

АНТЕНАТАЛЬНАЯ БИОМЕТРИЯ ЛЕГКИХ ПРИ ВРОЖДЕННОЙ ДИАФРАГМАЛЬНОЙ ГРЫЖЕ ПО ДАННЫМ МРТ

Сыркашев Е.М., Солопова А.Е., Быченко В.Г., Буров А.А.,
Подуровская Ю.Л., Гус А.И.

Цель исследования. Оценка взаимосвязи между производными объема легких плода и частотой смертности в постнатальном периоде с определением наиболее прогностически ценных индексов.

Материалы и методы. Проспективное исследование основано на анализе результатов визуальной диагностики и хирургического лечения или данных аутопсии 71 новорожденных с врожденной диафрагмальной грыжей. Всем беременным выполняли магнитно-резонансную томографию (МРТ) с определением отношения объема легких к объему грудной клетки (TLV/ThV), отношения объема легких к объему тела плода (TLV/FBV), отношения наблюдаемого объема легких к ожидаемому объему в зависимости от гестационного возраста (o/e TLV). Для валидации используемых методов в качестве предикторов прогноза были построены гос-кривые, также был проведен корреляционный анализ с постнатальными данными.

Результаты. При показателе o/e TLV, Meyers менее 25% смертность составила 91,7%, при TLV/FBV<0,011 – 80,0%, при TLV/ThV<15% - 77,8%. Площадь под кривой (гос-аус) для o/e TLV составила от 0,760 (Meyers et al) до 0,794 (Osada et al), для TLV/FBV – 0,725, для TLV/ThV – 0,789. Среди выживших новорожденных выявлена отрицательная корреляция между TLV/ThV и количеством дней на момент перехода на энтеральное питание (назогастральный зонд) ($r=-0,554$, $p<0,001$). Для TLV/FBV выявлена отрицательная корреляция с количеством дней на момент перехода на полное энтеральное питание ($r=-0,550$, $p<0,001$) и количеством койко-дней ($r=-0,501$, $p=0,001$). Для отношения o/e TLV, Meyers выявлена отрицательная корреляция с количеством дней на момент отмены поддержки кислородом ($r=-0,565$, $p<0,001$), экстубации ($r=-0,587$, $p<0,001$), перехода на энтеральное питание (назогастральный зонд) ($r=-0,654$, $p<0,001$), полное энтеральное питание ($r=-0,716$, $p<0,001$) и количеством койкодней ($r=-0,626$, $p<0,001$).

Выводы. Полученные данные позволяют использовать производные объема легких в качестве предикторов прогноза врожденной диафрагмальной грыжи. Тяжесть состояния коррелирует с антенатально вычисленными показателями..

Ключевые слова: МРТ плода, врожденная диафрагмальная грыжа (ВДГ), объем легких плода, антенатальная диагностика, отношение наблюдаемого к ожидаемому объему легких плода.

Контактный автор: Сыркашев Е.М., e-mail: egorsrkshv@mail.ru

Для цитирования: Сыркашев Е.М., Солопова А.Е., Быченко В.Г., Буров А.А., Подуровская Ю.Л., Гус А.И. Антенатальная биометрия легких при врожденной диафрагмальной грыже по данным МРТ. REJR 2020; 10(4):169-178. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-4-169-178.

Статья получена: 09.06.20

Статья принята: 22.09.20

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. академика В.И. Кулакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

FETAL PULMONARY BIOMETRY IN CONGENITAL DIAPHRAGMAL HERNIA USING MRI

Syrkashev E.M., Solopova A.E., Bychenko V.G., Burov A.A.,
Podurovskaya Y.L., Gus A.I.

Purpose. To evaluate correlation between fetal lung volume indices and mortality rate in postnatal period with determination the most prognostically valuable methods.

Materials and methods. Prospective study based on analysis of MR-imaging and surgical treatment or autopsy data of 71 newborns with congenital diaphragmatic hernia (CDH). All pregnant women underwent MRI to determine the lung to thorax volume ratio (TLV/ThV), lung to fetal body volume ratio (TLV / FBV), observed to expected lung volume (o/e TLV). Roc-curves were performed. Correlation analysis with postnatal data was carried out.

Results. With o/e TLV, Meyers less than 25%, the mortality rate was 91.7%, with TLV/FBV<0.011 - 80.0%, with TLV/ThV<15% - 77.8%. ROC-AUC for o/e TLV ranged from 0.760 (Meyers et al) to 0.794 (Osada et al), for TLV/FBV - 0.725, for TLV/ThV - 0.789. Among survivors negative correlation was found between TLV/ThV and days at the time of enteral feeding (nasogastric tube) ($r = -0.554$, $p < 0.001$). For TLV/FBV negative correlation was found with the number of days at the time of full enteral feeding ($r = -0.550$, $p < 0.001$) and the number of bed-days ($r = -0.501$, $p = 0.001$). For o/e TLV, Meyers there was negative correlation with days at the time of withdrawal oxygen supply ($r = -0.565$, $p < 0.001$), extubation ($r = -0.587$, $p < 0.001$), switching to enteral nutrition (nasogastric tube) ($r = -0.654$, $p < 0.001$), full enteral feeding ($r = -0.716$, $p < 0.001$) and number of bed-days ($r = -0.626$, $p < 0.001$).

Conclusions. Findings suggest to use lung volume indices as predictors of mortality and severity in newborns with CDH.

Keywords: fetal MRI, congenital diaphragmatic hernia (CDH), fetal lung volume, prenatal imaging, observed to expected fetal lung volume.

Corresponding author: Syrkashev E.M., e-mail: egorsrkshv@mail.ru

For citation: Syrkashev E.M., Solopova A.E., Bychenko V.G., Burov A.A., Podurovskaya Y.L., Gus A.I. Fetal pulmonary biometry in congenital diaphragmal hernia using MRI. REJR 2020; 10(4):169-178. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-4-169-178.

