

噪声对女性妊娠影响的研究进展

梁红

(广西壮族自治区职业病防治研究院, 广西南宁 530021)

摘要: 本文从妊娠早期、妊娠经过、妊娠结局等几个方面系统阐述噪声对女性妊娠的影响, 为防治噪声对女性生殖机能的损害提供依据。噪声对妊娠早期的危害以自然流产、胚胎停止发育为主, 对妊娠中晚期的影响则以妊娠高血压、胎儿发育迟缓、低出生体重儿为主要表现。噪声与其他职业危害因素联合作用使不良妊娠结局发生率明显增加。故应采取积极有效的降噪措施, 降低噪声等职业危害因素对妊娠安全及子代健康的影响。

关键词: 噪声; 女性; 妊娠

中图分类号: TB53 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2018)01-0029-04 DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2018.01.010

Research progress on effect of noise on female pregnancy

LIANG Hong

(Guangxi Zhuang Autonomous Regional Hospital for Occupational Disease Prevention and Treatment, Nanning 530021, China)

Abstract: The influence of noise on female pregnancy was studied from the early stage, course and outcome of pregnancy, thereby provide a basis for preventing female reproductive function from noise damage. The hazard of noise on early pregnancy mainly were spontaneous abortion and embryonic damage while its effect on middle and late pregnancy were gestational hypertension, intrauterine growth restriction and low birth weight infant. The combined effect of noise and some other occupational risk factors could significantly increase the adverse pregnancy outcome. Therefore, the active and effective prevention and control measures on noise should be taken for reducing the harmful impact of noise on pregnancy safety and offspring health.

Key words: noise; female; pregnancy

噪声对人体健康产生多方面的损害, 除了对听觉系统产生特异性的损伤外, 还影响到人们的情绪、睡眠及工作效率, 可诱发高血压和冠心病, 并对神经、消化和生殖等系统产生不良的影响^[1]。本文主要阐述噪声对女性妊娠的不良影响, 为防治噪声的生殖机能损害提供参考依据。

1 噪声对妊娠不同时期的影响

1.1 对妊娠早期的影响

妊娠早期超声检查是确定宫内妊娠的金指标, 第13周末之前称为早期妊娠。妊娠早期即胚胎发育敏感期, 受精卵由一个单细胞进行分裂, 分化最旺盛, 胚胎各组织器官发育形成, 胚胎对噪声等环境因素的影响极为敏感。孕妇长期接触超剂量的噪声会影响胚胎细胞分裂、组织分化及器官形成, 引起胚胎发育障碍, 导致胚胎的损伤甚至自然流产。肖全华等^[2]应用回顾性队列研究方法, 对接触噪声声压级 85.0~103.5 dB(A) 的 1 640 名女工进行队列观察 30 年, 结果发现接触组自然流产率 6.52%, 以早期流产 (<12 周) 为主, 明显高于对照组 (0.52%), 相对危险度 $RR = 11.44$, 提示噪声可致自然流产发生率增高, 两者之间呈极强的相关关系。宋宏伟^[3]对 1 536 名接触工业噪声的育龄女工进行生殖流行病学调查显示, 噪声使自然流产率明显增高, 足月产的发生率低于对照组, 差异有显著意义 ($P < 0.01$)。王燕等^[4]研究发现

噪声暴露与习惯性流产有显著关联, 每天噪声暴露 >6 h, 发生习惯性流产的危险性增加 ($OR = 5.39$, 95% CI 为 1.03~28.22), 且随着每天噪声暴露时间的延长, 发生习惯性流产的危险性增加。动物实验发现^[5], 妊娠豚鼠在 (80±2) dB(A) 的噪声环境中持续 10、15、20 min 时, 各组均有流产发生, 进一步证实噪声对妊娠早期有明显的危害。胚胎停止发育是自然流产的一种特殊情况^[6]。刘维娜等^[7]对胚胎停止发育 200 例和胚胎发育正常 312 例的孕妇进行了病例对照研究, 单因素 Logistic 回归分析结果表明孕妇接触噪声累计超过 360 h, 发生胚胎停止发育的相对危险度明显增加。可见, 噪声是导致胚胎停止发育的主要因素之一, 对妊娠早期的影响呈剂量-反应关系, 随着接噪时间的累积最终导致胚胎损害。

