

**МОДИФИКАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ ПЛОДА**

© В.А. Мудров

ГБОУ ВПО «Читинская государственная медицинская академия», Чита, Россия

Поступила в редакцию: 28.01.2016

Принята к печати: 14.03.2016

■ Выбор оптимальной тактики ведения беременности и родов существенно зависит от предполагаемой массы плода. При задержке роста и макросомии плода увеличивается частота перинатальной смертности и заболеваемости. *Цель исследования.* Модификация ультразвуковых методов определения предполагаемой массы плода. *Материалы и методы.* На базе родовспомогательных учреждений Забайкальского края за 2013–2015 годы проведен ретро- и проспективный анализ 210 историй родов, которые были разделены на три равные группы: 1-я группа — беременные с индексом массы тела (ИМТ) по Кетле менее 24 кг/м<sup>2</sup>, 2-я группа — с ИМТ от 24 до 30 кг/м<sup>2</sup>, 3-я группа — с ИМТ более 30 кг/м<sup>2</sup>. Для определения предполагаемой массы плода ультразвуковыми методами использовались формулы Hadlock, Shephard и В.Н. Демидова. Погрешность определения массы плода стандартными ультразвуковыми методами превышает 250 г, что вызвало необходимость создания более точной формулы. Увеличение погрешности определения массы плода на пограничных сроках гестации связано с отсутствием оценки плотности тканей плода. На основании математического и 3D-моделирования зависимости объема тела от его массы определена закономерность изменения средней плотности тканей плода в зависимости от срока гестации, выражающаяся формулой  $\rho = 0,833 + 0,004475SG$ , где  $\rho$  — средняя плотность тканей; SG — срок гестации. Путем комплексного анализа данных ультразвуковой фетометрии и средней плотности тканей определена формула массы плода:  $M = (0,2777 + 0,001492 \cdot SG) \cdot LZP \cdot OJ \cdot (DB + DP + DBK + DLK)$ , где SG — срок гестации (недели), OJ — окружность живота (см), LZP — лобно-затылочный размер головки (см), DB — длина бедра (см), DP — длина плеча (см), DBK — длина большеберцовой кости (см), DLK — длина лучевой кости плода (см), 0,2777 и 0,001492 — цифровые прогностические коэффициенты. При подсчете массы плода по предложенной ультразвуковой формуле средняя погрешность не превышает 150 г. Таким образом, вышеописанный способ имеет меньшую погрешность в сравнении со стандартными и может быть использован для достоверного определения массы плода во II и III триместрах беременности.

■ **Ключевые слова:** масса плода; ультразвуковая фетометрия; макросомия плода; задержка роста плода.

**MODIFICATION ULTRASONIC METHODS ESTIMATING EXPECTED FETAL WEIGHT**

© V.A. Mudrov

SBEI HPE Chita State Medical Academy, Chita, Russia

For citation: Journal of Obstetrics and Women's Diseases, 2016, vol. 65, No 2, pp. 31-37

Received: 28.01.2016

Accepted: 14.03.2016

■ Selection of the optimal tactics of pregnancy and childbirth greatly depends on the expected weight of the fetus. Frequency of perinatal mortality and morbidity increased in group with growth retardation and fetal macrosomia. *The aim* of the study was a modification of ultrasonic methods for determining the expected fetal weight. *Materials and methods.* On the basis of maternity hospitals Trans-Baikal Region in the years 2013–2015 was held retrospective and prospective analysis of 210 labor histories, which were divided into 3 equal groups: 1 group — pregnant women with a body mass index (BMI) for Quetelet less than 24, group 2 — with a BMI from 24 to 30, group 3 — with a BMI more than 30. In order to determine the expected fetal weight by ultrasonic methods used formula of Hadlock, Shephard and Demidov. The error in determining fetal weight standard methods more than 250 g, which identified the need to establish new precise formula. The increase in the error in determining fetal weight at border gestation due to the lack of assessment of fetal tissue density. On the basis of mathematical and 3d-modeling of the body's volume, depending on its mass determined pattern change of the average density of fetal tissue, depending on the gestational age, which is expressed by the formula:  $\rho = 0,833 + 0,004475GA$ , where  $\rho$  — the average density of tissue, GA — gestational age. Through a comprehensive analysis of ultrasound data's fetometry and medium-density tissue defined fetal weight formula:  $M = (0,2777 + 0,001492 \times GA) \times OFD \times AC \times (Fe + Ti + Hu + Ra)$ ,

