

Application of femoral head coverage in screening of developmental dysplasia of hip in infants

FAN Wei, GAO Hong, LIU Qiaojian, YI Xin, GUO Junmei, ZHANG Yongmei, LI Xuejiao*
(Department of Ultrasound, Kunming Children's Hospital, Kunming 650228, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the application value of femoral head coverage (FHC) in screening of developmental dysplasia of the hip (DDH) in infants. **Methods** Totally 2 111 infants (4 222 sides of hips) screened with ultrasound were enrolled. Neutral and flexional FHC were measured, and the relationship to Graf types was evaluated, while ROC curve was drawn to evaluate the diagnostic efficacy of DDH. The difference of neutral FHC and flexion FHC (FHC-D) was calculated, and its diagnostic efficacy to hip stability was assessed. **Results** Among all 4 222 sides of hip joints, 4 056 were stable and 166 were unstable, 1 593 were DDH and 2 629 were normal. Both neutral FHC and flexional FHC had positive correlation with α angle ($r=0.680, 0.737$, both $P<0.001$). The neutral FHC ($59.39\% \pm 6.70\%$) was greater than flexional FHC ($54.96\% \pm 9.30\%$), and the difference was statistically significant ($t=19.122, P<0.001$). AUC of ROC curve was 0.884 for neutral FHC and 0.879 for flexional FHC in diagnosis of DDH (both $P<0.001$). The overall difference between neutral FHC and flexional FHC among different Graf types was statistically significant (both $P<0.001$). With the aggravation of Graf types, FHC gradually decreased, and the statistical differences were found in multiple comparisons (all $P<0.05$). AUC was 0.972 for FHC-D in the assessment of the stability of hips ($P<0.001$). Taking 8.50% as the threshold, the accuracy was 93.9%, the sensitivity and specificity was 89.0% and 93.0%, respectively. **Conclusion** Both neutral and flexional FHC can be used as reference indexes for screening DDH. FHC-D can be used to assess the stability of the hip quantitatively.

[Key words] Developmental dysplasia of the hip; Ultrasonography; Femoral head

DOI: 10.13929/j.1003-3289.201802073

股骨头骨性髋臼覆盖率在筛查婴儿发育性髋关节发育不良中的应用

樊伟, 高虹, 刘乔建, 易欣, 郭峻梅, 张咏梅, 李雪娇*

(昆明市儿童医院超声科, 云南昆明 650228)

[摘要] **目的** 探讨股骨头骨性髋臼覆盖率(FHC)在婴儿发育性髋关节发育不良(DDH)筛查中的应用价值。**方法** 收集接受髋关节超声筛查的 2 111 名(4 222 侧髋关节)婴儿, 测量其中立位和屈曲位 FHC, 分析其与 Graf 分型的关系, 并绘制 ROC 曲线评价其对 DDH 的诊断效能; 计算中立位与屈曲位的 FHC 的差值(FHC-D), 评价其评估髋关节稳定性的效能。**结果** 4 222 侧髋关节中, 稳定髋关节 4 056 侧, 不稳定髋关节 166 侧; DDH 1 593 侧, 正常髋关节 2 629 侧。中立位和屈曲位 FHC 均与 α 角呈正相关($r=0.680, 0.737, P$ 均 <0.001)。中立位 FHC($59.39\% \pm 6.70\%$) 大于屈曲位 FHC ($54.96\% \pm 9.30\%$), 差异有统计学意义($t=19.122, P<0.001$); 两者诊断 DDH 的 ROC 曲线的 AUC 分别为 0.884 和

[基金项目] 昆明市医药卫生科技计划项目(2018-09-02-004)、昆明市科技计划重点项目(2017-1-S-15222)、昆明市卫生科技人才培养项目[2017-SW(带)-20]。

[第一作者] 樊伟(1980—), 男, 云南昆明人, 硕士, 副主任医师。研究方向: 小儿腹部、肌骨超声。E-mail: fwss2000@163.com

[通信作者] 李雪娇, 昆明市儿童医院超声科, 650228。E-mail: lixuejiao@etyy.cn

[收稿日期] 2018-02-11 **[修回日期]** 2018-07-06

0.879(P 均 <0.001)。不同 Graf 分型间中立位 FHC 和屈曲位 FHC 的总体差异均有统计学意义(P 均 <0.001)，随着分型的加重，FHC 逐渐降低，两两比较 FHC 差异均有统计学意义(P 均 <0.05)。FHC-D 评估髋关节稳定性的 AUC 为 0.972($P<0.001$)，临界值为 8.50%，敏感度为 89.0%，特异度为 93.0%，准确率为 93.9%。**结论** 中立位和屈曲位 FHC 均可作为筛查 DDH 的参考指标之一；FHC-D 可用于定量评估髋关节的稳定性。

