

侧脑室周围白质软化症脑瘫儿童的临床特征

任俊彬¹, 苏彤^{2a}, 崔萌林^{2b}, 刘杰^{2b}, 孙二亮^{2b}, 袁俊英^{2b}

摘要 目的:探讨侧脑室周围白质软化症(periventricular leukomalacia, PVL)脑瘫患儿的临床及MRI特点。**方法:**从我院电子病历信息系统中回顾性提取自2011年1月1日至2021年12月31日在郑州大学第三附属医院儿童康复科住院康复的18岁以下脑瘫儿童信息,比较和分析头颅MRI表现为PVL脑瘫患儿的孕周、出生体重、分型、粗大运动功能分级(gross motor function classification system, GMFCS)、共患病等方面的不同。**结果:**共纳入2012例脑瘫患儿,进行头颅MRI检查并有结果记录者共1419例,PVL共645例(45.45%),早产417例(64.65%),低出生体重患儿375例(58.14%);在有PVL分级结果的321例患儿中,PVL分级为Ⅱ级者在孕周<32周脑瘫患儿中占比最高,为72.53%(8/77),孕周与PVL分级有统计学差异($P<0.01$);在出生体重方面,PVL分级为Ⅱ级者在出生体重1500~2500g及<1500g脑瘫患儿中占比分别为71.21%(94/132)和62.5%(25/40),不同出生体重儿的PVL分级分布差异均有统计学意义($P<0.05$)。在类型方面,痉挛型双瘫占比57.36%(370/645),痉挛型四肢瘫占比17.36%(112/645);在GMFCS分级方面,具有独走能力者占比65.89%(425/645)。在有PVL分级结果的321例患儿中,PVL为Ⅲ级者痉挛型偏瘫占比最高,为53.49%(46/86),在GMFCS分级方面,PVL分级为Ⅱ级者GMFCS为Ⅰ、Ⅱ级者占比最低,为48.84%(105/215),类型、GMFCS分级与PVL分级之间差异均有统计学意义($P<0.01$);在共患病方面,最后一次随访年龄>4岁的有505例,其中共患智力障碍181例(35.84%),共患癫痫78例(12.09%),共患视力障碍71例(11.01%)。在有PVL分级结果的321例患儿中,PVL分级为Ⅱ级者共患癫痫及智力障碍率均最高,分别为17.03%(31/182)和40.16%(49/122),PVL分级与是否共患癫痫及智力障碍均存在统计学差异(均 $P<0.05$),PVL分级与是否共患听力障碍、视力障碍均无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**头颅MRI为PVL的脑瘫患儿的孕周、临床表现、合并症呈现一定的特点,头颅MRI可以为围产期预防、临床早期诊断、早期干预及减少后遗症提供重要依据。

关键词 脑室周围白质软化症;脑性瘫痪;智力障碍;视力障碍

中图分类号 R741;R651.1;R493 文献标识码 A DOI 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20220834

本文引用格式:任俊彬,苏彤,崔萌林,刘杰,孙二亮,袁俊英.侧脑室周围白质软化症脑瘫儿童的临床特征[J].神经损伤与功能重建,2024,19(4):201-205.

作者单位

1. 郑州市妇幼保健院
院儿科

郑州 450012

2. 郑州大学第三
附属医院 a. 儿内科,

b. 儿童康复科

郑州 450052

收稿日期

2023-09-25

通讯作者

袁俊英

yuan200412995@

163.com

Clinical Features of Cerebral Palsy Children with Periventricular Leukomalacia in MRI

REN Junbin¹, SU Tong^{2a}, CUI Menglin^{2b}, LIU Jie^{2b}, SUN Erlinag^{2b}, YUAN Junying^{2b}. 1. Department of Pediatrics, Women and Infants of Zhengzhou, Zhengzhou 450012, China; 2. a. Department of Pediatrics, b. Department of Children's rehabilitation, the third affiliated hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

