

Статья поступила в редакцию 14.08.2023 г.

Мурзина И.С., Путилова Н.В., Зырянов М.Н.
Уральский научно-исследовательский институт охраны материнства и младенчества,
г. Екатеринбург, Россия

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫЕ И ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ПЛАЦЕНТ ПРИ ПЛАЦЕНТАРНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

Магнитно-резонансная томография (МРТ) плацент уже много лет является частью клинической практики врачей акушеров-гинекологов и перинатологов. Многие исследования показали, что беременность, осложненная плацентарной недостаточностью (ПН), связана с повышенным риском развития перинатальных осложнений.

Цель исследования – провести сравнительный анализ результатов магнитно-резонансного и патоморфологического исследования плацент у пациенток с плацентарной недостаточностью.

Материал и методы. Проведено открытое продольное когортное сравнительное исследование. Основную группу ($n = 140$) составили пациентки с беременностью, осложненной ПН, в сроке гестации 28-36 недель и последы. В группу сравнения ($n = 30$) вошли пациентки с физиологическим течением беременности в сроке гестации 28-36 недель и последы. Всем пациенткам до родоразрешения проведено ультразвуковое и МР-исследование плацент, а также проанализированы патоморфологические особенности плацент.

Результаты. В анамнезе у пациенток основной группы статистически значимо чаще, чем у пациенток группы сравнения, преобладали неразвивающаяся беременность ($\chi^2 14,003$; OR 6,688; 2,218-20,166; $p < 0,05$), медицинский аборт ($\chi^2 8,102$; OR 3,181; 1,048-9,654; $p < 0,05$), оперативные роды ($\chi^2 4,509$; OR 3,600; 1,034-12,977; $p < 0,05$) и заболевания эндокринной ($\chi^2 17,077$; OR 6,370; 2,446-16,590; $p < 0,05$) и мочевыводящей систем ($\chi^2 4,318$; OR 4,318; 0,976-19,095; $p < 0,05$).

По данным исследования МРТ неоднородность структуры плаценты регистрировалась значимо чаще в основной группе, чем в группе сравнения (OR 6,632; 1,513-29,067; $p < 0,05$). Малый объем плацент диагностирован также значимо чаще у пациенток основной группы, чем у пациенток группы сравнения (OR 6,304; 0,82-48,479; $p < 0,05$). Участки ограничения диффузии были выявлены только в основной группе в 15,7 % случаев. Проведенное патоморфологическое исследование плацентарной ткани у пациенток основной группы позволило установить морфологические критерии ПН: снижение массы плаценты, задержку созревания ворсин хориона, сочетанные нарушения сосудистого кровообращения, что соответствует картине изменений по данным МРТ.

Заключение. У пациенток основной группы, по данным МРТ и патоморфологического исследования, наиболее важными поражениями плацент явились ишемические и геморрагические повреждения с уменьшением объема плацентарной ткани. Проведенное исследование доказывает, что выявленные структурные изменения плацент по данным МРТ соотносятся с данными патоморфологического исследования.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография плаценты; плацентарная недостаточность; осложнения беременности

Murzina I.S., Putilova N.V., Zyryanov M.N.

Ural Research Institute for Maternal and Child Care, Ekaterinburg, Russia

MAGNETIC RESONANCE AND PATHOMORPHOLOGICAL FEATURES OF PLACENTAL LESIONS IN PLACENTAL INSUFFICIENCY

Magnetic resonance imaging (MRI) of the placenta has been part of the clinical practice of obstetricians and gynecologists and perinatologists for many years. Many studies have shown that pregnancy complicated by placental insufficiency (PN) is associated with an increased risk of perinatal complications.

The aim of the research – to conduct a comparative analysis of the results of MR and pathomorphological examination of placentas in patients with placental insufficiency.

Materials and methods. An open longitudinal cohort comparative study was conducted. The main group ($n = 140$) consisted of patients with pregnancy complicated by PN, at 28-36 weeks gestation and afterbirth. The comparison group ($n = 30$) included patients with the physiological course of pregnancy at the gestation period of 28-36 weeks and afterbirth. All patients underwent ultrasound and MR examination of placentas before delivery, as well as pathomorphological features of placentas were analyzed.

