

## Современные методы антенатальной диагностики состояния плода и их значение для прогнозирования последующего развития ребенка

Н.В. Казанцева, В.А. Изранов, О.А. Шевцова, Ю.В. Шотик

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград, Россия

## Modern Methods of Fetal Antenatal Diagnostics and Their Significance for the Subsequent Child Development

N.V. Kazantseva, V.A. Izranov, O.A. Shevtsova, Yu.V. Shotik

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Оценка нейроразвития плода дает представление об интегративности функционирования развивающегося мозга. Отличительные признаки двигательных паттернов плодов позволяют проводить раннюю диагностику нарушений развития.

Цель — провести обзор литературы, касающейся исследования интегративности деятельности ЦНС плода, разработки и использования современных методов нейropsychологической диагностики плодов с помощью ультразвукового исследования — антенатального теста нейроразвития по А. Курьяку (Kurjak Antenatal Neurodevelopmental Test — KANET).

Результаты и заключение. С помощью ультразвукового исследования беременных в разные сроки гестации можно непосредственно наблюдать и оценивать движения плода, отражающие функционирование созревающей ЦНС. Тест KANET, основанный на методе наблюдения моторного репертуара плодов по методу Х. Прехтла, позволяет оценить двигательную активность плода и сделать прогноз в отношении развития и функционирования ЦНС после рождения. Антенатальная нейropsychологическая диагностика плодов имеет большое значение для своевременного выявления нарушения функционирования ЦНС и раннего осуществления профилактических и лечебных мероприятий в отношении последствий поражения ЦНС: неврологических, эмоциональных и поведенческих расстройств у детей в более старшем возрасте

**Ключевые слова:** плод, ультрасонография, УЗИ, нейроразвитие, ЦНС плода, поведение, общие движения, моторные паттерны плода.

**Для цитирования:** Казанцева Н.В., Изранов В.А., Шевцова О.А., Шотик Ю.В. Современные методы антенатальной диагностики состояния плода и их значение для прогнозирования последующего развития ребенка. Рос вестн перинатол и педиатр 2018; 63:(5): 13–19. DOI: 10.21508/1027–4065–2018–63–5–13–19

The fetal neurobehaviour helps to evaluate the integrativity of the brain function. The distinctive signs of the fetal motor patterns allow us to diagnose developmental disorders at early stages.

The purpose is to review literature related to the study of the integrative activity of the central nervous system, the development and use of modern methods of fetal neuropsychological ultrasound diagnostics - the antenatal test of neurodevelopment after A. Kurjak (Kurjak Antenatal Neurodevelopmental Test - KANET).

The results and conclusion. Using ultrasound of pregnant women at different gestation periods helps us to directly observe and evaluate fetal movements reflecting activity of the maturing central nervous system. The KANET test based on the observation of the fetal motor pattern according to the Prechtl's method allows us to evaluate the fetal motor activity and predict development and functioning of the central nervous system after birth. The fetal antenatal neuropsychological diagnostics is used for timely detection of the disorders of central nervous system and early implementation of preventive and curative measures for the consequences of CNS damage: neurological, emotional and behavioral disorders in older children.

**Key words:** fetus, ultrasonography, US, neurodevelopment, fetal CNS, behavior, common movements, fetal motor patterns.

**For citation:** Kazantseva N.V., Izranov V.A., Shevtsova O.A., Shotik Yu.V. Modern Methods of Fetal Antenatal Diagnostics and Their Significance for the Subsequent Child Development. Ros Vestn Perinatol i Peditr 2018; 63:(5): 13–19 (in Russ). DOI: 10.21508/1027–4065–2018–63–5–13–19

Связь между акушерскими осложнениями и неврологическими последствиями часто оценивалась путем исследования корреляции перинатальных дан-

ных с неврологическими показателями после рождения. Между этими данными существовал достаточно большой промежуток времени. Теперь можно оценивать состояние нервной системы плода безотлагательно во время острой или хронической фазы акушерских осложнений с помощью ультразвукового исследования (УЗИ). Паттерны общих движений были описаны Хайнцем Прехтлом (H. Prechtl) [1–3] в результате многолетних исследований статуса недоношенных новорожденных с помощью метода наблюдения и научной методологии гештальт-перцепции, разработанной Конрадом Лоренцом (K. Lorenz) [4–6]. Позднее, с появлением УЗИ паттерны общих движений стали наблюдать у плодов. Эти паттерны движений плода (паттерны поведения плода) четко распознаваемы,

© Коллектив авторов, 2018

Адрес для корреспонденции: Казанцева Наталья Владимировна — к.м.н., доц. кафедры фундаментальной медицины Медицинского института Балтийского федерального университета имени И. Канта, ORCID: 0000-0002-0542-0632

