

·综述·

先天性膈疝患儿围产期预后风险评估的研究进展

王伟鹏 潘伟华 王 俊

【摘要】 先天性膈疝(congenital diaphragmatic hernia, CDH)是指因胚胎时期膈肌发育停顿导致膈肌缺损、腹腔脏器疝入胸腔的一种先天性疾病,发生率为 1/5 000 ~ 1/2 000^[1]。尽管近年来诊疗理念和技术不断革新,CDH 的生存率得到逐渐提高,但重症膈疝的死亡率仍高达 40%~60%,其致死的主要原因是肺发育不良和肺动脉高压^[1]。因此,早期准确评估 CDH 患儿病情及预后有助于指导产前咨询和胎儿期干预治疗,对围产期处理、产后新生儿诊疗、手术时机和具体手术方案的拟定具有重要的指导意义。常用的几种风险评估模型包括:胎儿肺头比(lung-to-head ratio, LHR)、O/E LHR(observed to expected lung area-to-head ratio)、肝脏位置及肝脏疝入胸腔比例、MRI 测量总肺体积(total fetal lung volume, TFLV)、Apgar 评分和出生体重、新生儿急性生理学评分-II(score for neonatal acute physiology, version II, SNAP-II)和新生儿急性生理学评分围产期补充-II(simplified version of the score for neonatal acute physiology perinatal extension, SNAPPE-II)、膈肌缺损大小等,本文拟针对目前常用几种风险评估模型在先天性膈疝患儿围产期预后风险评估中的应用进行综述。

【关键词】 疝,横膈/先天性;围产期;预后;危险性评估

【中图分类号】 R726.1 R655.6 R730.7

Assessing perinatal prognostic risks for children with congenital diaphragmatic hernia. Wang Weipeng, Pan Weihua, Wang Jun. Department of Pediatric Surgery, Xinhua Hospital affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai, 200092, China. Corresponding author: Wang Jun, Email: wangjun@xinhua.med. com. cn

【Abstract】 Congenital diaphragmatic hernia(CDH) is a congenital disease caused by diaphragmatic muscle defect caused by pause of diaphragmatic muscle during embryonic period and abdominal cavity into chest cavity. The incidence rate is estimated at 1/5 000 to 1/2 000^[1]. With the continuous improvement of the concept and technology of diagnosis and treatment in recent years, the survival rate of CDH has gradually improved. However, the mortality rate of severe CDH is still as high as 40% to 60%. The major causes of mortality are pulmonary dysplasia and pulmonary hypertension. Therefore early accurate assessments of CDH may aid prenatal consultations and fetal interventions and have important guiding implications for perinatal management, postpartum neonatal diagnosis & treatment, surgical timing and specific surgical approaches. Several commonly used risk assessment models include lung-to-head ratio(LHR), O/E LHR(observed to expected lung area-to-head ratio), liver position, ratio of liver herniating into chest, MRI measurement of total fetal lung volume(TFLV), Apgar score, birth weight, (Score for neonatal acute physiology, version II, SNAP-II) and simplified version of score for neonatal acute physiology perinatal extension(SNAPPE-II) and the size of the diaphragmatic defect, etc.

【Key words】 Hernia, Diaphragmatic/CN; Perinatal Period; Prognosis; Risk Assessment

一、产前评估指标

(一)LHR 和 O/E LHR

通过产前超声波检查测量胎儿健侧肺面积,该数值除以胎儿头围即得到胎儿肺头比(lung-to-head ratio, LHR),可用于初步评估胎儿肺发育情况。当 LHR < 0.6 时,患儿存活率几乎为 0; LHR 为 0.6 ~ 1.4,存活率约为 61%; LHR > 1.4 时,存活率可达 100%^[2]。多篇文献证实,CDH 患儿存活率的确会随着 LHR 的增加而升高^[3,4]。由于不同孕周胎儿的

DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2019.11.016

基金项目:上海交通大学医学院“紧缺专业硕士研究生临床研究能力提升计划”课题(编号:JQ201708)

作者单位:上海交通大学医学院附属新华医院小儿外科(上海市,200092)

通信作者:王俊, Email: wangjun@xinhua.med. com. cn

LHR 比值略有不同,有研究者提出采用不受孕周因素影响的预测指标进行评估,即 CDH 胎儿测量所得到的健侧肺 LHR 与该孕周正常胎儿 LHR 的比值 (O/E LHR),该值越大提示患儿生后存活率越高^[5]。目前,O/E LHR 是国际上被普遍接受的评估 CDH 胎儿肺发育不良的指标之一,在左侧膈疝中,O/E LHR <15% 提示为极重度肺发育不良,胎儿死亡率接近 100%;O/E LHR 在 15%~25% 之间提示为重度肺发育不良,胎儿存活率约为 15%;O/E LHR 在 26%~45% 之间提示为中度肺发育不良,胎儿存活率为 30%~60%;O/E LHR >45% 提示为轻度肺发育不良,胎儿存活率 >70%^[6]。在右侧膈疝中,当 O/E LHR 数值分别为 >30%、30%~45% 和 >45% 时,对应的患儿存活率分别为 0%、20% 和 69%^[6]。当 O/E LHR <25% 时,有专家认为应考虑进行胎儿镜气管封堵术(fetal endoscopic tracheal occlusion, FETO)^[6]。Snoek 等^[7]研究显示 O/E LHR 与患儿生后存活率及肺部并发症发生率存在相关性。但在远期随访的过程中,King 等^[8]发现 O/E LHR 大小与患儿术后生长发育、语言发育及肺部血流通气比值不相关。