Results. The history of the patients of the main group was statistically significantly more likely than that of the patients of the comparison group to include non-developing pregnancy ($\chi^2 14.003$; OR 6.688; 2.218-20.166; $p < 0.05$), medical abortion

Информация для цитирования:



10.24412/2686-7338-2023-4-4-10



OMAFMN

Мурзина И.С., Путилова Н.В., Зырянов М.Н. МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫЕ И ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ПЛАЦЕНТ ПРИ ПЛАЦЕНТАРНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ //Мать и Дитя в Кузбассе. 2023. №4(95). С. 4-10.



(χ^2 8.102; OR 3.181; 1.048-9.654; $p < 0.05$), surgical delivery (χ^2 4.509; OR 3.600; 1.034-12.977; $p < 0.05$) and diseases of the endocrine (χ^2 17.077; OR 6.370; 2.446-16.590; $p < 0.05$) and urinary systems (χ^2 4.318; OR 4.318; 0.976-19.095; $p < 0.05$). According to the MRI study, heterogeneity of the placenta structure was recorded significantly more often in the main group than in the comparison group (OR 6,632; 1,513-29,067; $p < 0.05$). A small volume of placentas was also diagnosed significantly more often in patients of the main group than in patients of the comparison group (OR 6,304; 0.82-48.479; $p < 0.05$). Areas of diffusion restriction were identified only in the main group in 15.7 % of cases. The pathomorphological study of placental tissue in the patients of the main group allowed to establish morphological criteria for PN: a decrease in placental mass, delayed maturation of chorionic villi, combined vascular circulatory disorders, which corresponds to the picture of changes according to MRI data.

Conclusions. In the patients of the main group, according to MRI and pathomorphological examination, the most important placental lesions were ischemic and hemorrhagic lesions with a decrease in the volume of placental tissue. The conducted study proves that the revealed structural changes of the placenta according to MRI correlate with the data of pathomorphological examination.

Key words: magnetic resonance imaging of the placenta; placental insufficiency; pregnancy complications

В настоящее время плацентарная недостаточность (ПН) связана с различными акушерскими осложнениями и перинатальными исходами [1]. К данным осложнениям относят преэклампсию, задержку роста плода (ЗРП), преждевременные роды и мертворождение [2, 3]. ЗРП – вторая по значимости причина младенческой смертности, что приводит к повышенному риску различных заболеваний в более позднем возрасте из-за феномена «фетального программирования» [3-5]. Частота ПН колеблется от 3-4 % до 45 %, а перинатальная заболеваемость достигает 70 % [6].

С учетом многофакторной этиологии и патогенеза ПН ее диагностика должна быть основана на комплексном обследовании пациентки [7, 8]. Ультразвуковое исследование (УЗИ) – один из наиболее широко распространенных методов диагностики ПН с высоким пространственным и временным разрешением [7, 9, 10]. Необходимо отметить, что УЗИ имеет технические ограничения для визуализации плацент: задняя плацентарная локализация, неправильное членорасположение плода, олигогидрамнион и ожирение матери [11].

В настоящее время МРТ с широким полем зрения и высоким контрастным разрешением позволяет охарактеризовать анатомию плаценты для надлежащего междисциплинарного планирования и ведения беременности [12-14]. МРТ является безопасным и точным методом исследования плацент независимо от телосложения матери (ожирение) или членорасположения плода [15].

По данным Magawa S. и соавт., показано, что уровень оксигенации плацент (BOLD MRI) по данным МРТ у пациенток с ЗРП был ниже, чем в группе с физиологическим течением беременности [16].

Визуализация плаценты привлекает все больше внимания из-за дальнейших негативных последствий для здоровья ребенка. Возможность проведения МРТ плацент для стратификации риска среди беременных с диагнозом ПН остается неизученной [17]. Чтобы расширить знания в этой области крайне важно определить значимость МРТ для диагностики плацентарной недостаточности.

Цель исследования – провести сравнительный анализ результатов магнитно-резонансного и патоморфологического исследования плацент у пациенток с плацентарной недостаточностью.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено открытое продольное когортное сравнительное исследование 140 беременных пациенток с ПН в сроке гестации 28-36 недель и последы (основная группа). В группу сравнения ($n = 30$) вошли пациентки с физиологическим течением беременности в сроке гестации 28-36 недель и последы. Всем пациенткам до родоразрешения проведено ультразвуковое и МР-исследование плацент, а также проанализированы патоморфологические особенности плацент.

