

## Идентификация ключевых фетометрических маркеров для прогноза массы новорождённого на основе ультразвуковой фетометрии с применением классических и машинно-обучающих алгоритмов

Э.М. Иутинский, Л.М. Железнов, С.А. Дворянский  
Кировский государственный медицинский университет, Киров, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Точность прогноза массы новорождённого посредством ультразвуковой фетометрии остаётся важной задачей современной перинатологии. Несмотря на многочисленные исследования в этой области, по-прежнему сохраняется пробел в определении оптимальной комбинации фетометрических показателей, необходимых для точной оценки массы плода при рождении, что существенно влияет на своевременную диагностику нарушений внутриутробного роста.

**Цель исследования** — определить вклад отдельных фетометрических показателей в прогнозирование итоговой массы новорождённого и разработать оптимальную модель оценки массы плода, основанную на комплексном анализе данных ультразвуковых измерений.

**Методы.** Проведено ретроспективное исследование, в котором использованы данные о 5161 доношенных новорождённых и результаты 8022 ультразвуковых исследований плодов. В выборку включены данные о новорождённых, удовлетворяющие критерию наличия полной клинической информации по основным фетометрическим параметрам. Период наблюдения охватывал время от первого ультразвукового исследования до родов. Основной конечной точкой исследования была масса новорождённого, измеренная при рождении. Для оценки вклада показателей применяли описательный и корреляционный анализ, множественную линейную регрессию, квантильную регрессию с точностью коэффициентов до третьего знака, а также методы машинного обучения (Random Forest и XGBoost). Дополнительно проведён анализ главных компонент для определения общего фактора роста плода, что позволяет объединить несколько фетометрических измерений в один интегральный показатель, наиболее достоверно отражающий общий размер плода и теснее всего связанный с его массой при рождении.

**Результаты.** Анализ показал, что окружность живота плода наиболее сильно коррелирует с массой при рождении (коэффициент  $r=0,820$ ), тогда как длина бедренной кости и окружность головы плода продемонстрируют коэффициенты  $r=0,620$  и  $r=0,540$  соответственно. Множественная регрессия с включением этих трёх параметров дала значение  $R^2=0,730$ . Квантильная регрессия выявила, что для окружности живота значение коэффициента возрастает для верхнего квантиля массы ( $\beta=23,500$  при  $\tau=0,900$ ) по сравнению с медианой ( $\beta=18,900$  при  $\tau=0,500$ ). Методы машинного обучения подтвердили доминирующую роль окружности живота плода в прогнозировании массы тела (*feature importance* 50–55%), а анализ главных компонент показал, что первый главный компонент, интерпретируемый как общий показатель размера, объясняет 78% вариации и имеет высокую корреляцию с массой новорождённого ( $r=0,850$ ).

**Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют о том, что окружность живота является наиболее информативным фетометрическим показателем для прогнозирования массы плода, а длина бедренной кости дополняет оценку, поскольку отражает рост скелета. Значение окружности головы вносит минимальный вклад. Комплексное применение классических статистических методов и алгоритмов машинного обучения позволяет рекомендовать делать акцент на точном измерении окружности живота и длины бедренной кости при оценке массы плода.

**Ключевые слова:** фетометрия; масса новорождённого; окружность живота; длина бедренной кости; окружность головы; регрессионный анализ; машинное обучение.

### КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Иутинский Э.М., Железнов Л.М., Дворянский С.А. Идентификация ключевых фетометрических маркеров для прогноза массы новорождённого на основе ультразвуковой фетометрии с применением классических и машинно-обучающих алгоритмов // Морфология. 2026. Т. 164, № 2. С. XX–XX. DOI: 10.17816/morph.678559 EDN: ZZFALW

© Эко-Вектор, 2026

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International

Рукопись получена: 14.04.2025

Рукопись одобрена: 18.07.2025

Опубликована online: 25.11.2025

## Identification of key fetometric markers for predicting newborn weight based on ultrasound fetometry using classical and machine learning algorithms

Eduard M. Iutinsky, Lev M. Zheleznov, Sergey A. Dvoryansky  
Kirov State Medical University, Kirov, Russia

### ABSTRACT

**BACKGROUND:** Maintaining the accuracy of fetal weight prediction through ultrasound fetometry remains an important task of modern perinatology. Despite numerous studies, there remains a gap in determining the optimal combination of fetometric parameters for an accurate assessment of the weight of a newborn, which significantly affects the timely diagnosis of intrauterine growth disorders.

**AIM:** The aim of the study to determine the contribution of individual fetometric indicators to predicting the final weight of a newborn and to develop an optimal fetal mass estimation model based on a comprehensive analysis of ultrasound measurement data.

**METHODS:** The study used data from 5,161 full-term newborns and 8,022 ultrasound examinations conducted using a retrospective design. The sample included objects that meet the criteria for complete clinical information on the main fetometric parameters. The duration of follow-up covered the period from the first ultrasound scan to delivery. The main endpoint of the study was the newborn's birth weight. Descriptive and correlation analysis, multiple linear regression, quantile regression with coefficients accurate to the third digit, as well as machine learning methods (Random Forest and XGBoost) were used to assess the contribution of indicators. Additionally, a principal component analysis (PCA) was performed to determine the overall fetal growth factor.

