论著

文章编号:1000-5404(2009)14-1384-04

Willis环解剖变异的64层容积CT数字减影血管造影研究

房文皓[1],吕发金[1],张丽娟[1],谢 鹏[2],李 琦[2] (重庆医科大学附属第一医院:[1]放射科,[2]神经内科,重庆 400016)

摘 要:目的 通过64层容积CT数字减影血管造影(volume CT digital subtraction angiography,VCTDSA)研究Willis环的正常解剖和变异。**方法** 分析2006年2月至2008年9月在我院行头部或头颈部VCTDSA检查的174例患者资料,观测Willis环各组成动脉的发育情况、形态、大小,Willis环的完整性及Willis环穿支小血管的显示情况。**结果** ①Willis环动脉发育不良各段均有发生,按发生率不同依次为L-PCoA(20.1%)、R-PCoA(16.1%)、R-ACA A1(13.8%)、R-PCA P1(9.2%)、ACoA(7.3%)、L-PCA P1(6.3%)及L-ACA A1(3.4%),动脉缺如以R-PCoA(54.6%)、L-PCoA(52.3%)、ACoA(15.8%)为高。②174个Willis环中,后循环发育不良或缺如占55.8%,前后循环发育不良或缺如占29.8%,具有完整形态Willis环的仅占9.2%。③174个Willis环清楚显示穿支血管17支,平均直径0.82 mm。Heubner回返动脉26支,平均直径0.94 mm。**结论** VCTDSA对Willis环显示完整、清晰,多角度显示能发现Willis环的各种变异,并显示Willis环穿支小血管。

关键词:Willis环;解剖变异;CT血管造影术;X线计算机;三维重建
中图法分类号:R322.12;R743.4;R814.42 **文献标识码**:A

Anatomic variations of Willis circle by 64-slice volume CT digital subtraction angiography

FANG Wen-hao[1], LU Fa-jin[1], ZHANG Li-juan[1], XIE Peng[2], LI Qi[2] ([1]Department of Radiology, [2]Department of Neurology, First Affiliated Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

Abstract: Objective To investigate the normal anatomy and variation of Willis circle by 64-slice volume CT digital subtraction angiography (VCTDSA). **Methods** VCTDSA data of 174 patients with cephalocervical and cephalic scanning in our hospital from February 2006 to September 2008 were analyzed. Developmental condition, shape, size, integrity, and perforating branches of Willis circle were observed. **Results** (1) Hypoplasia was displayed in any component vessels of Willis circle. Incidence rate of hypoplasia was 20.1% in left posterior communicating artery, 16.1% in right posterior communicating artery, 13.8% in right anterior cerebral artery A1, 9.2% in right posterior cerebral artery P1, 7.3% in anterior communicating artery, 6.3% in left posterior cerebral artery P1, and 3.4% in left anterior cerebral artery A1. Congenital arterial absence occurred more frequently in right posterior communicating artery (54.6%), left posterior communicating artery (52.3%), and anterior communicating artery (15.8%). (2) Hypoplasia or congenital absence of posterior circulation and anterior-posterior circulation occurred with a rate of 55.8% and 29.8% respectively. Integrity of Willis circle was only 9.2%. There were 17 perforating branches and 26 heubner inversion arteries observed in 174 Willis circle, with an average diameter of 0.82 mm and 0.94 mm respectively. **Conclusion** VCTDSA can display Willis circle completely and clearly. Using three-dimensional rotation may detect all kinds of variation and perforating branches of Willis circle.

Key words: Willis circle of; anatomic variation; CT angiography; X-ray; 3-D reconstruction

颈内动脉与椎基底动脉入颅后,在大脑底部借前后交通动脉连接,形成一个多角形的Willis环。Willis环在双侧颈内动脉系统和椎-基底动脉系统之间形成侧支循环通路,在脑血管病的发病、临床诊断和治疗中有重要的意义[1]。

Willis环影像学评价方法较多,TCD、DSA、CTA和MRA各具优势。其中CTA是一种重要的影像学技术,但Willis环显示受颅底骨结构及空间分辨率的影

作者简介:房文皓,女,山东省烟台市人,硕士,主要从事神经系统影像诊断学方面的研究。E-mail:fangwenhao0911@163.com
通信作者:吕发金,E-mail:fajinlv@163.com
收稿日期:2008-11-03;**修回日期**:2008-12-14

