

Analysis of individual impact factors on the enhancement effect of carotid CTA with Test-Bolus technology

HUANG Gang^{1*}, MA Ya-qiong¹, LI Sheng-hu²

(1. Department of Radiology, Gansu Provincial Hospital, Lanzhou 730030, China,

2. Department of Radiology, Wuxi Traditional Medicine Hospital, Wuxi 214000, China)

[Abstract] **Objective** To explore the individual impact factors on the time to peak (TTP), the peak value (POV) of contrast agent during carotid artery CTA with Test-Bolus technology. **Methods** Ninety-four patients underwent common carotid artery CTA with Test-Bolus technology, then the time-density curves (TDC) were analyzed to obtain TTP and POV. Single-factor regression analysis and multivariate stepwise regression analysis were used to analyze the relationship between individual factors (such as gender, age, body height, et al) and TTP, POV, respectively. **Results** Two multiple regression equations were obtained, $TTP (s) = -5.14 + 2.33 \times G (\text{gender}) + 0.07 \times A (\text{age}) + 0.08 \times BH (\text{body height, cm}) + 0.05 \times MAP (\text{mean arterial pressure, mmHg})$, $POV (HU) = 453.87 - 2.28 \times BW (\text{body weight, kg}) - 2.41 \times TTP (s) - 0.63 \times HR (\text{heart rate})$. **Conclusion** The appropriate delay time and POV after injecting contrast agent can be obtained according to individual factors and multiple regression equations in carotid CTA.

[Key words] Tomography, X-ray computed; Carotid; Time to peak; Peak value; Individual factors

利用 Test-Bolus 技术分析影响颈动脉 CT 增强效果的个体因素

黄 刚^{1*}, 马娅琼¹, 李生虎²

(1. 甘肃省人民医院放射科, 甘肃 兰州 730030; 2. 无锡市中医医院放射科, 江苏 无锡 214000)

[摘要] **目的** 利用 Test-Bolus 技术分析行颈总动脉 CTA 检查时对比剂到达颈总动脉的达峰时间和峰值与个体因素之间的关系。**方法** 对 94 例患者采用 Test-Bolus 技术行颈总动脉 CTA 检查, 分析颈总动脉的时间-密度曲线, 获得其达峰时间和峰值。采用单因素回归分析和多因素逐步回归法分析患者性别、年龄、身高等个体因素与对比剂到达颈总动脉的达峰时间和峰值的关系。**结果** 根据患者个体相关因素得出多元回归方程: 达峰时间(s) = $-5.14 + 2.33 \times \text{性别} + 0.07 \times \text{年龄} + 0.08 \times \text{身高}(\text{cm}) + 0.05 \times \text{平均动脉压}(\text{mmHg})$; 峰值(HU) = $453.87 - 2.28 \times \text{体质量}(\text{kg}) - 2.41 \times \text{达峰时间}(\text{s}) - 0.63 \times \text{心率}$ 。**结论** 行颈动脉 CTA 前应首先评估患者的个体因素, 根据达峰时间和峰值的多元回归方程, 可计算出注射对比剂后的延迟时间和峰值。

[关键词] 体层摄影术, X 线计算机; 颈动脉; 达峰时间; 峰值; 个体因素

[中图分类号] R814.42 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2013)06-1015-04

颈动脉血流速度快, 在头颈 CT 增强检查中对比剂峰值持续时间短, 导致颈部骨组织与强化的颈动脉血管影像存在重叠, 使得颈动脉重建时阈值设置较为

困难。颈动脉 CT 增强效果的主要取决于能否准确掌握延迟时间和获得适当峰值^[1]。目前 CTA 扫描时间窗的选择多采用小剂量团注测试 (Test-Bolus) 技术。为完善 Test-Bolus 技术的扫描延迟时间常规计算公式 $(10 + 2n + 2)$, 钟俊锋等^[2] 根据国内外相关研究^[3-7] 提出了从 4 个峰值范围分别计算延迟时间的新的计算公式, 以期将靶血管对比剂浓度稳定控制在适当范围, 但是小剂量对比剂测试时也会出现无峰值或达峰时间