**RESULTS:** The analysis showed that the circumference of the abdomen correlated with the weight of the newborn with a coefficient of  $r = 0.820$ , while the length of the femur and the circumference of the head demonstrated coefficients of  $r = 0.620$  and  $r = 0.540$ , respectively. Multiple regression with the inclusion of all three parameters gave the value  $R^2 = 0.730$ . Quantile regression revealed that the value of the coefficient for abdominal circumference increases for the upper quantile of mass ( $\beta = 23,500$  at  $\tau = 0.900$ ) compared with the median ( $\beta = 18,900$  at  $\tau = 0.500$ ). Machine learning methods confirmed the dominant role of abdominal circumference in predicting weight (feature importance – 50-55%), and PCA showed that the first main component, interpreted as a general indicator of size, explains 78% of the variation and has a high correlation with weight ( $r = 0.850$ ).

**CONCLUSION:** The results obtained confirm that abdominal circumference is the most informative fetometric indicator for predicting fetal weight, while the length of the femur complements the assessment by reflecting skeletal growth, and the circumference of the head makes a minimal contribution. The complex application of classical statistical methods and machine learning algorithms makes it possible to recommend an emphasis on coolant and DB when assessing fetal weight.

**Keywords:** fetometry; newborn's weight; abdominal circumference; hip length; head circumference; regression analysis; machine learning.

### TO CITE THIS ARTICLE:

Iutinsky EM, Zheleznov LM, Dvoryansky SA. Identification of key fetometric markers for predicting newborn weight based on ultrasound fetometry using classical and machine learning algorithms. *Morphology*. 2026;164(2):XX-XX. DOI: 10.17816/morph.678559 EDN: ZZFALW

© Eco-Vector, 2026

Article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License

Received: 14.04.2025

Accepted: 18.07.2025

Published online: 25.11.2025

## ОБОСНОВАНИЕ

Актуальность проблемы точного прогнозирования массы плода на основе ультразвуковой фетометрии обусловлена как широкой распространённостью метода, так и существенным влиянием прогноза на принятие клинических решений [1, 2]. Точное определение массы новорождённого позволяет своевременно выявлять случаи задержки или избыточного роста плода, снижать риски перинатальных осложнений, оптимизировать тактику ведения беременности и планировать родоразрешение [3]. В масштабах современной медицины, когда в России ежегодно регистрируются десятки тысяч родов, а по всему миру — миллионы, ошибки в оценке массы плода могут приводить к значительным медицинским и экономическим последствиям, включая увеличение частоты неотложных родовых вмешательств и послеоперационных осложнений [4]. Ранее опубликованные зарубежные исследования подтверждают, что использование классических фетометрических параметров, таких как окружность живота, длина бедренной кости, окружность головы, а также её бипариетального и лобно-затылочного размеров, позволяет достичь приемлемой точности в оценке массы плода [5, 6]. Однако значительная индивидуальная вариабельность и влияние динамики роста остаются нерешёнными аспектами [5, 6]. Исследования, проведённые в России, также подтверждают важность измерения перечисленных параметров для прогнозирования массы плода, однако указывают на ограниченность однократных измерений и необходимость учёта динамических изменений показателей, что является существенным пробелом в существующих моделях [1, 4]. С другой стороны, применение современных методов, включая машинное обучение и анализ главных компонент, уже позволило улучшить качество прогноза за счёт интеграции нескольких параметров в единую модель [7, 8]. Тем не менее, несмотря на достигнутый прогресс, остаются нерешёнными вопросы адаптации существующих алгоритмов к специфике различных популяций, а также учёта сложных нелинейных взаимосвязей между показателями, влияющими на итоговую массу плода [9, 10]. Таким образом, современная литература отражает как решённые, так и остающиеся нерешёнными аспекты проблемы, что стимулирует дальнейшие исследования в области оптимизации моделей прогнозирования массы новорождённого как в зарубежной, так и в отечественной практике [5, 7, 9].

**Цель исследования** — определить вклад отдельных фетометрических показателей в прогнозирование итоговой массы новорождённого и разработать оптимальную модель оценки массы плода, основанную на комплексном анализе данных ультразвуковых измерений.

## МЕТОДЫ

### ДИЗАЙН ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящая работа представляет собой одноцентровое ретроспективное неконтролируемое наблюдательное исследование, выполненное на госпитальной сплошной выборке беременных женщин, проходивших рутинные ультразвуковые обследования в Кировском областном клиническом перинатальном центре (г. Киров) в 2016–2020 годах. Исследование направлено на выяснение того, как индивидуальные фетометрические параметры плода влияют на его итоговую массу с учётом их взаимных корреляций и динамики изменений на различных сроках беременности.

Исследование имеет панельный характер: у каждой включённой пациентки учитывали все доступные ультразвуковые исследования плода от первого УЗИ до родоразрешения, что позволило анализировать динамику показателей во времени. Назначение в «группы» вмешательства не производили; рандомизация, ослепление и процедуры сопоставляющего подбора не применялись, поскольку тактика ведения беременности и родоразрешения определялась лечащими врачами в рамках клинической практики и не зависела от включения пациентки в исследование.

