

doi: 10.7499/j.issn.1008-8830.2001047

论著·临床研究

## 真空固定器联合喂奶方式在新生儿头颅磁共振成像中的应用——前瞻性随机对照研究

沈晓霞<sup>1</sup> 刘婷婷<sup>2</sup> 高福生<sup>1</sup> 吴丹<sup>2</sup> 杜立中<sup>1</sup> 马晓路<sup>1</sup>

(1. 浙江大学医学院附属儿童医院新生儿重症监护室, 浙江 杭州 310051;

2. 浙江大学生物医学工程系, 浙江 杭州 310027)

**[摘要]** **目的** 评价真空固定器联合喂奶方式在新生儿头颅磁共振成像(MRI)中的有效性和安全性。**方法** 前瞻性选择2019年9~11月浙江大学医学院附属儿童医院新生儿科需要进行头颅MRI检查的胎龄>34周且生命体征平稳、不需要吸氧的高胆红素血症新生儿为研究对象,随机分为真空固定器联合喂奶组和常规镇静组,所有患儿均在头颅MRI检查前后进行生命体征监测,记录MRI完成情况。**结果** 共纳入80例新生儿,真空固定器联合喂奶组40例,常规镇静组40例。真空固定器联合喂奶组头颅MRI检查成功率高于常规镇静组(92% vs 75%,  $P<0.05$ )。扫描成功的患儿中,真空固定器联合喂奶组检查完成后的最快心率低于常规镇静组( $P<0.05$ );两组患儿在头颅MRI前后经皮血氧饱和度、呼吸频率、体温等差异无统计学意义( $P>0.05$ )。所有患儿均未发生呼吸暂停、急性过敏反应、恶性高热等并发症。**结论** 真空固定器联合喂奶方式在不增加风险的前提下提高了头颅MRI检查的成功率,有效减少镇静剂的使用。 [中国当代儿科杂志, 2020, 22(5): 435-440]

**[关键词]** 磁共振成像; 镇静剂; 真空固定器; 喂奶; 新生儿

### Application of vacuum stretcher combined with feeding in cranial magnetic resonance imaging examination for neonates: a prospective randomized controlled study

SHEN Xiao-Xia, LIU Ting-Ting, GAO Fu-Sheng, WU Dan, DU Li-Zhong, MA Xiao-Lu. Department of Neonatal Intensive Care Unit, Children's Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310051, China (Ma X-L, Email: maxiaolu\_zjuch@zju.edu.cn)

**Abstract: Objective** To study the effect and safety of vacuum stretcher combined with feeding in cranial magnetic resonance imaging (MRI) examination for neonates. **Methods** A prospective study was performed for the neonates with hyperbilirubinemia, with a gestational age of >34 weeks and stable vital signs, who needed cranial MRI examination and did not need oxygen inhalation hospitalized in the Department of Neonatology, Children's Hospital of Zhejiang University School of Medicine, from September to November, 2019. The neonates were randomly divided into a vacuum stretcher combined with feeding group and a conventional sedation group. Vital signs were monitored before, during, and after MRI examination. The success rate of MRI procedure was recorded. **Results** A total of 80 neonates were enrolled in the study, with 40 neonates in the vacuum stretcher combined with feeding group and 40 in the conventional sedation group. The vacuum stretcher combined with feeding group had a significantly higher success rate of MRI procedure than the conventional sedation group ( $P<0.05$ ). As for the neonates who underwent successful MRI examination, the fastest heart rate after examination in the vacuum stretcher combined with feeding group was significantly lower than that in the conventional sedation group ( $P<0.05$ ), while there were no significant differences between the two groups in transcutaneous oxygen saturation, respiratory rate, and body temperature before and after MRI examination ( $P>0.05$ ). No complications, such as apnea, acute allergic reactions, and malignant fever, were observed. **Conclusions** Vacuum stretcher combined with feeding can improve the success rate of MRI procedure and reduce the use of sedatives, and meanwhile, it does not increase related risks. [Chin J Contemp Pediatr, 2020, 22(5): 435-440]