Received: 09.06.20

Accepted: 22.09.20

Врожденная диафрагмальная грыжа (ВДГ) является относительно распространенным пороком развития и встречается с частотой 1 на 2500-3000 новорожденных [1-5]. Среди плодов с ВДГ одной из основных причин высокой неонатальной смертности является гипоплазия легких и ассоциированная форма тяжелой легочной гипертензии [6]. Тяжесть этих проявлений связана с размером дефекта диафрагмы и степенью интраторакального смещения органов брюшной полости [4, 7, 8]. Выживаемость при данной патологии составляет не более 50-70% [1, 9, 10]. Своевременное антенатальное определение групп высокого риска имеет основополагающее значение в планировании возможных исходов беременности и про-

ведении дополнительных методов интенсивной терапии в родильном зале и на этапе предоперационной подготовки.

Приблизительно в 70% случаев диагноз ВДГ устанавливается антенатально по данным эхографии, что диктует необходимость своевременной оценки вероятных исходов заболевания [11]. Одним из наиболее популярных методов оценки постнатального прогноза при диафрагмальной грыже является вычисление легочно-головного отношения (ЛГО), в том числе нормированного по гестационному сроку, путем умножения максимальных диаметров здорового легкого и соотношения полученного показателя с окружностью головы [12, 13]. Другим методом является вычисление индекса компрессии сердца (ИКС), который вычисляется как отно-

National medical research center for obstetrics, gynecology and perinatology. Moscow, Russia.

шение длины сердца к его толщине на уровне четырехкамерного среза сердца. ИКС не зависит от срока беременности, а также имеет достаточно высокую прогностическую точность по данным, полученным в нашем центре [14]. У здоровых плодов этот показатель варьирует в пределах 1,0-1,2, среди плодов с ВДГ в зависимости от тяжести состояния – 1,1-1,9 [15].

При сравнении точности предикции выживаемости пренатальной МРТ и эхографии зарубежные исследования демонстрируют противоречивые данные [16-18]. К преимуществам антенатальной МРТ следует отнести возможность точной идентификации и определения степени экстензии печени, что в совокупности с измерением объема легких улучшает точность прогноза [19]. МРТ органов грудной клетки плода широко используется в качестве дополнительного к эхографии метода обследования при врожденных пороках развития данной области. При этом широкое применение МРТ в прогнозировании исходов несколько ограничено на фоне относительной новизны использования данной модальности при ВДГ плода в РФ.

Цель исследования.

Оценка взаимосвязи между производными объема легких плода и частотой смертности в постнатальном периоде с определением наиболее прогностически ценных индексов.

Материалы и методы.

Исследование основано на анализе результатов визуальной диагностики и хирургического лечения или данных аутопсии новорожденных детей с врожденной диафрагмальной грыжей доношенного или «позднего» недоношенного срока гестации (срок беременности от 35 недель до 40 недель), наблюдавшихся в отделении хирургии новорожденных Института неонатологии и педиатрии ФГБУ «НМИЦ АГП им В.И. Кулакова» Минздрава России с 2018 по 2020 год. Во всех случаях диагноз врожденная диафрагмальная грыжа был поставлен антенатально по данным эхографии. Далее всем беременным проводилась МРТ с выполнением основных показателей прогнозирования исходов ВДГ плода (в том числе отношение объема легких к объему грудной клетки (TLV/ThV – total lung volume/thorax volume), отношение объема легких к объему тела плода (TLV/FBV – total lung volume/full body volume), отношение наблюдаемого объема легких к ожидаемому объему в зависимости от гестационного возраста (o/e TLV – observed to expected total lung volume).

Исследование было одобрено этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ АГП им. В.И. Кулакова» Минздрава России. В результате проведенного проспективного исследования из 92 беременных было 21 в связи с несоответствием критериям включения. Для финального анализа

было отобрано 71 женщин, подписавших добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии включения в исследование:

- женщины на сроке беременности от 18 недель с ВДГ плода;
- одноплодная беременность;
- подписанное информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии исключения из исследования:

- тяжелая степень преэклампсии;
- задержка внутриутробного развития плода;
- внутриутробные инфекции;
- сочетанные аномалии развития;
- многоплодная беременность;
- тяжелая соматическая патология;
- отсутствие верификации диагноза;
- стандартные противопоказания к проведению МРТ;
- хромосомная патология плода.

Методика вычисления наблюдаемого объема легких к ожидаемому объему в зависимости от гестационного возраста (o/e TLV,%).

Общий (наблюдаемый) объем легких (oTLV) определяли как сумму объемов правого и левого легких, вычисленных с помощью ручного выделения зон интереса и суммирования выделенных областей (рис. 1). В зону интереса не включали основные сосуды легочных ворот. Плоскость сканирования для определения зон интереса выбирали на основании наилучшего качества изображения (в подавляющем большинстве случаев – фронтальная плоскость). Объем легких измеряли в см³ (мл).

Отношение наблюдаемого к ожидаемому объему легких определяли как отношение общего (наблюдаемого) объема легких к ожидаемому объему, вычисленному по формуле, и умноженному на 100 [20-22]. Таким образом отношение наблюдаемого к ожидаемому объему легких выражается в % и отражает процент объема легких от должного объема соответственно сроку беременности.

Методика вычисления отношения объема легких к объему грудной клетки (TLV/ThV).

Объем легких (TLV) определяли по вышеописанной методике. Объем грудной полости (ThV) определяли с помощью экстраполяции уровня диафрагмы на контралатеральную сторону (рис. 2). В грудную клетку включали все органы грудной полости за исключением позвоночника. Плоскость сканирования для определения зон интереса выбирали на основании наилучшего качества изображения (в подавляющем большинстве случаев – фронтальная плоскость).

