

doi: 10.7499/j.issn.1008-8830.2004236

论著 · 临床研究

## 应用弥散张量成像评价支气管肺发育不良 早产儿脑白质发育的研究

王银娟<sup>1</sup> 刘沙沙<sup>1</sup> 刘彦超<sup>2</sup> 李潇男<sup>1</sup> 张瑞丽<sup>1</sup> 徐发林<sup>1</sup>

(1. 郑州大学第三附属医院新生儿科, 河南 郑州 450052;

2. 郑州大学第三附属医院影像科, 河南 郑州 450052)

**[摘要]** **目的** 应用磁共振弥散张量成像(DTI)的各项异性分数(FA)和表观弥散系数(ADC)评价支气管肺发育不良(BPD)早产儿的脑白质发育。**方法** 以2016年8月至2019年4月生后24 h内收住NICU的出生胎龄 $\leq 32$ 周、出生体重 $<1500$  g,且出院前完成头颅MRI及DTI检查的96例早产儿为研究对象。根据出院诊断分为BPD组( $n=48$ )和非BPD组( $n=48$ ),比较两组DTI相同感兴趣区的FA值和ADC值。**结果** 两组早产儿脑室周围-脑室内出血、脑室周围白质软化、局灶性脑白质损伤等发生率差异无统计学意义( $P>0.05$ )。BPD组早产儿内囊后肢、胼胝体压部、枕叶白质、小脑、大脑脚的FA值低于非BPD组( $P<0.05$ ),各ADC值高于非BPD组( $P<0.05$ )。与非BPD组相比,BPD组早产儿呼吸暂停次数更多、肺炎发生率和机械通气比例更高、辅助通气时间更长( $P<0.05$ )。**结论** BPD对早产儿脑白质发育具有潜在影响,可导致脑白质发育延迟,因此,需关注该类患儿的神经功能。[中国当代儿科杂志, 2020, 22(10): 1079-1084]

**[关键词]** 支气管肺发育不良;脑白质发育;弥散张量成像;各项异性分数;表观弥散系数;早产儿

## An assessment of white matter development in preterm infants with bronchopulmonary dysplasia using diffusion tensor imaging

WANG Yin-Juan, LIU Sha-Sha, LIU Yan-Chao, LI Xiao-Nan, ZHANG Rui-Li, XU Fa-Lin. Department of Neonatology, Third Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China (Xu F-L, Email: xufalin72@126.com)

**Abstract: Objective** To assess white matter development in preterm infants with bronchopulmonary dysplasia (BPD) using fractional anisotropy (FA) and apparent diffusion coefficient (ADC) values of diffusion tensor imaging (DTI). **Methods** Ninety-six infants with a gestational age of  $\leq 32$  weeks and a birth weight of  $<1500$  g who were admitted to the neonatal intensive care unit within 24 hours after birth from August 2016 to April 2019 and underwent head MRI and DTI before discharge were enrolled. According to the discharge diagnosis, they were divided into BPD group with 48 infants and non-BPD group with 48 infants. The two groups were compared in terms of FA and ADC values of the same regions of interest on DTI image. **Results** There were no significant differences in the incidence rates of periventricular/intraventricular hemorrhage, periventricular leukomalacia, and punctate white matter lesions between the two groups ( $P>0.05$ ). Compared with the non-BPD group, the BPD group had significantly lower FA values and significantly higher ADC values of the posterior limb of the internal capsule, the splenium of the corpus callosum, the occipital white matter, the cerebellum, and the cerebral peduncle ( $P<0.05$ ). Compared with the non-BPD group, the BPD group had a significantly higher frequency of apnea, a significantly higher proportion of infants with pneumonia or mechanical ventilation, and a significantly longer duration of assisted ventilation ( $P<0.05$ ). **Conclusions** BPD may have potential adverse effects to white matter development in preterm infants, leading to delayed white matter development. Therefore, it is necessary to pay attention to the neurological function of these infants.