**Key words:** Magnetic resonance imaging; Sedative; Vacuum stretcher; Feeding; Neonate

[收稿日期] 2020-01-09; [接受日期] 2020-03-13

[作者简介] 沈晓霞, 女, 博士, 主治医师。

[通信作者] 马晓路, 女, 主任医师。Email: maxiaolu\_zjuch@zju.edu.cn。

磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 作为一种无创性医疗影像技术, 能很好地呈现组织特征且远离辐射, 被广泛应用于临床诊断。但 MRI 的图像质量要求高, 即使是微小的运动也会产生伪影, 且扫描时间长、噪声大, 小婴儿通常需要使用镇静剂或者全身麻醉来减少运动以确保图像的质量<sup>[1-2]</sup>。尽管如此, 小婴儿常常在 MRI 检查过程中被高分贝噪声唤醒, 一次性完成检查的成功率不高, 且部分早产儿在应用镇静剂后可能出现呼吸抑制甚至呼吸暂停, 大大增加了 MRI 检查风险。另外, 小婴儿尤其早产儿反复应用镇静剂不仅短期内存在呼吸抑制、过敏等风险, 而且远期可能对神经发育产生不利影响, 因此临床上减少镇静剂的呼声越来越高<sup>[3-5]</sup>。喂养联合包裹是一种采用喂奶、安抚以及保暖等来诱导睡眠, 通过对身体的包裹来限制小婴儿运动的方式。国外已将这种方法成功应用于 MRI 检查的小婴儿, 大大减少了镇静剂的使用<sup>[6-7]</sup>, 而国内尚无相关报道, 仍需药物镇静。本研究将对我院需行头颅 MRI 检查的住院新生儿通过随机对照方法分为真空固定器联合喂奶组和常规镇静组, 评价真空固定器联合喂奶方式在 MRI 检查中的有效性及安全性。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

本研究系前瞻性随机对照研究, 研究对象纳入标准为: (1) 2019年9~11月浙江大学医学院附属儿童医院新生儿科收治的胎龄>34周且生命体征平稳、不需要吸氧的高胆红素血症新生儿; (2) 因病情需要行头颅 MRI 检查。排除标准: (1) 患儿生命体征不平稳; (2) 因临床情况需要禁食; (3) 存在复杂性先天性心脏病、致死性先天畸形。

本研究获浙江大学医学院附属儿童医院伦理委员会审批 (2019-IRB-066), 研究前与家长详细讲解整个研究方案并签署知情同意书。

### 1.2 仪器和设备

3T 飞利浦 MRI 扫描仪, MRI 兼容脉搏监测仪 (Invivo SpO<sub>2</sub> MRI Sensor, Oriando, FL32826 USA),

经皮脉搏血氧仪 (Masino Rad-8 Irvine, CA92618 USA) SpO<sub>2</sub> 监测范围在 1%~100%, 脉搏的监测范围在 20~250 次/min。真空固定器: 负气压式固定保护气垫 (广州蓝仕威克医疗科技有限公司, 产品编号 2019002, 产品型号 VSA-5A00)。头颅 MRI 扫描序列为 T1WI、T2WI 和 DWI, 扫描持续时间为 6 min。

### 1.3 样本量估算

研究对象首次头颅 MRI 检查能否成功为主要观察的结局指标。根据预试验结果, 估计常规镇静组首次头颅 MRI 检查成功率为 68%, 真空固定器联合喂奶组为 95%。设  $\alpha=0.05$  (双侧),  $\beta=0.1$ , 真空固定器联合喂奶组和常规镇静组病例之比为 1:1, 利用 Power and Sample Size 软件计算得到总样本量为 78 例, 故本研究纳入 80 例研究对象。

### 1.4 随机分组原则及处理

研究对象根据入组时间的先后顺序进行样本量编号, 依次编号 001 至 080。从随机数字表中任意一个数字开始, 沿着顺序向下获取每个研究对象相对应的随机数字, 将随机数除以 2 得到余数, 余数 0 为真空固定器联合喂奶组, 余数 1 为常规镇静组。因存在分组不平衡, 再根据随机数余数分组法, 使最后真空固定器联合喂奶组和常规镇静组的病例数各 40 例。