LHR 和 O/E LHR 测量相对依赖于超声科医生的临床经验和学习曲线。Cruz-Martinez 等运用累积和分析法描绘 LHR 和 O/E LHR 测量的学习曲线,初学者在完成 70 个 CDH 病例治疗后能较为准确地测量 LHR 和 O/E LHR^[9],因此在一些经验丰富的三级专科医院能较为准确地测量出 LHR 和 O/E LHR 值。此外,LHR 和 O/E LHR 仅能反映胎儿肺脏大小,但难以反映肺血管发育情况。

(二) 肝脏位置及肝脏疝入胸腔比例

产前超声波检查可以检查出肝脏是否疝入胸腔,而 MRI 检查能进一步明确并评估肝脏疝入胸腔部分的体积。在左侧膈疝中,肝脏疝入往往提示膈肌缺损较大,而肝脏作为实质性器官,对肺组织的压迫损伤较肠管等空腔脏器往往更严重,这提示肝脏疝入胸腔的 CDH 患儿肺发育不良的程度更严重。多项研究证实肝脏是否疝入是评估患儿病情危重程度及预后最可靠的预测指标之一^[10-12]。Metkus 等^[2]报道肝脏疝入与肝脏未疝入 CDH 患儿的存活率分别为 56% 和 100% 左右,Hedrick 等^[10]报道肝脏疝入与未疝入的新生儿存活率分别为 35% 和 93% 左右,出生后需要接受体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)治疗的比例分别为 80% 与 25% 左右。一项针对 CDH 风险因素的

meta 分析结果也提示,肝脏是否疝入胸腔与患儿预后高度相关($OR = 0.21, P < 0.05$)^[11]。Stranak 等^[12]则通过多因素回归的方法分析 CDH 各相关风险因素对预后的影响,发现肝脏是否疝入是预测 CDH 患儿预后的最佳指标。

有学者提出通过 MRI 量化肝脏疝入胸腔部分的体积,以评估膈疝严重程度。Cannie 等提出肝胸比(疝入胸腔内肝脏体积与胸腔总体积的比值,liver intrathoracic ratio, LiTR),并证明 LiTR 可用于预测患儿预后^[13]。Lazar 等^[14]提出疝入肝脏体积与胎儿肝脏总体积的比值(percent of liver herniation,% LH)与 CDH 患儿预后相关,当 LH 的值 >21% 时,患儿死亡率和需要接受 ECMO 治疗的比例大大提升。同时,该研究者对 53 名孤立性左侧膈疝患儿进行回顾性研究,发现肝脏是否疝入、LiTR 和 % LH 用于预测患儿存活率时,其准确度分别约为 49%、85% 和 87%;用于预测患儿生后需要接受 ECMO 治疗的比例时,其准确度分别约为 53%、72% 和 79%^[14]。Akinkuotu 等研究也发现,肝脏疝入比例 <20% 和 >20% 时存活率分别约为 92% 和 64%,需要接受 ECMO 治疗的比例分别为 21% 和 58% 左右^[15]。尽管文献提示 LiTR 和 % LH 更能准确评估患儿的病情,但需要经验丰富的放射科医生进行测量,而且测量过程可能受胎儿体位、羊水量等多种因素干扰;此外 MRI 检查费用也较高,故尚未在临床中广泛应用。Werneck 等^[16]通过研究证实超声也可用于测量肝脏突入胸腔的体积,计算 LiTR 以评估胎儿预后,其结果与 MRI 测量所得的 LiTR 和 % LH 具有一致性。

肝脏是否疝入也是目前临床上评估 CDH 患儿病情危重程度的主要指标之一。由于肝脏疝入体积的大小也可用于预测 CDH 患儿预后,因此将评估方法标准化有利于进一步规范其在临床上的应用。

(三) MRI 测量胎儿肺体积(total fetal lung volumes, TFLV)