Методика вычисления отношения объема легких к объему тела плода (TLV/FBV)

Объем легких (TLV) определяли по выше

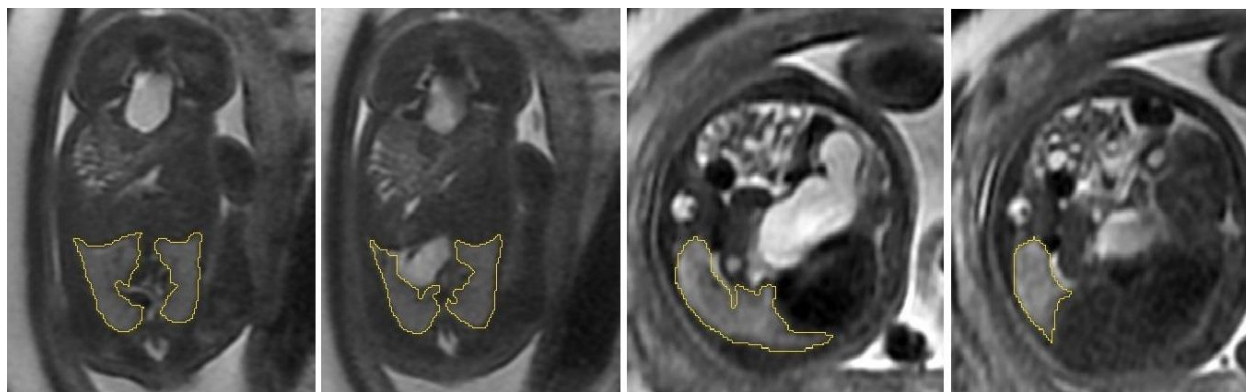


Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. МРТ, T2-ВИ, фронтальная и аксиальная плоскости.

Пример выделения зон интереса на уровне правого и левого легких плода.

Fig. 1. MRI. T2-WI, frontal and axial planes.

Example of measuring fetal lungs (ROI).

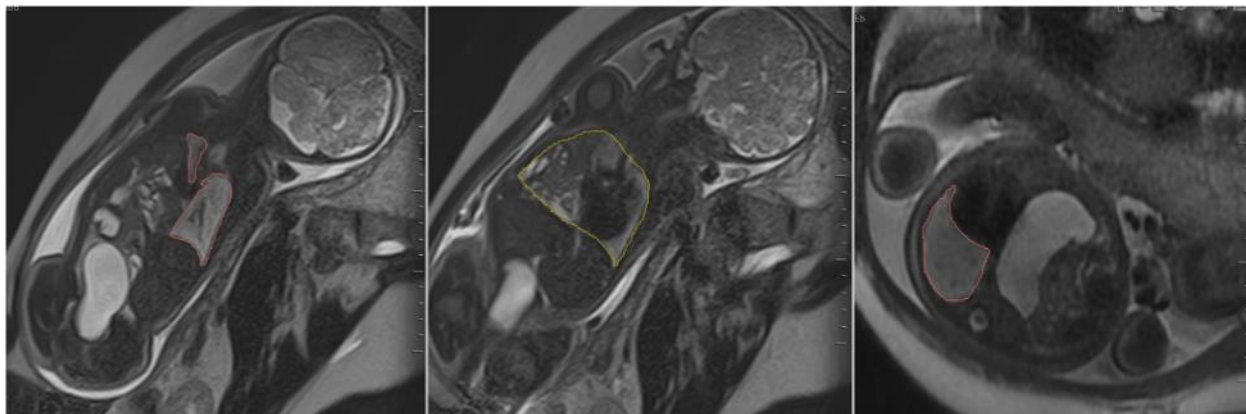


Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. МРТ, T2-ВИ, фронтальная и аксиальная плоскости.

Пример выделения зон интереса на уровне правого и левого легких и грудной клетки плода.

Fig. 2. MRI. T2-WI, frontal and axial planes.

Example of measuring fetal thorax and lungs (ROI).

описанной методике. Объем тела плода (FBV) определяли с помощью выделения зон интереса и суммирования выделенных областей. В зону интереса не включали объем пуповины (рис. 3).

Протокол МРТ.

Все исследования были проведены на томографе Toshiba 1,5T. Всем пациентам были выполнены одни и те же сверхбыстрые импульсные последовательности с получением T1 и T2 ВИ в аксиальной, сагиттальной и фронтальной проекциях. Толщина среза 4-7 мм, расстояние между срезами – 0-1 мм. Матрица – 280x192-320x320. FOV - 400x400мм. Среди всех пациентов параметры сканирования были идентичны.

Статистический анализ проводили с по-

мощью пакета статистических программ STATISTICA 10, IBM SPSS Statistics 23 (США).

Результаты.

Среди новорожденных преобладало наличие доношенных детей, 30 (42,3%) девочек, 41 (57,7%) мальчиков. По типу родоразрешения - преимущественно самопроизвольные роды, кесарево сечение проводилось по акушерским показаниям или показаниям со стороны матери. В 63 (88,7%) случаях наблюдались левосторонние дефекты диафрагмы, правосторонние – в 8 (11,3%); по типу ВДГ: ложные дефекты в 64 (90,1%) случаях, истинные – в 7 (9,9%). В 37 (52,1%) случаях ВДГ сопровождалась смещением печени (табл. 1).

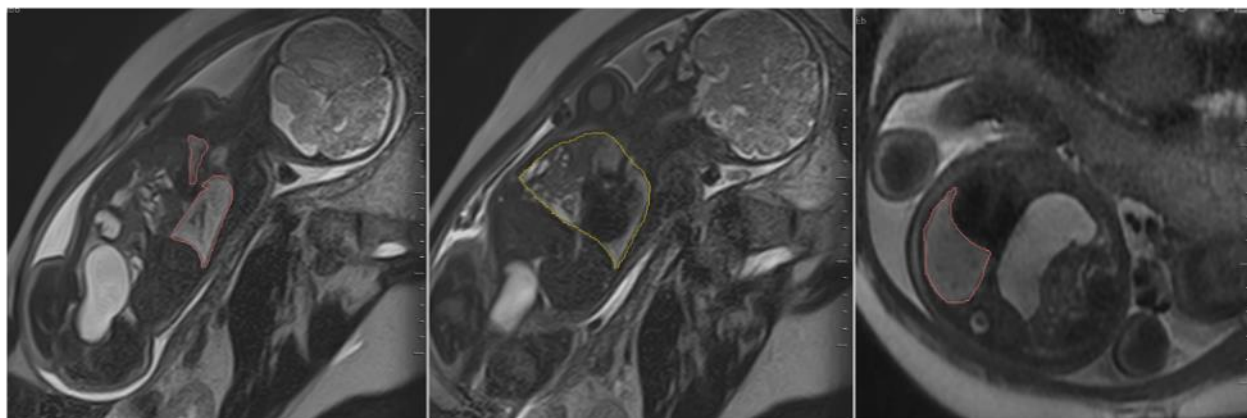


Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. МРТ. T2-ВИ, фронтальная и сагиттальные плоскости.