[Chin J Contemp Pediatr, 2020, 22(10): 1079-1084]

**Key words:** Bronchopulmonary dysplasia; White matter development; Diffusion tensor imaging; Fractional anisotropy; Apparent diffusion coefficient; Preterm infant

[收稿日期] 2020-05-01; [接受日期] 2020-07-08

[作者简介] 王银娟,女,硕士研究生,医师。

[通信作者] 徐发林,男,主任医师,教授。Email: xufalin72@126.com。

当前我国二孩政策全面开放,高龄孕产妇增多,早产的发生率逐渐升高,随着新生儿重症救治技术的发展,早产儿和极低出生体重儿的存活率明显提高<sup>[1]</sup>,但存活者易出现各种并发症。支气管肺发育不良(bronchopulmonary dysplasia, BPD)是早产儿常见的慢性呼吸系统疾病,胎龄22~28周早产儿BPD的发生率可达68%<sup>[2]</sup>,出生体重<1 250 g的早产儿BPD发生率可达97%<sup>[3]</sup>,该病不仅增加了早产儿再入院次数,并且有研究显示BPD患儿更容易发生神经系统发育障碍<sup>[4-5]</sup>,往往导致早产儿死亡、脑瘫、认知及运动发育迟缓等,对家庭和社会造成严重的经济负担。因此,对BPD早产儿神经系统发育的研究具有重要临床意义。目前临床上常用头颅多普勒彩超、CT、MRI常规序列、振幅整合脑电图等技术辅助诊断早产儿脑损伤<sup>[6-7]</sup>。但应用这些技术仅能检测到脑内宏观结构的病变,对定量评价脑白质结构损伤有一定的局限性。而磁共振弥散张量成像(diffuse tensor imaging, DTI)是在MRI扩散加权成像基础上发展而来的,反映分子扩散特性的影像学技术,常用参数各项异性分数(fractional anisotropy, FA)和表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)可反映早产儿大脑结构与神经发育结局之间的关系,定量测量脑发育的异常。随着脑白质发育的成熟,FA值逐渐增加,而ADC值逐渐下降<sup>[8]</sup>。本研究旨在应用DTI的FA值和ADC值评价BPD早产儿生后早期(住院期间)的脑白质发育情况,以期对BPD早产儿的神经系统发育进行量化评估。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

以2016年8月至2019年4月生后24 h内入住郑州大学第三附属医院NICU的、出生胎龄 $\leq 32$ 周、出生体重<1 500 g,且出院前完成头颅MRI及DTI检查的96例早产儿为研究对象。根据出院诊断分为BPD组( $n=48$ )和非BPD组( $n=48$ )。BPD诊断标准为:生后超过28 d仍存在氧依赖(吸入氧浓度>21%)<sup>[9]</sup>。排除标准:(1)生后首次头颅超声发现存在Ⅱ级以上的脑室内出血者;

(2)先天性颅脑畸形者;(3)围生期有重度窒息者;(4)患染色体病、先天遗传代谢性疾病者。

### 1.2 资料收集

收集以下资料:(1)早产儿基本情况:性别、出生胎龄、出生体重、出生方式、头颅MRI检查时纠正胎龄、Apgar评分、肺表面活性物质(pulmonary surfactant, PS)及咖啡因应用和辅助通气时间(机械通气及持续气道正压通气);(2)母亲妊娠情况:妊娠合并症(胎膜早破、妊娠期高血压、妊娠期糖尿病)、羊水及胎盘情况等;(3)早产儿并发症情况:呼吸暂停(apnea of prematurity, AOP)、BPD、新生儿坏死性小肠结肠炎(neonatal necrotizing enterocolitis, NEC)、早产儿视网膜病(retinopathy of prematurity, ROP)、肺炎、败血症、新生儿胆汁淤积症;(4)MRI常规序列发现的脑室周围-脑室内出血(periventricular-intraventricular hemorrhage, PV-IVH)、局灶性脑白质损伤(punctate white matter lesions, PWML)、囊性脑室周围白质软化(periventricular leukomalacia, PVL)等。

AOP定义为呼吸停止 $\geq 20$  s,或停止时间<20 s,伴有血氧饱和度下降(<85%)或心动过缓(<100次/min)<sup>[10]</sup>。败血症定义为血液或者脑脊液等无菌腔隙能培养出致病菌(包括细菌和真菌)引起的全身炎症反应综合征<sup>[11]</sup>。肺炎、NEC、ROP、新生儿胆汁淤积综合征诊断标准参考第5版《实用新生儿学》<sup>[12]</sup>。

