

• 论 著 •

脑脐血流超声联合糖代谢指标诊断子痫前期合并胎儿生长受限患者的价值*

张晓月,高京京,刘晓铮,高海侠[△]
承德市中心医院产科,河北承德 067000

摘要:**目的** 探讨脑脐血流超声联合糖代谢指标诊断子痫前期(PE)合并胎儿生长受限(FGR)患者的价值。**方法** 该研究为前瞻性队列病例对照研究,收集该院 2017 年 1 月至 2022 年 1 月收治的 PE 患者 198 例,根据是否合并 FGR 分为 A 组(PE 合并 FGR,101 例)和 B 组(PE 不合并 FGR,97 例)。同期选取该院健康产检的孕妇 45 例作为 C 组,分析 3 组脑脐血流超声指标、糖代谢指标的差异及诊断 PE 合并 FGR 的效能。**结果** A 组、B 组和 C 组空腹血糖和空腹胰岛素水平逐渐降低($P<0.05$);A 组、B 组和 C 组胎儿大脑中动脉(MCA)的收缩期血流峰值流速/舒张末期血流峰值流速(S/D)、阻力指数(RI)及搏动指数(PI)均逐渐升高($P<0.05$);A 组、B 组和 C 组脐动脉(UA)的 S/D、RI、PI 均逐渐降低($P<0.05$);受试者工作特征曲线结果显示,空腹胰岛素、空腹血糖、胎儿 MCA 的 S/D、RI、PI,胎儿 UA 的 S/D、RI、PI 及联合应用的曲线下面积分别为 0.782、0.748、0.765、0.836、0.805、0.758、0.811、0.795 及 0.895,联合应用诊断效能高于单独诊断($Z=4.327$ 、 4.862 、 4.551 、 3.400 、 3.946 、 4.679 、 3.742 、 4.102 , $P<0.05$)。**结论** 糖代谢指标及脑脐血流超声指标联合应用对 PE 合并 FGR 患者的鉴别诊断价值较大,具有较好的临床应用价值。

关键词:脑脐血流超声指标; 空腹胰岛素; 空腹血糖; 子痫前期; 胎儿生长受限

DOI:10.3969/j.issn.1673-4130.2025.08.014

中图法分类号:R446.1

文章编号:1673-4130(2025)08-0971-05

文献标志码:A

Value of cerebral cord blood flow ultrasound combined with glucose metabolism indexes in the diagnosis of preeclampsia with fetal growth restriction*

ZHANG Xiaoyue,GAO Jingjing,LIU Xiaozheng,GAO Haixia[△]

Department of Obstetrics, Chengde Central Hospital, Chengde, Hebei 067000, China

Abstract:**Objective** To explore the diagnostic value of brain cord blood flow ultrasound combined with glucose metabolism indexes in the patients with preeclampsia (PE) complicated with fetal growth restriction (FGR). **Methods** This study was a prospective cohort case-control study. A total of 198 PE patients admitted to the hospital from January 2017 to January 2022 were collected and divided into group A (PE patients complicated with FGR, 101 cases) and group B (PE patients without FGR, 97 cases) according to whether they were complicated with FGR. 45 pregnant women with healthy prenatal examination in the hospital were selected as group C, and the differences of brain cord blood flow ultrasound indexes and glucose metabolism indexes among the three groups and the efficiency for diagnosing PE complicated with FGR were analyzed. **Results** Fasting blood glucose and fasting insulin levels in group A, group B and group C were gradually decreased ($P<0.05$). The peak systolic flow velocity/peak diastolic flow velocity (S/D), resistance index (RI) and pulsatility index (PI) of middle cerebral artery (MCA) of fetus in group A, group B and group C increased gradually ($P<0.05$). The levels of umbilical artery (UA) of fetus in group A, group B and group C decreased gradually ($P<0.05$). The area under the curve of fasting insulin, fasting blood glucose, S/D, RI and PI of MCA, S/D, RI, PI of UA and the combined detection were 0.782, 0.748, 0.765, 0.836, 0.805, 0.758, 0.811, 0.795 and 0.895, respectively. The diagnostic efficiency of combined detection was higher than that of single diagnosis ($Z=4.327$, 4.862 , 4.551 , 3.400 , 3.946 , 4.679 , 3.742 , 4.102 , $P<0.05$). **Conclusion** The combined detection of glucose metabolism indexes and brain cord blood flow ultrasound indexes is of great value in the differential diagnosis of patients with PE complicated with FGR, and has good clinical application value.