Пример выделения зон интереса на уровне тела плода.

Fig. 3. T2-WI, frontal and sagittal planes.

Example of measuring fetal body (ROI).

Таблица №1. Характеристика врожденной диафрагмальной грыжи.

Показатели	Всего (N=71)	
	Абс.	(%)
Сторона ВДГ		
Левосторонняя	63	88,7
Правосторонняя	8	11,3
Тип ВДГ		
Ложная	64	90,1
Истинная	7	9,9
Положение печени		
Смещение печени	37	52,1
Без смещения печени	34	47,9

При сравнении абсолютных значений объема легких, среди выживших детей наблюдались достоверно более высокие показатели – 31,0 мл (22,5-41,1), соответствующие показатели для умерших детей составили 19,3 мл (12,9-25,7) ($p < 0,001$). Среди выживших новорожденных наблюдались более высокие показатели наблюдаемого объема легких к ожидаемому объему (o/e TLV): Meyers – 43,77 (35,73-53,19), Osada 73,1 (61,7-97,5), Rypens – 43,45 (37,22-54,44). Более высокие показатели отношения объема легких к объему тела плода (TLV/FBV) – 0,018 (0,015-0,021) и отношения объема легких к объему грудной клетки TLV/ThV – 23,21 (18,68-27,78). Медиана количества дней на момент экстубации среди выживших новорожденных составила 14,0 (11,0-20,0), на момент отмены поддержки кислородом – 15,0 (12,0-22,0) дней, на момент перехода на энтеральное питание (назогастральный зонд) – 15,0 (12,0-

20,5) дней, на момент перехода на полное энтеральное питание (без использования назогастрального зонда) – 27,0 (22,5-36,5) дней. Количество проведенных койко-дней в стационаре среди выживших новорожденных составило 34,0 (28,5-51,5). При неблагоприятном исходе смерть наступила на 5 (2,00-8,00) день. Средние значения основных показателей представлены в таблице 2.

Среди выживших новорожденных статистический анализ выявил стойкую отрицательную корреляцию между отношением объема легких к объему грудной клетки (TLV/ThV) и количеством дней на момент перехода на энтеральное питание (назогастральный зонд) ($r = -0,554$, $p < 0,001$).

Для отношения объема легких к объему тела плода (TLV/FBV) выявлена отрицательная корреляция с количеством дней на момент перехода на полное энтеральное питание ($r =$

Таблица №2. Средние значения по всем показателям.

Показатели	Выжившие (n=36)	Умершие (n=35)	p
Объем легких (TLV), мл	31,0 (22,5-41,1)	19,3 (12,9-25,7)	<0,001
o/e TLV, % Meyers	43,77 (35,73-53,19)	31,611 (20,92-38,51)	<0,001
o/e TLV, % Osada	73,1 (61,7-97,5)	57,51 (37,85-65,59)	<0,001
o/e TLV, % Rypens	43,45(37,22-54,44)	31,64 (21,48-40,01)	<0,001
TLV/FBV	0,018 (0,015-0,021)	0,014 (0,010-0,017)	0,001
TLV/ThV, %	23,21 (18,68-27,78)	15,57 (12,22-18,88)	<0,001
Масса плода на момент родоразрешения, г	3303 (2990-3792)	3104 (2740-3298)	0,018
*Срок гестации, нед (постановка диагноза)	30,64 (22,0-32,64)	22,0 (19,71-26,0)	0,001
*Срок гестации, нед (родоразрешение)	39,42 (38,28-40,07)	39,14 (37,0-40,14)	0,796
*Дней на момент оперативного вмешательства	4,0 (3,0-6,5)	1,22±3,59**	<0,001
*Дней на момент экстубации	14,0 (11,0-20,0)	-	-
*Дней на момент отмены поддержки кислородом	15,0 (12,0-22,0)	-	-
*Дней на момент энтерального питания (назогастральный зонд)	15,0 (12,0-20,5)	-	-
*Дней на момент полного энтерального питания	27,0 (22,5-36,5)	-	-
*Количество койко-дней	34,0 (28,5-51,5)	5,0 (2,0-8,0)	<0,001

*данные представлены как медиана (интерквартильный размах), p - тест Манна-Уитни
 **данные представлены как средние ± стандартное отклонение (5 плодов умерли после оперативного вмешательства).

0,550, p<0,001) и количеством койко-дней (r=-0,501, p=0,001).

Для отношения наблюдаемого объема легких к ожидаемому объему, нормированного по формуле Meyers et al (o/e TLV, Meyers), выявлена стойкая отрицательная корреляция с количеством дней на момент отмены поддержки кислородом (r=-0,565, p<0,001), экстубации (r=-0,587, p<0,001), перехода на энтеральное питание (назогастральный зонд) (r=-0,654, p<0,001), полное энтеральное питание (r=-0,716, p<0,001) и количеством проведенных койкодней (r=-0,626, p<0,001).

Для отношения наблюдаемого объема легких к ожидаемому объему, нормированного по формуле Rypens et al (o/e TLV, Rypens), выявлена отрицательная корреляция с количеством дней на момент отмены поддержки кислородом (r=-0,567, p<0,001), экстубации (r=-0,586, p<0,001), перехода на энтеральное питание (назогастральный зонд) (r=-0,677, p<0,001), перехода на полное энтеральное питание (r=-0,724, p<0,001) и количеством проведенных койкодней (r=-0,672, p<0,001).

