

• 临床论著 •

320 排 CT 头颈联合扫描评价颈动脉血运重建术前后脑血流动力学变化

毕涛 于薇 何楠 杨琳 张晓洁 张兆琪

(摘要) 目的: 采用 320 排 CT 头颈联合多参数扫描模式, 对拟行颈动脉血运重建术的患者进行扫描, 探讨颈动脉狭窄解除与脑灌注参数改善间的关系, 并进一步探讨脑血流动力学改变, 对血运重建术前不同类型患者选择的意义。方法: 30 例经超声证实颈动脉狭窄并拟行颈动脉血运重建术的患者, 分别于术前及术后 2w 内进行 320 排 CT 头颈联合多参数扫描, 对颈动脉狭窄程度及脑灌注各参数相对值进行分析。参数包括相对脑血流量(rCBF)、相对脑血容量(rCBV)、相对平均通过时间(rMTT)、相对达峰时间(rTTP) 及相对延迟时间(rDelay)。由 2 名有经验的放射科医生分别根据脑灌注成像结果, 将患者定性分为双侧大脑半球灌注对称组 12 例、双侧大脑半球灌注不对称组 18 例。结果: 颈动脉血运重建术后患侧 rTTP 及 rDelay 较术前改善, 其余灌注参数手术前后的差异无统计学意义。根据术前脑灌注状态不同, 对术前患者进一步分层研究, 术前灌注对称组, 术后患侧脑灌注各参数数值改善不明显; 术前灌注不对称组, 术后 rCBV、rMTT、rTTP 及 rDelay 较前改善。结论: 320 排 CT 头颈联合多参数扫描模式, 可以全面地显示颈动脉血运重建术前后, 颈动脉狭窄的形态学改变, 及其所导致的患侧供血区血流动力学的改变, 为患者术前评价、治疗方案的选择及术后疗效的观察提供依据。

(关键词) CT 灌注成像; 颈动脉狭窄; 血流动力学; 血运重建术; 血管疾病

(中图分类号) R54 **(文献标识码)** A **(文章编号)** 1007-5062(2012)03-268-05

Imaging evaluation of the cerebral hemodynamic changes pre and post revascularization by 320 slices CT multiple parameter scan Bi Tao, YU Wei, HE Nan, YANG Lin, ZHANG Xiaojie, ZHANG Zhaoqi Department of Radiology, Capital Medical University affiliated Beijing Anzhen Hospital, Beijing Institute of Heart, lung and Blood Vessel Diseases, Beijing 100029, China

[Abstract] **Objective:** To evaluate the relationship between carotid stenosis and brain perfusion changes before and after revascularization, by 320 slices CT multiple segments and parameter scan. Further analysis was done to find which kind of patient can get more benefit from the carotid artery revascularization. **Methods:** 30 patients that the ultrasound result demonstrated carotid artery stenosis underwent carotid artery revascularization. All of them studied with 320 CT multiple parameter scan 2 weeks pre and post carotid revascularization. The degree of carotid artery stenosis and CT perfusion(CTP) parameters, include (cerebral blood flow(CBF), cerebral blood volume(CBV), mean transit time(MTT), time to peak(TTP) and Delay time(Delay) were calculated. The relative value were measured. Patients were divided into two groups, Group 1 symmetry bilateral hemisphere CTP, group 2 asymmetry bilateral hemisphere CTP. **Results:** The relative value (rTTP、rDelay) changed obviously after carotid artery revascularization, other parameter showed no obvious change. Patients were subdivided into two groups, based on the hemodynamic changes. 12 patients included in the symmetry CTP group, the hemodynamic parameters showed no obviously improvement after carotid artery revascularization, 18 patients included in the asymmetry CTP group, the hemodynamic parameters (rCBV, rMTT, rTTP, rDelay) improved obviously after the operation. **Conclusion:** After the carotid revascularization, the morphology change of carotid artery, and the hemodynamic changes of the blood supply area, can be shown by 320 slices

作者单位: 100029 北京 首都医科大学附属北京安贞医院-北京市心肺血管疾病研究所 医学影像科

通信作者: 张兆琪 E-mail: zhaoqi5000@vip.sohu.com

CT multiple parameter scan. Carotid artery stenosis patient with asymmetry CTP can get more benefit from the carotid artery revascularization.