Abstract Objective: To investigate the clinical and MRI characteristics of cerebral palsy children with periventricular leukomalacia (PVL). **Methods:** We retrospectively extracted information from the electronic medical record system of the Third Affiliated Hospital of Zhengzhou University on cerebral palsy children under 18 years old who were hospitalized for rehabilitation from January 1, 2011, to December 31, 2021. We compared and analyzed different aspects such as gestational weeks, birth weight, classification, Gross Motor Function Classification System (GMFCS), and comorbidities in children with cerebral palsy whose cranial MRI showed PVL. **Results:** A total of 2012 children with cerebral palsy were included, and among them, 1419 underwent cranial MRI with recorded results. PVL was found in 645 cases (45.45%), including 417 preterm infants (64.65%) and 375 low birth weight infants (58.14%). Among the 321 cases with PVL grading results, grade II PVL accounted for the highest proportion in children with gestational age <32 weeks at 72.53% (8/77), and there was a statistical difference in gestational weeks and PVL grades ($P<0.01$). Regarding birth weight, grade II PVL accounted for 71.21% (94/132) in children with birth weights between 1500-2500 g and 62.5% (25/40) in those <1500 g, with statistical differences in the distribution of PVL grades across different birth weights ($P<0.05$). In terms of classification, spastic diplegia accounted for 57.36% (370/645) and spastic tetraplegia for 17.36% (112/645). Regarding GMFCS levels, 65.89% (425/645) had the ability to walk independently. In the 321 cases with PVL grading results, grade III PVL had the highest proportion of spastic hemiplegia at 53.49% (46/86). In terms of GMFCS levels, grade II PVL had the lowest proportion of levels I and II at 48.84% (105/215), and there were statistical differences between types, GMFCS levels, and PVL grades ($P<0.01$). Regarding comorbidities, among the 505 cases whose last follow-up age was >4 years, there were 181 with intellectual disabilities (35.84%), 78

with epilepsy (12.09%), and 71 with visual impairments (11.01%). In the 321 cases with PVL grading results, those with grade II PVL had the highest rates of comorbid epilepsy and intellectual disabilities, at 17.03% (31/182) and 40.16% (49/122), respectively, with statistical differences between PVL grades and whether there was comorbid epilepsy or intellectual disability (both $P < 0.05$), but no statistical significance between PVL grades and whether there was comorbid hearing or visual impairment ($P > 0.05$). **Conclusion:** Children with cerebral palsy and PVL detected by cranial MRI present certain characteristics in terms of gestational age, clinical manifestations, and comorbidities. Cranial MRI can provide important evidence for perinatal prevention, early clinical diagnosis, early intervention, and the reduction of sequelae.

Keywords periventricular leukomalacia; cerebral palsy; intellectual disability; visual impairment

0 引言

脑性瘫痪,简称脑瘫,是指由于发育中的胎儿或婴幼儿大脑发生的非进行性损伤导致的一组持续存在的中枢性运动和姿势发育障碍、活动受限症候^[1,2],是儿童最常见的运动致残性疾病。2012年~2014年对我国12个省、市、自治区的一项调查(分层整群随机法)发现1~6岁儿童脑瘫患病率为2.46‰,发病率为2.48‰^[3],国际上脑瘫患病率为2.11‰(95%CI 1.98~2.25)^[4]。

脑瘫病因复杂,临床表现各异,临床严重程度与运动功能及康复治疗紧密相关,头颅MRI既可以提供部分病因信息,也能为预后判断提供参考。脑瘫儿童头颅MRI的异常率国内外报告均>80%,以白质损伤为主占比最高,超过40%^[5,6],其中最重要的类型是侧脑室周围白质软化(periventricular leukomalacia, PVL)。PVL目前尚无特异性治疗方法,PVL的严重程度与脑瘫患儿的不同胎龄、粗大运动功能分级(gross motor function classification system, GMFCS)及智力水平相关^[7],鲜有研究临床特征与PVL等级之间的联系。本研究回顾性分析我院10年中收治的脑瘫患儿中头颅MRI影像中的PVL,进行严重程度分级,探讨PVL分级与孕周、出生体重、临床分型及脑瘫合并症之间的关系,为脑瘫的预防、临床分析及预后提供客观依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