Для отношения наблюдаемого объема легких к ожидаемому объему, нормированного по формуле Osada et al (o/e TLV, Osada), выявлена

отрицательная корреляция с количеством дней на момент проведения операции (r=-0,528, p<0,001), отмены поддержки кислородом (r=-0,572, p<0,001), экстубации (r=-0,554, p<0,001), перехода на энтеральное питание (назогастральный зонд) (r=-0,691, p<0,001), полное энтеральное питание (r=-0,723, p<0,001) и количеством койкодней (r=-0,723, p<0,001).

Остальные пары зависимых продемонстрировали относительно слабую корреляционную связь (r=0,383-0,487).

С целью валидации предложенных методик вычисления производных объема легких в качестве предикторов неблагоприятного прогноза были построены соответствующие госкривые (рис. 3). Площадь под кривой для отношения наблюдаемого объема легких к ожидаемому объему, нормированного по формуле Osada et al, составила 0,794, по формуле Rypens et al – 0,782, Meyers et al – 0,760, для отношения объема легких к объему тела плода (TLV/FBV) – 0,725, для отношения объема легких к объему грудной клетки (TLV/ThV) – 0,789.

Анализ частоты смертности в зависимости от показателей индексов пренатальной диагностики представлен в таблице 3.

Обсуждение.

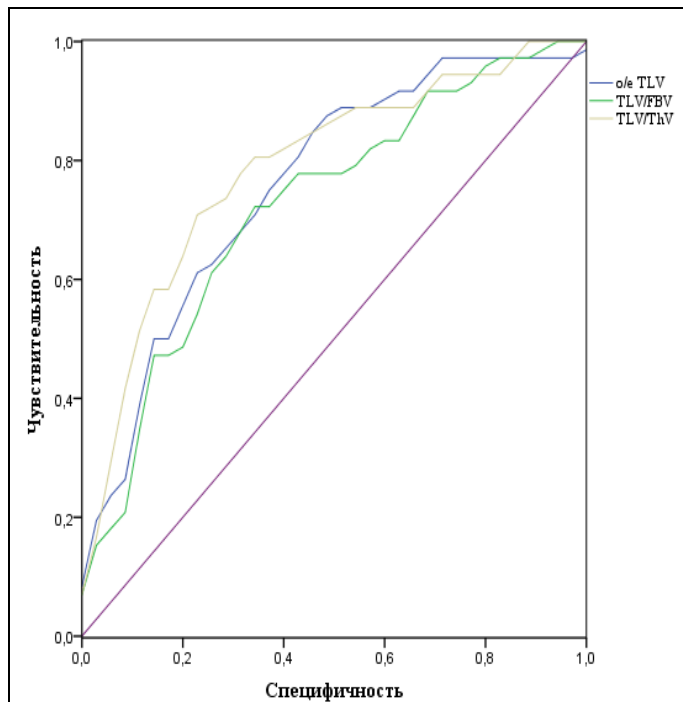


Рис. 4 (Fig. 4)

Рис. 4. Roc-кривые для отношения наблюдаемого объема легких к ожидаемому объему (o/e TLV, Meyers), отношения объема легких к объему тела плода (TLV/FBV), отношения объема легких к объему грудной клетки (TLV/ThV).

Fig. 4. Roc-curves of the ratio of observed lung volume to expected volume (o/e TLV, Meyers), the ratio of lung volume to fetal body volume (TLV/FBV), the ratio of lung volume to chest volume (TLV/ThV).

Фетальная МРТ широко используются в качестве уточняющего метода оценки состояния легких плода [4, 20, 23]. Внедрение МРТ в клиническую практику позволило оптимизировать диагностику ВДГ, в частности при сомнительных результатах эхографии, при наличии не только правосторонних (эхогенность печени и легких значительно не различается), но и левосторонних дефектов диафрагмы (при наличии смещения селезенки кзади от левого предсердия), выраженном ожирении у обследуемой, мало- или многоводии или «неудобном» положении плода на поздних сроках гестации [24-27].

Известно, что объем легких плода на протяжении беременности меняется. Для правильной интерпретации полученного объема, данные цифры должны быть нормированы либо по гестационному возрасту, либо по весу плода. С целью изучения этой взаимосвязи было выполнено множество исследований, однако их результаты между собой значительно разнятся [20, 22, 28-33]. Deshmukh et al провели сравнительный анализ воспроизводимости предложенных подходов и выяснили, что полученные показатели объема в зависимости от срока беременности по данным различных авторов значительно варьируют, что, вероятно, связано с различными подходами к измерению объема легких [29]. Кроме того в различных исследованиях используется разное количество и распределение плодов по гестационному сроку [20, 32]. При этом значительно позже было показано, что ни толщина срезов, ни плоскость сканирования не влияют на воспроизводимость применяемых методик [21, 33].

Несмотря на то, что формула Rypens et al.

Таблица №3. Частота смертности в зависимости от индексов.

Показатели	Значение, %	Частота смертности, %
o/e TLV, Osada et al	<40	90%
	40-70	59,4%
	>70	24,1%
o/e TLV, Rypens et al	<30	85%
	30-50	41,2%
	>50	23,5%
o/e TLV, Meyers et al	<25	91,7%
	25-40	56,7%
	>40	23,3%
TLV/FBV	<0,011	80,0%
	0,011-0,018	51,5%
	>0,018	26,1%
TLV/ThV	<15%	77,8
	15-25%	47,5
	>25%	15,4

до настоящего времени использовалась наиболее часто, в ее расчете имеются определенные недостатки: относительно небольшая выборка и малое количество плодов на ранних сроках беременности. В связи с этим мы считаем целесообразным использование расчета нормального объема легких, предложенного Meyers et al. в 2018 году [21]. При разработке данной формулы ($FLV=0,000865*GA^{3,254}$) были рассчитаны объемы легких 665 плодов без патологии легких на сроке беременности от 18 до 38 недель. К основным преимуществам данного исследования следует отнести большое количество плодов с наличием соизмеримого количества примеров по различным срокам беременности, что исключает подход Rупens et al, основанный на экстраполяции данных, полученных на плодах преимущественно III-го триместра беременности, на более ранние сроки. В нашем исследовании площадь под кривой при гос-анализе для о/е TLV, Meyers оказалась незначительно ниже, чем о/е TLV, нормированного по формуле Rупens et al. Данная закономерность, вероятно, связана с преобладанием в выборке плодов на более поздних сроках гестации. Таким образом по своей информативности формулы сопоставимы между собой, но при анализе данных плодов до 27 недель гестации более предпочтителен метод Meyers et al. При анализе значений наблюдаемого к ожидаемому объему легких, нормированному по формуле Osada et al, выяснилось, что по нашим данным среди плодов с ВДГ соответствующие показатели в 10 случаев