* 基金项目:承德市科技计划项目(202301A018)。

作者简介:张晓月,女,副主任医师,主要从事产科危重症及病理产科方向的研究。 [△] 通信作者, E-mail:2472187294@qq.com。

Key words: brain cord blood flow ultrasound index; fasting insulin; fasting blood glucose; pre-eclampsia; fetal growth restriction

子痫前期(PE)是妊娠期常见的并发症,即在孕 20 周后孕妇出现水肿、高血压、蛋白尿等表现,从而引发母婴重要器官受损,并随着病情进展,围生儿的死亡率可能增加,该病严重影响母婴安全^[1]。而胎儿生长受限(FGR)可因诸多因素诱导,其中孕妇原生疾病、营养不良、多胎妊娠及胎儿染色体异常等因素较常见,其主要表现为胎儿在子宫内生长潜能受限,致使新生儿体重过轻^[2]。有数据显示,在重症子痫孕妇中,约有 50% 的胎儿存在生长受限情况,FGR 可能导致围生儿死亡率大幅度提升,同时 PE 及 FGR 均可导致胎盘出现病理性改变,最终导致子宫胎盘灌注受限。有研究发现,PE 患者若发生 FGR 可造成新生儿窒息、胎儿缺氧等,进而增加不良妊娠结局发生风险,但 FGR 往往在分娩后得到确诊,而在孕期诊断 FGR 较为困难,因此,临床急需探寻可预测 PE 合并 FGR 的相关指标,从而尽早采取有效的干预措施^[3]。糖代谢异常导致的葡萄糖利用障碍与 PE 导致的胎盘灌注减少共同作用,使胎儿的营养供应进一步减少;胎盘功能减退和血流灌注量减少在糖代谢异常合并 PE 的情况下可能更为严重,导致胎儿缺氧加重,进一步影响胎儿的生长和发育。胎儿大脑中动脉(MCA)是其大脑的主要供血血管,脐动脉(UA)则是胎儿和母体间的纽带,二者均能影响胎儿生长,相关研究发现,PE 患者合并 FGR 时,其 MCA 及 UA 可发生异常变化^[4]。胎盘作为母胎之间物质交换的重要器官,其功能受损将直接影响胎儿的生长发育,空腹胰岛素(FINS)和空腹血糖(FBG)水平升高可能会影响胎盘的血管生成、滋养细胞功能,导致胎盘-胎儿循环障碍,进而引发 FGR^[5]。因此,本研究通过分析胎儿脑脐血流超声指标联合糖代谢指标对 PE 合并 FGR 患者的诊断价值,旨在为此类患者的精准诊断及治疗进一步提供临床依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究为前瞻性队列病例对照研究,收集本院 2017 年 1 月至 2022 年 1 月收治的 PE 患者 198 例,根据是否合并 FGR 分为 A 组(PE 合并 FGR,101 例)和 B 组(PE 不合并 FGR,97 例)。选取本院同期健康产检的孕妇 45 例作为 C 组。以上 3 组一般资料比较差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表 1。

1.2 纳入及排除标准 纳入标准:A 或 B 组患者入院时根据相关标准^[6-7]诊断为 PE 或 FGR,其中 PE 为孕妇可伴有头痛与上腹不适等症状,随机尿蛋白(+)或尿蛋白 ≥ 0.3 g/24 h,孕 20 周以后血压 $\geq 140/90$

mmHg;而 FGR 为在孕 37 周后,胎儿出生时体重 $< 2\,500$ g,或者低于孕龄平均体重两个标准差,或低于孕龄正常体重的第 10 百分位数。排除标准:(1)3 组均排除多胎妊娠、胎儿染色体异常、胎儿结构异常者;(2)3 组均排除孕早期服用药物者;(3)3 组均排除合并糖尿病、心、肝等器官损伤者;(4)3 组均排除合并精神障碍和沟通障碍者。3 组均签署知情同意书。本研究经本院伦理委员会批准,伦理编号:CDCHLL2023-403。

