

ISSN 2313-7347 (print)

ISSN 2500-3194 (online)

АКУШЕРСТВО ГИНЕКОЛОГИЯ РЕПРОДУКЦИЯ

Включен в перечень ведущих
рецензируемых журналов и изданий ВАК

2023 • том 17 • № 2

OBSTETRICS, GYNECOLOGY AND REPRODUCTION

2023 Vol. 17 No 2

www.gynecology.ru

Данная интернет-версия статьи была скачана с сайта <http://www.gynecology.ru>. Не предназначено для использования в коммерческих целях. Информацию о репринтах можно получить в редакции. Тел.: +7 (495) 649-54-55; эл. почта: info@grbis.ru.



Прогнозирование клинически узкого таза с помощью нейросетевого анализа данных

А.М. Зиганшин¹, Г.Б. Дикке², В.А. Мудров³

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Россия, 450008 Уфа, ул. Ленина, д. 3;

²ЧОУ ДПО «Академия медицинского образования имени Ф.И. Иноземцева»; Россия, 190013 Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 22, лит. М;

³ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Россия, 672000 Чита, ул. Горького, д. 39а

Для контактов: Айдар Миндиярович Зиганшин, e-mail: Zigaidar@yandex.ru

Резюме

Цель: повысить эффективность прогнозирования клинически узкого таза (КУТ) с помощью нейросетевого анализа данных и оценить его диагностические характеристики.

Материалы и методы. Выполнено ретроспективное нерандомизированное клиническое исследование. Проведен анализ 184 родов: в группу 1 вошли 135 пациенток, роды которых произошли через естественные родовые пути, в группу 2 – 49 пациенток, роды которых осложнились развитием КУТ и завершились экстренным кесаревым сечением. Обследование пациенток проводилось накануне родов (за 1–2 дня) и включало сбор анамнеза, общее и специальное акушерское исследование, включая пельвиометрию; в родах проводилась клиническая оценка краниотазовой диспропорции. Оценка состояния новорожденных выполняли по шкале Апгар, измеряли рост и массу тела. Нейросетевой анализ выполняли с помощью встроенного модуля Neural Networks программы SPSS Statistics Version 25.0 (IBM, США).

Результаты. Несмотря на гипотетически значимую роль анатомического сужения таза в развитии краниотазовой диспропорции, статистически значимых различий между группами выявлено не было. Определены статистически значимые параметры (значения окружности живота, высоты дна матки и массы тела женщины, окружности головки плода, а также данные о наличии или отсутствии маловодия и макросомии плода), которые были включены в базу данных, которая легла в основу обучения многослойного перцептрона. Из 135 пациенток группы 1 прогноз оказался отрицательным у 131 (97,0 %) женщины, положительным – у 4 (3,0 %); у 49 (100,0 %) пациенток группы 2 прогноз был положительным. Точность прогноза разработанной модели составила 98 % (чувствительность – 100 %, специфичность – 97 %). Информативность нейросетевого анализа данных в прогнозировании КУТ представлена ROC-анализом: площадь под кривой (англ. area under curve, AUC) = 0,99 (95 % доверительный интервал = 0,97–1,00). Показатели антропометрии новорожденных статистически значимо были выше в группе 2 по сравнению с группой 1, а оценка по Апгар на 1-й минуте соответственно ниже.

Заключение. Применение нейросетевого анализа клинических данных, полученных накануне родов, позволяет с достаточной степенью точности (98,0 %) прогнозировать развитие КУТ, что в перспективе при его внедрении в клиническую практику позволит оптимизировать выбор метода родоразрешения пациенток, входящих в группу риска (анатомически узкий таз, крупный плод), снизить частоту экстренных кесаревых сечений и улучшить исходы родов.

Ключевые слова: клинически узкий таз, КУТ, краниотазовая диспропорция, нейросетевой анализ, нейронная сеть, многослойный перцептрон

Для цитирования: Зиганшин А.М., Дикке Г.Б., Мудров В.А. Прогнозирование клинически узкого таза с помощью нейросетевого анализа данных. *Акушерство, Гинекология и Репродукция*. 2023;17(2):211–220. <https://doi.org/10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2023.382>.

Predicting a clinically narrow pelvis using neural network data analysis

Aydar M. Ziganshin¹, Galina B. Dikke², Victor A. Mudrov³

¹Bashkir State Medical University, Health Ministry of Russian Federation; 3 Lenin Str., Ufa 450008, Russia;

²Inozemtsev Academy of Medical Education; 22 Lit. M, Moskovskiy Avenue, Saint Petersburg 190013, Russia;

³Chita State Medical Academy, Health Ministry of Russian Federation; 39a Gorkogo Str., Chita 672090, Russia**Corresponding author:** Aydar M. Ziganshin, e-mail: Zigaidar@yandex.ru**Abstract**

Aim: to improve the efficiency of predicting a clinically narrow pelvis (CNP) using neural network data analysis and to evaluate its prognostic characteristics.

Materials and Methods. The study was designed as a retrospective non-randomized clinical trial. An analysis of 184 born neonates was carried out: group 1 included 135 female patients whose delivery occurred through the natural birth canal, group 2 – 49 patients whose delivery was complicated by CNP development and ended up with emergency caesarean section. Examination of patients was carried out on the eve of childbirth (1–2 days) and included anamnesis, general and special obstetric examination, including pelvimetry, a clinical assessment of cephalopelvic disproportion was carried out during childbirth. The condition of newborns was assessed using the Apgar scale, height and body weight were measured. Neural network analysis was performed using the built-in Neural Networks module of SPSS Statistics Version 25.0 (IBM, USA).

Results. Despite hypothetically important role of anatomically narrowed pelvis in development of cephalopelvic disproportion, no significant inter-group differences were found. Significant parameters (abdominal circumference, uterine fundus height and woman's weight, fetal head circumference, as well as data on the presence or absence of oligohydramnios and fetal macrosomia) were determined, which were included in the test database to create the basis for training the multilayer perceptron. Out of 135 patients of group 1, the prognosis was negative in 131 (97.0 %), positive in 4 (3.0 %); out of 49 patients in group 2, negative in 0 (0.0 %), positive in 49 (100.0 %). The forecast accuracy of the developed model was 98 % (sensitivity – 100 %, specificity – 97 %). The information content of neural network data analysis in CNP predicting is presented in ROC analysis: area under the curve (AUC) = 0.99 (95 % confidence interval = 0.97–1.00). Neonatal anthropometric parameters were significantly higher in group 2 vs. group 1, and the Apgar score at 1 minute was correspondingly lower.