превышали 95% при отсутствии признаков крупного к сроку гестации плода. В некоторых работах было показано, что вычисление объема легких на основании гестационного возраста может быть не точным, так как ожидаемые объемы легкого с большей вероятностью коррелируют с размером плода, а не сроком беременности [34-36]. В работе Varnewolt et al. прогнозируемый объем легких для каждого плода определялся субтракцией объема средостения от общего объема грудной клетки [34]. Данные подходы более актуальны в случае крупных или малых к сроку гестации плодов, а с учетом их малого количества в рутинной практике эти методы используются редко [18].

В целом, полученные нами данные согласуются с общемировыми, что позволяет использовать вышеописанные методы в клинической практике. При этом определение прогноза при ВДГ должно быть основано не только на вычислении объема легких плода, но и на степени смещения печени (которая в свою очередь определяет степень сдавления и ассоциированной гипоплазии легкого). Многофакторная оценка является одним из ключевых моментов в предикции исходов заболевания.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список Литературы:

- [1] J. T. T. Petroze, G. Caminsky. Prenatal prediction of survival in congenital diaphragmatic hernia: An audit of postnatal outcome. *Psychol. Bull.* 2019; 126 (1): 21.
- [2] S. Levesque, D. Derraugh, Schantz, Morriss. The presence of a hernia sac in isolated congenital diaphragmatic hernias associated with less disease severity: A retrospective cohort study. *Psychol. Bull.* 2019; 126 (1): 21.
- [3] T. Hattori et al. The relationship between three signs of fetal magnetic resonance imaging and severity of congenital diaphragmatic hernia. *J. Perinatol.* 2017; 37 (3): 265-269.
- [4] A. G. Cordier, F. M. Russo, J. Deprest, and A. Benachi. Prenatal diagnosis, imaging, and prognosis in Congenital Diaphragmatic Hernia. *Semin. Perinatol.* 2020; 44 (1): 511-63.
- [5] B. P. Brown et al. A multifactorial severity score for left congenital diaphragmatic hernia in a high-risk population using fetal magnetic resonance imaging. *Pediatr. Radiol.* 2019; 49 (13): 1718-1725.
- [6] U. N. Tumanova, N. S. Serova, V. G. Bychenko, and A. I. Shchegolev. Possibilities of postmortem radiological studies for evaluation of lung lesions. *Russ. Electron. J. Radiol.*, 2018; 8 (2): 198-221.
- [7] E. R. Oliver et al. Congenital diaphragmatic hernia sacs: prenatal imaging and associated postnatal outcomes, 2019.
- [8] E. Spaggiari, J. Stirnemann, J. Bernard, and L. D. E. Saint Blanquat, Prognostic value of a hernia sac in congenital diaphragmatic hernia. 2012; 286-290.
- [9] T. A. Morgan, D. J. Shum, A. M. Basta, and R. A. Filly. Prognosis in Congenital Diaphragmatic Hernia Diagnosed During Fetal Life. *J. Fetal Med.* 2017; 4 (2): 57-63.
- [10] D. Basurto et al. Prenatal diagnosis and management of congenital diaphragmatic hernia. *Best Pract. Res. Clin. Obstet. Gynaecol.*, 2018.
- [11] J. C. E. Wright, J. L. S. Budd, D. J. Field, and E. S. Draper. Epidemiology and outcome of congenital diaphragmatic hernia: a 9-year experience. *Paediatr. Perinat. Epidemiol.* 2011; 25 (2): 144-149.
- [12] A. P. Metkus, R. A. Filly, M. D. Stringer, M. R. Harrison, and N. S. Adzick. Sonographic predictors of survival in fetal diaphragmatic hernia. *J. Pediatr. Surg.* 1996; 31 (1): 142-148.
- [13] A. Benachi, A.-G. Cordier, M. Cannie, and J. Jani. Advances in prenatal diagnosis of congenital diaphragmatic hernia. *Semin. Fetal Neonatal Med.* 2014; 19 (6): 331-337.
- [14] А. А. Буров. Совершенствование анестезиологической помощи детям с врожденной диафрагмальной грыжей в условиях перинатального центра, 2019.
- [15] Б. Демидов, Машинец, Подуровская. Врожденная диафрагмальная грыжа плода - возможности ультразвуковой диагностики и прогнозирование постнатального исхода. *Акушерство и гинекология.* 2014; 4: 38-45.
- [16] M. A. Alfaraj et al. Congenital diaphragmatic hernia: lung-to-

head ratio and lung volume for prediction of outcome. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2011; 205 (1): 43.

[17] M. Bebbington et al. Comparison of ultrasound and magnetic resonance imaging parameters in predicting survival in isolated left-sided congenital diaphragmatic hernia. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2014; 43 (6): 670–674.

[18] V. Nunez et al. The role of fetal magnetic resonance imaging in the study of congenital diaphragmatic hernia. *Cir. Pediatr.* 2018; 31 (1): 15-20.

[19] R. Ruano et al. Fetal lung volume and quantification of liver herniation by magnetic resonance imaging in isolated congenital diaphragmatic hernia. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2014; 43 (6): 662-669.

[20] F. Rypens et al. Fetal lung volume: estimation at MR imaging-initial results. *Radiology.* 2001; 219 (1): 236-241.

[21] M. L. Meyers, J. R. Garcia, K. L. Blough, C. I. Cassidy, and A. R. Mehollin-ray. Fetal Lung Volumes by MRI: Normal Weekly Values From 18Through 38 Weeks' Gestation. 2018; 1-7.

