

ISSN 2311-4495
ISSN 2410-5155 (Online)
УДК 616.073.75-6+618.177

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ В ПЕРИНАТОЛОГИИ

Штенцель Р. Э., Семенова Е. С., Мащенко И. А., Труфанов Г. Е.,
Первунина Т. М., Комличенко Э. В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр имени
В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской
Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:
Штенцель Регина Эдуардовна,
ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова»
Минздрава России,
ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург,
Россия, 197341.
E-mail: reginashtentsel@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 27.03.2021
и принята к печати 08.06.2021.

Резюме

Статья посвящена историческим аспектам возникновения и развития методов лучевой диагностики в перинатологии — науке, изучающей перинатальный период и находящейся на стыке двух дисциплин: акушерства и педиатрии. Официальное признание перинатальной медицины в качестве самостоятельного направления произошло в экономически развитых странах в 1976 году (спустя 8 лет после Первого конгресса по перинатологии), когда было создано Европейское научное общество перинатологов. Одной из важнейших задач перинатологии является оценка состояния плода и экстрафетальных структур, к которым относятся плацента, пуповина, плодные оболочки. В рамках развития перинатологии зародились и продолжают активно развиваться новые направления медицинской науки, в том числе и лучевая диагностика. В настоящее время во время беременности из лучевых методов диагностики безопасными и информативными являются ультразвуковой метод и магнитно-резонансная томография. Отдельно в статье рассматривается возникновение и развитие классической рентгенодиагностики. Обращается внимание на современное состояние методов лучевой диагностики при их применении в перинатологии, очередность назначения, показания и противопоказания, преимущества и недостатки. Изучение истории развития лучевой визуализации в перинатологии дает возможность проследить динамику развития данной отрасли, проанализировать этапы становления инструментальных методов исследования во время беременности. Благодаря постоянному развитию техники, большому количеству накопленного опыта в лучевой визуализации при беременности, созданию международных сообществ по диагностике в перинатологии и формированию междисциплинарных подходов для ведения беременности, стало возможным быстро, безопасно и неинвазивно получать информацию о состоянии беременной женщины и плода.

Ключевые слова: исторические аспекты, МРТ, перинатология, рентген, УЗИ.

Для цитирования: Штенцель Р.Э., Семенова Е.С., Мащенко И.А. и др. Исторические аспекты становления и развития методов лучевой диагностики в перинатологии. Трансляционная медицина. 2021;8(3): 29-36. DOI: 10.18705/2311-4495-2021-8-3-29-36

THE HISTORY OF THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF METHODS OF RADIATION DIAGNOSTICS IN PERINATOLOGY

Shtentsel R. E., Semenova E. S., Mashchenko I. A., Trufanov G. E.,
Pervunina T. M., Komlichenko E. V.

Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author:

Shtentsel Regina E.,
Almazov National Medical Research Centre,
Akkuratova str. 2, Saint Petersburg, Russia,
197341.
E-mail: reginashtentsel@yandex.ru

Received 27 March 2021; accepted 08 June 2021.

Abstract

The article is devoted to the historical aspects of the emergence and development of methods of radiology diagnostics in perinatology — a science that studies the perinatal period and is at the junction of two disciplines: obstetrics and pediatrics. The official recognition of perinatal medicine as an independent direction took place in economically developed countries in 1976 (8 years after the first Congress on Perinatology), when the European Scientific Society of Perinatology was created. One of the most important tasks of perinatology is to assess the condition of the fetus and extrafetal structures, which include the placenta, umbilical cord, fetal membranes. As part of the development of perinatology, new areas of medical science have arisen and continue to actively develop, including radiology diagnostics in perinatology. Currently, during pregnancy, from radiology diagnostic methods, ultrasound and magnetic resonance imaging are safe and informative. The emergence and development of classical X-ray diagnostics is considered separately in the article. Attention is drawn to the current state of the methods of radiology diagnostics when used in perinatology, the order of appointment, indications and contraindications, advantages and disadvantages. The study of the history of the development of radiology imaging in perinatology makes it possible to trace the dynamics of the development of this industry, to analyze the stages of the formation of instrumental research methods during pregnancy. Thanks to the constant development of technology, a large amount of accumulated experience in radiology imaging during pregnancy, the creation of international communities for diagnostics in perinatology and the formation of interdisciplinary approaches for the management of pregnancy, it has become possible to quickly, safely and non-invasively receive information about the condition of a pregnant woman and a fetus.