先天性膈疝的病理改变基础之一是腹腔脏器疝入胸腔后导致的占位效应,因此测量胎儿肺体积更能直观地反映患侧肺的受压和健侧肺的发育情况。目前,TFLV 的测量可通过产前 MRI 检查实现。Lee 等^[17]研究发现,当 TFLV >40 mL 时,存活率约为 90%,需要接受 ECMO 治疗的比例约为 10%;当 TFLV <20 mL 时,存活率约为 35%,需要接受 ECMO 治疗的比例约为 86%,住院周期随着 TFLV 增加而增加。Akinkuotu 等^[15]计算了产前、产后各风险因素与 CDH 患儿生后 6 个月存活率及需要接受

ECMO 治疗比例的相关性,发现实际肺体积占预测肺体积的百分比(observed to expected TFLV, O/E TFLV)与 CDH 预后相关性最高。当 O/E TFLV < 35% 时,存活率约为 56%,需要接受 ECMO 治疗的比例约为 48%;当 O/E TFLV > 35% 时,存活率约为 94%,接受 ECMO 治疗比例约为 11%^[15]。Ruano 等^[18]研究结果也显示 O/E TFLV 越小,死亡和需要接受 ECMO 治疗的概率越大。Oluyomi-Obi 等^[11]在一篇 meta 分析中发现 O/E TFLV 可用于预测 CDH 患儿存活率,当患儿 O/E TFLV 数值分别为 <25%、25%~35%、>35% 时,其对应的生存率分别为 0%~25%、25%~69%、75%~89%。

与产前超声波检查相比,产前 MRI 检查能提供清晰的图像,胎儿肺脏、肝脏和肠管信号的 MRI 图像存在较明显的特征差异,且几乎不受孕妇体型的影响,很少出现因回声衰减而造成图像质量下降的问题,更有助于判断患侧肺和健侧肺的发育情况。产前 MRI 在诊断胎儿膈疝及评估预后方面虽然有较好的应用前景,但目前仍缺乏一种具体、实用的判断标准,故仍有待更加深入、系统的研究^[19]。

(四)胃的位置

Kitano 等^[20]研究发现若胃疝入胸腔,患儿死亡率将明显增加。可根据胃泡与胸腔的位置关系将严重程度分为 4 个等级(0 级:胃泡位于腹腔内;1 级:胃泡位于左侧胸腔未进入右侧胸腔;2 级:胃泡疝入左侧胸腔且进入右侧胸腔的比例不超过 50%;3 级:超过 50% 胃泡疝入右侧胸腔,其需要接受补片修补的比例分别为 0%、46%、62% 和 94%^[20]。胃泡疝入分级与患儿生后 90 d 存活率相关($OR = 2.59, P = 0.014$)。Cordier 等^[21]发现在左侧膈疝中,无论患儿是否行胎儿期气管封堵术,胃泡疝入胸腔部分的大小分级都是影响患儿存活率的主要因素。Basta 等^[22]发现胃泡疝入胸腔部分的体积越大,患儿需要接受 ECMO 治疗和补片修补的概率就越大,呼吸机辅助通气时间更长,死亡率越高。有关胃泡位置评估 CDH 患儿预后的研究多为单中心回顾性研究,其结论外推的能力仍需通过多中心随机对照研究进一步探索。

二、产后评估指标

(一)评分和出生体重

先天性膈疝研究小组(Congenital Diaphragmatic Hernia Study Group, CDHSG)通过分析多中心收集的 1 054 例 CDH 患儿资料,提出使用 Apgar 评分和出生体重预测 CDH 患儿生后存活概率^[23]。此模型

可将 CDH 患儿分为低、中、高风险三组,对应的存活率分别为 >66%、34%~66% 和 <34%。Baird 等^[24]对比了 CDHSG 生存概率模型、SNAP-II 评分和 WHSRPF 三种评估方法用于预测患儿死亡风险的准确性,发现 CDHSG 生存概率模型比 SNAP-II 评分和 WHSRPF 具有更理想的区分度和拟合度,因此更适合用于评估 CDH 患儿预后。而 Downard 等^[25]报道结果显示患儿的实际存活率高于 CDHSG 生存概率模型预测得到的结果,Javid 等^[26]研究也发现 CDHSG 生存概率模型预测得到的结果低估了 CDH 患儿存活率。该研究中,低、中、高风险三组 CDH 患儿用 CDHSG 生存概率模型预测得到的出院时存活率分别为 83%、49% 和 18%,而三组实际出院时存活率分别为 95%、77% 和 50%^[26]。相反,Chiu 等^[27]研究发现低、中、高风险三组 CDH 患儿实际存活率分别为 83%、49% 和 18%,低于用 CDHSG 生存概率模型预测得到的存活率(分别为 84%、57% 和 36%),这可能是由于生后 5 min Apgar 评分存在一定主观性。随着产前治疗的开展和患儿娩出时立即气管插管的应用,生后 5 min Apgar 评分与预后的相关性越来越受到研究者的质疑。因此,在一些 CDH 患儿生后立即行气管插管的临床中心,CDHSG 生存概率模型可能难以准确评估患儿病情危重程度。