В анализ включали данные ультразвуковой фетометрии плодов, полученные при проведении стандартных обследований, выполненных авторами статьи по единому протоколу, утверждённому Приказом Минздрава России от 20.10.2020 № 1130н, что обеспечило стандартизацию измерений основных фетометрических показателей — окружности живота, длины бедренной кости, окружности головы, лобно-затылочного

размера и бипариетального диаметра. В исследование включали случаи доношенных новорождённых; результаты ультразвуковых обследований сопоставляли с фактической массой тела при рождении по данным родильной документации. Такой подход минимизировал межоператорскую изменчивость и повысил точность оценки прогностических параметров, что является ключевым условием для совершенствования модели прогнозирования массы плода. Возраст матерей, пол новорождённых и паритет родов регистрировали и учитывали при анализе; сравниваемые подгруппы были однородны по этим показателям, поэтому их детальное описание в рамках настоящей публикации не приводится. Внутри сформированной совокупности для аналитических целей выделяли подгруппы по диапазонам массы новорождённого при рождении (низкая <2500 г, нормальная 2500–3999 г, повышенная ≥4000 г), по характеру ультразвукового наблюдения (однократное обследование против нескольких исследований с возможностью динамического анализа) и по гестационному возрасту на момент последнего измерения (I, II и III триместры).

### **УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ**

Исследование проведено в условиях рутинной акушерской практики на базе Кировского областного клинического перинатального центра (г. Киров) в период с 2016 по 2020 год. Данные собирали в рамках стандартного ведения беременности и регистрировали в электронных медицинских картах, что обеспечило воспроизводимость измерений.

### **КРИТЕРИИ СООТВЕТСТВИЯ**

#### **Критерии включения:**

- одноплодная беременность, при которой было проведено хотя бы одно УЗИ с задокументированными ключевыми параметрами фетометрии — окружность живота (ОЖ), длина бедренной кости (ДБ), окружность головы (ОГ), её лобно-затылочный и бипариетальный размеры;
- наличие в родовой документации корректно зарегистрированной массы ребёнка при рождении;
- соответствие гестационному возрасту, определённому для доношенных новорождённых;

#### **Критерии не включения и исключения:**

- многоплодная беременность;
- случаи с отсутствующими или неполными данными по основным показателям УЗИ;
- беременности с выявленными патологиями, способными существенно исказить стандартные параметры роста плода (например, врождённые аномалии).

### **ОПИСАНИЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВА**

Поскольку исследование носило наблюдательный характер, специализированное медицинское вмешательство не проводили.

Наблюдение начинали с первого проведённого УЗИ и продолжали до момента родоразрешения. Протокол включал планирование контрольных точек для повторных УЗИ (на поздних сроках беременности), а также фиксацию гестационного возраста и даты измерений. Все изменения, связанные со смещением временных интервалов, документировали согласно утверждённому протоколу.

Фетометрические измерения осуществляли в рамках стандартного УЗИ в соответствии с утверждёнными протоколами. Методика измерения параметров соответствует действующим клиническим рекомендациям, утверждённым Приказом Минздрава России от 20.10.2020 г. N 1130н и обеспечивает возможность воспроизведения процедуры другими исследователями.

### **ИСХОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

#### **Основной исход исследования**

Масса новорождённого, измеренная непосредственно при рождении с использованием откалиброванных весов. Этот показатель выбран как ключевой индикатор качества внутриутробного роста и служит суррогатной конечной точкой для оценки взаимосвязи между фетометрическими параметрами и состоянием развития плода.

#### **Дополнительные исходы исследования**

- Динамика изменения фетометрических показателей между последовательными УЗИ, например измерение темпов прироста окружности живота у плода;
- Корреляционные связи между отдельными параметрами УЗИ, отражающие скорость и равномерность роста плода.

### **Методы регистрации исходов**

Регистрацию массы новорождённого осуществляли в родильном зале с использованием стандартных откалиброванных весов, а результаты УЗИ автоматически сохранялись в электронных медицинских картах. Все измерения проводили согласно утвержденным протоколам, что обеспечивает стандартизированную регистрацию исходов исследования.

### **АНАЛИЗ В ПОДГРУППАХ**

Для детализированного анализа все полученные данные разделили на подгруппы в зависимости от наличия нескольких УЗИ (динамический анализ) и гестационного возраста на момент последнего измерения.

В анализ включены данные 5161 доношенных новорождённых, полученные на основе 8022 ультразвуковых исследований, из которых: 570 (7,10%) исследований пришлось на I триместр (11–13 недель; измерения в 10–12 недель составляют меньше 3,00%), 3840 (47,90%) — на II триместр (14–27 недель, включая пик в 24 недели — 398 измерений), 3612 (45,00%) — на III триместр (28–40 недель; >2000 исследований выполнено после 32 недель). Помимо этого, проводили сравнительный анализ исходов в зависимости от диапазона массы новорождённых (нормальная, низкая или повышенная масса).

### **СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕДУРЫ**

#### **Запланированный размер выборки**

Размер выборки предварительно не рассчитывался, поскольку в анализ включили все доступные клинические данные за период наблюдения женщин от первого УЗИ до момента родов.