[作者简介] 黄刚(1974—), 男, 甘肃天水人, 硕士, 副主任医师。研究方向: CT、MR 影像诊断。

[通讯作者] 黄刚, 甘肃省人民医院放射科, 730030。

E-mail: keen0999@163.com

[收稿日期] 2012-11-23 **[修回日期]** 2013-03-26

过长、峰值较小的情况。本研究利用 Test-Bolus 技术探讨达峰时间和峰值与个体因素的关系,以期确定个体化的扫描方案。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2012 年 1 月—2012 年 9 月临床疑有颈动脉疾病拟行颈动脉 CTA 检查的 94 例患者,男 54 例,女 40 例,年龄 32~88 岁,平均(57.8±12.4)岁。入选标准:①无明显影响肺循环和体循环的肺部疾病、严重心脏病及颈总动脉血管性疾病;②知情同意;③能够配合;④年龄在 18~90 岁之间。

1.2 仪器与方法 检查前 10~30 min 测量患者的身高、体质量、血压、心率,询问有无心脏病、糖尿病及化疗史,并记录相关信息;训练患者,使其在检查时保持平静呼吸。

采用 GE LightSpeed VCT 扫描仪,先扫描定位片,选择 C4 椎体下缘水平作为监测层面。应用 Ulrich 双筒高压注射器经右侧手背静脉注射 20 ml 对比剂(优维显,300 mgI/ml),流率 4 ml/s,注射持续时间为 5 s^[8]。注射对比剂约 10 s 后于 C4 椎体下缘水平行 Test-Bolus 扫描。扫描参数:管电压 120 kV,管电流 30 mAs,准直 5 mm,层厚 5 mm,扫描时间 1 s,扫描时间间隔 1 s,FOV 18~24 cm。扫描时紧密观察颈总动脉密度,发现密度增高后又降低时立即终止扫描,最多扫描 30 s,每例获得 3~16 幅图像。

将图像传送至 GE AW 4.4 工作站,应用 perfusion 4.0 软件进行分析。ROI 尽量置于颈总动脉中心,面积大于颈总动脉管腔面积的 50%^[9]。软件自动生成时间-密度曲线(time-density curve, TDC),最高点的横坐标为达峰时间,纵坐标为峰值(图 1、2)。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 13.0 统计软件,采用单因素回归分析和多因素逐步回归法分析个体因素对颈总动脉对比剂达峰时

间和峰值的影响。P<0.1 认为差异有统计学意义(根据所得变量发现取 P<0.05 时,所纳变量过少,若取 P<0.2,所纳变量过多,不适宜建立一个实用简便的方程)。

2 结果

本组中 7 例患有心脏病,糖尿病 3 例,9 例有化疗史。

2.1 达峰时间与个体因素的统计分析 单因素回归分析结果显示,性别、身高、年龄、平均动脉压的 P 值分别为<0.01、<0.01、0.02、0.09;采用多因素回归分析中的 enter 法,强制将性别、身高、年龄、平均动脉压纳入模型,达峰时间与个体因素的多因素回归分析见表 1。多元回归方程:达峰时间(s)=-5.14+2.33×性别+0.07×年龄+0.08×身高(cm)+0.05×平均动脉压(mmHg),其中性别的赋值为女性 0,男性 1。