(二)SNAP-II 评分和 SNAPPE-II 评分

SNAP-II 评分是目前国际上常用于评估新生儿疾病危重程度及预测死亡风险的评分系统之一。该评分系统包括 6 项指标:最低平均动脉压、最低体温、动脉血氧分压与吸入氧浓度之比、最低血液酸碱度、反复惊厥和入院后 12 h 内尿量。评分范围 0~115 分,得分越高代表病情越危重^[28]。Skarsgard 等^[29]研究发现 SNAP-II 评分系统同样可用于评估 CDH 患儿预后,SNAP-II 评分越高代表患儿存活率越低($OR = 1.057$)。当 SNAP-II 评分 < 16 分时存活率 > 90%,当 SNAP-II 评分 > 28 分时存活率 < 60%。对比 SNAP-II 评分和 CDHSG 生存概率模型用于预测 CDH 患儿预后的效能大小发现,两模型均可很好地预测患儿预后(ROC 曲线下面积分别为 0.76 和 0.83),但在模型拟合度方面,SNAP-II 评分则略高于 CDHSG 生存概率模型,提示 SNAP-II 评分系统更适合用于评估 CDH 患儿预后。

SNAPPE-II 评分在 SNAP-II 评分基础上增加了 3 个围产期因素,分别是出生体重、5 min Apgar 评分及小于胎龄儿,该评分系统共纳入 9 项指标。评分范围 0~162 分,分值越高代表病情越重^[28]。有文

献报道出生体重、5 min Apgar 评分、小于胎龄儿是 CDH 的死亡风险因素,因此 SNAPPE-II 评分比 SNAP-II 评分更能准确评估 CDH 患儿病情的危重程度和预后。Chiu 等研究发现 CDH 存活组的 SNAPPE-II 评分明显低于死亡组[(20 ± 15) vs. (41 ± 16), $P < 0.0001$]。与 CDHSG 生存概率模型相比,SNAPPE-II 评分能更准确评估患儿病情危重程度及生存率^[27]。但与产前评估模型和 CDHSG 生存概率模型相比,SNAP-II 评分和 SNAPPE-II 评分的判定需基于一系列化验检查结果,且评估项目较多,无法在出生后及时作出评估。但在临床治疗方面,其指导价值较高。

(三) 血气分析指标及 WHSRPF

多篇文献相继报道 CDH 患儿生后第 1 天血气分析数值可作为评估患儿预后的指标之一^[30-32]。PaCO₂ 越低或 PaO₂ 越高提示患儿预后越好,而持续性高碳酸血症则表明预后较差^[30]。Salas 等^[32] 研究发现 PaCO₂ 大小与 CDH 患儿肺发育不良程度明显相关:其中 PaCO₂ < 60 mmHg 提示轻度肺发育不良,PaCO₂ > 60 mmHg 但 < 80 mmHg 提示中度肺发育不良,而 PaCO₂ > 80 mmHg 则提示重度肺发育不良。血气分析也可作为术前评估患儿病情是否平稳的指标之一^[33,34]。Gentili 等^[33] 提出 CDH 行膈肌修补术应满足以下两个术前条件:PH > 7.35 且 PaCO₂ < 55 mmHg。Hoffman 等^[34] 研究指出 ECMO 术前血气分析可预测那些应用 ECMO 患儿的预后状况。当 PaCO₂ < 60 mmHg,患儿存活率为 27% 左右,而 PaCO₂ > 70 mmHg 时,存活率几乎为 0^[34]。

Schultz 等^[35] 提出采用 Wilford Hall/Santa Rosa 预测模型(Wilford Hall/Santa Rosa clinical prediction formula, WHSRPF) 预测 CDH 患儿的预后状况。WHSRPF = PaO₂ 最大值 - PaCO₂ 最大值,PaO₂ 和 PaCO₂ 均为生后第 1 天动脉血气分析值^[35]。Schultz 等发现当 WHSRPF < 0 时,存活率为 66% 左右;而 WHSRPF > 0 时,患儿存活率为 84% 左右^[35]。Baird 等^[24] 对比分析了 CDHSG 生存概率模型、SNAP-II 评分和 WHSRPF 三种模型用于预测 CDH 患儿生存率的效能,发现 CDHSG 生存概率模型的区分度和准确性最好,而 WHSRPF 的区分度和准确性最差。

(四) Brindle 风险评估模型

Brindle 等回顾性分析了 2 022 例 CDH 患儿的临床资料,旨在分析 CDH 的死亡风险因素,并构建新的 CDH 分值评估模型。该模型纳入的变量为出生体重、5 min Apgar 评分、心脏畸形、染色体异常和