[Key words] CT perfusion; Carotid stenosis; Hemodynamics; Revascularization; Blood vessel diseases

缺血性脑血管病是严重影响人们生活质量的常见病和多发病。严重颈动脉狭窄(severe carotid artery stenosis) 是脑梗死最主要的发病原因之一^[1]。对于严重颈动脉狭窄的血运重建术,主要有颈动脉内膜剥脱术(carotid endarterectomy ,CEA) 以及血管内支架成形术(carotid artery stenting ,CAS)^[2-3],目的不仅仅是解决颈动脉狭窄的问题,更主要是改善早期缺血脑组织的血流灌注,阻止其进展为梗死灶^[4]。因此临床医师不但需要了解颈内动脉形态学信息,更需要了解受累脑组织的血流动力学状态。

本研究通过颈动脉血运重建术术前、术后 320 排 CT 头颈联合多参数检查,一站式获得全面的颈动脉、脑血管的形态学信息以及全脑灌注信息,分析颈动脉血运重建术对脑血流动力学的影响,并且进一步分析哪类患者血运重建术后脑灌注的改善更明显。从而达到通过术前脑灌注的结果预测术后脑灌注改善效果的目的,为患者术前评价、治疗方案的选择及术后疗效的观察提供依据。

资料与方法

1. 临床资料 资料选自 2009 年 12 月至 2011 年 12 月间,经颈动脉超声证实一侧颈动脉狭窄 ≥ 50% 的病例,并拟行血运重建术患者 30 例,除外同时合并颅内动脉狭窄的患者。纳入此项研究。所有入选对象来自北京安贞医院血管外科,血运重建术前及术后 2 w 内分别行 320 排 CT 头颈联合多参数扫描(包括全脑 4D-CTA + 全脑灌注检查 + 颈动脉 CTA) 检查,分析颈动脉血运重建术对脑血流动力学的影响。患者临床一般情况及治疗方式见表 1。

2. 320 排 CT 头颈联合多参数成像 扫描参数:全脑容积 CT 成像:采用 320 排容积 CT 扫描机(Aquilion one ,日本东芝公司),选择低剂量扫描参数(80 kV、150 ~ 300 mA),矩阵 512 × 512,层厚 0.5 mm。动脉期 CTA 采取相同的管电压 80 Kv,管电流 300 mA,以保证图像质量。注药后延迟 7 秒开始扫描,动脉期时间间隔 2 s,静脉期时间间隔为 5 s,进行全脑容积数据的扫描,总扫描时间约 57 s,获取 18 个时相的全脑动态容积数据,从而获得全脑血管 4D-CTA 成像结果及全脑灌注信息。对比剂采用非离子对比剂(优维显 370) 速率为 5 mL/s,总量为 50 mL。

表 1 患者临床一般情况及治疗方式 ($\bar{x} \pm s, n(\%)$)

临床情况	例数(数) / 均值
年龄/岁	64. 60 ± 8. 32
性别	
男性	28
女性	2
治疗方式	
CEA	12(40. 0)
CAS	18(60. 0)
术前患侧颈动脉狭窄程度	
中度	5(16. 7)
重度	25(83. 3)
相关病史	
脑梗死	9(30. 0)
高血压	23(76. 7)
冠心病	15(50. 0)
糖尿病	12(40. 0)