Key words: historical aspects, MRI, perinatology, ultrasound, X-ray

For citation: Shtentsel RE, Semenova ES, Mashchenko IA, et al. The history of the formation and development of methods of radiation diagnostics in perinatology. Translational Medicine. 2021;8(3): 29-36. (In Russ.) DOI: 10.18705/2311-4495-2021-8-3-29-36

Список сокращений: АФП — альфа-фетопротеин, МРТ — магнитно-резонансная томография, УЗИ — ультразвуковое исследование.

Введение

Перинатология — одна из самых молодых и перспективных медицинских наук, задачами которой являются изучение внутриутробного развития плода, диагностика нарушений и заболеваний, установление причин, определяющих их возникновение, проведение комплекса профилактических и лечебных мероприятий в ante-, intra- и постнатальном периодах.

Рентгенодиагностика в перинатологии

В первые годы после открытия Рентгеном X-лучей ученые из разных стран начали проводить эксперименты на беременных мышах и морских свинках. Лишь после того, как на рентгенограммах беременных экспериментальных животных стали получаться отчетливые изображения скелетов плодов, исследователи стали переносить свои опыты на анатомические препараты удаленной беременной матки женщины.

В 1897 году Benedikt в Вене на заседании гинекологического общества продемонстрировал рентгенограммы двух удаленных маток по поводу миомы и дермоидной кисты с 5- и 6-месячной беременностями, на которых отчетливо были видны скелеты плодов. В дальнейшем опыты по рентгенографии были перенесены на трупы женщин, в брюшную полость которых помещались трупы новорожденных.

Впервые рентгенологический метод для исследования женщин с целью диагностики беременности был применен американским акушером-гинекологом Edvard Parker Davis (1896) и немецким рентгенологом Max Levy-Dorn (1897). Им удалось получить на рентгенограммах слабые тени отдельных частей скелета плода [1]. В 1899 году Varnier получил отчетливое изображение головки плода [2].

Первая отечественная диссертация, посвященная изучению диагностической ценности рентгеновских лучей для распознавания беременности, была опубликована в 1903 году Н. В. Гржибовским. Автор указал, что отчетливость изображения скелета плода зависит от толщины материнских тканей, расстояния плода от пленки, наличия околоплодных вод [3].

Развитие техники и совершенствование аппаратуры были направлены на получение более жестких лучей, на их фильтрацию, а также на сокращение времени экспозиции и отработку рациональной укладки беременной. И в 1910 году Fabre, Barjau,

Trillat и др. предложили укладывать беременную при исследовании на живот, что давало возможность приблизить плод к пленке и получить более четкое его изображение [4].

В 20-х годах XX века немецкий ученый Warnekros с помощью рентгенографии изучал механизм родового акта, а также процессы отделения и выделения последа. Он же определил типичные изменения отдельных частей плода в процессе родового акта. Работы Warnekros имели большое значение для развития рентгенологии в акушерстве [5].

В 1925 году Carlos Heuser выпускает первую работу по использованию рентгеноконтрастного препарата липиодола (йодолипола) во время беременности с целью ранней диагностики беременности и для оценки проходимости маточных труб при бесплодии [6].

В 1926 году С. А. Рейнберг и О. И. Ариштам проводили гистеросальпингографию с целью дифференциальной диагностики между беременностью ранних сроков и субмукозной миомой матки.

В дальнейшем внимание исследователей было сосредоточено на проблеме определения зрелости плода и новорожденного, для чего рядом исследователей (Д. Г. Рохлин и Р. Г. Лурье, 1933; Е. Я. Ставская, 1949; Nuvoli, Tata, 1935; Sievers, 1959; Schimpf, 1959; Morracki, 1960; Sato, 1961 и др.) были изучены наличие и величины ядер окостенения. Другие исследователи для диагностики зрелости и переносимости внутриутробного плода при помощи рентгенологического метода исследования измеряли различные размеры головки плода, а также его длины в полости матки (Wegrad, 1937; Thoms, 1941; Andrias, 1950; Fagerberg, Roonemaa, 1959).

Многие ученые начала XX века сообщали о пренатальной диагностике врожденных пороков развития плода рентгенологическим методом — выявляли анэнцефалию, гидроцефалию, менингоцеле, врожденные пороки развития конечностей [4, 7, 8].