常规镇静组患儿在检查前 15 min 予 10% 水合氯醛 0.5 mL/kg 口服, 然后由家长或医护在 MRI 准备室哄睡等待检查。真空固定器联合喂奶组患儿检查前 3 h 内不鼓励吃奶, 检查前 15 min 由患儿父母或者医护在 MRI 准备室喂奶。为了避免交叉感染及减轻真空固定器带来的不适感, 待检患儿正常穿衣后均用一个干净包被包裹患儿身体, 暴露双足方便放置监测仪探头, 包被包裹后将患儿放入真空固定器上进行固定, 头部位置加用棉垫进一步保护和隔音, 最后用抽气筒将真空固定器内空气抽干固定 (图 1)。若 MRI 室光线较亮可加用眼罩, 每个患儿均同时予安慰奶嘴进行安抚诱导睡眠。两组患儿 MRI 兼容脉搏监测仪探头统一固定于左脚, 头颅 MRI 检查前后在 MRI 室外用经皮脉搏血氧仪监测患儿心率、经皮氧饱和度。



图1 真空固定器包被下待检的小婴儿

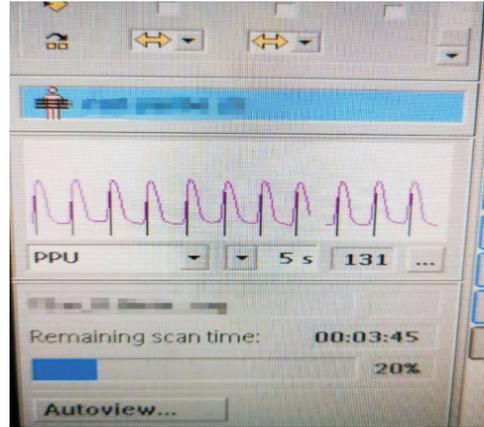


图2 MRI兼容脉搏监测仪监测脉搏

### 1.5 资料收集

收集的资料包括：(1)一般资料：患儿的性别、出生胎龄、检查日龄、出生体重、出生方式等。(2)安全性评价指标：头颅MRI检查前1min及检查结束后1min测量患儿生命体征，记录患儿呼吸、最快心率、体温和经皮氧饱和度，检查中实时监测患儿脉搏(图2)。(3)有效性评价指标：开始扫描前经新生儿医护安抚入睡后进入MRI扫描仪进行扫描。扫描过程中若患儿出现肢体活动导致扫描中断，将患儿从扫描台上抱起进行安抚，使其重新入睡后重新定位扫描。扫描过程中由同一位影像医师评估图像质量，若图像质量不能回答临床问题，则重新扫描，若扫描持续时间超过30min仍未能完成，则判定扫描失败。记录扫描持续时间、扫描中断频次及图像完成情况。其中扫描持续时间指进入MRI扫描仪开始扫描至扫描结束的具体时间，扫描失败者统一记录为30min。

### 1.6 统计学分析

采用SPSS 23.0软件进行统计学分析。符合正态分布计量资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示，两组间比较采用两样本t检验；非正态分布计量资料以中位数和四分位数间距 $[M(Q_1, Q_3)]$ 表示，组间比较采用Mann-Whitney U检验。计数资料以例或百分比(%)表示，组间比较采用 $\chi^2$ 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患儿的基本情况比较

共纳入80例新生儿，男47例，女33例，平均出生胎龄 $38.4 \pm 1.5$ 周，平均出生体重 $3183 \pm 443$ g，头颅MRI扫描时的日龄为 $12 \pm 7$ d。常规镇静组40例，真空固定器联合喂奶组40例，两组患儿基本信息比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表1。

表1 常规镇静组和真空固定器联合喂奶组患儿基本信息比较

项目	常规镇静组 (n=40)	真空固定器联合喂奶组 (n=40)	$\chi^2/t/Z$ 值	P值
男/女(例)	23/17	24/16	0.05	0.820
早产/足月(例)	4/36	7/33	0.95	0.330
出生体重( $\bar{x} \pm s, g$ )	$3270 \pm 397$	$3096 \pm 473$	1.78	0.078
出生胎龄( $\bar{x} \pm s, 周$ )	$38.6 \pm 1.5$	$38.3 \pm 1.6$	0.97	0.334
头颅MRI扫描时的日龄 $[M(Q_1, Q_3), d]$	11.0(7.0, 15.8)	11.0(7.0, 16.8)	-0.06	0.954

