

• 技术与方法 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2015.03.024

MSCTA、2D DSA 和 3D DSA 对颈动脉狭窄测量差异比较的实验研究*

张祖建¹, 张 勇¹, 陈淑君¹, 周玉梅², 王友杰¹, 唐继芳¹

(四川省德阳市人民医院/成都中医药大学德阳附属医院:1.放射科;2.门诊部 618000)

摘要:目的 比较多层螺旋 CT 血管造影(MSCTA)与 2D 数字减影血管造影(DSA)、3D DSA 对颈动脉狭窄模型的测量差异。方法 根据北美症状性颈动脉内膜切除术试验组(NASCET)标准,利用重力输液管制备 30 支血管模型,其中 0 级 2 支,1 级(1%~<30%) 6 支,2 级(30%~<70%)和 3 级(70%~<100%)各 10 支,血管闭塞(4 级,100%)2 支,分别进行 MSCTA、直径 10 mm 钢球校准后 2D DSA 和 3D DSA 成像分析(AVA),分别测量模型血管内径、狭窄段的直径狭窄率(DSR)和面积狭窄率(ASR),并评估其狭窄程度。结果 与 MSCTA 和 2D DSA 比较,3D DSA 对模型内径的测量误差最大[(3.08±0.09)mm],差异具有统计学意义($t=14.95, 11.89, P<0.01$)。3 种方法对同一血管狭窄模型所测出的 ASR 均大于 DSR,3D DSA 的 ASR 和 DSR 均较 MSCTA 和 2D DSA 有减低。以 ASR 和 DSR 为血管狭窄的评估参考指标,2D DSA 为诊断“金标准”,MSCTA 与钢球校准后 2D DSA 对血管狭窄程度分级的诊断一致性最佳(Kappa 值分别为 0.86 和 0.91),3D DSA 对血管狭窄程度评估的可靠性较低,Kappa 值为 0.35 和 0.42。结论 MSCTA 能够提供全面、准确的诊断信息,可替代常规 DSA 用于颈动脉狭窄的诊断性评价,相对于 2D DSA 和 MSCTA,3D DSA 对颈动脉的狭窄可能具有一定程度的低估。

关键词:血管造影术,数字减影;体层摄影术,螺旋计算机;颈动脉狭窄;实验研究

中图分类号:R445.3,R814.4

文献标识码:A

文章编号:1671-8348(2015)03-0359-03

Comparison of MSCTA, 2D DSA, and 3D DSA grading measurement accuracy in a vitro model of carotid artery stenosis*

Zhang Zujian¹, Zhang Yong¹, Chen Shujun¹, Zhou Yumei², Wang Youjie¹, Tang Jifang¹

(1. Department of Radiology, Deyang People's Hospital/the Affiliated Deyang Hospital of Chengdu University of TCM, Deyang, Sichuan 618000, China; 2. Outpatient Clinic, Deyang People's Hospital/the Affiliated Deyang Hospital of Chengdu University of TCM, Deyang, Sichuan 618000, China)

Abstract: Objective To investigate the accuracy of multi-slice spiral CT angiography (MSCTA), 2D DSA, and 3D DSA in grading carotid stenosis compared with actual measurement in vitro carotid model. **Methods** Thirty carotid stenosis models were created by infusion tubes according to the North American symptomatic carotid endarterectomy trial group (NASCET) Standard (0 to 4 grades respectively was 2, 6, 10, 10 and 2). After MSCTA, 2D DSA (calibration with 10 mm diameter steel ball) and 3D DSA, we analysed the lumen, diameter stenosis rate (DSR) and area stenosis rate (ASR) of vitro carotid models with the aid of advanced vessels analysis (AVA). **Results** Compared with MSCTA and 2D DSA, 3D DSA had the maximum measurement error [(3.08±0.09)mm] of vitro carotid model, and a dramatically statistic difference ($t=14.95$ and $11.89, P<0.01$). In these measure methods (MSCTA, 2D and 3D DSA), ASR was always greater than DSR in a same stenosis model, and 3D DSA had a tendency of underestimated in calculating ASR and DSR compared to MSCTA and 2D DSA. In evaluation of diagnostic efficacy, selected ASR and DSR as assess parameters, 2D DSA was the diagnosis gold standard of carotid stenosis, MSCTA and 2D DSA (calibrated by steel ball) had the optimal consistency (Kappa value respectively was 0.86 and 0.91), and 3D DSA had lower reliability of diagnosis carotid artery stenosis (Kappa value=0.35 and 0.42). **Conclusion** MSCTA provides an adequate, preciseness, and non-invasive alternative with a high correlation to conventional DSA. Compare to MSCTA and 2D DSA, 3D DSA would have a tendency of underestimate the grading of carotid stenosis.

