

全息血管硬度分析技术评价2型糖尿病患者颈总动脉弹性改变的价值

戚文璐^{1,2}, 程莲², 杨艳², 刘慧³, 戚庭月^{2*}

¹扬州大学医学院, 江苏 扬州

²扬州大学附属医院医学影像中心超声科, 江苏 扬州

³扬州大学附属医院内分泌科, 江苏 扬州

收稿日期: 2024年1月29日; 录用日期: 2024年3月18日; 发布日期: 2024年3月25日

摘要

目的: 应用全息血管硬度分析技术(R-VQS)评价2型糖尿病(T2DM)患者颈总动脉弹性的变化及其与糖化血红蛋白(HbA_{1c})的相关性。方法: 选取2023年2月至2024年1月于我院内分泌科住院的T2DM患者61例, 按照HbA_{1c}水平分为HbA_{1c} < 7%控制良好组30例及HbA_{1c} ≥ 7%控制不良组31例; 选取同期34名健康体检者为正常对照组(NC)。应用R-VQS技术测量颈总动脉收缩期管径(Diam)、管径变化值(Dist)、脉搏波传导速度(PWV)和硬度系数(HC), 分析各组颈总动脉各弹性参数的改变及其与HbA_{1c}的相关性。结果: 与NC组相比, HbA_{1c} < 7%控制良好组的Diam、Dist、PWV和HC值均差异不显著($P > 0.05$); HbA_{1c} ≥ 7%控制不良组的Diam、Dist差异不显著($P > 0.05$), 而PWV、HC显著升高($P < 0.05$)。与HbA_{1c} < 7%控制良好组相比, HbA_{1c} ≥ 7%控制不良组的Diam、Dist差异不显著($P > 0.05$), PWV、HC同样显著升高($P < 0.05$)。Pearson相关性分析结果显示, HbA_{1c}与PWV、HC呈正相关($P < 0.01$)。结论: T2DM血糖控制不良患者, 颈总动脉PWV、HC升高, 说明其颈总动脉弹性受损, 血管硬度增加。

关键词

全息血管硬度分析技术, 2型糖尿病, 糖化血红蛋白, 颈总动脉, 弹性

Value of RF-Data Based Quantitative Analysis on Vessel Stiffness in Evaluating Common Carotid Artery Elasticity Changes of Type 2 Diabetic Subjects

Wenlu Qi^{1,2}, Lian Cheng², Yan Yang², Hui Liu³, Tingyue Qi^{2*}

*通讯作者。

文章引用: 戚文璐, 程莲, 杨艳, 刘慧, 戚庭月. 全息血管硬度分析技术评价 2 型糖尿病患者颈总动脉弹性改变的价值[J]. 医学诊断, 2024, 14(1): 112-118. DOI: 10.12677/md.2024.141016

¹Medical College of Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

²Department of Ultrasound, Medical Imaging Center, Affiliated Hospital of Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

³Department of Endocrinology, Affiliated Hospital of Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

Received: Jan. 29th, 2024; accepted: Mar. 18th, 2024; published: Mar. 25th, 2024

Abstract

Objective: To evaluate the changes of carotid artery elasticity in type 2 diabetic subjects with poor glucose control and its correlation with glycosylated hemoglobin (HbA_{1c}). **Methods:** A total of 61 patients with type 2 diabetes mellitus and 34 control subjects were recruited in this study. The T2DM group was further divided into HbA_{1c} < 7% group and HbA_{1c} ≥ 7% group according to the HbA_{1c} level. The diameter, distance, pulse wave velocity and hardness coefficient of common carotid artery systole were evaluated by R-VQS. The correlation between carotid artery elasticity and HbA_{1c} was analyzed by Pearson correlation analysis. **Results:** Diam, Dist, PWV, HC had no significant difference in HbA_{1c} < 7% group compared with control group ($P > 0.05$). Diam, Dist had no significant difference in HbA_{1c} ≥ 7% group compared with control group ($P > 0.05$). PWV, HC increased in HbA_{1c} ≥ 7% group compared with control group ($P < 0.05$). Diam, Dist had no significant difference in HbA_{1c} ≥ 7% group compared with HbA_{1c} < 7% group ($P > 0.05$). PWV, HC and HbA_{1c} increased in HbA_{1c} ≥ 7% group than in HbA_{1c} < 7% ($P < 0.05$). Pearson correlation analysis showed that PWV and HC were positively correlated with HbA_{1c} ($P < 0.01$). **Conclusion:** The increased PWV and HC in type 2 diabetic subjects with poor blood glucose control may indicate that the elasticity of CCA is impaired and the stiffness of blood vessel is increased.