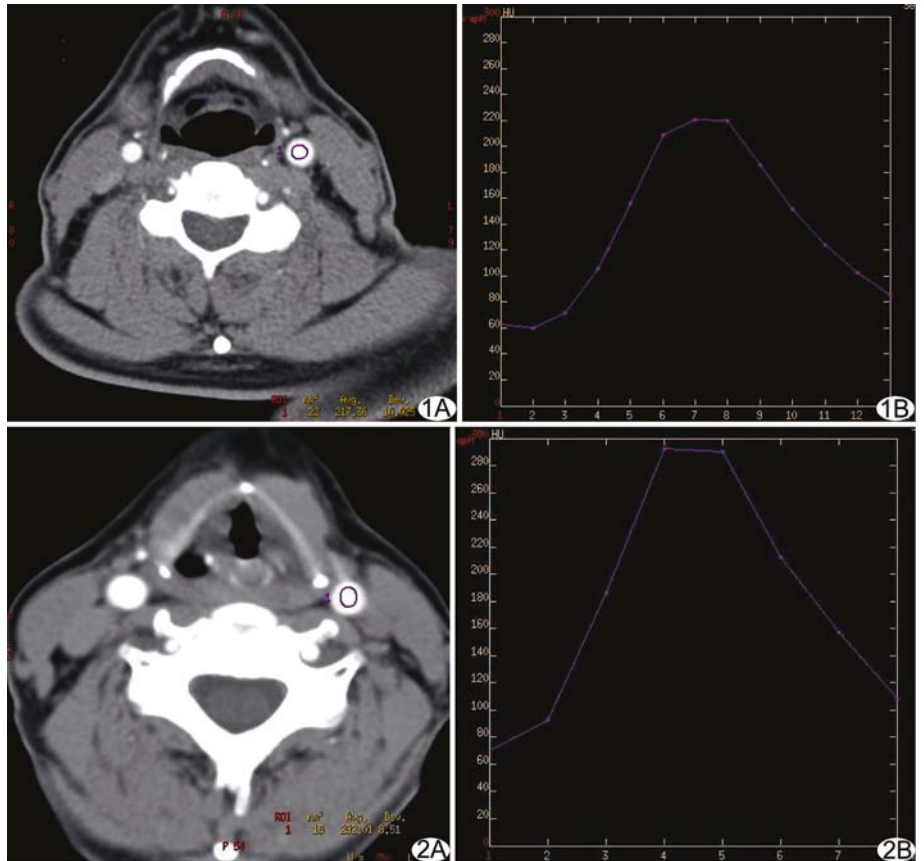


图 1 患者男,56 岁,身高 176 cm,体质量 70 kg,心率 68 次/分,血压 140 mmHg/85 mmHg,无心脏病、糖尿病及化疗史;达峰时间为 22 s(扫描一点需 1 s,间隔 1 s,注射对比剂后延迟 10 s 扫描,该患者到达峰值共经历 6 点,故达峰时间为 6×2+10=22(s),峰值为 220.6 HU A. 监测平面; B. TDC 曲线 图 2 患者女,55 岁,身高 160 cm,体质量 46 kg,心率 67 次/分,血压 110 mmHg/60 mmHg,无心脏病、糖尿病及化疗史;达峰时间为 3×2+10=16(s),峰值 292 HU A. 监测平面; B. TDC 曲线

表 1 达峰时间与个体因素的多因素回归分析

个体因素	回归系数	标准误	标准化回归系数	T 值	P 值
性别	2.33	0.04	0.27	1.93	0.06
年龄	0.07	1.21	0.21	2.15	0.04
身高	0.08	12.47	0.15	1.08	0.28
平均动脉压	0.05	0.08	0.13	1.38	0.17

注:采用 enter 法,常数项为-5.14

2.2 峰值与个体因素的统计分析 单因素回归分析结果显示,性别、体质量指数、体质量、身高、达峰时间、年龄、心率的 P 值分别为 <0.01、<0.01、<0.01、<0.01、0.01、0.09、0.08;采用多因素回归分析中的 stepwise 法,将体质量、达峰时间、心率纳入模型,峰值与个体因素的多因素回归分析结果见表 2。多元回归方程:峰值(Hu)=453.87-2.28×体质量(kg)-2.41×达峰时间(s)-0.63×心率。

表 2 峰值与个体因素的多因素回归分析

因素	回归系数	标准误	标准化回归系数	T 值	P 值
体质量	-2.28	0.37	-0.52	-6.21	0.00
达峰时间	-2.41	0.93	-0.22	-2.59	0.01
心率	-0.63	0.47	-0.11	-1.35	0.18