颈动脉 CTA 成像: 颈动脉 CTA 扫描造影剂浓度、流速、总量同上。扫描参数为(120 Kv、200 mA),层厚 0.5 mm,获得颈动脉形态学信息。

3. CT 图像后处理及分析 脑灌注结果的后处理及分析 所有数据使用 Vitrea fX 工作站(Vital Images 美国,版本号 3. 1. 0) 上的专业的脑灌注软件进行处理(非去卷积算法)。全脑容积数据以大脑前动脉、上矢状窦做参照获得时间-密度曲线(time density curve ,TDC),获得相应的灌注图像。采用计算机自动分区测量的方法(减少人为勾画感兴趣区对结果的影响)。获取各感兴趣区的各灌注参数的绝对值,包括脑血流量(cerebral blood flow ,CBF)、脑血容量(cerebral blood volume ,CBV)、平均通过时间(mean transit time ,MTT)、达峰时间(time to peak ,TTP)、延迟时间(Delay),感兴趣区尽量避开血管和沟回部位。由于 CT 灌注参数目前尚无具有权威性的正常值标准和异常临界值^[5],相对干扰因素较多,因此本研究应用了相对值进行对比研究。各灌注参数的相对值采用如下计算公式算出,以 CBF 为例: rCBF = 患侧 CBF/健侧 CBF,其他参数同理获得。

目前国内常用的脑灌注分期标准参照高培毅等^[6]的研究将梗死前低灌注状态分为 4 个期,Ⅰ 1 期: TTP 延长,MTT、rCBF 和 rCBV 正常; Ⅰ 2 期: TTP 和 MTT 延长,rCBF 正常,rCBV 正常或轻度升高; Ⅱ 1 期: TTP、MTT 延长以及 rCBF 下降,rCBV 基本正常或轻度下降; Ⅱ 2 期: TTP、MTT 延长,rCBF 和 rCBV 下降,并认为此分期可反应脑局部微循环病例

生理状态。但是该分期方法主要是针对于脑梗死前期 CTP 的改变而制定的。本组研究对象是颈动脉狭窄患者,颈动脉狭窄导致的脑灌注异常多处于 I 期,故本研究将 I 期灌注异常定性判断为灌注不对称,该组患者脑灌注结果特点为 MTT、TTP 或 Delay 三个参数中任何一个参数延长。根据此标准将患者分为双侧大脑半球灌注对称组(12 例)及双侧大脑半球灌注不对称组(18 例)。Waaier 等^[7]的研究亦采用类似的定性分组标准,对颈动脉狭窄术前患者进一步分层研究。由两位有经验的放射科医生分别对脑灌注结果进行评价,对分组有争议的进行会诊达成一致结果。各灌注参数当中 TTP 改变较敏感,可以通过双侧 TTP 的变化率来反映脑灌注不对称的程度,计算公式为 $\Delta TTP \text{ 变化率} = (\text{患侧 TTP} - \text{健侧 TTP}) / \text{健侧 TTP} \times 100\%$ ^[8]。

颈动脉 CTA 的后处理及分析:颈动脉狭窄的评价标准采用北美症状性颈动脉内膜切除术试验协作组(North American symptomatic carotid endarterectomy trial, NASCET^[9])标准,即管腔最窄处直径与远端正常管腔直径的比值。本研究将颈动脉狭窄 50%~70% 归为中度狭窄;颈动脉狭窄 >70% 定义为重度狭窄,进一步的分析研究。所有血运重建术前后的数据采用相同的处理方法进行评价。

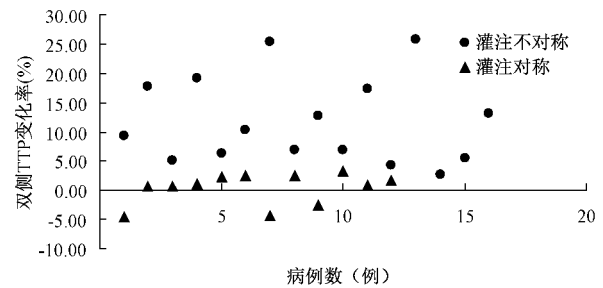
4. 统计学分析 所有数据应用 SPSS 13.0 统计软件分析,计量资料以均数 \pm 标准差表示,采用两两配对 t 检验;计数资料采用频数(率)表示, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、术前脑灌注对称组与灌注不对称组,分组标准的验证