Изранов Владимир Александрович — д.м.н., проф., зав. кафедрой фундаментальной медицины Медицинского института Балтийского федерального университета имени И. Канта, ORCID: 0000-0002-6440-5889, ID SCOPUS: 6507547249

Шевцова Ольга Александровна — студентка Медицинского института Балтийского федерального университета имени И. Канта

Шотик Юлия Владимировна — студентка Медицинского института Балтийского федерального университета имени И. Канта  
236040 Калининград, ул. А. Невского, д. 14

координированы и напоминают паттерны движений/поведения у новорожденных [1–3], т. е. была доказана преемственность движений плодов и новорожденных [7, 8]. Они являются эндогенно генерируемыми [9, 10], их частота появления соответствует сроку развития во время беременности и специфична для каждого двигательного паттерна [8, 11–14].

С помощью УЗИ плода в последние десятилетия XX века было показано, что фетальная активность появляется намного раньше, чем мать способна почувствовать это, — в конце эмбрионального периода, на 7–9-й неделе гестации (с помощью 3D–4D УЗИ наблюдение общих движений эмбриона возможно с  $7 \pm 2$  нед от зачатия) [15–18]. Анализ динамики поведения плода привел к предположению, что поведенческие паттерны движений плода, описанные Н. Prechtl и соавт. [1–3, 8, 11–15], непосредственно отражают процессы развития и созревания ЦНС. В течение последних 30 лет УЗИ во время беременности позволили выявить удивительное разнообразие внутриутробных движений плода, классифицировать их и описать отдельные паттерны движений как в норме, так и при патологии [11, 12, 15]. В норме движения плодов выглядят плавными, элегантными и разнообразными, с постепенным началом и завершением, проявляются со средней скоростью и интенсивностью. При патологии (при нарушении функционирования ЦНС плода вследствие разнообразных факторов риска беременности) движения выглядят отрывистыми, незавершенными, неплавными, неэлегантными и маловариабельными. Патологические движения совершаются в ускоренном или замедленном темпах. В последующем, основываясь на УЗИ плодов и методе Прехтла оценки общих движений, группа ученых под руководством Азима Курьяка (А. Kurjak) разработала полуколичественный скрининг-тест под названием Kurjak Antenatal Neurodevelopmental Test (KANET) [16, 17] для оценки общих движений плода и возможности прогнозирования как тяжелых неврологических нарушений (например, церебральный паралич) [3, 14, 18–23], так и более легких нарушений развития (нарушения развития речи, школьных навыков, поведения и эмоций) [22, 24, 25].

Данный тест был опробован в многоцентровых исследованиях под руководством А. Kurjak [16, 17] почти на 2000 плодов. Результаты оказались обещающими, тест показал способность распознавать нормальное, пограничное с нормой и патологическое поведение плода (отражающее функционирование ЦНС, согласно концепции К. Лоренца) при нормальной и патологической беременности. Тест KANET, основываясь на методе качественной оценки общих движений по Н. Prechtl [1, 2], позволяет осуществить также количественную оценку общих движений плода в баллах и сделать прогноз в отношении развития и функционирования ЦНС после рождения.

**Цель:** провести обзор литературы, касающейся значения исследований интегративности деятельности ЦНС, разработки и использования современных методов нейropsychологической диагностики плодов с помощью УЗИ — антенатального теста нейроразвития по А. Курьяку (KANET).

### Задачи

1. Привести данные экспериментально-биологических и клинических исследований, а также теоретические обоснования, доказывающие интегративность деятельности ЦНС плода с ранних сроков беременности;
2. Дать обзор исследований общих движений плода по данным 2D УЗИ, характеристики паттернов движений плода в динамике беременности.
3. Дать обзор литературы о прогностическом и клиническом значении исследования паттернов общих движений плода.

### Материал и методы исследования

Проведен поиск научно-медицинской литературы по ключевым словам «ультрасонография плода», «нейроразвитие», «ЦНС плода», «поведение плода», «общие движения плода», «моторные паттерны плода», «KANET» «центральный генератор паттернов», «теория селекции нейрональных групп» в базах данных Medline, Elsevier, Springer, на платформе Scopus, E-Library. Глубина поиска — с 1982 по 2016 г.