Key words: angiography, digital subtraction; tomography, spiral computed; carotid stenosis; experimental study

多年来,数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)一直是血管性病变诊断的临床“金标准”,三维数字减影血管造影(three dimensional digital subtraction angiography, 3D DSA)进一步提高了 DSA 对脑血管病变的解剖形态和空间关系的显示能力。随着成像软件开发和功能应用的拓展,多层螺旋 CT 血管成像(multi-slice spiral CT angiography, MSCTA)已广泛应用于各种血管性疾病的筛查和诊断,并具有较高的敏感性和诊断准确性。目前,绝大多数的 CT 和 DSA 工作站均配备有高级血管分析软件(advanced vessel analysis, AVA),能够对颈动脉或脑动脉狭窄程度进行重复定量分析,但对于 MSCTA 和 DSA 对血管狭窄的测量差异,文献中的研

究结果却不甚一致。有学者认为,MSCTA 评估血管狭窄程度的准确性不及 2D DSA,并具有一定程度的高估,也有 2D DSA 对血管狭窄的测量准确性低于 3D DSA 的报道。此前的报道均主要来源于临床病例,尚缺乏真实病理或实验模型的对比研究^[1-4]。本实验通过 MSCTA、2D DSA 和 3D DSA 对血管狭窄模型的精确测量差异比较,探讨 MSCTA、2D DSA 和 3D DSA 在颈动脉和脑血管狭窄临床评估中的应用价值。

1 材料与方法

1.1 材料 采用普通重力输液管(山东威高医用高分子制品股份有限公司,生产标准:YZB/国 0341-2010,生产批号:20130321,标准内径 2.8 mm,标准外径 3.2 mm),根据北美症

* 基金项目:四川省卫生计生厅科研资助项目(100171)。 作者简介:张祖建(1969—),副主任医师,本科,主要从事影像诊断及介入诊疗方向研究。

状性颈动脉内膜切除术试验组(North American symptomatic caroid endarterectomy trial, NASCET)标准^[5],利用热凝法制备脑血管狭窄模型共 30 支,其中正常(0 级,0%)2 支,轻度狭窄(1 级,1%~<30%)6 支,中度狭窄(2 级,30%~<70%)和重度狭窄(3 级,70%~<100%)各 10 支,血管闭塞(4 级,100%)2 支。

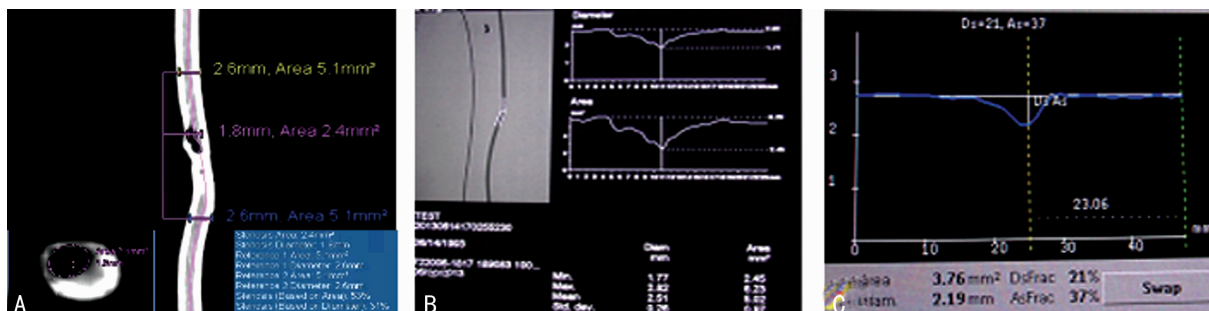
1.2 方法

1.2.1 MSCTA 西门子 SOMATOM Definition 64 层螺旋 CT,扫描参数 120 kV,200~250 mAs(管电压自动调节补偿技术),64 mm×0.75 mm 采集方式,螺距为 1,层厚 0.75 mm,选用高卷积函数 H60f 进行图像重建,连接自动压力注射器后以 3 mL/S 推注非离子型造影剂(碘克沙醇,320 mgI/mL)。将重建后图像传送至图像后处理工作站,使用 Inspace 界面中的 AVA 软件进行分析。

