

# 半乳糖凝集素3和半乳糖凝集素3结合蛋白在子痫前期中的表达和意义

毕正刚<sup>1,2</sup>, 初怡静<sup>3</sup>, 叶元华<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>淄博市市立医院产科, 山东 淄博

<sup>2</sup>青岛大学医学院, 山东 青岛

<sup>3</sup>青岛大学附属医院产科, 山东 青岛

收稿日期: 2023年12月10日; 录用日期: 2024年1月5日; 发布日期: 2024年1月11日

## 摘要

目的: 探讨子痫前期患者外周血及胎盘组织中半乳糖凝集素3 (galectin-3, Gal-3)、半乳糖凝集素3结合蛋白(galectin-3 binding proteins, Gal-3BP)的表达及意义。方法: 选取青岛大学附属医院收治的子痫前期患者30例为实验组, 同期入院体检正常的孕妇30例为对照组。采用酶联免疫吸附法检测血清Gal-3、Gal-3BP的浓度, 经免疫组织化学法检测胎盘组织Gal-3、Gal-3BP的表达。采用Pearson双变量关联性分析法分析Gal-3、Gal-3BP与患者临床特征的相关性。结果: 实验组外周血Gal-3、Gal-3BP水平均高于对照组( $P < 0.05$ ); 实验组胎盘组织Gal-3、Gal-3BP的表达均高于对照组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。实验组外周血Gal-3、Gal-3BP浓度分别与平均动脉压、24小时尿蛋白呈正相关( $P < 0.05$ )。结论: Gal-3和Gal-3BP可能与子痫前期的发病有关, 或可成为预测子痫前期的生物标记物。

## 关键词

半乳糖凝集素, 半乳糖凝集素结合蛋白, 妊娠期高血压, 子痫前期, 血液化学分析, 胎盘

# Expression and Significance of Galectin-3 and Galectin-3 Binding Proteins in Preeclampsia

Zhenggang Bi<sup>1,2</sup>, Yijing Chu<sup>3</sup>, Yuanhua Ye<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Obstetrics, Zibo Municipal Hospital, Zibo Shandong

<sup>2</sup>School of Medicine, Qingdao University, Qingdao Shandong

<sup>3</sup>Department of Obstetrics, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

\*通讯作者。

文章引用: 毕正刚, 初怡静, 叶元华. 半乳糖凝集素 3 和半乳糖凝集素 3 结合蛋白在子痫前期中的表达和意义[J]. 临床医学进展, 2024, 14(1): 420-427. DOI: 10.12677/acm.2024.141060

## Abstract

**Objective:** To investigate the expression and significance of galectin-3 (Gal-3) and galectin-3 binding proteins (Gal-3BP) in peripheral blood and placental tissue of patients with preeclampsia patients. **Methods:** Thirty patients with preeclampsia admitted to the Affiliated Hospital of Qingdao University were selected as the experimental group, and 30 pregnant women admitted to the hospital with normal physical examination during the same period were selected as the control group. The concentration of serum Gal-3 and Gal-3BP was detected by enzyme-linked immunosorbent assay, and the expression of Gal-3 and Gal-3BP in placental tissue was detected by immunohistochemistry. Pearson bivariate association analysis was used to analyze the correlation between Gal-3 and Gal-3BP and clinical characteristics of patients. **Results:** The levels of Gal-3 and Gal-3BP in peripheral blood of experimental group were higher than those of control group ( $P < 0.05$ ). The expressions of Gal-3 and Gal-3BP in placental tissues of experimental group were higher than those of control group, and the difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ). The concentrations of Gal-3 and Gal-3BP in the peripheral serum in the experimental group were positively correlated with mean arterial pressure and 24-hour urine protein ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** Gal-3 and Gal-3BP may be associated with the onset of preeclampsia, or may be biomarkers for predicting preeclampsia.