### Характеристики общих движений при нормальном и патологическом развитии плода

Движения тела плода дают важную информацию о его состоянии; как правило, наличие нормальных движений ассоциируется с хорошим развитием плода. Вначале исследователями были идентифицированы движения плода, ассоциирующиеся с нормальным развитием и функционированием ЦНС. Основываясь на анализе общих движений плодов с помощью 2D ультрасонографии, J. de Vries и G. de Visser [11, 12, 21] классифицировали движения на следующие паттерны:

- боковые изгибы туловища — наиболее ранние, появляющиеся с 7–8 нед внутриутробного развития, медленные и небольшие по амплитуде перемещения (изменения положения) тела, одного или двух полюсов эмбриона (переднего и заднего);
- вздрагивания — включают быструю фазу сокращения (вздрагивания) всех мышц конечностей;
- общие движения — более сложные и разнообразные движения, появляются с 10–12 нед гестации, включают комплекс движений шеи, туловища и конечностей, но не распознаются отдельные паттерны движений в той или иной части тела;
- икота — отрывистые сокращения диафрагмы;
- дыхательные движения плода — сопровождаются некоторым расширением и сужением грудной клетки, нерезким подниманием и опусканием диафраг-

мы, плавными движениями передней брюшной стенки, с небольшим западением в области прикрепления диафрагмы к реберной дуге; дыхательные движения плода являются парадоксальным явлением в известном смысле, так как не сопровождаются вдыханием воздуха, однако данный паттерн движений создает основу для будущих автоматизированных дыхательных движений;

- изолированные движения рук и ног — включают разгибание, сгибание, ротацию, приведение или отведение конечности;
- подергивания — быстрые разгибания и сгибания конечности или шеи;
- клонические движения — быстрые короткие повторяющиеся движения одной или нескольких конечностей;
- изолированная ретрофлексия (разгибание) головы — движение обычно выполняется медленно, но может быть быстрым и отрывистым;
- изолированная ротация (поворот) головы — выполняется в медленном темпе и только в исключительных случаях быстро;
- изолированная антефлексия (сгибание вперед) головы — выполняется только в медленном темпе;
- движения нижней челюсти — открывание рта может быть медленным или быстрым;
- сосательные и глотательные движения — ритмичные сосательные движения часто сопровождаются последующими глотательными движениями, появляются группами, что указывает на заглатывание амниотической жидкости;
- дотрагивания рукой до лица — этот паттерн движения включает медленное дотрагивание до лица с частыми сгибаниями и разгибаниями пальцев;
- потягивание — комплексный моторный паттерн, который всегда выполняется в медленном темпе и включает следующие компоненты: а) разгибание спины с усилием; б) ретрофлексию (разгибание) головы; в) ротацию кнаружи и поднятие конечностей (верхних);
- зевание — движение подобно зевоте, наблюдаемой у новорожденных: продолжительное широкое открывание рта, затем его быстрое закрывание, часто с ретрофлексией головы и иногда поднятием рук;
- поворот плода — ротация плода осуществляется вокруг сагиттальной или поперечной осей.

Наблюдения поведения плодов, проведенные исследователями в Австрии и Нидерландах в 1975–1990 гг., и выделение паттернов поведения/движений плодов основывались на сформулированных в 1940-е годы К. Лоренцом эпистемологических взглядах с акцентом на когнитивных механизмах индукции (логический вывод в процессе мышления от частного к общему) и гештальт-перцепции. Основываясь на концепции К. Лоренца, что поведение является отражением функционирования ЦНС [6, 7], теория нейроразвития Х. Прехтля [1] предполагает, что спе-

цифические двигательные (поведенческие) паттерны плода непосредственно отражают процессы развития и созревания ЦНС, что позволяет уже в антенатальном периоде прогнозировать у детей тяжелые неврологические исходы (церебральный паралич), которые до этого было возможным диагностировать только к 2–3 годам жизни. Данный метод исследования нейроразвития позволяет начать более раннее лечение и уменьшить тяжесть проблем.

Работами Н. Prechtl и соавт., начатыми в 1984 г. [1–3, 11, 12, 15, 21] и продолженными С. Einspieler и соавт. [12, 19], было показано, что паттерны общих движений плода являются особенно точным маркером нарушения раннего развития и дисфункции ЦНС по сравнению с другими методами (методами оценки функционирования ЦНС с помощью шкал детского развития, традиционного неврологического обследования). Эти авторы кардинально изменили парадигму функциональной оценки развивающейся нервной системы с традиционного исследования рефлексов и реакций новорожденных на наблюдение качества спонтанных общих движений. Изменению старой парадигмы анализа нейроразвития способствовали также фундаментальные исследования формирования ЦНС у позвоночных, позволившие открыть наличие нейрональных сетей (в виде центральных генераторов паттернов), управляющих поведением плодов и новорожденных [10, 20, 24, 25].