[22] H. Osada, K. Kaku, K. Masuda, Y. Iitsuka, K. Seki, and S. Sekiya. Quantitative and Qualitative Evaluations of Fetal Lung with MR Imaging. *Radiology.* 2004; 231 (3): 887-892,.

[23] G. Gorincour et al. Prenatal prognosis of congenital diaphragmatic hernia using magnetic resonance imaging measurement of fetal lung volume. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2005; 26 (7): 738-744.

[24] K. S. Heling, R. R. Wauer, H. Hammer, R. Bollmann, and R. Chaoui. Reliability of the lung-to-head ratio in predicting outcome and neonatal ventilation parameters in fetuses with congenital diaphragmatic hernia. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2005; 25 (2): 112-118.

[25] A. M. Basta, L. A. Lusk, R. L. Keller, and R. A. Filly. Spleen Behind the Heart Complicates Lung-to-Head Ratio Measurement in Left-Sided Congenital Diaphragmatic Hernia. *J. Ultrasound Med.* 2016; 35 (12): 2717-2721.

[26] K. A. Bu, A. K. Kilian, T. Schaible, C. Weiss, and K. W. Neff. Reliability and Validity of MR Image Lung Volume Measurement in Fetuses with Hernia and in Vitro Lung Models 1 Purpose: Methods: Results: Conclusion. 2008; 246 (2): 553-561.

References:

[1] J. T. T.Petroze, G.Caminsky. Prenatal prediction of survival in congenital diaphragmatic hernia: An audit of postnatal outcome. *Psychol. Bull.* 2019; 126 (1): 21.

[2] S. Levesque, Derraugh, Schantz, Morriss. The presence of a hernia sac in isolated congenital diaphragmatic hernias associated with less disease severity: A retrospective cohort study. *Psychol. Bull.* 2019; 126 (1): 21.

[3] T. Hattori et al. The relationship between three signs of fetal magnetic resonance imaging and severity of congenital diaphragmatic hernia. *J. Perinatol.* 2017; 37 (3): 265-269.

[4] A. G. Cordier, F. M. Russo, J. Deprest, and A. Benachi. Prenatal diagnosis, imaging, and prognosis in Congenital Diaphragmatic Hernia. *Semin. Perinatol.* 2020; 44 (1): 51163.

[5] B. P. Brown et al. A multifactorial severity score for left congenital diaphragmatic hernia in a high-risk population using fetal magnetic resonance imaging. *Pediatr. Radiol.* 2019; 49 (13): 1718-1725.

[6] U. N. Tumanova, N. S. Serova, V. G. Bychenko, and A. I. Shchegolev. Possibilities of postmortem radiological studies for

[27] M. Cannie et al. Prenatal prediction of survival in isolated diaphragmatic hernia using observed to expected total fetal lung volume determined by magnetic resonance imaging based on either gestational age or fetal body volume. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2008; 32 (5): 633-639.

[28] P. N. Baker, I. R. Johnson, P. A. Gowland, A. Freeman, V. Adams, and P. Mansfield. Estimation of fetal lung volume using echo-planar magnetic resonance imaging. *Obstet. Gynecol.* 1994; 83 (6): 951-954.

[29] S. Deshmukh, E. Rubesova, and R. Barth. MR assessment of normal fetal lung volumes: a literature review. *AJR. Am. J. Roentgenol.* 2010; 194 (2): W212-7.

[30] T. M. Keller et al. MR assessment of fetal lung development using lung volumes and signal intensities. *Eur. Radiol.* 2004; 14 (6): 984-989.

[31] K. R. Duncan, P. A. Gowland, R. J. Moore, P. N. Baker, and I. R. Johnson. Assessment of fetal lung growth in utero with echo-planar MR imaging. *Radiology.* 1999; 210 (1): 197-200.

[32] F. V Coakley et al. Normal and hypoplastic fetal lungs: volumetric assessment with prenatal single-shot rapid acquisition with relaxation enhancement MR imaging. *Radiology.* 2000; 216 (1): 107-111.

[33] V. L. Ward, C. E. Barnewolt, H. A. Feldman, and D. Levine, "Fetal Lung Volume Measurements: Determination with MR Imaging - Effect of Methods: Results: Conclusion. 2006; 1.

[34] C. E. Barnewolt, S. M. Kunisaki, D. O. Fauza, L. P. Nemes, J. A. Estroff, and R. W. Jennings. Percent predicted lung volumes as measured on fetal magnetic resonance imaging: a useful biometric parameter for risk stratification in congenital diaphragmatic hernia. *J. Pediatr. Surg.* 2007; 42 (1): 193-197.

[35] M. Cannie et al. Fetal body volume: use at MR imaging to quantify relative lung volume in fetuses suspected of having pulmonary hypoplasia. *Radiology.* 2006; 241 (3): 847-853.

[36] M. M. Cannie et al. Fetal body volume at MR imaging to quantify total fetal lung volume: normal ranges. *Radiology.* 2008; 247 (1): 197-203.

[37] M. Cannie et al. Fetal body volume: use at MR imaging to quantify relative lung volume in fetuses suspected of having pulmonary hypoplasia. *Radiology.* 2006; 241 (3): 847-853.

[38] M. M. Cannie et al. Fetal body volume at MR imaging to quantify total fetal lung volume: normal ranges. *Radiology.* 2008; 247 (1): 197-203.

[39] M. Cannie et al. Fetal body volume: use at MR imaging to quantify relative lung volume in fetuses suspected of having pulmonary hypoplasia. *Radiology.* 2006; 241 (3): 847-853.

[40] M. M. Cannie et al. Fetal body volume at MR imaging to quantify total fetal lung volume: normal ranges. *Radiology.* 2008; 247 (1): 197-203.

[41] M. Cannie et al. Fetal body volume: use at MR imaging to quantify relative lung volume in fetuses suspected of having pulmonary hypoplasia. *Radiology.* 2006; 241 (3): 847-853.