## Keywords

Galectin, Galectin Binding Proteins, Hypertensive Disorders Complicating Pregnancy, Preeclampsia, Blood Chemical Analysis, Placenta

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

子痫前期(PE)是妊娠期特有的疾病,发生在孕20周后,以新发高血压伴多系统受累为主要特点。在妊娠期女性中,全球发病率约为2%~8%,严重威胁母婴健康,是导致孕产妇死亡的主要原因之一[1]。半乳糖凝集素家族是一组水溶性、非糖基化的球状蛋白,主要在细胞质中合成,广泛分布于动物体内多种细胞中,通过与细胞表面的糖基化蛋白或细胞外基质糖蛋白结合发挥生物学作用,在炎症反应、细胞增殖和凋亡、胚胎的发育等过程中担负重要功能[2]。研究表明,半乳糖凝集素3(galectin-3, Gal-3)和半乳糖凝集素3结合蛋白(galectin-3 binding proteins, Gal-3BP)参与了子痫前期、妊娠期糖尿病等多种妊娠期疾病的发生与发展[3] [4]。本研究通过分析30例子痫前期孕妇外周血及胎盘组织中Gal-3与Gal-3BP水平的变化,探讨子痫前期孕妇外周血和胎盘组织中Gal-3与Gal-3BP的表达和意义,并分析二者与孕妇临床指标间的相关性。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 一般资料

抽取2022年1月~2022年12月于青岛大学附属医院就诊的30例子痫前期患者为实验组,参照《妊

娠期高血压疾病诊治指南(2020)》中的诊断标准[5], 同期随机选择入院体检正常的孕妇 30 例为对照组。实验组患者年龄 29~39 (33.8 ± 2.9)岁, 产次 1~2 (1.1 ± 0.4)次, 终止妊娠孕周 33~39 (36.9 ± 1.5)周, 体重指数 21.0~28.0 (25.0 ± 2.1) kg/m<sup>2</sup>。对照组孕妇年龄 28~37 (32.1 ± 3.1)岁, 产次 1~2 (1.1 ± 0.3)次, 终止妊娠孕周 35~40 (37.2 ± 1.3)周, 体重指数 21.9~31.1 (25.4 ± 2.3) kg/m<sup>2</sup>。排除标准: ① 伴其他妊娠期并发症; ② 既往高血压和(或)糖尿病史; ③ 多胎。两组孕妇的年龄、生育史、终止妊娠孕周、体重指数比较差异无统计学意义(P > 0.05)。所有孕产妇均知情同意并签署知情同意书。见表 1。

**Table 1.** General information on both groups

**表 1.** 两组一般资料

组别	实验组	对照组	显著性
n	30	30	/
年龄(岁)	33.8 ± 2.9	32.1 ± 3.1	P > 0.05
产次(次)	1.1 ± 0.4	1.1 ± 0.3	P > 0.05
孕周(周)	36.9 ± 1.5	37.2 ± 1.3	P > 0.05
体重指数(kg/m <sup>2</sup> )	25.0 ± 2.1	25.4 ± 2.3	P > 0.05
收缩压(mmHg)	161.07 ± 11.52	116.83 ± 11.77	P < 0.05
舒张压(mmHg)	103.50 ± 8.47	71.67 ± 6.91	P < 0.05
平均动脉压(mmHg)	122.69 ± 7.29	86.72 ± 5.88	P < 0.05
新生儿出生体重(g)	2892.33 ± 652.68	3406.67 ± 496.70	P < 0.05
谷丙转氨酶(U/L)	55.0 ± 59.6	24.5 ± 10.7	P < 0.05
肌酐(umol/L)	75.3 ± 22.3	59.8 ± 14.0	P < 0.05
尿蛋白(g/24h)	4.12 ± 3.21	0.27 ± 0.48	P < 0.05

## 2.2. 标本采集

1) 血样采集入组产妇终止妊娠前 48 小时内, 留取肘正中静脉血 5 ml, 离心后分离血清, -80℃ 保存待测。

2) 胎盘组织采集: 剖宫产胎盘娩出后, 取近脐带 3 cm 处胎盘组织 1.0 cm × 1.0 cm × 1.0 cm, 用 10% 甲醛溶液固定, 石蜡包埋, 切片。

## 2.3. 酶联免疫吸附法(ELISA)

检测外周血 Gal-3、Gal-3BP 浓度使用人 Gal-3、Gal-3BP 的 ELISA 试剂盒测定。将人血清标本置于 4℃ 融化至液态, 与 ELISA 试剂盒置于室温平衡 60 min。依次在微孔酶标板中加入标准品和血清标本, 与检测抗体共同孵育 60 min, 洗板、显色、终止反应后, 微孔酶标板置入酶标仪, 波长 450 nm 处测定光密度(OD)值, 绘制“浓度-OD”曲线, 计算样品的浓度。