В обзоре J. de Vries и B. Fong [13] были обобщены данные многолетних ультразвукографических наблюдений за движениями плодов при оптимально развивающейся беременности и опубликована сводная таблица времени появления специфических двигательных паттернов у плода в динамике гестационного развития (см. рисунок). В дальнейшем некоторые из этих характеристик движений плодов были использованы для создания полуколичественного метода оценки функционирования ЦНС — теста KANET (см. таблицу) [16, 17]. Анализ динамики поведения плода в норме по мере прогрессирования беременности лег в основу предположения, что паттерны поведения плода отражают процессы созревания фетальной ЦНС. Эти данные означают, что понимание связи между особенностями поведения плода (его двигательными паттернами) и процессами развития в различных периодах гестации позволяет провести различия между нормальным и отклоняющимся от нормы развитием, а также поставить ранний диагноз различных структурных или функциональных нарушений ЦНС.

Существует большое количество доказательств, свидетельствующих, что многие неврологические расстройства новорожденных и детей раннего возраста (перинатальные гипоксические поражения ЦНС: синдром угнетения, синдром гипервозбудимости, синдром двигательных нарушений, гипертензионно-гидроцефальный синдром, вегетовисцеральный син-

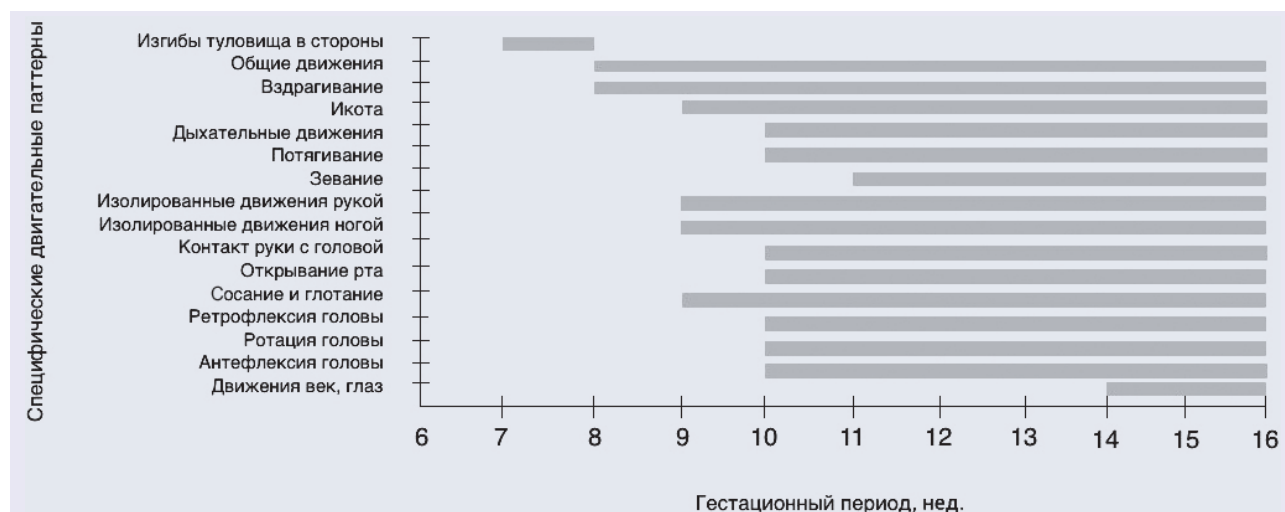


Рисунок. Время появления специфических двигательных паттернов у плода (по [13])

Figure. Terms of emerging of the specific movement patters in fetus (according to [13])

дром) являются следствием неблагоприятного внутриутробного развития. Внутриродовые (травматические, инфекционные) и послеродовые осложнения и заболевания составляют небольшой процент поражения ЦНС у новорожденных [2, 3, 16, 19–21, 23, 24–26].

Широкий спектр неврологических, эмоциональных и поведенческих проблем у детей раннего (1–3 года), дошкольного (4–6 лет) и школьного (с 7 лет) возрастов, ранее укладывавшихся в понятие «минимальная мозговая дисфункция», в настоящее время кодирующихся в разделе эмоциональных и поведенческих расстройств МКБ-10 (синдром дефицита внимания и гиперактивности, расстройства поведения, эмоциональные расстройства, начинающиеся в детском возрасте, специфические расстройства развития речи, моторики, специфические расстройства развития школьных навыков), а также шизофрения, эпилепсия и аутизм могут быть следствием пренатальных проблем нейроразвития, согласно последним исследованиям [19, 25]. Кроме того, клинические и эпидемиологические данные последнего десятилетия свидетельствуют, что даже детский церебральный паралич (ДЦП) наиболее часто является следствием пренатальных, а не перинатальных или постнатальных причин [20, 24].

