

经颅多普勒超声对大脑中动脉狭窄诊断价值的 Meta 分析

刘娟 胡钰茗 全凤英 刘光维

摘要 **目的** 应用 Meta 分析评价经颅多普勒超声(TCD)对大脑中动脉(MCA)狭窄率 $\geq 50\%$ 的诊断价值,并评估血流速度的最佳诊断值。**方法** 电子检索 2000 年 1 月 1 日到 2017 年 9 月 30 日 PubMed、Web of Science、Cochrane Library、中国知网、万方及维普数据库,搜索关于评价 TCD 对 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的相关文献。采用 QUADAS 方法对纳入文献的质量进行评价,并对其进行统计学分析。**结果** 最终共纳入 16 项研究。平均血流速度(MFV)100 cm/s 和峰值血流速度(PSV)140 cm/s 是 TCD 诊断 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的最佳诊断值。以 DSA、MRA 或 CTA 为参照标准时,MFV ≥ 100 cm/s 和 PSV ≥ 140 cm/s 预测 TCD 诊断 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的合并敏感性为 71%和 75%,合并特异性为 94%和 91%,合并阳性似然比为 13.60 和 10.00,合并阴性似然比为 0.25 和 0.27。以 DSA 为参照标准时,MFV ≥ 100 cm/s 或 PSV ≥ 140 cm/s 时 TCD 诊断 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的合并敏感性为 77%和 79%,合并特异性为 94%和 96%,合并阳性似然比为 12.68 和 19.85,合并阴性似然比为 0.23 和 0.22。**结论** 不论是以 DSA、MRA 或 CTA 为参照标准,还是仅以 DSA 为参照标准,TCD 对 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 均具有较高的诊断价值,其 MFV 和 PSV 的最佳诊断值分别为 100 cm/s 和 140 cm/s。TCD 可以作为 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的筛查手段。

关键词 超声检查,多普勒,经颅;大脑中动脉;狭窄;诊断;Meta 分析

[中图分类号] R743.3;R445.1

[文献标识码] A

Value of transcranial Doppler in diagnosis of middle cerebral artery stenosis: a Meta-analysis

LIU Juan, HU Yuming, QUAN Fengying, LIU Guangwei

Department of Neurology, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China

ABSTRACT **Objective** To analyze the value of transcranial Doppler (TCD) in diagnosis of $\geq 50\%$ middle cerebral artery (MCA) stenosis, and to evaluate the best cutoff value of blood flow velocity by Meta-analysis. **Methods** By searching PubMed, Web of science, Cochrane library, CNKI, Wanfang and VIP database from 1 January 2000 to 30 September 2017, all of the eligible articles which evaluated the diagnostic value of TCD for $\geq 50\%$ MCA stenosis were harvested. The quality of each included literature was evaluated by QUADAS tools. Statistical analysis was conducted by the Meta-Disc software. **Results** A total of 16 articles were analyzed in this Meta-analysis. The best diagnostic cutoff values of mean flow velocity (MFV) and peak systolic velocity (PSV) were ≥ 100 cm/s and ≥ 140 cm/s. Taking DSA, MRA or CTA as gold standard, the pooled sensitivity, pooled specificity, positive likelihood ratio and negative likelihood ratio were 0.71, 0.94, 13.60 and 0.25 for MFV ≥ 100 cm/s, and 0.75, 0.91, 10.00 and 0.27 for PSV ≥ 140 cm/s. Taking DSA as gold standard, the pooled sensitivity, pooled specificity, positive likelihood ratio and negative likelihood ratio were 0.77, 0.94, 12.68 and 0.23 for MFV ≥ 100 cm/s, and 0.79, 0.96, 19.85 and 0.22 for PSV ≥ 140 cm/s. **Conclusion** No matter that DSA, MRA or CTA as gold standard, or only DSA as gold standard, when MFV ≥ 100 cm/s and PSV ≥ 140 cm/s, TCD shows high value in the diagnosis of $\geq 50\%$ MCA stenosis, and it can be used as an effective screening test in clinical practice.