依据ICD-10编码从郑州大学第三附属医院电子病历信息系统中回顾性提取2011年1月1日至2021年12月31日在郑州大学第三附属医院儿童康复科住院康复的18岁以下脑瘫儿童信息。诊断、性别、出生日期、最后一次住院的入院时间及出院时间等直接从电子病历信息系统中提取,分型、GMFCS、头颅MRI结果、孕周、出生体重、是否共患癫痫、智力障碍等从电子病历信息系统中查询获得。如果同一儿童多次住院,相同病案号则被认为是同一个儿童。

纳入标准:2015年1月之前入院患儿诊断及分型

标准采用在1988年全国小儿脑性瘫痪座谈会上提出的诊断及临床分型标准:痉挛型、不随意运动型、强直型、共济失调型、混合型、肌张力低下五型^[8];2015年之后入院患儿诊断及分型标准根据2014年中国康复医学会儿童康复专业委员会制订的《中国脑性瘫痪康复指南》,分为痉挛型偏瘫、痉挛型双瘫、痉挛型四肢瘫、不随意运动型、强直型、混合型^[9]。为保证标准统一,根据专科查体情况分别分为痉挛型偏瘫、痉挛型双瘫和痉挛型四肢瘫,手足徐动型归于不随意运动型,舍弃强直型和肌张力低下型。本研究得到医院伦理委员会的批准,审批号:(2017)医伦审第(05)号。

1.2 方法

1.2.1 数据相关标准 ①头颅MRI:收集患儿年龄>6个月之后的头颅MRI结果,如果同一患儿有多次头颅MRI结果,以最后一次为准;PVL分级:1级,脑室周围白质有长T₁长T₂异常信号;2级,除有长T₁长T₂信号外,同时伴随脑室扩大;3级,脑白质局灶性和广泛囊性改变^[10]。②智力障碍判定标准:儿童年龄>4岁采用韦氏儿童智力量表第四版(WISC-IV)检测智力,IQ<70,适应能力低于正常标准,仅特别严重者可由临床确定。仅最后一个疗程住院年龄或者门诊随访年龄≥48个月者进行合并智力障碍的判断。③癫痫:采用2014年国际抗癫痫联盟相关诊断标准^[11]:2次以上间隔超过24h的非热性惊厥发作或者正在口服非预防性的抗癫痫药物。④视觉障碍:纳入中枢性视觉障碍,指视交叉后的视觉通路损伤所导致的视觉障碍^[12],包括眼球震颤、视敏度降低、斜视、皮质盲等。

1.2.2 分析方法 收集患儿临床资料及MRI影像资料,进行相关分析。

1.3 统计学处理

采用Stata16.1进行统计描述,将孕周、出生时体重等计量资料根据临床实际转化为分类资料,分类资料及等级资料采用频数及百分比方式进行描述,孕周、出生体重、脑瘫型别、GMFCS分级及合并症与PVL分级之间比较均采用卡方检验; $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

共收住脑瘫患儿2012例,进行头颅MRI检查并有结果记录者1419例,其中存在PVL共645例(45.45%);男性448例(69.46%),女性197例(30.54%);其中最后一个疗程住院年龄或者门诊随访年龄 ≥ 48 个月有505例;有PVL分级结果者321例,其中I级75例(23.36%),II级182例(56.70%),III级64例(19.94%)。

2.1 孕周及出生体重

在645例患儿中,早产患儿417例(64.65%),其中孕周 < 32 周的患儿199例(30.85%),最低孕周为23周。低出生体重患儿共375例(58.14%),最低出生体重为900g。在有PVL分级结果的321例患儿中,PVL分级为II级者在孕周 < 32 周脑瘫患儿中占比最高,为72.53%(58/77),而PVL III级者在孕周 > 37 周的脑瘫患儿中占比最高,为32.82%(43/131),不同孕周与PVL分级有统计学差异($P < 0.01$)。在出生体重方面,PVL分级为II级者在出生体重1500~2500g及 < 1500 g脑瘫

