

脐动脉血气分析在围生期医学领域的正确应用

陈自励

(北海市妇幼保健院新生儿科,广西 北海 536000)

[中图分类号] R714.7 [文献标识码] A [文章编号] 1008-8830(2010)01-0001-04

近10余年来,脐动脉血气分析的临床意义和价值日益受到国际围生期医学界的重视,已被公认为是评价胎儿氧合和酸碱状况的最客观、最可靠的依据^[1-5]。美国妇产科学会(ACOG)和美国儿科学会(AAP)^[2]以及国际权威专著^[6-9]和论述^[1-5]均已将其列为诊断围生期窒息必不可少的指标,并用以指导继续复苏和后续治疗;正常的脐动脉血气检测结果可以否定产程中窒息的诊断,避免误诊和不必要的法律纠纷^[1-3,6]。本文系统论述胎儿血气和酸碱平衡的生理学、脐动脉血气各参数的正常范围、检测的临床意义和适应证、临床正确评估、规范的采样技术和影响因素以及需要进一步深入研究探索的目标。

1 胎儿血气和酸碱平衡的生理学

1.1 胎儿氧的获取

胎盘是胎儿的呼吸器官,胎儿期母、儿通过流经胎盘的血流在绒毛间隙进行气体交换,氧由氧分压(PO_2)较高的母体侧向 PO_2 较低的儿体侧弥散,母、儿之间的 PO_2 差决定其弥散力。氧在血中绝大部分与血红蛋白结合,只有离解的氧才形成 PO_2 。一方面由于胎儿血红蛋白(HbF)与氧的亲合力较强,其氧离解曲线左移,与成人比较,在血氧含量相等的情况下,其氧分压较低,有利从母体侧摄取氧;另一方面在 PO_2 相等时,儿体的血氧含量较高,当脐静脉血 PO_2 为27 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)时血氧含量达145 mL/L(体积分数0.145),接近子宫动脉的血氧含量158 mL/L(体积分数0.158)。适当的血氧含量有利胎儿组织的血氧供应,其氧分压虽较低,但胎儿并不以此为患,其pH仍基本保持在正常范围($7.31 \pm 0.05 \sim 7.39 \pm 0.05$)^[10-13],仅比正常新生儿低0.05,而且这种较低的 PO_2 和稍低的pH正

是维持正常的胎儿循环(高肺血管阻力和动脉导管开放)所必需,因此这种低 PO_2 和稍低的pH应视为生理性的^[14]。

1.2 胎儿二氧化碳的排泄

胎儿组织细胞新陈代谢过程中由葡萄糖、脂肪酸氧化产生的二氧化碳进入红细胞,在碳酸酐酶作用下与水结合形成碳酸,然后离解为碳酸氢和氢离子,后者由血红蛋白缓冲,碳酸氢离子与红细胞外的氯离子进行交换转出红细胞外,当血液流经胎盘时,发生逆向反应,碳酸氢离子与红细胞内的氯离子进行交换而进入细胞内,与氢离子结合形成碳酸,再离解为二氧化碳和水,二氧化碳迅速通过胎盘弥散,母、儿两侧的二氧化碳分压(PCO_2)差决定其弥散力,儿体侧的 PCO_2 平均为36~45 mmHg^[10-13],孕酮引起的妊娠高通气使母体侧的 PCO_2 由未孕时的39~40 mmHg下降至31~34 mmHg^[3],有利胎儿二氧化碳的排泄。

1.3 胎儿非挥发性酸的排泄

胎儿体内新陈代谢由不含硫的氨基酸氧化以及葡萄糖、脂肪酸氧化不完全所产生的非挥发性酸包括乳酸、酮酸(β -羟丁酸)、尿酸,由于胎儿肾脏主动转运系统不成熟,缺乏排泄非挥发性酸的能力,这些非挥发性酸只能缓慢地通过胎盘弥散进入母体循环由孕母肾脏进行排泄。胎儿非挥发性酸的排泄最终取决于胎盘功能和孕母的肾功能。

2 胎儿血气和酸碱状况的正常范围

2.1 胎儿血气和酸碱状况的正常范围

欧美学者^[10-12]对妊娠中、晚期(孕18~39周)正常胎儿的血气进行了研究,其结果见表1。

[收稿日期] 2009-07-21
[基金项目] 广西自然科学基金重点项目(编号0833290);北海市科技攻关项目(北科项字2008-1号);中华医学会中华儿科杂志第一届双鹤珂立苏基金资助项目。
[作者简介] 陈自励,男,教授。