响,难以全面、真实反映 Willis 环的解剖结构[2]。Venema 等[3]用去骨 CTA 显示 Willis 环,三维、无骨结构干扰,比较真实、全面的评价 Willis 环。本研究通过 VCTDSA 来研究 Willis 环的正常解剖和变异,建立 Willis 环正常 CTA 表现的标准,将有助于脑血管病的诊断、治疗及发病机制的研究。

1　资料与方法

1.1　临床资料

2006 年 2 月至 2008 年 9 月在我院行 64 层容积 CT 数字减影血管造影(volume CT digital subtraction angiography,VCTDSA)检查者。共 174 例纳入研究,男性 94 例,女性 80 例,年龄 4 ~ 86(46.8 ± 16.3)岁。临床纳入标准:①健康体检或既往无脑血管病变史者;②无定位体征能提示颅内占位病变者;③轻微的神经学症状,如头昏、头痛等;④意识清醒,能配合 VCTDSA 检查者。影像纳入标准:①头部或头颈部联合 VCTDSA 检查者,减影后无明显伪影;②增强后 MCA M1 段 CT 值大于 200 HU,小血管有足够的密度显示。影像排除标准:①Willis 环附近占位性病变;②颅内血管畸形、动脉瘤、血管闭塞、Moyamoya 病等。

1.2　CT 扫描

采用 VCTDSA 扫描模式和临床扫描方案[4]。头部 VCTDSA 螺距:0.531,头颈部联合 VCTDSA 螺距:0.969。采用 Test bolus 扫描:头部以鞍上池层面、头颈部以颈 4 椎体水平行同层动态扫描。扫描范围:头部扫描范围从第 1 颈椎至颅顶,头颈部联合扫描范围从主动脉弓至颅顶。

1.3　图像后处理及分析

1.3.1　图像重建及显示方式　　在 AW4.2 工作站进行 VCTDSA 后处理,图像三维重建及分析由两位熟练 CTA 后处理技术的医师负责,意见不统一时通过协商解决。采用 3D 容积再现(volume render,VR)局部显示方式显示 Willis 环解剖结构,视野(FOV)用 3.2 ~ 6.5 cm 观察,血管细小或疑似血管缺如时,调节阈值(opacity)至 30 ~ 50 来显示细小血管。

1.3.2　Willis 环的观测

1.3.2.1　血管形态　　观察 Willis 环的组成血管的形态,按发育情况分为:①发育正常,组成 Willis 环的血管两侧较对称;②发育不良,两侧同名血管不对称,管径相差 1 倍以上;③缺如,整条血管结构通过调节 opacity 也不能显示定义为血管缺如。评价 Willis 环的各段动脉走形,按形态分为 3 型:Ⅰ型,形态自然,起止端管径均匀,血管无明显迂曲;Ⅱa 型,形态自然,起止端管径不均匀,一端明显增大,血管无明显迂曲;Ⅱb 型,形态自然,起止端管径不均匀,一端明显增大,血管明显迂曲;Ⅲ型,血管管径不均匀,走行迂曲。

前交通动脉的形态:根据交通动脉的支数和结构分为简单型,单支桥形连接;复杂型,多支连接,有 Y 型、窗型,与对侧 A2 平行构成 3 支大脑前动脉型等。

1.3.2.2　Willis 环动脉管径测量　　在 3D VR 局部显示方式上分别测量血管的长度和管径,血管长度为起止点间距,管径为血管起始处的直径。

1.3.2.3　Willis 环的形态类型　　Willis 环的形态参考文献[5,6]分类,根据组成动脉的发育情况分为:Ⅰ型(对称型),组成 Willis 环的各支血管发育好,两侧对称;Ⅱ型(前循环发育不良型),ACoA 和/或 ACA 发育不良或缺如,后循环动脉相对正常;Ⅲ型(后循环发育不良型),PCoA 和/或 PCA 发育不良或缺如,前循环动脉相对正常;Ⅳ型(混合发育不良型),同时存在前、后循环的多支动脉发育不良或缺如。根据前、后循环的发育情况分为:Ⅳa 型,双侧后循环发育不良或缺如,伴一侧前循环发育不良或缺如;Ⅳb 型,一侧前、后循环发育不良或缺如;Ⅳc 型,一侧后循环发育不良或缺如,伴对侧前循环发育不良或缺如;Ⅳd 型,ACoA 缺如、后循环发育不良或缺如;Ⅳe 型,ACoA 及双侧 PCoA 缺如。

