

# VR成像在颈动脉近闭塞诊断中的应用

刘正茂, 肖宇, 常嘉逸, 王旭, 栗世方\*

青岛大学附属医院神经外科, 山东 青岛

收稿日期: 2023年2月13日; 录用日期: 2023年3月7日; 发布日期: 2023年3月14日

## 摘要

目的: 分析VR成像在颈动脉近闭塞(carotid near-occlusion)方面的诊断价值。方法: 本研究回顾性分析同时经数字减影血管造影(DSA)检查 + 颈动脉CT血管造影(CTA)检查的59名患者的临床资料。以DSA造影结果作为金标准, 分析颈动脉CT血管造影中volume rendering (VR成像)诊断颈动脉近闭塞的准确性。结果: 以是否诊断出颈动脉近闭塞为标准, VR成像诊断颈动脉近闭塞的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为81.25% (13/16)、97.92% (94/96)、86.67% (13/15)、96.91% (94/97)。结论: VR成像在评估近闭塞方面有较高准确性, 其直观特征可以作为颈动脉内膜剥脱术或颈动脉支架置入术有效的术前评估工具。

## 关键词

VR成像, 颈动脉近闭塞, CTA, DSA

# Application of VR Imaging in Diagnosis of Carotid near Occlusion

Zhengmao Liu, Yu Xiao, Jiayi Chang, Xu Wang, Shifang Li\*

Department of Neurosurgery, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: Feb. 13<sup>th</sup>, 2023; accepted: Mar. 7<sup>th</sup>, 2023; published: Mar. 14<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

**Objective:** To analyze the diagnostic value of VR imaging in carotid near occlusion. **Methods:** The clinical data of 59 patients who underwent digital subtraction angiography (DSA) and carotid CT angiography (CTA) were retrospectively analyzed. The accuracy of volume rendering (VR imaging) in carotid CT angiography in the diagnosis of carotid near occlusion was analyzed with DSA results

\*通讯作者 Email: lsfpumc163.com

as the gold standard. Results: The sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of VR imaging in the diagnosis of near carotid artery occlusion were 81.25% (13/16), 97.92% (94/96), 86.67% (13/15) and 96.91% (94/97), respectively, based on whether the diagnosis of near carotid artery occlusion was made. Conclusion: VR imaging has high accuracy in the evaluation of near occlusion, and its intuitive features can be used as an effective preoperative evaluation tool for carotid endarterectomy or carotid stent implantation.

## Keywords

VR Imaging, Carotid Artery Occlusion, CTA, DSA

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

颈动脉近闭塞被定义为颈动脉狭窄的一种严重变体，其特征性的标志表现为狭窄远端的血管管腔缩小[1]。这被认为是狭窄后血容量和血压下降引起的生理反应[2]。根据远端管腔缩小的程度不同，近闭塞可细分为完全塌陷(carotid near-occlusion with full collapse) (线状远端管腔)和未完全塌陷(carotid near-occlusion without full collapse) [3]。识别近闭塞性狭窄伴颈内动脉远端内径减小的情况(carotid near-occlusion)，对于正确诊断和治疗动脉粥样硬化性颈动脉疾病至关重要。根据北美症状性颈动脉内膜切除试验(NASCET)和其他研究方法计算确定颈动脉球部狭窄程度的比率，分母数据依赖于远端 ICA 直径的正确测量。NASCET 方法要求在严重 ICA 球部狭窄上方远端 ICA 消失或部分塌陷的情况下，不进行比率计算，因为使用此分母数据将提供错误的狭窄计算，低估真实狭窄[4]。近闭塞的识别影响动脉粥样硬化性颈动脉疾病的治疗。主要的管理选择包括医疗管理方法(生活方式、锻炼、药物等)和血管重建方法(动脉内膜切除、颈动脉支架置入) [5]。通过放置颈动脉支架进行血管重建越来越常见，颈动脉狭窄性疾病的大型随机结果研究系统地评估了颈动脉内膜切除术的风险和益处[6]。NASCET 数据显示，颈动脉内膜切除术对 70%狭窄的症状患者非常有益，但仅限于无近闭塞狭窄的患者[6]。关于颈动脉治疗方面目前还存在许多争议，2017 血管外科指南推荐采用最佳药物治疗，包括抗血小板、降低血脂、控制血药等[7]，但也有文献报道，最近出现症状的接近闭塞并完全塌陷的患者中，同侧缺血性卒中复发的风险非常高[8]。