where GA — gestational age (weeks), AC — abdominal circumference (cm), OFD — occipitofrontal diameter (cm), Fe — femur's length (cm), Ti — tibia's length (cm), Hu — humerus's length (cm), Ra — radius's length (cm), 0.2777 and 0.001492 — digital prognostic factors. In calculating the weight of the fetus according to the proposed formula ultrasonic average error does not exceed 150 g. Thus, the method has a smaller error compared to the standard, and can be used to reliably determine fetal weight in II and III trimester of pregnancy.

■ **Keywords:** fetal weight; fetometry ultrasound; fetal macrosomia; fetal growth retardation.

## Введение

Выбор оптимальной тактики ведения беременности и родов существенно зависит от предполагаемой массы плода [1]. Плод с задержкой роста, развитие которого происходит в условиях недостаточной плацентарной перфузии, имеет повышенный риск перинатальных повреждений. Они наблюдаются у 65 % новорожденных [2]. Отмечается высокая частота гипоксии при беременности и асфиксии в родах, мекониальная аспирация [3]. Задержка роста плода приводит к нарушению функционального созревания центральной нервной системы (ЦНС), играющей основную координирующую и интегрирующую роль в процессах развития других органов и систем в антенатальном периоде [4]. При макросомии плода увеличивается частота родового травматизма, перинатальной смертности и заболеваемости [1, 4]. В подобных случаях непосредственное повреждающее действие на плод могут оказывать два фактора: механический, обусловленный препятствием со стороны таза матери, и/или интранатальная гипоксия, связанная с локальными и системными нарушениями кровообращения. Таким образом, точное определение массы плода обуславливает вероятность не только родового травматизма, но и антенатального повреждения ЦНС плода [3, 4]. В связи с этим практический интерес представляет модификация ультразвуковых методов определения предполагаемой массы плода.

## Материалы и методы

На базе ГУЗ «Городской родильный дом» и Перинатального центра ГУЗ «Краевая клиническая больница» г. Читы за 2013–2015 годы проведен ретроспективный анализ 210 историй родов (I этап исследования), которые были разделены на три равные группы: 1-я группа — 70 беременных с индексом массы тела (ИМТ) по Кетле менее 24 кг/м<sup>2</sup>, 2-я группа — 70 беременных с ИМТ от 24 до 30 кг/м<sup>2</sup>, 3-я группа — 70 беременных с ИМТ более 30 кг/м<sup>2</sup>. Группы сопоставимы по возрасту, паритету родов и сроку гестации. Перед проведением