注:采用 stepwise 法,常数项为 453.87

3 讨论

3.1 影响颈动脉 CT 增强效果的因素 颈动脉 CT 增强扫描延迟时间和峰值是影响颈动脉 CT 增强效果的重要因素。研究^[10-11]认为对比剂匀速注射速率越快,延迟时间越短,且对比剂浓度越大,延迟时间也越短,但在标准化技术因素的前提下,对比剂从注射到循环至靶器官每例患者所需时间均有差异,最佳扫描时间也因人而异。目前 Test-Bolus 技术是个体化确定 CTA 扫描延迟时间的最佳手段。但费晓璐等^[12]研究发现由血管内高浓度对比剂产生的强烈的部分容积效应会使颈动脉斑块面积显著缩小,即对比增强程度过高会低估血管的狭窄程度。因此,利用钟俊锋等^[2]提出的 4 个峰值范围延迟时间计算公式,并在一定程度完善了 Test-Bolus 技术的常规公式,本研究通过多元回归方程观察达峰时间、峰值与个体因素的关系,在测试值不确切的情况下,确定其新公式中的 n 值[(达峰时间-10 s)/2]和 P 值(峰值),认为对于无特殊血流动力学异常者,可采用多元回归方程计算达峰时间和峰值,尽可能减少对比剂用量及射线损害。

3.2 达峰时间与个体因素的关系 本研究得到达峰

时间与个体因素的多元回归方程如下:达峰时间(s)=-5.14+2.33×性别+0.07×年龄+0.08×身高(cm)+0.05×平均动脉压(mmHg),可以看出性别、年龄、身高、平均动脉压与达峰时间均呈正相关,标准化单位后与达峰时间的相关性依次降低。在统计分析中,女性赋值为 0,男性赋值为 1。朱晓梅等^[13]认为女性比男性的达峰时间短,男性身高明显高于女性是一个较为主要的原因。本实验采用多因素回归分析,单一变量与达峰时间的相关性均建立在排除其他变量影响的基础上,性别差异影响达峰时间的原因还有待进一步研究。年龄越大达峰时间越长,可能与随着年龄增长,血管弹性下降,血液黏滞度增加有关;身高越高者达峰时间越长,考虑与对比剂到达右心房及颈总动脉的距离较长有关,而平均动脉压越高者达峰时间越长,可能主要是舒张压对平均动脉压的影响造成的,舒张压越大,外周血管阻力越大,导致达峰时间较长。

本组中未将心率、收缩压、舒张压、体质量及体质量指数纳入回归方程,原因如下:①行单因素回归分析时,达峰时间差异无统计学意义(P 均>0.1);②为方便临床应用,多元回归方程所纳变量不宜过多;③即使增大 P 值至 0.2,收缩压、舒张压可被纳入多元回归方程,其对结果的影响也较小,会被平均动脉压所覆盖。

3.3 峰值与个体因素的关系 本组中峰值与个体因素的多元回归方程:峰值(HU)=453.87-2.28×体质量(kg)-2.41×达峰时间(s)-0.63×心率,可以看出峰值与体质量、达峰时间及心率均呈负相关,标准化单位后相关性依次降低。体质量越大,血容量就越多,心脏每次射血量相对较大,对比剂易被稀释,导致峰值降低;TDC 下面积一定(与对比剂含碘量成正比),达峰时间越长,动脉峰值越小;而心率越快时舒张压越高,平均动脉压也越高,导致达峰时间较长,峰值减小。

收缩压、舒张压、体质量指数未被纳入方程,原因如下:与峰值进行单因素回归分析时,收缩压、舒张压无统计学意义(P 均>0.1),而体质量(P<0.01)指数应被纳入,但经过逐步回归分析后发现体质量会覆盖体质量指数的影响,因此将其剔除。

3.4 达峰时间、峰值与心脏病、糖尿病及化疗史的关系 本组中心脏病患者 7 例,糖尿病患者 3 例,有化疗史者 9 例,与无心脏病(87 例)、糖尿病(91 例)及化疗史(85 例)的患者在数量上悬殊较大,导致统计分析无意义,不能真实地反映这些因素对注射对比剂后颈总动脉的达峰时间和峰值的影响。

心脏病患者的心功能异常主要体现在心率和血压

上。本组将心率和血压纳入研究范围,而若以心率、血压、心脏病同时作为自变量,就会引起多重共线性及交互作用等问题,需要剔除变量,因此达峰时间、峰值与心脏病的关系可体现在与心率、血压的关系方面。姚智等^[14]认为糖尿病致血流动力学的改变主要为管腔狭窄、血管张力减低、血液黏滞度增加导致流速减低、阻力增高,因此外周阻力增加,舒张压增高,平均动脉压增高,引起达峰时间延长,峰值降低,故达峰时间、峰值与糖尿病的关系可能主要体现在与平均动脉压的关系方面。化疗后患者血管较脆,易引起注射位点对比剂外渗,致进入血管的对比剂总量下降,引起峰值减低。