Keywords

Radio Frequency-Data Based Quantitative Analysis on Vessel Stiffness, Type 2 Diabetes Mellitus, Glycated Hemoglobin, Common Carotid Artery, Elasticity

Copyright © 2024 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

据国际糖尿病联合会(IDF)统计, 2019 年全球糖尿病患病率为 9.3%, 仍有 50.1%的糖尿病患者尚未确诊[1], 其中 2 型糖尿病(type 2 diabetic mellitus, T2DM)高达 90% [2], 1 型糖尿病(type 1 diabetic mellitus, T1DM)和其他类型糖尿病少见。T2DM 是心血管疾病(cardiovascular disease, CVD)和动脉粥样硬化(atherosclerosis, AS)发生的重要危险因素之一, 而 HbA_{1c} 水平的增高与糖尿病患者并发症的增加密切相关。AS 作为 CVD 的主要病因, 最早明显累及的部位是大、中型动脉, 是一个复杂的过程, 涉及血管形态结构和功能的变化。目前临床上通常采用血管超声技术检测颈动脉和下肢动脉内 - 中膜的增厚情况以及斑块的形成情况, 以评价糖尿病患者的血管形态变化。由于血管功能降低的出现时间早于形态结构改变[3] [4] [5], 现在多数采用极速脉搏波(ultrafast pulse wave velocity, UFPWV)技术、超声二维应变成像技术、实时剪切波弹性成像(real-time shear wave elastography, SWE)技术及血管回声跟踪(echo-tracking, ET)技术等评价血管功能变化, 但上述方法存在一定弊端。本研究以全息血管硬度分析技术(radio frequency-data based quantitative

analysis on vessel stiffness, R-VQS)评价 2 型糖尿病血糖控制不良患者颈总动脉弹性改变及其与 HbA_{1c} 的相关性, 探讨血糖控制不佳对颈动脉弹性功能的损害, 以发现糖尿病患者早期血管的异常, 延缓并发症发生。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

选取 2023 年 2 月至 2024 年 1 月于我院内分泌科住院的 T2DM 患者 61 例(T2DM 组), 均符合中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版)诊断标准[6]。根据上述指南, 建议大部分非妊娠成年 T2DM 患者将 HbA_{1c} 控制在 7% 以下, 分为 HbA_{1c} < 7% 组 30 例和 HbA_{1c} ≥ 7% 组 31 例。排除标准: (1) 右侧颈动脉合并动脉硬化斑块; (2) 严重心肺功能疾病, 不能平卧; (3) 合并严重感染、恶性肿瘤、终末期肾病及甲状腺功能异常; (4) 贫血; (5) 妊娠期或哺乳期妇女; (6) 糖尿病病史 > 10 年; (7) 频繁或剧烈咳嗽、哮喘发作期等, 无法配合检查。另选取 34 名在我院体检无高血压、高脂血症、糖尿病及冠心病等病史, 且心电图、颈动脉超声均正常的健康者为对照组(NC)。本研究所有研究对象均签署知情同意书, 且试验经医院伦理委员会审核通过。

2.2. 仪器与方法

2.2.1. 一般资料

通过住院患者信息系统收集研究对象的性别、年龄、身高、体重、BMI、吸烟史、高血压病史、糖尿病病程。受检者检查当日清晨空腹抽取静脉血, 检测血糖指标, 包括空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG)、HbA_{1c} 和血脂指标, 包括总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglyceride, TG)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)。超声检查开始前, 嘱受检者静息 10 min 后, 取端坐位, 用电子血压计测量右上肢收缩压(systolic blood pressure, SBP)及舒张压(diastolic blood pressure, DBP)。