В середине XX века стали появляться более крупные исследования о влиянии рентгеновского излучения на развитие плода. Russel (1952–1956) выпускает работы, в которых представляет доказательства зависимости времени, дозы облучения и возникновения неблагоприятных последствий для плода: чем раньше на этапе эмбрионального развития произойдет воздействие рентгеновских лучей на плод, тем выше вероятность тератогенного эффекта на ткани плода — он указывает, что период со 2 по 6 неделю гестационного развития является особенно чувствительным ко внешним воздействиям [7].

В 1957 году Международная комиссия по радиационной защите выпускает рекомендации по использованию рентгеновского излучения в период беременности: беременной женщине не рекомендуется подвергаться воздействию рентген-лучей [7]. Также к 1960 году в работах многих авторов стали появляться предложения выполнять рентгенологические исследования женщинам фертильного возраста только в первые 10 дней после регулярных менструаций или только по неотложным медицинским показаниям для предотвращения тератогенного воздействия ионизирующего излучения на плод [7].

В отечественной литературе имеется значительно меньше работ, посвященных рентгенологическому исследованию беременных, плодов и новорожденных. Первые рентгеноанатомические исследования скелета новорожденного были произведены в России В. Н. Тонковым, который на заседании Санкт-Петербургского антропологического общества уже в 1896 году выступил с докладом о применении лучей Рентгена для изучения роста скелета. Значительно позже появились работы, посвященные описанию рентгенологической картины скелета новорожденного в норме и патологии. В 1932 году И. Ч. Скржинская и Е. С. Павлова опубликовали статью о значении ядер окостенения как признака зрелости новорожденного. Д. Г. Рохлин и Р. Г. Лурье в 1933 году описали особенности окостенения голени и стопы у новорожденного. В 1934–1939 годах были опубликованы работы В. О. Маркса и З. И. Шнейдерова, касающиеся рентгенодиагностики врожденного вывиха бедра у новорожденных. Рентгеновая симптоматология врожденного сифилиса у новорожденных была освещена в работах М. М. Райц, Г. П. Назаришвили, В. Г. Панова и Э. И. Раутенштейн. Рентгенологическую картину врожденных аномалий позвоночника у детей первых дней жизни описал В. А. Дьяченко (1949). Рентгенодиагностика заболеваний органов грудной клетки у новорожденных впервые была отражена в работах Ю. И. Аркуского, Л. А. Дашевской, О. Л. Цимбал [3].

Ультразвуковой метод в перинатологии

Начало использования ультразвукового метода в акушерстве и гинекологии было положено в 1955 году с изобретением трансвагинального датчика учеными Wild и Reid.

Первые работы по использованию ультразвука в перинатологии были проведены в 1959 году Яном Дональдсом. Он обнаружил, что от головы плода можно получить четкое эхо и впервые применил УЗ-метод для измерения головы плода (бипариетальный размер) для оценки его размеров и роста.

В 1964 году Стюарт Кэмпбелл усовершенствовал методику измерения плода, и цефалометрия плода стала стандартным методом диагностики на многие годы. Параллельно с помощью ультразвука в Англии стали изучать беременность с ранних сроков и до родов, выявлять наличие эмбриона с 5 недели, многоплодную беременность, аномалии плода и предлежание плаценты. Это первое упоминание об исследовании экстрафетальных структур с помощью ультразвукового исследования (УЗИ).

В СССР в начале 60-х годов XX века Н. Д. Селезневой, ученицей известного советского ученого С. Я. Соколова, была опубликована работа по ультразвуковой эхографии в гинекологии, и начиная с 1965 года группа ученых Р. А. Хентов, Р. А. Хестова и И. А. Скорунский выпустили большое количество публикаций по акушерству и гинекологии с использованием А- и В-режимов на отечественных УЗ-аппаратах.

Эффект доплера в акушерстве впервые стал применяться в США. В 1964 году D. A. Callagan применил УЗ-доплер для определения пульсации плода, а в 1965 году описал сердцебиение плода по доплер-сигналам. В 1965 году W. Johnson сообщил о 100 % точности УЗ-доплерографии в обнаружении живого плода на сроке 12 недель на примере 25 клинических наблюдений. В 1966 году E. Bishop сообщил об успешном определении локализации плаценты с помощью доплер-сигналов в третьем триместре беременности. А в 1968 году группа Johnson расширила возможности использования доплера для определения положения плаценты, определив характерный звук «вихря» и «стремительного ветра» плацентарного кровотока. С тех пор доплер стал считаться одним из самых важных инструментов УЗ-диагностики во время беременности.