### 1.3 头颅MRI检查及DTI图像处理分析

两组早产儿于纠正胎龄34~36周完成头颅MRI及DTI检查。患儿镇静(静脉注射苯巴比妥钠5 mg/kg)熟睡后,应用Siemens Skyra 3.0 T超导MRI扫描仪,采用Head 20线圈进行检查。行常规矢状位T1WI扫描和轴位T1WI、T2WI、FLAIR、DWI、DTI扫描。扫描结束后,图像资料自动导入Siemens syngo.via后处理站,得到FA图。在FA图上确定感兴趣区(region of interest, ROI)位置,每个ROI大小控制在 $(10 \pm 2)$  mm<sup>2</sup>,所有ROI均位于解剖部位中间(图1),并尽量避开脑白质或灰质损伤区域,分别测量每个ROI的FA值和ADC值3次,并计算平均值。

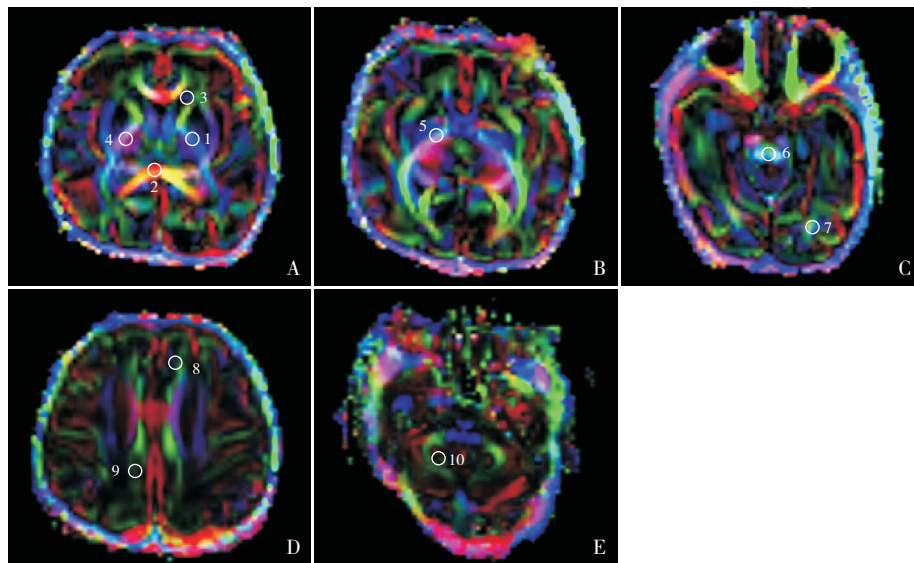


图1 FA图ROI的选取 A~E为FA彩色编码图。各数字代表相应部位的ROI: 1.内囊后肢; 2.胼胝体压部; 3.尾状核; 4.丘脑; 5.豆状核; 6.大脑脚; 7.枕叶白质; 8.额叶白质; 9.顶叶白质; 10.小脑。

#### 1.4 MRI常规序列脑损伤判读标准

PVL定义为存在脑白质减少、脑室扩张或变形,或脑室周围白质T2WI信号异常增高,T1WI信号异常降低<sup>[13]</sup>。PWML定义为半卵圆中心、侧脑室周围脑白质出现点、线或簇状T1WI高信号、T2WI低或等信号病灶<sup>[14]</sup>。PV-IVH定义为脑室周围/脑室内区域的T1WI信号强度增加,而T2WI信号强度降低<sup>[15-16]</sup>,并根据Papile等<sup>[17]</sup>文献分为I~IV级。

#### 1.5 统计学分析

应用SPSS 21.0软件分析数据。正态分布的计量资料用均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间比较采用两样本 $t$ 检验;非正态分布的计量资料用中位数(四分位数间距) $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示,组间比较用Mann-Whitney  $U$ 检验。计数资料用例数和百分率(%)表示,组间比较应用 $\chi^2$ 检验或校正 $\chi^2$ 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组早产儿基本情况