2.2.2. 超声检查

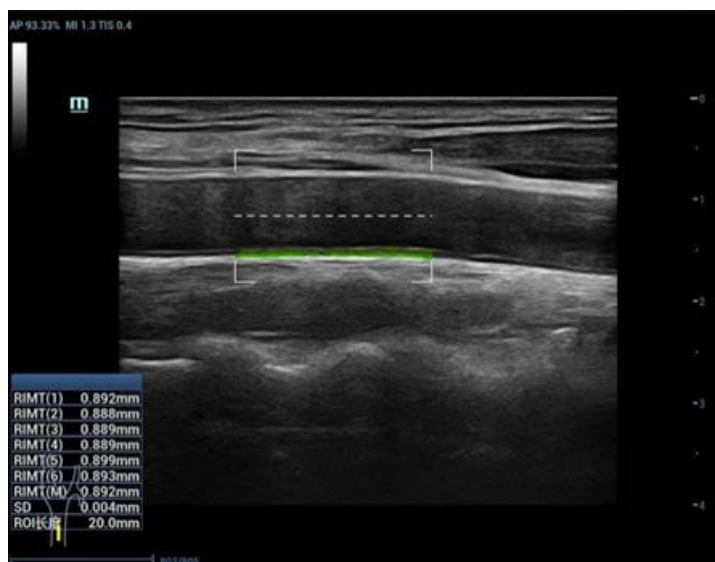


Figure 1. RIMT measures the IMT of the right common carotid artery as 0.89 mm (The green line represents the measurement line)

图 1. RIMT 技术测量右侧颈总动脉 IMT 为 0.89 mm (绿线为测量线)

采用频率 3.8~11.8 MHz, L11-3U 型高频线阵探头, 配置全息血管内 - 中膜厚度测量(real-time inti-

ma-media thickness, RIMT)和 R-VQS 软件的 Mindray Eagus R9 或 Mindray Nuewa R9S 彩色多谱勒超声诊断仪进行检查。

受检者取平卧位，于颈后垫薄枕，同步连接心电图，录入右上肢血压。检查右侧颈部血管，头偏向左侧，充分暴露颈部血管，依次扫查颈总动脉、颈动脉分叉处、颈内动脉及颈外动脉，确认无斑块形成。嘱受检者平静呼吸，纵切扫查，避开颈内静脉，使声束垂直于颈总动脉前后壁，清晰显示内-中膜后，启动 RIMT 测量软件，将取样框中的测量点置于颈总动脉分叉处下方 1~2 cm 处，连续 6 个心动周期内-中膜厚度值稳定后冻结图像，获得每个心动周期的 IMT 最大值及整体平均值，见图 1。启动 R-VQS 测量软件，采用同样操作方法，连续测量 6 个心动周期颈总动脉收缩期管径(diameter, Diam)和管径变化值(distance, Dist)并得出平均值，确认测量结果后，系统自动计算脉搏波传导速度(pulse wave velocity, PWV)和硬度系数(hardness coefficient, HC)，见图 2。

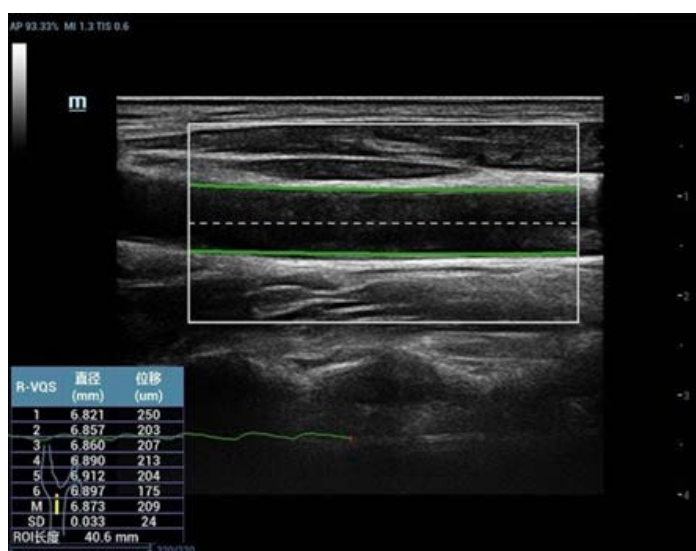


Figure 2. R-VQS measures the Diam of the right common carotid artery to be 6.87 mm, Dist to be 0.21 mm (The green line represents the measurement line)