1.2.2 DSA 飞利浦 Allura Xper FD20 型数字减影血管造影机和 Metro 高压注射器,为减小图像放大率,经多次实验,将床面高度确定为+18,探测器-球管距离(SID)为 120 cm,成像视野(FD)=48 cm。2D DSA 成像矩阵为 1 024×1 024,造影时将血管模型、正圆钢球平行排列于视野中心,连接自动注射器以 3 mL/s 注射碘克沙醇 8 mL,摄正、侧位+斜位血管造影片。3D DSA 为 512×512 成像矩阵,C 臂旋转 240°(±120°),图像采集 6 帧/秒,造影剂注射速度为 3 mL/s,图像重建方式

为选用容积再现(VR)。

1.3 图像分析和测量 由 2 名具有丰富 CTA 和介入治疗经验的放射医师在 CT 和 DSA 图像后处理工作站上,选取模型血管的最狭窄段作为感兴趣测量区,利用 AVA 软件对 MSC-TA、2D DSA 和 3D DSA 数据进行分析。直径狭窄率(DSR)(%)=[1-(最小残余管腔横截面直径/狭窄近、远端动脉正常横截面直径)]×100%、面积狭窄率(ASR)(%)=[1-(最小残余管腔横截面面积/狭窄近、远端动脉正常横截面面积)]×100%。在分析时将 MSCTA 原始数据导入工作站,在 AVA 界面中即可自动生成多平面重建(MPR)图像,将跟踪点分别置于血管狭窄处两端管腔中心,点击 stenosis 按钮后,手动校正或勾画血管狭窄处及其两端正常管腔,即可自动计算出该段血管的 DSR 和 ASR。于 2D DSA 分析前须采用直径 10 mm 正圆钢球进行手动校准:在 AVA 校准选项中选择钢球直径,输入数值后可自动计算出像素校准因子(即 CF 值=每个像素在图像中的大小),选择狭窄血管段后,可自动或手动计算出 DSR、ASR 等测量数据,MSCTA 可清楚显示斑块形态和厚度,将跟踪点置于血管中心,手动勾画狭窄处和两端正常管腔后,自动计算出狭窄处管腔直径为 1.8 mm,ASR 为 53%,DSR 为 31%,钢球校准后 2D DSA 测得狭窄管腔直径为 1.77 mm,ASR 为 61%,DSR 为 37%,钢球校准后 3D DSA 测得的 ASR 为 37%,DSR 为 21%。见图 1。



A:MSCTA;B:钢球校准后 2D DSA;C:3D DSA 的 AVA 结果。

图 1 同一血管狭窄模型的测量分析

1.4 统计学处理 采用 SPSS 13.0 统计软件进行分析,计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,不同成像方法对血管模型内径测量值比较采用 Q 检验和配对 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。MSCTA、2D DSA 和 3D DSA 对模型血管狭窄程度分级的可靠性和一致性评价采用 Kappa 分析, $\alpha = 0.05$ 为检验水准, Kappa 值小于或等于 0.40 为诊断一致性较差, Kappa 值 0.4~0.75 为一致性较好, ≥ 0.75 为诊断一致性极佳。

2 结果

2.1 血管模型内径测量 3D DSA 与 MSCTA、2D DSA 对模型血管内径的测量值比较, $t = 14.95, 11.89$, 差异均具有统计学意义($P < 0.01$)。3 种测量方法差异见表 1。

表 1 不同成像测量方法对血管模型内径测量差异比较 ($\bar{x} \pm s, n = 30$)

| 项目 | MSCTA | 2D DSA | 3D DSA | F | P |
|----------|-----------|-----------|-----------|--------|------|
| 实测内径(mm) | 2.76±0.07 | 2.83±0.05 | 3.08±0.09 | 382.24 | 0.00 |
| 测量误差(%) | -1.42 | 1.07 | 10.00 | - | - |