肺动脉高压^[36]。其中 5 min Apgar 评分 < 7 分定义为低 5 min Apgar 评分;心脏畸形的定义为除了卵圆孔未闭和动脉导管未闭之外的心脏畸形;患儿在生后第 1 天内行超声心动图测量肺动脉压值并判断心脏血流是否出现右向左分流,以此评估患儿是否存在肺动脉高压。在 Brindle 等^[36] 的研究中,低、中、高风险三组患儿对应的死亡率分别为 4%、23% 和 52% 左右,该模型 ROC 曲线下面积为 0.806,校准度为 0.769。Akinkuotu 等^[15] 回顾性分析了 189 例 CDH 患儿的临床资料,验证 Brindle 的 CDH 分值模型能够很好反映患儿病情危重程度,低、中、高风险三组患儿的死亡率与 Brindle 的研究结果接近,分别为 4%、21% 和 51% 左右^[15]。在多因素回归分析结果中,仅 O/E TFLV 和 Brindle 的 CDH 分值这两个因素与患儿生后 6 个月的存活率相关(OR 值分别为 15.9 和 2.35)。与 CDHSG 生存概率模型相比,Brindle 的 CDH 分值模型额外考虑了心脏畸形、染色体异常和肺动脉高压三个因素,而这三个因素与 CDH 患儿预后相关,因此 Brindle 的 CDH 分值模型能更好反应患儿病情严重程度,同时指导临床治疗。但 Brindle 的 CDH 分值模型需在患儿入院后第 1 天内行超声心动图检查以明确有无合并心脏畸形和肺动脉高压,这可能在一定程度上限制了该评估方法无法被普遍应用。

(五) 膈肌缺损大小分级

膈肌缺损越大,就有更多腹腔脏器疝入胸腔,继而压迫肺脏导致更严重的肺发育不良和肺动脉高压。是否需要补片修补可以间接反映膈肌缺损程度。CDHSG 回顾性分析了 3 062 例 CDH 患儿临床资料,发现膈肌缺损越大,患儿存活率越低,住院周期及呼吸机辅助通气时间越长^[37]。该研究将膈肌缺损按严重程度分为 3 类:第一类指膈肌完全缺损、需要补片修补;第二类指膈肌缺损较大但可见残存膈肌,需要补片修补;第三类指膈肌缺损较小,无需补片修补。三类患者的存活率分别约为 57%、75% 和 95%^[37]。此后,CDHSG 通过膈肌修补术中术者的观察直接将膈肌缺损大小进行分级:其中 A 级指膈肌缺损较小;B 级指膈肌缺损稍大、但小于单侧膈肌面积的 50%;C 级指膈肌缺损较大(大于单侧膈肌面积的 50%);D 级指膈肌几乎全部出现缺损^[38]。在 1 638 例患儿中,A 级缺损 218 例,B 级缺损 716 例,C 级缺损 495 例,D 级缺损 209 例,存活率分别约为 99%、95%、77% 和 56%。多因素回归分析结果发现,膈肌缺损大小分级和是否合并严重

心脏畸形是CDH患儿预后不良的主要危险因素,因此CDHSG依据膈肌缺损大小分级和有无严重心脏畸形将CDH患儿进一步分成5类(1类为膈肌缺损A级、无严重心脏畸形;2类为膈肌缺损A级且有严重心脏畸形、膈肌缺损B级且无严重心脏畸形;3类为膈肌缺损B级且有严重心脏畸形、膈肌缺损C级且无严重心脏畸形;4类为膈肌缺损C级且有严重心脏畸形、膈肌缺损D级且无严重心脏畸形;5类为膈肌缺损D级且有严重心脏畸形),其对应存活率分别约为99%、96%、78%、58%和38%。Putnam等^[39]研究指出膈肌缺损较大(C级和D级)需要呼吸机辅助通气时间约为膈肌缺损较小者(A级和B级)的2~3倍,且更容易出现术后并发症(包括呼吸系统、消化系统和神经系统并发症)。

膈肌缺损大小分级可用于评估CDH患儿预后,但膈肌缺损情况只有在患儿接受手术治疗后才能确定,不能及时评估患儿病情,指导临床治疗策略。但最近的一项研究回顾性分析了7例CDH患儿术前超声波检查结果,通过对比超声波检查测量得出的膈肌缺损大小与术后实际膈肌缺损大小,发现两者具有一致性,这提示术前超声波检查可能可以用于预测患儿膈肌缺损大小^[40]。超声波检查及产前MRI可能可以用于评估患儿膈肌缺损大小,其测量方法及评估模型需要进一步开展大样本临床研究。

三、结语

以上几种产前和产后预测模型均可用于预测CDH患儿的预后。Werner NL等^[41]研究发现产前和产后预测模型在评估患儿存活率上具有几乎相同的价值,但每个评估模型的应用均存在一定的局限性。对于CDH预后风险评估模型而言,项目越精简、耗时越短、评分准确性越高,则其临床应用价值越大。O/E LHR、肝脏位置评估和TFLV是目前普遍被认可的用以评估CDH胎儿肺发育的产前指标,但缺乏评估方法的标准化体系,且仅能反映胎儿肺脏大小,不能反映肺血管发育情况。血气分析指标、Brindle风险评估模型和膈肌缺损大小分级等评估方法能在产后较为全面地评估CDH患儿病情危重程度,但需要基于一系列的检查结果,故无法做到及时评估。此外,这些评估模型的构建大多基于单中心回顾性研究得出的结果,其准确性和普遍适用性有待商榷,需联合多中心、大样本、前瞻性随机研究进一步寻求准确性高、可普遍使用的CDH风险评估模型,准确评估患儿的病情危重程度,以更好地指导临床诊疗。