## 2.4. 免疫组织化学法(IHC)

检测胎盘组织 Gal-3、Gal-3BP 表达按人 Gal-3、Gal-3BP 免疫组化试剂盒的说明进行: 组织切片脱蜡、60℃ 烤箱烘烤 2 h、梯度乙醇水化, 采用柠檬酸高压抗原修复法修复, 在 37℃ 的 3% 的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液中孵育 10 min; 经 PBS 洗涤后, 加入一抗, 4℃ 孵育 24 h; 经 PBS 洗涤后, 加入荧光标记的二抗, 37℃ 孵育 0.5

h; 加入显色剂显色; 经苏木素复染, 梯度乙醇水化, 二甲苯透明, 封片。染色度评分: 强染色 3 分, 中度染色 2 分, 弱染色 1 分。阳性细胞占比评分, 1%~10%比例 1 分, 11%~50%比例 2 分, 51%~80%比例 3 分, >80%比例 4 分。染色度评分 × 阳性细胞占比评分为最终评分: 1~3 分弱阳性(+), 4~6 分中阳性(++), ≥7 分强阳性(+++)。

## 2.5. 临床指标

两组对象均于入院第 1 天测定收缩压、舒张压, 肘正中静脉采集外周血检测谷丙转氨酶、肌酐, 检测入院当天 24 小时尿液蛋白水平。

## 2.6. 统计学方法

统计分析采用 SPSS25.0 统计软件。定量资料符合正态分布的数据以均数 ± 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示, 两组间比较采用 t 检验, 多组间比较采用方差分析, Gal-3、Gal-3BP 表达强度的比较采用 Kruskal-Wallis H 秩和检验, Pearson 双变量关联性分析法分析 Gal-3、Gal-3BP 与患者的临床特征,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 3. 结果

### 3.1. 实验组与对照组外周血 Gal-3、Gal-3BP 水平比较

实验组外周血 Gal-3 浓度为( $17.7 \pm 0.8$ ) ng/ml, 对照组为( $13.6 \pm 0.7$ ) ng/ml, 两组比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。实验组外周血 Gal-3BP 浓度为( $265.3 \pm 13.8$ ) ng/ml, 对照组为( $201.1 \pm 7.6$ ) ng/ml, 两组比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 2。

**Table 2.** Comparison of serum Gal-3 and Gal-3BP levels between the experimental group and the control group  
**表 2.** 实验组与对照组血清 Gal-3、Gal-3BP 水平比较

组别	n	Gal-3	Gal-3BP
实验组	30	$17.7 \pm 0.8^*$	$265.3 \pm 13.8^*$
对照组	30	$13.6 \pm 0.7$	$201.1 \pm 7.6$