Эхографическое исследование плацент выполняли на ультразвуковом аппарате Voluson E8 компании GE Healthcare [18].

МР-исследования плацент проводили на высокопольном МР-томографе General Electric «Signa HDX» с напряженностью поля сверхпроводящего магнита 1,5 Т без контрастного усиления. Все пациентки были информированы о методе исследования, и подписали добровольные согласия о проведении МРТ. Для оценки состояния плацент применяли протокол, основанный на T1 и T2 взвешенных изображениях и DWI, общей продолжительностью от 15 секунд до 3 минут 20 секунд [19]. При исследовании оценивали наличие ишемических и геморрагических очагов, объем и локализацию поражения плацент.

Патоморфологическое исследование плацент проводилось по стандартной методике с использованием микроскопа Axio Scope A1 с фотокамерой Axio CamERc 5s, оснащённого программным обеспечением Axio Vision Rel.4.8.2.

Статистический анализ фактического материала с расчетом средних значений, стандартных отклонений для количественных переменных и частотного распределения для бинарных данных был выполнен с использованием «Microsoft Office, Excel 2016». Тип распределения для непрерывных количественных данных определялся по критерию Шапиро–Уилка. Сравнение непрерывных количественных данных с нормальным (гауссовым) распределением выполнено с использованием t-критерия Стьюдента («Microsoft Office, Excel 2016»). Если распределение данных отличалось от нормального, применялся U-критерий Манна–Уитни. Для сравнения бинарных данных применялся точный критерий Фишера (F-критерий) с последующим расчетом от-

ношения шансов (OR). Критерии Фишера, Манна–Уитни и OR рассчитывались с использованием прикладных программ «STATISTICA 13» и «MedCalc 15.8». Нулевая гипотеза отклонялась при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении анамнеза исследуемых групп были выявлены следующие особенности: возраст пациенток в исследуемых группах колебался от 17 до 47 лет. Пациентки контрольной группы были старше, чем пациентки основной группы (33 ± 7 лет против $31,4 \pm 7,7$ лет), значимо не различались. Средние значения роста тела пациенток основной группы была значимо выше, чем у пациенток контрольной группы ($166 \pm 6,3$ см против 163 ± 8 см, $p < 0,05$). Средние показатели массы и индекса массы тела (ИМТ) пациенток исследуемых групп значимо не различались ($p > 0,05$). У пациенток основной группы чаще регистрировалась избыточная масса тела или ожирение ($ИМТ \geq 25$ кг/м²), но без статистической значимости отличий.

При анализе отягощенного акушерского анамнеза и паритета пациенток исследуемых групп было выявлено, что у пациенток основной группы статистически значимо чаще, чем у пациенток группы сравнения, преобладали неразвивающаяся беременность (χ^2 14,003; OR 6,688; 2,218-20,166; $p < 0,05$), медицинский аборт (χ^2 8,102; OR 3,181; 1,048-9,654; $p < 0,05$) и оперативные роды (χ^2 4,509; OR 3,600; 1,034-12,977; $p < 0,05$). По остальным параметрам пациентки были сравнимы, $p > 0,05$ (табл. 1).

При анализе соматического статуса среди пациенток основной группы относительно пациенток группы сравнения значимо чаще преобладали заболевания эндокринной (χ^2 17,077; OR 6,370; 2,446-16,590; $p < 0,05$) и мочевыводящей (χ^2 4,318; OR 4,318; 0,976-19,095; $p < 0,05$) систем. Пациентки исследуемых групп были сопоставимы по частоте встречаемости хронических заболеваний других органов и систем, $p > 0,05$ (табл. 2).

Кроме того, важно отметить, что у пациенток группы сравнения значимо чаще наблюдалась острая респираторная вирусная инфекция (ОРВИ) при настоящей беременности, чем у пациенток ос-

Таблица 1
Акушерский анамнез пациенток исследуемых групп
Table 1
Obstetric history of patients in the study groups