[关键词] 发育性髋关节发育不良；超声检查；股骨头

[中图分类号] R726.8；R445.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2018)11-1694-05

发育性髋关节发育不良(developmental dysplasia of the hip, DDH)是婴幼儿最常见的发育性髋关节疾病^[1]，为出生时即存在或生长发育过程中逐渐表现出的一系列髋关节异常的总称^[2-3]。早期诊断和及时干预是 DDH 患儿获得良好预后的关键。超声是早期诊断 DDH 的首选影像学方法，以 Graf 法和 Harcke 法^[4]应用最为广泛。股骨头覆盖率(femoral head coverage, FHC)是评价股骨头受骨性髋臼覆盖程度的指标，其测量和计算方法简单易行，测量误差较小，适用于筛查 DDH。目前测量 FHC 的体位并不统一，有研究^[5-7]采用中立位，也有研究^[8-10]采用屈曲位。由于股骨头并非几何学上的球体，中立位和屈曲位检测的股骨头切面有所差异，在不同体位测量的 FHC 是否具有可比性是争论的焦点。本研究测量中立位和屈曲位 FHC，探讨不同体位 FHC 与 Graf 分型的关系及 FHC 差值(difference of FHC, FHC-D)定量评价髋关节稳定性的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2016 年 10 月—2017 年 10 月于我院接受髋关节超声筛查的 2 111 名(4 222 侧髋关节)婴儿，男 948 名，女 1 163 名，年龄 3 天~7 个月，平均(2.2±1.2)个月。入组标准：年龄 <8 个月；无继发性髋关节脱位。

1.2 仪器与方法 采用 Siemens X300 超声诊断仪，线阵探头，频率 7.3~11.4 MHz，仪器自带髋关节测量软件包，由 1 名经过系统 Graf 法和 Harcke 法培训的超声医师完成超声检查。检查时使婴儿侧卧，固定受检肢体并安抚婴儿，待其情绪稳定时开始检查。

1.2.1 Graf 法检查 使受检髋关节位于自然中立位(屈曲 15°~20°)，探头与身体长轴平行并垂直床面，轻微移动或旋转探头，获取标准切面(对 Graf III 型、IV 型患儿不要求标准切面)，即同时显示平直的髌骨、髌骨下缘和孟唇，在此切面还应显示股骨颈处的骨—软骨交界高回声和大转子上方的滑膜皱襞高回声。于此标准切面测量 α 角和 β 角^[11-12]，并进行 Graf 分型，I 型为正常髋关节，其他类型为 DDH。

1.2.2 Harcke 法检查 保持上述髋关节屈曲状态，将探头旋转 90°，获取屈曲髋关节外侧的横切面图像，嘱助手一手置于婴儿骶尾部以支撑髋部，另一手内收和外展受检髋关节，观察股骨头的运动；之后稍向后移动探头，获取髋关节后外侧横切面图像，行 Barlow 和 Ortolani 试验，如股骨头与髋臼的位置关系发生改变，为不稳定髋关节^[13]，否则为稳定髋关节。

1.2.3 FHC 测量方法 中立位 FHC 测量方法：在冠状切面以平直的髌骨外板延长线为参考线(相当于 Graf 法的基线)，作 2 条平行线分别与股骨头的内侧缘、外侧缘相切，测量股骨头内侧缘切线与基线的间距(d)和股骨头内、外侧缘切线的间距(D)，计算 FHC， $FHC=d/D\times 100\%$ (图 1A)。

屈曲位 FHC 测量方法：在上述标准切面固定探头不动，使受检髋关节屈曲 90°，此时股骨颈处的骨—软骨交界高回声和大转子上方的滑膜皱襞高回声消失，其余结构保持不变，按上述方法测量屈曲位 FHC(图 1B)。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 22.0 统计分析软件。计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 或中位数(上下四分位数)表示。中立位 FHC 与屈曲位 FHC 的比较采用配对 t 检验；DDH 与正常髋关节间 FHC 的比较采用独立样本 t 检验；不同 Graf 分型间 FHC 的比较采用单因素方差分析，两两比较采用 LSD 法；稳定髋关节与不稳定髋关节间 FHC-D 的比较采用 Wilcoxon 检验。绘制 ROC 曲线，评价中立位 FHC、屈曲位 FHC 诊断 DDH 和 FHC-D 评价髋关节稳定性的效能。以 Pearson 相关分析评价 FHC 与 α 角的相关性(Graf III 型和 IV 型髋关节无标准切面，未测量 α 角，未纳入相关性分析)。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