KEY WORDS Ultrasonography, Doppler, transcranial; Middle cerebral artery; Stenosis; Diagnosis; Meta-analysis

动脉粥样硬化导致的颅内血管的狭窄和闭塞是引起缺血性脑梗死的主要原因。我国约 30%~70%的缺

血性脑梗死与颅内动脉的狭窄有关^[1]。大脑中动脉 (middle cerebral artery, MCA) 作为颅内动脉的最大分

支,为大部分的大脑半球提供血供,但其也最容易发生狭窄。早期诊断 MCA 狭窄对预防缺血性脑梗死的发生具有重要意义。经颅多普勒超声(transcranial Doppler, TCD)利用检测血流的速度来判断血管的狭窄程度,血流速度越快则血管的狭窄程度可能越重。诸多研究^[2-10]报道 TCD 对 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 具有诊断价值,但是各项研究用于诊断的平均血流速度(mean flow velocity, MFV)和峰值血流速度(peak systolic velocity, PSV)的标准并不完全一致,所得到的结果也存在一定的差异。本研究通过 Meta 分析的方法评估 TCD 对 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的诊断价值,并探讨血流速度的最佳诊断值,以期临床工作者提供循证医学方面的参考。

资料与方法

一、文献检索

通过电子检索的方式对 PubMed、Web of Science、Cochrane Library、中国知网、万方及维普数据库进行检索。采用主题词和自由词相结合的方式进行搜索。英文检索词包括:middle cerebral artery stenosis、middle cerebral artery infarction、MCA stenosis、MCA infarction、transcranial Doppler 及 TCD;中文检索词包括:大脑中动脉狭窄、大脑中动脉梗阻、大脑中动脉阻塞、MCA 狭窄、经颅多普勒超声、经颅超声及 TCD。

二、文献纳入及排除标准

纳入标准:①发表于 2000 年 1 月 1 日到 2017 年 9 月 30 日,各数据库检索到的有关 TCD 对 MCA 狭窄诊断的研究;②MCA 狭窄率 $\geq 50\%$,并有明确的血流速度的诊断值;③真阳性、假阳性、假阴性及真阴性的数据可以直接提取或通过计算间接获得。排除标准:①重复的文章;②数据不全的文章;③非中国科技核心期刊来源的中文文章;④非中、英文发表的文章。由两名研究者基于 PRISMA 的流程对检索到的文献进行筛查。

三、数据提取

首先由两名研究者制定统一的数据信息采集表。随后根据信息采集表进行数据提取。提取的主要信息包括:第一作者、发表时间、研究类型、样本量、参照标准、血流速度、真阳性、假阳性、假阴性及真阴性。

四、文献的质量评价

采用诊断性试验准确性质量评价工具 QUADAS 对纳入文章进行质量评估^[11]。该方法共包含了 14 项标准,以“是”、“否”、“不清楚”对每项标准进行评价。“是”

为符合,“否”为不符合,“不清楚”为部分符合或无法获得足够的信息进行评价。研究的质量评价:符合 14 条标准,评定为“A”;一条以上为“不清楚”,评定为“B”;出现“否”时,评定为“C”。

五、数据确定

文献检索、文献选择、信息提取及质量评价均由两名研究者独立完成并分别获取数据信息。随后将两名研究者获取的数据信息进行对比,若存在分歧,则诉诸于其他研究者以达成一致。

六、统计学处理

应用 Meta-Disc 1.4 统计软件,对以 DSA、MRA 或 CTA 为参照标准时的数据进行分析,随后对以 DSA 为参照标准时的数据进行分析。根据不同的 MFV 和 PSV,计算 TCD 对 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 诊断的合并敏感性、特异性、阳性预测值及阴性预测值,并分析确定血流速度的最佳诊断值。采用 I^2 值衡量各研究间的异质性, $I^2 \geq 30\%$ 时采用随机效应模型; $I^2 < 30\%$ 时采用固定效应模型。采用 Spearman 相关系数检验是否存在阈值效应, $P < 0.05$ 表示存在阈值效应。根据研究类型的不同和样本量大小进行亚组分析。计算血流速度最佳诊断值的合并敏感性、特异性、阳性似然比、阴性似然比、诊断比值比、曲线下面积(AUC)及 Q^* 指数。