Исследуемый параметр	Основная группа (n = 140)		Группа сравнения (n = 30)		χ^2	p	OR	95% CI	
	n	%	n	%					
Первородящие	53	37,9	10	33,3	0,217	> 0,05	1,218	0,53	2,801
Повторнородящие	87	62,1	20	66,7	0,217	> 0,05	0,821	0,357	1,887
МногOROжавшие	15	10,7	2	7	0,450	> 0,05	1,680	0,363	7,769
Оперативные роды в анамнезе	40	28,6	3	10	4,509	< 0,05	3,600	1,034	12,977
Медицинский аборт	46	32,9	4	13	8,102	< 0,05	3,181	1,048	9,654
Неразвивающаяся беременность	71	50,7	4	13	14,003	< 0,05	6,688	2,218	20,166
Самопроизвольный выкидыш	30	21,4	2	7	3,523	> 0,05	3,818	0,860	16,947
Преждевременные роды в анамнезе	29	20,7	3	10	1,856	> 0,05	2,351	0,666	8,297

Примечание: χ^2 – критерий хи-квадрат; p – уровень значимости; OR – отношение шансов; 95% CI – доверительный интервал.

Note: χ^2 – chi-square test; p – significance level; OR – odds ratio; 95% CI – confidence interval.

Таблица 2
Структура сопутствующих экстрагенитальных заболеваний у пациенток групп наблюдения
Table 2
Structure of concomitant extragenital diseases in patients of the studied groups

Исследуемый параметр	Основная группа (n = 140)		Группа сравнения (n = 30)		χ^2	p	OR	95% CI	
	n	%	n	%					
Заболевания сердечно-сосудистой системы	49	35	7	23	1,522	> 0,05	1,769	0,709	4,415
Заболевания органов дыхания	15	10,7	1	3	1,579	> 0,05	3,480	0,442	27,419
Заболевания эндокринной системы	86	61,4	6	20	17,077	< 0,05	6,370	2,446	16,590
Заболевания мочевыводящей системы	33	23,6	2	7	4,318	< 0,05	4,318	0,976	19,095
Заболевания желудочно-кишечного тракта	37	26,4	6	20	0,540	> 0,05	1,437	0,545	3,792

Примечание: χ^2 – критерий хи-квадрат; p – уровень значимости; OR – отношение шансов; 95% CI – доверительный интервал.

Note: χ^2 – chi-square test; p – significance level; OR – odds ratio; 95% CI – confidence interval.

новой группы (50 % против 15,7 %; χ^2 17,056; OR 0,792; 0,347-1,804; $p < 0,05$). По остальным параметрам акушерских осложнений при настоящей беременности пациентки были сопоставимы, $p > 0,05$ (табл. 3).

По данным МРТ неоднородность структуры плацент регистрировалась значимо чаще в основной группе (32,1 %), чем в группе сравнения (7 %) (χ^2 8,016; OR 6,632; 1,513-29,067; $p < 0,05$). Малый объем плацент диагностирован значимо чаще у пациенток основной группы, чем у пациенток группы сравнения (17,9 % против 3 % случаев соответственно), (χ^2 4,023; OR 6,304; 0,82-48,479; $p < 0,05$). Обращает на себя внимание внешний вид плацент при Т-2 взвешенной визуализации, характеризующийся изменением формы (ближе к шаровидной) и уменьшением толщины плаценты к ее объему (рис. 1).

Диффузно-взвешенная визуализация (DWI) обладает высокой чувствительностью для выявления патологических очагов, так как полученные изображения отличаются пространственным разрешением различных областей. Таким образом, участки ограничения диффузии были выявлены только в основной группе в 15,7 % случаев. Основными повреждениями плацент в основной группе явились геморрагические (гематомы) и ишемические (инфаркты) поражения. Гематомы плацент в основной группе диагностировались в 12,9 % случаев, очаги инфарктов – в 7,1 % случаев. В группе сравнения поражение плацент не выявлено (рис. 2).

По результатам ультразвукового исследования плацент установлено, что статистически значимых отличий между группами не выявлено. Средние показатели толщины плацент в исследуемых группах были сравнимы, $p > 0,05$. Определение степени зрелости плацент по данным УЗИ составило от $1,9 \pm 0,6$ до $2,0 \pm 0,9$, без статистической значимости отличий. Следует отметить, что при проведении

Рисунок 1
МРТ плаценты пациентки основной группы. Плацента отмечена белой звездой. Внешний вид плаценты характеризуется неоднородностью структуры
Figure 1

MRI of the placenta of a patient of the main group. The placenta is marked with a white star. The appearance of the placenta is characterized by heterogeneity of structure