-:无数据;测量误差=实测内径-标准内径/标准内径×100%。

2.2 DSR 和 ASR 对于同一狭窄分级的血管模型,利用 AVA 软件,3 种成像方法所计算出的 ASR 均大于 DSR, MSC-

TA、2D DSA 测得的 ASR 值与 NASCET 的分级标准一致,见表 2;3D DSA 测得的 ASR 及 DSR 值与血管狭窄分级标准的参考值比较,均有较明显的低估;以 ASR 和 DSR 测量为基础的血管模型狭窄程度分级见表 3。

表 2 MSCTA、2D DSA 和 3D DSA 对 NASCET 1~3 级血管模型的狭窄率测量 ($\bar{x} \pm s, %$)

| 分级 | ASR | | | DSR | | |
|-----|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| | MSCTA | 2D DSA | 3D DSA | MSCTA | 2D DSA | 3D DSA |
| 1 级 | 22.8±5.2 | 25.4±3.5 | 13.2±4.7 | 10.9±3.9 | 14.3±2.4 | 6.5±2.6 |
| 2 级 | 45.4±12.9 | 49.6±14.8 | 24.7±7.6 | 29.8±6.2 | 32.6±8.5 | 22.6±5.7 |
| 3 级 | 72.8±15.5 | 78.2±17.8 | 54.8±16.6 | 60.8±7.4 | 59.8±9.6 | 36.8±8.2 |

表 3 不同成像测量方法对 30 支血管模型的狭窄程度分级评估 (n)

| 测量方法 | 基于 ASR 的 NASCET 分级 | | | | | 基于 DSR 的 NASCET 分级 | | | | |
|--------|--------------------|-----|-----|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| | 0 级 | 1 级 | 2 级 | 3 级 | 4 级 | 0 级 | 1 级 | 2 级 | 3 级 | 4 级 |
| MSCTA | 2 | 7 | 11 | 8 | 2 | 2 | 7 | 13 | 6 | 2 |
| 2D DSA | 2 | 6 | 10 | 10 | 2 | 2 | 8 | 11 | 7 | 2 |
| 3D DSA | 4 | 11 | 9 | 4 | 2 | 5 | 13 | 7 | 3 | 2 |

2.3 诊断一致性比较 根据 ASR 和 DSR 测量的 NASCET 分级,以 2D DSA 为诊断“金标准”行 Kappa 分析,MSCTA 与 2D DSA 对血管狭窄程度的判断具有极佳的一致性,Kappa 值分别为 0.86 和 0.91,而 3D DSA 对血管狭窄程度判断的一致性和可靠性较差,Kappa 值分别为 0.35 和 0.42。

3 讨论

动脉粥样硬化引起的颈动脉和脑动脉狭窄是发生缺血性脑卒中的重要原因,其发病机制与管腔狭窄后脑内持续低灌注、斑块成分脱落和栓子形成有关,随着动脉狭窄程度增加,发生大面积脑梗死的概率和风险显著上升,文献报道 80% 的急性脑梗死患者存在颈动脉狭窄,发达国家和白人则以颅外段狭窄多见,发展中国家和亚洲人则以颅内血管狭窄更为多见^[6-9]。准确评估血管狭窄程度、功能状态和粥样斑块性质,及时采取临床干预和治疗措施,对降低脑血管病的发病率,减轻脑血管病危害具有重要的临床意义^[10]。