结 果

一、文献筛选及纳入研究特点

最初检索文献 2109 篇。按照 PRISMA 的流程进行文献筛查,排除各数据库间重复纳入的文献 542 篇,阅读标题和摘要排除无关文献 1478 篇,通读全文排除文献 73 篇(与本研究无关的文献 54 篇、非中国科技核心期刊来源的中文文献 13 篇、无法获得完整数据的文献 6 篇),最后共纳入 16 篇文献^[1-10,12-17],其中以 MFV ≥ 80 cm/s 为诊断值的研究 8 项^[1,3-5,7,9-10,17],以 MFV ≥ 90 cm/s 为诊断值的研究 2 项^[10,12],以 MFV ≥ 100 cm/s 为诊断值的研究 5 项^[2-3,6,10,12],以 MFV ≥ 110 cm/s 为诊断值的研究 1 项^[12],以 MFV ≥ 120 cm/s 为诊断值的研究 3 项^[5,12-13];以 PSV ≥ 130 cm/s 为诊断值的研究 1 项^[10],以 PSV ≥ 140 cm/s 为诊断值的研究 6 项^[1,7,10,15-17],以 PSV ≥ 150 cm/s 为诊断值的研究 1 项^[10],以 PSV ≥ 160 cm/s 为诊断值的研究 2 项^[6,8],以 PSV ≥ 180 cm/s 为诊断值的研究 1 项^[14]。前瞻性研究 4 项^[2-3,6-7],回顾性研究 12 项^[1,4-5,8-10,12-17]。以 DSA 为参照标准的研究 7 项^[1-5,12-13];以 MRA 为参照标准的研究 6 项^[8-10,15-17],以 CTA 为参照标准的研究 3 项^[6-7,14]。以英文发表的研究 9 项^[2-10],

以中文发表的研究 7 项^[1,12-17]。样本量 ≥ 100 例的研究 12 项^[1-2,6,8-10,12,14,16], 样本量 < 100 例的研究 4 项^[7,13,15,17]。质量评定为 A 级的研究 3 项^[2,4-5], 质量评定为 B 级的

研究 4 项^[1,3,12-13], 质量评定为 C 级的研究 9 项^[6-10,14-17]。质量评定为 C 级的 9 项研究均因参照标准为非 DSA 被剔除。各项研究的详细信息见表 1。