#### **Статистические методы**

Статистический анализ проводили с использованием языка программирования Python (библиотеки NumPy, pandas, statsmodels) и среды R. Количественные данные представлены в виде средних значений и стандартных ошибок среднего. Анализ включал проверку на соответствие значений переменных нормальному распределению с помощью визуальных (гистограммы, Q–Q графики) и формальных методов (тест Шапиро–Уилка или Колмогорова–Смирнова), расчёт парных коэффициентов корреляции Пирсона, проведение множественной линейной и квантильной регрессии с проверкой предположений моделей, а также применение методов машинного обучения (Random Forest, XGBoost) для оценки значимости фетометрических показателей. Уровень статистической значимости принят при  $\alpha = 0,05$ , значения  $p$  округлили до третьего знака после запятой.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ**

### **ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫБОРКИ**

В исследование включены данные ретроспективной выборки новорождённых ( $n=5161$ ), соответствующие критериям включения и невключения. Средний гестационный возраст на момент родов находился в пределах, установленных для доношенной беременности. Во всех случаях в период беременности проведено хотя бы одно, а чаще два или более УЗИ с записью ключевых фетометрических параметров — окружности живота, длины бедренной кости, окружности головы и её лобно-затылочного и бипариетального размеров. При включении в исследование у каждого новорождённого регистрировали массу тела при рождении, а также отмечали параметры матери (возраст, анамнез), но подробная оценка дополнительных показателей не является основной целью работы. При этом выборка матерей была однородна по основным клиническим характеристикам, что позволило минимизировать их потенциальное влияние на результаты.

Для характеристики свойств выборки в начале исследования оценили распределённость следующих признаков:

- гестационный возраст, для проверки соответствия доношенному сроку;
- количество УЗИ и временные интервалы между ними;
- минимальные и максимальные зарегистрированные значения ключевых фетометрических параметров.



## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведён комплексный статистический анализ связи между массой новорождённого и основными фетометрическими параметрами, измеренными при УЗИ.

Средняя масса новорождённых составила (3323±421) г, при этом 8% детей имели массу менее 2500 г, 10% — больше 4000 г, остальные распределились в диапазоне 2500–4000 г.

Согласно рекомендациям [11]: ОГ измеряется по наружному контуру головы на уровне полости прозрачной перегородки и четверохолмия; ОЖ измеряется по внешнему контуру брюшной полости на уровне желудка и пупочной вены. Парный корреляционный анализ выявил статистически значимые положительные зависимости между массой новорождённого и тремя фетометрическими параметрами — ОЖ, ДБ и ОГ в III триместре беременности. Особенно высокая степень взаимосвязи обнаружена между массой и ОЖ плода ( $r=0,820$ ; 95% ДИ: 0,810–0,830;  $p<0,001$ ), что значительно превосходит корреляционные показатели для ДБ ( $r=0,620$ ; 95% ДИ: 0,600–0,640;  $p<0,001$ ) и ОГ ( $r=0,540$ ; 95% ДИ: 0,520–0,570;  $p<0,001$ ). Сводные значения коэффициентов корреляции и их доверительных интервалов представлены в табл. 1.

Сила корреляционной связи между ОЖ и массой новорождённого постепенно возрастает по мере увеличения срока беременности: в I триместре отмечена слабая связь ( $r=0,300$ ; погрешность больше ±20%), во II триместре — связь становится умеренной ( $r=0,600$ –0,700; погрешность приблизительно ±15%), а к концу беременности достигает высокой степени ( $r=0,820$ ).

Дополнительный анализ в подгруппах, сформированных по наличию динамического наблюдения (однократное УЗИ против двух и более исследований) и по гестационному возрасту на момент последнего измерения, показал, что выявленные закономерности сохраняются и в этих слоях выборки, а величины коэффициентов корреляции между окружностью живота в третьем триместре и массой новорождённого остаются сопоставимыми, что оправдывает объединение данных при построении единой прогностической модели.

Для анализа взаимосвязи между различными фетометрическими параметрами и изменчивостью массы новорождённого была построена модель множественной линейной регрессии, где зависимой переменной выступала масса, а независимыми — ОЖ, ДБ и ОГ.

Полученная модель объясняет 73% дисперсии массы ( $R^2=0,730$ ) и имеет следующие параметры: константа (*Intercept*) равна –2900 г; коэффициент при ОЖ составляет 20,5 г/мм ( $SE=0,45$ ;  $t=45,6$ ; стандартизованный  $\beta=0,680$ ; 95% ДИ: 0,650–0,710), при ДБ — 11,3 г/мм ( $SE=1,10$ ;  $t=10,3$ ;  $\beta=0,180$ ; 95% ДИ: 0,150–0,220), при ОГ — 3,6 г/мм ( $SE=0,75$ ;  $t=4,8$ ;  $\beta=0,070$ ; 95% ДИ: 0,040–0,100;  $p<0,001$  для всех параметров). В табл. 2 представлены результаты этой модели: оценки коэффициентов  $\beta$ , их стандартные ошибки,  $t$ -статистика и значимость, а также для удобства интерпретации указаны стандартизованные коэффициенты  $\beta$  и 95% доверительные интервалы. В контексте линейной регрессии  $t$ -статистика отражает степень отклонения оценки коэффициента от нуля с учётом её стандартной ошибки.