### 2.2 两组患儿在头颅MRI检查中的有效性评价

真空固定器联合喂奶组中30例一次性顺利完成头颅MRI检查；8例患儿因哭闹或吸奶动作出现运动伪影导致扫描中断，其中7例经安抚后继

续入睡，最终成功完成扫描；1例患儿吸吮安慰奶嘴的动作幅度过大使图像产生运动伪影，移除安慰奶嘴后很快清醒，虽经安抚，但无法再次入睡，导致检查失败；2例患儿自始至终无法入睡导致检

查失败。因此，真空固定器联合喂奶组的扫描总成功率为92% (37/40)。

常规镇静组中29例一次性顺利完成扫描；8例患儿应用镇静剂后一直无法入睡导致检查失败；3例患儿出现头部运动导致检查中断，其中1例患儿经安抚后继续完成检查，另外2例安抚失败导

致最终检查失败。因此，常规镇静组的扫描总成功率为75% (30/40)。

真空固定器联合喂奶组扫描成功率高于常规镇静组 ( $P<0.05$ )，两组扫描中断率和扫描持续时间差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )，见表2。

表2 常规镇静组和真空固定器联合喂奶组患儿头颅MRI扫描完成情况比较

项目	常规镇静组 (n=40)	真空固定器联合喂奶组 (n=40)	$\chi^2/Z$ 值	P 值
扫描成功 [例 (%)]	30(75)	37(92)	4.50	0.034
扫描中断 [例 (%)]	3(8)	8(20)	2.64	0.105
扫描持续时间 [ $M(Q_1, Q_3)$ , min]	6.0(6.0, 25.8)	6.0(6.0, 6.8)	-0.69	0.493

### 2.3 两组患儿在头颅MRI检查中的安全性评价

共扫描成功67例，其中常规镇静组30例，真空固定器联合喂奶组37例，扫描成功两组患儿性别 ( $\chi^2=0.03, P=0.857$ )、出生体重 ( $t=1.37, P=0.177$ )、出生胎龄 ( $t=0.64, P=0.527$ )、头颅MRI扫描时的日龄 ( $Z=-0.49, P=0.627$ )、早产比例 ( $\chi^2=0.38, P=0.539$ ) 比较差异均无统计学意义。两组患儿检查前最快心率差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。检查完成后，真空固定器联合喂奶组

患儿最快心率低于常规镇静组 ( $P<0.05$ )。头颅MRI检查前后两组患儿呼吸频率、经皮氧饱和度、体温方面差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ ) (表3)。检查过程中两组患儿均未出现睡眠状态下心率过快 ( $>180$ 次/min) 或心率过慢 ( $<100$ 次/min) 的情况，也未发生发热或低体温、呼吸抑制或呼吸暂停、过敏等严重并发症。真空固定器联合喂奶组患儿检查完成后体格检查未发现皮肤破损、红肿等现象。

表3 常规镇静组和真空固定器联合喂奶组患儿头颅MRI扫描前后生命体征的变化

项目	常规镇静组 (n=30)	真空固定器联合喂奶组 (n=37)	$t/Z$ 值	P 值
最快心率 ( $\bar{x} \pm s$ , 次/min)				
检查前	143 ± 14	141 ± 15	0.59	0.559
检查后	143 ± 11	137 ± 12	2.13	0.037
呼吸频率 ( $\bar{x} \pm s$ , 次/min)				
检查前	48(46, 48)	48(46, 48)	-0.59	0.558
检查后	48(46, 48)	48(46, 48)	-1.05	0.296
体温 [ $M(Q_1, Q_3)$ , °C]				
检查前	36.8(36.5, 37.0)	36.8(36.5, 37.1)	-0.04	0.965
检查后	36.8(36.6, 37.0)	36.7(36.5, 36.8)	-1.56	0.118
经皮氧饱和度 [ $M(Q_1, Q_3)$ , %]				
检查前	98(96, 100)	98(96, 100)	-0.63	0.527
检查后	99(97, 100)	99(97, 100)	-0.02	0.984

## 3 讨论

儿童影像检查中最常见和最重要的挑战之一是最大限度地减少运动引起的图像质量下降，因

此往往需要通过使用镇静剂来减少运动以确保图像质量。虽然常用镇静剂的急性并发症风险低至0.4%，近年来随着对麻醉药品认识的加深，镇静剂除了会出现急性呼吸功能不全或衰竭、恶性高