MSCTA 和 DSA 径线或距离的精确测量是准确评估血管狭窄程度的前提,其影响因素较多。定期进行 CT 和 DSA 成像系统的稳定性检测和校准,检查过程中选择合适的视野、矩阵和图像重建方法,造影剂浓度和注射速率的选择,探测器-球管距离和床面高度的调节是影像质量控制的重要环节,也是进行精确测量的重要基础^[11]。本实验采用固定的床面高度、探测器-球管距离,视野和成像矩阵,尽量减小图像放大率以保证测量结果的准确性。在实际工作中,MSCTA 成像时造影剂浓度过低或粥样斑块较大,AVA 分析常难以确定血管内壁或斑块的真实边界,导致狭窄腔内径或截面面积的测量误差^[12]。本实验中采用的高卷积函数(H60f)进行图像重建,具有较高的对比度和信噪比,借助多平面重组能够清晰显示血管内壁和准确勾画血管的狭窄断面,所测得的血管模型内径与实物的误差仅约 1%,为 AVA 的准确分析和评价奠定了应用基础。在进行 PTCA 和外周小血管介入的操作中,5F 导管校准法是最为常用的测量方法,可用于支架、球囊、滤器尺寸的订制或确认,但在神经介入手术中,由于颅内血管图像中通常不包含导管或仅在图像边缘区域显示部分导管,此时用偏离视野中心的导管进行校准测量可能会导致较大的测量误差,不利于支架、弹簧钢圈或扩张球囊大小的选择,因此有学者提倡使用钢球作为参照物来进行校准测量^[13-14]。本实验中采用 10 mm 正圆钢球进行 2D DSA 测量的距离校准,所测得的模型血管内径与真实管径的测量误差最小。3D DSA 的测量精度与机架旋转过程中设备的稳定性、视野、成像矩阵和重建方法的选择有关,随着视野的缩小和成像矩阵的加大,3D DSA 的测量误差则有减小的趋势^[11]。与 MSCTA 不同,3D DSA 因受 C 臂旋转角度限制,所采集的容积数据量较 MSCTA 有显著差距,重组后的图像质量与 MSCTA 比较相对较差。本实验中 3D DSA 采用 VR 成像方式,模型血管内径测量值与实际值误差较大,增大成像阈值后管径测量值虽有所降低,但模型血管的锐利度下降,并伴有图像信息丢失,有相当一部分模型血管无法完成 AVA 分析,分析其原因应与采集的容积数据较少有关,加之目前 3D DSA 通常仅可采用自动校准模式,尚不能通过导管或钢球等参照物进行校准,其校准精度较低,测量误差亦相对较大。此外,靶血管偏离成像视野中心也可影响 MSCTA 和 DSA 的精确测量,并产生较明显的误差。增加探测器的容积数据采集并采用高分辨重建方法有助于改善 3D DSA 的空间距离测量准确性,需进一步的研究。

ASR 和 DSR 是 MSCTA 和 DSA 的 AVA 分析中,能自动或半自动获取并用于评估血管狭窄程度的重要数据。

NASCET 和欧洲颈动脉外科试验协作组在提出定义标准时均采用的是根据 DSR 评估血管的狭窄程度,其计算和应用也相对简便^[5,14]。由于动脉粥样硬化斑块具有扁平型、突出型、溃疡型等多种形态类型,在狭窄残腔的直径相同的情况下,其面积狭窄率可不尽相同。因此,大多数的学者认为 ASR 能准确反映血流动力学变化,比 DSR 所反映的血管狭窄程度更为准确可靠^[2,4,6]。本实验中 MSCTA、2D DSA 和 3D DSA 对同一血管模型所测得的 ASR 均大于 DSR,在 2D DSA 和 CTA 的 AVA 分析中,根据 ASR 和 NASCE 标准判断为中度或重度狭窄的血管模型,采用 DSR 所评估的狭窄程度均有不同程度的降低,也再次证明采用 ASR 作为血管狭窄评估指标的正确性。在诊断效能评价方面,以 DSA 为金标准,分别以 ASR 和 DSR 作为血管狭窄评估指标,经 Kappa 分析,MSCTA 与钢球校准后 2D DSA 对血管模型的狭窄程度分级具有极佳的诊断一致性,而 3D DSA 对模型血管狭窄程度评估的准确性相对较低。

64 层螺旋 CT 空间分辨率和时间分辨率高,各向同性,可在任意方向进行血管重组并无变形失真^[15-16],基于高卷积函数重建的 MSCTA 图像和 AVA 血管分析,能够全面显示粥样硬化斑块、管壁厚度,避免血管周围骨性结构干扰,尤其适用于走行迂曲的颈动脉和脑动脉狭窄的分析和评估。有报道认为,由于投照角度、血管重叠或血管分叉角度的影响,2D DSA 常不能准确显示粥样硬化斑块、血管的最大狭窄角度,可能会低估血管的狭窄程度^[3-4]。本实验中的模型血管均为垂直方向行走,不存在血管分叉或成角的干扰,2D DSA 采用旋转方式采集,结果表明 2D DSA 和 MSCTA 对血管模型的内径的测量值与实际值间的误差最小,对血管狭窄程度分级也具有极佳的一致性,与 Simith 等^[17]的研究结果亦较为一致。3D DSA 具有比 2D DSA 更为直观的三维成像效果,能够同时显示血管、颅骨间的复杂解剖关系,结合虚拟血管内镜显示,有助于发现更多的狭窄斑块和溃疡。但由于存在较大的测量误差,尚不能单独依赖于 3D DSA 的 AVA 分析来评估血管的狭窄程度。

