

超声引导颈内静脉穿刺置管学习曲线的构建与分析



张海龙¹, 李旭¹, 吴迪¹, 赵丽琴²

1. 首都医科大学附属北京潞河医院麻醉科 (北京 101149)

2. 首都医科大学附属北京地坛医院麻醉科 (北京 100015)

【摘要】目的 构建麻醉科住院医师超声引导颈内静脉穿刺置管的学习曲线, 为超声引导颈内静脉穿刺置管的规范化培训和资格准入提供参考与依据。**方法** 选取 10 名在首都医科大学附属北京潞河医院麻醉科进行第一年规范化培训、且无颈内静脉穿刺置管操作经验的住院医师为研究对象, 前期培训结束后, 每名医师按照时间顺序完成 25 例超声引导右颈内静脉穿刺置管操作。记录每位学员的颈内静脉穿刺置管情况, 利用累积和 (cumulative sum, CUSUM) 分析法构建学习曲线, 并计算掌握该项穿刺置管技术所需的最少例数。**结果** 学习曲线函数为 $y=0.002 2x^3-0.120 1x^2+2.040 3x-0.946 4$, 决定系数 $R^2=0.978 7$, 当曲线斜率为零时, 对应的 x 值为 13.51。**结论** 学习曲线分析显示, 麻醉科住院医师最少需要完成 14 次操作可掌握超声引导颈内静脉穿刺置管技术, 作为一项学习曲线较短的实用性技能, 值得在麻醉科住院医师规范化培训中开展。

【关键词】 导管插入术; 中心静脉; 超声检查; 麻醉科住院医师; 学习曲线; 累计和分析法

The construction and analysis of learning curve for ultrasound-guided internal jugular vein catheterization

Hai-Long ZHANG¹, Xu LI¹, Di WU¹, Li-Qin ZHAO²

1. Department of Anesthesia, Beijing Luhe Hospital, Capital Medical University, Beijing 101149, China

2. Department of Anesthesia, Beijing Ditan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100015, China

Corresponding author: Li-Qin ZHAO, Email: 13693388121@163.com

【Abstract】Objective To construct the learning curve of ultrasound-guided internal jugular venocentesis catheterization for anesthesiology residents, so as to provide reference and basis for standardized training and qualification admission of ultrasound-guided internal jugular venocentesis catheterization. **Methods** 10 first-year resident physicians without experience in internal jugular venocentesis catheterization who received standardized training in Department of Anesthesiology, Beijing Luhe Hospital, Capital Medical University were selected as the research subjects. After the previous training, each physician completed 25 cases of right internal jugular vein puncture using ultrasound guided in chronological order.

DOI: 10.12173/j.issn.1004-4337.202309011

通信作者: 赵丽琴, 副主任医师, Email: 13693388121@163.com

<https://slyyx.whuzhmedj.com/>

The internal jugular vein puncture of each trainee was recorded, the learning curve was established by cumulative sum (CUSUM) method, and the minimum number of cases required to master the corresponding catheterization technique was calculated. **Results** The learning curve function is $y=0.002 2x^3-0.120 1x^2+2.040 3x-0.946 4$, with the determination coefficient $R^2=0.978 7$. When the slope of the curve is zero, the corresponding x value is 13.51. **Conclusion** Learning curve analysis showed that anesthesiology residents needed to complete at least 14 puncture operations to master ultrasound-guided internal jugular vein catheterization. As a practical skill with a short learning curve, it is worth conducting in the standardized residency training programs of anesthesiology residents.

【Keywords】 Catheterization; Central vein; Ultrasonography; Anesthesiology residents; Learning curve; Cumulative sum analysis