1.2 噪声对妊娠经过的影响

董宏彬等^[8]对 427 名妊娠期从事噪声作业女工的调查发现, 接触噪声女工妊娠并发症的发生率均显著高于对照组。85 dB(A) 以上的噪声暴露可引起妊娠恶阻、妊娠高血压、先兆流产的发生率显著增高; 90 dB(A) 以上的噪声暴露致妊娠水肿、妊娠贫血的发生率与对照组比较差异有统计学意义。噪声声级与妊娠高血压等妊娠合并症呈一定的剂量-反应关系。保毓书等^[9]对 12 224 例孕期职业接触噪声和 9 260 例孕期不接触任何有害职业因素的妇女分别组成队列进行回顾性调查, 发现孕期接触噪声使妊娠期高血压、胎儿宫内发育迟缓的发病率增高, 揭示了职业噪声对妊娠经过的不良影响。另有研究表明^[3], 接触脉冲噪声女工妊高症的发生率显著高于接触稳态噪声女工, 说明脉冲噪声对女工妊娠经过的影响更为严

收稿日期: 2017-07-17; 修回日期: 2017-08-20

基金项目: 广西医疗卫生适宜技术开发与推广应用项目 (编号: S201672)

作者简介: 梁红 (1971—), 女, 副主任医师, 主要从事职业病妇科诊疗工作。

重。葛晓梅^[10]的研究亦证实妊娠期接触噪声声压级 >85 dB (A)时,高血压、贫血等妊娠合并症的发生率升高。李娅等^[11]对昆明市3所医院771名孕妇的问卷调查显示,噪声暴露组(450人)妊娠剧吐、胎儿窘迫、妊娠期高血压发生率高于非暴露组(321人),差异有统计学意义($P<0.05$),说明噪声对妊娠经过有着一定的不良影响。国外学者发现^[12],妊娠早期及晚期暴露于交通噪声中,可能对胎儿的生长发育有负面影响,并增加妊娠晚期发生并发症的危险。

1.3 噪声对妊娠结局的影响

不良妊娠结局类型多以早产和低出生体重儿为主^[13]。保毓书等^[9]研究证实孕期接触职业噪声,可导致早产、低出生体重儿、宫缩乏力、产后出血等发生率增高。肖全华等^[14]的研究亦证实了噪声组早产、难产、死胎、死产、低体重儿、先天畸形等不良妊娠结局的发生率有随着噪声暴露声压级的增加而增高的趋势。陶秀坤等^[15]采用Meta分析方法,综合评价职业性噪声接触对女工早产的影响。通过比较合并RR值发现,当接触噪声声压级在90~99 dB (A)和100~115 dB (A)时,女工发生早产的风险分别是对照组的1.71和1.94倍,早产的风险明显增加($P<0.01$)。陈晓勤等^[16]采用多因素Logistic回归分析显示,工作场所噪声使孕期女工发生早产的危险性增加3.38倍。李娅等^[11]的调查发现,噪声暴露组剖宫产发生率明显高于非暴露组,差异有统计学意义($P<0.05$)。此外,国外的报道表明^[17],接触噪声声压级 >85 dB (A)可使低体重儿出生的风险显著增加。

2 噪声对妊娠影响的发生机制

妊娠早期自然流产及胚胎停止发育的病因和机制十分复杂,国内外大量的研究表明它可能与感染性疾病、内分泌失调、免疫功能异常、遗传因素、细胞增殖和凋亡的失衡、解剖畸形以及环境等因素相关,其机制尚不十分明确^[18]。噪声引起妊娠早期自然流产的机制可能是因为受精卵在子宫的植入障碍和子宫的运动加强,导致子宫胎盘血流量减少,胚胎缺血缺氧,使得胚胎发育障碍而引起流产。研究表明^[18],50%以上的胚胎停止发育的原因不明,胎盘形成过程中血管机能不全和细胞凋亡是导致胚胎停止发育的主要原因之一。蜕膜血管生成和血管生成因子如基质金属蛋白酶、血管生成素、VEGF胎盘生长因子、Notch受体蛋白等异常表达,通过一系列级联反应,参与血管的生成,影响胎盘对胚胎的营养,导致胚胎停止发育。

噪声与妊娠合并症的发生有着一定的关系,妊娠期高血压是妊娠期特有的、病因不明的疾病,是孕产妇和围产儿死亡的主要原因之一^[19]。虽然国内外学者对妊娠期高血压作了大量的研究,但它的病因及机制十分复杂,至今尚未完全阐明。胎盘作为孕期母体和胎儿之间物质及气体交换的桥梁,其结构和功能的变化与胎儿的正常生长发育密切相关。魏小华等^[20]研究发现,妊娠期高血压疾病可使孕妇产前血管痉挛,胎盘供血不足,影响宫内胎儿的生长发育,这可能是导致胎儿宫内发育迟缓(intrauterine growth retardation, IUGR)的原因之一。IUGR是指胎儿的正常态势受到阻滞,应有的生长潜