参考文献

- Chandrasekharan PK, Rawat M, Madappa R, et al. Congenital Diaphragmatic hernia: a review[J]. *Matern Health Neonatol Perinatol*, 2017, 3(1): 6. DOI: 10.1186/s40748-017-0045-1.
- Metkus AP, Filly RA, Stringer MD, et al. Sonographic predictors of survival in fetal diaphragmatic hernia[J]. *J Pediatr Surg*, 1996, 31(1): 148-151. DOI: 10.1016/S0022-3468(96)90338-3.
- Heling KS, Wauer RR, Hammer H, et al. Reliability of the lung-to-head ratio in predicting outcome and neonatal ventilation parameters in fetuses with congenital diaphragmatic hernia[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2005, 25(2): 112-118. DOI: 10.1002/uog.1837.
- Yang SH, Nobuhara KK, Keller RL, et al. Reliability of the lung-to-head ratio as a predictor of outcome in fetuses with isolated left congenital diaphragmatic hernia at gestation outside 24-26 weeks[J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2007, 197(1): 30.e1-7. DOI: 10.1016/j.ajog.2007.01.016.
- Jani JC, Peralta CFA, Nicolaides KH. Lung-to-head ratio: a need to unify the technique[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2012, 39(1): 2-6. DOI: 10.1002/uog.11065.
- Deprest J, Brady P, Nicolaides K, et al. Prenatal management of the fetus with isolated congenital diaphragmatic hernia in the era of the TOTAL trial[J]. *Semin Fetal Neonatal Med*, 2014, 19(6): 338-348. DOI: 10.1016/j.siny.2014.09.006.
- Snoek KG, Peters NC J, Van Rosmalen J, et al. The validity of the observed to expected lung-to-head ratio in congenital diaphragmatic hernia in an era of standardized neonatal treatment; a multicenter study[J]. *Prenat Diagn*, 2017, 37(7): 658-665. DOI: 10.1002/pd.5062.
- King SK, Alfaraj M, Gaiteiro R, et al. Congenital diaphragmatic hernia: Observed/expected lung-to-head ratio as a predictor of long-term morbidity[J]. *J Pediatr Surg*, 2016, 51(5): 699-702. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2016.02.004.
- Cruz-Martinez R, Figueras F, Moreno-Alvarez O, et al. Learning curve for lung area to head circumference ratio measurement in fetuses with congenital diaphragmatic hernia[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2010, 36(1): 32-36. DOI: 10.1002/uog.7577.
- Hedrick HL. Management of prenatally diagnosed congenital diaphragmatic hernia[J]. *Seminars in Fetal & Neonatal Medicine*, 2013, 15(1): 21-27. DOI: 10.1016/j.siny.2009.07.012.
- Oluyomi-Obi T, Kuret V, Puligandla P, et al. Antenatal pre-