表 1 纳入 16 项研究的基本特征

第一作者	年份	研究类型	样本量(例)	参照标准	QUADAS 评分(级)	诊断标准	真阳性(例)	假阳性(例)	真阴性(例)	假阴性(例)
逯英等 ^[1]	2011	回顾性	488	DSA	B	MFV ≥ 80 cm/s 或 PSV ≥ 140 cm/s	67	16	18	387
Zhao, et al. ^[2]	2011	前瞻性	249	DSA	A	MFV ≥ 100 cm/s	38	14	11	186
Felberg, et al. ^[3]	2002	前瞻性	113	DSA	B	MFV ≥ 80 cm/s	16	3	0	94
						MFV ≥ 100 cm/s	16	2	0	95
						MFV ≥ 120 cm/s	11	0	5	97
Bang, et al. ^[4]	2003	回顾性	102	DSA	A	MFV ≥ 80 cm/s	28	2	20	52
Bang, et al. ^[5]	2003	回顾性	100	DSA	A	MFV ≥ 80 cm/s	34	8	8	50
Guan, et al. ^[6]	2013	前瞻性	128	CTA	C	MFV ≥ 100 cm/s 或 PSV ≥ 160 cm/s	35	1	0	92
Suwanwela, et al. ^[7]	2002	前瞻性	70	CTA	C	MFV ≥ 80 cm/s 或 PSV ≥ 140 cm/s	29	0	28	13
Wang, et al. ^[8]	2014	回顾性	604	MRA	C	PSV ≥ 160 cm/s	186	97	5	316
Ahn, et al. ^[9]	2010	回顾性	371	MRA	C	MFV ≥ 80 cm/s	28	18	97	228
Hao, et al. ^[10]	2010	回顾性		MRA	C	PSV ≥ 130 cm/s	139	96	37	297
						PSV ≥ 140 cm/s	135	70	41	323
						PSV ≥ 150 cm/s	126	55	50	338
						MFV ≥ 80 cm/s	135	76	41	317
						MFV ≥ 90 cm/s	118	44	58	349
						MFV ≥ 100 cm/s	100	27	76	366
马琦等 ^[12]	2012	回顾性	345	DSA	B	MFV ≥ 90 cm/s	123	29	34	159
						MFV ≥ 100 cm/s	118	12	39	176
						MFV ≥ 110 cm/s	94	7	63	181
						MFV ≥ 120 cm/s	87	5	70	183
刘宗月等 ^[13]	2007	回顾性	90	DSA	B	MFV ≥ 120 cm/s	44	1	2	43
隋晓雯等 ^[14]	2016	回顾性	699	CTA	C	PSV ≥ 180 cm/s	352	23	25	299
龚涛等 ^[15]	2005	回顾性	47	MRA	C	PSV ≥ 140 cm/s	29	1	5	12
刘俊艳等 ^[16]	2003	回顾性	296	MRA	C	PSV ≥ 140 cm/s	53	8	22	213
张亚民等 ^[17]	2006	回顾性	64	MRA	C	MFV ≥ 80 cm/s 或 PSV ≥ 140 cm/s	36	5	1	22

二、最佳血流诊断值的分析

以 DSA、MRA 或 CTA 为参照标准时 TCD 对 MCA 狭窄率 ≥ 50% 的诊断结果见表 2。而以 DSA 为参照标准时的诊断结果见表 3。两项分析数据均显示以 100 cm/s 作为 MFV 的诊断值时具有较高的诊断价值。以 DSA、MRA 或 CTA 作为参照标准时, 140 cm/s、160 cm/s、180 cm/s 作为 PSV 的诊断值均具有较高的诊断价值; 而以 DSA 作为参照标准时, 仅 1 项研究报道了 PSV 的数据, 结果显示 PSV ≥ 140 cm/s 具有较高的诊断价值。

三、以 MFV ≥ 100 cm/s 和 PSV ≥ 140 cm/s 作为诊断值的分析结果

因各研究间均存在一定异质性(表 4), 采用随机

效应模型进行分析。Spearman 检验均显示不存在阈值效应引起的异质性。阈值效应可能由非阈值效应产生。本研究根据类型和样本量进行了亚组分析, 未发现异质性的主要来源。以 DSA、MRA 或 CTA 为参照标准, MFV ≥ 100 cm/s 时 TCD 诊断 MCA 狭窄率 ≥ 50% 的合并敏感性、特异性、阳性似然比、阴性似然比、诊断比值比、受试者工作特征曲线(SROC)的 AUC 及 Q* 指数分别为 71%、94%、13.60、0.25、66.93、0.9898、0.9580, 见图 1; PSV ≥ 140 cm/s 时 TCD 诊断 MCA 狭窄率 ≥ 50% 的合并敏感性、特异性、阳性似然比、阴性似然比、诊断比值比、SROC 的 AUC 及 Q* 指数分别为 75%、91%、10.00、0.27、50.44、0.9404、0.8779, 见图 2。以 DSA 为参照标准, MFV ≥ 100 cm/s 时 TCD 诊断 MCA 狭窄率 ≥ 50%

表 2 以 DSA、MRA 或 CTA 作为参照标准,TCD所测不同血流速度值对 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的诊断价值

诊断标准	研究数量	合并敏感性	合并特异性	合并阳性预测值	合并阴性预测值
MFV					
≥ 80 cm/s	8	64%	90%	75%	85%
≥ 90 cm/s	2	72%	87%	77%	85%
≥ 100 cm/s	5	71%	94%	85%	88%
≥ 110 cm/s	1	60%	96%	93%	74%
≥ 120 cm/s	3	65%	98%	96%	81%
PSV					
≥ 130 cm/s	1	79%	76%	59%	89%
≥ 140 cm/s	6	75%	91%	78%	89%
≥ 150 cm/s	1	72%	86%	70%	87%
≥ 160 cm/s	2	98%	81%	69%	99%
≥ 180 cm/s	1	93%	93%	94%	92%