根据材料与方法中所示的分组标准,将患者分为术前灌注对称组(12 例)与灌注不对称组(18 例)。灌注对称组 ΔTTP 变化率约为 $-2.36\% \sim 3.00\%$,平均 0.32% ,灌注不对称组 ΔTTP 变化率约为 $2.76\% \sim 25.70\%$,平均 11.78% ,如下图所示,

2 组数据分布范围区间不同。如 ΔTTP 变化率处在 2 组的临界点附近,可以结合 MTT、Delay 的变化来帮助判断及分组。



二、颈动脉血运重建术前、术后脑灌注参数的变化

30 例患者颈动脉血运重建术后,相对测量值 $rTTP$ (t 值 3.600, $P = 0.001$)、 $rDelay$ (t 值 2.925, $P = 0.007$) 较术前改善,差异有统计学意义。表现为患侧与健侧的比值更接近 1,说明双侧大脑灌注较术前更对称;其余参数术前、术后的差异无统计学意义。术前双侧大脑半球灌注对称组,患者术前、术后各脑灌注参数的差异均无统计学意义。术前双侧大脑半球灌注不对称组,颈动脉血运重建术后 $rTTP$ ($t = 4.327$, $P = 0.001$)、 $rDelay$ ($t = 3.194$, $P = 0.006$) 较术前明显改善;术后 $rCBV$ ($t = 2.191$, $P = 0.045$)、 $rMTT$ ($t = 2.329$, $P = 0.034$) 也较术前改善; $rCBF$ 术前、术后的差异无统计学意义,具体数值见表 2。灌注不对称组典型病例结果见图 1。

三、辐射剂量

320 排 CT 头颈联合多参数检查(包括全脑 4D-CTA + 全脑灌注 + 颈部 CTA),总的辐射剂量平均约为 5.83 mSv(其中全脑 4D-CTA + 全脑灌注检查约 4.53 mSv)。

讨 论

本研究通过颈动脉血运重建术术前、术后 320 排 CT 头颈联合多参数检查,一站式获得全面的颈动脉、脑血管的形态学信息以及全脑灌注信息,分析

表 2 颈动脉血运重建术术前、术后脑灌注各参数相对测量值的比较($\bar{x} \pm s$)

项目	全部病例($n = 30$)		灌注对称组($n = 12$)		灌注不对称组($n = 18$)	
	术前	术后	术前	术后	术前	术后
rCBF	1.011 \pm 0.137	0.984 \pm 0.129	1.026 \pm 0.134	1.017 \pm 0.126	0.982 \pm 0.133	0.959 \pm 0.118
rCBV	1.053 \pm 0.194	0.987 \pm 0.185	1.036 \pm 0.163	1.058 \pm 0.178	1.080 \pm 0.223	0.963 \pm 0.167*
rMTT	1.040 \pm 0.144	0.993 \pm 0.098	1.007 \pm 0.076	1.021 \pm 0.073	1.094 \pm 0.156	0.997 \pm 0.095*
rTTP	1.054 \pm 0.097	1.004 \pm 0.072*	1.003 \pm 0.027	0.997 \pm 0.043	1.118 \pm 0.074	1.030 \pm 0.066**
rDelay	1.314 \pm 0.574	1.050 \pm 0.215*	1.041 \pm 0.242	0.985 \pm 0.156	1.613 \pm 0.603	1.149 \pm 0.185**