1.3.2.4　Willis 环穿支血管的显示率　　统计显示穿支血管的有无、支数和起始部管径。

1.3.2.5　Heubner 回返动脉(RAH)的显示率　　统计显示 RAH 的有无、支数和起始部管径;根据 RAH 发出部位不同分为 3 型:Ⅰ型,发自 ACoA 远端;Ⅱ型,发自 ACoA 开口水平;Ⅲ型,发自 ACA 的 A1 段。

2　结果

2.1　Willis 环血管的发育状态

Willis 环血管存在不同程度发育不良,动脉缺如以 PCoA 和 ACoA 为高,发育不良以 PCoA 及 ACA 为高(表 1)。其中 9 例(5.2%)ACoA 为复杂型变异未进入该评价,管径正常,窗型变异 7 例,变异为 3 支 ACA 2 例(图 1)。

表 1　Willis 环动脉血管发育状态

Willis 环类型	发育正常	发育不良	缺如
L-ACA A1	168(96.6%)	6(3.4%)	0
R-ACA A1	148(85.1%)	24(13.8%)	2(1.1%)
ACoA	127(76.9%)	12(7.3%)	26(15.8%)
L-PCA P1	161(92.5%)	11(6.3%)	2(1.2%)
L-PCoA	48(27.6%)	35(20.1%)	91(52.3%)
R-PCA P1	152(87.4%)	16(9.2%)	6(3.4%)
R-PCoA	51(29.3%)	28(16.1%)	95(54.6%)

2.2　Willis 环的形态分类

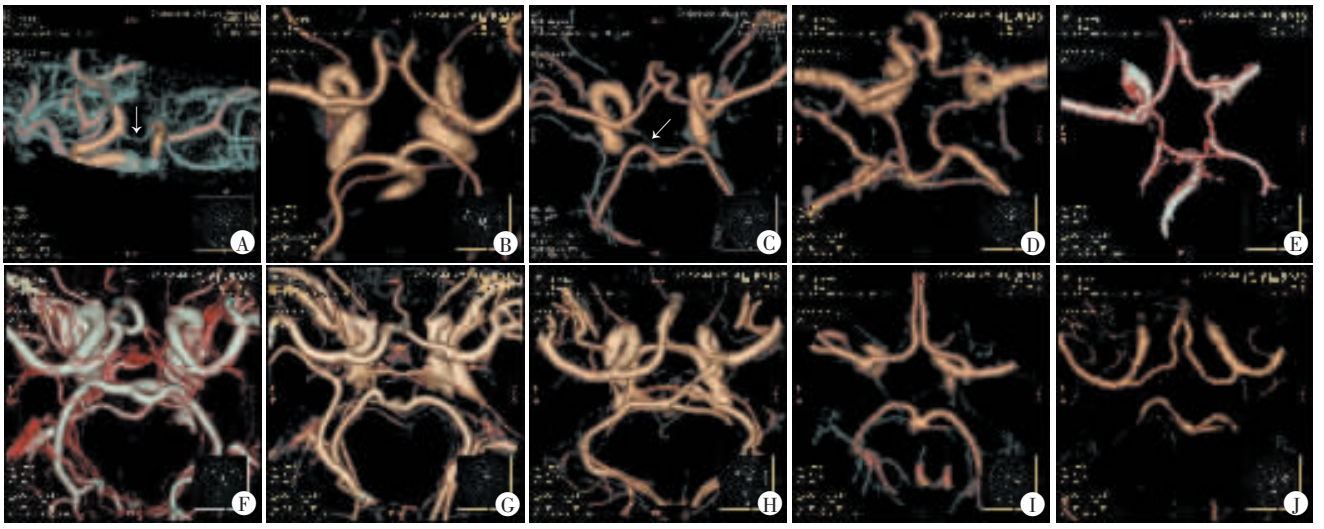
根据 Willis 环组成动脉前后循环的发育情况分类,本组 174 例 Willis 环以Ⅲ、Ⅳ型居多(表 2、图 2)。根据 Willis 环各段动脉的走形形态分类,本组 174 例 Willis 环各段动脉走形均以Ⅰ型居多(表 3)。Willis 环动脉各段径线情况见表 4。