4 222 侧髋关节中，Harcke 法诊断稳定髋关节 4 056 侧，不稳定髋关节 166 侧。Graf 法诊断 DDH 1 593 侧，包括髋关节脱位 81 侧(均为不稳定髋关节)，无髋关节脱位 1 512 侧(稳定髋关节 1 428 侧，不稳定髋关节 84 侧)；正常髋关节 2 629 侧(稳定髋关节 2 628 侧，不稳定髋关节 1 侧)。

2.1 FHC 与 α 角的相关性 中立位 FHC 及屈曲位 FHC 与 α 角均呈正相关 ($r = 0.680$ 、 0.737 , P 均 < 0.001)。

2.2 中立位 FHC 与屈曲位 FHC 的比较 中立位 FHC 为 $59.39\% \pm 6.70\%$, 屈曲位 FHC 为 $54.96\% \pm 9.30\%$, 差异有统计学意义 ($t = 19.122$, $P < 0.001$)。

2.3 FHC 对 DDH 的诊断效能 DDH 髋关节与正常髋关节间中立位和屈曲位 FHC 差异均有统计学意义 (P 均 < 0.001 , 表 1、图 2)。中立位 FHC 诊断 DDH 的 AUC 为 0.884 , 屈曲位 FHC 为 0.879 (P 均 < 0.001 , 表 2、图 3)。

2.4 不同 Graf 分型间 FHC 的比较 II a 型和 II b 型髋关节诊断标准中 α 角、 β 角的范围相同, 因此将其合并。不同 Graf 分型之间, 中立位 FHC 和屈曲位 FHC 的总体差异均有统计学意义 (P 均 < 0.001), 随着分型加重, FHC 逐渐降低, 两两比较 FHC 差异均有统计学意义 (P 均 < 0.05 , 表 3)。

2.5 FHC-D 对髋关节稳定性的评估 4 222 侧髋关节中, 81 侧髋关节脱位, 由于脱位髋关节均为不稳定髋关节, 未将其纳入稳定性评估, 仅对未脱位髋关节进行评估。4 141 侧未脱位髋关节中, 稳定髋关节 4 056 侧, FHC-D 的中位值为 3.02% (2.04% , 6.01%); 不稳定髋关节 85 侧, FHC-D 中位值为 14.03% (5.03% , 16.01%); 差异有统计学意义 ($Z = -13.112$,

表 1 DDH 髋关节与正常髋关节间 FHC 比较 ($\%, \bar{x} \pm s$)

诊断结果	中立位 FHC	屈曲位 FHC
DDH 髋关节 ($n=1\ 593$)	54.79 ± 9.75	49.54 ± 15.43
正常髋关节 ($n=2\ 629$)	63.03 ± 4.67	59.01 ± 4.38
t 值	-31.908	-29.566
P 值	< 0.001	< 0.001

表 2 不同体位下 FHC 对 DDH 的诊断效能

体位	AUC	95%CI	P 值	临界值 (%)	敏感度 (%)	特异度 (%)	准确率 (%)
中立位	0.884	(0.858, 0.910)	< 0.001	58.50	80.5	79.3	79.8
屈曲位	0.879	(0.850, 0.907)	< 0.001	52.53	69.6	94.6	83.9

表 3 不同 Graf 分型间中立位 FHC 和屈曲位 FHC 的比较 ($\%, \bar{x} \pm s$)

Graf 分型	中立位 FHC	屈曲位 FHC
I 型 ($n=2\ 629$)	63.03 ± 4.67	59.01 ± 4.38
II a/II b 型 ($n=1\ 415$)	56.98 ± 5.22	50.66 ± 9.36
II c 型 ($n=91$)	49.49 ± 5.55	35.19 ± 5.18
D 型 ($n=6$)	37.67 ± 3.67	30.83 ± 1.33
III 型 ($n=58$)	30.22 ± 12.67	23.35 ± 10.69
IV 型 ($n=23$)	7.39 ± 11.86	4.65 ± 9.88
F 值	1 255.011	543.081
P 值	< 0.001	< 0.001