CTA 是一种相对无创、快速的颈动脉和脑血管成像技术。现代多探测器 CTA 成像具有高空间分辨率和解剖细节，不仅能显示对比剂充盈的管腔，还能显示血管壁和周围软组织。CT 血管造影术采用了五种不同的显示技术：轴向(横截面)、多平面重建(MPR)、阴影表面显示、最大强度投影(MIP)和体积绘制成像(VR) [9]。多项研究证实，与解剖模型以及其他形式的血管造影术(包括磁共振和常规血管造影术)相比，CTA 能够准确地显示颈动脉血管[10] [11]。2005 年 Bartlett 教授团队通过重新回顾北美症状性颈动脉内膜切除试验和欧洲颈动脉手术试验中 1216 例严重狭窄的患者(狭窄程度 > 70%)的 DSA 影像资料及患者资料，提出了 DSA 上颈动脉近闭塞的诊断标准 1) 与颈外动脉(ECA)相比，ICA 造影剂延迟到达颅内；2) 视为对侧血管交叉充盈或同侧造影剂稀释的颅内侧支；3) ICA 直径明显减小；或 4) 与同侧 ECA 相比 ICA 直径减小[3]。有 262 名患者的影像结果达到 2 个或更多接近闭塞的标准，这为我们客观评价严重颈动脉狭窄后远端管腔塌陷提供了重要的诊断标准。2006 年 Bartlett 教授团队又根据 DSA 造影提出了 CTA 诊断近闭塞的相关标准：1) 颈动脉球部明显狭窄；2) 与预期大小相比，远端 ICA 口径减小；3) 小于对

侧颈内动脉;4) 小于同侧颈外动脉[12]。Bartlett 教授提出的诊断标准是在轴位影像学资料上进行诊断的, 众多文献报道轴位对于颈动脉狭窄具有相当的诊断精度。而随诊 CT 血管造影设备和后处理软件的发展, 诊断近闭塞可以更进一步。VR 成像是可用的最先进和计算机密集型渲染算法之一, 它将所有相关数据合并到生成的图像中, 生成高质量的 3D 血管造影图像。

本研究的目的是探讨 VR 成像在颈动脉近闭塞诊断中的应用前景。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 一般资料

通过青岛大学附属医院医渡云系统回顾性收集 2022 年 1 月到 2022 年 6 月因颈动脉狭窄在青岛大学附属医院神经内科住院并同时行 DSA、CTA 检查的 60 例患者的临床资料。纳入标准: 1) 入院后经检查诊断为颈动脉狭窄。2) 同时行颈动脉 DSA、CTA 检查。3) 临床资料完整。排除标准: 1) 对 DSA 检查造影剂过敏患者。2) 心肺状况极不稳定的患者。3) 全身性的栓塞患者。本研究及其记录和图像评估不需要知情同意并已通过本院伦理审批。

收集患者的影像学资料, 主要包括 DSA 检查图像、CTA 检查图像以及相关临床资料。

### 2.2. 方法

采用美国 GE 公司产 CT (型号: Discovery CT750 HD) 完成患者颈动脉 CTA 检查, 扫描参数: 管电压 120 kV, 管电流 150~625 mA, 层厚 0.625 mm, 扫描野 30 cm × 30 cm。对比剂: 优维显 370, 高压注射器注射, 流量 4 mL/s。扫描范围: 主动脉弓至颅底层面。CT 技术人员在 CT 操作员控制台上执行所有后处理多层面重组(MPR)。冠状位和矢状位 MPR 图像的厚度为 10.0 mm, 交叉间隙为 3 mm。在环形分叉处形成双侧旋转 MPR, 厚度为 7 mm, 间距为 3 mm。CT 技术人员在 GE Advantage Workstation 上为选定的患者创建 3D 渲染图像。所有图像均在 AGFA Impax 4.5 PACS 工作站上查看。