表 2　174 例 Willis 环形态分类情况

项目	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳa	Ⅳb	Ⅳc	Ⅳd	Ⅳe
例数	16	9	97	27	4	3	7	11
百分比(%)	9.2	5.2	55.8	15.5	2.3	1.7	4.0	6.3

2.3　Willis 环上小血管显示

Willis 环穿支小动脉共显示 17 支,主要位于 P1 段 8 支,A1 段 6 支,ACoA 起源 3 支,起始端管径为 0.4 ~ 1.1(0.82 ± 0.26) mm。Heubner 回返动脉 26 支,Ⅰ型:10 支;Ⅱ型:9 支;Ⅲ型:7 支。起始端管径为 0.4 ~ 1.1(0.94 ± 0.42) mm。见图 3。



A：VCTDSA 3D VR 降低 opacity 到 30 时，清楚显示 Willis 环发育不良的右侧 PCoA（↑）；B：VCTDSA 3D VR Willis 环呈Ⅲ型，双侧 PCoA 缺如，前循环发育正常；C：VCTDSA 3D VR Willis 环呈Ⅲ型，左侧 PCoA 发育不良（↑），右侧 PCoA 难以评价；D：Willis 环呈Ⅰ型，各支动脉发育较好；E：Willis 环呈Ⅱ型，ACoA 缺如，后循环各支动脉发育较好；F：Willis 环呈Ⅳa 型，右侧 ACA、PCoA 发育不良，左侧 PCoA 缺如；G：Willis 环呈Ⅳb 型，右侧 ACA A1、PCoA 发育不良；H：Willis 环呈Ⅳc 型，右侧 ACA A1 发育不良，左侧 PCoA 缺如；I：Willis 环呈Ⅳd 型，ACoA 缺如，左侧 PCoA 发育不良，右侧 PCoA 缺如；J：Willis 环呈Ⅳe 型，ACoA 及双侧 PCoA 缺如

图 2　Willis 环的形态分类

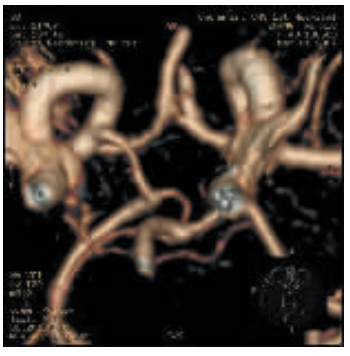


图 1　VCTDSA 3D VR 显示 AcoA 的窗型变异　2 支 AcoA 上下平行排列

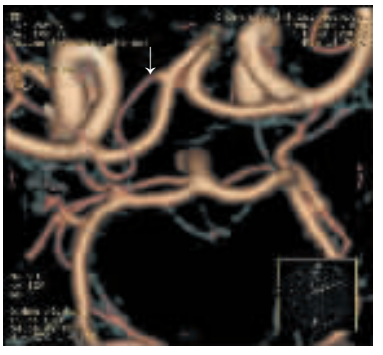


图 3　左侧Ⅱ型 Heubner 回返动脉（↑）

表 3　Willis 环各段动脉走形的形态分类

Willis 环类型	Ⅰ	Ⅱa	Ⅱb	Ⅲ
L-ACA A1	172	0	0	2
R-ACA A1	156	3	11	2
ACoA *	126	13	0	0
L-PCA P1	161	11	0	0
L-PCoA	50	20	11	2
R-PCA P1	148	9	9	2
R-PCoA	48	20	11	0

*：其中 9 例 ACoA 为复杂型变异未纳入该评价

表 4　Willis 环各段动脉的径线（mm）

Willis 环类型	例数	直径	长径
L-ACA A1	174	2.18±0.44	16.8±3.61
R-ACA A1	172	1.94±0.42	16.9±2.56
ACoA	139	1.48±0.49	3.12±1.13
L-PCA P1	172	1.97±0.41	8.89±1.97
L-PCoA	83	1.41±0.48	12.7±3.14
R-PCA P1	168	1.89±0.51	9.32±2.44
R-PCoA	79	1.55±0.53	12.7±2.69