表 1 3 组一般资料比较($\bar{x}\pm s$ 或 n)							
组别	n	平均年龄 (岁)	平均孕周 (周)	平均孕次 (次)	子痫程度		
					轻度	中度	重度
A 组	101	24.6 $\pm$ 4.9	37.2 $\pm$ 0.8	2.2 $\pm$ 0.5	42	38	21
B 组	97	24.3 $\pm$ 4.5	37.5 $\pm$ 1.2	2.0 $\pm$ 0.6	40	35	22
C 组	45	24.8 $\pm$ 4.2	37.8 $\pm$ 1.1	2.1 $\pm$ 0.5	—	—	—
F/χ^2		1.237	0.879	1.450		0.115	
P		0.292	0.417	0.237		0.944	

注:—表示无数据。

1.3 方法

1.3.1 糖代谢指标检测 3 组均于孕 25 周采集晨起空腹静脉血 4 mL,以离心半径 5 cm,转速 3 000 r/min 离心处理 10 min,分离上层血清,—80 ℃ 保存,待用。采用化学发光法和葡萄糖氧化酶法对研究对象 FINS、FBG 进行检测,严格按照自动分析仪操作说明书进行。

1.3.2 超声检查:应用彩色多普勒超声诊断仪对 3 组孕 25 周时胎儿 MCA 及 UA 情况进行检查。其中 MCA 检查:平卧位,二维超声全面扫查胎儿,确定胎儿双顶径标准平面,在成对蝶骨大翼处观察两条彩色波动血管,取样容积调整至 2 mm,血流及声束夹角于 20°内,并校正血流频谱图,获得 5 个以上标准波形且波形稳定后行冻结,记录收缩期血流峰值流速/舒张末期血流峰值流速(S/D)、阻力指数(RI)及搏动指数(PI)。UA 检查:明确脐带位置,显像并将取样容积调整,后续步骤同 MCA 检查,记录 S/D、RI 和 PI。

1.4 观察指标 (1)比较 3 组糖代谢指标的差异情况;(2)比较 3 组胎儿 MCA 相关指标的差异情况;(3)比较 3 组胎儿 UA 相关指标的差异情况;(4)分析糖代谢及胎儿脑脐血流超声指标单独或联合应用鉴别诊断 PE 合并 FGR 的效能情况。

1.5 统计学处理 采用 SPSS22.0 软件分析数据。全部计量资料通过 Shapiro-Wilk 检验计量资料均符合正态分布,以 $\bar{x}\pm s$ 表示,3 组间比较采用单因素方

差分析(ANOVA)。计数资料以例数表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析不同检测方式诊断 PE 合并 FGR 患者的灵敏度、特异度和曲线下面积(AUC),通过 Delong 检验比较 AUC 的差异。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 3 组糖代谢指标的差异情况 A 组、B 组和 C 组的 FINS 和 FBG 水平逐渐降低($P<0.05$),见表 2。

表 2 3 组糖代谢指标的差异情况($\bar{x}\pm s$)			
组别	<i>n</i>	FINS(pmol/L)	FBG(mmol/L)
A 组	101	96.8±15.5	6.4±1.1
B 组	97	85.9±11.2 ^a	5.0±0.7 ^a
C 组	45	52.3±8.8 ^{ab}	4.1±0.3 ^{ab}
<i>F</i>		38.014	25.305
<i>P</i>		<0.001	<0.001