Conclusion. The use of neural network analysis of clinical data obtained on the eve of childbirth allows to predict CNP development at sufficient degree of accuracy (98.0 %), which, in the future, after being introduced into clinical practice, will optimize a choice of delivery method in patients at risk (anatomically narrow pelvis, large fetus), reduce emergency caesarean sections and improve birth outcomes.

Keywords: clinically narrow pelvis, CNP, cephalopelvic disproportion, neural network analysis, neural network, multilayer perceptron

For citation: Ziganshin A.M., Dikke G.B., Mudrov V.A. Predicting a clinically narrow pelvis using neural network data analysis. *Akusherstvo, Ginekologiya i Reprodukcia = Obstetrics, Gynecology and Reproduction*. 2023;17(2):211–220. <https://doi.org/10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2023.382>.

Введение / Introduction

Основными приоритетными задачами системы родовспоможения являются сохранение здоровья матери и рождение здорового ребенка, что позволяет улучшить репродуктивный потенциал населения в целом. Прогнозирование и диагностика плодово-тазовой диспропорции являются наиболее сложными разделами практического акушерства, что связано с субъективизмом акушерского исследования в интранатальном периоде, нередко приводящим к запоздалому абдоминальному родоразрешению [1, 2]. Распространенность краниотазовой диспропорции составляет от 1 до 8 % родов в зависимости от географической зоны проживания населения [3], при этом в 65 % наблюдений эта диспропорция является основной причиной затрудненных родов [4]; макросомия плода, в свою очередь, является причиной данного осложнения в 5,8–60,0 % случаев [1].

С практической точки зрения наибольший интерес в настоящее время представляют не столько методы диагностики, сколько методы прогнозирования

клинически узкого таза (КУТ) [5, 6]. Однако этот вопрос в современной научной литературе освещен недостаточно. Среди факторов риска затрудненных родов и экстренного кесарева сечения (КС) указываются размеры таза матери, окружность головы плода и возраст матери [7, 8]. В то же время значение клинической пельвиометрии и ее влияние на исходы для матери и ребенка подвергается сомнению [9]. Женщины, которым выполняли рентгенопельвиметрию (метаанализ 5 исследований, 1159 женщин; доказательства низкого качества), чаще подвергались операции КС с отношением рисков (ОР) = 1,34 (95 % доверительный интервал (ДИ) = 1,19–1,52); однако разницы в исходах для матери и плода не наблюдалось [10]. Расчет плодово-тазового индекса также не был клинически полезным инструментом для прогнозирования способа родоразрешения у пациенток с высоким риском краниотазовой диспропорции [8].

Перспективным направлением повышения качества акушерско-гинекологической помощи является разработка инновационных технологий в системе родовспоможения. Медицинская информатика,

Основные моменты**Что уже известно об этой теме?**

- ▶ Распространенность анатомической диспропорции между головкой плода и размерами таза матери (клинически узкий таз, КУТ) колеблется от 1 до 8 % родов в разных географических регионах, при этом в 65 % наблюдений она является основной причиной затрудненных родов.
- ▶ Прогнозирование риска краниотазовой диспропорции и способа родоразрешения с помощью клинической или аппаратной пельвиометрии подвергается сомнению.
- ▶ Нейросетевой анализ данных является перспективным методом прогнозирования, диагностики и выбора лечения, продемонстрировав свою эффективность в ряде областей медицины, в том числе в акушерстве.

Что нового дает статья?

- ▶ Дано описание структуры обучаемой нейронной сети, включающей 8 входных нейронов, 2 скрытых слоя, содержащих 7 и 5 единиц соответственно, и 2 выходных нейрона (КУТ есть/нет).
- ▶ Точность прогноза разработанной модели составила 98 %, что представляется достаточно значимым (чувствительность – 100 %, специфичность – 97 %).
- ▶ ROC-анализ вероятности диагностики КУТ на основании нейросетевого анализа данных: площадь под кривой (AUC) = 0,99 (95 % доверительный интервал = 0,97–1,00).

Как это может повлиять на клиническую практику в обозримом будущем?

- ▶ Внедрение нейросетевого анализа в клиническую практику позволит оптимизировать выбор метода родоразрешения пациенток, входящих в группу риска (анатомически узкий таз, крупный плод), снизить частоту экстренных кесаревых сечений и улучшить исходы родов.
- ▶ Сокращение времени диагностики и улучшение общей диагностической эффективности.

применение искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) позволяют решать задачи диагностики и прогнозирования различных заболеваний, осложнений и вариантов лечения с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС). С помощью таких продуктов уменьшаются временные и технические затраты на получение результатов, что определяет их актуальность и востребованность [11, 12]. ИНС уже широко используются в медицине, в том числе в гинекологии [13], акушерстве [14], репродукции и эмбриологии [15, 16]. Систематический обзор работ по ИИ в акушерстве и гинекологии, опубликованный в 2022 г., показал, что поиск в PubMed выявил 66 статей и 579 цитирований. В публикациях в основном сообщается о предварительной работе в области ИИ, например, об алгоритме или методе проверки концепции, применяемом в этой дисциплине, но клиническая валидация остается неудовлетворенным условием [17]. Работ по применению ИНС для прогнозирования КУТ нами не найдено.

Цель: повысить эффективность прогнозирования КУТ с помощью нейросетевого анализа данных и оценить его прогностические характеристики.

Highlights**What is already known about this subject?**

- ▶ The prevalence of anatomical disproportion between the fetal head and the size of the mother's pelvis (clinically narrow pelvis, CNP) ranges from 1 to 8 % of births in various geographical regions, while in 65 % of cases it is the main cause of obstructed labor.
- ▶ Predicting the risk of cephalopelvic disproportion and a method of delivery using clinical or instrumental pelvimetry is questionable.
- ▶ Neural network data analysis is a promising method for predicting, diagnosing, and choosing a treatment approach, demonstrating its effectiveness in a number of areas of medicine, including obstetrics.

What are the new findings?

- ▶ A description is provided for the structure of trained neural network, which includes 8 input neurons, two hidden layers containing 7 and 5 units, respectively, and 2 output neurons (CNP present/not present).
- ▶ The forecast accuracy of the developed model was more than 98 %, which seems to be quite significant (sensitivity – 100 %, specificity – 97 %).
- ▶ ROC analysis of the probability of CNP based on neural network analysis of data – area under the curve (AUC) = 0.99 (95 % confidence interval = 0.97–1.00).

How might it impact on clinical practice in the foreseeable future?

- ▶ The introduction of neural network analysis into clinical practice will optimize a choice of delivery method for patients at risk (anatomically narrow pelvis, large fetus), reduce frequency of emergency caesarean sections and improve delivery outcomes.
- ▶ Shortened diagnostic time and improved overall diagnostic efficiency.