注:各组术前与术后比较,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$

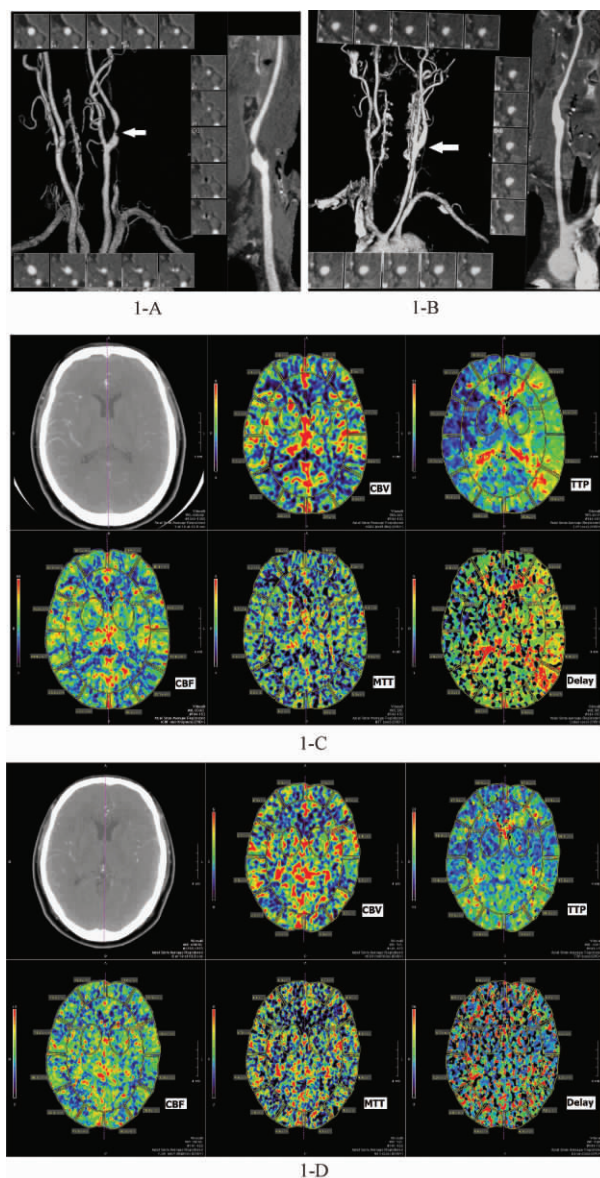


图 1-A、B、C、D 为同一患者术前、术后的检查结果: 图 1-A、1-B 为患者颈动脉术前、术后颈动脉 CTA, VR 及血管探针结果。图 1-A 术前左侧颈内动脉近段局限性管腔重度狭窄, 右侧为 CPR 图像显示血管狭窄情况, 周围短轴位图像为 MPR 图像可以显示病变、病变近段、病变远段的管腔狭窄情况及血管管壁的斑块的情况。图 1-B CEA 术后左侧颈总动脉远端-颈内、外动脉近段管腔轻度扩张表现, 管腔狭窄解除。图 1-C、1-D 为该患者术前、术后脑灌注结果。图 1-C: 术前患侧 TTP、Delay 较对侧明显延长, 定性判断为灌注异常 I 期, 归入灌注不对称组, 并进行了灌注参数具体数值的测量。图 1-D: 术后双侧大脑半球灌注基本对称, 并进行了灌注参数具体数值的测量。

颈动脉血运重建术对脑血流动力学的影响, 并且进一步分析哪类患者血运重建术后脑灌注的改善更明显。从而达到通过术前脑灌注的结果预测术后脑灌注改善效果的目的。

1. 颈动脉血运重建术后, 颈动脉狭窄的解除与

脑血流动力学改善之间的关系:

既往研究显示^[5, 7, 10], 相对测量值在反映术后灌注变化方面更加显著, 且最终灌注改善效果与患者的基线资料水平有关, 影响因素包括术前脑灌注状态, 有无基线灌注缺损状态; 患者的临床有无脑缺血表现; 颈动脉单侧还是双侧狭窄; 是否包括颈动脉闭塞的情况等。