表1 胎儿的正常血气范围 (x̄ ± s)

文献	例数	pH	PO ₂ (mmHg)	PCO ₂ (mmHg)	BE (mmol/L)
Soothill 等 ^[10]	31	7.358 ± 0.040	55 ± 7	37 ± 4	-4.2 ± 2.3
Bon 等 ^[11]	73	7.309 ± 0.054	45 ± 13	45 ± 6	-
Lazarevic 等 ^[12]	70	7.386 ± 0.050	43 ± 9	36 ± 11	-4.3 ± 0.6

注:B超引导下腹壁穿刺采集的脐静脉血

与脐静脉血比较,同时采集的脐动脉血 pH 和 PO₂ 较低,分别为 7.339 ± 0.03 和 34 ± 4 mmHg, PCO₂ 较高,为 42 ± 4 mmHg, BE 基本同静脉血^[10]。脐静脉与脐动脉的 PO₂ 差为 11.4 ± 7.0 mmHg, PCO₂ 差为 11.9 ± 6.8 mmHg^[15]。随着孕周的增加,脐动脉和脐静脉血的 pH、PO₂ 有轻微降低,而 PCO₂ 轻微增加的趋势, BE 基本无变化^[11-13],可能与氧的需求和二氧化碳产生增加有关;脐静脉与脐动脉的 PO₂ 差无明显变化,仅 PCO₂ 差略增加^[15]。

2.2 出生时脐动脉血气的变化和正常范围

分娩对胎儿是一巨大负荷,胎儿在正常自然分娩过程中由于氧耗增加和宫缩引起胎盘血流之间的气体交换阵阵受阻,胎儿的 PO₂ 呈波动性进行性下降, PCO₂ 呈波动性进行性上升,随着产程的进展, pH 和 BE 也随之进行性下降,尤以第二产程中的血气变化为甚,出生时立即脐动脉血气的检测结果可反映产程中胎儿血气变化的结局。由于纳入对象的标准和数量、采样时间和部位、标本储存时间、肝素化方法不同,各家报道的出生时脐动脉血气的正常范围不可能完全一致,国内外几篇较大样本^[16-21]的统计结果见表2。

表2 胎儿出生时的正常脐动脉血气范围 (x̄ ± s)

文献	例数	pH	PO ₂ (mmHg)	PCO ₂ (mmHg)	BE(mmol/L)
Thorp 等 ^[16]	1 924	7.24 ± 0.07	17.9 ± 6.9	56.3 ± 8.6	-3.6 ± 2.7
Ramin 等 ^[17]	1 292	7.28 ± 0.07	23.7 ± 10.0	49.9 ± 14.2	-3.6 ± 2.8
Riley 等 ^[18]	3 522	7.27 ± 0.07	18.4 ± 8.2	50.3 ± 11.1	-2.7 ± 2.8
Dickinson 等 ^[19]	1 393	7.26 ± 0.08	19.0 ± 7.9	52.9 ± 10.0	-3.2 ± 2.9
陈自励等 ^[20]	5 473	7.20 ± 0.10	24.2 ± 10.8	50.5 ± 12.4	-8.5 ± 5.0
陈自励等 ^[21]	10 146	7.20 ± 0.10	23.9 ± 8.8	50.3 ± 11.4	-8.8 ± 5.1

注:均为 Apgar 评分正常儿。

“胎儿像生活在高原上的居民”(James LS 语),有其自己的生理血气值(表1),不能套用新生儿的正常血气值去评价胎儿血气或用“轻微酸中毒”和“低氧血症”去描述正常的胎儿血气。同样,胎儿在正常分娩过程中由于宫缩, pH 和 PO₂ 下降以及 PCO₂ 上升,亦属于自然过程,只要血气变化没有越过胎儿的代偿限度产生病理后果(脏器损伤),亦应视为生理性的^[14]。表2显示,出生时正常脐动脉血气的 pH 和 BE 低限值(x̄ - 2s)分别为 7.00 ~ 7.14 和 -8.3 ~ -19 mmol/L。只要纳入样本排除了低 Apgar 评分和