Материалы и методы / Materials and Methods**Дизайн исследования / Study design**

В период с 2018 г. по 2021 г. выполнено ретроспективное нерандомизированное клиническое исследование 184 случаев родов. На базе акушерских отделений ГУЗ «Краевая клиническая больница» (Чита) было выделено 2 группы исследования: группа 1 включала 135 женщин, роды которых не осложнялись развитием КУТ и произошли через естественные родовые пути; группа 2 – 49 пациенток, роды которых осложнились КУТ и завершились экстренным КС.

Критерии включения и исключения / Inclusion and exclusion criteria

Критерии включения: доношенный срок беременности (37–41⁺⁶ нед); затылочное предлежание плода.

Критерии исключения: использование вспомогательных репродуктивных технологий для наступления настоящей беременности; преждевременные роды; переносимая беременность; предшествующий патологический прелиминарный период; тазовое предле-

жание плода; неправильные положения плода; неправильное вставление головки плода; рубец на матке; предлежание плаценты; многоплодная беременность; пороки развития плода; дисточия плечиков плода; аномалии развития половых органов; рубцовые изменения промежности и шейки матки; родовозбуждение методом амниотомии и окситоцином; проведение хирургической защиты промежности; тяжелая экстрагенитальная и акушерская патология; травмы таза в анамнезе; генетические и врожденные заболевания; онкологические заболевания; иммунодефицитные заболевания; острые инфекционные заболевания.

Методы исследования / Study methods

Обследование пациенток проводилось накануне родов (за 1–2 дня) и включало сбор общего и специального анамнеза, объективный осмотр и специальное акушерское исследование; в процессе родоразрешения проводилась клиническая оценка таза в динамическом режиме в соответствии с действующими клиническими рекомендациями, утвержденными Минздравом России. Оценку состояния новорожденных выполняли по шкале Апгар, измеряли рост и массу тела.

Этические аспекты / Ethical aspects

Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России (протокол № 64 от 23.06.2014) и проведено в соответствии с этическими стандартами Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации 1964 г. и ее последующими изменениями (пересмотр 2013 г., Форталеа, Бразилия). Все пациентки давали письменное информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

Программное обеспечение и методы статистического анализа / Software and statistical analysis

Для оценки риска краниотазовой диспропорции и экстренного КС применяли встроенный модуль Neural Networks программы SPSS Statistics Version 25.0 (IBM, США). Наиболее статистически значимые клинические параметры, полученные при обследовании пациенток, включены в качестве входных нейронов в архитектуру многослойного перцептрона (математическая или компьютерная модель восприятия информации мозгом), обучение которого позволило прогнозировать развитие КУТ. Оценивали информативность нейросетевого анализа данных в прогнозировании КУТ.

Для статистической обработки результатов использовали программу SPSS Statistics Version 25.0 (IBM, США). Для проверки значимости различий количественных параметров между группами применяли методы описательной статистики и ряд непараметрических критериев для проверки значимости различий. Закон распределения признаков с учетом численно-

сти групп пациенток оценивали при помощи критерия Шапиро–Уилка.

Количественные показатели, имевшие распределение близкое к нормальному, представляли в виде $M \pm SD$, где M – среднее значение, а SD – среднее квадратичное отклонение, а при распределении, отличном от нормального, в виде $Me (Q_1-Q_3)$, где Me – медианное значение показателя, а (Q_1-Q_3) – первый (25 %) и третий (75 %) квартили. Поскольку распределение большинства количественных показателей значительно отличалось от нормального, значимость различий между группами оценивали при помощи непараметрических критериев. Анализ различий количественных параметров исследуемых выборок проводили с помощью U-критерия Манна–Уитни. Качественные данные описывали с указанием абсолютных (n) и относительных (%) значений. Для сравнения номинальных данных двух групп исследования использовали критерий χ^2 Пирсона. Если количество ожидаемых наблюдений было менее 10, для сравнения использовали критерий χ^2 Пирсона с поправкой Йейтса на непрерывность, если менее 5 – точный критерий Фишера. Статистически значимым считали значение $p < 0,05$. Для определения прогностической ценности разработанной нейронной сети использовали ROC-анализ [18].

Результаты / Results

Общая характеристика пациенток / Characteristics of patients

Средний возраст пациенток в группах 1 и 2 был равен $27,6 \pm 6,3$ и $26,2 \pm 6,5$ лет соответственно ($p = 0,65$). Большинство участниц исследования (54,9 %) были в возрасте 25–35 лет. Индекс массы тела у пациенток групп 1 и 2 составлял $26,9 \pm 6,0$ и $27,8 \pm 7,6$ соответственно ($p = 0,93$).

Социально-демографическая характеристика и анамнез участниц исследования представлены в **таблице 1**.

Количество перво- и повторнородящих было сопоставимым. Среднее количество гинекологических заболеваний в анамнезе составило $0,51 \pm 0,46$ на одну беременную, соматических – $1,13 \pm 0,92$.

Статистически значимых различий между группами по возрасту, уровню образования, социальному статусу, семейному положению, индексу массы тела, акушерскому и гинекологическому анамнезу, частоте и структуре экстрагенитальной патологии в ходе исследования установлено не было.

Результаты объективного обследования пациенток / Results of objective patients examination

Несмотря на гипотетически значимую роль анатомического сужения таза в развитии краниотазовой диспропорции, статистически значимых различий между группами не установлено (**табл. 2**).

Таблица 1. Социально-демографическая характеристика и анамнез участниц исследования.

Table 1. Socio-demographic characteristics and anamnesis of study participants.