BPD组与非BPD组早产儿在出生胎龄、出生体重、性别、出生方式、PS应用情况、Apgar评分、头颅MRI检查时纠正胎龄、咖啡因应用、孕母妊娠期高血压、孕母妊娠期糖尿病、胎膜早破、先兆早产、胎盘异常、羊水异常、多胎妊娠、产前

应用激素方面比较差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。BPD组机械通气比例及辅助通气时间均高于非BPD组( $P < 0.05$ )。见表1。

表1 两组早产儿基本情况比较

| 项目                                     | 非BPD组<br>(n=48) | BPD组<br>(n=48) | $t/\chi^2$ 值 | P值     |
|----------------------------------------|-----------------|----------------|--------------|--------|
| 出生胎龄( $\bar{x} \pm s$ ,周)              | 30.0 $\pm$ 0.9  | 29.7 $\pm$ 1.3 | -1.261       | 0.211  |
| 出生体重( $\bar{x} \pm s$ ,g)              | 1338 $\pm$ 163  | 1299 $\pm$ 161 | -1.159       | 0.249  |
| 男[n(%)]                                | 27(56)          | 29(60)         | 0.171        | 0.679  |
| 剖宫产[n(%)]                              | 35(73)          | 36(75)         | 0.054        | 0.816  |
| PS应用大于1次[n(%)]                         | 22(46)          | 14(29)         | 2.844        | 0.092  |
| 5 min Apgar评分<br>( $\bar{x} \pm s$ ,分) | 7.6 $\pm$ 1.2   | 7.6 $\pm$ 1.3  | 0.331        | 0.741  |
| 头颅MRI检查时纠正<br>胎龄( $\bar{x} \pm s$ ,周)  | 35.1 $\pm$ 1.2  | 35.2 $\pm$ 1.0 | 0.871        | 0.385  |
| 机械通气[n(%)]                             | 8(17)           | 19(40)         | 6.235        | 0.013  |
| 辅助通气时间( $\bar{x} \pm s$ ,h)            | 140 $\pm$ 102   | 332 $\pm$ 199  | 5.956        | <0.001 |
| 咖啡因应用[n(%)]                            | 22(46)          | 22(46)         | 0            | 1.000  |
| 孕母妊娠期高血压[n(%)]                         | 13(27)          | 12(25)         | 0.054        | 0.816  |
| 孕母妊娠期糖尿病[n(%)]                         | 9(19)           | 11(23)         | 0.253        | 0.615  |
| 胎膜早破[n(%)]                             | 37(77)          | 29(60)         | 1.651        | 0.199  |
| 先兆早产[n(%)]                             | 16(33)          | 19(40)         | 0.405        | 0.525  |
| 胎盘异常[n(%)]                             | 7(15)           | 5(10)          | 0.381        | 0.537  |
| 羊水异常[n(%)]                             | 15(31)          | 17(35)         | 0.188        | 0.665  |
| 多胎妊娠[n(%)]                             | 12(25)          | 18(38)         | 1.745        | 0.186  |
| 产前应用激素[n(%)]                           | 38(79)          | 37(77)         | 0.061        | 0.805  |

注: [PS] 肺表面活性物质。

## 2.2 两组早产儿并发症情况

与非BPD组相比，BPD组早产儿肺炎发生率更高、AOP次数更多 ( $P<0.05$ )；两组早产儿

NEC、ROP、败血症、新生儿胆汁淤积综合征发生率差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。见表2。

表2 两组早产儿并发症比较

| 组别           | 例数 | AOP<br>[ $M(P_{25}, P_{75})$ , 次] | NEC<br>[ $n(\%)$ ] | ROP<br>[ $n(\%)$ ] | 败血症<br>[ $n(\%)$ ] | 肺炎<br>[ $n(\%)$ ] | 新生儿胆汁淤积<br>综合征 [ $n(\%)$ ] |
|--------------|----|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------------------|
| 非BPD组        | 48 | 4.5(0.0, 7.0)                     | 2(4)               | 1(2)               | 1(2)               | 5(10)             | 2(4)                       |
| BPD组         | 48 | 6.5(3.3, 9.0)                     | 2(4)               | 1(2)               | 3(6)               | 13(27)            | 6(12)                      |
| $\chi^2/Z$ 值 |    | -2.589                            | 0                  | 0                  | 0.261              | 4.376             | 2.182                      |
| $P$ 值        |    | 0.010                             | 1.000              | 1.000              | 0.610              | 0.036             | 0.140                      |