В 80-х годах XX века наблюдался технический прогресс ультразвуковых диагностических установок: разрабатывались сканеры реального времени различными фирмами с улучшенными акустическими параметрами, более портативные, с новыми преобразователями для улучшения качества изображений, увеличения поля обзора и т. д.

Так как УЗИ стало широкодоступным и популярным методом, оно способствовало реализации программ скрининговых исследований. Первыми из них стали программы скрининга с определением материнского сывороточного альфа-фетопротеина (АФП) для выявления дефектов нервной трубки плода. Это началось в Великобритании в конце 70-х годов XX века. Ученые из Лондона и США в 80-х годах XX века сообщали о связи повышения уровня вначале амниотического, а затем сывороточного АФП у беременных, у которых при УЗИ

были выявлены дефекты нервной трубки плода. К 1984 году скрининг на определение сывороточного АФП стал частью стандартного дородового скрининга в США. Стандартные скрининговые УЗ-исследования во время беременности были введены в Германии в 1980 году, в Норвегии в 1986 году; в Исландии в 1987 году.

Однако появились как сторонники, так и противники рутинных дородовых УЗ-скрининговых программ, в основном из-за сомнений в экономической эффективности и обоснованности улучшения перинатального исхода. В 1997 году были проанализированы два крупных когортных исследования, проведенных в США и Европе, в которых изучалась эффективность рутинной диагностической визуализации с помощью ультразвука. Более 150 ученых и клиницистов пришли к выводу, что рутинное скрининговое УЗ-исследование на сроке 18–22 недели оправдано во всех случаях при условии качественного выполнения.

Скрининг на хромосомные аномалии, особенно синдром Дауна, стал популярен в середине 90-х годов XX века. С 1992 года, благодаря улучшению технических возможностей УЗ-сканнеров, и по настоящее время скрининг на врожденные аномалии плода, в том числе на синдром Дауна, проводится с 11–14 недель беременности.

Во второй половине XX века стала применяться ультразвуковая навигация — при амниоцентезе (1972), фетоскопии (1974), трансабдоминальной биопсии ворсин хориона (1984). В начале 90-х годов во Франции группа ученых сообщила о первом случае гемофилии А, диагностированной внутриутробно с помощью взятия пуповинной крови под контролем ультразвука на 18 неделе беременности. И в 1985 году процедура кордоцентеза прочно вошла в практику.

В 1977 году J. E. Drumm и D. E. Fitz Gerald сообщили о комбинированном использовании непрерывно-волнового доплера и двухмерного статического В-режима сканирования при исследовании пупочной артерии плода. Они предположили, что форма кривых скорости кровотока будет меняться в зависимости от условий, влияющих на эффективность кровоснабжения, и этот метод должен быть полезен при оценке таких состояний, как преэклампсия и задержка внутриутробного развития.

Исследования по использованию доплера в перинатологии позволили к концу 1980-х определить, что кровоток в пупочной вене плода увеличивается с гестационным возрастом, но остается неизменным на килограмм веса плода.

Дальнейшее развитие доплерографии в акушерстве связано с разработкой цветного сканирования

и получением 2D-цветных изображений. В 1983 году K. Namekawa, Ch. Kasai, R. Omoto обозначили ценность цветного сканирования в реальном времени при кардиологическом обследовании. A. Kurjak в 1987 году первым представил применение цветной доплерографии у плода. В этом же году G. Devor включил оценку пороков развития сердца плода методом доплерографии в скрининговое исследование во время беременности. Также к концу 90-х годов цветная доплерография стала упоминаться в диагностике предлежания сосудов пуповины (vasa previa) и определении кровотока в Виллизиевом круге плода.

Трехмерная ультразвуковая диагностика плода впервые была описана K. Vaab в 1989 году. Далее, усовершенствуя методику получения 3D-ультразвуковых изображений, ученым удалось получать объемные снимки, для создания каждого из которых требовалось около 10 минут, что делало исследование непрактичным для рутинной диагностики. Впоследствии стали появляться работы по трехмерному сканированию лица, сердца плода, начали выпускать сканеры с трехмерными трансвагинальными датчиками. В 1995 году E. Merz продемонстрировал преимущества 3D-УЗИ для диагностики расщелины губы и неба плода, сложных множественных пороков развития. В 1996 году K. Vaab опубликовал свой первый опыт обработки трехмерных изображений в реальном времени. С этих пор объемная ультразвуковая диагностика прочно вошла в практику. В 2000 году A. Kurjak опубликовал статью о необходимости использования трехмерной визуализации, которая улучшает оценку сложных анатомических структур, предоставляет возможность объемного измерения органов и скелета плода, трехмерное изучение кровотока и хранение сканированных изображений. Возможность увидеть лицо своего ребенка до рождения привело к развитию коммерциализации 3D-УЗ-исследований.