患儿中占比分别为71.21%(94/132)和62.5%(25/40),均显著高于足月脑瘫患儿;而PVL分级为III级者在足月脑瘫患儿中占比最高,为33.79%(49/145);不同出生体重儿的PVL分级分布差异均有统计学意义($P < 0.01$),见表1。

2.2 脑瘫型别及GMFCS分级

在头颅MRI表现为PVL的645例患儿中,痉挛型双瘫370例(57.36%),痉挛型四肢瘫112例(17.36%),不随意运动型4例(0.62%)。在GMFCS分级方面,具有独走能力的共425例(GMFCS I级和GMFCS II级),占比65.89%。在有PVL分级结果的321例患儿中,PVL为II级者混合型和痉挛型四肢瘫占比最高,分别为100%(4/4)和73.44%(47/64);PVL为III级者痉挛型偏瘫占比最高,为53.49%(46/86);型别与PVL分级之间差异有统计学意义($P < 0.01$)。在GMFCS分级方面,PVL分级为II级者GMFCS为I、II级者占比最低,为48.84%(105/215),GMFCS分级与PVL分级之间差异有统计学意义($P < 0.01$),见表2。

表1 PVL分级与孕周及出生体重[例(%)]

| | PVL I级 | PVL II级 | PVL III级 | P值 |
|---------------|-----------|------------|-----------|----------|
| 孕周 | | | | |
| ≥ 37 周 | 33(25.19) | 55(41.98) | 43(32.82) | < 0.01 |
| 32~37周 | 25(22.52) | 68(61.26) | 18(16.22) | |
| < 32 周 | 16(20.78) | 58(75.32) | 39(3.90) | |
| 合计 | 74(23.20) | 181(56.74) | 64(20.06) | |
| 出生体重 | | | | |
| ≥ 2500 g | 35(24.14) | 61(42.07) | 49(33.79) | < 0.01 |
| 1500~2500g | 28(21.21) | 94(71.21) | 10(7.58) | |
| < 1500 g | 10(25.00) | 25(62.50) | 5(12.50) | |
| 合计 | 73(23.03) | 180(56.78) | 64(20.19) | |

表2 PVL分级与脑瘫型别及GMFCS分级

| | PVL I级 | PVL II级 | PVL III级 | P值 |
|---------|-----------|------------|-----------|----------|
| 型别 | | | | |
| 痉挛型双瘫 | 49(29.70) | 106(64.24) | 10(6.06) | < 0.01 |
| 痉挛型偏瘫 | 15(17.44) | 25(29.07) | 46(53.49) | |
| 痉挛型四肢瘫 | 9(14.06) | 47(73.44) | 8(12.50) | |
| 混合型 | 0(0.00) | 4(100) | 0(0.00) | |
| 不随意运动型 | 1(100.00) | 0(0.00) | 0(0.00) | |
| 共济失调型 | 1(100.00) | 0(0.00) | 0(0.00) | |
| 总计 | 75(23.36) | 182(56.70) | 64(19.94) | |
| GMFCS分级 | | | | |
| I级、II级 | 55(25.58) | 105(48.84) | 55(25.58) | < 0.01 |
| III级 | 13(24.53) | 38(71.70) | 2(3.77) | |
| IV级、V级 | 7(13.21) | 39(73.58) | 7(13.21) | |
| 总计 | 75(23.36) | 182(56.70) | 64(19.94) | |