本实验研究通过基于高分辨重建的 MSCTA、常规 DSA 和 3D DSA 对血管狭窄模型的精确测量差异比较,证明 MSCTA 和 2D DSA 的测量准确性要高于 3D DSA。临床实际工作中,在对于颈内动脉颅外段等管径较大的血管进行 AVA 分析时,上述差异可能并不具有明显的临床意义,但对于具有严格测量要求的神经介入或小血管内治疗(如管径较细的颈内动脉颅内段和脑内动脉),了解上述测量精度差异,选择正确的方法进行靶血管测量,仍具有一定的临床实用价值。

参考文献:

- [1] Silvennoinen HM, Ikonen S, Soenne L, et al. CT angiographic analysis of carotid artery stenosis: comparison of manual assessment, semiautomatic vessel analysis, and digital subtraction angiography[J]. *Am J Neuroradiol*, 2007,28(1):97-103.
- [2] 段鸿洲,莫大鹏,张扬,等. 仿真三维 DSA 血管内镜成像在颅内动脉狭窄诊治中的作用[J]. *中国脑血管病杂志*, 2011,8(8):407-411.
- [3] 张珑,刘建民,许奕,等. 三维数字减影血管造影影像在颈动脉狭窄血管内治疗中的价值[J]. *介入放射学杂志*, 2003,12(3):202-204.
- [4] 周石,余雷,陈绪光,等. 旋转 DSA 三维重建成像与常规 DSA 在颈动脉狭窄诊治中的比较研究[J]. *中华放射学杂志*, 2005,39(1):92-96.

调查结果显示调查对象优质蛋白摄入比例良好,但蛋白质来源以动物性蛋白为主,且摄入过多,同时缺乏谷类及豆类蛋白,无奶类蛋白来源。每标准人一餐油脂摄入量为 24.3 g,是 RNI 的 2 倍。这与膳食结构中禽畜类及鱼虾类食物摄入量过多,谷、豆类摄入量不足的分析结果一致。

对营养素摄入量的调查结果表明,只有能量、硫胺素、钙及核黄素的摄入量适中。抗坏血酸的摄入量不足,蛋白质、脂肪、视黄醇当量、烟酸、维生素 E、钠、铁的摄入过量。其中,维生素摄入不足,与膳食结构中深色蔬菜及叶类蔬菜摄入量相对较少的情况一致;钠摄入明显过量与就餐顾客一餐食盐摄入量明显过多有关。近年来因为营养过剩或营养不均衡带来的健康问题日益突出,除了血脂问题,高血压问题也较为严重,这也提示除了日常饮食,在外就餐时,也要注意用盐控制,以减少钠等营养素的摄入量。

综上所述,酒店顾客一餐膳食结构,营养素摄入不尽合理,应该加强酒店厨师、服务人员及就餐顾客对营养搭配等相关营养知识的了解,并通过适当方式进行有针对性的营养教育干预措施,增加谷类、豆类、蛋类、乳类、薯类、粗杂粮和深色蔬菜,叶类蔬菜的摄入量;同时应该减少高钠食品,胆固醇含量偏高的畜禽肉类食品、钠和胆固醇含量偏高的海产品和烹调用油盐的量,以达到既增加复合碳水化合物、膳食纤维、钙、维生素 C 等营养素膳食摄入量,又减少饱和脂肪酸、胆固醇和钠等营养素膳食摄入量的目的。

参考文献:

[1] Yao M, McCrory MA, Ma G, et al. Relative influence of diet and physical activity on body composition in urban

Chinese adults[J]. *Am J Clin Nutr*, 2003, 77(6): 1409-1416.