能削弱,影响其特定的组织结构和功能发育。妊娠期妇女由于不适应噪声环境造成的紧张因素,可刺激听觉神经系统及中枢神经系统等多器官交互作用形成潜在性的生理应激。噪声暴露可通过蓝斑交感肾上腺髓质系统发生反应,引起儿茶酚胺类物质、去甲肾上腺素合成释放增多,通过肾上腺受体,引起心脏负荷增加,血管收缩,外周阻力增加,血压升高^[21],进而影响妊娠过程。Nriagu^[22]研究表明,接触噪声导致自主神经兴奋,糖皮质激素和儿茶酚胺分泌增加,内分泌系统亢进,使舒张压和收缩压升高,导致妊娠过程障碍。

大量的临床研究表明^[9,10],孕期接触噪声使妊娠期高血压综合征的发病率增高。Odell CD等^[23]在美国麻省医学院进行的相关研究亦证实了孕期母亲患有高血压是造成早产、低体重儿的主要原因之一。妊娠期高血压会导致母体血管病变,血管内皮细胞受损,胎盘缺血严重,使得胎盘对婴儿的供血受到影响,从而影响到婴儿机体各组织器官的发育。翟凤利^[24]的研究提示了噪声对妊娠结局机制的影响可能与以下因素有关,噪声长期刺激下丘脑-垂体-卵巢轴,使之功能发生异常,引起女性生殖内分泌功能紊乱,孕酮等激素水平降低;同时,噪声能导致子宫收缩,影响胎儿血液供应,对胎儿的生长发育产生干扰。噪声作为一种外界刺激,通过影响中枢神经系统,释放神经生长因子和神经肽P物质,启动局部炎症反应和免疫系统反应,导致多种激素释放紊乱,促使血中儿茶酚胺水平增加,从而对妊娠结局产生不良影响。

3 噪声对子代的影响

目前,国内外关于噪声对子代影响的报道较少。肖全华等^[14]研究表明,妊娠期接触噪声声压 >85 dB (A)女工的子代智商明显低于对照组,通过Conner's量表发现,心身障碍得分明显高于对照组,提示噪声对子代某些方面的行为和心理障碍产生一定的影响。霍书美^[25]对噪声作业工龄 >1 年的813名女工的子代进行调查,结果表明母亲接触噪声声压级 >90 dB (A),智力低下儿的发生率明显增高($P<0.05$)。王红丽等^[26]对陕西省572例出生缺陷患儿进行流行病学调查,采用多因素Logistic回归分析结果显示,孕前3个月和孕后3个月接触噪声等理化危险因素使出生缺陷风险增加1.67倍;有噪声等物理危险因素暴露史的妇女发生出生缺陷的风险是无暴露史妇女的1.15倍。该研究还发现,孕妇接触声压 >85 dB (A)的噪声即可对胎儿造成伤害,在出生前就可能丧失听觉的敏锐度。胎儿的听觉系统处于不断发育的过程,如果噪声持续时间长且强度高,还可能直接损害听力,影响大脑的正常发育,造成智力损伤等严重后果。唐旭等^[27]通过动物实验,将受孕第4~14天的孕鼠置于市区主要交通枢纽的隧道中,每天接触噪声、空气污染物8h,结果显示暴露组在各基因功能区中胞嘧啶甲基化的数目远高于对照组,提示孕鼠暴露于噪声、汽车尾气等环境因素中,引起子代雄鼠睾丸细胞DNA发生甲基化改变,导致妊娠率明显下降、胚胎着床前的损失率明显增高,子代小鼠发育迟缓。由此可见,在胚胎发育的关键时期,噪声等环境因素通常不引起DNA序列的改变,但会引起生殖细胞基因组发生永久性改变,通过生殖细胞的多代传递,从而产生表观遗传表

型^[28]。关于孕期接触噪声等不良环境所致子代低出生体重的机制,至今最为认可的是下丘脑-垂体-肾上腺(hypothalamic-pituitary-adrenal, HPA)轴介导的“宫内内分泌发育编程”假说^[29],通过引起母体的生理和病理变化而影响子代HPA轴发育,造成成年个体HPA轴功能异常及行为学改变。低出生体重儿是IUGR的主要表现之一,导致子代出生后体格和智力发育低下,成年后多种慢性疾病的易感性增加,包括代谢性疾病和神经精神性疾病^[30]。