注:和 A 组比较,^a $P<0.05$;和 B 组比较,^b $P<0.05$ 。

2.2 3 组 MCA 相关指标的差异情况 A 组、B 组和 C 组 MCA 的 S/D、RI、PI 均逐渐升高($P<0.05$),见表 3。

2.3 3 组 UA 相关指标的差异情况 A 组、B 组和 C 组 UA 的 S/D、RI、PI 均逐渐降低($P<0.05$),见表 4。

2.4 单独或联合应用脑脐血流超声指标和糖代谢指标鉴别诊断 PE 合并 FGR 的效能情况分析 ROC 曲

线结果显示,FINS、FBG、MCA 的 S/D、RI、PI 及 UA 的 S/D、RI、PI 单独及联合应用的 AUC 分别为 0.782、0.748、0.765、0.836、0.805、0.758、0.811、0.795 及 0.895,联合应用诊断效能高于单独诊断($Z=4.327、4.862、4.551、3.400、3.946、4.679、3.742、4.102,P<0.05$),见表 5。

表 3 3 组 MCA 相关指标的差异情况($\bar{x}\pm s$)				
组别	<i>n</i>	S/D	RI	PI
A 组	101	3.2±0.8	0.6±0.1	0.8±0.2
B 组	97	4.3±1.0 ^a	0.8±0.2 ^a	1.5±0.3 ^a
C 组	45	5.6±1.4 ^{ab}	1.1±0.2 ^{ab}	1.9±0.4 ^{ab}
<i>F</i>		16.159	23.608	15.734
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

注:和 A 组比较,^a $P<0.05$;和 B 组比较,^b $P<0.05$ 。

表 4 3 组 UA 相关指标的差异情况($\bar{x}\pm s$)				
组别	<i>n</i>	S/D	RI	PI
A 组	101	3.2±0.7	0.7±0.2	1.3±0.3
B 组	97	2.3±0.5 ^a	0.5±0.1 ^a	0.9±0.2 ^a
C 组	45	1.9±0.3 ^{ab}	0.4±0.1 ^{ab}	0.7±0.1 ^{ab}
<i>F</i>		15.611	21.412	25.758
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

注:和 A 组比较,^a $P<0.05$;和 B 组比较,^b $P<0.05$ 。

表 5 单独或联合应用各种指标鉴别诊断 PE 合并 FGR 患者的效能情况分析						
指标	AUC(95%CI)	最佳截断值	灵敏度(%)	特异度(%)	准确率(%)	约登指数
FINS	0.782(0.722~0.863)	90.33 pmol/L	81.5	72.1	76.3	53.6
FBG	0.748(0.703~0.812)	5.82 mmol/L	76.3	73.2	74.7	49.5
MCA						
S/D	0.765(0.688~0.817)	3.95	73.1	78.2	7.59	51.3
RI	0.836(0.792~0.889)	0.73	83.1	88.9	86.6	72.0
PI	0.805(0.764~0.857)	1.12	82.4	78.3	82.4	60.7
UA						
S/D	0.758(0.702~0.824)	2.82	80.1	72.2	76.1	52.3
RI	0.811(0.760~0.869)	0.65	86.3	75.6	81.3	61.9
PI	0.795(0.792~0.889)	1.17	83.3	78.5	80.4	61.8
八者联合	0.895(0.862~0.944)	—	91.2	88.5	89.0	79.7

注:—表示无数据。

3 讨 论

PE 是威胁孕妇健康的重要疾病之一,孕妇一旦患病,对孕妇自身及胎儿的正常发育均会造成较大危害,导致各种妊娠不良结局出现,最严重的后果即为早产、妊娠终止^[8-10]。早产儿因未达完整孕周便出生,可出现体重过低、机体功能发育不完全等情况,甚至可能出现智力障碍等精神障碍^[11]。目前,PE 的发病

原因及发病机制较为复杂,部分学者认为 PE 发病与机体发生氧化应激反应有关^[12]。而 FGR 则是一种在多因素共同作用下,胎儿生长发育未能达到其潜在应有的遗传速率的疾病,其对产妇和婴儿结局均有消极影响,因此产前诊断 FGR 并依据诊断结果对分娩方式、分娩时间等进行优化,可明显减少医源性早产发生率等,并对母婴健康均有积极意义^[13]。有研究发