热、急性过敏反应以及横纹肌溶解症等这些急性并发症外,还可能出现远期并发症包括长时间嗜睡、过度兴奋、胃肠道反应、运动失衡甚至远期认知功能障碍<sup>[3,8-9]</sup>。镇静剂的使用不仅给患者带来额外的风险,还增加检查的总体成本,增加患者在医院的恢复时间<sup>[10-11]</sup>。过去十几年,临床上采用各种方式减少镇静剂的使用,如在检查前先给予饥饿和睡眠剥夺,至检查前予喂奶、安抚入睡,虽有一些成功经验,但由于MRI噪声过大,成功率并不高。近年,国外有报道采用喂奶联合真空固定器的方法,取得了更为成功的扫描经验<sup>[6,7,12-14]</sup>。

本研究以生命体征平稳、无需吸氧且能耐受经口喂养的需要行头颅MRI检查的足月儿和晚期早产儿为研究对象,评估真空固定器联合喂养方式在MRI中的安全性及有效性。结果发现真空固定器联合喂养方式应用在新生儿头颅MRI是可行的,真空固定器联合喂奶组头颅MRI成功率高达92%,明显高于常规镇静组(75%)。相比常规镇静组,真空固定器联合喂奶组更容易在检查过程中醒来,但予安抚后患儿可以再次进入睡眠完成检查。受试患儿对真空固定器具有良好的耐受性,真空固定器联合喂奶组患儿在MRI检查完后最快心率要低于常规镇静组,这可能跟真空固定器能营造宫内环境有关,让受试患儿处于相对舒适的环境,同时包被具有安抚作用,包裹情况下患儿更有安全感,更容易处在相对平静的状态,这对他们的神经发育是有益处的。整个过程中所有患儿均未发现呼吸暂停、呼吸增快、体温过高、低体温、发绀等并发症。

既往有研究发现,使用包被、床单包裹小婴儿,不仅对小婴儿有安抚作用,还能减轻疼痛,因此用于足跟采血、早产儿视网膜病变筛查等疼痛操作以及影像学检查<sup>[15-16]</sup>。本研究中的患儿采用包被联合真空固定器进行包裹,通过保暖和喂养方式诱导新生儿睡眠,通过真空固定器进一步限制患儿运动,从而达到减少运动伪影的目的。本研究发现,应用真空固定器联合喂奶方式的患儿入睡快,患儿醒来多在检查开始早期,出现扫描中断的8例患儿中有5例患儿在检查一开始就醒来,经安抚后再次入睡,之后就持续睡眠直至检查完成。1例患儿检查时因为安慰奶嘴的吮吸动作形成运动伪影,取掉安慰奶嘴后患儿很快醒来,经安

抚无效导致检查失败。2例患儿在喂奶后及真空固定器包被后一直入睡困难,本研究未采取睡眠剥夺方式,可能跟检查前睡眠过多有关。既往有研究也指出,使用安慰奶嘴时会产生头部和颈部运动,影响成像质量,特别对于3D成像这种对运动敏感的序列,影响更为明显<sup>[17]</sup>。

虽然真空固定器联合喂养方式在MRI检查中有较高的成功率,需值得注意的是,有研究指出,包裹方式包括真空固定器,可能会导致髋关节发育不良<sup>[18]</sup>,因此不建议用于确诊髋关节发育异常的婴儿。对于有风险的婴儿,如臀部表现不对称或有家族史的婴儿应谨慎使用。同时需要考虑患者的安全性,对于胎龄较小的早产儿,由于胸廓顺应性较好,真空固定器固定过紧可能出现自主呼吸受限,因此在应用真空固定器时应时刻监测生命体征,观察是否有呼吸抑制或窘迫的迹象<sup>[19]</sup>。该方法用于胎龄<34周的早产儿时慎重。

本研究也存在一定局限性,考虑到国内尚无使用真空固定器联合喂奶诱导睡眠的经验,故本研究对象以足月儿及近足月儿且生命体征平稳的新生儿为主,影像采集也以临床最为常见的头颅MRI为主。既往有研究显示,喂奶和包裹技术可成功用于3个月以下需要行MRI检查的婴儿,而有早产史或者3个月以上的较大婴儿中扫描的成功率就明显降低。与头颅MRI相比,脊柱MRI成像成功的可能性也较小<sup>[13]</sup>。因此,我们在前期获得经验的基础上,将开展真空固定器联合喂养方式在小婴儿以及多部位MRI检查中的应用,以减少甚至避免使用镇静剂。