住院医师规范化培训 (standardized residency training programs, SRTP) 是医学教育的必修部分, 主要为住院医师的职业生涯作准备, 从而为患者提供高质量的临床诊疗服务。因此, SRTP 的质量是医疗决策者和医学教育工作者在医学院校和教学医院面临的主要问题之一。临床技能培训是 SRTP 的重要组成部分, 研究临床重要技能的培养方法可为住院医师规范化培养提供实践和教学参考。颈内静脉穿刺置管技术广泛应用于危重病人救治管理及心内直视手术中, 是麻醉科医师必备的操作技能, 同时也是麻醉学住院医师规范化培训的重点。传统的颈内静脉穿刺置管属于盲探性操作, 依靠解剖标志于体表定位后实施穿刺, 其成功主要依赖于操作者的经验, 初学者很难掌握, 易造成机械损伤相关的并发症^[1]。随着可视技术的发展, 超声辅助穿刺较盲探式穿刺显示出更好的有效性及安全性, 因此在临床中得到广泛应用^[2-4]。但有关初学者是否能快速掌握该方法、提高穿刺置管成功率, 同时减少操作并发症报道较少。本研究使用累计和 (cumulative sum, CUSUM) 分析法构建超声引导颈内静脉穿刺置管的学习曲线, 以了解初学者对该技能的学习情况, 为规范化培训和资格准入提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取 10 名在首都医科大学附属北京潞河医院麻醉科进行第一年规范化培训的住院医师为研究对象。纳入标准: 本科所学专业为麻醉学, 能熟练掌握超声引导技术但均无颈内静脉穿刺置管实际操作经验, 进科时间相同且进科后均由同一

名具有住院医师规范化培训资格的医师带教; 自愿参与本研究。排除标准: 无法保证完成整个研究。患者纳入标准: ①择期需行颈内静脉穿刺置管的外科手术; ②美国麻醉师协会 (American society of anesthesiologists, ASA) 分级 I~II 级; ③性别不限; ④年龄 35~68 岁。患者排除标准: ①有颈椎手术史; ②凝血功能异常; ③体重指数 (body mass index, BMI) $> 30 \text{ kg/m}^2$ 。所有纳入的住院医师和患者对本研究均已知情同意, 本研究经首都医科大学附属北京潞河医院伦理委员会审批通过 (2023-LHKY-060-02)。

1.2 方法

研究开始前由带教老师对所有学员进行标准化培训, 培训内容包括: ①讲解理论知识, 学习颈部解剖结构及超声引导技术的基本操作; ②观看教学视频; ③临床带教, 学员观摩带教老师应用超声引导进行 10 次实际颈内静脉穿刺置管操作, 随后在带教老师指导下各进行 25 例超声引导右颈内静脉穿刺置管。

右颈内静脉穿刺置管操作过程: 完成麻醉准备工作后进行消毒铺巾, 将超声探头长轴于右侧环状软骨水平处行横向扫描, 辨识颈内动脉、颈内静脉等解剖位置后移动超声探头, 使右颈内静脉位于超声显示屏中央位置, 以探头中点外约 1 cm 处为穿刺点, 应用平面外法进针, 穿刺过程中保持轻度负压, 并实时监控穿刺针的行进路径, 当穿刺针尖亮点进入颈内静脉, 可通畅回抽出暗红血液后置入中心静脉导管, 再次应用超声确认中心静脉导管位置正确后覆盖敷料。每位学员操作中穿刺针退至皮下重新进针、误入动脉即记录为一次穿刺失败; 改变 3 次方向仍未穿刺入颈内

静脉、误入动脉、穿刺时间超过 20 min 则交由高年资医师完成操作。

1.3 学习曲线绘制

1.3.1 学习曲线构建

以学员的穿刺置管数据建立坐标轴, 构建总学习曲线。横坐标为操作例数, 纵坐标为此次操作的 CUSUM 值, 绘制散点图。CUSUM 计算公式见式一、式二。

$$\delta = X_i - X_o \quad (\text{式一})$$

$$S_i = \sum_j^i (X_i - X_o) \quad (\text{式二})$$

X_o 为评价指标所设目标值的失败率, 根据文献^[5-6]并参考我院熟练操作者的平均水平, 预先设定颈内静脉穿刺置管一次成功率为 95%, 预计失败率为 5%。 δ 为该学员本次操作的得分值, S_i 为所有学员本次操作的 CUSUM 值。 $X_i=0$ (该次穿刺置管成功) 或 $X_i=1$ (该次穿刺置管失败), $X_o=0.05$ 。计算每一次操作相对应的 CUSUM 值。

1.3.2 学习曲线分析

利用 OriginPro 2021 软件绘制 CUSUM 分析结果散点图, 通过曲线拟合得到函数公式, $P < 0.05$ 表示拟合成功。曲线拟合程度由系数 R^2 判断, R^2 越接近 1, 曲线拟合程度越高。 R^2 最高的模型为最佳拟合模型。对拟合曲线进行一阶求导, 根据曲线的斜率值 (K) 确定拟合曲线的峰值 ($K=0$), 从而划分学习阶段。