图 2. R-VQS 技术测量右侧颈总动脉 Diam 为 6.87mm, Dist 为 0.21 mm (绿线为测量线)

2.3. 统计学分析

多组间数据比较采用 SPSS (26.0)软件单因素方差(One-Way ANOVA)模块进行分析，数据以平均数 \pm 标准差(Mean \pm SD)表示，事后两组间比较采用 LSD 法。采用 Pearson 相关性分析颈总动脉弹性指标(PWV、HC)与 HbA_{1c} 的关系。 $P < 0.05$ 表示具有统计学差异。

3. 结果

3.1. 各组一般资料和生化指标比较

各组间年龄、BMI、DBP、TC、TG、HDL-C 和 LDL-C 的差异不显著($P > 0.05$)。而 HbA_{1c} $\geq 7\%$ 组的 HbA_{1c}、SBP、PP 和 FPG 显著高于 NC 组和 HbA_{1c} $< 7\%$ 组($P < 0.05$)，见表 1。

3.2. 各组颈总动脉超声参数比较

各组间 IMT、Diam 和 Dist 差异不显著($P > 0.05$)。HbA_{1c} $\geq 7\%$ 组的 PWV、HC 显著高于 NC 组和 HbA_{1c} $< 7\%$ 组($P < 0.05$)，见表 2。

Table 1. Comparison of general data and biochemical indexes among the three groups ($\bar{x} \pm s$)**表 1.** 各组间一般资料和生化指标比较($\bar{x} \pm s$)

	NC (n = 34)	HbA _{1c} < 7% (n = 30)	HbA _{1c} ≥ 7% (n = 31)	P 值
年龄(岁)	50.5 ± 12.32	49.83 ± 11.28	51.58 ± 10.11	0.832
BMI	23.66 ± 3.02	24.89 ± 2.95	24.14 ± 4.19	0.360
SBP (mmHg)	119.97 ± 9.20	121.53 ± 6.27	127.48 ± 8.99※, ^Δ	0.001
DBP (mmHg)	77.12 ± 12.38	78.47 ± 8.54	78.32 ± 11.74	0.864
PP (mmHg)	42.85 ± 9.37	43.07 ± 6.88	49.16 ± 9.49※, ^Δ	0.007
FPG (mmol/L)	5.39 ± 1.09	5.77 ± 1.28	10.60 ± 1.85※, ^Δ	<0.001
HbA _{1c} (%)	5.26 ± 0.23	6.24 ± 0.34	9.77 ± 0.44※, ^Δ	<0.001
TC (mmol/L)	4.62 ± 1.09	4.36 ± 1.01	4.51 ± 1.30	0.653
TG (mmol/L)	1.57 ± 1.25	1.42 ± 1.43	1.67 ± 1.31	0.766
LDL-C (mmol/L)	2.29 ± 0.67	2.23 ± 0.60	2.17 ± 0.85	0.786
HDL-C (mmol/L)	1.21 ± 0.31	1.16 ± 0.28	1.14 ± 0.39	0.685

注: 与 NC 组相比, ※表示 $P < 0.05$; 与 HbA_{1c} < 7%组相比, ^Δ表示 $P < 0.05$ 。

Table 2. Comparison of elastic parameters of common carotid artery among the three groups ($\bar{x} \pm s$)**表 2.** 各组颈总动脉弹性参数比较($\bar{x} \pm s$)

	NC (n = 34)	HbA _{1c} < 7% (n = 30)	HbA _{1c} ≥ 7% (n = 31)	P 值
IMT (mm)	0.71 ± 0.15	0.69 ± 0.10	0.71 ± 0.12	0.756
Diam (mm)	6.70 ± 0.61	6.87 ± 0.80	6.82 ± 0.86	0.639
Dist (mm)	0.35 ± 0.06	0.35 ± 0.07	0.33 ± 0.07	0.267
PWV (m/s)	6.47 ± 1.95	5.71 ± 1.76	8.46 ± 2.11※, ^Δ	<0.001
HC	3.94 ± 2.09	3.66 ± 2.26	5.84 ± 2.11※, ^Δ	<0.001