注：[AOP]呼吸暂停；[NEC]新生儿坏死性小肠结肠炎；[ROP]早产儿视网膜病。

## 2.3 两组早产儿MRI常规序列脑损伤情况

两组早产儿PV-IVH、PWML、PVL发生率及脑损伤总发生率差异均无统计学意义 ( $P<0.05$ )，见表3。

表3 两组早产儿脑损伤情况比较 [  $n(\%)$  ]

| 组别         | 例数 | PV-IVH | PWML  | PVL   | 脑损伤    |
|------------|----|--------|-------|-------|--------|
| 非BPD组      | 48 | 8(17)  | 2(4)  | 2(4)  | 11(23) |
| BPD组       | 48 | 9(19)  | 7(15) | 1(2)  | 13(27) |
| $\chi^2$ 值 |    | 0.071  | 3.065 | 0     | 0.222  |
| $P$ 值      |    | 0.789  | 0.080 | 1.000 | 0.637  |

注：[PV-IVH]脑室周围-脑室内出血；[PWML]局灶性脑白质损伤；[PVL]脑室周围白质软化。

## 2.4 两组早产儿各ROI的FA值和ADC值比较

10个ROI中，BPD组内囊后肢、胼胝体压部、枕叶白质、小脑、大脑脚的FA值低于非BPD组，各ADC值高于非BPD对照组，差异均有统计学意义 ( $P<0.05$ )，见表4-5。

表4 两组早产儿各ROI的FA值比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| ROI   | 非BPD组<br>( $n=48$ ) | BPD组<br>( $n=48$ ) | $t$ 值  | $P$ 值 |
|-------|---------------------|--------------------|--------|-------|
| 内囊后肢  | 0.51 ± 0.06         | 0.48 ± 0.06        | -2.353 | 0.021 |
| 胼胝体压部 | 0.55 ± 0.08         | 0.50 ± 0.06        | -2.936 | 0.004 |
| 额叶白质  | 0.076 ± 0.019       | 0.075 ± 0.018      | -0.194 | 0.847 |
| 顶叶白质  | 0.105 ± 0.021       | 0.102 ± 0.026      | -0.539 | 0.591 |
| 枕叶白质  | 0.120 ± 0.028       | 0.110 ± 0.017      | -2.160 | 0.033 |
| 丘脑    | 0.166 ± 0.023       | 0.166 ± 0.025      | -0.076 | 0.940 |
| 豆状核   | 0.12 ± 0.03         | 0.12 ± 0.03        | -0.369 | 0.713 |
| 小脑    | 0.110 ± 0.026       | 0.101 ± 0.016      | -2.019 | 0.046 |
| 尾状核   | 0.062 ± 0.012       | 0.058 ± 0.012      | -1.681 | 0.096 |
| 大脑脚   | 0.154 ± 0.029       | 0.140 ± 0.030      | -2.037 | 0.030 |

注：[ROI]感兴趣区；[FA]各项异性分数。

表5 两组早产儿各ROI的ADC值比较

( $\bar{x} \pm s$ ,  $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )

| ROI   | 非BPD组<br>( $n=48$ ) | BPD组<br>( $n=48$ ) | $t$ 值 | $P$ 值 |
|-------|---------------------|--------------------|-------|-------|
| 内囊后肢  | 1.11 ± 0.14         | 1.20 ± 0.18        | 2.676 | 0.009 |
| 胼胝体压部 | 1.28 ± 0.19         | 1.36 ± 0.14        | 2.319 | 0.023 |
| 额叶白质  | 1.62 ± 0.19         | 1.64 ± 0.16        | 0.398 | 0.691 |
| 顶叶白质  | 1.78 ± 0.10         | 1.79 ± 0.13        | 0.615 | 0.540 |
| 枕叶白质  | 1.60 ± 0.13         | 1.66 ± 0.12        | 2.144 | 0.035 |
| 丘脑    | 1.13 ± 0.16         | 1.14 ± 0.13        | 0.430 | 0.668 |
| 豆状核   | 1.12 ± 0.16         | 1.27 ± 0.15        | 0.522 | 0.603 |
| 小脑    | 1.26 ± 0.15         | 1.32 ± 0.11        | 2.435 | 0.017 |
| 尾状核   | 1.23 ± 0.11         | 1.26 ± 0.09        | 1.233 | 0.221 |
| 大脑脚   | 1.15 ± 0.15         | 1.23 ± 0.13        | 2.628 | 0.010 |