Квантильный анализ позволил дополнительно выявить, что при оценке медианы массы плода коэффициент при ОЖ составляет 18,9 г/мм, при ДБ — 12,5 г/мм, а при ОГ — 4,0 г/мм, тогда как для верхнего квантиля (90%) влияние ОЖ возрастает до 23,5 г/мм, при этом вклад ДБ снижается до 9,0 г/мм, а коэффициент при ОГ становится менее выраженным — 2,0 г/мм.

Анализ динамики показал, что в III триместре беременности средний прирост окружности живота составляет 8–10 мм/нед.; при этом у плодов с массой ≥4000 г прирост достигает 11 мм/нед., а у плодов с низкой массой тела при рождении (Low Birth Weight) — 7–8 мм/нед.

Применение методов машинного обучения (Random Forest и XGBoost) подтвердило высокую информативность ОЖ в III триместре беременности: её относительная важность составляет 50–55%, тогда как для ДБ — около 25–30%, а для ОГ — порядка 20%. Графическое распределение относительной важности предикторов по моделям Random Forest и XGBoost представлено на рис. 1.

Анализ главных компонент выявил, что первая компонента объясняет 78% общей вариации и демонстрирует высокую корреляцию с массой новорождённого ( $r=0,850$ ), вторая компонента — примерно 18% вариации, а третья — оставшиеся 4%. Нагрузки исходных переменных на первую главную компоненту составляют 0,60 для ОЖ, 0,56 для ДБ и 0,57 для ОГ, что позволяет интерпретировать её как обобщённый индекс общего размера плода. Изменение доли объяснённой дисперсии в зависимости от номера компоненты представлено на scree-диаграмме (рис. 2). Эти результаты дополняют картину множественной регрессии, подтверждая первостепенную значимость показателя ОЖ. Согласованность всех результатов исследования позволяет сделать вывод о том, что ОЖ является доминирующим предиктором массы новорождённого. Несмотря на статистически значимые положительные взаимосвязи с массой, такие параметры, как ДБ и ОГ,

вносят лишь дополнительный, менее выраженный вклад в прогнозирование массы плода, что указывает на их вспомогательную информативность при оценке нутритивного статуса и общего размера плода.

На этапе предварительного анализа также оценивали связь массы новорождённого с лобно-затылочным и бипариетальным размерами головы. Эти показатели демонстрировали ожидаемую положительную корреляцию с массой тела ребёнка, однако оказались существенно коллинеарны с окружностью головы и не приводили к заметному улучшению качества прогностических моделей. В связи с этим при дальнейшем многофакторном анализе они рассматривались как составляющие интегрального показателя окружности головы и отдельно в результатах не выделялись.

## **ОБСУЖДЕНИЕ**

### **РЕЗЮМЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В ходе исследования установлено, что окружность живота плода является информативным фетометрическим показателем для прогноза массы новорождённого. ОЖ демонстрирует тесную корреляционную связь с массой тела ребёнка ( $r=0,820$ ) и вносит существенный вклад в модель множественной регрессии (стандартизированный коэффициент  $\beta=0,680$ ). Дополнительный анализ, включающий квантильную регрессию и методы машинного обучения, подтвердил, что прирост окружности живота плода в динамике, как и её абсолютное значение, являются наиболее информативными показателями для прогнозирования массы тела новорождённого. В то же время длина бедренной кости и окружность головы вносят менее значимый вклад. Полученные результаты свидетельствуют о том, что измерение ОЖ позволяет существенно повысить точность прогноза массы новорождённого при доношенной беременности.

### **ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Полученные данные свидетельствуют о том, что ОЖ плода является надёжным индикатором питания и общего размера плода, имеющим высокую чувствительность и специфичность в диагностике задержки роста плода и макросомии. Анализ множественной регрессии показал, что увеличение ОЖ на 1 мм ассоциировано с увеличением массы новорождённого примерно на 20,5 г, что подтверждает гипотезу о доминирующем значении этого параметра. Дополнительные подходы, такие как квантильная регрессия и применение методов машинного обучения (Random Forest и XGBoost), выявили наиболее значимый вклад ОЖ в прогнозирование высокой массы плода, что имеет большое практическое значение для своевременной диагностики и принятия клинических решений. Кроме того, анализ главных компонент подтвердил наличие общего фактора, объединяющего показатели ОЖ, ДБ и ОГ, при этом вклад ОЖ оказался наибольшим. Полученные результаты согласуются с концептуальными моделями внутриутробного развития: ОЖ отражает объём брюшной полости, сформированный главным образом за счёт печени и запасов подкожной жировой ткани, которые наиболее изменчивы при колебаниях питания и обмена у плода.

### **ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Несмотря на значимость полученных результатов, исследование имеет ряд ограничений, способных повлиять на их интерпретацию. Ретроспективный дизайн исследования и данные, собранные в одном медицинском центре, могут приводить к систематическим ошибкам, связанным с вариативностью методов проведения УЗИ, опытом операторов и различиями в оборудовании. Отсутствие учёта дополнительных клинических переменных, таких как антропометрия матери, её возраст, паритет и сопутствующие патологии, ограничивает возможность контроля всех факторов, влияющих на массу новорождённого. Кроме того, в будущих исследованиях целесообразно расширить набор соматометрических показателей беременных с включением такого важного фактора, влияющего на внутриутробный рост, как этническая принадлежность, а также параметров отцов, поскольку их генетические и антропометрические характеристики также вносят вклад в ожидаемую массу плода. Следует отметить, что наша выборка включает только доношенных новорождённых, что ограничивает возможность экстраполяции результатов на случаи недоношенности. Перечисленные факторы указывают на необходимость проведения многоцентровых проспективных исследований с расширенным набором переменных для разработки более точной прогностической модели массы плода.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**