Показатель Parameter	Группа 1 / Group 1 n = 135		Группа 2 / Group 2 n = 49		p*
	n	%	n	%	
Семейное положение / Marital status					
Замужем, гражданский брак / Married, civil marriage	99	73,3	40	81,6	0,25
Незамужем, разведена, вдова / Single, divorced, widow	36	26,7	9	18,4	
Социальный статус / Social status					
Работает / Occupied	73	54,1	33	67,3	0,11
Домохозяйка / Housemaid	62	45,9	16	32,7	
Образование / Education					
Высшее, ученая степень / Higher, academic degree	53	39,2	13	26,5	0,28
Среднее, средне-специальное / Secondary, secondary special	58	43,0	26	53,1	
Учащаяся, студентка / Graduate, student	24	17,8	10	20,4	
Менструальная и репродуктивная функции / Menstrual and reproductive functions					
Менархе < 14 лет / Menarche < 14 years	65	48,1	31	63,3	0,07
Менархе > 14 лет / Menarche > 14 years	70	51,9	18	36,7	
Коитархе < 18 лет / Coitarche < 18 years	78	57,8	32	65,3	0,36
Коитархе > 18 лет / Coitarche > 18 years	57	42,2	17	34,7	
Первобеременная / Primigravida	58	43,0	14	28,6	0,08
Повторнобеременная / Multigravida	77	57,0	35	71,4	
Гинекологические заболевания в анамнезе / Gynecological diseases in history					
Воспалительные заболевания органов малого таза Inflammatory diseases of the pelvic organs	35	25,9	10	20,4	0,44
Кисты яичников / Cystic ovary	18	13,3	5	10,2	0,57
Эндометриоз, аденомиоз / Endometriosis, adenomyosis	7	5,2	2	4,1	0,76
Инфекции, передаваемые половым путем / Sexually transmitted infections	37	27,4	11	22,4	0,5
Оперативные вмешательства на органах малого таза Surgical interventions on the pelvic organs	14	10,4	3	6,1	0,38
Соматические заболевания в анамнезе / Somatic diseases in history					
Болезни органов дыхания / Respiratory diseases	12	8,9	3	6,1	0,55
Болезни сердечно-сосудистой системы / Diseases of the cardiovascular system	28	20,7	14	28,6	0,26
Болезни желудочно-кишечного тракта / Diseases of the gastrointestinal tract	20	14,8	6	12,2	0,66
Болезни печени и желчевыводящих путей / Diseases of the liver and biliary tract	6	4,4	3	6,1	0,64
Болезни почек и мочевыводящих путей / Diseases of the kidneys and urinary tract	44	32,6	16	32,7	0,99
Аллергические реакции / Allergic reactions	3	2,2	2	4,1	0,49
Заболевания щитовидной железы / Thyroid diseases	12	8,9	2	4,1	0,28
Нарушения жирового обмена / Fat metabolism disorders	24	17,8	15	30,6	0,06

Примечание: * – критерий χ^2 Пирсона.Note: * – Pearson's χ^2 test.

Отсутствие различий может объясняться как субъ-
ективным характером пельвиометрии большого таза,
так и возрастанием погрешности измерения у пациен-
ток с алиментарно-конституциональным ожирением.

Характеристики текущей беременности в группах
исследования имели ряд существенных различий, ос-
новным из которых, безусловно, являлось развитие
макросомии плода преимущественно у пациенток
с последующим развитием плодово-тазовой диспро-
порции (табл. 3).

Указанные в таблице 3 статистически значимые
параметры были включены в тестовую базу данных,
которая легла в основу обучения многослойного пер-
цептрона.

Модель прогнозирования клинически узкого таза / Predictive model for clinically narrow pelvis

Для создания модели прогноза была выбрана про-
цедура многослойного перцептрона, которая позволя-
ет создать прогностическую модель развития интере-

Таблица 2. Характеристики размеров большого таза участниц исследования.**Table 2.** Characteristics of large pelvis dimensions in study subjects.

Параметр Parameter	Группа 1 / Group 1 n = 135	Группа 2 / Group 2 n = 49	p
Анатомическое сужение таза, n (%) Anatomically narrow pelvis, n (%)	22 (16,3)	9 (18,4)	0,74**
Distantia spinarum, см, Me (Q ₁ –Q ₃) Distantia spinarum, cm, Me (Q ₁ –Q ₃)	25,0 (25,0–25,6)	26,0 (25,3–26,0)	0,22*
Distantia cristarum, см, Me (Q ₁ –Q ₃) Distantia cristarum, cm, Me (Q ₁ –Q ₃)	28,0 (28,0–28,3)	28,0 (28,0–28,8)	0,7*
Distantia trochanterica, см, Me (Q ₁ –Q ₃) Distantia trochanterica, cm, Me (Q ₁ –Q ₃)	31,0 (31,0–31,8)	32,0 (31,7–32,6)	0,08*
Conjugata, см, Me (Q ₁ –Q ₃) Conjugata, cm, Me (Q ₁ –Q ₃)	21,0 (20,2–21,0)	21,0 (20,9–21,5)	0,05*

Примечание: * – U-критерий Манна–Уитни; ** – критерий χ^2 Пирсона.

Note: * – Mann-Whitney U-test; ** – Pearson's χ^2 test.

Таблица 3. Характеристики текущей беременности участниц исследования.**Table 3.** Characteristics of the current pregnancy in study subjects.

Параметр Parameter	Группа 1 / Group 1 n = 135	Группа 2 / Group 2 n = 49	p
Срок гестации, недель, Me (Q ₁ –Q ₃) Gestational age, weeks, Me (Q ₁ –Q ₃)	39,0 (38,6–39,3)	39,5 (39,5–39,7)	0,07*
Маловодие, n (%) Oligohydramnios, n (%)	24 (17,8)	2 (4,1)	0,02**
Макросомия плода, n (%) Fetal macrosomia, n (%)	29 (21,5)	39 (79,6)	< 0,001**
Масса тела, кг, Me (Q ₁ –Q ₃) Body weight, kg, Me (Q ₁ –Q ₃)	72,0 (71,9–74,4)	78,0 (77,2–84,4)	< 0,001*
Окружность живота, см, Me (Q ₁ –Q ₃) Abdominal circumference, cm, Me (Q ₁ –Q ₃)	98,0 (97,5–99,0)	105,0 (103,5–107,7)	< 0,001*
Высота дна матки, см, Me (Q ₁ –Q ₃) The height of the uterine fundus, cm, Me (Q ₁ –Q ₃)	36,0 (35,5–36,1)	39,0 (38,4–39,5)	< 0,001*
Окружность головы плода, см, Me (Q ₁ –Q ₃) Fetal head circumference, cm, Me (Q ₁ –Q ₃)	34,0 (34,0–34,5)	36,0 (35,6–36,1)	< 0,001*

Примечание: * – U-критерий Манна–Уитни; ** – критерий χ^2 Пирсона.

Note: * – Mann-Whitney U-test; ** – Pearson's χ^2 test.

сущего события (зависимая переменная) на основании значений переменных-предикторов (независимых переменных). Многослойный перцептрон относится к сетям прямого распространения. Суть работы подобных сетей заключается в том, что при анализе данных входной сигнал распространяется в них постепенно, от слоя к слою, общий результат формируется как результат разности между ответами, полученными от каждого слоя в процессе анализа. Чем больше слоев в сети, тем выше точность. Число входных нейронов составило 8 единиц, в качестве входных нейронов выступали параметры исследования (значения окружности живота, высоты дна матки и масса тела женщины накануне родов, окружности головки плода, а также данные о наличии или отсутствии маловодия и макросомии плода), имевшие статистически значимые различия при сравнении групп исследования. Учитывая число входных нейронов, было решено включить

в архитектуру многослойного перцептрона 2 скрытых слоя. Автоматический выбор архитектуры позволил вычислить оптимальное количество нейронов в указанных скрытых слоях, равное 7 и 5 соответственно, и позволяющее при этом максимально эффективно прогнозировать интересующий исход (наличие или отсутствие КУТ). Для создания взаимосвязи взвешенных сумм объектов с последующим слоем значений данных объектов в обоих скрытых слоях использовалась сигмоидная функция активации. В качестве функции активации в выходном слое также выступал сигмоид, так как данная функция определена для действительных переменных и переводит их в диапазон (0; 1), что соответствует исходному дизайну исследования. В качестве функции ошибки выступала сумма квадратов. Выходной слой содержал 2 целевые (зависимые) переменные (КУТ есть/нет). Архитектура разработанной нейронной сети представлена на **рисунке 1**.