注: 与 NC 组相比, ※表示 $P < 0.05$; 与 HbA_{1c} < 7%组相比, ^Δ表示 $P < 0.05$ 。

3.3. 颈总动脉弹性指标(PWV, HC)与糖化血红蛋白(HbA_{1c})的相关性分析

Pearson 相关性分析结果显示, HbA_{1c} 与 PWV、HC 呈显著正相关($P < 0.01$), 见表 3。

Table 3. Analysis of correlation between common carotid artery elasticity index PWV, HC and HbA_{1c} (r)**表 3.** 颈总动脉弹性指标(PWV、HC)与 HbA_{1c} 的相关性分析(r)

	PWV	HC
HbA _{1c}		
r	0.43	0.38
P	<0.01	<0.01

4. 讨论

T2DM 是一种全身性的代谢性疾病, 主要表现为胰岛 β 细胞功能缺陷导致的胰岛素分泌相对减少, 以及胰岛素调节葡萄糖代谢能力的减弱[6]。HbA_{1c} 形成的非酶性反应表现出持续、缓慢和不可逆的特性, 因此 HbA_{1c} 成为评估糖尿病患者长期血糖管理状况的一个相当有效的指标[7]。根据英国糖尿病前瞻性研

究(UKPDS)的数据, HbA_{1c} 的增加可能导致所有与糖尿病相关的终点风险和死亡风险都有所上升[8]。长时间的血糖管理不良或持续的高血糖状况可能导致血管内皮细胞的损害或功能障碍, 在氧化自由基的共同影响下, 异常的胶原蛋白会过度生成, 这会通过炎症刺激导致正常弹性蛋白的数量下降, 从而增加血管的硬度, 使平滑肌细胞在脂质核心周围聚集, 并引发炎症, 进一步导致血管形态的改变[9], 最终引发血管粥样硬化和恶性心血管疾病。

由于颈动脉位置表浅易暴露、管壁层次清晰, 可作为全身动脉检查的窗口, 因此在临床实践中, 颈动脉内-中膜增厚、斑块形成、斑块致血管狭窄或闭塞常作为评估 AS 的重要指标, 但这是对动脉硬化后期的宏观观察, 此时治疗效果差, 且无法逆转。而 RIMT 和 R-VQS 是基于射频数据处理和血管壁实时描述来测量颈动脉 IMT、Diam、Dist 并获得 PWV、HC 值, 定量及精确地检测血管弹性的变化, 重复性亦好[10], 能在动脉内-中膜增厚或斑块形成前更早期的检测到血管病变, 为糖尿病血管并发症早期发现并干预治疗提供依据。

本研究结果显示病程小于 10 年, 且血糖控制良好的糖尿病患者, 其颈总动脉弹性功能变化未受到显著影响; 而血糖管理不佳的患者, 即使无内-中膜增厚及斑块形成, 但其颈总动脉弹性功能仍显著降低。同时, 本研究发现患者颈总动脉弹性指标 PWV、HC 与 HbA_{1c} 呈显著正相关, 说明 T2DM 患者长期血糖控制不良, 是引起颈总动脉硬化重要危险因素。当 HbA_{1c} 水平上升时, 它会导致血管内脂质的沉积, 并激活体内的凝血因子如 FXI 等[11][12], 增加细胞黏附分子与血管内皮之间的相互作用, 引发内皮损伤和炎症, 血管壁的各种成分比例会发生变化, 其中弹性组织的成分会减少, 而非弹性组织的成分则会增加, 进一步加速动脉硬化的进程。

李朝军等[13]报道, 糖尿病患者的双侧颈动脉血管硬度存在差异, 这种差异可能是由于两侧颈动脉在解剖结构上的不同导致的, 这进一步影响了两侧血管所承受的血流剪切力, 此外颈部血管附近的肌肉松弛状况也可能对测量结果产生影响。因此, 本研究仅选取右侧颈总动脉作为测量对象。