Результаты крупных клинических исследований и систематических обзоров неоднократно подтверждали, что ультразвуковая фетометрия является высокоинформативным инструментом для оценки массы новорождённого. В нашем исследовании установлено, что из всех фетометрических параметров ОЖ вносит доминирующий вклад в прогноз массы новорождённого: коэффициент корреляции  $r=0,820$ , влияние на массу новорождённого с показателем  $\beta=20,5$  г/мм. Эти данные подтверждаются результатами множественной и квантильной регрессии, а также анализом с использованием методов машинного обучения и метода главных компонент. Причём вклад ОЖ в прогноз массы плода при рождении увеличивается пропорционально сроку гестации. Дополнительный анализ выявил, что учёт динамики прироста ОЖ особенно важен для прогнозирования высокой массы новорождённого, что имеет большое практическое значение для своевременной диагностики. Полученные результаты вносят существенный вклад в оптимизацию прогностических моделей, применяемых в акушерской практике, и подчёркивают необходимость исследования дополнительных факторов, влияющих на массу новорождённого, с целью повышения точности и воспроизводимости оценки.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Э.М. Иутинский — Conceptualization (определение концепции исследования), Methodology (разработка методологии и моделей), Investigation (проведение исследования, сбор данных), Data curation (упорядочение и подготовка данных к анализу), Formal analysis (статистический и вычислительный анализ данных), Validation (проверка воспроизводимости и устойчивости результатов), Project administration (администрирование и координация проекта), Writing – original draft (написание первоначального варианта рукописи). Л.М. Железнов — Conceptualization (формирование общей концепции исследования), Supervision (научное руководство и контроль выполнения работы), Validation (оценка корректности полученных результатов и интерпретаций), Writing – review & editing (критический пересмотр, научное и стилистическое редактирование рукописи). С.А. Дворянский — Conceptualization (участие в разработке концепции исследования), Methodology (разработка методологических подходов к моделированию), Formal analysis (интерпретация и верификация результатов статистического анализа), Writing – review & editing (участие в научном редактировании рукописи).

Все авторы одобрили окончательный вариант рукописи (версию для публикации) и согласились нести ответственность за все аспекты настоящей работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

**Этическая экспертиза.** Протокол исследования одобрен этическим комитетом ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России, протокол № 01/2025 от 29 января 2025 года. При проведении исследования использовали анонимные данные, что соответствует требованиям конфиденциальности и действующему законодательству Российской Федерации.

**Источники финансирования.** Отсутствуют.

**Раскрытие интересов.** Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими организациями), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

**Оригинальность.** При проведении исследования и создании настоящей статьи авторы не использовали ранее полученные и опубликованные сведения (данные, текст, иллюстрации).

**Доступ к данным.** Все данные, полученные в настоящем исследовании, представлены в статье.

**Генеративный искусственный интеллект.** При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

**Рассмотрение и рецензирование.** Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contributions:** E.M. Iutinsky conducted a detailed processing and statistical analysis of the information received. He developed the methodological basis of the research, which includes the collection, processing and interpretation of data, as well as the organization of the process of obtaining them in accordance with ethical standards. The main content of the article, a description of the methods, results, discussions and conclusions were formed by him on the basis of an analysis of the available

information. He organized the data collection process, ensuring the standardization of ultrasound measurements and minimizing interoperative variability. L.M. Zheleznov served as the scientific supervisor of the project, providing strategic vision and expertise at every stage of the work. He helped formulate research questions and ensured that the methods used met scientific standards. His involvement consisted in providing methodological support, assistance in identifying key aspects of the research and critically evaluating the preliminary versions of the article, which contributed to the improvement of its structure and content. S.A. Dvoryansky acted as a consultant, providing in-depth knowledge in the field of perinatal medicine. His expertise was important for interpreting the results and assessing their clinical significance. He participated in the development of additional approaches to data analysis, which improved the accuracy and reliability of the statistical model, and also contributed to a comprehensive interpretation of the relationship between fetometric parameters and newborn weight.

**Ethics approval:**

**Funding sources:** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure of interests:** The authors declare that they have no competing interests.

**Statement of originality:** When conducting the research and creating this article, the authors did not use previously obtained and published information (data, text, illustrations).

**Data availability statement:** All the data obtained in this study are presented in the article.

**Generative AI use statement:** Generative artificial intelligence technologies were not used in the creation of this article.