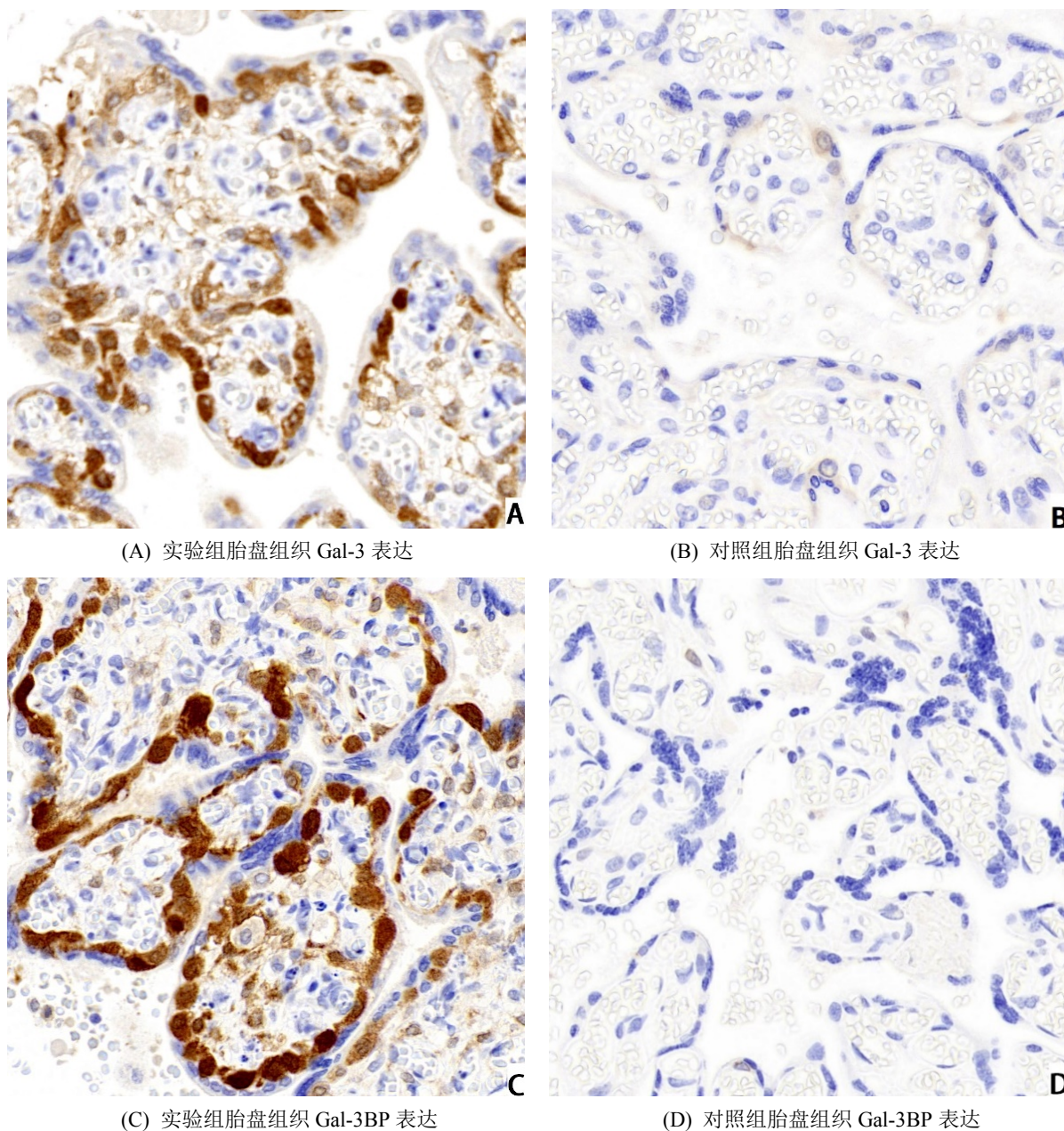
注: 与对照组比较, \* $P < 0.05$ 。

### 3.2. 实验组与对照组胎盘组织 Gal-3、Gal-3BP 表达强度的比较

Gal-3、Gal-3BP 在胎盘中主要表达于合体滋养层细胞及细胞滋养层细胞细胞质, 呈黄色、黄褐色染色, 见图 1。使用 Kruskal-Wallis H 秩和检验对组间阳性率进行比较, 实验组产妇胎盘 Gal-3、Gal-3BP 表达水平高于对照组( $P < 0.05$ )。见表 3。胎盘组织 Gal-3、Gal-3BP 呈棕黄色染色, 见图 1。

**Table 3.** The expression of Gal-3 and Gal-3BP in placental tissues between the experimental group and the control group  
**表 3.** 实验组与对照组胎盘组织 Gal-3、Gal-3BP 的表达

组别	例数	Gal-3			Gal-3BP		
		+	++	+++	+	++	+++
实验组	30	3	20	7	4	23	3
对照组	30	27	3	0	26	4	0



**Figure 1.** Immunohistochemistry was used to detect the expression of Gal-3 and Gal-3BP in placental tissues (400×)

**图 1.** 免疫组织化学法检测胎盘组织中 Gal-3、Gal-3BP 的表达(400×)

**Table 4.** The correlation analysis of serum Gal-3 and Gal-3BP with the mean arterial pressure and urine protein in the experimental group was analyzed

**表 4.** 实验组血清 Gal-3、Gal-3BP 与患者入院平均动脉压和尿蛋白的关联性分析

组别	例数	入院平均动脉压(mmHg)		尿蛋白(g/24h)	
		r 值	P 值	r 值	P 值
Gal-3	30	0.890	P < 0.05	0.801	P < 0.05
Gal-3BP	30	0.857	P < 0.05	0.773	P < 0.05