комплекса необходимых исследований получено информированное добровольное согласие пациенток. Для определения предполагаемой массы плода ультразвуковыми методами использовались формулы Hadlock, Shephard и В.Н. Демидова. Увеличение погрешности отмечается при таких патологических состояниях, как задержка роста, макросомия плода, многоводие, маловодие. Увеличение погрешности определения массы плода на пограничных сроках гестации связано с отсутствием оценки плотности тканей плода. С целью определения диапазона колебаний средней плотности тканей плодов на разных сроках гестации был проведен второй этап исследования, который включал определение объема тела плодов путем погружения в мерную емкость и последующее их взвешивание. Материалом для второго этапа исследования послужили 200 плодов, входящих в структуру выкидышей, антенатальной и интранатальной смертности в родовспомогательных учреждениях Забайкальского края за 2013–2016 годы. Также определялся объем тела 300 новорожденных, рассчитанный путем использования 3D-моделирования и программирования [5]. Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась с помощью пакета программ Statistica 6.0. Полученные данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха (5-й и 95-й процентиля), средней величины и доверительного интервала. Две независимые группы сравнивались с помощью U-критерия Манна – Уитни, три — с помощью рангового анализа вариаций по Краскелу – Уоллису с последующим парным сравнением групп тестом Манна – Уитни с применением поправки Бонферрони при оценке значения *p*. Для оценки статистически значимых различий полученных данных использовали критерий Стьюдента, критический уровень значимости (*p*) принимался меньшим или равным 0,05. Анализ различия частот в двух независимых группах проводился при помощи точного критерия Фишера с двусторонней доверительной вероятностью, критерия  $\chi^2$  с поправкой Йетса. В последующем рассчитывали

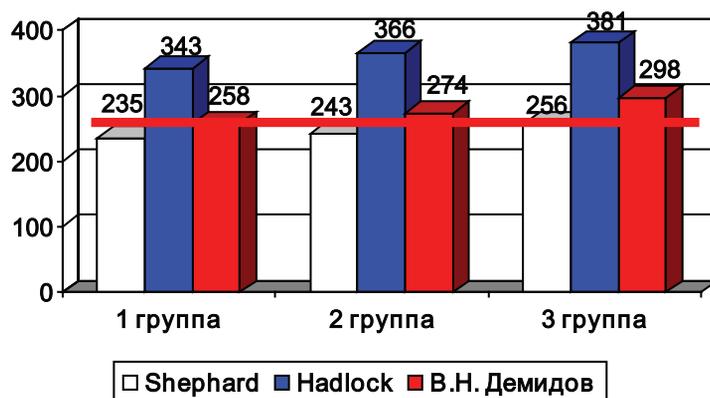


Рис. 1. Величина средней погрешности ультразвуковых методов определения предполагаемой массы плода (г)

скорректированный коэффициент детерминации, показывающий долю объясняемой зависимости. Для определения диагностической ценности прогностической модели использовалась ROC-кривая с последующим определением площади под ней [3].

### Результаты и их обсуждение

В 1-й группе в 72 % случаев роды произошли на сроке 39–40 недель, во 2-й группе — в 75 % и в 3-й группе — в 79 %. Число первородящих женщин составило 48 %, повторнородящих — 52 %. Средняя масса плодов при рождении в 1-й группе составила  $3215 \pm 323$  г, во 2-й группе —  $3452 \pm 351$  г ( $p < 0,05$ ), в 3-й группе —  $3615 \pm 289$  г ( $p > 0,05$ ). Эффективность ультразвуковых методов определения предполагаемой массы плода оценивалась на основании величины средней погрешности, определенной при рождении плода.

При подсчете предполагаемой массы плода с помощью ультразвуковой фетометрии по формуле Shephard погрешность в 1-й группе составила  $235 \pm 35$  г, во 2-й группе —  $243 \pm 37$  г, в 3-й группе —  $256 \pm 42$  г. Погрешность формулы Hadlock в 1-й группе составила  $343 \pm 34$  г, во 2-й группе —  $366 \pm 37$  г, в 3-й группе —  $381 \pm 36$  г. Погрешность формулы В.Н. Демидова в 1-й группе составила  $258 \pm 38$  г, во 2-й группе —  $274 \pm 40$  г, в 3-й группе —  $298 \pm 43$  г (рис. 1).

Наименьшая погрешность определения предполагаемой массы плода наблюдалась у женщин с нормосомией плода. При задержке роста или макросомии плода отмечалось увеличение погрешности определения массы плода (табл. 1).