$P < 0.001$)。ROC 曲线结果显示, FHC-D 评估髋关节稳定性的 AUC 为 0.972 ($P < 0.001$, 图 4), 临界值为 8.50% , 敏感度为 89.0% , 特异度为 93.0% , 准确率为 93.9% 。

3 讨论

Graf 法是最早应用于 DDH 的超声检查方法, 通过观察髋臼形态、股骨头与髋臼的位置关系及测量 α 、 β 角, 对髋关节进行详细分型, 具有规范化、标准化等优点^[14], 在欧洲已成为诊断 6 个月以下婴儿 DDH 的标准方法。但是, 准确掌握 Graf 法有一定难度^[15-16],

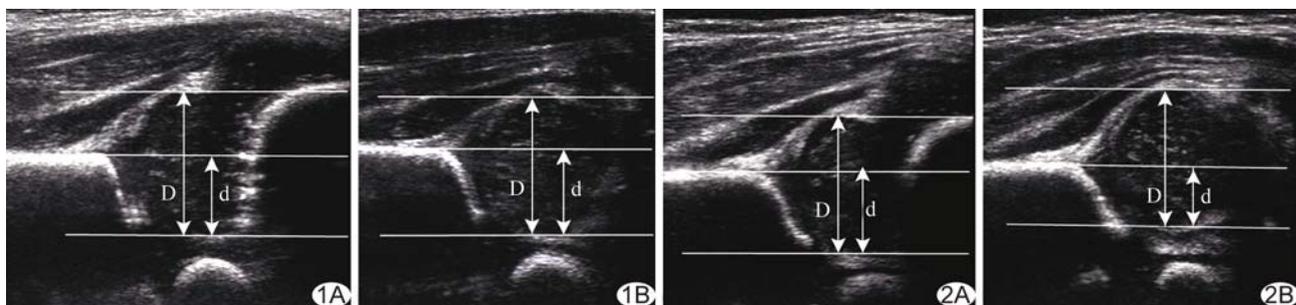


图 1 FHC 测量示意图 A. 中立位; B. 屈曲位 (d: 股骨头内侧缘切线与基线的间距; D: 股骨头内、外侧缘切线的间距) 图 2 婴儿女, 1.5 个月, 左侧 DDH A. 中立位 FHC 为 60.87% ; B. 屈曲位 FHC 为 43.49% (d: 股骨头内侧缘切线与基线的间距; D: 股骨头内、外侧缘切线的间距)