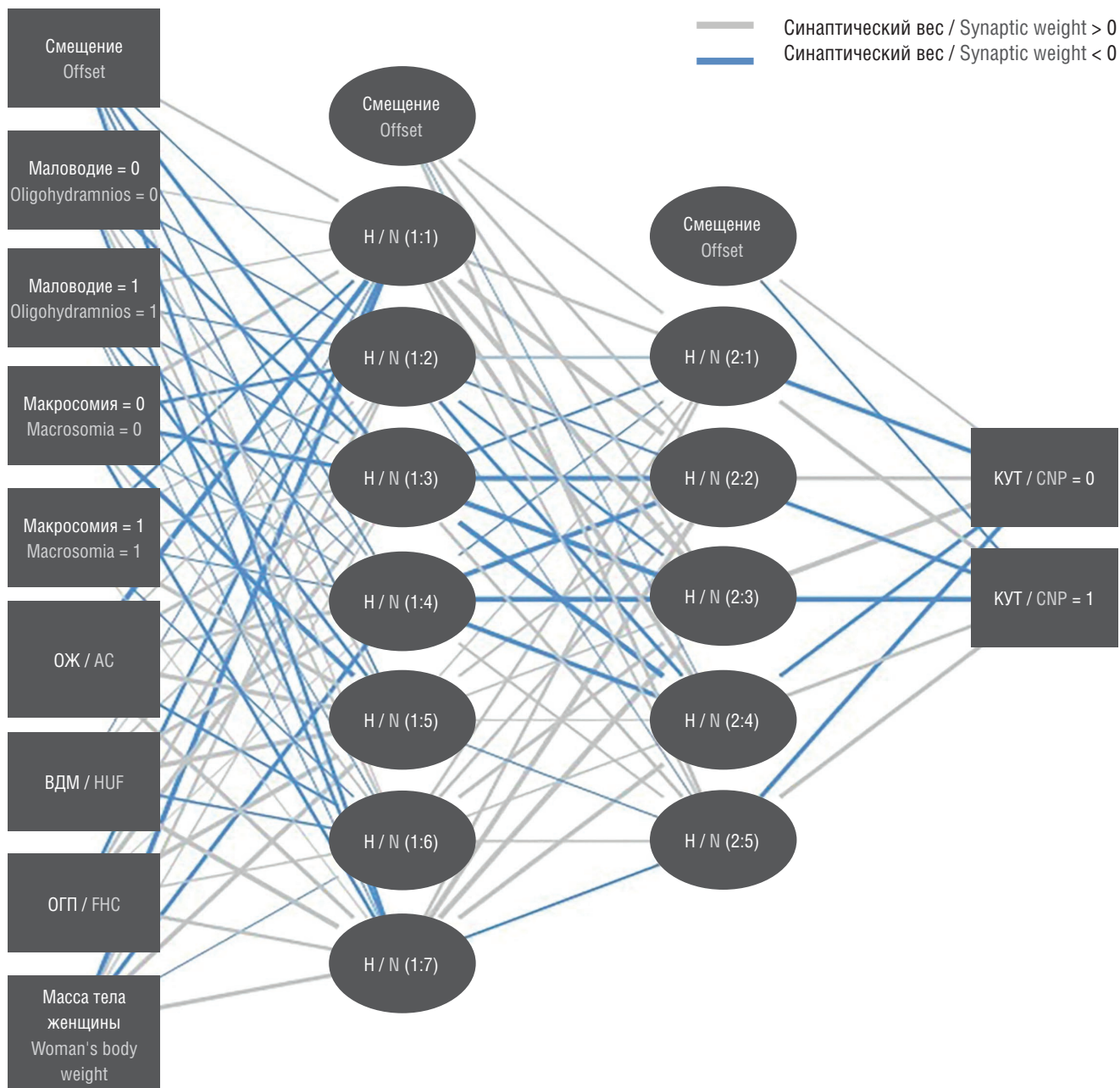


Рисунок 1. Структура многослойного перцептрона, позволяющего прогнозировать развитие клинического узкого таза.

Примечание: ОЖ – окружность живота; ВДМ – высота дна матки; ОГП – окружность головы плода; Н – нейроны, входящие в скрытые слои; КУТ – клинически узкий таз.

Figure 1. The structure of a multilayer perceptron allowing to predict development of a clinical narrow pelvis.

Note: AC – abdominal circumference; HUF – height of uterine fundus; FHC – fetal head circumference; N – neurons included in the hidden layers; CNP – clinically narrow pelvis.

Результаты прогноза клинически узкого таза / The results of the clinically narrow pelvis prognosis

Из 135 пациенток группы 1 прогноз оказался отрицательным у 131 (97,0 %) женщины, положительным – у 4 (3,0 %); у 49 (100,0 %) пациенток группы 2 прогноз был положительным. Точность прогноза разработанной модели составила 98 %: чувствительность – 100 %, специфичность – 97 %, площадь под кривой (англ. area under curve, AUC) = 0,99 (95 % доверительный интервал (ДИ) = 0,97–1,00; $p < 0,001$).

Учитывая точность прогноза, близкую к 100 %, можно сделать вывод, что разработанная нейронная сеть обладает достаточным функционалом.

Информативность нейросетевого анализа данных в прогнозировании КУТ представлена ROC-анализом (рис. 2).