### 3.3. 血清 Gal-3、Gal-3BP 与患者入院平均动脉压和尿蛋白的关联性分析

使用 Pearson 双变量关联性分析, 分别对实验组产妇的血清 Gal-3、Gal-3BP 浓度和其入院平均动脉压和 24 小时尿蛋白进行关联性分析, 相关系数  $r$  见表 4。实验组产妇外周血清中 Gal-3、Gal-3BP 浓度分别与平均动脉压、24 小时尿蛋白存在正相关性( $P < 0.05$ )。对照组产妇的血清 Gal-3、Gal-3BP 浓度和其入院平均动脉压和 24 小时尿蛋白无相关性( $P > 0.05$ )。

## 4. 讨论

妊娠期高血压疾病是产科常见的并发症, 严重威胁母儿安全, 特别是子痫前期-子痫是引起孕产妇病死率升高的主要原因之一[5]。严重的妊娠期高血压疾病可继发溶血、转氨酶升高、血小板减少等, 即 HELLP 综合征, 导致全身多系统受损。子痫前期的病因和发病机制目前仍未完全阐明, 主流学说认为其是一种多因素、多通路、多机制致病的复杂病理过程。Redman 在 2009 年提出子痫前期发病机制“二阶段”假说: 第一阶段, 子宫螺旋动脉滋养细胞重铸不足, 导致相对性胎盘灌注不足、缺血及缺氧, 释放多种胎盘因子进入母血循环; 第二阶段, 胎盘因子激活系统性炎症反应和血管内皮损伤, 引起子痫前期多个不同系统的临床表现, 如新发高血压和蛋白尿等[6]。

半乳糖凝集素属于动物凝集素家族, 具有可溶性, 其特征是能够通过保守的碳水化合物识别结构域(carbohydrate recognition domain, CRD)结合  $\beta$ -半乳糖苷, 而不依赖于二价阳离子[7]。半乳糖凝集素在细胞质中合成, 在细胞核和细胞质中发挥作用, 也可被分泌到细胞外基质及血循环中。半乳糖凝集素自 1976 年首次被发现以来, 到目前为止, 人体内共发现了 15 种半乳糖凝集素[2]。半乳糖凝集素具有众多生物活性, 在细胞生长、凋亡、分化、细胞-细胞外基质相互作用、血管生成、纤维化等方面具有重要调节作用, 特别是对急慢性炎症、免疫耐受等方面发挥重要作用, 而这些生物学过程同时对妊娠过程如胚胎着床、胎盘母胎免疫耐受等有重要影响[8][9]。

Gal-3 由位于 14q21~22 染色体上的 LGALS3 基因编码, 是一种 29~35 kDa 的蛋白质, 分布于人体多种组织器官中[10][11]。Gal-3 主要存在于细胞质中, 也存在于细胞核及细胞外环境中, 参与多种病理生理过程, 包括凋亡、黏附、血管生成、细胞增殖和分化[2]。Gal-3 可与细胞表面的  $\beta$  半乳糖苷相结合, 调节细胞生存和信号传导[12]。Gal-3 在人类和小鼠的胚胎发育期间广泛表达, 在人类妊娠并发症中经常失调, 表明其在胚胎发育及妊娠中发挥重要作用[13]。有学者研究发现, 早孕期绒毛外滋养细胞侵入胎盘床的整个过程中都有 Gal-3 的持续表达, 在子痫前期患者中, 绒毛外滋养细胞侵入胎盘床失败引发了 Gal-3 表达上调[8]。U. Jeschke 等学者研究发现在子痫前期患者的胎盘组织中, 绒毛外滋养细胞中 Gal-3 的表达显著上调[14]。Sivan 等学者研究发现在子痫前期患者血清 Gal-3 水平升高, 促进了炎症反应[15]。本研究表明, Gal-3 主要表达于合体滋养层细胞细胞质, 其外周血浓度分别与平均动脉压、24 小时尿蛋白呈正相关, 推测其在子痫前期发生、发展过程中发挥重要作用。