使用标准的 Seldinger 技术, 通过选择性颈总动脉插管形成断层片或数字减影血管造影术, 并在前后平面和侧面进行拍摄。执行标准序列, 拍摄持续到静脉期。大多数患者进行了双侧选择性颈总动脉和主动脉弓血管造影, 同时根据大脑中支或前支的显影情况也选择性进行了椎动脉或锁骨下动脉血管造影。

所有患者均采用数字减影血管造影(DSA)诊断颈动脉近闭塞(CNO)。颈动脉 CNO 的定义基于 FOX、Bartlett 等人的先前报告, 血管造影结果至少满足以下 4 项标准中的 2 项: 1) 对比剂到达延迟; 2) 侧支循环开放; 3) 同侧 ICA 与对侧 ICA 比较直径减小; 4) 同侧 ICA 与 ECA 比较直径减小。根据以下标准从 CTA 上评估近闭塞: 1) 颈内动脉球部明显狭窄; 2) 与(A)其预期管腔大小、(B)对侧 ICA 管腔和(C)同侧外旋动脉(ECA)管腔相比, 远端 ICA 管径减小。完全塌陷的颈动脉近闭塞(carotid near-occlusion with full collapse)可与没有完全塌陷的颈动脉近闭塞(carotid near-occlusion without full collapse)分开来, 因为完全塌陷的 CNO 在 DSA 上显示远端塌陷, 管腔呈螺旋状。无完全塌陷的 CNO 显示远端塌陷不太明显, 远端动脉更正常。颈动脉狭窄测量是在颈动脉球最狭窄的部位进行的。虽然公认 ICA 狭窄可能存在于球部以外, 但狭窄测量仅考虑球部区域的最大狭窄, 与我们的导管血管造影模型的方法类似。根据 NASCET, 远侧 ICA 的测量远超出颈动脉球, 球壁平行且不再从颈动脉球逐渐变细。在末端分叉之前测量远端 ECA 直径, 其轴向水平与远端 ICA 测量值相似。MPR 确定了颈动脉方向, 以确保所有评估动脉的真实横截面测量。与轴平面倾斜的动脉垂直于其斜轴进行测量。这些测量值通过 MPR 测量值进行验证, 以确保获得真实横截面中最窄直径的准确性。

### 2.3. 观察指标

1) 以 DSA 检查结果为准, 分析 CTA-VR 成像检查结果的准确率。2) 以 DSA 检查结果为准, 评价

CTA-VR 成像技术诊断颈动脉近闭塞的应用价值, 计算其准确度、敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值。

## 2.4. 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计软件处理, 计数资料以例数和百分比(%)表示。

## 3. 结果

### 3.1. CTA-VR 成像与 DSA 对颈动脉病变的诊断结果对比

本研究共纳入 56 名患者, 共检出 112 支颈动脉。其中男性 49 名, 女性 7 名, 男女性别比例为 7:1。年龄为(66.46 ± 6.96)岁, 范围为 54~82 岁。其中吸烟患者 26 例(46.4%)。CTA-VR 成像诊断颈动脉闭塞 10 支, 近闭塞 15 支, 颈动脉狭窄 87 支。DSA 成像诊断颈内动脉闭塞患者 8 例, 诊断颈动脉近闭塞患者 16 例, 诊断颈动脉狭窄 88 支。CTA-VR 成像与 DSA 对颈动脉病变诊断结果一致共 107 支。结果见表 1。