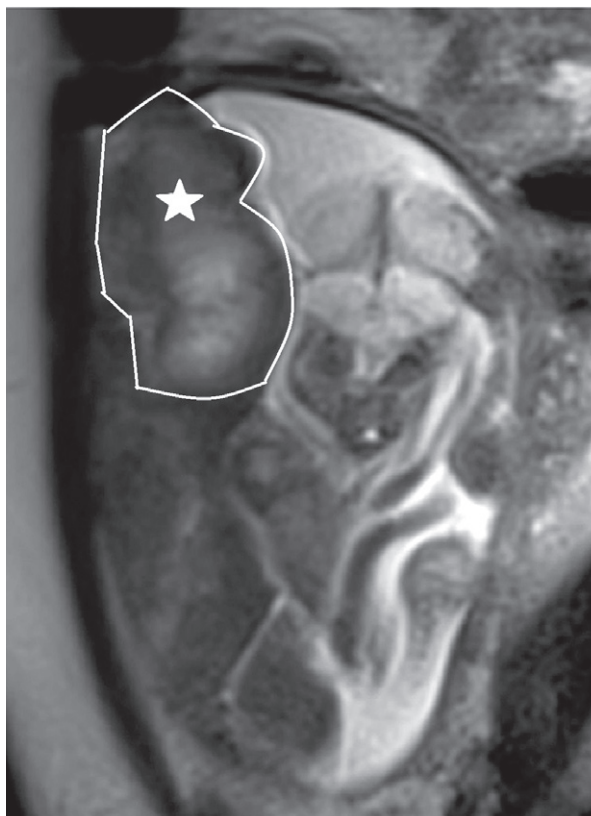


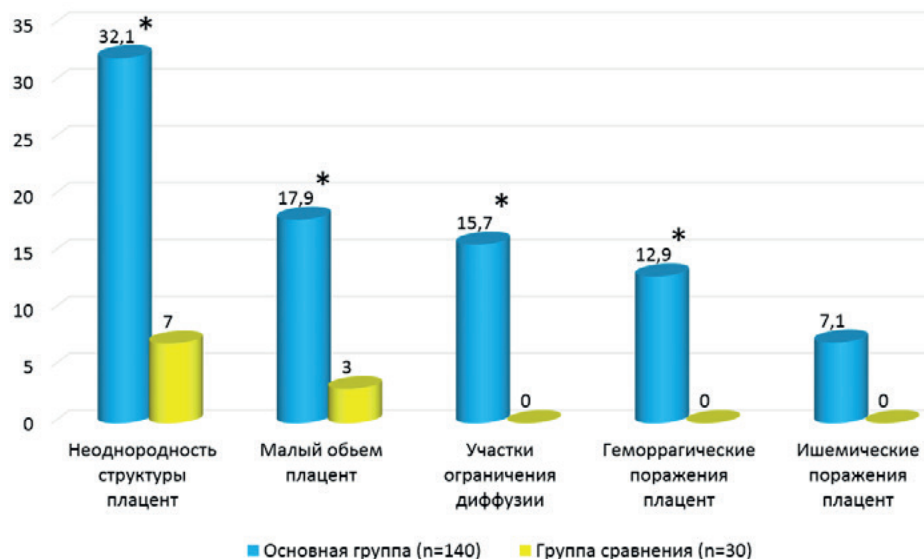
Таблица 3
Акушерские осложнения у обследованных пациенток
Table 3
Obstetric complications in the examined patients

Исследуемый параметр	Основная группа (n = 140)		Группа сравнения (n = 30)		χ^2	p	OR	95% CI	
	n	%	n	%					
Угроза прерывания беременности	44	31,4	11	37	0,310	> 0,05	0,792	0,347	1,804
Острая респираторная вирусная инфекция	22	15,7	15	50	17,056	< 0,05	0,217	0,094	0,502
Анемия	51	36,4	13	43	0,502	> 0,05	0,749	0,337	1,668
Гестационная артериальная гипертензия	22	15,7	3	10	0,643	> 0,05	1,678	0,468	6,015
Внутриутробная инфекция	45	32,1	6	20	1,735	> 0,05	1,895	0,724	4,960
Истмико-цервикальная недостаточность	23	16,4	2	7	1,877	> 0,05	2,752	0,612	12,367
Гестационный пиелонефрит	36	25,7	6	20	0,434	> 0,05	1,385	0,524	3,658
Гестационный сахарный диабет	45	32,1	5	17	5,984	> 0,05	2,368	0,851	6,592

Примечание: χ^2 – критерий хи-квадрат; p – уровень значимости; OR – отношение шансов; 95% CI – доверительный интервал.