[2] Lin BH, Frazao E. Nutritional quality of foods at and away from home[J]. *Food Rev*, 1997, 20(2): 33-40.

[3] Jeffery RW, French SA. Epidemic obesity in the United States: are fast foods and television viewing contributing? [J]. *Am J Public Health*, 1998, 88(2): 277-280.

[4] 葛可佑. 中国营养百科全书[M]. 北京:人民卫生出版社, 2004:1357-1364.

[5] 李艳平,王冬,何宇纳,等. 不同膳食调查方法评估人群能量和营养素摄入量的比较[J]. *中国慢性病预防与控制*, 2007, 15(2): 79-82.

[6] 王光亚. 中国食物成分表[M]. 北京:北京大学医学出版社, 2009.

[7] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素推荐摄入量[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2001.

[8] 中国营养学会. 中国居民膳食指南[M]. 拉萨:西藏人民出版社, 2008.

[9] 王陇德. 中国居民营养与健康状况调查报告之一:2002 综合报告[M]. 北京:人民卫生出版社, 2005.

[10] 邢继红. 试论中餐餐馆饮食存在的营养问题与对策[J]. *中国食物与营养*, 2010(4): 75-78.

[11] 陈春明,赵文华,杨正雄,等. 中国慢性病控制中膳食关键因素的研究[J]. *中华流行病学杂志*, 2006, 27(9): 739-743.

(收稿日期:2014-09-08 修回日期:2014-11-10)

(上接第 361 页)

[5] Lian K, White JH, Bartlett ES, et al. NASCET percent stenosis semi-automated versus manual measurement on CTA[J]. *Can J Neurol Sci*, 2012, 39(3): 343-346.

[6] 李明珠,徐敏,奚克敏. 64-SCTA、MRA、DSA 诊断脑血管狭窄对比研究[J]. *中国医疗设备*, 2009, 24(7): 138-140.

[7] Uchiyama S. Transient ischemic attack, a medical emergency[J]. *Brain Nerve*, 2009, 61(9): 1013-1022.

[8] Eliasziw M, Kennedy J, Hill MD, et al. Early risk of stroke after a transient ischemic attack in patients with internal carotid artery disease[J]. *CMAJ*, 2004, 170(7): 1105-1109.

[9] Harjai KJ, Mehta RH. Trials and tribulations of carotid artery stenting: the Interventionalists' perspective on SAPHIRE, EVA-3S, and SPACE Trials [J]. *J Interv Cardiol*, 2007, 20(5): 389-394.

[10] Heehan OC, Kyne L, Kelly LA, et al. Population-based study of ABCD2 score, carotid stenosis, and atrial fibrillation for early stroke prediction after transient ischemic attack: the North Dublin TIA study[J]. *Stroke*, 2010, 41(5): 844-850.

[11] 马国林,刘瑞宏,胡立斌,等. 三维 DSA 距离测量准确性的模体定量评价研究[J]. *医学影像学杂志*, 2009, 19(7):

801-804.

[12] 张子曙,刘军,谭长连,等. 颈动脉狭窄的 CTA 与 DSA 对照研究[J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2004, 10(3): 149-154.

[13] 曾启龙,牡丹. 3 种不同测量技术在 DSA 中的应用与分析[J]. *医疗卫生装备*, 2010, 31(10): 92-93.

[14] 陈玉琴. DSA 后处理系统测量技术的开发与利用[J]. *介入放射学杂志*, 2000, 9(4): 238-239.

[15] Staikov IN, Arnold M, Mattle H, et al. Comparison of the ECST, CC, and NASCET grading methods and ultrasound for assessing carotid stenosis[J]. *J Neurol*, 2000, 247(9): 681-686.

[16] 王普清,王勇,王安平,等. 64 层 CT 对缺血性脑血管病患者颈动脉粥样硬化斑块的研究[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2012, 20(9): 819-823.

[17] Smith JC, Watkins GE, Smith DC, et al. Accuracy of digital subtraction angiography, computed tomography angiography, and magnetic resonance angiography in grading of carotid artery stenosis in comparison with actual measurement in an in vitro model[J]. *Ann Vasc Surg*, 2012, 26(3): 338-343.

(收稿日期:2014-09-18 修回日期:2014-10-22)