Состояние новорожденных / Neonate condition

Масса тела детей группы 1 при рождении составляла 3410,0 (3337,8–3458,9) г, группы 2 – 4050,0

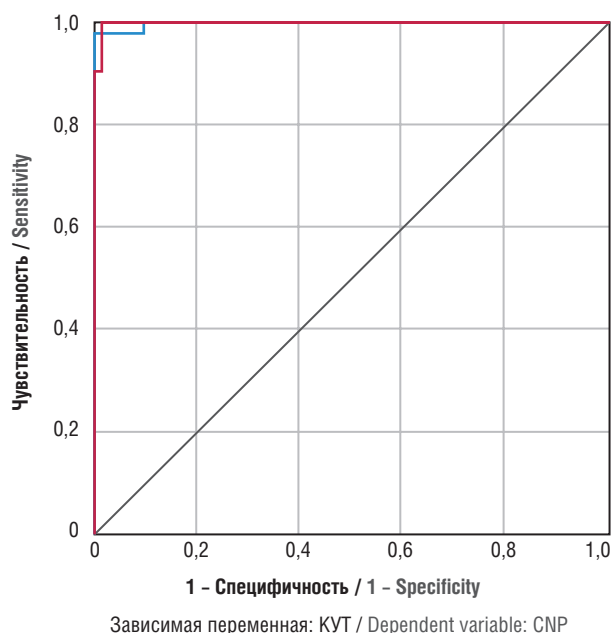


Рисунок 2. ROC-анализ вероятности диагностики клинически узкого таза (КУТ) на основании нейросетевого анализа данных. Площадь под кривой (AUC) = 0,99 (95 % ДИ = 0,97–1,00).

Figure 2. ROC analysis of probability for clinically narrow pelvis diagnosis based on neural network data analysis. Area under the curve (AUC) = 0.99 (95% CI = 0.97–1.00).

(3839,4–4113,0) г ($p < 0,001$), а их рост – 51,5 (51,4–51,9) см и 54,5 (53,9–54,8) см соответственно ($p < 0,001$). Оценка состояния новорожденного по шкале Апгар в конце 1-й минуты в группе 1 составила 8,5 (8,4–8,7) баллов, в группе 2 – 8,0 (7,9–8,4) баллов ($p = 0,004$), в конце 5-й минуты – 9,0 (9,0–9,3) и 9,0 (8,9–9,2) баллов соответственно ($p = 0,05$). Таким образом, показатели антропометрии новорожденных статистически значимо были выше в группе 2 по сравнению с группой 1, а оценка по Апгар на 1-й минуте соответственно ниже.

Обсуждение / Discussion

В настоящее время клиницистам доступен обширный объем информации – от клинических симптомов до биохимических анализов и данных устройств визуализации. Каждый из них должен быть оценен и соотнесен с конкретной патологией в процессе диагностики. Чтобы упростить диагностический процесс в рутинной практике и избежать ошибочных диагнозов, в настоящее время изучаются методы ИИ (особенно компьютерная диагностика и ИНС), которые могут обрабатывать различные типы медицинских данных и интегрировать их в категоризированные выходы [19]. Это побудило нас провести настоящее исследование, учитывая значительные трудности прогнозирования КУТ в настоящее вре-

мя. Отмечается, что несмотря на использование технологии визуализации в попытке предсказать краниотазовую диспропорцию, существует слабая корреляция между рентгенологической пельвиометрией и исходами родов, а результаты клинической пельвиометрии, по-прежнему используемой в акушерстве для прогнозирования или подтверждения КУТ, сомнительны, и методика становится «потерянным искусством» [10, 20].

Точность прогноза разработанной нами модели нейросетевого анализа составила 98 % с показателями чувствительности 100 % и специфичности 97 %. Полученные нами результаты аналогичны диагностическим оценкам на основе машинного обучения и ИНС при прогнозировании, например, недоношенности (точность 95,7 %) или неонатальной смертности (точность 99,7 %) [21].

Напротив, применение такого современного метода как МРТ-пельвиометрия для прогноза исхода родов демонстрирует существенно более низкие диагностические показатели. Так, в систематическом обзоре и метаанализе, выполненном в 2022 г., показано, что ни один из маркеров не обладал одновременно высокой чувствительностью и специфичностью – тазовый индекс плода имел показатели 59–60 % и 34–64 % соответственно, а индекс краниотазовой диспропорции – 85 и 56 % соответственно [22].

Основные преимущества, выявленные в результате систематического обзора применения ИНС в акушерстве, связаны со снижением меж- и внутриоператорской вариабельности, сокращением времени диагностики и улучшением диагностической эффективности [23], что подтверждается результатами настоящего исследования. Однако доказательства ограничены, и необходимы дальнейшие исследования применимости ИНС в клинической практике.

Заключение / Conclusion

Применение нейронной сети для прогнозирования КУТ, несмотря на простоту и доступность получения исходных клинических данных накануне родов, обладает достаточной степенью точности (98 %), что свидетельствует о перспективности применения нейросетевого анализа в практическом акушерстве. Безусловно, на данный момент времени подобный метод не может получить широкого применения ввиду некоторой сложности его воспроизведения врачом акушером-гинекологом, не получившим профильное обучение. Поэтому в первую очередь, на наш взгляд, данную технологию следует использовать для оптимизации процесса родоразрешения женщин, входящих в соответствующую группу риска (анатомически узкий таз и/или крупный плод), что позволит снизить частоту экстренных кесаревых сечений и улучшить исходы родов.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ	ARTICLE INFORMATION
Поступила: 28.12.2022. В доработанном виде: 02.03.2023.	Received: 28.12.2022. Revision received: 02.03.2023.
Принята к печати: 13.04.2023. Опубликовано: 30.04.2023.	Accepted: 13.04.2023. Published: 30.04.2023.
Вклад авторов	Author's contribution
Зиганшин А.М. – разработка дизайна исследования, получение данных для анализа, редактирование текста рукописи; Дикке Г.Б. – обзор публикаций по теме статьи, анализ статистических данных, написание текста рукописи; Мудров В.А. – организация исследования, работа с пациентами, получение клинических результатов, формирование базы данных для статистического анализа, редактирование текста рукописи.	Ziganshin A.M. – developed study design, obtained data for analysis, text editing; Dikke G.B. – reviewed publications, statistical data analysis, text writing; Mudrov V.A. – organized the study, work with patients, obtained clinical results, created a database for statistical analysis, text editing.
Все авторы прочитали и утвердили окончательный вариант рукописи.	All authors have read and approved the final version of the manuscript.
Конфликт интересов	Conflict of interests
Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.	The authors report no conflicts of interest.
Финансирование	Funding
Исследование проведено без финансовой поддержки.	The study was not sponsored.
Ограничения	Restrictions
Небольшой объем выборки.	Small sample size.
Согласие пациентов	Patient consent
Получено.	Obtained.
Одобрение этического комитета	Ethics approval
Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России, протокол № 64 от 23.06.2014.	The study was approved by the local ethics committee of the Chita State Medical Academy of the Ministry of Health of Russia, Protocol № 64 dated of 23.06.2014.
Политика раскрытия данных	Clinical Trials Disclosure Policy
Данные об отдельных участниках, лежащие в основе результатов, представленных в этой статье, после деидентификации (таблицы) будут доступны спустя 9 мес и до 3 лет после публикации статьи по запросу исследователей, которые предоставят методологически обоснованное предложение для метаанализа данных индивидуальных участников. Предложения должны быть направлены на почтовый ящик zigaidar@yandex.ru. Чтобы получить доступ, лица, запрашивающие данные, должны будут подписать соглашение о доступе к данным.	Individual participant data underlying the results presented in this article after de-identification (tables) will be available after 9 months and up to 3 years after publication of the article at the request of researchers who will provide a methodologically sound proposal for meta-analysis of individual participant's data. Proposals should be sent to zigaidar@yandex.ru. To gain access, data requestors will need to sign a data access agreement
Происхождение статьи и рецензирование	Provenance and peer review
Журнал не заказывал статью; внешнее рецензирование.	Not commissioned; externally peer reviewed.