1.4 统计分析

采用 SPSS 20.0 软件进行数据分析。采用

Kolmogorov Smirnov 检验评估数据的正态性。符合正态分布的计量资料以均数和标准差 ($\bar{x} \pm s$) 描述、非正态分布用中位数与四分位数间距 [$M(P_{25}, P_{75})$] 表示。对于两组连续变量, 当每组数据正态分布且方差具有齐性时, 采用两独立样本 t 检验, 否则采用 Mann Whitney U 检验。计数资料以频数和百分比 ($n, \%$) 描述, 采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

接受 10 名住院医师操作的患者的性别构成比、年龄、BMI、ASA 分级等一般资料无统计学差异 ($P > 0.05$), 见表 1。

2.2 学习曲线累积和值 (δ) 与曲线斜率值 (K)

10 名住院医师学习曲线累积和值 (δ) 与曲线斜率值 (K) 见表 2。

2.3 学习曲线

通过曲线拟合绘制 CUSUM 的函数曲线图。拟合函数见式三 ($R^2=0.9787, P < 0.001$), 导函数见式四。

$$y=0.0022x^3-0.1201x^2+2.0403x-0.9464 \quad (\text{式三})$$

$$y=0.0066x^2-0.2402x+2.0403 \quad (\text{式四})$$

当导函数为 0 (斜率 $K=0$) 时, 对应的 x 值为 13.51, 具体结果见图 1。

表1 纳入患者一般资料

Table 1. Basic information of included patients

医师序号	患者例数 (n)	性别 (男/女, n)	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	BMI ($\bar{x} \pm s$)	ASA分级 (n)	
					I级	II级
1	25	13/12	70.25 ± 8.53	22.23 ± 3.15	8	17
2	25	10/15	68.92 ± 7.95	23.49 ± 3.67	9	16
3	25	13/12	69.21 ± 8.02	23.17 ± 3.19	7	18
4	25	11/14	70.39 ± 8.42	22.97 ± 3.43	9	16
5	25	14/11	69.73 ± 8.22	21.98 ± 2.94	7	18
6	25	12/13	70.46 ± 8.76	23.31 ± 3.46	6	19
7	25	14/11	68.42 ± 7.68	22.39 ± 3.53	9	16
8	25	15/10	69.13 ± 8.36	21.96 ± 3.03	7	18
9	25	12/13	69.38 ± 7.99	22.05 ± 2.98	8	17
10	25	12/13	70.73 ± 9.02	21.74 ± 3.35	6	19
F/χ^2 值		0.919	1.043	1.247		0.894
P 值		0.580	0.464	0.679		0.796

表2 麻醉学住院医师学习曲线累积和值 (δ) 与曲线斜率值 (K)Table 2. CUSUM values (δ) and the slope values of the curve (K) of anesthesiology residents

操作次数	累积和值 (δ)	曲线斜率值 (K)	操作次数	累积和值 (δ)	曲线斜率值 (K)	操作次数	累积和值 (δ)	曲线斜率值 (K)
1	0.75	1.81	10	9.50	0.30	19	9.25	-0.14
2	2.50	1.59	11	10.25	0.20	20	9.00	-0.12
3	4.25	1.38	12	10.00	0.11	21	9.75	-0.09
4	6.00	1.19	13	9.75	0.03	22	9.50	-0.05
5	6.75	1.00	14	9.50	-0.03	23	9.25	0.01
6	7.50	0.84	15	10.25	-0.08	24	9.00	0.08
7	7.25	0.68	16	10.00	-0.11	25	8.75	0.16
8	9.00	0.54	17	9.75	-0.14			
9	9.75	0.41	18	9.50	-0.14			

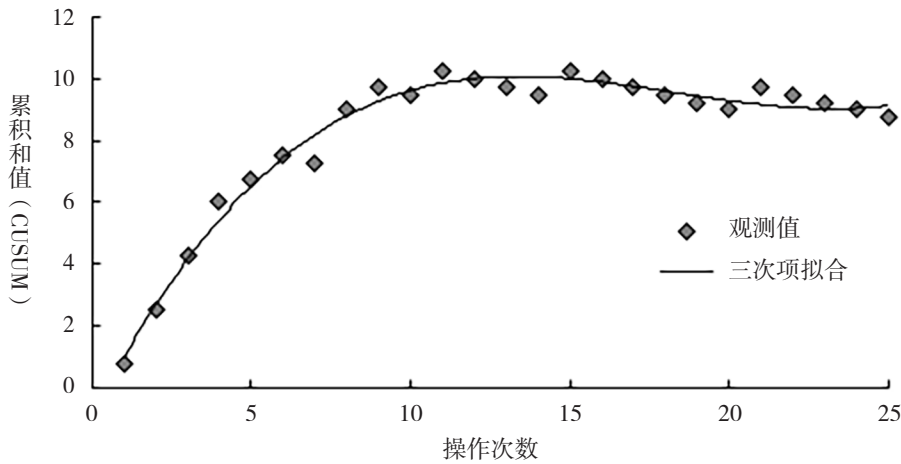


图1 麻醉科住院医师颈内静脉穿刺置管总体学习曲线

Figure 1. The learning curve of internal jugular venocentesis catheterization for anesthesiology residents