Gal-3BP 也被称为人 90K、Mac-2BP (Mac-2 binding protein), 是一种在人体内普遍存在的、功能多样的分泌型糖蛋白, 最早被 Iacobelli 从乳腺癌细胞株培养液中发现, 当时认为其是一种与肿瘤相关的抗原[16]。Gal-3BP 可由多种不同种类的细胞合成与分泌, 在血清和体液中均能被检测出来, 并作为主要配体与 Gal-1、Gal-3、Gal-7 结合发挥其生物学特性[17]。Gal-3BP 具有富含半胱氨酸的清道夫受体结构域, 是  $\beta$ -半乳糖苷结合蛋白家族的半凝集素成员, 可参与细胞与细胞间或细胞与基质间黏附作用的调节, 有学者研究发现, Gal-3BP 能通过与邻近细胞表面的 Gal-1、Gal-3 相结合, 诱导细胞间的同源黏附[18]。Zhang X 等研究发现, 在口腔鳞状细胞癌中, Gal-3BP 可以通过磷酸肌醇 3-激酶(PI3K)/蛋白激酶 B (PKB)通路促进肿瘤细胞的迁移和增值[19]。Piccolo 等研究发现 Gal-3BP 具有诱导肿瘤血管内皮细胞生长因子表达和刺激血管内皮细胞微管生成的作用[20]。Gal-3BP 还可以促进多种细胞因子的表达, 如 IL-1、IL-2、IL-6,

促进炎症反应[21]。尽管目前 Gal-3BP 在恶性肿瘤发生、发展机制的研究较多,妊娠过程的研究相对较少,但作为 Gal-3 的重要配体,结合子痫前期的发病机制中子宫螺旋动脉重铸不足与恶性肿瘤的发生机制如细胞的黏附、增值、迁移、血管生成等方面有相似性,结合本研究中实验组血清 Gal-3BP 浓度分别与平均动脉压、24 小时尿蛋白呈正相关,推测 Gal-3BP 在子痫前期发生、发展过程中具备显著作用。

本研究显示,实验组血清 Gal-3、Gal-3BP 浓度水平高于对照组,提示 Gal-3、Gal-3BP 在子痫前期患者血清中高表达。实验组胎盘组织 Gal-3、Gal-3BP 表达显著高于对照组,表明 Gal-3、Gal-3BP 在子痫前期患者胎盘组织中的表达增加。

## 5. 结论

综上所述,子痫前期患者血清和胎盘组织中 Gal-3、Gal-3BP 表达明显增加,提示 Gal-3、Gal-3BP 可能与子痫前期的发生有关。但本研究样本量有限,且 Gal-3、Gal-3BP 参与子痫前期的具体发病机制尚不明确,尚需大样本、多中心更为全面及深入的研究。