重要畸形,胎次、胎别、胎龄、体重、先露部位、分娩方式、高原分娩、某些高危因素等,虽对血气略有影响^[3,20-23],但各参数均在上述正常范围,无需分别统计。

3 脐动脉血气的临床意义和正确评估

3.1 脐动脉血气的临床意义

出生时立即脐动脉血气检测结果,是胎儿出生时血气和酸碱状况最客观、最可靠的指标,也是分析产程中事件和新生儿情况之间关联的重要证据^[1-2]。围生期窒息的现代概念^[24]是特指各种病因(高危因素)使母、儿胎盘血流之间的气体交换发生急性障碍,导致儿体严重的缺氧和代谢性或混合性酸中毒,出现中枢神经、呼吸、循环等系统的抑制,出生后不能建立和维持正常呼吸的危急病理状态。其含义既不包括其他病因引起的类似表现和慢性缺氧引起的宫内生长受限(IUGR),也不包括出生后其他原因(呛入、蒙被、溺水等)导致的意外窒息(accidental suffocation)。新版国际权威专著^[6-9]和文献^[1,3,5]中,围生期窒息定义为胎盘气体交换障碍导致的儿体损伤性的缺氧、代谢性酸中毒(damaging hypoxemia and metabolic acidosis),故出生时脐动脉血气是围生期窒息综合诊断标准中不可缺少的指标,结合高危因素、低 Apgar 评分、脏器损伤、排除其他病因,可以提高诊断的准确性,减少误诊误治^[20,21,24]。血气值达不到指标可以否定窒息的诊断及与其远期发生脑瘫的关联^[14],防止不必要的医疗法律纠纷。产房检测仅需数分钟,可以指导继续复苏和后续治疗^[8,24]。

3.2 脐动脉血气可弥补 Apgar 评分的不足

实践证明习用的 Apgar 评分虽能识别新生儿抑制的表象,但不能识别内在的病因^[25-28],诊断窒息敏感性高而特异性低。除窒息外,许多其他情况也可出现低 Apgar 评分,如早产、出生时一过性缺氧、先天性中枢神经系统或呼吸系统或循环系统的畸形或疾病、感染、产伤、产程中母用麻醉镇痛剂的影响等等,单用其诊断窒息可致误诊。ACOG 和 AAP 明确指出^[25-26]:“低 Apgar 评分并非窒息的同义词,如单用其诊断窒息,则是对 Apgar 评分的误解和滥用”。脐动脉血气直接反映体内氧合和酸碱状况,揭示窒息的病理生理本质,特异性强,可弥补 Apgar 评分之不足。Thorp 等^[3]报道低 Apgar 评分足月儿经血气检测后 80% 排除了窒息,国内报道^[21]低 Apgar 评分儿经血气检测后 50% 排除了窒息,两者结合可减少误诊。Apgar 评分与脐动脉血 pH 整体

上大致相关,就个例言并不完全一致^[6,20,21],两者可以互相补充但不能互相取代。发达国家和地区普遍对低 Apgar 评分儿加查脐动脉血气以增加诊断依据,早已不单用 Apgar 评分诊断窒息。

3.3 脐动脉血气各项参数的意义和阈值

脐动脉血气各项参数中最重要的是 pH 值, pH 值降低在排除母体酸中毒的影响后,可反映儿体缺氧和酸中毒的程度; BE 和 PCO_2 有助识别酸中毒的性质; PO_2 的意义最小,因 PCO_2 和 PO_2 在产程中波动迅速、幅度大,只反映取样时的瞬时情况, pH 值和 BE 是血气变化的后果,相对稳定,在短时内不易变化,故国际上统一以 pH 值和(或) BE 作为评估指标。应当注意,由于存在个体差异和其他影响因素,统计学上的低限值并不完全代表临床上发病的阈值。ACOG 和 AAP^[2,25] 鉴于绝大部分 $pH > 7.00$ 的新生儿并无病征,故选择 $pH < 7.00$ 作为诊断新生儿窒息的阈值。但也有分别采用 $pH < 7.05$ ^[29]、 < 7.10 ^[30]、 < 7.15 ^[31]、 < 7.20 ^[32] 和(或) $BE < -10 \text{ mmol/L}$ ^[31]、 $< -12 \text{ mmol/L}$ ^[33]、 $< -14 \text{ mmol/L}$ ^[34]、 $< -20 \text{ mmol/L}$ ^[4] 作为阈值者。以上阈值有待验证,为了建立有坚实循证医学基础的脐动脉血气指标临床阈值,国内一项超大样本的多中心前瞻性研究正在进行。