Подводя итог, можно обозначить следующие важные моменты. До появления оборудования с получением изображений в реальном времени (до 1975 года) в США было всего 5 утвержденных показаний для УЗИ в акушерстве:

1. Измерение бипариетального размера головы плода.
2. Определение объема околоплодных вод.
3. Диагностика невынашивания беременности на ранних сроках.
4. Оценка многоплодия.
5. Локализация плаценты.

С начала 80-х годов XX века показания резко расширились, по крайней мере, до двух десятков,

включая, в первую очередь, точную оценку роста плода и диагностику пороков развития плода.

Наблюдалась постоянная тенденция к увеличению количества различных нормограмм плода при УЗИ: длина бедренной кости, окружности грудной клетки и живота, окружности бедра (1983), длина ключицы (1985), позвоночника (1986), стопы (1987), ширина желудочков головного мозга, камер сердца, размеры почек и их чашечек и т. д., их разработки продолжают до сих пор с исследованием комбинаций параметров.

С момента применения ультразвуковой диагностики имеет место прогрессивное увеличение сообщений о выявлении аномалий плода. Первоначально авторы отмечали, что «простыми» для диагностики аномалиями плода считались анэнцефалия, гидроцефалия, атрезия двенадцатиперстной кишки, водянка плода и дисплазия конечностей. Перед специалистами XX века более «сложными» областями для диагностики пороков развития было лицо и сердце плода. Также начала активно развиваться ультразвуковая диагностика хромосомных аномалий плода.

Доплерография и трехмерная УЗ-визуализация стали стандартными и незаменимыми инструментами в оценке состояния плода. Проведение скрининговых исследований прочно вошли в практику с начала 80-х годов XX века и совершенствуются до сих пор.

Магнитно-резонансная томография в перинатологии

Магнитно-резонансная томография (МРТ) во время беременности была впервые описана в 1983 году в журнале *The Lancet*. F. W. Smith et al. опубликовали короткое сообщение об использовании МРТ у 6 беременных на сроке гестации 12–20 недель, которые поступили в клинику для прерывания беременности. Они оценили межтканевой контраст при МРТ, сопоставили результаты ультразвуковых и МР-исследований этой группы беременных и определили, что ограничением МРТ является невозможность получения срезов в иной плоскости, кроме аксиальной. Авторы также сделали предположение о возможной ценности МРТ для исследования процесса старения плаценты, пельвиметрии и для диагностики преэклампсии [9].

В 1984 году эти же авторы [10] публикуют статью, в которой описывают исследование группы из 15 беременных, которым было выполнена МРТ на аппаратах с напряженностью магнитного поля 0,04 Тл — 6 беременным, и 0,08 Тл — 9 беременным; на последних аппаратах стало возможным получать не только изображения в аксиальной,

но и в сагиттальной и корональной плоскостях. Проводя анализ полученных данных, они оценивают преимущества использования томографа, на котором стало возможным получение изображений в трех плоскостях — это более высокое качество данных и более точное определение размеров и локализации плода и плаценты. Впервые ими также закладываются показания для использования МРТ во время беременности, обсуждается вопрос о том, что МРТ не является «методом замены» УЗИ, а необходимость его использования в акушерстве определяется недостаточностью полученных ультразвуковых данных.

Однако большинство работ по использованию МРТ во время беременности проводилось по материнским показаниям или для исследования плаценты. Так, в статье о МР-пельвиметрии D. Stark et al. (1985) [11] продемонстрировали опыт применения этой методики для оценки соотношения плода и таза беременной и определили ее преимущества перед рентгеновскими методами. Кроме оценки соотношения структур плода и таза матери, авторы параллельно описывают сигнальные характеристики тканей плода, обвитие пуповины вокруг шеи плода в одном случае — это одно из первых упоминаний МР-визуализации пуповины плода.