Литература:

1. Мочалова М.Н., Пономарева Ю.Н., Мудров В.А., Мудров А.А. Современные методы диагностики и прогнозирования клинически узкого таза. *Журнал акушерства и женских болезней*. 2016;65(5):82–91. <https://doi.org/10.17816/JOWD65582-91>.
2. Skripchenko N.Ya., Nevyshna Yu.V., Lozova L.A. et al. Current aspects of delivery in healthy women in accordance with the data of retrospective analysis. *Wiad Lek*. 2021;74(10 pt 1):2463–5. <https://doi.org/10.36740/WLek202110118>.
3. Pavličev M., Romero R., Mitteroecker P. Evolution of the human pelvis and obstructed labor: new explanations of an old obstetrical dilemma. *Am J Obstet Gynecol*. 2020;222(1):3–16. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2019.06.043>.
4. Ayenew A.A. Incidence, causes, and maternofetal outcomes of obstructed labor in Ethiopia: systematic review and meta-analysis. *Reprod Health*. 2021;18(1):61. <https://doi.org/10.1186/s12978-021-01103-0>.
5. Мудров В.А., Зиганшин А.М., Якимова А.В. Возможности ранней дифференциальной диагностики между аномалиями родовой деятельности и клинически узким тазом. *Лечение и профилактика*. 2021;11(3):5–13.
6. Frémondrière P., Thollon L., Adalian P. Et al. Which foetal-pelvic variables are useful for predicting caesarean section and instrumental assistance? *Med Princ Pract*. 2017;26(4):359–67. <https://doi.org/10.1159/000477732>.
7. Stalberg K., Bodestedt A., Lyrenäs S., Axelsson O. A narrow pelvic outlet increases the risk for emergency cesarean section. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2006;85(7):821–4. <https://doi.org/10.1080/00016340600593521>.
8. Korhonen U., Taipale P., Heinonen S. Fetal pelvic index to predict cephalopelvic disproportion – a retrospective clinical cohort study. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2015;94(6):615–21. <https://doi.org/10.1111/aogs.12608>.
9. Мудров В.А., Чацкис Е.М., Нижегородцева Д.А., Ттян Е.В. Роль ультразвуковой пельвиометрии в диагностике анатомически и клинически узкого таза. *Журнал акушерства и женских болезней*. 2017;66(6):20–9. <https://doi.org/10.17816/JOWD66620-29>.
10. Pattinson R.C., Cuthbert A., Vannevel V. Pelvimetry for fetal cephalic presentations at or near term for deciding on mode of delivery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;3(3):CD000161. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000161>.
11. MacEachern S.J., Forkert N.D. Machine learning for precision medicine. *Genome*. 2020;64(4):416–25. <https://doi.org/10.1139/gen-2020-0131>.
12. Pasini A. Artificial neural networks for small dataset analysis. *J Thorac Dis*. 2015;7(5):953–60. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.04.61>.
13. Siristatidis C.S., Chrelias C., Pouliakis A. et al. Artificial neural networks in gynaecological diseases: current and potential future applications. *Med Sci Monit*. 2010;16(10):RA231–6.
14. Ahn K.H., Lee K.-S. Artificial intelligence in obstetrics. *Obstet Gynecol Sci*. 2022;65(2):113–24. <https://doi.org/10.5468/ogs.21234>.
15. Siristatidis C., Pouliakis A., Chrelias C., Kassanos D. Artificial intelligence in IVF: a need. *Syst Biol Reprod Med*. 2011;57(4):179–85. <https://doi.org/10.3109/19396368.2011.558607>.
16. Curchoe C.L., Bormann C.L. Artificial intelligence and machine learning for human reproduction and embryology presented at ASRM and ESHRE 2018. *J Assist Reprod Genet*. 2019;36(4):591–600. <https://doi.org/10.1007/s10815-019-01408-x>.
17. Dhombres F., Bonnard J., Bailly K. Et al. Contributions of artificial intelligence reported in Obstetrics and Gynecology Journals: systematic review. *J Med Internet Res*. 2022;24(4):e35465. <https://doi.org/10.2196/35465>.
18. Мудров В.А. Алгоритмы статистического анализа данных

- биомедицинских исследований с помощью пакета программ SPSS (доступным языком): учебное пособие. М.: Логосфера, 2022. 143 с.
19. Choi R.Y., Coyner A.S., Kalpathy-Cramer J. et al. Introduction to machine learning, neural networks, and deep learning. *Transl Vis Sci Technol.* 2020;9(2):14. <https://doi.org/10.1167/tvst.9.2.14>.
 20. Maharaj D. Assessing cephalopelvic disproportion: back to the basics. *Obstet Gynecol Surv.* 2010;65(6):387–95. <https://doi.org/10.1097/OGX.0b013e3181ecd0fc>.
 21. Bertini A., Salas R., Chabert S. et al. Using machine learning to predict complications in pregnancy: a systematic review. *Front Bioeng Biotechnol.* 2022;9:780389. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.780389>.
 22. Jaufuraully S., Dromey B., Story L. et al. Magnetic resonance imaging in late pregnancy to improve labour and delivery outcomes – a systematic literature review. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2022;22(1):949. <https://doi.org/10.1186/s12884-022-05290-x>.
 23. Sarno L., Neola D., Carbone L. et al. Use of artificial intelligence in obstetrics: not quite ready for prime time. *Am J Obstet Gynecol MFM.* 2022;5(2):100792. <https://doi.org/10.1016/j.ajogmf.2022.100792>.