现, FGR 与 PE 具有共同的病理生理特征, 均为胎盘源性疾病, 且 FGR 是 PE 的严重并发症, 因此, 分析与 PE 合并 FGR 发生相关的因素, 尽早进行诊断、干预, 对此类患者的预后改善意义重大^[14]。有学者发现, PE 患者合并 FGR 时糖代谢状况可发生变化, 血糖过高和胰岛素抵抗共同构成了不利于胎儿生长发育的代谢环境, 这种环境可能导致胎儿营养代谢失衡、生长发育受限^[15]。另外, 彩色多普勒超声技术可通过获得清晰的视野与图像, 观察胎儿各器官并能监测其变化, 其中 MCA 是胎儿脑部的供血血管, 在胎儿正常接受血氧供应时, 脑血管管径变大, 所受阻力减小, 在氧气供应轻微不足时, MCA 会适度扩张, 使血氧供应得以维持^[16]; 而 UA 可保障胎儿与母体间营养和代谢物交换, 在胎儿发育过程中, 血管的阻力须满足胎儿生长所需的血流供应, 故通过检查 UA 的阻力和血流量, 能够监测其血流动力学状态^[17]。但联合应用上述指标诊断 PE 合并 FGR 患者的相关研究目前仍较少^[18]。因此, 本研究通过分析脑脐血流超声指标联合糖代谢指标对 PE 合并 FGR 患者的诊断价值, 以期为此类患者的精准诊断及治疗进一步提供临床参考。

本研究结果显示, A 组、B 组和 C 组的 FINS 和 FBG 水平逐渐降低($P < 0.05$), 上述结果表明糖代谢指标可在一定程度上对 PE 合并 FGR 患者进行鉴别诊断, 分析原因可能为血糖代谢指标异常合并血管损害可导致炎症细胞因子大量释放, 从而造成胎盘血管受损, 使得母体向胎儿输送营养受阻, 最终导致 FGR^[19]。此外, 孕妇 FINS 水平升高通常与胰岛素抵抗相关, FINS 水平升高可导致血管内皮功能障碍、炎症反应和氧化应激等, 从而加速 PE 的发生和发展, 影响胎盘的血管生成和滋养细胞功能, 进一步加剧胎盘功能不全和 FGR; 同时, FBG 水平上升还可能导致胎盘血流灌注量减少, 影响胎儿的营养供应和氧气供应, 最终导致 FGR^[20]。因此, 在临床中加强对 PE 合并 FGR 孕妇的血糖监测, 对预防风险具有重要意义。临床针对孕妇不同的情况指导其合理安排作息时间, 使孕妇身心保持在放松状态下, 再配合相关药物治疗, 可有效改善孕妇体内微循环, 延长孕周, 使胎儿得以更好地生长, 以改善妊娠结局, 避免新生儿并发症的发生^[21-22]。

而本研究发现, A 组、B 组和 C 组胎儿 MCA 的 S/D、RI、PI 均逐渐升高($P < 0.05$), 且 A 组、B 组和 C 组胎儿 UA 的 S/D、RI、PI 均逐渐降低($P < 0.05$), 提示脑脐血流超声指标同样可在一定程度上对 PE 合并 FGR 患者进行鉴别诊断。最后 ROC 曲线结果显示, FINS、FBG、MCA 的 S/D、RI、PI 及 UA 的 S/D、RI、PI 及联合应用的 AUC 分别为 0.782、0.748、0.765、

0.836、0.805、0.758、0.811、0.795 及 0.895, 联合应用诊断效能高于单独诊断($P < 0.05$)。上述结果进一步表明联合应用脑脐血流超声指标和糖代谢指标对 PE 合并 FGR 的鉴别诊断价值较大。这可能是因为单独的糖代谢指标容易受到很多因素的影响, 孕妇饮食及自身因素的影响均会导致血糖水平改变。而通过彩色多普勒超声技术可观察胎儿脑部供血血管, 当胎儿的脑部血流量供应不足、血流减少时, 其脑血管失去其舒张功能, 导致 UA、MCA 相关指标水平改变, 因此其联合糖代谢指标能够更好地用于 PE 合并 FGR 的鉴别诊断。然而本研究因孕妇的居住地域限制, 大多数以就近治疗为原则, 未涉及其他地区、不同级别的医院, 存在一定选择偏倚。此外, 本研究样本量较小, 因此, 今后需获取足够多的样本进行深入细致的分析。