注：[ROI]感兴趣区；[ADC]表观弥散系数。

## 3 讨论

BPD是早产儿最常见的一种慢性炎症性肺部疾病，常存在肺泡形态异常、数量减少、分布不均，以及异常发育的肺血管系统。BPD患儿预后较差，对感染因素易感性增加、再入院率较高且常伴有肺功能异常。另外，有研究表明BPD与脑白质损伤具有相关性<sup>[18]</sup>，BPD患儿更容易发生运动、认知和智力障碍等神经缺陷<sup>[19]</sup>。

头颅MRI是评价新生儿神经系统发育的重要手段，与MRI常规序列相比，DTI对于微小病灶及白质纤维束病变的检查更灵敏，可以评价水分子扩散的方向性及扩散程度，从而能够定量反映脑白质发育情况。DTI各种参数中部分FA值及ADC值比较敏感并且容易观察<sup>[20]</sup>。FA值随着出生胎龄增加、白质髓鞘化成熟而逐渐增大。ADC值与脑白质的水分子含量、轴突密度、发育程度相关；

随着脑组织发育逐渐成熟,脑白质水分含量减少,且树突、胶质细胞髓鞘化使水分子运动进一步受限,ADC值逐渐下降<sup>[21]</sup>。

本研究两组早产儿头颅MRI常规序列发现的PV-IVH、PVL、PWML等脑损伤的发生率差异无统计学意义,而BPD组内囊后肢、胼胝体压部、枕叶白质、小脑、大脑脚FA值低于非BPD组,各ADC值高于非BPD组。这表明BPD组早产儿脑白质髓鞘化发育程度较低。Lee等<sup>[22]</sup>发现与非BPD组相比,BPD组早产儿脑容量和白质的FA值均较低,说明BPD早产儿脑发育落后,这与本研究的结果一致。Boardman等<sup>[23]</sup>通过分析早产儿头颅MRI结果发现生后长期氧依赖是阻碍早产儿脑生长发育的危险因素。Thompson等<sup>[24]</sup>应用头颅MRI研究了202例早产儿和36例足月儿,发现在矫正胎龄足月时患BPD的早产儿全脑容量减少。Anjari等<sup>[25]</sup>对53名在头颅常规MRI上没有局灶异常的早产儿进行了研究,控制混杂因素后发现慢性肺疾病早产儿脑白质的FA值降低,提示慢性肺疾病和脑白质损伤存在相关性。

BPD是多种因素共同作用的结果,各种产前和产后因素均可导致疾病的发生发展,其中以气压伤、感染、高氧最常见,可诱发炎症因子及自由基释放,激活肺部细胞凋亡途径,影响肺发育。而参与脑白质髓鞘化发育的少突胶质细胞前体细胞极易受炎症反应、自由基和缺氧缺血的影响而凋亡,导致髓鞘形成障碍。因此,BPD和脑损伤具有共同的发病机制,这可能是BPD患儿脑白质发育延迟的机制之一。另外,BPD患儿易合并感染、新生儿呼吸窘迫综合征、呼吸暂停等并发症,相应的容易发生低氧血症或酸中毒,加重脑白质损伤<sup>[26]</sup>。本研究发现BPD组早产儿AOP次数更多、肺炎发生率和机械通气比例更高、辅助通气时间更长,这些均可能是导致BPD脑白质损伤的因素<sup>[27]</sup>。

本研究具有一定局限性。首先,我们并未测量DTI的径向或轴向扩散系数等,这些参数也是反映脑白质发育的重要指标。其次,我们并没有对患有BPD的早产儿进行随访,因此,BPD患儿的长期神经系统结局仍有待进一步研究揭示。