### Объяснение происхождения движений плода

В течение последних десятилетий двадцатого столетия знание механизмов управляющих функций ЦНС существенно расширилось. В настоящее время считается, что моторный контроль автоматизированных ритмических движений — локомоции, дыхания, сосания и жевания — основывается на так называемых «центральных генераторах паттернов» движений/поведения (CPG — central pattern generators) [9, 10, 27, 28]. CPG — это нейронные сети, которые способны координировать активность многих мышц автономно, т.е. без сегментарной сенсорной или супраспинальной информации. Для работы CPG требуется минимальная

сенсорная импульсация или минимум нейроактивных субстанций, таких как серотонин или возбуждающие аминокислоты [9]. Для объяснения механизмов генерации спонтанных общих движений М. Hadders-Algra [29] применила теорию селекции нейрональных групп (Neuronal Group Selection Theory, NGST), автором которой является нобелевский лауреат Джеральд Эдельман (G. Edelman, 1987) [30]. По существу, эта теория подразумевает, что человеческое тело способно создавать сложные адаптивные системы на локальные события с помощью биологической обратной связи. Теория включает три основных положения:

1. Анатомические связи в мозге появляются благодаря селективным механохимическим событиям в мозге, возникающим эпигенетически во время развития. Это создает разнообразие первичного репертуара путем дифференциальных репродукций;
2. Когда структурное разнообразие установится анатомически, следующий селективный процесс происходит во время постнатального поведенческого опыта посредством эпигенетических модификаций в установившихся синаптических связях между нейрональными группами. Это создает разнообразие вторичного репертуара путем дифференциальных подкреплений (амплификаций);
3. Повторяющийся входной сигналинг между нейрональными группами создает условия для пространственно-временного постоянства реакций при взаимодействии с реальным миром. В своих работах [31–33] G. Edelman приводит доказательства, что таламокортикальный и кортико-кортикальный постоянный входящий сигналинг является решающим для генерации и поддержания сознательных состояний у млекопитающих.

В соответствии с теорией селекции нейрональных групп нормальное моторное развитие характеризуется двумя фазами изменений. Развитие начинается с фазы первичной изменчивости нейронального ре-



Таблица. Антенатальная оценка нейроразвития плода по А. Kurjak (KANET) [16, 17]

Table. Kuriak Antenatal Neurodevelopmental Test (KANET) [16, 17]

Признак	Оценка в баллах		
	0	1	2
Изолированные наклоны головы вперед (антефлексия головы)	Отрывистые, резкие движения (незавершенность, только тенденция)	Малого ассортимента, однообразные, неизменные (0–3 раза)	Разнообразные движения в шее с многочисленными изменениями (более 3 раз)
Состояние краниальных структур и швов	Нахождение костей черепа друг на друга	Нормальные краниальные структуры, окружность головы ниже нормы (-2σ) для соответствующего гестационного возраста	Нормальные краниальные структуры, окружность головы соответствует гестационному возрасту
Изолированные моргания глазами	-	Неплавные (0–5 морганий)	Плавные (более 5 морганий)
Изменения экспрессии лица (гримасничанье и высывание языка). Открывание рта (зевание, сосание, причмокивание)	-	Неплавные (возникают 0–5 раз)	Плавные (возникают более 5 раз)
Изолированные движения ногами	Скованность, ограниченность движений	Бедный репертуар движений	Разнообразные и сложные движения
Изолированные движения кистью руки. Движения «рука к лицу»	Стиснутые руки и кисти. Отрывистые, резкие движения (незавершенность, только тенденция)	Бедный репертуар движений руками и пальцами. Малого ассортимента, однообразные, неизменные (0–5 раз)	Разнообразные и сложные движения. Разнообразные движения, с многочисленными изменениями (более 6 раз)
Движения пальцами	Кисти сжаты в кулак с одной или с обеих сторон, большой палец приведен (неврологический большой палец)	Скованные, маловарибельные движения пальцами	Плавные и сложные, разнообразные движения пальцами
Общее впечатление о движениях (гештальт-перцепция)	Явно отклоняющиеся от нормы	Пограничные с нормой	Нормальные

Примечание. Интерпретация общего количества баллов: 0–5 баллов – аномальное двигательное развитие; 6–13 баллов – пограничное; 14–20 баллов – нормальное двигательное развитие. Таблица дана в соответствии с работами А. Kurjak и соавт. [16, 17].

пертуара и моторных паттернов (во внутриутробном периоде), во время которой изменения в моторном поведении не ориентированы на внешние условия (внеутробные стимулы). Для плода внешним окружением является плацента, пуповина, околоплодные воды, наличие иногда второго плода, с которыми он имеет в том числе тактильный контакт. Вторичная изменчивость начинается после рождения и особенно заметно проявляется в функционально-специфичных возрастах (в 1, 3, 6, 9, 12 мес постнатального развития и далее продолжается в соответствии с декретированными возрастами ребенка), во время которых моторное поведение может быть адаптировано к специфическим ситуациям – удерживание головы в вертикальном положении, подтягивание за игрушкой, повороты туловища, сидение, вставание, ходьба и другие более сложные ситуации развития. Селекция возможных поведенческих стратегий на основе афферентной информации играет значительную роль в обеих формах вариабельности. С точки зрения теории селекции нейрональных групп дети с пре- и перинатально приобретенным поражением

мозга имеют стереотипное моторное поведение, продуцируемое ограниченным репертуаром первичных (суб)кортикальных нейрональных сетей. Эти дети имеют также проблемы в селекции наиболее эффективной нейрональной активности вследствие недостаточности процессинга сенсорной информации [23].