Note: χ^2 – chi-square test; p – significance level; OR – odds ratio; 95% CI – confidence interval.

Рисунок 2
МР-исследование
плацент у пациенток
исследуемых групп, %
Figure 2
MR examination
of placentas in patients
of the studied groups, %



эхографического исследования плацент структурных и объёмных образований между группами не выявлено. Точность и чувствительность метода МРТ превалировала над УЗИ. По результатам исследования сделан вывод о высокой эффективности метода МРТ в диагностике плацент при плацентарной недостаточности по сравнению с УЗИ.

По результатам патоморфологии, при макроскопическом исследовании, показатели масс плацент в исследуемых группах имели статистические отличия: в основной группе средняя масса плацент была значительно ниже, чем в группе сравнения: $389,9 \pm 75,8$ г против $433,97 \pm 103,1$ г соответственно ($p < 0,05$). Инфаркты плацентарной ткани на плодовой поверхности у пациенток основной группы верифицированы чаще, чем в группе сравнения: 60 % против 21,1 % соответственно ($\chi^2 0,453$; OR 1,313; 0,594-2,901; $p < 0,05$). Количество котиледонов на материнской поверхности плацентарной ткани в основной группе было значимо уменьшено (61,4 %) или выражено умеренно (30 %), чем в группе сравнения: 3 % и 7 % ($\chi^2 33,372$; OR 46,185; 6,112-348,976; $p < 0,05$ и $\chi^2 7,012$; OR 6,000;

1,367-26,342; $p < 0,05$). В основной группе значимо чаще диагностировались утолщенные оболочки: 99,3 % против 37 % случаев ($\chi^2 93,323$; OR 240,091; 29,326-1965,604; $p < 0,05$) (табл. 4).

При микроскопическом исследовании срезов плацент у пациенток основной группы обращал на себя внимание дефицит терминальных ворсин за счет задержки созревания на стадии промежуточных зрелых ворсин, относительно группы сравнения: 38 % против 80 % соответственно ($\chi^2 57,695$; OR 0,039; 0,014-0,109; $p < 0,05$). В терминальных ворсинах основной группы были локализованы сосуды синусоидного типа с нарушениями кровенаполнения (полнокровие, хорангиоз).

В основной группе пролиферация ворсин регистрировалась значимо чаще (50 %), чем в группе сравнения (10 %) ($\chi^2 1,109$; OR 1,957; 0,550-6,959; $p < 0,05$). Тогда как дистрофические и фибриноидные изменения ворсин плацент группы сравнения превалировали над основной группой: 70 % и 80 % против 48 % и 46 % соответственно ($\chi^2 35,464$; OR 0,089; 0,036-0,217; $p < 0,05$ и $\chi^2 49,914$; OR 0,049; 0,018-0,134; $p > 0,05$) (табл. 5).

Таблица 4
Макроскопическая оценка последов в исследуемых группах
Table 4
Macroscopic evaluation of afterbirth in the study groups

Исследуемый параметр	Основная группа (n = 140)	Группа сравнения (n = 30)	χ^2	OR	95% CI		p
Масса плацент, г (M ± m)	389,9 ± 75,8	457,4 ± 96,3	-	-	-	-	< 0,05
Оболочки умеренно утолщены	139 (99,3 %)	11 (37 %)	93,323	240,091	29,326	1965,604	< 0,05
Плодовая поверхность							
Инфаркты плацентарной ткани, абс. (%)	84 (60 %)	16 (53 %)	0,453	1,313	0,594	2,901	> 0,05
Материнская поверхность							
Количество котиледонов уменьшено, абс. (%)	86 (61,4 %)	1 (3 %)	33,372	46,185	6,112	348,976	< 0,05
Котиледоны выражены умеренно, абс. (%)	42 (30 %)	2 (7 %)	7,012	6,000	1,367	26,342	< 0,05

Примечание: χ^2 – критерий хи-квадрат; p – уровень значимости; OR – отношение шансов; 95% CI – доверительный интервал.

Note: χ^2 – chi-square test; p – significance level; OR – odds ratio; 95% CI – confidence interval.