2.4 学习曲线分析

当操作次数累积到 14 例时，曲线的斜率由正值变为负值。因此，达到技术熟练程度所需的截止点为 14 例。根据学习曲线特征，可进一步将 25 例操作的学习曲线分为三个阶段，即快速上升期（1~8 例）、稳步增长期（9~13 例）和技术成熟期（14~25 例）。

3 讨论

颈内静脉穿刺置管既是测量中心静脉压的途径，又是快速扩容、用药、放置右心导管或起搏导管的通道。传统的体表定位穿刺对于初学者，甚至有经验的从业者来说，都是一项较难的任务^[7]。借助可视化超声技术引导，可有效减少颈内静脉穿刺的并发症、提高穿刺成功率，同时显著缩短

穿刺时间^[8-9]。但对于不熟悉穿刺的初学者来说依然存在难度，需要通过系统学习和反复实践方能熟练掌握。

学习曲线反映了在一定时间内获得此项技能的速率，是评估学习效果的重要指标之一^[10-11]。学习并掌握新技术的过程都存在特有的学习曲线。CUSUM 最初主要用于工业领域中的质量控制，后来作为一项统计指标被应用于多项外科及非外科手术领域，定量评估医生的学习曲线并实时反馈，为其提供持续的技术质量保证^[12-16]。研究表明，依据 CUSUM 法构建的学习曲线可为麻醉超声技术学习提供有效指导^[17-19]。

通过对超声引导颈内静脉穿刺置管学习曲线的特征进行分析，本研究将学习过程分为快速上升期、稳步增长期和技术成熟期。快速上升期是

技术学习的初始阶段,操作者处于探索期,对操作步骤、手法和要点不熟悉,心理压力较大,穿刺成功率较低。观测值低于目标值,依据 CUSUM 计算公式,则所得的 δ 为正值;观测值越低于目标值,即穿刺成功率越低,则每一次操作的 δ 值越大, CUSUM 值较前次增幅越大,此时的学习曲线呈现陡峭化。快速上升期为第 1~8 次操作。此阶段主要是熟悉组织结构的超声图像并掌握根据图像调整穿刺角度和深度的手眼配合能力,是技术积累的过程。经过前期的学习与经验积累,操作者的操作能力进入稳步增长期。此阶段穿刺成功率达到考核标准,观测指标接近目标值,每一次操作的 δ 值减小, CUSUM 较前次增幅放缓。此时的学习曲线图表现为曲线虽仍处于上升阶段,但曲线陡峭度降低,进入较为平缓的平台期,即第 9~13 次操作。自第 14 次操作起进入技术成熟期,表现为曲线开始出现下降趋势。在此阶段,学员经过前期的学习和经验积累,已熟练掌握了操作技术要领,进入技术稳定期。操作用时缩短且穿刺一次成功率较高,达到了预设的目标值,操作的 δ 值为负值(公式 $\delta=X_i-X_0$ 中 $X_i=0$, $\delta=-0.05$)。相对应的 CUSUM 值逐渐减小,学习曲线即表现出逐步下降趋势,曲线斜率 K 值由正值转变为逐步减小的负值。

本研究仍存在一定局限性:学习曲线的影响因素较多,尽管本研究尽量保证了学员基础水平、带教老师指导水平及学习环境的同质性,但未对学员每次操作的时间间隔作具体限定,不同的操作时间间隔可能会对学员操作流程的记忆和理解产生一定的影响,从而影响实验结果。缩短操作时间间隔是否有助于初学者尽快掌握操作技能有待进一步研究。

综上所述,本研究通过构建可视化技术超声引导颈内静脉穿刺置管的学习曲线,发现经过系统理论培训和临床实践后,住院医师通过约 14 次操作可以基本掌握超声引导下颈内静脉穿刺置管技术。运用超声辅助技术行颈内静脉穿刺置管是一项学习曲线短、较易掌握,且并发症较少的实用性技能,值得在麻醉学住院医师技能操作教学中开展,也为麻醉科住院医师超声引导颈内静脉穿刺置管术的规范化培训和资格准入提供了参考。