**Provenance and peer-review:** This work was submitted to the journal on its own initiative and reviewed according to the usual procedure. Two external reviewers, a member of the editorial board and the scientific editor of the publication participated in the review.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Liu F, Lu J, Kwan AHW, Yeung YK et al., Consolidated and updated ultrasonographic fetal biometry and estimated fetal weight references for the Hong Kong Chinese population. *Hong Kong Med J*. 2024 Dec;30(6):444–451. doi: [10.12809/hkmj2310910](https://doi.org/10.12809/hkmj2310910). Epub 2024 Dec 16.
2. Kumari C, Menon GI, Narlikar L, et al. Accurate birth weight prediction from fetal biometry using the Gompertz model. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol X*. 2024 Oct 3;24:100344. doi: [10.1016/j.eurox.2024.100344](https://doi.org/10.1016/j.eurox.2024.100344).
3. Villalain C, Herraiz I, Akolekar R, et al.. Clinical practice guidance for the management of fetal growth restriction: an expert review. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2025 Dec;38(1):2526111. doi: [10.1080/14767058.2025.2526111](https://doi.org/10.1080/14767058.2025.2526111). Epub 2025 Jul 7.
4. Ignatko IV, Bogomazova IM, Kardanova MA. Current views on the diagnosis and prognosis of fetal growth restriction (a literature review). *Journal of obstetrics and womans diseases*. 2023;72(3):65–76. doi: [10.17816/JOWD344442](https://doi.org/10.17816/JOWD344442) EDN: [JAVPCA](#)
5. Allotey J, Archer L, Coomar D, et al. Development and validation of prediction models for fetal growth restriction and birthweight: an individual participant data meta-analysis. *Health Technol Assess*. 2024;28(47):1–119. doi: [10.3310/DABW4814](https://doi.org/10.3310/DABW4814)
6. Ali S, Byamugisha J, Kawooya MG, et al. Standardization and quality control of Doppler and fetal biometric ultrasound measurements in low-income settings. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2023;61(4):481–487. doi: [10.1002/uog.26051](https://doi.org/10.1002/uog.26051) EDN: [LEMREX](#)
7. Acs B, Rantalainen M, Hartman J. Artificial intelligence as the next step towards precision pathology. *J Intern Med*. 2020;288(1):62–81. doi: [10.1111/joim.13030](https://doi.org/10.1111/joim.13030) EDN: [REAVWX](#)
8. Adam-Raileanu A, Miron I, Lupu A, et al. Fetal growth restriction and its metabolism-related long-term outcomes: Underlying mechanisms and clinical implications. *Nutrients*. 2025;17(3):555. doi: [10.3390/nu17030555](https://doi.org/10.3390/nu17030555) EDN: [OGYTNZ](#)
9. Andreasen LA, Tabor A, Nørgaard LN, et al. Detection of growth-restricted fetuses during pregnancy is associated with fewer intrauterine deaths but increased adverse childhood outcomes: an observational study. *BJOG*. 2021;128(1):77–85. doi: [10.1111/1471-0528.16380](https://doi.org/10.1111/1471-0528.16380) EDN: [DFPSSU](#)
10. Andersen AS, Linneberg Rathcke S, Tang Christensen T, Sørensen A. The association between second trimester ultrasound fetal biometrics and gestational diabetes. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2022;276:139–143. doi: [10.1016/j.ejogrb.2022.07.015](https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2022.07.015) EDN: [YSIGFO](#)
11. Mit'kov VV, editor. *Clinical guidelines on ultrasound diagnostics*. Moscow: Vidar; 1996. (In Russ.)

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### AUTHORS' INFO

|                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>*Автор, ответственный за переписку:</b>                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Иутинский Эдуард Михайлович</b> , канд. мед. наук, доцент;<br>адрес: Россия, 610998, Киров, ул. Карла Маркса, д. 112;<br>ORCID: 0000-0001-5641-0269;<br>eLibrary SPIN: 7139-0566;<br>e-mail: iutinskiy@ya.ru | <b>Eduard M. Iutinsky</b> , MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor;<br>address: 112 Karla Marksa st, Kirov, Russia, 610998;<br>ORCID: 0000-0001-5641-0269;<br>eLibrary SPIN: 7139-0566;<br>e-mail: iutinskiy@ya.ru |
| <b>Соавторы:</b>                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Железнов Лев Михайлович</b> , д-р мед. наук, профессор;<br>ORCID: 0000-0001-8195-0996;<br>eLibrary SPIN: 2107-3507;<br>e-mail: rector@kirovgma.ru                                                            | <b>Lev M. Zheleznov</b> , MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;<br>ORCID: 0000-0001-8195-0996;<br>eLibrary SPIN: 2107-3507;<br>e-mail: rector@kirovgma.ru                                                                    |
| <b>Дворянский Сергей Афанасьевич</b> , д-р мед. наук, профессор;<br>ORCID: 0000-0002-5632-0447;<br>eLibrary SPIN: 1840-2379;<br>e-mail: Kf1@kirovgma.ru                                                         | <b>Sergey A. Dvoryansky</b> , MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;<br>ORCID: 0000-0002-5632-0447;<br>eLibrary SPIN: 1840-2379;<br>e-mail: Kf1@kirovgma.ru                                                                   |

## ТАБЛИЦЫ

**Таблица 1.** Корреляция между массой новорождённого и фетометрическими показателями в III триместре беременности

**Table 1.** Correlation between newborn's weight and fetometric parameters in the third trimester of pregnancy

| Параметр (X)              | <i>r</i> (X, масса) | 95% ДИ для <i>r</i> |
|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Окружность живота, мм     | 0,820               | 0,810–0,830         |
| Длина бедренной кости, мм | 0,620               | 0,600–0,640         |
| Окружность головы, мм     | 0,540               | 0,520–0,570         |

*Примечание.* Все коэффициенты значимы при  $p < 0,001$ .