综上所述,注射对比剂后,颈总动脉的达峰时间与患者性别、年龄、身高、平均动脉压呈正相关,颈总动脉的峰值与患者体质量、达峰时间、心率呈负相关。行颈动脉 CTA 时,根据达峰时间和峰值的多元回归方程,个体化地确定注射对比剂后的延迟时间和峰值,可以作为在小剂量测试值不确切情况下的一种补充手段;在无血流动力学异常的患者中,可考虑采用该方法,以尽可能减少对比剂用量及射线损害。

[参考文献]

[1] 周建军,周康荣,陈祖望.颈动脉 CT 血管成像检查技术的现状.国外医学:临床放射学分册,2005,28(1):16-19.
 [2] 钟俊锋,李云霞,钟兰生.64 排 CT 在头颈 CTA 中最佳扫描时机探讨.中国医学影像技术,2012,28(3):579-581.
 [3] 吕发金,罗天友,谢鹏,等.64 层螺旋 CT 头颈血管循环时间研究.重庆医科大学学报,2007,32(12):1301-1303,1316.

[4] 曹丽珍,李坤成,杜祥颖,等.低剂量对比剂联合生理盐水在 64 层螺旋 CT 头颈血管成像中的应用.中华放射学杂志,2007,41(8):821-824.
 [5] Smith WS, Roberts HC, Chuang NA, et al. Safety and feasibility of a CT protocol for acute stroke: Combined CT, CT angiography, and CT perfusion imaging in 53 consecutive patients. AJNR Am J Neuroradiol, 2003,24(4):688-690.
 [6] Hollingworth W, Nathens AB, Kanne JP, et al. The diagnostic accuracy of computed tomography angiography for traumatic or atherosclerotic lesions of the carotid and vertebral arteries: A systematic review. Eur J Radiol, 2003,48(1):88-102.
 [7] 于明川,张滨,刘辉,等.多排螺旋 CT 头颈联合 CTA 扫描技术优化.中国医学影像技术,2007,23(9):1389-1391.
 [8] Tseng YC, Hsu HL, Lee TH, et al. Venous reflux on carotid computed tomography angiography: Relationship with left-arm injection. J Comput Assist Tomogr, 2007,31(3):360-364.
 [9] Tang L, Zhu X, Xu Y, et al. Factors influencing delay time and coronary arterial density during coronary angiography with DSCT. Acta Radiol, 2011,52(1):59-63.
 [10] Bae KT. Peak contrast enhancement in CT and MR angiography: When does it occur and why? Pharmacokinetic study in a porcine model. Radiology, 2003,227(3):809-816.
 [11] Han JK, Kim AY, Lee KY, et al. Factors influencing vascular and hepatic enhancement at CT: Experimental study on injection protocol using a canine model. J Comput Assist Tomogr, 2000,24(3):400-406.
 [12] 费晓璐,李坤成,严汉民.冠状动脉 CTA 成像中高对比剂增强效果对狭窄成像准确度影响的量化评价研究.中国医疗设备,2008,23(10):144-147.
 [13] 朱晓梅,王德杭,刘希胜,等.对比剂到达腹主动脉的峰值时间与影响因素.医学影像学杂志,2006,16(12):1280-1283.
 [14] 姚智,段学蕴,王少青.2 型糖尿病患者细小动脉血管血流动力学的改变.西安交通大学学报:医学版,2004,25(2):144-146.

2013CIC 中国介入治疗论坛延期通知

原定于 2013 年 6 月 19 日—21 日在沈阳万鑫酒店召开的“2013CIC 中国介入治疗论坛暨第三届中国医科大学-美国 Dotter 介入研究所血管疾病介入治疗高峰论坛”会议,延期至 2013 年 12 月或 2014 年 1 月,具体时间另行通知(或详见二轮会议通知),请您随时关注会议网站(www.chinacic.org)。

给您带来不便,敬请谅解!

会务组电话:010-84288944 13810887466

2013CIC 会务组
2013 年 4 月 12 日