Таблица 5
Микроскопическая оценка последов в исследуемых группах
Table 5
Microscopic evaluation of the afterbirth in the study groups

Исследуемый параметр	Основная группа (n = 140)		Группа сравнения (n = 30)		χ^2	OR	95% CI		p
	абс.	%	абс.	%					
Зрелые терминальные ворсины	25	50	3	10	1,109	1,957	0,550	6,959	< 0,05
Зрелые терминальные и промежуточные ворсины	19	38	24	80	57,695	0,039	0,014	0,109	< 0,05
Пролиферация ворсин	25	50	3	10	1,109	1,957	0,550	6,959	< 0,05
Дистрофические изменения	24	48	21	70	35,464	0,089	0,036	0,217	< 0,05
Фибриноидные изменения	23	46	24	80	49,914	0,049	0,018	0,134	> 0,05
Хорангиоз ворсин	15	30	22	73	56,893	0,134	0,017	0,115	> 0,05

Примечание: χ^2 – критерий хи-квадрат; p – уровень значимости; OR – отношение шансов; 95% CI – доверительный интервал.

Note: χ^2 – chi-square test; p – significance level; OR – odds ratio; 95% CI – confidence interval.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее важными повреждениями плаценты у пациенток основной группы, по данным МРТ, явились геморрагические и ишемические поражения, приводящие к меньшей диффузионной проводимости и ограниченному кровоснабжению, вследствие дегенерации и рубцевания тканей. По результатам патоморфологического исследования у пациенток этой группы выявлено снижение массы плацент с нарушением соотношения объема капиллярного русла и стромы в незрелых ворсинах, очаги инфарктов

и гематом, что соотносится с данными МРТ. Полученные данные подтверждают значимость МРТ для диагностики плацентарной недостаточности.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Работа выполнена в рамках Государственного задания по научно-исследовательской работе Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES:

- Ramirez Zegarra R, Dall'Asta A, Ghi T. Mechanisms of Fetal Adaptation to Chronic Hypoxia following Placental Insufficiency: A Review. *Fetal Diagn Ther.* 2022; 49(5-6): 279-292. doi: 10.1159/000525717
- Nirupama R, Divyashree S, Janhavi P, Muthukumar SP, Ravindra PV. Preeclampsia: Pathophysiology and management. *J Gynecol Obstet Hum Reprod.* 2021; 50(2): 101975. doi: 10.1016/j.jogoh.2020.101975
- Page JM, Blue NR, Silver RM. Fetal Growth and Stillbirth. *Obstet Gynecol Clin North Am.* 2021; 48(2): 297-310. doi: 10.1016/j.ogc.2021.03.001
- Davenport BN, Wilson RL, Jones HN. Interventions for placental insufficiency and fetal growth restriction. *Placenta.* 2022; 125: 4-9. doi: 10.1016/j.placenta.2022.03.127
- Zur RL, Kingdom JC, Parks WT, Hobson SR. The Placental Basis of Fetal Growth Restriction. *Obstet Gynecol Clin North Am.* 2020; 47(1): 81-98. doi: 10.1016/j.ogc.2019.10.008
- Svirava AM. Placental insufficiency: effect on fetal development and long-term consequences. *Stolypin Bulletin.* 2022; 4(5). Russ (Свирава А.М. Плацентарная недостаточность: влияние на развития плода и отдаленные последствия // Научный сетевой журнал Столыпинский вестник. 2022. Т. 4, № 5.)
- Sun L, Marini D, Saini B, Schrauben E, Macgowan CK, Seed M. Understanding Fetal Hemodynamics Using Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging. *Fetal Diagn Ther.* 2020; 47(5): 354-362. doi: 10.1159/000505091
- Wardinger J.E., Ambati S. Placental Insufficiency. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL). Last Update: October 3, 2022.
- Schiffer V, van Haren A, De Cubber L, Bons J, Coumans A, van Kuijk SM, et al. Ultrasound evaluation of the placenta in healthy and placental syndrome pregnancies: A systematic review. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2021; 262: 45-56. doi: 10.1016/j.ejogrb.2021.04.042
- Hernandez-Andrade E, Huntley ES, Bartal MF, Soto-Torres EE, Tirosh D, Jaiman S, Johnson A. Doppler evaluation of normal and abnormal placenta. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2022; 60(1): 28-41. doi: 10.1002/uog.24816
- Abinader R, Warsof SL. Benefits and Pitfalls of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology. *Obstet Gynecol Clin North Am.* 2019; 46(2): 367-378. doi: 10.1016/j.ogc.2019.01.011
- Aughwane R, Ingram E, Johnstone ED, Salomon LJ, David AL, Melbourne A. Placental MRI and its application to fetal intervention. *Prenat Diagn.* 2020; 40(1): 38-48. doi: 10.1002/pd.5526
- Link D, Many A, Ben Sira L, Tarrasch R, Bak S, Kidron D, et al. Placental vascular tree characterization based on ex-vivo MRI with a potential application for placental insufficiency assessment. *Placenta.* 2020; 101: 252-260. doi: 10.1016/j.placenta.2020.08.001