#### [参 考 文 献]

- [1] Jaimes C, Gee MS. Strategies to minimize sedation in pediatric body magnetic resonance imaging[J]. *Pediatr Radiol*, 2016, 46(6): 916-927.
- [2] Kang R, Shin YH, Gil NS, et al. A comparison of the use of propofol alone and propofol with midazolam for pediatric magnetic resonance imaging sedation - a retrospective cohort study[J]. *BMC Anesthesiol*, 2017, 17(1): 138.
- [3] Barton K, Nickerson JP, Higgins T, et al. Pediatric anesthesia and neurotoxicity: what the radiologist needs to know[J]. *Pediatr Radiol*, 2018, 48(1): 31-36.
- [4] Bjur KA, Payne ET, Nemergut ME, et al. Anesthetic-related neurotoxicity and neuroimaging in children: a call for conversation[J]. *J Child Neurol*, 2017, 32(6): 594-602.
- [5] Parad RB. Non-sedation of the neonate for radiologic

- procedures[J]. *Pediatr Radiol*, 2018, 48(4): 524-530.
- [6] Shariat M, Mertens L, Seed M, et al. Utility of feed-and-sleep cardiovascular magnetic resonance in young infants with complex cardiovascular disease[J]. *Pediatr Cardiol*, 2015, 36(4): 809-812.
- [7] Shariat M, Mertens L, Seed M, et al. Utility of feed-and-sleep cardiovascular magnetic resonance in young infants with complex cardiovascular disease[J]. *Pediatr Cardiol*, 2015, 36(4): 809-812.
- [8] Ahmad R, Hu HH, Krishnamurthy R, et al. Reducing sedation for pediatric body MRI using accelerated and abbreviated imaging protocols[J]. *Pediatr Radiol*, 2018, 48(1): 37-49.
- [9] Kannikeswaran N, Mahajan PV, Sethuraman U, et al. Sedation medication received and adverse events related to sedation for brain MRI in children with and without developmental disabilities[J]. *Paediatr Anaesth*, 2009, 19(3): 250-256.
- [10] Jaimes C, Murcia DJ, Miguel K, et al. Identification of quality improvement areas in pediatric MRI from analysis of patient safety reports[J]. *Pediatr Radiol*, 2018, 48(1): 66-73.
- [11] Khawaja AA, Tumin D, Beltran RJ, et al. Incidence and causes of adverse events in diagnostic radiological studies requiring anesthesia in the Wake-Up Safe registry[J]. *J Patient Saf*, 2018. DOI: 10.1097/PTS.0000000000000469. Epub ahead of print.
- [12] Antonov NK, Ruzal-Shapiro CB, Morel KD, et al. Feed and wrap MRI technique in infants[J]. *Clin Pediatr (Phila)*, 2017, 56(12): 1095-1103.
- [13] Ibrahim T, Few K, Greenwood R, et al. 'Feed and wrap' or sedate and immobilise for neonatal brain MRI?[J]. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2015, 100(5): F465-F466.
- [14] Kini K, Kini PG. Sleep deprivation for radiological procedures in children[J]. *Pediatr Radiol*, 2009, 39(11): 1255.
- [15] Nelson AM. Risks and benefits of swaddling healthy infants: an integrative review[J]. *MCN Am J Matern Child Nurs*, 2017, 42(4): 216-225.
- [16] van Sleuwen BE, Engelberts AC, Boere-Boonekamp MM, et al. Swaddling: a systematic review[J]. *Pediatrics*, 2007, 120(4): e1097-e1106.
- [17] Edwards AD, Arthurs OJ. Paediatric MRI under sedation: is it necessary? What is the evidence for the alternatives?[J]. *Pediatr Radiol*, 2011, 41(11): 1353-1364.
- [18] Mahan ST, Kasser JR. Does swaddling influence developmental dysplasia of the hip?[J]. *Pediatrics*, 2008, 121(1): 177-178.
- [19] Linder JMB. Safety considerations in immobilizing pediatric clients for radiographic procedures[J]. *J Radiol Nurs*, 2017, 36(1): 55-58.

( 本文编辑: 王颖 )