[42] M. M. Cannie et al. Fetal body volume at MR imaging to quantify total fetal lung volume: normal ranges. *Radiology.* 2008; 247 (1): 197-203.

[43] M. Cannie et al. Fetal body volume: use at MR imaging to quantify relative lung volume in fetuses suspected of having pulmonary hypoplasia. *Radiology.* 2006; 241 (3): 847-853.

phragmatic hernia. *J. Pediatr. Surg.* 1996; 31 (1): 142-148.

[13] A. Benachi, A.-G. Cordier, M. Cannie, and J. Jani. *Advances in prenatal diagnosis of congenital diaphragmatic hernia. Semin. Fetal Neonatal Med.* 2014; 19 (6): 331-337.

[14] A. A. Burov. *Improvement of anesthetic and resuscitation care for children with congenital diaphragmatic hernia in a perinatal center, 2019 (in Russian).*

[15] B. Demidov, Mashinets, Podurovskaya. *Congenital diaphragmatic hernia of the fetus - the possibility of ultrasound diagnostics and prediction of postnatal outcome. Obstetrics and gynecology.* 2014; 4: 38-45 (in Russian).

[16] M. A. Alfaraj et al. *Congenital diaphragmatic hernia: lung-to-head ratio and lung volume for prediction of outcome. Am. J. Obstet. Gynecol.* 2011; 205 (1): 43.

[17] M. Bebbington et al. *Comparison of ultrasound and magnetic resonance imaging parameters in predicting survival in isolated left-sided congenital diaphragmatic hernia. Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2014; 43 (6): 670-674.

[18] V. Nunez et al. *The role of fetal magnetic resonance imaging in the study of congenital diaphragmatic hernia. Cir. Pediatr.* 2018; 31 (1): 15-20.

[19] R. Ruano et al. *Fetal lung volume and quantification of liver herniation by magnetic resonance imaging in isolated congenital diaphragmatic hernia. Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2014; 43 (6): 662-669.

[20] F. Rypens et al. *Fetal lung volume: estimation at MR imaging-initial results. Radiology.* 2001; 219 (1): 236-241.

[21] M. L. Meyers, J. R. Garcia, K. L. Blough, C. I. Cassidy, and A. R. Mehollin-ray. *Fetal Lung Volumes by MRI: Normal Weekly Values From 18 Through 38 Weeks' Gestation.* 2018; 1-7.

[22] H. Osada, K. Kaku, K. Masuda, Y. Iitsuka, K. Seki, and S. Sekiya. *Quantitative and Qualitative Evaluations of Fetal Lung with MR Imaging. Radiology.* 2004; 231 (3): 887-892.

[23] G. Gorincour et al. *Prenatal prognosis of congenital diaphragmatic hernia using magnetic resonance imaging measurement of fetal lung volume. Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2005; 26 (7): 738-744.

[24] K. S. Heling, R. R. Wauer, H. Hammer, R. Bollmann, and R. Chaoui. *Reliability of the lung-to-head ratio in predicting outcome and neonatal ventilation parameters in fetuses with congenital diaphragmatic hernia. Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2005; 25 (2): 112-118.

[25] A. M. Basta, L. A. Lusk, R. L. Keller, and R. A. Filly. *Spleen Behind the Heart Complicates Lung-to-Head Ratio Measurement*

in Left-Sided Congenital Diaphragmatic Hernia. J. Ultrasound Med. 2016; 35 (12): 2717-2721.

[26] K. A. Bu, A. K. Kilian, T. Schaible, C. Weiss, and K. W. Neff. *Reliability and Validity of MR Image Lung Volume Measurement in Fetuses with Hernia and in Vitro Lung Models 1 Purpose: Methods: Results: Conclusion.* 2008; 246 (2): 553-561.

[27] M. Cannie et al. *Prenatal prediction of survival in isolated diaphragmatic hernia using observed to expected total fetal lung volume determined by magnetic resonance imaging based on either gestational age or fetal body volume. Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2008; 32 (5): 633-639.

[28] P. N. Baker, I. R. Johnson, P. A. Gowland, A. Freeman, V. Adams, and P. Mansfield. *Estimation of fetal lung volume using echo-planar magnetic resonance imaging. Obstet. Gynecol.* 1994; 83 (6): 951-954.

[29] S. Deshmukh, E. Rubesova, and R. Barth. *MR assessment of normal fetal lung volumes: a literature review. AJR. Am. J. Roentgenol.* 2010; 194 (2): W212-7.

[30] T. M. Keller et al. *MR assessment of fetal lung development using lung volumes and signal intensities. Eur. Radiol.* 2004; 14 (6): 984-989.

[31] K. R. Duncan, P. A. Gowland, R. J. Moore, P. N. Baker, and I. R. Johnson. *Assessment of fetal lung growth in utero with echo-planar MR imaging. Radiology.* 1999; 210 (1): 197-200.

[32] F. V Coakley et al. *Normal and hypoplastic fetal lungs: volumetric assessment with prenatal single-shot rapid acquisition with relaxation enhancement MR imaging. Radiology.* 2000; 216 (1): 107-111.

[33] V. L. Ward, C. E. Barnewolt, H. A. Feldman, and D. Levine. *Fetal Lung Volume Measurements: Determination with MR Imaging - Effect of Methods: Results: Conclusion.* 2006; 1.

[34] C. E. Barnewolt, S. M. Kunisaki, D. O. Fauza, L. P. Nemes, J. A. Estroff, and R. W. Jennings. *Percent predicted lung volumes as measured on fetal magnetic resonance imaging: a useful biometric parameter for risk stratification in congenital diaphragmatic hernia. J. Pediatr. Surg.* 2007; 42 (1): 193-197.

[35] M. Cannie et al. *Fetal body volume: use at MR imaging to quantify relative lung volume in fetuses suspected of having pulmonary hypoplasia. Radiology.* 2006; 241 (3): 847-853.

[36] M. M. Cannie et al. *Fetal body volume at MR imaging to quantify total fetal lung volume: normal ranges. Radiology.* 2008; 247 (1): 197-203.