3.4 脐动脉血 pH 值的临床校正

胎儿窒息时血气变化的一般规律为:初期 PCO_2 升高引起呼吸性酸中毒,紧接着出现低氧血症和混合性酸中毒,最后 CO_2 弥散进入组织,剩下几乎是纯粹的代谢性酸中毒。 CO_2 在血中滞留通常少于 20 ~ 30 min,故血气 PCO_2 升高有助估计窒息发生的时间,由于一过性呼吸性酸中毒对预后的影响很小,引起脏器损害主要是损伤性的代谢性酸中毒^[1-6],故测得的 pH 值还需按 Eisenberg 公式^[35] 减去呼吸性成份的影响进行临床校正,即按正常胎儿 PCO_2 的水平(50 mmHg) 每升高 10 mmHg, pH 下降 0.08 计算。Blickstein 等^[1] 指出,未经过临床校正的 pH 值不能用来支持窒息的诊断。关于 BE 值的校正,现代微量血气分析仪都能根据血样实际血氧饱和度自动校正。

3.5 脐动脉血气检测的适应证

出生时脐动脉血气分析是评估胎儿娩出前酸碱状况的金标准^[3],凡有高危因素并疑有宫内窘迫者,尤其低 Apgar 评分儿或复苏效果不理想者均应作脐动脉血气检测。国际围生期医学界的一致意见是^[36]:“凡疑及胎儿有问题的紧急器械分娩或腹部分娩必须作脐血血气分析”。其适应证可延伸到所有非选择性剖宫产^[1]。ACOG 提出^[2],凡产程中事

件有可能联系到不良后果时,诸如异常胎心率图形、IUGR、产程中发热、多胎产、低 Apgar 5 分钟评分等均应作脐血血气分析。国外大样本调查证实^[37-38] 脑瘫患儿中 85% ~ 90% 并非窒息引起,在我国当前医疗法律环境下,为了防止误诊和不必要的医疗法律纠纷,对有适应证者花几十元作血气分析,其性价比高。

4 脐动脉血气的采样技术和影响因素

脐动脉血气的检测技术简单易掌握,产房采血检测几分钟内可获结果。规范的采样技术如下^[1,3] ①夹脐带的时机:胎儿一娩出开始呼吸之前立即用两把消毒止血钳夹住近胎儿侧的一段脐带,从止血钳的外侧剪下脐带待检。如已开始呼吸则血气发生变化,延迟夹脐带由于胎盘组织继续消耗氧气,也会影响血气^[39]。②留取脐带的节段:应尽可能接近胎儿侧。因从胎儿侧至胎盘侧脐动脉血的 pH 和 PCO_2 逐渐升高而 PO_2 逐渐降低,愈近胎儿侧愈能反映胎儿的血气状况^[40]。如为活跃婴儿所留脐带可弃去,如有前述适应证则采血检测。③脐血管的选择:脐动脉血反映胎儿的酸碱状况,脐静脉血反映母、儿的混合酸碱状况和胎盘功能,与后者比较,脐动脉血的 pH 和 PO_2 较低而 PCO_2 较高,如条件许可,最好在脐动脉和脐静脉各取一个标本,以便比较;如仅采一个标本,应选择脐动脉^[1,3]。④采血检测的时间:应尽快检测,因脐带留置过久,血 pH 和 PO_2 会逐渐降低而 PCO_2 逐渐升高,在室温下或冰箱冷冻层保存分别勿超过 30 min 和 60 min^[41-42]。⑤采血器具和采血量:最好用与 5 号半输液针头连接的干燥的肝素化毛细玻管采血 25 ~ 50 μL ,避免接触空气,立即用微量血气分析仪检测^[20-21]。临时用肝素洗涤的注射器采血如肝素量超过血样的 10% 可使血 pH 降低^[1,3]。⑥如对检测结果有疑问,应重新采血检测核实是否为脐动脉血。采样技术不规范影响结果的准确性。

本文概述了国际围生期医学界对脐动脉血气认识和临床应用的最新进展,出生时脐动脉血气是反映胎儿酸碱状况最客观的金指标,已被国际权威专著和文献列为诊断围生期窒息的主要指标之一,可以减少误诊误治,指导继续复苏和后续治疗;血气 pH 和 BE 值达不到指标可以否定窒息的诊断及其与脑瘫的关联,防止不必要的医疗法律纠纷。脐动脉血气检测操作简单、易掌握、无创、花费小,效-价比高。规范的采样技术是保证结果准确和正确评估

的前提。当前虽然脐动脉血气在围生期窒息诊断中的意义和重要性已获国际一致公认,但确切的脐动脉血气指标的临床阈值,还有待进一步探索验证。

[参 考 文 献]