参考文献

- 1 Shin HJ, Na HS, Koh WU, et al. Complications in internal jugulars subclavian ultrasound-guided central venous catheterization: a comparative randomized trial[J]. *Intensive Care Med*, 2019, 45(7): 968-976. DOI: [10.1007/s00134-019-05651-9](https://doi.org/10.1007/s00134-019-05651-9).
- 2 Ge X, Cavallazzi R, Li C, et al. Central venous access sites for the prevention of venous thrombosis, stenosis and infection[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2012, 2012(3): CD004084. DOI: [10.1002/14651858.CD004084.pub3](https://doi.org/10.1002/14651858.CD004084.pub3).
- 3 Lamperti M, Caldiroli D, Cortellazzi P, et al. Safety and efficacy of ultrasound assistance during internal jugular vein cannulation in neurosurgical infants[J]. *Intensive Care Med*, 2008, 34(11): 2100-2105. DOI: [10.1007/s00134-008-1210-9](https://doi.org/10.1007/s00134-008-1210-9).
- 4 Blanco P. Central venous cannulation in the critically ill pediatric patient: another victory for ultrasound[J]. *Med Intensiva (Engl Ed)*, 2020, 44(2): 69-71. DOI: [10.1016/j.medin.2019.09.013](https://doi.org/10.1016/j.medin.2019.09.013).
- 5 殷利军,叶松,吴云,等.超声预定位四点法用于出血高危产妇右颈内静脉穿刺置管术的效果[J]. *中华麻醉学杂志*, 2019, 39(4): 443-446. [Yin LJ, Ye S, Wu Y, et al. Efficacy of ultrasound-prepositioned four-point method for right internal jugular vein catheterization in parturients at high risk of bleeding[J]. *Chinese Journal of Anesthesiology*, 2019, 39(4): 443-446.] DOI: [10.3760/cma.j.issn.0254-1416.2019.04.016](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-1416.2019.04.016).
- 6 Watanabe K, Tokumine J, Lefor AK, et al. Shallow-angle needle guide for ultrasound-guided internal jugular venous catheterization: a randomized controlled crossover simulation study (CONSORT)[J]. *PLoS One*, 2020, 15(6): e0235519. DOI: [10.1371/journal.pone.0235519](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235519).
- 7 段立娟,夏嘉鼎,赵凯峰,等.床旁超声引导颈内静脉穿刺置管在脓毒症休克患者中的应用价值[J]. *河北医药*, 2018, 40(19): 2993-2995. [Duan LJ, Xia JD, Zhao KF, et al. The application value of bedside ultrasound-guided central venous catheterization in patients with septic shock[J]. *Hebei Medical Journal*, 2018, 40(19): 2993-2995.] DOI: [10.3969/j.issn.1002-7386.2018.19.029](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-7386.2018.19.029).
- 8 de Souza TH, Brandão MB, Nadal JAH, et al. Ultrasound guidance for pediatric central venous catheterization: a Meta-analysis[J]. *Pediatrics*, 2018, 142(5): e20181719. DOI: [10.1542/peds.2018-1719](https://doi.org/10.1542/peds.2018-1719).