4 噪声联合其它职业因素对妊娠的影响

在很多工作场所,噪声与其它职业因素往往同时存在,噪声并不是唯一的职业危害因素。目前,噪声和其他物理因素、噪声和毒物联合作用等对妊娠期不同的潜在性影响已有报道。研究显示^[12],孕期接触噪声、全身振动及铅、苯系混合物等工业毒物可能导致自然流产、早产、低出生体重的发生率增高。刁宏林等^[31]通过对从事长途列车接触噪声、全身振动等职业因素作业1年以上的女工进行生殖机能及子代状况的调查发现,自然流产、先兆流产、早产、过期产、死胎、死产的发生率均明显增高,其子代中出生低体重、畸形、智力低下的发生率亦明显增加。翟凤利^[24]研究表明,噪声和振动同时存在构成了胚胎自然流产的危险因素,在噪声高于95 dB(A)且振动强度大的环境中孕妇发生自然流产的几率增大,且这种现象在妊娠12周内尤为明显,提示妊娠早期胚胎对噪声和振动危害的敏感性更高。Amegah等^[32]进行横断面流行病学调查,研究妊娠期从事室外职业、接触噪声及室外污染物等对妊娠结局的不良影响,结果显示室外职业的孕妇其子代新生儿低体重发生率明显增高,可能与室外噪声等物理因素及室外污染物的接触有关。顾华芬等^[33]对1 945例稽留流产的流行病学调查显示,室外职业者稽留流产的发生率增高,说明室外作业是稽留流产的高危因素,噪声及室外污染物联合作用是发生稽留流产的主要原因之一。Wu等^[34]研究表明,从事煤炭开采加工、出租车/公共汽车驾驶员、交通警察等职业的孕妇较易发生稽留流产,这也证实噪声、粉尘及空气污染物等联合作用对妊娠期有不良影响。但噪声和全身振动及其它化合物等职业因素联合对女性妊娠影响的机制至今尚未阐明,可能与母体接触噪声等多种外界不良因素后,引起中枢神经系统的一系列反应,下丘脑-垂体-卵巢轴的调节功能发生变化,造成子宫收缩,胎儿血液供应减少,对胎儿神经系统及子代智力发育产生影响。

5 结语

噪声作为不良应激因素,可对女性妊娠及子代健康产生一定的影响。噪声对妊娠早期有明显的危害,以自然流产、胚胎停止发育等为主要表现;对妊娠中、晚期存在的潜在危害以妊娠期高血压疾病、胎儿宫内发育迟缓、低出生体重儿等为主要表现,这些危害已成为国内外学者的共识。噪声对女性妊娠的危害程度和结局仍存在着一定的差异,可能是在接触噪声的过程中混杂着多种因素,导致噪声引起孕期及子代的健康效应不尽相同。随着孕期不良环境对子代胎源性疾病的深入研究,对噪声引起的妊娠期不良影响做到合理规避显得尤为重要。随着

我国女性就业机会的急剧增加,做好女性职业卫生工作已成为现阶段保持经济发展和社会稳定的重要因素。故建议接触噪声声级>85 dB(A)工种的女工上岗必须佩戴耳塞,从妊娠早期起即调离噪声工作岗位,采取积极有效的预防保护措施,保证女性妊娠的安全及其后代的健康。

参考文献:

- [1] Basner M, Babisch W, Davis A, *et al.* Auditory and non-auditory effects of noise on health [J]. *Lancet*, 2014, 383 (9925): 1325-1332.
- [2] 肖全华,李舒才,谭亮英,等.噪声对女性生殖机能、妊娠结局影响的回顾性队列研究[J].*中国职业医学*, 2001, 28(3): 29-30.
- [3] 宋宏伟.工业噪声对女工月经及生殖机能的影响[J].*中国职业医学*, 2007, 34(5): 436-437.
- [4] 王燕,刘银梅,戴以恒,等.原因不明习惯性流产危险因素1:2病例对照研究[J].*中国慢性病预防与控制*, 2011, 19(1): 49-51.
- [5] 吴敬民,窦志勇.噪声对妊娠豚鼠流产率的影响[J].*上海实验动物科学*, 1999, 19(2): 114-116.
- [6] Hu J, Wang F, Zhu X, *et al.* Mouse ZARI-Like (XM-359149) colocalizes with mRNA processing components and is dominant negative mutant caused two-cell-stage embryonic arrest [J]. *Dev Dyn*, 2010, 239(2): 407-424.
- [7] 刘维娜,张文静,李军.胚胎停止发育的环境、心理影响因素的病例对照研究[J].*中国儿童保健杂志*, 2010, 18(11): 852-854.
- [8] 董宏彬,姜芳晶,刘书乾,等.噪声对女性生殖机能的影响及其多因素分析[J].*中国公共卫生*, 1998, 14(2): 96-97.
- [9] 保毓书,胡永华,李宏.孕期职业接触噪声对妊娠经过和妊娠结局影响的研究[J].*工业卫生与职业病*, 2001, 27(2): 68-71.
- [10] 葛晓梅.噪声对育龄纺织女工月经及生殖结局的影响[J].*中国工业医学杂志*, 2016, 29(1): 66.
- [11] 李娅,左馨,朱克,等.职业对妊娠经过和妊娠结局的影响[J].*职业与健康*, 2016, 32(1): 18-20, 23.
- [12] Wu J, Wibelm M, Chung J, *et al.* Comparing exposure assessment methods for traffic-related air pollution in an adverse pregnancy outcome study [J]. *Environ Res*, 2011, 111(5): 685-692.
- [13] 黄莉,张莉,李洪艳,等.孕产妇不良妊娠结局危险因素的巢式病例对照研究[J].*中国现代医学杂志*, 2015, 25(9): 106-109.
- [14] 肖全华,李舒才,伍应华,等.噪声对作业女工妊娠结局及其子代智力行为的影响[J].*中国工业医学杂志*, 2001, 14(2): 68-71.
- [15] 陶秀坤,李存肖,金士杰,等.我国职业性噪声接触与女工早产关系Meta分析[J].*中国职业医学*, 2014, 41(5): 556-559.
- [16] 陈晓勤,张泽华,赵小玉,等.早产及其相关危险因素的研究[J].*中国妇幼保健*, 2010, 25(33): 4830-4832.
- [17] Gehring U, Tamburic L, Sbihi H, *et al.* Impact of noise and air pollution on pregnancy outcomes [J]. *Epidemiology*, 2014, 25(3): 351-358.

轻度损伤 23 例, 壹期+肺功能中度损伤 1 例, 贰期 4 例。对患尘肺病的职工均已妥善安置, 壹期+肺功能轻度损伤的 16 例调离接尘作业岗位。

3 讨论

粉尘浓度检测结果显示, 部分岗位和工种作业地点呼吸性粉尘浓度和总尘浓度不符合作业场所空气中呼吸性粉尘接触浓度管理标准限值和总粉尘浓度限值的要求。如综采五段 51 队掘煤作业处、综采四段割煤、转载作业处、掘进 31 队装煤作业处等。工人在此环境下长期工作, 可导致尘肺病。长期从事分级筛、井下打眼等工作接触的噪声会对听力造成损伤, 但煤矿未给工人发放防噪耳塞, 必须立即为打眼工、采煤司机、接车工配发噪声防护用品。

虽然该矿大部分工作场所职业病危害因素检测结果符合我国职业接触限值要求, 但是检测浓度接近限值。职业健康体检中发现尘肺病人, 说明该矿煤尘(或矽尘)控制没有达到较好的成效。针对该矿存在的职业病危害因素, 建议采取以下措施: (1) 加强粉尘的治理。粉尘是主要职业病危害因素, 煤矿工人的尘肺病发病与工人接触粉尘的浓度有关, 尤其是粉尘中游离 SiO₂ 的含量^[3]。该煤矿 2016 年尘肺病患病率达到 20.3%, 现场采样检测结果显示, 粉尘治理未达到理想的效果。因此, 必须严格落实煤矿综合防尘措施, 如对于凿

岩打眼过程中产生的粉尘采取湿式作业; 对于破碎、球磨过程中产生的粉尘, 可以选用旋风除尘器、布袋除尘器进行除尘, 收集的粉尘需及时处理, 及时清灰^[4]。(2) 加强个人防护用品的佩戴和使用。尤其为接噪工人配备防噪耳塞, 并督促工人坚持和正确佩戴个人防护用品^[5]。(3) 加强教育培训与宣传。定期对作业场所工人进行职业卫生培训^[6], 使其掌握职业病危害因素防护知识, 强化工人的防护意识和自我保护意识。

参考文献:

[1] 史秀娟, 邓开华, 蔡杰. 煤矿作业场所职业病危害因素的来源、分布及控制措施 [J]. 职业与健康, 2010, 26 (13): 1436-1561.