**Table 1.** CTA-VR imaging and DSA examination results of carotid near occlusion

**表 1.** CTA-VR 成像、DSA 检查颈动脉近闭塞的结果

CTA-VR 成像	DSA 检查			总计
	完全闭塞	近闭塞	颈动脉狭窄	
完全闭塞	8	2	0	10
近闭塞	0	13	2	15
颈动脉狭窄	0	1	86	87
总计	8	16	88	112

### 3.2. CTA-VR 成像诊断颈动脉近闭塞的应用价值

以 DSA 检查结果为准, 经计算, CTA-VR 成像诊断颈动脉近闭塞的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为 81.25% (13/16)、97.92% (94/96)、86.67% (13/15)、96.91% (94/97)。具体结果见表 2。

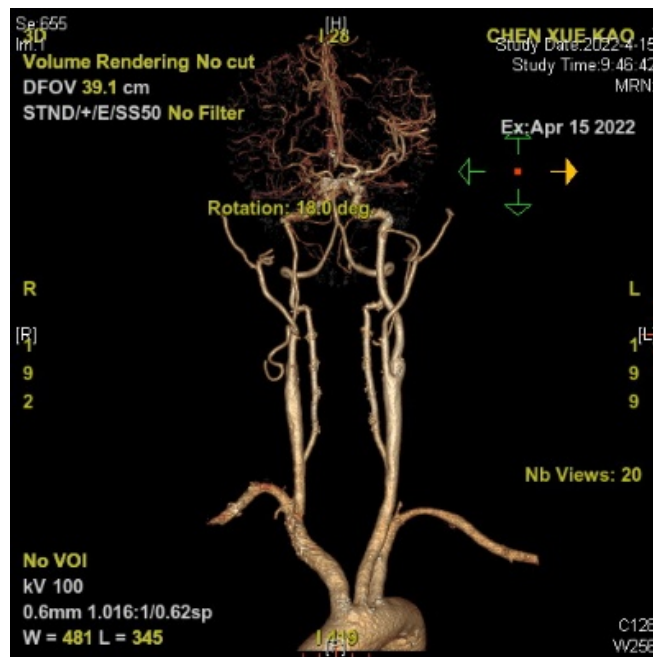
**Table 2.** Comparison of CTA-VR imaging and DSA in diagnosis of carotid near occlusion

**表 2.** CTA-VR 成像与 DSA 对颈动脉近闭塞的诊断结果对比

CTA-VR 成像	DSA		合计
	阳性	阴性	
阳性	13	2	15
阴性	3	94	97
合计	16	96	112

### 3.3. 典型病例分析

男, 66 岁, 右侧颈内动脉近闭塞完全塌陷, CTA-VR 成像上可见右侧颈内动脉远端血管纤细, 明显细于对侧颈内动脉及同侧颈外动脉(图 1)。DSA 右侧颈内动脉正位像显示动脉管径纤细, 远端血流受限(图 2), 右侧颈内动脉侧位像显示颈内动脉血流充盈延迟(图 3), 左侧颈内动脉正位像显示侧枝循环形成(图 4)。