Наличие асимметричных форм задержки роста или макросомии плода также способствовало увеличению погрешности определения предполагаемой массы плода. Наименьшая по-

Таблица 1

Эффективность определения предполагаемой массы плода в зависимости от веса плода

Ультразвуковые методы определения предполагаемой массы плода	Группа веса плода	Исследуемые группы		
		1-я	2-я	3-я
		Погрешность в определении массы плода, г		
Shephard	Задержка роста плода	$325,23 \pm 43,00$	$298,12 \pm 39,00$	$276,27 \pm 45,00$
	Нормосомия плода	$192,72 \pm 32,00$	$202,06 \pm 33,00$	$214,25 \pm 38,00$
	Макросомия плода	$305,03 \pm 46,00$	$342,12 \pm 44,00$	$358,83 \pm 46,00$
Hadlock	Задержка роста плода	$356,44 \pm 35,00$	$371,08 \pm 33,00$	$345,17 \pm 32,00$
	Нормосомия плода	$305,48 \pm 31,00$	$348,75 \pm 32,00$	$356,20 \pm 35,00$
	Макросомия плода	$379,03 \pm 40,00$	$405,33 \pm 42,00$	$404,05 \pm 40,00$
В.Н. Демидов	Задержка роста плода	$247,48 \pm 35,00$	$270,04 \pm 35,00$	$274,21 \pm 40,00$
	Нормосомия плода	$231,90 \pm 34,00$	$252,12 \pm 37,00$	$274,50 \pm 37,00$
	Макросомия плода	$350,15 \pm 45,00$	$374,82 \pm 43,00$	$368,45 \pm 46,00$

Таблица 2

Эффективность определения предполагаемой массы плода в зависимости от количества околоплодных вод

Ультразвуковые методы определения предполагаемой массы плода	Количество околоплодных вод	Исследуемые группы		
		1-я	2-я	3-я
		Погрешность в определении массы плода, г		
Shephard	Маловодие	228,98 ± 33,00	251,43 ± 32,00	273,13 ± 32,00
	Норма	185,16 ± 37,00	198,54 ± 35,00	208,48 ± 34,00
	Многоводие	314,28 ± 42,00	357,09 ± 46,00	381,34 ± 48,00
Hadlock	Маловодие	350,17 ± 30,00	363,18 ± 33,00	340,90 ± 34,00
	Норма	303,15 ± 32,00	316,35 ± 32,00	324,56 ± 32,00
	Многоводие	392,63 ± 44,00	407,48 ± 43,00	421,68 ± 41,00
В.Н. Демидов	Маловодие	257,89 ± 33,00	284,94 ± 36,00	297,00 ± 38,00
	Норма	207,26 ± 36,00	233,13 ± 34,00	245,05 ± 35,00
	Многоводие	363,44 ± 46,00	366,17 ± 45,00	392,14 ± 48,00

грешность ультразвуковых методов определения предполагаемой массы плода наблюдалась у женщин с нормальным количеством околоплодных вод (ОПВ), у женщин с многоводием предполагаемая масса плода в большинстве случаев завышается, у беременных с маловодием — занижается (табл. 2).

В ходе исследования обнаружена диаметрально противоположная зависимость между сроком гестации и величиной средней погрешности определения предполагаемой массы плода (табл. 3).

Таким образом, можно сделать вывод, что масса тела плода является линейной функцией его объема, а объем — кубической функцией

его линейных размеров. Увеличение погрешности определения массы плода на разных сроках гестации связано с отсутствием оценки плотностей тканей плода. Масса тела плода является линейной функцией не только объема, но и средней плотности тканей плода.

Массу плода следует рассчитывать согласно математической формуле

$$M = V \cdot \rho,$$

где  $V$  — объем плода,  $\rho$  — средняя плотность тканей плода.

Выбор критериев для определения объема плода проведен на основании следующих математических расчетов [3].