References:

1. Mochalova M.N., Ponomareva Yu.N., Mudrov V.A., Mudrov A.A. Modern methods of diagnosis and prognosis fetal-pelvic disproportion. [Sovremennyye metody diagnostiki i prognozirovaniya klinicheski uzkoogo taza]. *Zhurnal akusherstva i zhenskikh boleznej.* 2016;65(5):82–91. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/JOWD65582-91>.
2. Skripchenko N.Ya., Nevysnha Yu.V., Lozova L.A. et al. Current aspects of delivery in healthy women in accordance with the data of retrospective analysis. *Wlad Lek.* 2021;74(10 pt 1):2463–5. <https://doi.org/10.36740/WLek202110118>.
3. Pavličev M., Romero R., Mitteroecker P. Evolution of the human pelvis and obstructed labor: new explanations of an old obstetrical dilemma. *Am J Obstet Gynecol.* 2020;222(1):3–16. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2019.06.043>.
4. Ayenew A.A. Incidence, causes, and maternofetal outcomes of obstructed labor in Ethiopia: systematic review and meta-analysis. *Reprod Health.* 2021;18(1):61. <https://doi.org/10.1186/s12978-021-01103-0>.
5. Mudrov V.A., Ziganshin A.M., Yakimova A.V. Possibilities of early differential diagnosis between abnormal labor and clinical narrow pelvis. [Vozmozhnosti rannej differencial'noj diagnostiki mezhdru anomalijami rodovoj deyatel'nosti i klinicheski uzkim tazom]. *Lechenie i profilaktika.* 2021;11(3):5–13. (In Russ.).
6. Frémondier P., Thollon L., Adalian P. Et al. Which foetal-pelvic variables are useful for predicting caesarean section and instrumental assistance? *Med Princ Pract.* 2017;26(4):359–67. <https://doi.org/10.1159/000477732>.
7. Stalberg K., Bodestedt A., Lyrenäs S., Axelsson O. A narrow pelvic outlet increases the risk for emergency cesarean section. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2006;85(7):821–4. <https://doi.org/10.1080/00016340600593521>.
8. Korhonen U., Taipale P., Heinonen S. Fetal pelvic index to predict cephalopelvic disproportion – a retrospective clinical cohort study. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2015;94(6):615–21. <https://doi.org/10.1111/aogs.12608>.
9. Mudrov V.A., Chatskis E.M., Nizhegorodtseva D.A., Tityan E.V. Significance of ultrasonic pelvimetry in the diagnostics of anatomical and clinical narrow pelvis. [Rol' ul'trazvukovoj pel'viometrii v diagnostike anatomicheskij i klinicheski uzkoogo taza]. *Zhurnal akusherstva i zhenskikh boleznej.* 2017;66(6):20–9. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/JOWD66620-29>.
10. Pattinson R.C., Cuthbert A., Vannevel V. Pelvimetry for fetal cephalic presentations at or near term for deciding on mode of delivery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;3(3):CD000161. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000161>.
11. MacEachern S.J., Forkert N.D. Machine learning for precision medicine. *Genome.* 2020;64(4):416–25. <https://doi.org/10.1139/gen-2020-0131>.
12. Pasini A. Artificial neural networks for small dataset analysis. *J Thorac Dis.* 2015;7(5):953–60. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.04.61>.
13. Siristatidis C.S., Chrelias C., Pouliakis A. et al. Artificial neural networks in gynaecological diseases: current and potential future applications. *Med Sci Monit.* 2010;16(10):RA231–6.
14. Ahn K.H., Lee K.-S. Artificial intelligence in obstetrics. *Obstet Gynecol Sci.* 2022;65(2):113–24. <https://doi.org/10.5468/ogs.21234>.
15. Siristatidis C., Pouliakis A., Chrelias C., Kassanos D. Artificial intelligence in IVF: a need. *Syst Biol Reprod Med.* 2011;57(4):179–85. <https://doi.org/10.3109/19396368.2011.558607>.
16. Curchoe C.L., Bormann C.L. Artificial intelligence and machine learning for human reproduction and embryology presented at ASRM and ESHRE 2018. *J Assist Reprod Genet.* 2019;36(4):591–600. <https://doi.org/10.1007/s10815-019-01408-x>.
17. Dhombres F., Bonnard J., Bailly K. Et al. Contributions of artificial intelligence reported in Obstetrics and Gynecology Journals: systematic review. *J Med Internet Res.* 2022;24(4):e35465. <https://doi.org/10.2196/35465>.
18. Mudrov V.A. Algorithms for statistical analysis of biomedical research data using the SPSS software package (in plain language): a tutorial. [Algoritmy statisticheskogo analiza dannyh biomeditsinskih issledovanij s pomoshch'yu paketa program SPSS (dostupnym yazykom): uchebnoe posobie]. *Moscow: Logosphere,* 2022. 143 p. (In Russ.).
19. Choi R.Y., Coyner A.S., Kalpathy-Cramer J. et al. Introduction to machine learning, neural networks, and deep learning. *Transl Vis Sci Technol.* 2020;9(2):14. <https://doi.org/10.1167/tvst.9.2.14>.
20. Maharaj D. Assessing cephalopelvic disproportion: back to the basics. *Obstet Gynecol Surv.* 2010;65(6):387–95. <https://doi.org/10.1097/OGX.0b013e3181ecd0fc>.
21. Bertini A., Salas R., Chabert S. et al. Using machine learning to predict complications in pregnancy: a systematic review. *Front Bioeng Biotechnol.* 2022;9:780389. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.780389>.
22. Jaufuraully S., Dromey B., Story L. et al. Magnetic resonance imaging in late pregnancy to improve labour and delivery outcomes – a systematic literature review. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2022;22(1):949. <https://doi.org/10.1186/s12884-022-05290-x>.
23. Sarno L., Neola D., Carbone L. et al. Use of artificial intelligence in obstetrics: not quite ready for prime time. *Am J Obstet Gynecol MFM.* 2022;5(2):100792. <https://doi.org/10.1016/j.ajogmf.2022.100792>.

Сведения об авторах:

Зиганшин Айдар Миндиярович – к.м.н., доцент кафедры акушерства и гинекологии с курсом Института дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Уфа, Россия. E-mail: Zigaidar@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5474-1080>.

Дикке Галина Борисовна – д.м.н., профессор кафедры акушерства и гинекологии с курсом репродуктивной медицины ЧОУ ДПО «Академия медицинского образования имени Ф.И. Иноземцева», Санкт-Петербург, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9524-8962>.

Мудров Виктор Андреевич – к.м.н., доцент кафедры акушерства и гинекологии лечебного и стоматологического факультетов ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Чита, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5961-5400>.

About the authors:

Aydar M. Ziganshin – MD, PhD, Associate Professor, Department of Obstetrics and Gynecology with a Course of the Institute of Additional Professional Education, Bashkir State Medical University, Ufa, Russia. E-mail: Zigaidar@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5474-1080>.

Galina B. Dikke – MD, Dr Sci Med, Professor, Department of Obstetrics and Gynecology with a Course of Reproductive Medicine, Inozemtsev Academy of Medical Education, Saint Petersburg, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9524-8962>.

Victor A. Mudrov – MD, PhD, Associate Professor, Department of Obstetrics and Gynecology, Medical and Dental Faculties, Chita State Medical Academy, Chita, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5961-5400>.