综上所述,通过测定分析FA值和ADC值可得出BPD患儿更容易发生脑白质发育障碍,可能与导致BPD的炎症反应或BPD引起的低氧血症等

因素有关。因此,我们在积极预防和治疗BPD的同时,还需要对患儿进行早期神经发育评估,必要时早期干预。

## [参 考 文 献]

- [1] Stoll BJ, Hansen NI, Bell EF, et al. Trends in care practices, morbidity, and mortality of extremely preterm neonates, 1993-2012[J]. JAMA, 2015, 314(10): 1039-1051.
- [2] Guaman MC, Gien J, Baker CD, et al. Point prevalence, clinical characteristics, and treatment variation for infants with severe bronchopulmonary dysplasia[J]. Am J Perinatol, 2015, 32(10): 960-967.
- [3] Viscardi RM. Perinatal inflammation and lung injury[J]. Semin Fetal Neonatal Med, 2012, 17(1): 30-35.
- [4] Trittman JK, Nelin LD, Klebanoff MA. Bronchopulmonary dysplasia and neurodevelopmental outcome in extremely preterm neonates[J]. Eur J Pediatr, 2013, 172(9): 1173-1180.
- [5] Lin F, Dong H, Song Y, et al. Effect of bronchopulmonary dysplasia on early intellectual development in preterm infants[J]. Pediatr Int, 2017, 59(6): 691-697.
- [6] 林颖仪, 黄水清. 早产儿脑损伤影像学及脑电图诊断的研究进展[J]. 临床儿科杂志, 2017, 35(7): 548-552.
- [7] 张浩然, 黄海云. 早产儿脑损伤的早期评估研究进展[J]. 国际儿科学杂志, 2018, 45(1): 28-31.
- [8] Schneider J, Kober T, Bickle Graz M, et al. Evolution of T1 relaxation, ADC, and fractional anisotropy during early brain maturation: a serial imaging study on preterm infants[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2016, 37(1): 155-162.
- [9] Jensen EA, Dysart K, Gantz MG, et al. The diagnosis of bronchopulmonary dysplasia in very preterm infants. an evidence-based approach[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2019, 200(6): 751-759.
- [10] Zulqarnain A, Hussain M, Suleri KM, et al. Comparison of caffeine versus theophylline for apnea of prematurity[J]. Pak J Med Sci, 2019, 35(1): 113-116.
- [11] 中华医学会儿科学分会新生儿学组, 中国医师协会新生儿科医师分会感染专业委员会. 新生儿败血症诊断及治疗专家共识(2019年版)[J]. 中华儿科杂志, 2019, 57(4): 252-257.
- [12] 邵肖梅, 叶鸿瑁, 丘小汕. 实用新生儿学[M]. 第5版. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 368-370, 582-588, 632-639, 1025-1029.
- [13] 王飞, 刘亚辉, 黄婷婷. PVL脑瘫患儿MRI分级与粗大运动功能分级的相关性分析[J]. 医学影像学杂志, 2019, 29(5): 721-725.
- [14] Wagenaar N, Chau V, Groenendaal F, et al. Clinical risk factors for punctate white matter lesions on early magnetic resonance imaging in preterm newborns[J]. J Pediatr, 2017, 182: 34-40.e1.
- [15] Sie LT, van der Knaap MS, van Wezel-Meijler G, et al. Early MR features of hypoxic-ischemic brain injury in neonates with periventricular densities on sonograms[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2000, 21(5): 852-861.
- [16] Keeney SE, Adcock EW, Mcardle CB. Prospective observations of 100 high-risk neonates by high-field (1.5 Tesla) magnetic