- [1] Blickstein I, Green T. Umbilical cord blood gases[J]. Clin Perinatol, 2007, 34(2):451-459.
- [2] ACOG Committee on Obstetric Practice. ACOG Committee Opinion No. 348: Umbilical blood gas and acid-base analysis[J]. Obstet Gynecol, 2006, 108(5):1319-1322.
- [3] Thorp JA, Rushing RS. Umbilical cord blood gas analysis[J]. Obstet Gynecol Clin North Am, 1999, 26(4):695-709.
- [4] Roemer VM, Beyer B. Outcome measures in perinatal medicine-pH or BE. The thresholds of these parameters in term infants[J]. Z Geburtshilfe Neonatol, 2008, 212(4):136-146.
- [5] Zupan Simunek V. Definition of intrapartum asphyxia and effects on outcome[J]. Gynecol Obstet Biol Reprod, 2008, 37(Suppl 1):S7-15.
- [6] MacDonald MG, Seshia MMK, Mullett MD. Avery's Neonatology [M]. 6th ed. Philadelphia:Lippincott Williams & Wilkins, 2005:305, 309.
- [7] Taeusch HW, Ballard RA. Avery's Diseases of the Newborn[M]. 8th ed. Philadelphia: Saunders, 2007:350.
- [8] Rennie JM. Robertson's Textbook of Neonatology. 4th ed. 刘锦纷.主译. 罗伯顿新生儿学[M]. 第4版. 北京:北京大学医学出版社, 2009:256.
- [9] Kliegman RM, Behrman RE, Jenson HB, Stanton BF. Nelson Textbook of Pediatrics[M]. 18th ed. Philadelphia: Elsevier Inc - <http://www.mdconsult.com>, 2008:(Chapter 99)5.
- [10] Soothill PW, Nicolaides KH, Rodeck CH, Gamsu H. Blood gases and acid-base status of the human fetus[J]. Obstet Gynecol, 1986, 68(2):173-176.
- [11] Bon C, Raudrant D, Poloce F, Champion F, Thoulon JM, Pichot J, et al. Acid-base equilibrium and oxygenation of the human fetus. Study of 73 samples obtained by cordocentesis[J]. Ann Biol Clin, 1997, 55(5):455-459.
- [12] Lazarevic B, Ljubic A, Stevic R, Sulovic V, Rosic B, Radunovic N, et al. Respiratory gases and acid-base parameters of the fetus during the second and third trimester[J]. Gynecol Obstet Clin, 1991, 18(2):81-84.
- [13] Schroter B, Chaoui R, Glatzel E, Bollmann R. Normal value curves for intrauterine fetal blood gas and acid-base parameters in the 2nd and 3rd trimester[J]. Gynakol Geburtshilfliche Rundsch, 1997, 37(3):130-135.
- [14] 陈自励. 脐血气分析的临床意义[J]. 中国实用妇科与产科杂志, 2004, 20(1):21-23.
- [15] Matsuo K, Malinow AM, Harman CR, Baschat AA. Umbilical arterial-venous blood gas difference: a novel expression of placental respiratory function[J]. Am J Perinatol, 2009, 26(3):199-206.
- [16] Thorp JA, Dildy GY, Yeomans ER, Meyer BA, Parisi VM. Umbilical cord blood gas analysis at delivery[J]. Am J Obstet Gynecol, 1996, 175(3 Pt 1):517-522.
- [17] Ramin SM, Gilstrap LC, Leveno KJ, Burris J, Little BB. Umbilical artery acid-base status in the preterm infant[J]. Obstet Gynecol, 1989, 74(2):256-258.
- [18] Riley RJ, Johnson JWC. Collecting and analyzing cord blood gases [J]. Clin Obstet Gynecol, 1993, 36(1):13-23.
- [19] Dickinson JE, Eriksen NL, Meyer BA, Parisi VM. The effect of preterm birth on umbilical cord blood gases[J]. Obstet Gynecol, 1992, 79(4):575-578.
- [20] 陈自励. 脐动脉血气在新生儿窒息诊断中的意义和价值[J]. 中华围产医学杂志, 2006(9):24-27.
- [21] 陈自励. 新生儿窒息诊断标准改进的临床研究[J]. 中华儿科杂志, 2006, 44(3):167-172.
- [22] Helwig JT, Parer JT, Kilpatrick SJ, Laros RK Jr. Umbilical cord blood acid-base state: what is normal? [J]. Am J Obstet Gynecol, 1996, 174(6):1807-1812.
- [23] Postigo L, Heredia G, Illsley NP, Torricos T, Dolan C, Echalar L, et al. Where the O₂ goes to: preservation of human fetal oxygen delivery and consumption at high altitude [J]. J Physiol, 2009, 587(3):693-708.