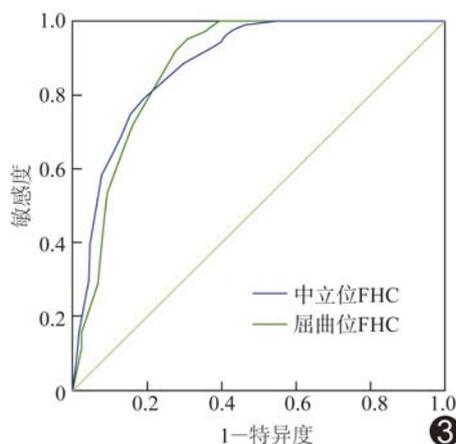


图3 中立位 FHC 和屈曲位 FHC 诊断 DDH 的 ROC 曲线的 ROC 曲线

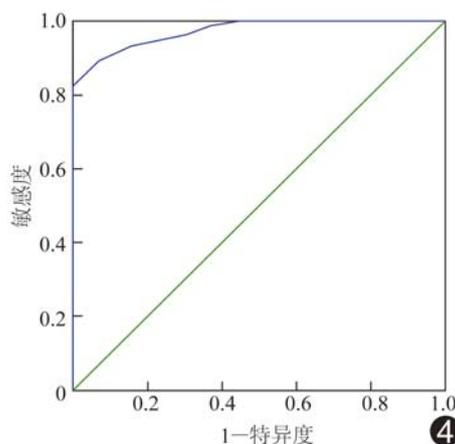


图4 FHC-D 诊断髋关节稳定性的 ROC 曲线

需要接受系统培训,对相关解剖结构认识不清或图像获取不标准时,测量结果的可重复性较差^[11]。Harcke 法^[17-18]通过观察股骨头的位置、评估髋关节的稳定性及观察髋臼形态来诊断 DDH,具有较高的主观性及经验依赖性。2013 年,美国超声医学协会 (the American Institute of Ultrasound in Medicine, AIUM) 联合美国放射学会 (American College of Radiology, ACR)、儿科放射学会 (Society for Pediatric Radiology, SPR)、超声影像医师协会 (Society of Radiologists in Ultrasound, SRU) 共同发表的新版《发育性髋关节发育不良超声实践指南》中,以 Harcke 法为蓝本,整合 Graf 法,已成为北美地区超声诊断 DDH 的标准方法^[13]。Graf 法与 Harcke 法需要检查者接受专业培训,并积累一定经验,适用于确诊可疑 DDH 患儿。FHC 是 1985 年 Morin 等^[8]提出的概念,具有简单易行、测量误差小的优点,更适用于对髋关节进行初筛。

本研究发现,中立位与屈曲位 FHC 差异有统计学意义 ($t=19.122, P<0.001$),FHC 与 α 角呈正相关,且随 Graf 分型提高而降低,提示在相同体位下进行测量 FHC 具有可比性,且与 Graf 分型存在对应关系;ROC 曲线分析结果显示,中立位及屈曲位 FHC 对 DDH 均具有较高的诊断效能,AUC 分别为 0.884 和 0.879 (P 均 <0.001)。笔者认为,在临床工作中,采用中立位或屈曲位测量 FHC 均可行,但需要在报告中注明体位,以便于随访时采用相同体位进行测量。

Harcke 法是超声评估髋关节稳定性最常用的方法,通过观察运动和加压状态下股骨头与髋臼位置

关系的变化,将髋关节的稳定性分为稳定、松弛、加压可脱位、脱位但可复位、脱位不可复位 5 型^[17-18],除稳定髋关节外,其他 4 型均为不稳定髋关节。在 2013 版 AIUM 指南^[13]中,对“不稳定”髋关节的表述是“如果在轻柔的推压下肢骨头与髋臼后缘的关系发生变化,则为不稳定髋关节”,但由于没有具体的测量指标,Harcke 法对稳定性的判断具有较高的主观性及经验依赖性。本研究结果显示,不稳定髋关节的 FHC-D 值大于稳

定髋关节 ($Z=-13.112, P<0.001$),提示可以据此来评估髋关节的稳定性。FHC-D 评估髋关节稳定性的 AUC 为 0.972 ($P<0.001$),以 $FHC-D \geq 8.50\%$ 诊断髋关节不稳定的准确率达 93.9%,具有较高的诊断价值。

本研究中,超声医师经过系统培训,最大限度上减少了系统误差,但仍然存在不足之处:① Graf 分型中 D 型及不稳定髋关节样本数较少,可能存在抽样误差;② 评估髋关节稳定性的标准本身具有主观性,使得最终结果不可避免地具有一定主观性。此外,诊断 DDH 还需结合形态学评估,生物学测量只是检查内容中的一部分,综合应用多种方法有利于获得全面客观的检查结果。

[参考文献]

[1] Shaw BA, Segal LS. Evaluation and referral for developmental dysplasia of the hip in infants. *Pediatrics*, 2016, 138(6): e1-e11.

[2] Dezateux C, Rosendahl K. Developmental dysplasia of the hip. *Lancet*, 2007, 369(9572): 1541-1552.

[3] Sewell MD, Rosendahl K, Eastwood DM. Developmental dysplasia of the hip. *BMJ*, 2009, 339: b4454.

[4] 中华医学会小儿外科分会骨科学组, 中华医学会骨科学分会小儿创伤矫形学组. 发育性髋关节发育不良临床诊疗指南 (0~2 岁). *中华骨科杂志*, 2017, 37(11): 641-650.

[5] Terjesen T, Bredland T, Berg V. Ultrasound for hip assessment in the newborn. *J Bone Joint Surg Br*, 1989, 71(5): 767-773.

[6] Gunay C, Atalar H, Dogruel H, et al. Correlation of femoral head coverage and Graf alpha angle in infants being screened for developmental dysplasia of the hip. *Int Orthop*, 2009, 33(3): 761-764.