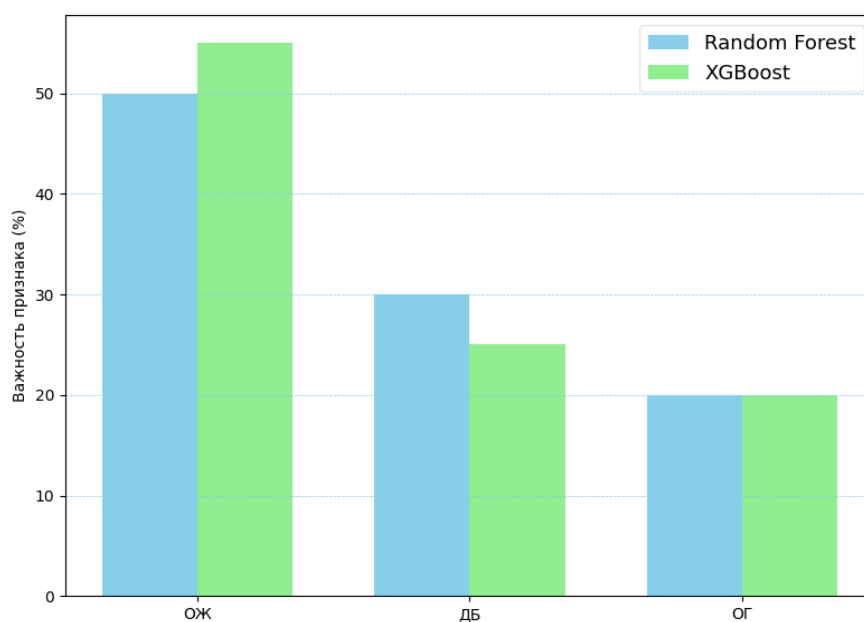
**Таблица 2.** Множественная линейная регрессия: зависимая переменная — масса при рождении (г)

**Table 2.** Multiple linear regression: the dependent variable is birth weight (g)

| Результаты модели         | Intercept | Окружность живота | Длина бедренной кости | Окружность головы |
|---------------------------|-----------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| $\beta$                   | –2900     | 20,5              | 11,3                  | 3,6               |
| $SE(\beta)$               | 180       | 0,45              | 1,10                  | 0,75              |
| <i>t</i>                  | –16,1     | 45,6              | 10,3                  | 4,8               |
| <i>p</i>                  | <0,001    | <0,001            | <0,001                | <0,001            |
| $\beta$ стандартизованный | -         | 0,680             | 0,180                 | 0,070             |
| 95% ДИ стандартизованный  | -         | 0,650–0,710       | 0,150–0,220           | 0,040–0,100       |

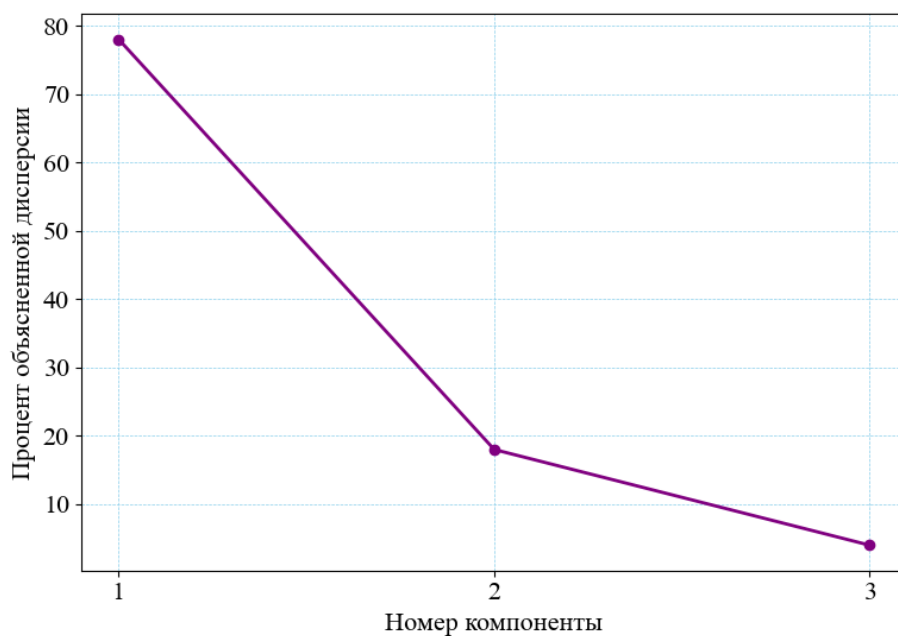
*Примечание.* Окружность живота, длина бедренной кости и окружность головы введены в модель в миллиметрах; коэффициенты  $\beta$  для этих предикторов выражены в г/мм, Intercept — в граммах; ДИ — доверительный интервал.

## РИСУНКИ



**Рис. 1.** Диаграммы важности признаков по моделям Random Forest и XGBoost: ОЖ — окружность живота плода, ДБ — длина бедренной кости, ОГ — окружность головы.

**Fig. 1.** Feature Importance diagrams based on the Random Forest and XGBoost models.



**Рис. 2.** Scree Plot для анализа главных компонент.

**Fig. 2.** Scree Plot for Principal Component Analysis.