14. Jacquier M, Arthuis C, Grévent D, Bussièrès L, Henry C, Millischer-Bellaiche AE, et al. Dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging: A review of its application in the assessment of placental function. *Placenta*. 2021; 114: 90-99. doi: 10.1016/j.placenta.2021.08.055
15. Arthuis C, Millischer AE, Bussièrès L, Mahallati H, Henry C, Ville Y, et al. MRI based morphological examination of the placenta. *Placenta*. 2021; 115: 20-26. doi: 10.1016/j.placenta.2021.08.056
16. Magawa S, Nii M, Enomoto N, Takakura S, Maki S, Tanaka H, et al. Evaluation of placental oxygenation in fetal growth restriction using blood oxygen level-dependent magnetic resonance imaging. *Placenta*. 2022; 126: 40-45. doi: 10.1016/j.placenta.2022.06.005
17. Himoto Y, Fujimoto K, Kido A, Otani S, Matsumoto YK, Mogami H, et al. Risk Stratification for Pregnancies Diagnosed with Fetal Growth Restriction Based on Placental MRI. *J Magn Reson Imaging*. 2022; 56(6): 1650-1658. doi: 10.1002/jmri.28298
18. Dawood Y, Buijtdendijk MFJ, Shah H, Smit JA, Jacobs K, Hagoort J et al. Imaging fetal anatomy et al. *Semin Cell Dev Biol*. 2022; 131: 78-92. doi: 10.1016/j.semcdb.2022.02.023
19. Barth R, Victoria T, Kline-Fath B, Estroff J. ISUOG Guidelines for fetal MRI: a response to 3-T fetal imaging and limited fetal exams. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2017; 50(6): 804-805. doi: 10.1002/uog.18946

КОРРЕСПОНДЕНЦИЮ АДРЕСОВАТЬ:

МУРЗИНА Ирина Сергеевна

620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 1, ФГБУ «НИИ ОММ» Минздрава России.

Тел: 8 (3433) 71-87-68 E-mail: happlegirl@yandex.ru

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

МУРЗИНА Ирина Сергеевна, аспирант, врач трансфузиолог отделения переливания крови и гравитационной хирургии, ФГБУ «НИИ ОММ» Минздрава России, г. Екатеринбург, Россия.
E-mail: happlegirl@yandex.ru ORCID: 0000-0001-5312-1445

MURZINA Irina Sergeevna, postgraduate student, transfusiologist of the department of blood transfusion and gravity surgery, Urals Scientific Research Institute for Maternal and Child Care, Ekaterinburg, Russia.
E-mail: happlegirl@yandex.ru ORCID: 0000-0001-5312-1445

ПУТИЛОВА Наталья Викторовна, доктор мед. наук, доцент, руководитель отдела антенатальной охраны плода, ФГБУ «НИИ ОММ» Минздрава России, г. Екатеринбург, Россия.
E-mail: putilova-1959@mail.ru ORCID: 0000-0001-5607-5093

PUTILOVA Natalia Viktorovna, doctor of medical sciences, docent, head of the department of antenatal fetal protection, Urals Scientific Research Institute for Maternal and Child Care, Ekaterinburg, Russia.
E-mail: putilova-1959@mail.ru ORCID: 0000-0001-5607-5093

ЗЫРЯНОВ Максим Николаевич, врач-рентгенолог высшей категории отдела биофизических и лучевых методов исследования, ФГБУ «НИИ ОММ» Минздрава России, г. Екатеринбург, Россия.
E-mail: x.raymax76@gmail.com

ZYRYANOV Maxim Nikolaevich, radiologist of the highest category of the department of biophysical and radiation research methods, Urals Scientific Research Institute for Maternal and Child Care, Ekaterinburg, Russia. E-mail: x.raymax76@gmail.com