Таблица 3

Эффективность определения предполагаемой массы плода в зависимости от срока гестации

Срок гестации, недели	Ультразвуковые методы определения предполагаемой массы плода		
	Shephard	Hadlock	В.Н. Демидов
	Средняя погрешность определения массы плода, %		
24	13,50	15,06	13,83
26	11,24	13,96	11,99
28	10,18	12,69	11,22
30	8,84	11,91	9,92
32	8,11	10,48	8,80
34	7,09	9,14	7,43
36	6,25	7,43	6,66
38	5,85	7,18	5,85
40	6,57	8,23	6,45
42	7,23	10,94	7,88

- Объем тела эллипсоидной формы равен

$$V = A \cdot B \cdot C \cdot 0,523 = D_1 \cdot D_2 \cdot D_3 \cdot \pi/6.$$

- Тогда объем плода равен

$$V = \text{ЛЗР} \cdot \text{ПРЖ} \cdot \text{Рост} \cdot \pi/6,$$

где ЛЗР — лобно-затылочный размер головки плода, ПРЖ — поперечный размер живота плода, Рост — рост плода.

Выбор критериев для определения роста и поперечного размера живота плода проведен на основании оценки зависимости исследуемых критериев от других фетометрических показателей по данным построения математической модели, основанной на методах регрессионного анализа [6]. Рост плода равен двум суммам длин бедренной, плечевой, большеберцовой и лучевой костей плода. Поперечный размер

Таблица 4

Зависимость средней плотности тканей плода от срока гестации

Срок гестации, недели	Средняя плотность тканей плода, г/см <sup>3</sup>		
	10 %	50 %	90 %
13	0,8828	0,8912	0,9002
14	0,8873	0,8956	0,9054
15	0,8915	0,9	0,9012
16	0,8964	0,9046	0,9144
17	0,9005	0,9091	0,9168
18	0,9048	0,9135	0,9231
19	0,9087	0,918	0,925
20	0,9140	0,9225	0,9316
21	0,919	0,927	0,9361
22	0,9214	0,9314	0,9407
23	0,9266	0,9359	0,9452
24	0,9322	0,9404	0,9485
25	0,9355	0,9449	0,9540
26	0,9408	0,9494	0,9572
27	0,9461	0,9538	0,9613
28	0,9500	0,9583	0,9659
29	0,9547	0,9628	0,9705
30	0,9592	0,9672	0,9756
31	0,9646	0,9717	0,9801
32	0,9688	0,9762	0,9844
33	0,9723	0,9807	0,9881
34	0,9758	0,9851	0,9937
35	0,9805	0,9896	0,9975
36	0,9860	0,9941	1,0042
37	0,9882	0,9986	1,0083
38	0,9936	1,003	1,0152
39	0,9982	1,0075	1,0184
40	1,0009	1,012	1,0205
41	1,0074	1,0165	1,0225
42	1,011	1,021	1,043

живота равен окружности живота плода, деленной на  $\pi$  [7].

- Таким образом, объем плода равен

$$V = \text{ЛЗР} \cdot \text{ПРЖ} \cdot \text{Рост} \cdot \pi / 6 = \\ = \text{ЛЗР} \cdot \text{ОЖ} \cdot (\text{ДБ} + \text{ДП} + \text{ДБК} + \text{ДЛК}) / 3,$$

где СГ — срок гестации (недели), ОЖ — окружность живота плода (см), ЛЗР — лобно-затылочный размер головки плода (см), ДБ — длина бедра плода (см), ДП — длина плеча плода (см), ДБК — длина большеберцовой кости плода (см), ДЛК — длина лучевой кости плода (см).

С целью определения диапазона колебаний средней плотности тканей плодов на разных сроках гестации был проведен второй этап исследования, который включал определение объема тела плода путем погружения в мерную емкость и последующего взвешивания. На основании анализа полученных данных можно сделать вывод, что средняя плотность тканей плода является линейной функцией срока гестации (табл. 4).