本研究结果显示颈动脉血运重建术后, 颈动脉狭窄解除, 脑灌注相对测量值 $rTTP$ 、 $rDelay$ 较术前改善, 表现为患侧与健侧的比值减小, 结果更接近 1, 说明术后患侧颈动脉的狭窄解除后, 双侧颅内血流速度趋向相同, 所以比值缩小并更趋向于 1。其余参数相对测量值术前、术后的差异无统计学意义。通过以上的数值变化, 可以证明颈动脉血运重建术后, 患侧的脑组织供血可以得到改善, 其效应通过 CTP 各参数的改善得到客观反映, 表现为颈动脉相应供血区的血流速度加快, 表明 CTP 可以评价脑组织灌注状态的改变。

2. 术前脑灌注类型与颈动脉血运重建术的选择:

有研究发现^[11-13], 伴有脑血液动力学损害的颈动脉狭窄患者发生脑卒中的危险性明显高于不伴有脑血液动力学异常的患者, 所以在术前就针对患者的脑血流动力学情况进行评估, 可以为进一步的外科治疗提供有力的依据。

本研究发现术前灌注对称组, 术后双侧大脑半球灌注亦基本对称, 且灌注参数具体数值的统计分析亦表明这类患者颈动脉血运重建术后对患侧脑灌注无明显改善作用。然而, 术前灌注不对称组, 颈动脉血运重建术后脑灌注改善率(由不对称性转为对称)较高, 达 66.67% (12/18)。通过具体脑灌注参数数值的统计, 亦可得到相同的结论, 术后这组患者大部分脑灌注参数($rCBV$ 、 $rMTT$ 、 $rTTP$ 、 $rDelay$)均较术前有明显的改变, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。因此, 我们认为术前伴有脑灌注不对称的患者, 可以从颈动脉血运重建术后获得更大的益处。

与马志刚等^[4]的研究结论相符, 其研究表明对于单侧颈动脉狭窄的患者, 若脑灌注检查发现双侧大脑半球有明显差异, 外科治疗是积极有效的。但对于双侧颈动脉狭窄的病例, 灌注检查的意义有待进一步讨论, 但对发现一侧病变明显重于对侧的病例, 脑灌注检查还是有一定价值, 提示外科治疗的必要性。

综上所述, 术前脑灌注对称的颈动脉狭窄患者, 血运重建术对这部分患者的脑灌注改善效果有限; 对术前脑灌注明显不对称的颈动脉狭窄患者, 血运

重建术可明显改善患侧的脑灌注情况。结合既往的研究结果^[11-12],伴有脑血液动力学损害的颈动脉狭窄患者发生脑卒中的危险性,明显高于不伴有脑血液动力学异常的患者。我们建议合并脑灌注不对称的颈动脉狭窄患者更应积极的选择血运重建术治疗。

3. 本研究的局限性:

本研究所使用的 320 排 CT 头颈联合多参数扫描方法,总的辐射剂量相对较大。但宽探测器容积成像技术一次注药扫描可以同时获得全脑 CTA 和 CTP 图像,较其他的 CT 检查方法大大减少了辐射剂量和造影剂用量。本研究总体样本量较少,代表性欠佳,应扩大样本量进一步研究,所得到的结论将更有说服力。本研究证实了颈动脉血运重建术可以改善患侧脑灌注情况,但是手术前后灌注参数的改变与患者的临床转归间的相关性,仍需要进一步的研究证实。

总之,320 排 CT 头颈联合多参数扫描方法为颈动脉血运重建术提供了一种可行的,一站式 CT 扫描模式。可以全面的提供头部、颈部血管形态学信息以及全脑血流灌注信息,为临床术前患者的筛选及术后疗效的观察提供了一种新的思路,并初步证实了颈动脉血运重建术可以改善患侧脑灌注情况;术前双侧大脑半球灌注不对称的颈动脉狭窄患者,更适合选择血运重建术治疗,这类患者颈动脉狭窄解除后脑灌注改善更明显。

参考文献

- [1] 郑宇,华扬,凌锋,等. 颈动脉内膜剥脱术前、术中、术后颅内外血流动力学变化的研究. 中国医学影像技术,2004,12: 1872-1874.
- [2] 唐小斌,陈忠,李庆,等. 颈动脉内膜剥脱术相关临床问题的

探讨. 心肺血管病杂志,2009,28:168-170.