- dictors of outcome in prenatally diagnosed congenital diaphragmatic hernia (CDH) [J]. *J Pediatr Surg*, 2017, 52 (5):881-888. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2016.12.008.
- 12 Straňák, Zbyněk, Krofta L, et al. Antenatal assessment of liver position, rather than lung-to-head ratio (LHR) or observed/expected LHR, is predictive of outcome in fetuses with isolated left-sided congenital diaphragmatic hernia [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2016;1-5. DOI:10.3109/14767058.2016.1163539.
 - 13 Cannie M, Jani J, Chaffiotte C, et al. Quantification of intrathoracic liver herniation by magnetic resonance imaging and prediction of postnatal survival in fetuses with congenital diaphragmatic hernia [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2008, 32 (5):627-632. DOI:10.1002/uog.6146.
 - 14 Lazar DA, Ruano R, Cass DL, et al. Defining "liver-up": does the volume of liver herniation predict outcome for fetuses with isolated left-sided congenital diaphragmatic hernia? [J]. *J Pediatr Surg*, 2012, 47 (6):1058-1062. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2012.03.003.
 - 15 Akinkuotu AC, Cruz SM, Abbas PI, et al. Risk-stratification of severity for infants with CDH: Prenatal versus postnatal predictors of outcome [J]. *J Pediatr Surg*, 2016, 51 (1):44-48. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2015.10.009.
 - 16 Werneck Britto IS, Olutoye OO, Cass DL, et al. Quantification of liver herniation in fetuses with isolated congenital diaphragmatic hernia using two-dimensional ultrasonography [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2015, 46 (2):150-154. DOI:10.1002/uog.14718.
 - 17 Lee TC, Lim FY, Keswani SG, et al. Late gestation fetal magnetic resonance imaging-derived total lung volume predicts postnatal survival and need for extracorporeal membrane oxygenation support in isolated congenital diaphragmatic hernia [J]. *J Pediatr Surg*, 2011, 46 (6):1165-1171. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2011.03.046.
 - 18 Ruano R, Lazar DA, Cass DL, et al. Fetal lung volume and quantification of liver herniation by magnetic resonance imaging in isolated congenital diaphragmatic hernia [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2014, 43 (6):662-669. DOI:10.1002/uog.13223.
 - 19 原丽科,唐晶,俞钢. 产前 MRI 在评估胎儿膈疝的应用及研究进展 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2016, 15 (3):292-294. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2016.03.024.
Yuan LK, Tang J, Yu G. Application and research advance of prenatal MRI in evaluating diaphragmatic hernia [J]. *J Clin Ped Sur*, 2016, 15 (3):292-294. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2016.03.024.
 - 20 Kitano Y, Okuyama H, Saito M, et al. Re-evaluation of stomach position as a simple prognostic factor in fetal left congenital diaphragmatic hernia: a multicenter survey in Japan [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2015, 37 (3):277-282. DOI:10.1002/uog.8892.
 - 21 Cordier AG, Jani JC, Cannie MM, et al. Stomach position in prediction of survival in left-sided congenital diaphragmatic hernia with or without fetoscopic endoluminal tracheal occlusion [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2015, 46 (2):155-161. DOI:10.1002/uog.14759.
 - 22 Basta AM, Lusk LA, Keller RL, et al. Fetal Stomach Position Predicts Neonatal Outcomes in Isolated Left-Sided Congenital Diaphragmatic Hernia [J]. *Fetal Diagn Ther*, 2015, 39 (4):248-255. DOI:10.1159/000440649.
 - 23 Croup TCDHS. Estimating disease severity of congenital diaphragmatic hernia in the first 5 minutes of life [J]. *J Pediatr Surg*, 2001, 36 (1):141-145. DOI:10.1053/jpsu.2001.20032.
 - 24 Baird R, Macnab YC, Skarsgard ED, et al. Mortality prediction in congenital diaphragmatic hernia [J]. *J Pediatr Surg*, 2008, 43 (5):783-787. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2007.12.012.
 - 25 Downard CD, Jaksic T, Garza JJ, et al. Analysis of an improved survival rate for congenital diaphragmatic hernia [J]. *J Pediatr Surg*, 2003, 38 (5):729-732. DOI:10.1016/j.jpsu.2003.50194.
 - 26 Javid PJ, Jaksic T, Skarsgard ED, et al. Survival rate in congenital diaphragmatic hernia: the experience of the Canadian neonatal network [J]. *J Pediatr Surg*, 2004, 39 (5):657-660. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2004.01.022.
 - 27 McLane MA, Gabbeta J, Rao AK, et al. SNAPPE II score as a predictor of survival in neonates with congenital diaphragmatic hernia: a single center experience [J]. *Eur J Pediatr Surg*, 2016, 26 (4):316-321. DOI:10.1055/s-0035-1554103.
 - 28 Richardson DK, Corcoran JD, Escobar GJ, et al. SNAP-II and SNAPPE-II: Simplified newborn illness severity and mortality risk scores [J]. *J Pediatr*, 2001, 138 (1):92-100. DOI:10.1067/mpd.2001.109608.
 - 29 Skarsgard ED, Macnab YC, Qiu Z, et al. SNAP-II predicts mortality among infants with congenital diaphragmatic hernia [J]. *J Perinatol*, 2005, 25 (5):315-319. DOI:10.1038/sj.jp.7211257.
 - 30 Haricharan RN, Barnhart DC, Cheng H, et al. Identifying neonates at a very high risk for mortality among children with congenital diaphragmatic hernia managed with extracorporeal membrane oxygenation [J]. *J Pediatr Surg*, 2009, 44 (1):87-93. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2008.10.015.
 - 31 Grizelj R, Bojani K, Priti sanac E, et al. Survival prediction of high-risk outborn neonates with congenital diaphragmatic