На основании математического моделирования определена закономерность изменения средней плотности тканей плода в зависимости от срока гестации, выражающаяся формулой

$$\rho = 0,833 + 0,004475 \cdot \text{СГ},$$

где  $\rho$  — средняя плотность тканей плода, СГ — срок гестации.

Таким образом с целью повышения точности ультразвуковых методов определения массы плода у женщин во II и III триместре беременности необходимо с помощью ультразвукового исследования определить длину бедренной, плечевой, большеберцовой и лучевой костей, лобно-затылочный размер головки, поперечный размер плечиков плода.

Масса плода рассчитывается по формуле

$$M = (0,833 + 0,004475 \cdot \text{СГ}) \cdot \text{ЛЗР} \cdot \text{ОЖ} \times \\ \times (\text{ДБ} + \text{ДП} + \text{ДБК} + \text{ДЛК}) / 3 = \\ = (0,2777 + 0,001492 \cdot \text{СГ}) \cdot \text{ЛЗР} \cdot \text{ОЖ} \times \\ \times (\text{ДБ} + \text{ДП} + \text{ДБК} + \text{ДЛК}),$$

где СГ — срок гестации (недели), ОЖ — окружность живота плода (см), ЛЗР — лобно-затылочный размер головки плода (см), ДБ — длина бедра плода (см), ДП — длина плеча плода (см), ДБК — длина большеберцовой кости плода (см), ДЛК — длина лучевой кости плода (см), 0,2777 и 0,001492 — цифровые прогностические коэффициенты.

На основании полученных данных была создана программа в среде разработки Delphi, которая анализирует вышеперечисленные значимые факторы и рассчитывает предполагаемую массу плода при помощи предложенной и стандартных формул, что позволяет получить акушеру-гинекологу наиболее объективные данные [5].

Delphi — императивный, структурированный, объектно-ориентированный язык программирования, диалект ObjectPascal. Программа на языке Delphi состоит из заголовка программы (program NewApplication), поля используемых модулей Uses (к примеру, Uses- Windows, Messages, SysUtils и т. д.), который может не входить в саму структуру, а также блоков описания и исполнения (начинаются составным оператором begin и заканчиваются end). Блоками описания являются данные ультразвуковой фетометрии, блоками исполнения — заключение о предполагаемой массе плода [5].

Путем использования программы Delphi выполнен проспективный анализ 150 историй

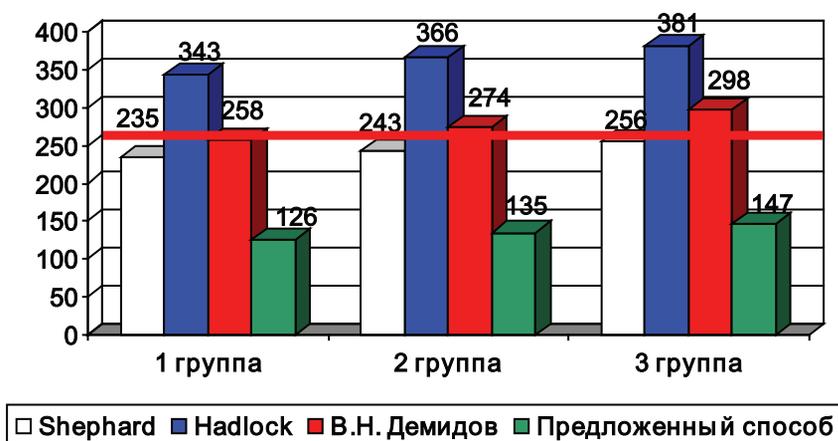


Рис. 2. Эффективность предложенного ультразвукового метода определения предполагаемой массы плода

родов на базе ГУЗ ККБ «Перинатальный центр» в период с 2014 по 2016 год, которые были разделены на три равные группы: 1-я группа — 50 беременных с ИМТ по Кетле менее 24 кг/м<sup>2</sup>, 2-я группа — 50 беременных с ИМТ от 24 до 30 кг/м<sup>2</sup>, 3-я группа — 50 беременных с ИМТ более 30 кг/м<sup>2</sup>. Группы сопоставимы по возрасту, паритету родов и сроку гестации. Для определения предполагаемой массы плода использовалась предложенная формула. При подсчете предполагаемой массы плода по предложенной формуле, основанной на данных ультразвуковой фетометрии, погрешность в 1-й группе составила 126 ± 29 г, во 2-й группе — 135 ± 33 г, в 3-й группе — 147 ± 35 г (рис. 2).