表 3 以 DSA 作为参照标准,TCD 所测不同血流速度值对 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的诊断价值

诊断标准	研究数量	合并敏感性	合并特异性	合并阳性预测值	合并阴性预测值
MFV ≥ 80 cm/s	4	76%	95%	83%	93%
MFV ≥ 90 cm/s	1	75%	85%	81%	82%
MFV ≥ 100 cm/s	3	77%	95%	86%	90%
MFV ≥ 110 cm/s	1	60%	96%	93%	74%
MFV ≥ 120 cm/s	3	65%	98%	96%	81%
PSV ≥ 140 cm/s	1	79%	96%	81%	96%

的合并敏感性、特异性、阳性似然比、阴性似然比、诊断比值比、SROC 的 AUC 及 Q^* 指数分别为 77%、94%、12.68、0.23、59.19、0.9937、0.9685, 见图 3; PSV ≥ 140 cm/s 时 TCD 诊断 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的合并敏感性、特异性、阳性似然比、阴性似然比、诊断比值比分别为 79%、96%、19.68、0.22、90.03。见表 4。

表 4 MFV ≥ 100 cm/s 或 PSV ≥ 140 cm/s 时 TCD 对 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的诊断价值

参照标准	TCD 诊断标准	研究数量	合并敏感性	合并特异性	合并阳性似然比	合并阴性似然比	诊断比值比	曲线下面积	Q^* 指数	I^2
DSA、MRA 或 CTA	MFV ≥ 100 cm/s	5	71%	94%	13.60	0.25	66.93	0.9898	0.9580	81.6%
	PSV ≥ 140 cm/s	6	75%	91%	10.00	0.27	50.44	0.9404	0.8779	79.2%
DSA	MFV ≥ 100 cm/s	3	77%	94%	12.68	0.23	59.19	0.9937	0.9685	54.4%
	PSV ≥ 140 cm/s	1	79%	96%	19.85	0.22	90.03	不清楚	不清楚	-

讨 论

DSA 作为诊断 MCA 狭窄的金标准,是一种有创、费时、昂贵的检查手段,而且会引起一些神经系统和全身其他系统的并发症,不能作为筛查 MCA 狭窄的常规检查手段。TCD 因其方便、无创、无辐射及价格低廉等

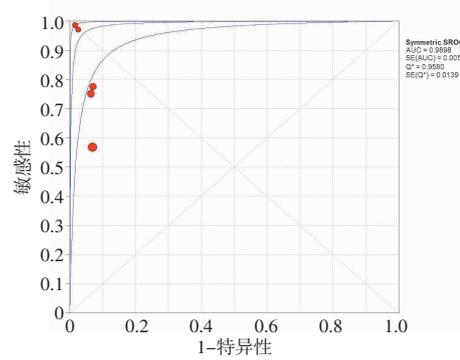


图 1 以 DSA、MRA 或 CTA 作为参照标准, MFV ≥ 100 cm/s 时 TCD 诊断 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的 SROC 曲线图

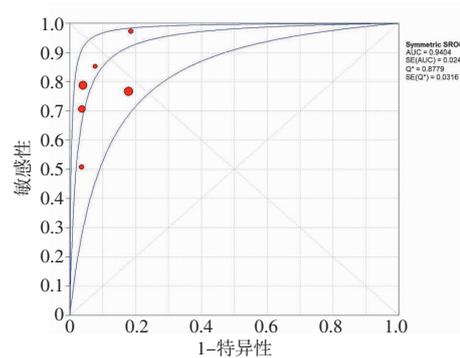


图 2 以 DSA、MRA 或 CTA 作为参照标准, PSV ≥ 140 cm/s 时 TCD 诊断 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的 SROC 曲线图