- hernia from capillary blood gases[J]. BMC Pediatr, 2016, 16(1):114. DOI:10.1186/s12887-016-0658-y.
- 32 Salas A, Bhat R, Dabrowska K, et al. The Value of Paco₂ in Relation to Outcome in Congenital Diaphragmatic Hernia [J]. Am J Perinatol, 2014, 31(11):939-946. DOI:10.1055/s-0034-1368088.
 - 33 Gentili A, Giuntoli L, Bacchi Reggiani ML, et al. Neonatal congenital diaphragmatic hernia: respiratory and blood-gas derived indices in choosing surgical timing [J]. Minerva Anesthesiol, 2012, 78(10):1117. DOI:10.1016/j.ijoa.2012.07.001.
 - 34 Hoffman SB, Massaro AN, Gingalewski C, et al. Predictors of survival in congenital diaphragmatic hernia patients requiring extracorporeal membrane oxygenation: CNMC 15-year experience [J]. J Perinatol, 2010, 30(8):546-552. DOI:10.1038/jp.2009.193.
 - 35 Schultz CM, Digeronimo RJ, Yoder BA, et al. Congenital diaphragmatic hernia: a simplified postnatal predictor of outcome [J]. J Pediatr Surg, 2007, 42(3):510-516. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2006.10.043.
 - 36 Brindle ME, Cook EF, Tibboel D, et al. A clinical prediction rule for the severity of congenital diaphragmatic hernias in newborns [J]. Pediatrics, 2014, 134(2):e413-e419. DOI:10.1542/peds.2013-3367.
 - 37 Group TCDHS, Lally KP, Lally PA, et al. Defect size determines survival in infants with congenital diaphragmatic hernia [J]. Pediatrics, 2007, 120(3):e651-e657. DOI:10.1542/peds.2006-3040.
 - 38 Group TCDHS, Morini F, Valfre L, et al. Congenital diaphragmatic hernia: defect size correlates with developmental defect [J]. J Pediatr Surg, 2013, 48(6):1177-1182. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2013.03.011.
 - 39 Putnam LR, Harting MT, Tsao K, et al. Congenital diaphragmatic hernia defect size and infant morbidity at discharge [J]. Pediatrics, 2016, 138(5):e20162043. DOI:10.1542/peds.2016-2043.
 - 40 Kengo H, Takamizawa S, Miyake Y, et al. Preoperative sonographic evaluation of the defect size and the diaphragm rim in congenital diaphragmatic hernia: preliminary experience [J]. Pediatr Radiol, 2018, 48(11):1550-1555. DOI:10.1007/s00247-018-4184-y.
 - 41 Werner NL, Coughlin M, Kunisaki SM, et al. Prenatal and postnatal markers of severity in congenital diaphragmatic hernia have similar prognostic ability [J]. Prenat Diagn, 2016, 36(2):107-111. DOI:10.1002/pd.4721.

(收稿日期:2018-09-12)

本文引用格式:王伟鹏,潘伟华,王俊.先天性膈疝患儿围产期预后风险评估的研究进展[J].临床小儿外科杂志,2019,18(11):977-983. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2019.11.016.

Citing this article as: Wang WP, Pan WH, Wang J. Assessing perinatal prognostic risks for children with congenital diaphragmatic hernia [J]. J Clin Ped Sur, 2019, 18(11):977-983. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2019.11.016.

(上接第976页)

- 9 Jimbo H, Kamata S, Miura K, et al. En bloc temporal bone resection using a diamond threadwire saw for malignant tumors [J]. J Neurosurg, 2011, 114(5):1386-1389. DOI:10.3171/2010.8.JNS10294.
- 10 Chang SH, Park YG, Kim DH, et al. Monitoring of motor and somatosensory evoked potentials during spine surgery: intraoperative changes and postoperative outcomes [J]. Ann Rehabil Med, 2016, 40(3):470-480. DOI:10.5535/arm.2016.40.3.470.
- 11 Cheng JS, Ivan ME, Stapleton CJ, et al. Intraoperative changes in transcranial motor evoked potentials and somatosensory evoked potentials predicting outcome in children with intramedullary spinal cord tumors [J]. J Neurosurg Pediatr, 2014, 13(6):591-599. DOI:10.3171/2014-2.
- 11 skinner SA, Vodusek DB. Intraoperative recording of the bulbocavernosus reflex [J]. J Clin Neurophysiol, 2014, 31(4):313-322. DOI:10.1097/WNP.0000000000000054.
- 12 宋启民,费昶,陈春美.运动诱发电位对兔腹主动脉阻断

脊髓损伤的预警[J].中华实验外科杂志,2015,32(6):1386. DOI:10.3760/cmad.issn.1001-9030.2015.06.062.

Song QM, Fei C, Chen CM. Early warning of motor evoked potential for spinal cord injury induced by abdominal aorta occlusion in rabbits [J]. Chin J Exp Surg, 2015, 32(6):1386. DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-9030.2015.06.062.

(收稿日期:2019-05-04)

本文引用格式:文海韬,吴水华,陈朝晖,等.小儿椎管内肿瘤显微切除术后疗效分析[J].临床小儿外科杂志,2019,18(11):973-976. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2019.11.015.

Citing this article as: Wen HT, Wu SH, Chen CH, et al. Improvements of spinal cord compression symptoms after microsurgical removal of intraspinal tumors in children [J]. J Clin Ped Sur, 2019, 18(11):973-976. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2019.11.015.