- [3] 叶志东,刘鹏,樊雪强,等. 颈动脉内膜切除术治疗颈动脉狭窄的临床经验. 心肺血管病杂志,2010,29:468-470.
- [4] 马志刚,史伟浩,尹波,等. CT 脑灌注成像在颈动脉硬化狭窄外科治疗术前评估中的应用. 中国医学计算机成像杂志,2009,15:106-109.
- [5] 王立平,赵春禹,李树艳. 多层 CT 评价 TIA 患者颈动脉狭窄及卒中预测的意义. 临床放射学杂志,2008,9:1207-1210.
- [6] 高培毅,梁晨阳,林燕,等. 脑梗死前期脑局部微循环障碍 CT 灌注成像的实验研究. 中华放射学杂志,2003,37:29-34.
- [7] Waaijer A. Changes in cerebral perfusion after revascularization of symptomatic carotid artery stenosis CT measurement. full. Radiology,2007,245:541-548.
- [8] 高培毅,林燕. TIA 患者脑动态 CT 峰值时间灌注成像的初步研究. 中国医学计算机成像杂志,2002:1-5.
- [9] Barnett HJ, Taylor DW, Eliasziw M, et al. Benefit of carotid endarterectomy in patients with symptomatic moderate or severe stenosis. North American symptomatic carotid endarterectomy trial collaborators. N Engl J Med,1998,339:1415-1425.
- [10] Soinne L, Helenius J, Tatlisumak T, et al. Cerebral hemodynamics in asymptomatic and symptomatic patients with high-grade carotid stenosis undergoing carotid endarterectomy. Stroke,2003,34:1655-1661.
- [11] Latchaw R E, Yonas H, Hunter GJ, et al. Guidelines and recommendations for perfusion imaging in cerebral ischemia: A scientific statement for healthcare professionals by the writing group on perfusion imaging, from the Council on cardiovascular radiology of the American heart association. Stroke,2003,34:1084-1104.
- [12] Mejdoubi M, Calviere L, Dumas H. Value of CT perfusion for the diagnosis of early middle cerebral artery stroke. J Radiol,2010,91:555-560.
- [13] Jongen LM, Hendrikse J, Moll F L, et al. Cerebral perfusion affects the risk of ischemia during carotid artery stenting. Cerebrovasc Dis,2010,29:538-545.

(2012-02-09 收稿)

• 读者 • 作者 • 编者 •

统计学分析结果和结论陈述的表达

论文在表达统计分析结果时,一般只给出“ $P > 0.05$ ”、“ $P < 0.05$ ”或“ $P < 0.01$ ”,应给出统计量的计算结果,并尽可能给出具体的“ P 值”,如 $t = 4.78$, $df = 8$, $P = 0.0014$, $\chi^2 = 10.360$, $df = 3$, $P = 0.0157$ 。

在表达定性和定量资料的结果时,还应给出总体平均值或总体率的 95% 可信区间。

论文在陈述结论时常说:试验组与对照组比较,差别非常显著。这样下结论是不可取的!正确的陈述方法如下:试验组与对照组总体平均值之间的差别具有统计学意义,因试验组的平均值大于对照组的平均值,说明试验药物使该指标的取值有所升高。在研究某种疾病患者(分为溶栓、未溶栓)是否出现心功能不全时,得到了 $P < 0.05$ 的正确计算结果,但结论却是这样写的:溶栓与心功能不全之间的联系具有统计学差异。这样的结论是很不完全的,应该阐明:这个结论说明了什么?正确的结论应当是什么?

本刊编辑部