- [7] Rosendahl K, Markestad T, Lie RT. Ultrasound in the early diagnosis of congenital dislocation of the hip: The significance of hip stability versus acetabular morphology. *Pediatr Radiol*, 1992, 22(6):430-433.
- [8] Morin C, Harcke HT, MacEwen GD. The infant hip: Real-time US assessment of acetabular development. *Radiology*, 1985, 157(3):673-677.
- [9] Alexiev VA, Harcke HT, Kumar SJ. Residual dysplasia after successful Pavlik harness treatment: Early ultrasound predictors. *J Pediatr Orthop*, 2006, 26(1):16-23.
- [10] 陈丹, 祁丹, 马小燕, 等. 超声改良 Morin 法在婴儿发育性髋关节发育不良筛查中的应用. *临床小儿外科杂志*, 2015, 14(3):206-209.
- [11] Graf R, Mohajer M, Plattner F. Hip sonography update. Quality-management, catastrophes-tips and tricks. *Med Ultrason*, 2013, 15(4):299-303.
- [12] 唐蕾, 王慧莉, 陈曼, 等. 超声筛查不同人种婴儿髋关节发育不良. *中国医学影像技术*, 2014, 30(11):1704-1707.
- [13] American Institute of Ultrasound in Medicine. AIUM practice guideline for the performance of an ultrasound examination for detection and assessment of developmental dysplasia of the hip. *J Ultrasound Med*, 2013, 32(7):1307-1317.
- [14] 高树焄, 蔡爱露. 高频超声与三维 CT 诊断婴幼儿发育性髋关节发育不良的对照观察. *中国医学影像技术*, 2009, 25(7):1251-1254.
- [15] Teixeira SR, Dalto VF, Maranhão DA, et al. Comparison between Graf method and pubo-femoral distance in neutral and flexion positions to diagnose developmental dysplasia of the hip. *Eur J Radiol*, 2015, 84(2):301-306.
- [16] Hell AK, Becker JC, Rühmann O, et al. Inter- and intraobserver reliability in Graf's sonographic hip examination. *Z Orthop Unfall*, 2008, 146(5):624-629.
- [17] Harcke HT, Grissom LE. Performing dynamic sonography of the infant hip. *AJR Am J Roentgenol*, 1990, 155(4):837-844.
- [18] American Institute of Ultrasound in Medicine, American College of Radiology. AIUM practice guideline for the performance of an ultrasound examination for detection and assessment of developmental dysplasia of the hip. *J Ultrasound Med*, 2009, 28(1):114-119.

《中国医学影像技术》投稿要求(一)

1 总体要求 文稿应具有科学性、先进性、创新性和可读性,力求重点突出,论点明确,资料详实,数据可靠,结构严谨,写作规范,表达准确,文字精炼。文稿撰写应遵照国家标准 GB 7713 科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式,GB 6447 文摘编写规则,GB 7714 文后参考文献著录规则;专家述评 4 000 字左右,研究论著、综述类论文 5 000 字左右,经验交流一般不超过 2 500 字,个案报道不超过 1 000 字。

2 题目 力求高度概括、言简意赅且能反映论文的主题,文题字数一般不超过 20 个汉字,尽量不设副标题,题目中尽量不使用阿拉伯数字开头。

3 作者 作者姓名标注在文题下方,按贡献大小顺序排列,投稿后作者署名及顺序不得随意修改或变更。具备下列条件者可列为作者:①参加选题、研究工作并能解释论文有关问题者;②起草或修改论文中关键性理论或主要内容者;③能对编辑部的修改意见进行核修,并最终同意该文发表者。对研究工作有贡献的其他人可在致谢中列出。通信作者姓名旁应上标加注“*”号,其应对全文内容负责,还应具有对读者提出的质疑进行答辩的能力和义务。如有外籍作者,应征得本人同意,并附有本人签字。

4 单位 在作者的下一行写出单位的全称(具体到科室)、省市和邮政编码。署名作者分别在多个单位者,应分别写出各单位的全称(具体到科室),并用阿拉伯数字在对应的署名作者右上角标注。

5 英文题目 应简明扼要,便于检索,与中文题名内容上应一致,以不超过 10 个实词为宜。除已得到整个科技界或本行业科技人员公认的缩略词语外,不宜使用缩略词语。

6 英文作者 用汉语拼音拼写,姓前名后,姓氏全部大写,名首字母大写,双名首字母大写。例如:王小五,写为:WANG Xiaowu。依据《中国人名汉语拼音字母拼写规则》(国家标准编号:GB/28039-2011),姓氏“吕”的汉语拼音应为“LYU”。

7 英文单位 应与中文单位对应,按查阅本单位官方网站或咨询相关职能部门,规范英文单位名称。