2.3 共患病

在共患病方面,最后一次随访年龄>4岁的有505例,其中181例(35.84%)患智力障碍,78例(12.09%)患癫痫,71例(11.01%)患视力障碍,听力障碍占比最低,为4.5%(29/645)。在有PVL分级结果的321例患儿中,在共患癫痫方面,PVL分级为Ⅱ级者癫痫合并率最高,为17.03%(31/182),PVL分级与是否共患癫痫之间差异有统计学意义($P<0.05$);在智力障碍方面,PVL分级为Ⅱ级者共患智力障碍最高,为40.16%(49/122),PVL分级与是否共患智力障碍差异有统计学意义($P<0.05$);在听力障碍与视力障碍方面,PVL分级与是否共患听力障碍、视力障碍差异均无统计学意义($P>0.05$),见表3。

3 讨论

PVL作为脑瘫患儿头颅MRI最为常见的影像学表现^[13],其发生的主要原因是早产、围产期感染,是早产脑瘫患儿的头颅MRI的特征性表现。PVL在病理上可分为囊性的和弥漫性的,囊性的为脑室旁白质深部的局灶性坏死和囊腔形成,弥漫性的为弥漫性脑白质损伤,以轴突受损和少突胶质细胞前体死亡为特点^[14,15],与Vijayalakshmi等^[10]报道的PVL分级是相一致的。

本回顾性分析研究中共纳入有头颅MRI记录的脑瘫患儿1419例,其中PVL共645例(45.45%),与既往研究报道的46.6%结果接近^[13];来自JAMA的一篇献报道^[15],351例有头颅MRI的脑瘫患儿中,以PVL为主的白质损伤占比42.5%,与本文结果类似。

在645例表现为PVL的脑瘫患儿中,以早产儿为主,占比68.84%,其中孕周<32周者占比30.85%。PVL的发生机制尚未被完全认识,一般认为这是由于孕晚期的早期阶段脑室周围血管循环尚未成熟,缺血-缺氧风险增加,导致PVL的发生^[16,17]。许多研究表明双胎及多胎妊娠与孕周、出生体重紧密相关^[18],因此怀孕期间对双胎、多胎妊娠进行密切监测,可减少早产、低出生体重等高危因素,减少PVL的发生。

在321例有PVL分级记录的患儿中,PVL分级为Ⅱ级者在孕周<32周脑瘫患儿中占比最高,为72.53%,而PVLⅢ级者在孕周>37周的脑瘫患儿中占比最高,为32.82%,这可能与PVL分级Ⅱ级表现为弥漫性PVL者中室管膜下损伤中早产更为多见有关。在出生体重方面,另一研究称胎龄越低,出生体重越低,PVL的严重程度越大,本研究中PVLⅢ级者均以足月儿、出生体重 ≥ 2500 g为主,这与研究目标有关,临床上PVL严重程度较高的儿童存活率较低^[19]。PVL分级为Ⅱ级者在出生体重1500~2500g及<1500g脑瘫患儿中占比分别为71.21%和62.5%,均显著高于足月脑瘫患儿,不同出生体重儿的PVL分级分布差异均有统计学意义($P<0.05$),在机制方面与孕周相同。

临床分型方面,PVL患者主要表现为痉挛型,占97.36%,以痉挛型双瘫占比最高57.36%。JAMA报道中149例白质损伤的患儿,痉挛型占比86.58%,痉挛型双瘫占比52.35%^[15],痉挛型及痉挛型双瘫占比与本研究相比均稍低,原因可能本研究纳入的病例均为PVL,JAMA纳入病例包括了少量的其他白质损伤,且其认

表3 PVL分级与共患病

| | | PVL I级 | PVL II级 | PVL III级 | P值 |
|------|-------|------------|-------------|------------|-------|
| 癫痫 | 无癫痫 | 72(96.00) | 151(82.97) | 58(90.63) | 0.011 |
| | 有癫痫 | 3(4.00) | 31(17.03) | 6(9.38) | |
| | 总计 | 75(100.00) | 182(100.00) | 64(100.00) | |
| 听力障碍 | 无听力障碍 | 71(94.67) | 171(93.96) | 64(100.00) | 0.137 |
| | 有听力障碍 | 4(5.33) | 11(6.04) | 0(0.00) | |
| | 总计 | 75(100.00) | 182(100.00) | 64(100.00) | |
| 视力障碍 | 无视力障碍 | 64(85.33) | 161(88.46) | 61(95.31) | 0.156 |
| | 有视力障碍 | 11(14.67) | 21(11.54) | 3(4.69) | |
| | 总计 | 75(100.00) | 182(100.00) | 64(100.00) | |
| 智力障碍 | 无智力障碍 | 38(77.55) | 73(59.84) | 27(75.00) | 0.043 |
| | 有智力障碍 | 11(22.45) | 49(40.16) | 9(25.00) | |
| | 总计 | 49(100.00) | 122(100.00) | 36(100.00) | |