综上所述, 糖代谢及脑脐血流超声指标联合应用对 PE 合并 FGR 的鉴别诊断价值较大, 具有较好的临床应用价值。

参考文献

- [1] 曾江伟, 潘长清. 母血中 sFlt-1、PLGF 水平预测早发型重度 PE 患者胎儿生长受限的临床价值[J]. 国际检验医学杂志, 2022, 43(17): 2100-2104.
- [2] ZUR R L, KINGDOM J C, PARKS W T, et al. The placental basis of fetal growth restriction[J]. Obstet Gynecol Clin North Am, 2020, 47(1): 81-98.
- [3] HUANG K H, CHEN F Y, LIU Z Z, et al. Prediction of pre-eclampsia complicated by fetal growth restriction and its perinatal outcome based on an artificial neural network model[J]. Front Physiol, 2022, 13(1): 992040.
- [4] LEES C C, ROMERO R, STAMPALIJIA T, et al. Clinical opinion: the diagnosis and management of suspected fetal growth restriction: an evidence-based approach[J]. Am J Obstet Gynecol, 2022, 226(3): 366-378.
- [5] 袁里朝, 汤旭妮, 郑秀娟. 子痫前期合并胎儿生长受限患者糖脂代谢状况及妊娠结局分析[J]. 中国妇幼保健, 2023, 38(8): 1385-1388.
- [6] 中华医学会妇产科学分会妊娠期高血压疾病学组. 妊娠期高血压疾病诊治指南(2020)[J]. 中华妇产科杂志, 2020, 55(4): 227-238.
- [7] 中华医学会围产医学分会胎儿医学学组, 中华医学会妇产科学分会产科学组, 孙路明, 等. 胎儿生长受限专家共识(2019 版)[J/CD]. 中国产前诊断杂志(电子版), 2019, 11(4): 78-98.
- [8] HAUSPURG A, JEYABALAN A. Postpartum preeclampsia or eclampsia: defining its place and management among the hypertensive disorders of pregnancy[J]. Am J Obstet Gynecol, 2022, 226(2): S1211-S1221.
- [9] MELOY P G, HENN M C, RUTZ D, et al. Eclampsia[J].

- J Educ Teach Emerg Med, 2020, 5(3): 1-27.
- [10] DUNPHY L, SADIK Y, QURESHI Z, et al. Severe pre-eclampsia as a rare cause of profound hyponatraemia[J]. BMJ Case Rep, 2023, 16(9): e253881.
- [11] LAILLER G, GRAVE C, GABET A, et al. Aspirin for the prevention of early and severe pre-eclampsia recurrence: a real-world population-based study[J]. Drugs, 2023, 83(5): 429-437.
- [12] NGWENYA S, JONES B, MWEMBE D, et al. Determinants of eclampsia in women with severe preeclampsia at Mpilo Central Hospital, Bulawayo, Zimbabwe[J]. Pregnancy Hypertens, 2021, 25(1): 235-239.
- [13] DAMHUIS S E, GANZEVOORT W, GORDIJN S J. Abnormal fetal growth: small for gestational age, fetal growth restriction, large for gestational age: definitions and epidemiology[J]. Obstet Gynecol Clin North Am, 2021, 48(2): 267-279.
- [14] LIN L, GUO Y N, XU X, et al. Analysis of maternal and fetal outcomes and establishment of prediction model of vaginal delivery in pregnant women with pre-eclampsia complicated with fetal growth restriction[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2023, 27(20): 9947-9954.
- [15] 张素芹, 姜萍, 赵明瑜, 等. 妊娠期糖尿病并发子痫前期患者胎盘组织抵抗素、人脂质运载蛋白及血糖脂代谢检测价值[J]. 中华内分泌外科杂志, 2022, 16(5): 627-632.
- [16] 王晓燕, 彭兰. 子痫前期合并胎儿生长受限对新生儿严重不良结局的影响[J]. 中国妇幼健康研究, 2022, 33(10): 40-44.
- [17] 刘楠. 新型生物标志物 APOBEC3A 调节脂代谢参与子痫前期发病机制研究[D]. 上海: 中国科学院大学(中国科学院上海药物研究所), 2023.
- [18] 符建, 杨月华, 陈亮, 等. 子宫动脉和脐动脉血流动力学参数对晚发型胎儿宫内生长受限的预测价值[J]. 中国超声医学杂志, 2021, 37(9): 1035-1039.
- [19] CETIN I, TARICCO E, MANDÒ C, et al. Fetal oxygen and glucose consumption in human pregnancy complicated by fetal growth restriction[J]. Hypertension, 2020, 75(3): 748-754.
- [20] 郭雯婷, 张燕, 王晋. 妊娠期糖尿病患者血管内皮功能和氧化应激水平与早发型胎儿生长受限的相关性分析[J]. 中国医药导刊, 2023, 25(3): 292-296.
- [21] PAULES C, YOUSSEF L, MIRANDA J, et al. Maternal proteomic profiling reveals alterations in lipid metabolism in late-onset fetal growth restriction[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 21033.
- [22] YANG Z, LUO X, HUANG B, et al. Altered distribution of fatty acid exerting lipid metabolism and transport at the maternal-fetal interface in fetal growth restriction[J]. Placenta, 2023, 139(1): 159-171.