[2] 王忠旭, 秦汝莉, 李玉珍, 等. 我国 23 家煤矿企业职业病危害因素及其防护现状 [J]. 环境与职业医学, 2009, 26 (6): 565-568.

[3] 朱丽霞. 2006—2010 年北碚区尘肺病例分析 [J]. 预防医学情报杂志, 2012, 28 (5): 348-350.

[4] 黄元, 骆隽焱. 铜陵某矿山职业病危害因素检测与分析 [J]. 现代矿业, 2016, 36 (5): 176-178.

[5] 黄文蔚, 郑明, 黄远威, 等. 某水泥用露天石灰岩矿山职业病危害现状评价 [J]. 中国卫生工程学, 2016, 15 (5): 456-458.

[6] 李向阳. 某煤矿职业病危害控制效果评价 [J]. 中国卫生工程学, 2008, 7 (4): 218-222.

(上接第 32 页)

[18] 季玉琴. 胚胎停止发育病因与机制的研究进展 [J]. 现代妇产科进展, 2010, 19 (2): 146-148.

[19] Melamed N, Ray JG, Hladunewich M, et al. Gestational hypertension and preeclampsia; are the same disease? [J]. J ObstetGynaecol Can, 2014, 36 (7): 642-647.

[20] 魏小华, 雷春梅, 闫慧, 等. 孕产妇不良妊娠结局危险因素的病例对照研究 [J]. 中国妇幼保健研究, 2016, 27 (1): 23-25.

[21] Chang TY, Liu CS, Hsieh HH, et al. Effects of environmental noise exposure on 24 h ambulatory vascular properties in adults [J]. Environ Res, 2012, 118 (4): 112-117.

[22] Nriagu JO. Encyclopedia of environmental health [M]. USA: Elsevier Science & Technology, 2011: 532-542.

[23] Odell CD, Kotelchuck M, Cherty VK, et al. Maternal hypertension as a risk factor for low birth weight infants: comparison of Haitian and African Women [J]. Matern Child Health J, 2006, 10 (1): 39-46.

[24] 翟凤利. 纺织工业噪声与自然流产 [J]. 邯郸医学高等专科学校学报, 2003, 16 (4): 318.

[25] 霍书美. 纺织噪声对女性生殖功能及子代发育影响的调查 [J]. 工业卫生与职业病, 2004, 30 (2): 106-107.

[26] 王红丽, 党少农, 曾令霞, 等. 妇女围孕期特殊危险因素暴露对新生儿出生缺陷的影响 [J]. 西安交通大学学报 (医学版), 2017, 38 (3): 326-331.

[27] 唐旭, 夏茵茵, 唐靖媛, 等. 孕鼠交通性污染物暴露对其子代

雄性睾丸 DNA 甲基化水平的影响 [J]. 南方医科大学学报, 2016, 36 (9): 1181-1185.

[28] Qi C, Yan MH, Cao ZH, et al. Sperm tsRNAs contribute to intergenerational inheritance of an acquired metabolic disorder [J]. Science, 2016, 351 (6271): 397-400.

[29] 汪晖, 焦哲潇. 孕期不良环境所致的子代多种疾病易感及其宫内编程机制 [J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2017, 31 (1): 12-27.

[30] Veenendaal MV, Painter RC, De Rooij SR, et al. Transgenerational effects prenatal exposure to the 1944-45 Dutch famine [J]. BJOG, 2013, 120 (5): 548-553.

[31] 刁宏林, 马永红, 李莎. 长途列车乘务对女工生殖机能及子代健康影响的调查 [J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2003, 30 (6): 294.

[32] Amegah AK, Jaakkola JJ. Work as a street vendor associated traffic-related air pollution exposure and risk of adverse pregnancy outcomes in Accra, Ghana [J]. Int J Hyg Environ Health, 2014, 217 (2-3): 352-362.

[33] 顾华芬, 衣欢, 赵海红, 等. 1 945 例稽留流产的流行病学及高危因素分析 [J]. 生殖与避孕, 2016, 36 (3): 195-201.

[34] Wu J, Hou H, Ritz B, et al. Exposure to polycyclic hydrocarbons and missed abortion in early pregnancy in Chinese population [J]. Sci Total Environ, 2010, 408 (11): 2312-2318.