- resonance imaging of the central nervous system: I. Intraventricular and extracerebral lesions[J]. *Pediatrics*, 1991, 87(4): 421-430.
- [17] Papile LA, Burstein J, Burstein R, et al. Incidence and evolution of subependymal and intraventricular hemorrhage: a study of infants with birth weights less than 1,500 gm[J]. *J Pediatr*, 1978, 92(4): 529-534.
- [18] Gagliardi L, Bellù R, Zanini R, et al. Bronchopulmonary dysplasia and brain white matter damage in the preterm infant: a complex relationship[J]. *Paediatr Perinat Epidemiol*, 2009, 23(6): 582-590.
- [19] Natarajan G, Pappas A, Shankaran S, et al. Outcomes of extremely low birth weight infants with bronchopulmonary dysplasia: impact of the physiologic definition[J]. *Early Hum Dev*, 2012, 88(7): 509-515.
- [20] van Pul C, Buijs J, Janssen MJ, et al. Selecting the best index for following the temporal evolution of apparent diffusion coefficient and diffusion anisotropy after hypoxic-ischemic white matter injury in neonates[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2005, 26(3): 469-481.
- [21] Pieterman K, Plaisier A, Govaert P, et al. Data quality in diffusion tensor imaging studies of the preterm brain: a systematic review[J]. *Pediatr Radiol*, 2015, 45(9): 1372-1381.
- [22] Lee JM, Choi YH, Hong J, et al. Bronchopulmonary dysplasia is associated with altered brain volumes and white matter microstructure in preterm infants[J]. *Neonatology*, 2019, 116(2): 163-170.
- [23] Boardman JP, Counsell SJ, Rueckert D, et al. Early growth in brain volume is preserved in the majority of preterm infants[J]. *Ann Neurol*, 2007, 62(2): 185-192.
- [24] Thompson DK, Warfield SK, Carlin JB, et al. Perinatal risk factors altering regional brain structure in the preterm infant[J]. *Brain*, 2007, 130(Pt 3): 667-677.
- [25] Anjari M, Counsell SJ, Srinivasan L, et al. The association of lung disease with cerebral white matter abnormalities in preterm infants[J]. *Pediatrics*, 2009, 124(1): 268-276.
- [26] Durand M, Mcevoy C, Macdonald K. Spontaneous desaturations in intubated very low birth weight infants with acute and chronic lung disease[J]. *Pediatr Pulmonol*, 1992, 13(3): 136-142.
- [27] 李文丽, 徐发林, 牛铭, 等. 不同程度支气管肺发育不良早产儿的临床特征及预后分析[J]. *中国当代儿科杂志*, 2018, 20(4): 261-266.

(本文编辑: 王颖)

· 消息 ·

## 2020年《中国当代儿科杂志》征稿征订启事

《中国当代儿科杂志》是由中华人民共和国教育部主管、中南大学及中南大学湘雅医院主办的国家级儿科专业学术期刊。本刊为中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊), 中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊, 北京大学图书馆中文核心期刊和国际权威数据库美国MEDLINE/PubMed/PMC、Scopus数据库、美国《化学文摘》(CA)、美国EBSCO、荷兰《医学文摘》(EM)及世界卫生组织西太平洋地区医学索引(WPRIM)收录期刊, 同时被中国学术期刊(光盘版)、中国科学院文献情报中心、中国社会科学院文献信息中心评定为《中国学术期刊综合评价数据库》来源期刊, 并获评2016中国国际影响力优秀学术期刊。2019年9月进入国家首批发布的临床医学领域高质量科技期刊目录, 这将推动同等水平的国内外期刊等效使用。

本刊内容以儿科临床与基础研究并重, 反映我国当代儿科领域的最新进展与最新动态。辟有论著(临床研究、罕见病/疑难病研究、病例分析、儿童保健、流行病学调查和实验研究)、临床经验、专家讲座、述评、综述及国外儿科动态等栏目。读者对象主要为从事儿科及相关学科的临床、教学和科研工作者。

本刊为月刊, 每月15日出版, 向国内外公开发行人。欢迎全国各高等医学院校, 各省、市、自治区、县医院和基层医疗单位, 各级图书馆(室)、科技情报研究所及广大医务人员和医学科技人员订阅。每期定价20元, 全年240元。邮发代号: 国内42-188; 国外3856(BM)。可通过全国各地邮局订阅或直接来函与本刊编辑部联系订阅。

向本刊投稿一律通过网上稿件处理系统(www.zgddek.com), 免审稿费, 审稿周期2~4周。欲详细了解本刊, 请扫描下方二维码或微信公众平台二维码。网站提供免费全文下载。

《中国当代儿科杂志》编辑部