## 参考文献

- [1] Mol, B.W.J., Roberts, C.T., *et al.* (2016) Pre-Eclampsia. *The Lancet (London, England)*, **387**, 999-1011. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00070-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00070-7)
- [2] Suthahar, N., Meijers, W.C., *et al.* (2018) Galectin-3 Activation and Inhibition in Heart Failure and Cardiovascular Disease: An Update. *Theranostics*, **8**, 593-609. <https://doi.org/10.7150/thno.22196>
- [3] Chen, M., Shi, J.-L., *et al.* (2022) Galectins: Important Regulators in Normal and Pathologic Pregnancies. *International Journal of Molecular Sciences*, **23**, Article No. 10110. <https://doi.org/10.3390/ijms231710110>
- [4] Natarajamurthy, S.H., Sistla, S., *et al.* (2019) Disruption of Galectin-3 and Galectin-3 Binding Protein (G3BP) Interaction by Dietary Pectic Polysaccharides (DPP)—Arrest of Metastasis, Inhibition of Proliferation and Induction of Apoptosis. *International Journal of Biological Macromolecules*, **139**, 486-499. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.180>
- [5] 杨孜, 张为远, 林建华, 等. 妊娠期高血压疾病诊疗指南(2020) [J]. 中华妇产科杂志, 2020, 55(4): 227-238.
- [6] Redman, C.W. and Sargent, I.L. (2009) Placental Stress and Pre-Eclampsia: A Revised View. *Placenta*, **30**, S38-S42. <https://doi.org/10.1016/j.placenta.2008.11.021>
- [7] Compagno, D., Jaworski, F.M., *et al.* (2014) Galectins: Major Signaling Modulators inside and outside the Cell. *Current Molecular Medicine*, **14**, 630-651. <https://doi.org/10.2174/1566524014666140603101953>
- [8] 梁磊, 宋静慧, 陈秀娟. 母胎界面半乳糖凝集素的表达及其在妊娠中的作用[J]. 中华妇产科杂志, 2013, 48(1): 58-60.
- [9] Dong, R., Zhang, M., *et al.* (2018) Galectin-3 as a Novel Biomarker for Disease Diagnosis and a Target for Therapy (Review). *International Journal of Molecular Medicine*, **41**, 599-614. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2017.3311>
- [10] Hu, Y., Yéléhé-Okouma, M., *et al.* (2017) Galectin-3: A Key Player in Arthritis. *Joint Bone Spine*, **84**, 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2016.02.029>
- [11] Pugliese, G., Iacobini, C., *et al.* (2015) Galectin-3: An Emerging All-Out Player in Metabolic Disorders and Their Complications. *Glycobiology*, **25**, 136-150. <https://doi.org/10.1093/glycob/cwu111>
- [12] 泉丽, 方爱华. 半乳糖凝集素-3 在早期绒毛和蜕膜中的表达[J]. 生殖与避孕, 2010, 30(12): 812-817.
- [13] Dong, M., Ding, G., *et al.* (2008) The Effect of Trophoblasts on T Lymphocytes: Possible Regulatory Effector Molecules—A Proteomic Analysis. *Cellular Physiology and Biochemistry: International Journal of Experimental Cellular Physiology, Biochemistry, and Pharmacology*, **21**, 463-472. <https://doi.org/10.1159/000129639>
- [14] Jeschke, U., Mayr, D., *et al.* (2007) Expression of Galectin-1, -3 (Gal-1, Gal-3) and the Thomsen-Friedenreich (TF) Antigen in Normal, IUGR, Preeclamptic and HELLP Placentas. *Placenta*, **28**, 1165-1173. <https://doi.org/10.1016/j.placenta.2007.06.006>
- [15] Farladansky-Gershnel, S., Heusler, I., *et al.* (2021) Elevated Expression of Galectin-3, Thioredoxin and Thioredoxin Interacting Protein in Preeclampsia. *Pregnancy Hypertension*, **26**, 95-101. <https://doi.org/10.1016/j.preghy.2021.10.003>
- [16] Iacobelli, S., Arnò, E., *et al.* (1986) Detection of Antigens Recognized by a Novel Monoclonal Antibody in Tissue and Serum from Patients with Breast Cancer. *Cancer Research*, **46**, 3005-3010.

- 
- [17] Grassadonia, A., Tinari, N., *et al.* (2002) 90K (Mac-2BP) and Galectins in Tumor Progression and Metastasis. *Glycoconjugate Journal*, **19**, 551-556. <https://doi.org/10.1023/B:GLYC.0000014085.00706.d4>
- [18] 孟诗敏, 陈忠伟, 丁庆林, 等. 半乳糖凝集素-3 结合蛋白在恶性肿瘤发生发展中的作用及临床应用价值[J]. 癌症进展, 2020, 18(8): 764-768.
- [19] Zhang, X., Ding, H., *et al.* (2019) Increased LGALS3BP Promotes Proliferation and Migration of Oral Squamous Cell Carcinoma via PI3K/AKT Pathway. *Cellular Signalling*, **63**, Article ID: 109359. <https://doi.org/10.1016/j.cellsig.2019.109359>
- [20] Piccolo, E., Tinari, N., *et al.* (2013) LGALS3BP, Lectin Galactoside-Binding Soluble 3 Binding Protein, Induces Vascular Endothelial Growth Factor in Human Breast Cancer Cells and Promotes Angiogenesis. *Journal of Molecular Medicine (Berlin, Germany)*, **91**, 83-94. <https://doi.org/10.1007/s00109-012-0936-6>
- [21] Inohara, H., Akahani, S., *et al.* (1996) Interactions between Galectin-3 and Mac-2-Binding Protein Mediate Cell-Cell Adhesion. *Cancer Research*, **56**, 4530-4534.