为脑瘫患儿头颅MRI中脑白质损伤主要是集中在侧脑室后部、中部^[15]。在321例有PVL分级结果患儿中,PVL分级为Ⅲ级者中痉挛型偏瘫占比最高53.49%,原因可能在于局灶性囊性的PVL更容易影响一侧下行的皮质脊髓束,导致单侧运动受损所致。在GMFCS分级方面,321例有PVL分级结果的脑瘫患儿中,其中215例具有独走能力(GMFCS I级和GMFCS II级),Arnfield等^[20]研究中PVL脑瘫患儿中GMFCS I级和GMFCS II级约占2/3,与本研究结果一致。提示PVL严重程度与脑瘫患儿运动障碍、康复密切相关,但GMFCS IV级和GMFCS V级患儿中以PVL II级分布为主,故不能得出运动功能受限越明显,PVL越严重的结论。

在共患病方面,PVL合并视觉障碍机制复杂,牵涉到视觉通路在大脑皮质中2条截然不同但相互作用的通路:枕颞通路和枕顶叶通路,枕颞通路连接枕叶和颞叶,涉及方向、视觉记忆和面孔、形状、物体和文字的识别;枕顶叶通路连接枕叶和后顶叶,负责视觉场景的潜意识映射、视觉注意运动和复杂视觉场景的处理。整个通路的任何部分都会导致视觉障碍的发生^[21]。既往部分研究显示脑性瘫痪共患视觉障碍率远高于本研究的11.01%^[12,22],这可能与对纳入研究的视觉障碍的不同纳入标准所致。

321例有PVL分级的脑瘫患儿中,共患智力障碍在PVL分级为Ⅱ级者占比最高,这与脑白质萎缩、脑室扩张,弥漫性白质体积异常,导致大脑的整体效率下降以及支持认知、语言和运动功能的多个区域的局部效率下降相关^[23]。共患癫痫者,PVL分级与是否共患癫痫之间有统计学差异($P<0.05$),为临床医生判断PVL病史的脑瘫患儿是否合并癫痫发作提供重要的诊断依据,减少判断误差,避免癫痫发作引起脑损害进一步加重^[24]。

总之,PVL与脑瘫患儿的临床表现、智力水平及共患病密切相关,目前尚无特异性治疗方案,而头颅MRI作为脑瘫患儿首选的辅助检查方法,有独特的优势,可为脑瘫患儿的早期诊断及康复治疗提供重要的参考,对长期预后的判断更有参考价值,同时可建立全国性的脑瘫登记管理系统,对脑瘫患儿进行长期的随访与管理。

参考文献

[1] Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, et al. A report: the definition and

classification of cerebral palsy April 2006[J]. Dev Med Child Neurol Suppl, 2007, 109: 8-14.

[2] 中国康复医学会儿童康复专业委员会,中国残疾人康复协会小儿脑性瘫痪康复专业委员会,《中国脑性瘫痪康复指南》编委会.中国脑性瘫痪康复指南(2015):第一部分[J].中国康复医学杂志,2015,30(7):747-754.

[3] 李晓捷,邱洪斌,姜志梅,等.中国十二省市小儿脑性瘫痪流行病学特征[J].中华实用儿科临床杂志,2018,33(5):378-383.

[4] Oskoui M, Coutinho F, Dykeman J, et al. An update on the prevalence of cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis[J]. Dev Med Child Neurol, 2013, 55(6): 509-519.

