,本研究将肝左右动脉的各种解剖变异情况从替代肝动脉、副肝动脉以及双变异共存 3 个方面细划分为 8 型,并把变异起源的可能融入到整个胃肠道的供血动脉当中,以减少疏漏,且该分型方法较清晰易记,临床应用前景广泛。

随着近些年影像学检查 CTA、DSA、MRA 等血管造影技术的不断发展成熟,对于肝动脉的解剖学研究进一步深入,变异肝动脉的样本量与新发现的肝动脉变异类型正在不断增加,变异肝动脉的数据库也不断补充和完善。本研究通过总结提炼国内外对肝动脉变异分型的相关报道,从 CHA 的起源、分支以及左右供肝动脉的来源提出肝动脉解剖变异新分型,该分型对以往学者所报道发现的变异类型及本研究中所出现的特殊类型进行重新归类,尽可能囊括各种肝动脉变异类型,弥补既往学者提出分型的不足,以供临床及相关研究参考。

[参考文献]

[1] 曾 维,周启良,张 慧,等. 腹部 CTA 在肝固有动脉肝外起源变异中的应用[J]. 肝胆胰外科杂志,2021,33(6):336 - 339. doi:10.11952/j. issn. 1007 - 1954. 2021. 06. 004.

[2] Fonseca-Neto OCLD, Lima HCS, Rabelo P, et al. Anatomic variations of hepatic artery: a study in 479 liver transplantations[J]. Arq Bras Cir Dig, 2017, 30(1): 35 - 37. doi: 10. 1590/0102 - 6720201700010010.

[3] Fouzas I, Papanikolaou C, Katsanos G, et al. Hepatic artery anatomic variations and reconstruction in liver grafts procured in greece: the effect on hepatic artery thrombosis[J]. Transplant Proc, 2019, 51(2): 416 - 420. doi: 10. 1016/j. transproceed. 2019. 01. 078.

[4] Michels NA. Newer anatomy of the liver and its variant blood supply and collateral circulation[J]. Am J Surg, 1966, 112(3): 337 - 347. doi: 10. 1016/0002 - 9610(66)90201 - 7.

[5] 冯莹印.64 层螺旋 CT 腹部血管成像研究[D].天津:天津医科大学,2014.

[6] 郑登儒.基于 64-MSCTA 肝动脉的影像解剖及临床应用[D].重庆:重庆医科大学,2012.

[7] 曾 维,周启良,张 慧,等.256 排螺旋 CT 血管造影对肝固有动脉分支分型的研究[J].解剖学研究,2021,43(1):59 - 62. doi:10.3969/j.issn.1671 - 0770.2021.01.011.

[8] Yan J, Feng H, Wang H, et al. Hepatic artery classification based on three-dimensional CT[J]. Br J Surg,2020,107(7):906 - 916. doi:10.1002/bjs.11458.

[9] Hiatt JR, Gabbay J, Busuttil RW. Surgical anatomy of the hepatic arteries in 1000 cases[J]. Ann Surg,1994,220(1):50 - 52. doi:10.1097/00000658 - 199407000 - 00008.

[10] 夏 旸,汪森明,覃 涛,等.肝动脉解剖变异及其临床意义[J].福建医药杂志,2007,29(5):15 - 17. doi:10.3969/j.issn.1002 - 2600.2007.05.005.

[11] 卢 川,刘作勤,刘林祥,等.肝动脉解剖变异的 DSA 研究[J].中国临床解剖学杂志,2007,25(4):389 - 393. doi:10.3969/j.issn.1001 - 165X.2007.04.010.

[12] 王承宇,张志鹏,方真好,等.基于多层螺旋 CT 的供肝动脉解剖变异与新解剖分型研究[J].中国普通外科杂志,2020,29(7):857 - 866. doi:10.7659/j.issn.1005 - 6947.2020.07.010.

[13] 杜东东.DSA 分析肝动脉解剖变异及在手术治疗中的意义[D].济南:山东大学,2020.

[14] Marinescu Ş, Tănase B, Cirimbei C, et al. The importance of route anatomic variants of the comon hepatic artery[J]. Chirurgia (Bucur), 2021,116(4):466 - 472. doi:10.21614/chirurgia.116.4.466.

[15] 张瑞池,贾翠宇,李雪琴,等.肝总动脉变异的多层螺旋 CT 血管造影表现[J].实用放射学杂志,2012,28(3):396 - 399. doi:10.3969/j.issn.1002 - 1671.2012.03.019.

[16] Song SY, Chung JW, Yin YH, et al. Celiac axis and common hepatic artery variations in 5002 patients: systematic analysis with spiral CT and DSA[J]. Radiology,2010,255(1):278 - 288. doi:10.1148/radiol.09090389.

[17] Zaki SM, Abdelmaksoud AHK, Khaled BEA, et al. Anatomical variations of hepatic artery using the multidetector CT angiography[J]. Folia Morphol (Warsz),2020,79(2):247 - 254. doi:10.5603/FM.a2019.0090.

[18] 邓圣军,陈 伟,周承汇,等.腹腔干解剖变异及其临床联系[J].中国普通外科杂志,2017,26(5):636 - 642. doi:10.3978/j.issn.1005 - 6947.2017.05.016.

[19] Matoba M, Tonami H, Kuginuki M, et al. Comparison of high-resolution contrast-enhanced 3D MRA with digital subtraction angiography in the evaluation of hepatic arterial anatomy[J]. Clin Radiol,2003,58(6):463 - 468. doi:10.1016/s0009 - 9260(3)00085 - 0.

[20] 马韩弘峰,杨晓俊,张 彬,等.CT 血管成像确诊肝动脉变异对胰十二指肠及全胰切除术的预警作用[J].南京医科大学学报(自然科学版),2021,41(3):406 - 409. doi:10.7655/NYDXBNS20210317.

[21] 黄昌明,林建贤.全腹腔镜胃癌根治术规范化实施策略与技术难点[J].中国实用外科杂志,2016,36(9):925 - 928. doi:10.7504/CJPS.ISSN1005 - 2208.2016.09.01.

[22] Covey AM, Brody LA, Maluccio MA, et al. Variant hepatic arterial anatomy revisited: digital subtraction angiography performed in 600 patients[J]. Radiology,2002,224(2):542 - 547. doi:10.1148/radiol.2242011283.

[23] 李 彦,黄文起,柴亚茹.CT 血管成像与超声评估肝移植术前血管的对比[J].中国医学影像学杂志,2018,26(4):280 - 284. doi:10.3969/j.issn.1005 - 5185.2018.04.010.

[24] 鲍 弢,梁 寒,邓靖宇,等.腹腔干分支变异及研究进展[J].中华胃肠外科杂志,2014,17(8):848 - 850. doi:10.3760/cma.j.issn.1671 - 0274.2014.08.032.

[25] 陶文强,方驰华,黄燕鹏,等.64 排螺旋 CT 扫描数据三维重建肝动脉及其解剖变异[J].解剖学报,2010,41(2):300 - 301. doi:10.3969/j.issn.0529 - 1356.2010.02.027.

[26] Kopka L, Rodenwaldt J, Vosshenrich R, et al. Hepatic blood supply: comparison of optimized dual phase contrast-enhanced three-dimensional MR angiography and digital subtraction angiography[J]. Radiology,1999,211(1):51 - 58. doi:10.1148/radiology.211.1.r99mr2251.

(编辑:贺绍梅)