Несмотря на высокую специфичность (от 46 до 93% – специфичность оценки возрастает по мере увеличения срока гестации, достигает максимума после 28-й недели гестации) и сензитивность (94%) оценки качества двигательных паттернов (поведения) плодов и новорожденных по методу Н. Prechtl и соавт. [14], в России пока нет исследователей, которые применяют этот метод диагностики, но есть некоторые публикации на уровне пилотных исследований [34–38], а также представлен обзор литературы [36] с характеристикой двигательных паттернов у детей после рождения в норме и при патологии.

Прогресс в неонатальной медицине приводит к значительному снижению неонатальной и младенческой смертности, однако постнатальное развитие выживших недоношенных и доношенных детей с пе-

ринатальной патологией сопровождается высоким риском нарушений развития в более позднем возрасте (ДЦП, общие расстройства развития, специфические расстройства развития речи, письма, счета, чтения, расстройства поведения и эмоций). Согласно обзору J. Volpe [39], от 5 до 15% недоношенных с массой тела менее 1500 г страдают тяжелыми неврологическими нарушениями (главным образом, ДЦП) и 25–50% из них имеют более легкие когнитивные и поведенческие дефекты. Гестационный возраст и масса тела новорожденных влияют на частоту ДЦП у них. Поскольку дети с массой тела менее 1500 г составляют 1% от всех новорожденных, но 21% из них страдают ДЦП, то это означает, что такие дети в 125 раз чаще имеют ДЦП [40, 41].

Оценка общих движений плода является инструментом оценки интегративности функционирования ЦНС уже во внутриутробном периоде и позволяет прогнозировать как тяжелые неврологические последствия (главным образом ДЦП) по признакам маловариабельности или резкости движений, так и более легкие когнитивные и поведенческие дефекты развития на ранних этапах постнатального развития.

Согласно исследованиям [42], в настоящее время

отмечается позднее обращение родителей к специалистам по поводу заболеваний детей в связи с недостаточной информированностью о симптомах заболеваний и расстройств, в частности ЦНС, особенно в возрасте от рождения до 1 года. Данная ситуация приводит к прогрессированию расстройств развития, эмоциональных и поведенческих проблем у детей, позднему началу проведения лечения и медицинской реабилитации.

В связи с задачей ранней реабилитации детей с поражением ЦНС в нашей стране программы оценки функционирования ЦНС должны включать стандартизованные измерения глобальных способностей детей (поведения как интегративной характеристики функционирования ЦНС), причем на ранних этапах развития.

## Заключение

Аntenатальная диагностика нарушений функционирования ЦНС позволяет на более ранних этапах принимать решения о коррекции возможных психоневрологических расстройств и улучшить прогноз развития в постнатальном периоде у детей.

## ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Prechtl H.F.R., Nolte R. Motor behaviour of preterm infants. In: Prechtl H.F.R. (Ed.) Continuity of neural functions from prenatal to postnatal life. Blackwell Scientific Publications Ltd, Oxford, England. Clin Develop Med 1984; 94: 79–92.
2. Prechtl H.F.R., Fargel J.W., Weinmann H.M., Bakker H.H. Postures, motility and respiration of low-risk preterm infants. Developmental Medicine & Child Neurology 1979; 21: 3–27.
3. Prechtl H. Qualitative changes of spontaneous movements in fetus and preterm infants are the marker of neurological dysfunction. Early Human Development 1990; 23: 151–159.
4. Brigandt I. Gestalt experiments and inductive observations: Konrad Lorenz's early epistemological writings and the methods of classical ethology. Evolution and Cognition 2003; 9: 157–170.
5. Lorenz K. The role of Gestalt perception in animal and human behavior. In: Whyte L.L. (Ed.) Aspects of form: a symposium on form in nature and art. Lund Humphries: London, 1951; 157–178.
6. Lorenz K. Gestalt Perception as Fundamental to Scientific Knowledge. General Systems 1962; 7: 37–56.
7. Almli C. R., Ball R. H., Wheeler M. E. Human fetal and neonatal movement patterns: gender differences and fetal-to-neonatal continuity. Dev Psychobiol 2001; 38(4): 252–273.
8. Einspieler C., Prechtl H.F., Ferrari F., Cioni G., Bos A.F. The qualitative assessment of general movements in preterm, term and young infants—review of the methodology. Early Hum Dev 1997; 50(1): 47–60.
9. Cazalets J.R., Squalli-Houssaini Y., Clarac F. Activation of the central pattern generators for locomotion by serotonin and excitatory amino acids in neonatal rat. J Physiol 1992; 455: 187–204.
10. Feller M.B. Spontaneous correlated activity in developing neural circuits. Neuron 1999; 22: 653–656.
11. de Vries J.I.P., Visser G.H.A., Prechtl H.F.R. The emergence of fetal behaviour. 1. Qualitative aspects. Early Hum Develop 1982; 7: 301–322.
12. de Vries J.I.P., Visser G.H.A., Prechtl H.F.R. The emergence of fetal behaviour. II. Quantitative aspects. Early Hum Develop 1985; 12: 99–120.
13. de Vries J.I.P., Fong B.F. Normal fetal motility: an overview. Ultrasound Obstet Gynecol 2006; 27: 701–711.
14. Einspieler C., Prechtl H. Prechtl's assessment of general movements: a diagnostic tool for the functional assessment of the young nervous system. Mental retardation and developmental disabilities research review 2005; 11: 61–67.
15. Roodenburg P.J., Wladimiroff J.W., van Es A., Prechtl H.F.R. Classification and quantitative aspects of fetal movements during the second half of pregnancy. Early Hum Dev 1991; 25: 19–35.
16. Kurjak A., Kupesic S., Banovic L., Hafner T., Kos M. The study of morphology and circulation of early embryo by three-dimensional ultrasound and Power Doppler. J Perinat Med 1999; 27: 145.
17. Kurjak A., Tikvica A., Stanojevic M., Miskovic B., Ahmed B., Azumendi G., Di Renzo G.C. The assessment of fetal neurobehavior by three-dimensional and four-dimensional ultrasound. J Matern Fetal Neonatal Med 2008; 21(10): 675–684. DOI: 10.1080/14767050802212166
18. Kurjak A., Andonotopo W., Stanojevic M., Milenkovic D., Azumendi G., Hafner T., Ujevic B. Longitudinal study of fetal behavior by four-dimensional sonography. The Ultrasound Review of Obstetrics and Gynecology 2005; 5(4): 259–274.
19. Blair E., Stanley F.J. Intrauterine asphyxia: a rare cause of cerebral palsy. J Pediatr 1988; 112(4): 515–519.
20. Reddihough D.S., Collins K.J. The epidemiology and causes of cerebral palsy. Austral J Physiotherapy 2003; 49: 7–12.
21. Visser G.H.A., Laurini R.N., de Vries J.I.P., Bekedam D.J., Prechtl H.F.R. Abnormal motor behaviour in anencephalic fetuses. Early Hum Develop 1985; 12: 173–182.
22. Hadders-Algra M. General movements: a window for early identification of children at high risk for developmental disorders. J Pediatr 2004; 145: 12–18.