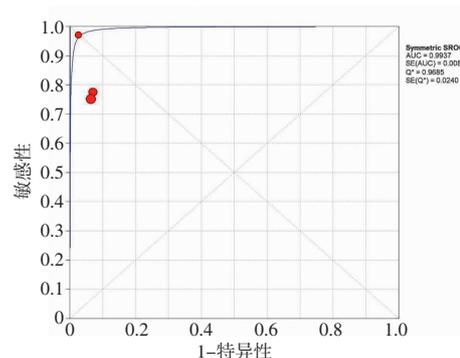


图 3 以 DSA 作为参照标准,以 MFV ≥ 100 cm/s 时 TCD 诊断 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的 SROC 曲线图

优点,在 MCA 狭窄的筛查诊断中的作用越来越明显。局限性血流速度增快是 TCD 诊断血管狭窄的最重要的指标,当管腔的狭窄程度 $< 50\%$ 不会出现明显的血流动力学改变。仅有当管腔的狭窄程度 $\geq 50\%$ 时,TCD 才可以检测出狭窄部位的血流速度增快,血流速度越快则血管的狭窄程度可能越重^[10]。美国神经病学治疗学

与技术评价小组指出 TCD 对狭窄率 $<65\%$ 的诊断价值不确定^[18]。目前大部分研究主要对 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的情况进行研究,所以本研究仅就 TCD 对 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的诊断价值进行分析。

目前 TCD 诊断血管狭窄的标准尚无统一,不同研究间关于 TCD 诊断血管狭窄的血流速度值存在一定差异。本研究旨在确定血流速度的诊断值,提高 TCD 对 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的诊断效能。本研究 Meta 分析共纳入 16 项研究,但仅 7 项研究以 DSA 为参照标准。所以首先对以 DSA、MRA 或 CTA 为参照标准的 16 项研究进行了综合的分析,而后又对以 DSA 为参照标准的 7 项研究进行了亚组分析。两项分析结果均显示以 MFV ≥ 100 cm/s 作为诊断值时具有较高的诊断价值。而对于 PSV 的诊断值,以 DSA、MRA 或 CTA 为参照标准时结果显示 140 cm/s、160 cm/s 及 180 cm/s 均有较高的诊断价值;以 DSA 为参照标准时结果显示 140 cm/s 具有较高的诊断价值。综合以上分析结果,100 cm/s 和 140 cm/s 可以作为 TCD 诊断 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的 MFV 和 PSV 的最佳诊断值。

本研究以 DSA、MRA 或 CTA 为参照标准的综合分析和以 DSA 为参照标准的亚组分析,结果显示:MFV ≥ 100 cm/s 和 PSV ≥ 140 cm/s 诊断 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的合并敏感性为 71%~79%,特异性为 91%~96%,存在一定的漏诊率(21%~29%),但其误诊率较低(4%~9%);阳性似然比为 10.00~19.85,阴性似然比为 0.22~0.27,诊断比值比为 50.44~90.03,表明 TCD 对 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的判别效果较好;SROC 的 AUC 为 0.9404~0.9937, Q^* 指数为 0.8779~0.9685,表明 TCD 具有较高的诊断效能。

但是本研究也存在一定的局限性:①虽然本研究给出了的 MFV 和 PSV 的最佳诊断值,但并不能以该参数作为诊断 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的唯一标准,应结合其他指标进行综合分析;②纳入研究的样本量偏少;③纳入的研究均为以中文和英文发表的文章,可能存在语种偏倚;④回顾性研究较多,而前瞻性研究较少,降低了研究质量。

综上所述,TCD 可以作为筛查 MCA 狭窄率 $\geq 50\%$ 的有效手段。MFV 和 PSV 的最佳诊断值为 100 cm/s 和 140 cm/s 时,TCD 对其诊断效能最佳。临床工作者可以以此参数作为参考,根据自身经验,结合频谱形态和音频改变进行综合的分析判断。

参考文献

[1] 逯英,刘之荣,邱晓迪,等.经颅多普勒超声诊断大脑中动脉狭窄

的价值[J].国际脑血管病杂志,2011,19(6):432-436.