本研究的局限性为单中心、小样本, 未对性别、年龄、糖尿病病程进行分层讨论, 尚需多中心、大样本量进行验证。

5. 结论

综上所述, R-VQS 检测技术可以用于评估糖尿病患者颈总动脉弹性的变化, 且相较于其他检测技术具有高效性、便捷性等优势, 对于临床检测, 指导调整糖尿病患者用药, 预防大血管、微血管并发症的发生, 具有重要意义。

基金项目

2022 年度扬州市社会发展指导性项目(YZ2022104)。

参考文献

- [1] Saeedi, P., Petersohn, I., Salpea, P., *et al.* (2019) Global and Regional Diabetes Prevalence Estimates for 2019 and Projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th Edition. *Diabetes Research and Clinical Practice*, **157**, Article ID: 107843. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2019.107843>
- [2] Cloete, L. (2022) Diabetes Mellitus: An Overview of the Types, Symptoms, Complications and Management. *Nursing Standard*, **37**, 61-66. <https://doi.org/10.7748/ns.2021.e11709>
- [3] Pan, F.S., Xu, M., Yu, L., *et al.* (2019) Relationship between Carotid Intima-Media Thickness and Carotid Artery Stiffness Assessed by Ultrafast Ultrasound Imaging in Patients with Type 2 Diabetes. *European Journal of Radiology*, **111**, 34-40. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2018.12.016>
- [4] Favreau, J.T., Liu, C., Yu, P., *et al.* (2014) Acute Reductions in Mechanical Wall Strain Precede the Formation of Intimal Hyperplasia in a Murine Model of Arterial Occlusive Disease. *Journal of Vascular Surgery*, **60**, 1340-1347.

-
- <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2013.07.113>
- [5] Kim, S.A., Park, S.H., Jo, S.H., *et al.* (2016) Alterations of Carotid Arterial Mechanics Preceding the Wall Thickening in Patients with Hypertension. *Atherosclerosis*, **248**, 84-90. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2016.02.017>
- [6] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版) (上) [J]. 中国实用内科杂志, 2021, 41(8): 668-695.
- [7] 于海桥, 程伟伦, 洪新彩, 等. 哈尔滨地区 HbA1C 用于糖尿病的诊断[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2017, 33(7): 562-566.
- [8] Stratton, I.M., Adler, A.I., Neil, H.A., *et al.* (2000) Association of Glycaemia with Macrovascular and Microvascular Complications of Type 2 Diabetes (Ukpds 35): Prospective Observational Study. *BMJ*, **321**, 405-412. <https://doi.org/10.1136/bmj.321.7258.405>
- [9] Johnson, C.P., Baugh, R., Wilson, C.A., *et al.* (2001) Age Related Changes in the Tunica Media of the Vertebral Artery: Implications for the Assessment of Vessels Injured by Trauma. *Journal of Clinical Pathology*, **54**, 139-145. <https://doi.org/10.1136/jcp.54.2.139>
- [10] 韩苗苗, 袁建军, 申凯凯, 等. 基于射频信号全息血管硬度分析评价终末期肾病合并高尿酸血症患者颈动脉弹性[J]. 中国医学影像技术, 2022, 38(5): 684-688.
- [11] Alzahrani, S.H. and Ajjan, R.A. (2010) Coagulation and Fibrinolysis in Diabetes. *Diabetes and Vascular Disease Research*, **7**, 260-273. <https://doi.org/10.1177/1479164110383723>
- [12] Paszek, E., Polak, M., Bryk-Wiązania, A.H., *et al.* (2023) Elevated Plasma Factor Xi Predicts Cardiovascular Events in Patients with Type 2 Diabetes: A Long-Term Observational Study. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, 82. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-01905-5>
- [13] 李朝军, 罗向红, 苏一巾, 等. 应用动脉弹性新参数评价 2 型糖尿病患者双侧颈动脉硬化化差异的初步研究[J]. 临床超声医学杂志, 2014, 16(12): 820-823.