23. Tomasovic S., Predojevic M. 4D Ultrasound – Medical Devices for Recent Advances on the Etiology of Cerebral Palsy. *Acta Inform Med* 2011; 19(4): 228–234. DOI: 10.5455/aim.2011.19.228–234
24. Hadders-Algra M. Putative neural substrate of normal and abnormal general movements. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 2007; 31: 1181–1190.
25. Harrison P.J. The neuropathology of schizophrenia. A critical review of the data and their interpretation. *Brain* 1999; 122(4):593–624.
26. Honemeyer U., Talic A., Therwat A., Paulose L., Patidar R. The clinical value of KANET in studying fetal neurobehavior in normal and at-risk pregnancies. *J Perinat Med* 2013; 41(2):187–197. DOI: 10.1515/jpm-2011-0251
27. Grillner S., Deliagina T., Ekeberg O.E., Manira A., Hill R.H., Lansner A., Orlovsky G.N., Wallen P. Neural networks that coordinate locomotion and body orientation in lamprey. *Trends Neurosci* 1995; 18: 270–279.
28. O'Donovan M.J. The origin of spontaneous activity in developing networks of the vertebrate nervous system. *Curr Opin Neurobiol* 1999; 9: 94–104.
29. Hadders-Algra M. The Neuronal Group Selection Theory: a framework to explain variation in normal motor development. *Develop Med Child Neurol* 2000; 42: 566–572.
30. Edelman G.M. *Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection*. Basic Books, New York 1987; 371.
31. Sporns O., Tononi G., Edelman G.M. Theoretical neuroanatomy and the connectivity of the cerebral cortex. *Behav Brain Res* 2002; 135: 69–74.
32. Chen Y., Seth A.K., Gally J.A., Edelman G.M. The power of human brain magnetoencephalographic signals can be modulated up or down by changes in an attentive visual task. *Proc Natl Acad Sci USA* 2003; 100: 3501–3506.
33. Edelman G.M. Naturalizing consciousness: A theoretical framework. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2003; 100: 5520–5524.
34. Изранов В.А., Казанцева Н.В. Оценка антенатального нейроразвития плода в ходе скринингового ультразвукового исследования. Ультразвуковая и функциональная диагностика: Тезисы VII Съезда специалистов ультразвуковой диагностики Сибири (20–22 апреля 2016 года, г. Барнаул) 2016; 2: 96–97. [Izranov V.A., Kazantseva N.V. Evaluation of antenatal neurodevelopment of the fetus during screening ultrasound. *Ultrasound and functional diagnostics: Abstracts of the VII Congress of specialists in ultrasound diagnostics of Siberia (April 20–22, 2016, Barnaul)* 2016; 2: 96–97. (in Russ)]
35. Казанцева Н.В., Изранов В.А. Диагностическое и прогностическое значение оценки поведения плода при ультразвуковом исследовании. Ультразвуковая и функциональная диагностика: Тезисы VII съезда специалистов ультразвуковой диагностики Сибири (20–22 апреля 2016 года, г. Барнаул) 2016; 2: 97–98. [Kazantseva N.V., Izranov V.A. Diagnostic and prognostic meaning of the evaluation of fetal behavior in ultrasound research. *Ultrasonic and functional diagnostics: Abstracts of the VII Congress of specialists of ultrasound diagnostics in Siberia (April 20–22, 2016, Barnaul)* 2016; 2: 97–98. (in Russ)]
36. Казанцева Н.В., Изранов В.А. Значение исследований поведения плода для прогноза психоневрологического развития: обзор. Вестник Балтийского федерального университета. Сер.: «Естественные и медицинские науки» 2016; 2: 39–50. URL: <https://journals.kantiana.ru/vestnik/3233/9041/> (дата обращения: 22.01.2018) [Kazantseva N.V., Izranov V.A. Fetal behavior and the prediction of neuropsychiatric development. *Bulletin of the Immanuel Kant Baltic Federal University. Series "Natural and Medical Sciences"* 2016; 2: 39–50 (in Russ)]
37. Изранов В.А., Мартинович М.В., Казанцева Н.В. KANET-тест: опыт применения и проблемы протоколирования. Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: «Естественные и медицинские науки» 2016; 4: 5–16. URL: <https://journals.kantiana.ru/vestnik/3400/9584/> (дата обращения: 22.01.2018) [Izranov V.A., Martinovich M.V., Kazantseva N.V. KANET: application in ultrasonography and challenges of protocoling. *Bulletin of the Immanuel Kant Baltic Federal University. Series "Natural and Medical Sciences"* 2016; 4: 5–16 (in Russ)]
38. Шотик Ю.В., Шевцова О.А. Современные методы оценки общих движений плода. Смоленский медицинский альманах 2017; 1: 382–385. URL: <https://cyberleninka.ru/journal/n/smolenskiy-meditsinskiy-almanah/#/983519> (дата обращения: 22.01.2018) [Shotik Yu.V., Shevtsova O.A. Modern assessment methods of fetus general movements. *Smolensk Medical Almanac* 2017; 1: 382–385. (in Russ)]
39. Volpe J.J. Brain injury in the premature infant: current concept and prevention. *Biol Neonate* 1992; 62: 231–242.
40. Wu W.Y., Croen L.A., Shah S.J., Newman T.B., Najjar D.V. Cerebral Palsy in a Term Population: Risk Factors and Neuroimaging Findings. *Pediatrics* 2006; 118:690–697.
41. Surveillance of cerebral palsy in Europe (SCPE). Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. *Dev Med Child Neurol* 2002; 44:633–640.
42. Батышева Т.Т., Крапивкин А.И., Царегородцев А.Д., Сухоруков В.С., Тихонов С.В. Реабилитация детей с поражением центральной нервной системы. Рос вестн перинатол и педиатр 2017; 62(6): 7–15. DOI: 10.21508/1027–4065–2017–62–6–7–15 [Batysheva T.T., Krapivkin A.I., Tsaregorodtsev A.D., Sukhorukov V.S., Tikhonov S.V. Rehabilitation of children with the pathology of central nervous system. *Ros Vestn Perinatol i Pediatr* 2017; 62(6): 7–15 DOI: 10.21508/1027–4065–2017–62–6–7–15 (in Russ).

Поступила 23.01.18

Received on 2018.01.23

#### Конфликт интересов:

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

#### Conflict of interest:

The authors of this article confirmed the lack of conflict of interest and financial support, which should be reported.