- 9 王俊林, 仲山, 黄洪强, 等. 超声引导下颈内静脉置管在新生儿手术中的应用 [J]. 临床麻醉学杂志, 2017, 33(10): 1027–1028. [Wang JL, Zhong S, Huang HQ, et al. Application of ultrasound-guided internal jugular vein catheterization in neonatal surgery[J]. Journal of Clinical Anesthesiology, 2017, 33(10): 1027–1028.] DOI: [10.3969/j.issn.1004-5805.2017.10.023](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-5805.2017.10.023).
- 10 Jung RG, Simard T, Killu A, et al. Learning curve and outcomes of left atrial appendage closure[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2021, 14(24): 2750–2752. DOI: [10.1016/j.jcin.2021.08.067](https://doi.org/10.1016/j.jcin.2021.08.067).
- 11 Niewodowski D, Langton D. Learning curve for bronchial thermoplasty[J]. Respirology, 2022, 27(5): 366–369. DOI: [10.1111/resp.14248](https://doi.org/10.1111/resp.14248).
- 12 Xiao Y, Liang M, Chen M, et al. Evaluating the learning curve of high intensity focus ultrasound for breast fibroadenoma by CUSUM analysis: a multi-center study[J]. Int J Hyperthermia, 2022, 39(1): 1238–1244. DOI: [10.1080/02656736.2022.2123566](https://doi.org/10.1080/02656736.2022.2123566).
- 13 Ouyang H, Xue W, Zhang Z, et al. Learning curve for robotic thyroidectomy using BABA: CUSUM analysis of a single surgeon's experience[J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2022, 13: 942973. DOI: [10.3389/fendo.2022.942973](https://doi.org/10.3389/fendo.2022.942973).
- 14 陈佩玲, 马武华, 庄月容, 等. 颈前光斑法和视频法在 Clarus 可视管芯引导气管插管学习中的比较 [J]. 临床麻醉学杂志, 2019, 35(4): 335–339. [Chen PL, Ma WH, Zhuang YR, et al. Comparison of transillumination technique and video-monitoring technique for intubation in the learning curve of the Clarus video system[J]. Journal of Clinical Anesthesiology, 2019, 35(4): 335–339.] DOI: [10.12089/jca.2019.04.006](https://doi.org/10.12089/jca.2019.04.006).
- 15 东洁, 徐维锋, 纪志刚, 等. 单术者机器人辅助腹腔镜肾部分切除术的学习曲线 [J]. 中华泌尿外科杂志, 2021, 42(4): 246–251. [Dong J, Xu WF, Ji ZG, et al. Learning curve for robotic assisted laparoscopic partial nephrectomy: a single operator experience[J]. Chinese Journal of Urology, 2021, 42(4): 246–251.] DOI: [10.3760/cma.j.cn112330-20200326-00232](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112330-20200326-00232).
- 16 刘敏, 敬洁, 肖力, 等. 麻醉科新护士桡动脉穿刺置管学习曲线的构建与分析 [J]. 中华护理教育杂志, 2022, 19(4): 343–346. [Liu M, Jing J, Xiao L, et al. Construction and analysis of the learning curve of radial artery catheterization for anesthesiology nurses[J]. Chinese Journal of Nursing Education, 2022, 19(4): 343–346.] DOI: [10.3761/j.issn.1672-9234.2022.04.010](https://doi.org/10.3761/j.issn.1672-9234.2022.04.010).
- 17 王宁, 李民, 郭向阳, 等. 超声引导桡动脉穿刺置管学习曲线的建立 [J]. 中华医学教育杂志, 2016, 36(2): 295–299. [Wang N, Li M, Guo XY, et al. The construction of learning curves for ultrasound-guided indwelling of radial artery catheters[J]. Chinese Journal of Medical Education, 2016, 36(2): 295–299.] DOI: [10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2016.02.036](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2016.02.036).
- 18 王玉洁, 徐懋, 李民, 等. 住院医师两种股神经阻滞麻醉教学学习曲线的比较 [J]. 中华医学教育杂志, 2019, 39(12): 946–949. [Wang YJ, Xu M, Li M, et al. Comparison of learning curves of femoral nerve block guided by nerve stimulator and ultrasound for residents[J]. Chinese Journal of Medical Education, 2019, 39(12): 946–949.] DOI: [10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2019.12.013](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2019.12.013).
- 19 卞勇, 白洁, 黄延辉, 等. 超声用于先天性心脏病患儿大隐静脉穿刺的学习曲线 [J]. 临床麻醉学杂志, 2021, 37(2): 128–133. [Bian Y, Bai J, Huang YH, et al. Learning curve of ultrasound-assisted technique for the peripheral saphenous venous cannulation in children with congenital heart disease[J]. Journal of Clinical Anesthesiology, 2021, 37(2): 128–133.] DOI: [10.12089/jca.2021.02.004](https://doi.org/10.12089/jca.2021.02.004).

收稿日期: 2023 年 09 月 03 日 修回日期: 2023 年 11 月 29 日
本文编辑: 王雅馨 黄笛

引用本文: 张海龙, 李旭, 吴迪, 等. 超声引导下颈内静脉穿刺置管学习曲线的构建与分析[J]. 数理医药学杂志, 2023, 36(12): 955–960. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202309011](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202309011)
Zhang HL, Li X, Wu D, et al. The construction and analysis of learning curve for ultrasound-guided internal jugular vein catheterization[J]. Journal of Mathematical Medicine, 2023, 36(12): 955–960. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202309011](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202309011)