Погрешность вышеописанной ультразвуковой формулы составляет менее 5 % от массы тела плода.

### Выводы

Таким образом, формула, полученная на основании математического моделирования, имеет меньшую погрешность в сравнении со стандартными и может быть использована для достоверного определения предполагаемой массы плода во II и III триместрах беременности.

### Литература

1. Казанцева Е.В., Мочалова М.Н., Ахметова Е.С., и др. Определение оптимального метода родоразрешения у беременных с крупным плодом // Забайкальский медицинский вестник. – 2012. – № 1. – С. 9–11. [Kazantseva EV, Mochalova MN, Akhmetova ES, et al. Opredelenie optimal'nogo metoda rodorazresheniya u beremennykh s krupnym plodom. *Zabaykal'skiy meditsinskiy vestnik*. 2012;(1): 9-11. (In Russ).]
2. Манухин И.Б., Пономарева Ю.Н., Кузнецов М.И. Пренатальная диагностика: учебно-методическое пособие для врачей. – М.: Медпрактика-М, 2011. [Manukhin IB, Ponomareva YN, Kuznetsov MI. Prenatal'naya diagnostika: uchebno-metodicheskoe posobie dlya vrachey. Moscow: Medpractice-M; 2011. (In Russ).]
3. Серов В.Н., Сухих Г.Т. Акушерство и гинекология: клинические рекомендации. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. [Serov VN, Sukhikh GT. Akusherstvo i ginekologiya: klinicheskie rekomendatsii. Moscow: GEOTAR-Media; 2014. (In Russ).]
4. Власюк В.В. Родовая травма и перинатальные нарушения мозгового кровообращения. – СПб.: Нестор-История, 2009. [Vlasyuk VV. Rodovaya travma i perinatal'nye narusheniya mozgovogo krovobrashcheniya. Saint Petersburg: Nestor-history; 2009. (In Russ).]
5. Флеман М. Библия Delphi. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. [Fleman M. Bible Delphi. Saint Petersburg: BHV-Petersburg; 2011. (In Russ).]
6. Левин И.А., Манухин И.Б., Пономарева Ю.Н., Шуметов В.Г. Методология и практика анализа данных в медицине: монография. – М.;Тель-Авив: АПЛИТ, 2010. [Levin IA, Manukhin IB, Ponomareva YuN, Shumetov VG. Metodologiya i praktika analiza dannykh v meditsine: monografiya. Moscow;Tel-Aviv: APLIT; 2010. (In Russ).]
7. Мерц Эберхард. Ультразвуковая диагностика в акушерстве и гинекологии: перевод с английского. В 2-х т. / Под ред. А.И. Гуса. – М.: МЕДпресс-информ, 2011. [Merts Eberkhard. Ul'trazvukovaya diagnostika v akusherstve i ginekologii: perevod s angliyskogo. In 2 vol. / Ed by A.I. Hus. Moscow: MEDpress-inform; 2011. (In Russ).]

### ■ Адреса авторов для переписки

Виктор Андреевич Мудров — ассистент кафедры акушерства и гинекологии лечебного и стоматологического факультетов, ГБОУ ВПО «Читинская государственная медицинская академия», Россия. E-mail: mudrov\_viktor@mail.ru.

Viktor A. Mudrov — Assistant, SBEI HPE Chita State Medical Academy, Chita, Russia.

E-mail: mudrov\_viktor@mail.ru.