(收稿日期: 2024-08-15 修回日期: 2024-12-08)

(上接第 970 页)

- [8] ZHANG Y, ZHENG B, ZENG F, et al. Potential of digital chest radiography-based deep learning in screening and diagnosing pneumoconiosis: an observational study [J]. Med, 2024, 103(25): 38478-38482.
- [9] HOY R F, CHAMBERS D C. Silica-related diseases in the modern world[J]. Allergy, 2020, 75(11): 2805-2817.
- [10] CHIBESA M C, GUAN M, LI S. Systemic Immune-Inflammation Index (SII) and Neutrophil-Lymphocyte Ratio (NLR) as systemic inflammatory predictors in the diagnosis of bullous pemphigoid and pemphigus vulgaris [J]. J Cosmet Dermatol Sci Appl, 2024, 14 (2): 15.
- [11] 谢健龙, 区泳芳, 陈永华, 等. MiR-23b 通过调节 TGF- β 1/SMAD3 信号通路对博来霉素所致大鼠肺纤维化及自噬水平的影响[J]. 临床与病理杂志, 2022, 42(6): 1263-1274.
- [12] YOU Y, HE Y, WEI Y. Crystalline silica-induced proinflammatory interstitial macrophage recruitment through notch3 signaling promotes the pathogenesis of silicosis [J]. Environ Sci Technol, 2023, 39: 57.
- [13] TAKENOBU Y, YUMI A. Immune reconstitution is the trigger of herpes zoster with lymphopenia and high neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR) in a retrospective cohort study[J]. Clin Exp Dermatol, 2024, 49(11): 1372-1378.
- [14] RUTA V M, MAN A M, ALEXESCU T G, et al. Neutrophil-to-lymphocyte ratio and systemic immune-inflammation index: biomarkers in interstitial lung disease[J]. Medicina, 2020, 56(8): 381.
- [15] ANDREASSON J, EMBLABODÉN, FAKHRO M, et al. Exhaled phospholipid transfer protein and hepatocyte growth factor receptor in lung adenocarcinoma[J]. Respir Res, 2022, 23(1): 369.
- [16] PENG F, DAI J, QIAN Q, et al. Serum metabolic profiling of coal worker's pneumoconiosis using untargeted lipidomics[J]. Environ Sci Pollut Res, 2022, 29(56): 85444-85453.
- [17] PANG J, LUO Y, WEI D, et al. Comparative transcriptome analyses reveal a transcriptional landscape of human silicosis lungs and provide potential strategies for silicosis treatment[J]. Front Genet, 2021, 12: 652901.
- [18] KESSLER R, PHILIPP J, WILFER J K K. Predictive attributes for developing long COVID-a study using machine learning and real-world data from primary care physicians in Germany[J]. J Clin Med, 2023, 12(10): 3511.

(收稿日期: 2024-08-15 修回日期: 2024-12-25)