3　讨论

Willis 环作为颅内最重要的侧支循环途径由 Thomas Willis 于 1664 年进行了详细描述而以其姓命名。Willis 动脉环是由成对的 ACA A1、PCA P1、ICA C1 及 PCoA 和不成对的 ACoA 所组成的九边形环。大脑动脉环的存在，对于脑血液供应的调节与代偿起重要作用。

随着医学影像技术的发展，TCD、DSA、MRA 及 CTA 技术在 Willis 环动脉形态学研究上具有重要的作用。TCD 虽然对血流敏感，但易受到有限骨窗和技术因素限制，解剖分辨率差；DSA 行颈内动脉或椎动脉造影均不能一次显示 Willis 环全貌。Kominami 等[7]应用 MRA 能显示直径 >0.7 mm 以上脑动脉分支，但对直径 <0.7 mm 的动脉，会造成缺如变异的假象，但从侧支循环角度，MRA 近似反映血管临床变异，不是解剖学真实变异。CTA 血管重建图像，可立体显示

Willis 环血管及病变。常规 CTA Willis 环显示受颅骨干扰不易多方位观察。国内外去骨和减影 CTA 尚无 Willis 环形态学研究的报道。本研究运用 VCTDSA 去除颅骨干扰显示 Willis 环,采用覆盖 Willis 环区域的血管数据进行重建,减少了血管的重叠,通过局部小视野显示,提高了图像的显示分辨率,通过阈值的调节,用显示软组织水平的阈值对细小血管观察,最小血管分辨率达 0.4 mm,完全可以对有功能的 Willis 环血管进行检出和评价。

本组研究清楚显示 Willis 环,可以直接评价各组成动脉的形态、大小,对 Willis 环的穿支小血管可以显示。采用文献对动脉发育不良和缺如的定义对 Willis 环动脉发育进行评价,动脉发育不良各段均有发生,按发生率不同依次为 L-PCoA (20.1%)、R-PCoA(16.1%)、R-ACA A1(13.8%)、R-PCA P1(9.2%)、ACoA (7.3%)、L-PCA P1(6.3%)及 L-ACA A1(3.4%),动脉缺如以 R-PCoA(54.6%)、L-PCoA(52.3%)、ACoA(15.8%)为高,提示在 Willis 环组成血管的发育异常中,ACoA 及 PCoA 的变异是发生率最高的,与文献[8]报道一致。在评价 Willis 环的整体形态时,本组研究根据脑血流动力学的改变,在杨华等[5,6]分型的基础上,按前后循环发育情况分 4 型,174 个 Willis 环中,以后循环发育不良或缺如居多(Ⅲ型),占 55.8%,前后循环均有发育不良或缺如占 29.8%(Ⅳ型),具有完整形态 Willis 环的仅占 9.2%,与曾司鲁等[9]综合 1 205 例中国人解剖资料得到闭锁型 Willis 环占 96.3% 的结果相差较大,可能是因为研究样本和研究方法不同。本组Ⅲ型中的大脑后动脉发育不良或缺如,后交通动脉直接延续为大脑后动脉亦为文献报道的胚胎型大脑后动脉,本组研究强调前后循环发育不良和/或缺如血管的位置关系,因此未把胚胎型大脑后动脉作为单独分型列出[10]。本组研究强调血管的功能,把有发育不良动脉的 Willis 环亦记为 Willis 环的变异,因此,完全正常、双侧血管对称的 Willis 环极少。Willis 环各段动脉形态大多走行自然、管径相等或一侧稍大(主要为近侧),仅少数动脉走行迂曲,对这部分血管行血管内治疗应谨慎。ACoA 的形态变异率本组为 5.2%,ACoA 变异的显示对 ACoA 动脉瘤行动脉瘤颈夹闭术和动脉内栓塞治疗非常重要。

本组对 174 个 Willis 环血管的管径和长度进行了测量,左侧 ACA A1 段管径较右侧粗大,双侧 PCA P1 段管径较接近,双侧 PCoA 的管径变异则较大,与张玉忠等[11,12]报道的 Willis 环各支动脉的管径和长径大致相似。

