

УДК 612.64

ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ВАРИАНТЫ СПОНТАННОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ, МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СТАТУСА И ВЕГЕТАТИВНОГО ГОМЕОСТАЗА НОВОРОЖДЕННЫХ В ПОЗДНЕМ НЕОНАТАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ

© 2023 г. Е. А. Томилова¹, *, В. В. Колпаков¹, Т. В. Беспалова², С. Н. Гордийчук¹

¹ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет Минздрава РФ,
Тюмень, Россия

²БУ ВО ХМАО-Югры Ханты-Мансийская медицинская академия,
Ханты-Мансийск, Россия

*E-mail: tomilovaea@mail.ru

Поступила в редакцию 01.12.2022 г.

После доработки 01.05.2023 г.

Принята к публикации 10.05.2023 г.

На методологической основе концепции типологической вариабельности физиологической индивидуальности человека определена системная взаимосвязь показателей спонтанной двигательной активности, морфофункционального статуса и вегетативного гомеостаза у новорожденных в позднем неонатальном периоде. Обследовано 137 новорожденных детей в возрасте 10–14 дней (71 мальчик и 66 девочек). Использован следующий набор методик: комплексная оценка физического развития ребенка по таблицам центильного типа, определение показателей спонтанной двигательной активности (СДА) в течение суточного цикла, оценка основных показателей сердечно-сосудистой системы и суточное мониторирование частоты сердечных сокращений, показателей вариабельности сердечного ритма, изучение психомоторного статуса на основании состояния мышечного тонуса, вызываемых рефлексом и движений. В результате проведенных исследований выявлена типовая вариабельность СДА у новорожденных здоровой популяции в позднем неонатальном периоде с выделением трех функциональных типов – детей с низкой, средней и высокой СДА. Комплексная оценка морфофункциональных показателей, вегетативного гомеостаза и психомоторного статуса у детей с различным уровнем СДА позволила идентифицировать три варианта физиологической нормы психомоторного развития – тонического (низкая СДА), гармонического (средняя СДА) и кинетического типа (высокая СДА).

Ключевые слова: спонтанная двигательная активность, поздний неонатальный период, физиологическая норма психомоторного развития.

DOI: 10.31857/S0131164622600999, EDN: XNYVJQ

Проблема физиологической нормы при изучении закономерностей развития моторных функций остается актуальной в настоящее время [1–4]. Известно, что становление основных двигательных качеств на начальных этапах онтогенеза оказывает значительное влияние на структурно-функциональную организацию центральной нервной системы (ЦНС) и обеспечивает оптимальное формирование всех физиологических систем в последующие периоды развития ребенка [5–10].

В настоящее время для оценки двигательной активности детей первого года жизни используют различные отечественные и зарубежные шкалы. К зарубежным методикам относятся: метод Прехтла, шкала NBAS, тест Бэйли, KID-шкала, Детский скрининг-тест развития и поведенческий

тест новорожденных *Graham*. К отечественным методикам относятся: метод видеозаписи генерализованных движений плода, новорожденного и младенца, тест Пантюхиной, оценка уровня психомоторного развития ребенка Журбы-Мастюковой и методика Баженовой [11]. Общей чертой всех вышеперечисленных шкал является выявление расхождений в возрастных нормативах, а заключение базируется на возможности демонстрировать навык в определенном возрасте. Между тем эффективность вышеперечисленных методик во многом носит дискуссионный характер по следующим причинам: во-первых, сроки возникновения для каждого двигательного навыка имеют весьма существенную индивидуальную вариабельность даже у детей здоровой популяции, во-

вторых, исследование двигательной сферы в неонатальном периоде ограничено в инструментальном плане [12–15].

По мнению А.Ю. Мейгала [6, 7, 16] в настоящее время имеется всего два приемлемых метода оценки двигательных функций новорожденного ребенка – метод Прехтля [17, 18] и электромиография (ЭМГ). Первый метод является достаточно сложным и трудоемким с технической точки зрения, так как базируется на фиксации наблюдений так называемых “генерализованных движений” (общие, изолированные, первые антигравитационные и произвольные движения) на протяжении от 9-ти нед. до 5-ти мес. жизни ребенка. Движения различны по скорости и паттерну, что позволяет в более ранние сроки прогнозировать неврологический дефицит и детский церебральный паралич в ранние сроки. Методика в целом имеет ряд преимуществ перед традиционной оценкой неврологических рефлексов новорожденных [12, 19–22].

Второй вариант – это имеющиеся инструментальные методы оценки моторной функции, в частности игольчатая ЭМГ и стимуляционная электромиография. Данные методы являются “золотым стандартом” ЭМГ, но не приспособлены для работы с детьми в связи с инвазивностью. В настоящее время, интенсивно проводятся исследования с применением накожной (поверхностной) ЭМГ, которые позволяют провести сравнительный анализ развития двигательной системы у недоношенных и доношенных детей и предоставить возможность дифференцировки различных неврологических феноменов у ребенка первого года жизни [23].