- [2] Zhao L, Barlinn K, Sharma VK, et al. Velocity criteria for intracranial stenosis revisited: an international multicenter study of transcranial Doppler and digital subtraction angiography[J]. Stroke, 2011, 42 (12): 3429-3434.
- [3] Felberg RA, Christou I, Demchuk AM, et al. Screening for intracranial stenosis with transcranial Doppler: the accuracy of mean flow velocity thresholds[J]. J Neuroimaging, 2002, 12 (1): 9-14.
- [4] Bang OY, Cho JH, Han BI, et al. Transcranial Doppler findings in middle cerebral arterial occlusive disease in relation to degree of stenosis and presence of concomitant stenoses[J]. J Clin Ultrasound, 2003, 31 (3): 142-151.
- [5] Bang OY, Joo IS, Huh K, et al. The role of transcranial Doppler in symptomatic striatocapsular small deep infarction[J]. J Neuroimaging, 2003, 13 (1): 48-52.
- [6] Guan J, Zhou Q, Ouyang H, et al. The diagnostic accuracy of TCD for intracranial arterial stenosis/occlusion in patients with acute ischemic stroke: the importance of time interval between detection of TCD and CTA[J]. Neurol Res, 2013, 35 (9): 930-936.
- [7] Suwanwela NC, Phanthumchinda K, Suwanwela N. Transcranial Doppler sonography and CT angiography in patients with atherothrombotic middle cerebral artery stroke[J]. Am J Neuroradiol, 2002, 23 (8): 1352-1355.
- [8] Wang L, Xing Y, Li Y, et al. Evaluation of flow velocity in unilateral middle cerebral artery stenosis by transcranial Doppler [J]. Cell Biochem Biophys, 2014, 70 (2): 823-830.
- [9] Ahn SW, Park SS, Lee YS. Novel parameter for the diagnosis of distal middle cerebral artery stenosis with transcranial Doppler sonography [J]. J Clin Ultrasound, 2010, 38 (8): 420-425.
- [10] Hao Q, Gao S, Leung TW, et al. Pilot study of new diagnostic criteria for middle cerebral artery stenosis by transcranial Doppler [J]. J Neuroimaging, 2010, 20 (2): 122-129.
- [11] Whiting P, Rutjes AW, Reitsma JB, et al. The development of quadas: a tool for the quality assessment of studies of diagnostic accuracy included in systematic reviews[J]. BMC Med Res Methodol, 2003, 3: 325.
- [12] 马琦,刘惠霞,陈光忠,等. TCD 平均血流速度在大脑中动脉狭窄程度评估中的应用[J]. 实用医学杂志, 2012, 28(16): 2729-2731.
- [13] 刘宗月,唐必春,何秀波,等.经颅彩色多普勒超声对大脑中动脉狭窄的诊断价值[J].中国医药导报, 2007, 4(2): 149-150.
- [14] 隋晓雯,李福荣,解丽丽,等.经颅多普勒超声检测大脑中动脉狭窄假阳性分析[J].临床神经病学杂志, 2016, 29(4): 320-320.
- [15] 龚涛,王冬青,陈海波.经颅多普勒超声检测大脑中动脉主干严重狭窄或梗阻性病变的准确性[J].中国医学影像学杂志, 2005, 13 (4): 262-264.
- [16] 刘俊艳,高山,黄家星.经颅多普勒超声评估大脑中动脉狭窄程度的最佳速度值[J].中华神经科杂志, 2003, 36 (6): 458-460.
- [17] 张亚民,康卫华,雷成功,等.经颅多普勒超声与磁共振血管造影比较评估大脑中动脉狭窄分界的最佳诊断值研究[J].山西医药杂志, 2006, 35 (2): 119-120.
- [18] 辛治义,吕晓东,颜秀丽,等.经颅多普勒超声诊断脑动脉狭窄与脑血管造影的对比分析[J].中国实验诊断学, 2011, 15 (3): 443-445.

(收稿日期:2017-11-03)