Исследования плода методом МРТ в 90-х годах XX века ограничивались в основном объемными измерениями, так как качество изображений из-за его движений продолжало оставаться низким и не позволяло детально оценить структуру частей тела и внутренних органов плода [12].

Прогресс в МРТ плода произошел в 1994–1996 годах благодаря появлению высококачественных Т2-быстрых импульсных последовательностей, время сбора данных для получения среза которых составляет менее 1 секунды, что эффективно «замораживает» движение плода [13]. С появлением быстрых последовательностей стали расширяться показания для МРТ во время беременности как для плода, для экстрафетальных структур, так и для будущей матери. Во всем мире ученые стали использовать МРТ для уточнения, подтверждения выявленных на УЗИ патологий плода и плаценты; стали разрабатываться алгоритмы обследования, техника выполнения МРТ в условиях беременности. К концу XX века пренатальная МРТ прочно вошла в акушерскую практику.

С момента первого использования МРТ в перинатологии стали обсуждаться вопросы безопасности метода. Основная часть исследований и результатов о возможных последствиях, которые могут возникнуть после проведения МРТ, были опубликованы в США и Европе. В 1982 году аме-

риканское Управление по контролю за качеством пищевых продуктов и лекарственных препаратов (англ. Food and Drug Administration, FDA/USFDA) выпустила первое специальное руководство по нормативам оценки риска воздействия электромагнитных волн при испытательных клинических исследованиях с использованием МРТ для всех управлений по клиническим исследованиям при клиниках США.

Было проведено много исследовательских работ о воздействии постоянного магнитного поля на биологические системы и почти все на животных. В 1996 году Pan H. опубликовал результаты исследования, в котором зарегистрировал задержку и снижение скорости вылупления яиц ночной бабочки-совки *Heliothis virescens* при воздействии магнитного поля в 7 Тл [14].

Большинство исследовательских работ с применением МРТ у животных не смогли определить повышение внутриутробной температуры после выполнения ограниченного количества импульсных последовательностей.

В 2002 году и затем в 2004 году Kanal et al. выпускает рекомендации беременным практикующим врачам отделений МРТ: беременным сотрудникам разрешается работать вблизи аппарата МРТ на всех этапах беременности (в том числе укладка пациента в томограф, сканирование, архивирование исследований, введение контрастирующих препаратов, вход в кабинет с работающим томографом при чрезвычайных ситуациях. Однако автор не рекомендует находиться в кабинете с установленным томографом при непосредственном сканировании пациента [15].

С начала 2000-х годов в развитии МРТ как метода произошел переломный момент в виде повышения величины индукции магнитного поля и переноса клинических исследований из низкого (до 1 Тл) в высокое (от 1 до 3 Тл), и в настоящее время — в сверхвысокое магнитное поле (более 3 Тл). Это значительно расширило возможности для клинических МР-исследований за счет улучшения временного разрешения и значительного уменьшения длительности МРТ, а также дало возможности для применения новых МР-методик, таких как МР-перфузия и функциональная МРТ, МР-спектроскопия, МР-трактография и МР-морфометрия.

Заключение

После появления ультразвукового метода для диагностики состояния плода и будущей матери во второй половине XX века, обследование беременных рентгенографическим методом стало прогрессивно сокращаться. Это также было обу-

словлено достаточно большим накопленным опытом исследований воздействия ионизирующего излучения на организм беременной. В настоящее время методы диагностики, при которых используется ионизирующее излучение, в основном применяются при urgentных состояниях беременных.

Появление ультразвукового исследования в акушерстве привело к развитию нового направления в медицине — пренатальная диагностика. Ультразвук значительно расширил, продвинул изучение врожденных аномалий плода. На сегодняшний день УЗИ продолжает активно развиваться и совершенствоваться.

В связи с техническим прогрессом, в конце XX века были сконструированы высокопольные МР-томографы, с помощью которых стало возможно получать изображения в любой плоскости, использовать быстрые импульсные последовательности с минимализацией артефактов от движения плода и матери. Это значительно сократило время сканирования и повысило качество и информативность данных.