Также существует методологический подход, основой которого является изучение паттернов активности пояснично-крестцовых мотонейронов по данным ЭМГ у новорожденных, детей дошкольного возраста и взрослых. Выявлено, что определенные рудиментные движения в процессе развития превращаются в более сложные и заменяются совершенно новыми паттернами. То есть, паттерны мышечной активности и пространственно-временные карты выхода спинномозговых мотонейронов во время передвижения человека демонстрируют как стереотипные особенности, так и функциональную реорганизацию. Полученные результаты рекомендуется использовать при рассмотрении новых стратегий реабилитации в лечении двигательных расстройств [24, 25].

В целом необходимо отметить, что большинство работ посвящены изучению двигательной системы у новорожденных с клиническими проявлениями поражений ЦНС или внутриутробной задержке роста и развития [6–8, 21]. Таким образом, вопросы, касающиеся физиологических показателей двигательной активности у детей ран-

него возраста, остаются открытыми и требуют проведения дополнительных исследований.

В своих исследованиях мы придерживались конституционального подхода при оценке физиологических показателей – концепции типологической вариабельности физиологической индивидуальности человека [26, 27]. Общеизвестно, что оценка функционального состояния организма не может основываться на величине отдельного показателя. Современная комплексная оценка здоровья ребенка учитывает три составляющие: физическое развитие, функциональное состояние органов и систем, нервно-психическое развитие. В связи с этим наиболее полно охарактеризовать весь комплекс физиологических показателей позволяет конституциональный подход [28, 29].

В результате ранее проведенных лонгитюдных исследований научного коллектива доказано, что уровень привычной двигательной активности, начиная с дошкольного возраста, является достаточно постоянным индивидуальным признаком и в целом остается таковым при переходе из одной возрастной группы в другую [26, 27]. На основании изученной литературы нами было выдвинуто предположение, что в позднем неонатальном периоде у новорожденных детей также имеются свои индивидуально-типологические особенности спонтанной двигательной активности. Данное предположение основано на том, что физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития тесно взаимосвязаны с двигательной сферой, а ее уровень может во многом характеризовать адаптивные модификации в процессе приспособления к условиям окружающей среды [1, 2, 30, 31].

Таким образом, недостаточное количество работ и отсутствие единой точки зрения в отношении нормативных показателей спонтанной двигательной активности у здоровых новорожденных, а также требование более точной идентификации ее критических значений, обуславливает необходимость проведения дополнительных исследований с позиций не только фундаментального, но и прикладного характера.

Цель работы – установить индивидуально-типологические особенности спонтанной двигательной активности, морфофункционального статуса и вегетативного гомеостаза у новорожденных I–II групп здоровья в позднем неонатальном периоде с характеристикой крайних вариантов типовой физиологической нормы.

МЕТОДИКА

Комплексную оценку состояния здоровья новорожденных проводили на базе отделения новорожденных детей и детей раннего возраста ГБУЗ ТО “Областная клиническая больница № 2”

(г. Тюмень). Под наблюдением находились 137 новорожденных (71 мальчик и 66 девочек) в возрасте 10–14 дней (поздний неонатальный период). Критерии включения: доношенные новорожденные, срок гестации 38–42 нед., возраст 10–14 дней, I–II группа здоровья, наличие информированного согласия на проведение исследования от матери или законного представителя ребенка. Критерии исключения: недоношенные новорожденные (срок гестации менее 37 нед.) и перенесенные новорожденные (срок гестации более 42 нед.), возраст более 14 дней, III–V группы здоровья, отсутствие информированного согласия на проведение исследования от матери или законного представителя ребенка.

В своей работе мы основывались на конституциональном подходе к комплексной оценке состояния здоровья ребенка. Оценка морфологической составляющей конституции проводили на основании антропометрических измерений по следующим параметрам: длина тела лежа (Дт, см), масса тела (Мт, г), окружность грудной клетки (ОГК, см), окружность головы (ОГ, см), рассчитывали следующие антропометрические индексы – Вервека (усл. ед.), Пинье (усл. ед.). Оценка физического развития проводили по таблицам центильного типа [29].

Оценка функциональной составляющей включала определение показателей спонтанной двигательной активности (СДА), оценку показателей сердечно-сосудистой системы (ССС), вегетативного гомеостаза и изучение психомоторного статуса.

Оценку уровня СДА (усл. ед.) проводили в течение суточного цикла при помощи браслета “Huawei Band 2 Pro” (КНР). Измерения проводили каждые 3 ч отдельно на верхних и нижних конечностях. К преимуществам использования данной методики мы отнесли наличие акселерометра (определение ускорения) и гироскопа (трехмерная картина перемещения), которые позволили получить данные о производимом новорожденным ребенком движении. При выборе методики мы руководствовались также такими характеристиками как неинвазивность и гипоаллергенность, что крайне важно для контингента новорожденных детей. Связь браслета с платформами *Android* и *iOS 8.0* позволила фиксировать данные в любом временном промежутке в последующей выгрузкой в программу *Excel* для статистической обработки. Использование данного устройства подтверждено решением Комитета по этике Тюменской государственной медицинской академии, протокол № 41 от 30.11.2011.