[5] Reid SM, Daggia CD, Ditchfield MR, et al. An Australian population study of factors associated with MRI patterns in cerebral palsy[J]. Dev Med Child Neurol, 2014, 56(2): 178-184.

[6] 袁俊英,邢庆娜,张利红,等.磁共振成像分类系统在儿童脑性瘫痪中的应用[J].中华物理医学与康复杂志,2020,42(11):978-983.

[7] 于荣,侯梅,孙殿荣,等.脑室周围白质软化与脑瘫病情相关性研究[J].中华物理医学与康复杂志,2010,32(12):944-946.

[8] 林庆.小儿脑性瘫痪的定义、诊断条件及分型[J].中华儿科杂志,1989,27(3):162-162.

[9] 李晓捷,唐久来,马丙祥,等.脑性瘫痪的定义、诊断标准及临床分期[J].中华实用儿科临床杂志,2014,29(19):1520.

[10] Vijayalakshmi P, Flora J, Shah G, et al. Ocular signs, visual and general developmental outcome in Indian children with radiologically proven periventricular leukomalacia[J]. Indian J Ophthalmol, 2022, 70(2): 619-624.

[11] Fisher RS, Acevedo C, Arzimanoglou A, et al. ILAE official report: a practical clinical definition of epilepsy[J]. Epilepsia, 2014, 55(4): 475-482.

[12] Philip SS, Dutton GN. Identifying and characterising cerebral visual impairment in children: a review[J]. Clin Exp Optom, 2014, 97(3): 196-208.

[13] 侯梅,范希文,李玉堂,等.脑性瘫痪儿童的MRI特征[J].中华儿科杂志,2004,42(2):49-52.

[14] 曹方方,富建华,薛辛东.生后不同时期诊断囊性脑室周围白质软化新生儿磁共振成像特点与运动发育结局关系研究[J].中华新生儿科杂志,2018,33(4):271-276.

[15] Bax M, Tydeman C, Flodmark O. Clinical and MRI correlates of cerebral palsy: the European Cerebral Palsy Study[J]. Jama, 2006, 296(13): 1602-1608.

[16] 范晓颖,肖江喜,蒋学祥,等.儿童脑室周围白质软化症的MRI与临床对比研究[J].中华放射学杂志,2003,27(3):76-79.

[17] Krägeloh-Mann I. Imaging of early brain injury and cortical plasticity[J]. Exp Neurol, 2004, 190(Suppl 1): S84-90.

[18] Yuan J, Wang J, Ma J, et al. Paediatric cerebral palsy prevalence and high-risk factors in Henan province, Central China[J]. J Rehabil Med, 2019, 51(1): 47-53.

[19] Shang Q, Ma CY, Lv N, et al. Clinical study of cerebral palsy in 408 children with periventricular leukomalacia[J]. Exp Ther Med, 2015, 9(4): 1336-1344.

[20] Arnfield E, Guzzetta A, Boyd R. Relationship between brain structure on magnetic resonance imaging and motor outcomes in children with cerebral palsy: a systematic review[J]. Res Dev Disabil, 2013, 34(7): 2234-2250.

[21] Philip SS, Guzzetta A, Chorna O, et al. Relationship between brain structure and Cerebral Visual Impairment in children with Cerebral Palsy: A systematic review[J]. Res Dev Disabil, 2020, 99: 103580.

[22] Rauchenzauner M, Schiller K, Honold M, et al. Visual Impairment and Functional Classification in Children with Cerebral Palsy[J]. Neuropediatrics, 2021, 52(5): 383-389.

[23] Kline JE, Illapani VSP, Li H, et al. Diffuse white matter abnormality in very preterm infants at term reflects reduced brain network efficiency[J]. Neuroimage Clin, 2021, 31: 102739.

[24] 桑艳,刘晓鸣,张园,等.视频脑电图在脑瘫患儿痫性发作监测中的应用[J].神经损伤与功能重建,2014,9(6):545-546.

(本文编辑:唐颖馨)