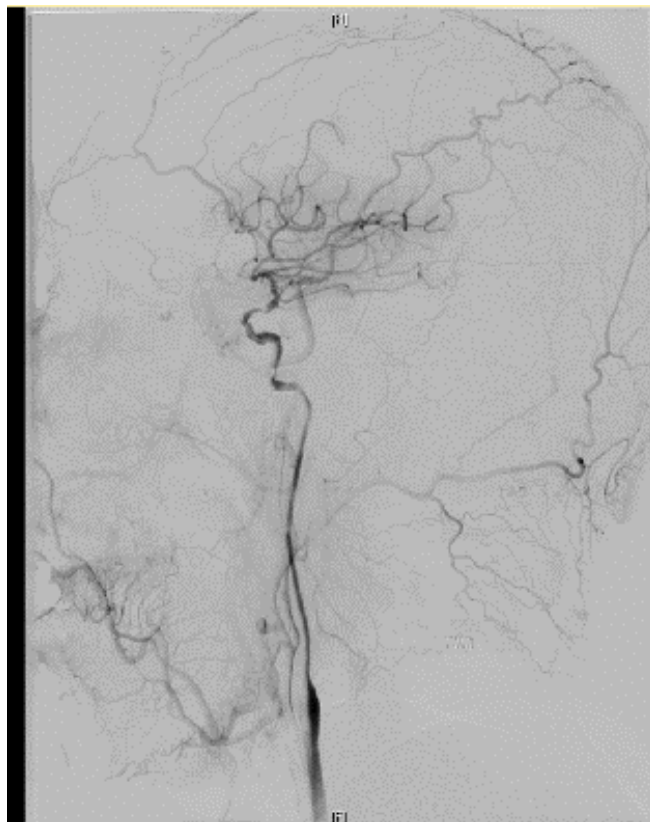
**Figure 1.** CTA-VR imaging of carotid near occlusion with full collapse

**图 1.** 近闭塞完全塌陷 CTA-VR 成像



**Figure 2.** Coronary imaging of the right internal carotid artery

**图 2.** 右侧颈内动脉冠状位成像



**Figure 3.** Sagittal imaging of the right internal carotid artery  
**图 3.** 右侧颈内动脉矢状位成像



**Figure 4.** Coronary imaging of the left internal carotid artery  
**图 4.** 左侧颈内动脉冠状位成像

## 4. 讨论

颈动脉近闭塞(CNO)是严重颈内动脉狭窄的变异型,远端动脉塌陷超过了狭窄程度。由于传统的颈动脉重度狭窄、颈动脉近闭塞、颈动脉闭塞的治疗方法不同,因此正确区分和分类非常重要。

数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)是临床诊断颈动脉病变的金标准,其具有极好的评分者间一致性、灵敏度和特异度。然而 DSA 是一种有创技术,可能会对机体造成损伤,且损伤所带来的后果通常较为严重,导致其临床应用受损。Bartlett 等提出了基于 CT 血管造影的 CNO 诊断标准,其标准具有较好的准确性,但观察者间一致性较低,而且具有一定的学习成本。目前,多层螺旋 CT 血管成像凭借其高时间分辨率、空间分辨率及先进的后处理软件等优势日益成为颈动脉成像的一种重要方法。VR 成像是利用每个层面容积资料中的所有体积元,可获得真实的颈动脉三位影像。在确保颈动脉内对比剂浓度与临近软组织强化程度差异尽可能大的情况下,VR 成像在对颈动脉病变性质的判断、两侧颈内动脉颈外动脉血管直径粗细的显示等方面有显著优势。基于此,本研究采用 CTA-VR 成像检查,结果显示 CTA-VR 成像诊断颈动脉近闭塞的敏感度和特异度分别为 81.25% (13/16)和 97.92% (94/96)。CTA 上的优势在于能够看到双侧 ICA 从分叉处一直到进入颅内段的直接的粗细对比,更形象直观。CTA-VR 成像通过显示两侧颈内外动脉的直观上的血管粗细对比,大大提高了对颈动脉近闭塞的检出效率,与 DSA 检查的符合率也较高。

本研究中仍有 2 例近闭塞误诊为完全闭塞,近闭塞完全塌陷的颈动脉的动脉管腔直径严重减小以及该颈动脉的压力和灌注降低,通过同侧颈内动脉到达远端及颅内的血液量显著减少,表现为颈内动脉呈锥形变窄,从颈动脉分叉处开始,延伸到几乎无法辨认的一缕微细的线。因为颈动脉内对比剂浓度与周围软组织差异太小,VR 成像无法识别,最终在我们肉眼见到的成像结果中表现为闭塞。但这两例均可在 DSA 中识别出来仍能见到血流通过,而在 DSA 完全闭塞的颈动脉一般表现为圆钝的残端。