Willis 环上穿支血管是脑梗死、脑出血等血管病变的重要责任血管,这些血管的影像学显示,对脑血管病的诊断、治疗及预防有重要意义。VCTDSA 具有很高的空间分辨率,可以满意显示豆纹动脉,因此可以用于 Willis 环穿支小血管的显示[13]。本组 174 个 Willis 环清楚显示 17 支穿支血管,平均直径为 0.82 mm。Heubner 回返动脉 26 支,平均直径 0.94 mm,并可清楚进行分型,血管直径与徐涛等[14]报道相似。本组 Willis 环穿支小血管的显示率远小于解剖显示率,但可通过使用高浓度碘对比剂(如典迈伦 400)来进一步提高其显示,对脑血管疾病进行研究[13]。

VCTDSA 是一种去除颅骨的 CTA 技术,具有 DSA 的显示模式和 CTA 的空间分辨率,可完整显示 Willis 环的形态、评价各支血管的发育情况,对显示 Willis 环的血管病变及 Willis 环变异在脑血管疾病的诊断和治疗中有重要作用。

参考文献:

[1] 范　晓, 吕发金, 罗天友, 等. 颅内交通动脉瘤的发生与 willis 环变异的关系[J]. 第三军医大学学报, 2009, 31(4): 359 - 362.

[2] Young N, Dorsch N W, Kingston R J, *et al*. Spiral CT scanning in the detection and evaluation of aneurysms of the Circle of Willis[J]. Surg Neurol, 1998, 50(1): 50 - 61.

[3] Venema H W, Hulsmans F J, den-Heeten G J. CT angiography of the circle of Willis and intracranial internal carotid arteries: maximum intensity projection with matched mask bone elimination-feasibility study [J]. Radiology, 2001, 218(3): 893 - 898.

[4] 吕发金, 谢　鹏, 罗天友, 等. 数字减影 CT 血管成像在蛛网膜下腔出血诊断中的价值[J]. 中国医学影像技术, 2007, 23(1): 45 - 48.

[5] 杨　华, 刘　健, 王景传. 颅底动脉解剖影像特征的量化研究及其临床意义[J]. 中华医学杂志, 2003, 83(1): 13 - 17.

[6] Horikoshi T, Akiyama I, Yamagata Z, *et al*. Magnetic resonance angiographic evidence of sex-linked variations in the circle of Willis and the occurrence of cerebral aneurysms [J]. J Neurosurg, 2002, 96 (4): 697 - 703.

[7] Kominami M, Yamada N, Imakita S, *et al*. MR angiography of stenoocclusive lesions of intracranial arteries: a comparative study between turbo MRA and conventional MRA[J]. Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi, 1999, 59(11): 504 - 509.

[8] 何　杰, 刘怀军, 黄勃源, 等. Willis 环三维时间飞跃法磁共振成像的形态、解剖变异及脑底动脉直径测量[J]. 生物医学工程学杂志, 2007, 24(1): 39 - 44.

[9] 曾司鲁, 高摄渊, 李旭光, 等. 脑血管解剖学[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 67.

[10] van-Raamt A F, Mali W P, van-Laar P J, *et al*. The fetal variant of the circle of Willis and its influence on the cerebral collateral circulation[J]. Cerebrovasc Dis, 2006, 22(4): 217 - 224.

[11] 张玉忠, 张雪林, 昌仁民, 等. 100 例正常人脑底动脉直径的 MR 血管成像测量[J]. 中华放射学杂志, 2003, 37(5): 394 - 398.

[12] Krabbe-Hartkamp M J, van-der-Grond J, de-Leeuw F E, *et al*. Circle of Willis: morphologic variation on three-dimensional time-of-flight MR angiograms [J]. Radiology, 1998, 207(1): 103 - 111.

[13] 吕发金, 范　晓, 罗天友, 等. 对比剂碘浓度对 CTA 脑血管显示的影响[J]. 放射学实践, 2008, 23(4): 438 - 441.

[14] 徐　涛, 顾斌贤, 林　东, 等. 国人脑 Heubner 氏返动脉解剖研究[J]. 上海第二医科大学学报, 1996, 16(2): 95 - 97.

(编辑　汪勤俭)