- [24] 陈自励. 新生儿窒息诊断研究最新进展和新诊断标准的建议[J]. 中国小儿急救医学, 2008, 15(1):1-4.
- [25] Committee on fetus and newborn, American Academy of Pediatrics, and Committee on Obstetric Practice, American College of Obstetricians and Gynecologists. Use and abuse of the Apgar score [J]. Pediatrics, 1996, 98(1):141-142.
- [26] American Academy of Pediatrics, Committee on fetus and newborn, American College of Obstetricians and Gynecologists and Committee on Obstetric Practice. The Apgar score[J]. Pediatrics, 2006, 117(4):1444-1447.
- [27] 陈自励. 应防止对 Apgar 评分的误解[J]. 中国实用儿科杂志, 2001, 16(2):139-140.
- [28] 陈自励. 警惕新生儿窒息的误诊误治[J]. 中国实用妇科与产科杂志, 2003, 19(3):321-322.
- [29] Loh SF, Woodworth A, Yeo GS. Umbilical cord blood gas analysis at delivery[J]. Singapore Med J, 1998, 39(4):151-155.
- [30] Andreani M, Locatelli A, Assi F, Consonni S, Malguzzi S, Paterlini G, et al. Predictors of umbilical artery acidosis in preterm delivery[J]. Am J Obstet Gynecol, 2007, 197(3):303.e1-5.
- [31] Wiberg N, Kallen K, Olofsson P. Base deficit estimation in umbilical blood is influenced by gestational age, choice of fetal fluid compartment, and algorithm for calculation [J]. Am J Obstet Gynecol, 2006, 195(6):1651-1656.
- [32] Jóźwik M, Jóźwik M, Niemiec KT, Sledziwski A, Bojaryn U, Jóźwik M. Acid-base balance and umbilical blood gases in neonates born at term in North-Eastern region of Poland [J]. Med Wieku Rozwoj, 2006, 10(4):1017-1031.
- [33] Locatelli A, Incerti M, Ghidini A, Greco M, Villa E, Paterlini G. Factors associated with umbilical artery acidemia in term infants with low Apgar score at 5 min [J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2008, 139(2):146-150.
- [34] Roemer VM. How to determine and use base excess (BE) in perinatal medicine[J]. Z Geburtshilfe Neonatol, 2007, 211(6):224-229.
- [35] Eisenberg MS, Cummins RO, Ho MT. Code Blue: Cardiac Arrest and Resuscitation[M]. Philadelphia:Saunders, 1987:146.
- [36] MacLennan A. A template for defining a causal relation between acute intrapartum events and cerebral palsy: international consensus statement [J]. BMJ, 1999, 319(11):1054-1059.
- [37] Borruto F, Comparetto C, Treisser A. Prevention of cerebral palsy during labour: role of fetal lactate [J]. Arch Gynecol Obstet, 2008, 278(1):17-22.
- [38] Graham EM, Ruis KA, Hartman AL, Northington FJ, Fox HE. A systematic review of the role of intrapartum hypoxic-ischemia in the causation of neonatal encephalopathy [J]. Am J Obstet Gynecol, 2008, 199(6):587-595.
- [39] Wiberg N, Kallen K, Olofsson P. Delayed umbilical cord clamping at birth has effects on artery and venous blood gases and lactate concentrations [J]. BJOG, 2008, 115(6):697-703.
- [40] Perlman S, Goldman RD, Maatuk H, Ron E, Shinwell E, Blick I. Is the sampling site along the umbilical artery significant? [J]. Gynecol Obstet Invest, 2002, 54(2):172-175.
- [41] Armsstrong L, Stenson B. Effect of delayed sampling on umbilical cord arterial and venous lactate and blood gases in clamped and unclamped vessels [J]. Arch Dis Child Fatal Neonatal Ed, 2006, 91(5):F342-345.
- [42] Valenzuela P, Guijarro R. The effects of time on pH and gas values in the blood contain in the umbilical cord [J]. Acta Obstet Gynecol Scand, 2006, 85(11):1307-1309.

(本文编辑:黄 榕)