综上所述,CTA-VR 成像在临床上可大幅提高对 CNO 的诊断效能,且在本研究中与 DSA 的诊断符合率较高,能为临床治疗提供科学参考依据。

## 参考文献

- [1] Johansson, E. and Fox, A.J. (2016) Carotid Near-Occlusion: A Comprehensive Review, Part 1—Definition, Terminology, and Diagnosis. *American Journal of Neuroradiology*, **37**, 2-10. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4432>
- [2] Johansson, E. and Fox, A.J. (2022) Near-Occlusion Is a Common Variant of Carotid Stenosis: Study and Systematic Review. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, **49**, 55-61. <https://doi.org/10.1017/cjn.2021.50>
- [3] Fox, A.J., Eliasziw, M., Rothwell, P.M., Schmidt, M.H., Warlow, C.P. and Barnett, H.J. (2005) Identification, Prognosis, and Management of Patients with Carotid Artery near Occlusion. *American Journal of Neuroradiology*, **26**, 2086-2094.
- [4] Morgenstern, L.B., Fox, A.J., Sharpe, B.L., Eliasziw, M., Barnett, H.J. and Grotta, J.C. (1997) The Risks and Benefits of Carotid Endarterectomy in Patients with near Occlusion of the Carotid Artery. *Neurology*, **48**, 911-915. <https://doi.org/10.1212/WNL.48.4.911>
- [5] Meershoek, A.J.A., Vries, E.E., Veen, D., Ruijter, H.M., Borst, G.J., et al. (2019) Meta-Analysis of the Outcomes of Treatment of Internal Carotid Artery near Occlusion. *British Journal of Surgery*, **106**, 665-671. <https://doi.org/10.1002/bjs.11159>
- [6] Rothwell, P.M., Eliasziw, M., Gutnikov, S.A., Fox, A.J., Taylor, D.W., Mayberg, M.R., Warlow, C.P. and Barnett, H.J. (2003) Analysis of Pooled Data from the Randomised Controlled Trials of Endarterectomy for Symptomatic Carotid Stenosis. *Lancet*, **361**, 107-116. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)12228-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)12228-3)
- [7] Eckstein, H.H. (2018) European Society for Vascular Surgery Guidelines on the Management of Atherosclerotic Carotid and Vertebral Artery Disease. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, **55**, 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2017.06.026>
- [8] Gu, T., Aviv, R.I., Fox, A.J. and Johansson, E. (2020) Symptomatic Carotid Near-Occlusion Causes a High Risk of Recurrent Ipsilateral Ischemic Stroke. *Journal of Neurology*, **267**, 522-530. <https://doi.org/10.1007/s00415-019-09605-5>

- 
- [9] Addis, K.A., Hopper, K.D., Iyriboz, T.A., Liu, Y., Wise, S.W., Kasales, C.J., Blebea, J.S. and Mauger, D.T. (2001) CT Angiography: *In Vitro* Comparison of Five Reconstruction Methods. *AJR American Journal of Roentgenology*, **177**, 1171-1176. <https://doi.org/10.2214/ajr.177.5.1771171>
- [10] Niwa, Y., Katano, H. and Yamada, K. (2004) Calcification in Carotid Atheromatous Plaque: Delineation by 3D-CT Angiography, Compared with Pathological Findings. *Neurological Research*, **26**, 778-784. <https://doi.org/10.1179/016164104225014120>
- [11] Saba, L., Caddeo, G., Sanfilippo, R., Montisci, R. and Mallarini, G. (2007) Efficacy and Sensitivity of Axial Scans and Different Reconstruction Methods in the Study of the Ulcerated Carotid Plaque Using Multidetector-Row CT Angiography: Comparison with Surgical Results. *AJNR American Journal of Neuroradiology*, **28**, 716-723.
- [12] Bartlett, E.S., Walters, T.D., Symons, S.P. and Fox A.J. (2006) Diagnosing Carotid Stenosis Near-Occlusion by Using CT Angiography. *American Journal of Neuroradiology*, **27**, 632-637.