Таким образом, благодаря постоянному развитию техники, большому количеству накопленного опыта в лучевой визуализации при беременности, созданию международных сообществ по диагностике в перинатологии и формированию междисциплинарных подходов для ведения беременности, стало возможным быстро, безопасно и неинвазивно получать информацию о состоянии беременной и плода.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциально-го конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Список литературы / References

1. Davis E.P. The application of the Röntgen rays III. The study of the infant's body and the pregnant womb by the Roentgen rays. *Ame Jour Med.* 1896, Sci. 3, 263.
2. Varnier H. *Annales de Gynecologie Et d'Obstetrique.* 1899;52:636. French.
3. Tsimbal O.L. *Rentgenologicheskoe issledovanie novorozhdennykh.* M.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo meditsinskoi literatury, 1959. 276 p. In Russian [Цимбал О.Л. Рентгенологическое исследование новорожденных. М.: Государственное издательство медицинской литературы, 1959. 276 с.].
4. Elward J.F., Belair J.F. Roentgen Diagnosis of Pregnancy. *Radiology,* 1938;31(6):678–686. DOI: 10.1148/31.6.678.
5. Warnekros: Schwangerschaft und Geburt Im Röntgenbild. *Ztschr. f. Geburtsh. u. Gynäk.* 1917–1918;80:719–741.
6. Heuser C. Lipiodol in the diagnosis of pregnancy. *Lancet.* 1925;206(5335):1111–1112. DOI: 10.1016/s0140-6736(01)16674-2.

7. Hammer-Jacobsen E. Therapeutic abortion on account of X-ray examination during pregnancy. *Dan Med Bull.* 1959;6(4):113–122.
8. Garland LH. X-rays in diagnosis of pregnancy: are they injurious to fetus or ovary? *Cal West Med.* 1931;34(3):150–154.
9. Smith FW, Adam AH, Phillips WD. NMR imaging in pregnancy. *Lancet.* 1983;1(8314–5):61–62. DOI: 10.1016/s0140-6736(83)91588-x.
10. Smith FW, MacLennan F, Abramovich DR, et al. NMR imaging in human pregnancy: a preliminary study. *Magn Reson Imaging.* 1984;2(1):57–64. DOI: 10.1016/0730-725x(84)90126-7.
11. Stark DD, McCarthy SM, Filly RA, et al. Pelvimetry by magnetic resonance imaging. *AJR Am J Roentgenol.* 1985;144(5):947–950. DOI: 10.2214/ajr.144.5.947.
12. Coakley FV, Glenn OA, Qayyum A, et al. Fetal MRI: a developing technique for the developing patient. *AJR Am J Roentgenology.* 2004;182(1): 243–252. DOI: 10.2214/ajr.182.1.1820243.
13. Levine D, Barnes PD, Sher S, et al. Fetal fast MR imaging: reproducibility, technical quality, and conspicuity of anatomy. *Radiology.* 1998;206(2):549–554. DOI: 10.1148/radiology.206.2.9457211
14. Pan H. The effect of a 7 T magnetic field on the egg hatching of *Heliothis virescens*. *Magn Reson Imaging.* 1996;14(6):673–677. DOI: 10.1016/0730-725x(96)00057-4.
15. Kanal E, Borgstede JP, Barkovich AJ, et al. American college of radiology white paper on MR safety. *AJR Am j roentgenology.* 178;6(2002):1335–1347. DOI: 10.2214/ajr.182.5.1821111

Информация об авторах:

Штенцель Регина Эдуардовна, ординатор кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Семенова Елена Сергеевна, врач-рентгенолог рентгенологического отделения ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Мащенко Ирина Александровна, к.м.н., ассистент кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации Института медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Труфанов Геннадий Евгеньевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и медицинской визуализации Института медицинского образования, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Первунина Татьяна Михайловна, д.м.н., директор Института перинатологии и педиатрии ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Комличенко Эдуард Владимирович, д.м.н., директор клиники ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России.

Author information:

Shtentsel Regina E., Resident of Radiology Department, Almazov National Medical Research Centre;

Semenova Elena S., Radiologist of the Radiological Department, Almazov National Medical Research Centre;

Mashchenko Irina A., PhD, Assistant of the Department of Radiation Diagnostics and Medical Imaging of the Institute of Medical Education, Almazov National Medical Research Centre;

Trufanov Gennady E., PhD, Professor, Head of Department of Radiology and Medical Imaging of the Institute of Medical Education, Almazov National Medical Research Centre;

Pervunina Tat'yana M., PhD, Director of the Institute of Perinatology and Pediatrics, Almazov National Medical Research Centre;

Komlichenko E'duard V., PhD, Director of the Clinic, Almazov National Medical Research Centre.