Следующий блок методик позволил изучить индивидуально-типологические особенности функционирования ССС, установить показатели тонуса автономной нервной системы в покое и при

дозированной физической нагрузке. Для исключения аномалий развития ССС проводили эхокардиографию (“*LOGIQ P6*”, США). Частоту сердечных сокращений (ЧСС) регистрировали при помощи пульсоксиметра в комплектацию которого входит датчик-манжетка для новорожденных (*MD300M*, КНР), систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление измеряли мультипараметровым монитором (“*STAR 8000*”, КНР). Суточное мониторирование ЧСС выполняли с помощью аппаратно-программного комплекса “*Astrocard Holtersystem-2F*” (ЗАО “МЕДИТЕК”, Россия). Рассчитывали средние показатели ЧСС за сутки, ЧСС дневное и ЧСС ночное, определяли циркадианный индекс (ЦИ) = ЧСС дневное/ЧСС ночное [32].

Оценку степени напряжения регуляторных механизмов проводили методом кардиоинтервалографии – КИГ (“*Astrocard Holtersystem-2F*”, ЗАО “МЕДИТЕК”, Россия) с расчетом следующих показателей: M_0 , с (мода – наиболее часто встречающееся значение кардиоинтервалов); A_m , % (амплитуда моды – количество кардиоинтервалов, соответствующих диапазону моды); ΔX , с (вариационный размах – разница между максимальным и минимальным значениями длительности интервалов $R-R$); стресс индекс – ИН (в усл. ед.), соотношение $ИН_2/ИН_1$ (усл. ед.) в покое ($ИН_1$) и после проведения дозированной физической нагрузки ($ИН_2$).

Дозированная физическая нагрузка включала 10 пассивных разведений руками в стороны с частотой 1 разведение в 4 с (Галкина Г.А., Бережанская С.Б., Андреева Н.Б. Способ прогнозирования нарушения состояния сердечно-сосудистой системы у новорожденных детей. Патент на изобретение RU 2062045 С1, 20.06.1996. Заявка № 5037 111/14 от 14.04.1992). Дополнительно оценивали показатели временного анализа ВСР: $RRNN$, мс (среднее значение интервалов RR); $SDNN$, мс (среднее квадратическое отклонение величин интервалов NN); $rMSSD$, мс (корень квадратный из средней суммы квадратов разностей величин соседних пар интервалов NN) и показатели частотного спектра – компоненты суммарной активности нейроморальной регуляции на сердечный ритм: низкие – LF (мс²), высокие – HF (мс²), а также индекс вегетативного баланса – LF/HF (усл. ед.).

Оценку психомоторного статуса проводили на основании изучения состояния мышечного тонуса по шкале Ашворт [33], вызываемых рефлексов и движений по 4-балльной шкале *NBAS – Newborn Behavior Assessment Scale* [34].

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы *Statistics 26.0*. Для выявления различий в уровне и распределении типового признака – спонтанной

Таблица 1. Индивидуально-типологические различия суточных показателей спонтанной двигательной активности (СДА) у мальчиков и девочек

Пол	Стат. показатели	СДА			Общая выборка ($n_{\delta} = 71, n_{\varphi} = 66$)
		низкая ($n_{\delta} = 19, n_{\varphi} = 18$)	средняя ($n_{\delta} = 31, n_{\varphi} = 29$)	высокая ($n_{\delta} = 21, n_{\varphi} = 19$)	
Мальчики	$M \pm \sigma$	359.5 ± 52.1**	551.4 ± 51.2*	850.7 ± 31.3*/**	588.6 ± 193.8
	χ^2	3.5	5.4	2.6	34.1
	MR	52.0	156.5	267.5	
Девочки	$M \pm \sigma$	347.9 ± 55.9**	521.8 ± 50.1*	836.1 ± 31.6*/**	564.5 ± 193.3
	χ^2	2.8	4.2	2.1	32.8
	MR	48.0	157.2	273.0	

Примечание: статистически значимое различие параметров ($p \leq 0.05$) * – относительно значений группы детей с низкой СДА; ** – относительно показателей общей выборки. MR (Mean Rank) – сумма рангов.

двигательной активности использовали χ^2 Пирсона. Для сравнения средних значений независимых выборок применяли непараметрический критерий H -критерий Краскела–Уоллиса. При сравнении средних данных, а также проверке статистических гипотез критический уровень значимости (p) в работе принимали 0.05.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Настоящее исследование является продолжением ряда работ на методологической основе концепции типологической варибельности физиологической индивидуальности человека [26, 27].

Согласно поставленной цели на первом этапе проводимых исследований необходимо было выделить типовой признак – показатель СДА. Для этого в течение суточного цикла при помощи браслета измеряли двигательную активность у новорожденных на верхних и нижних конечностях. Однако, как у мальчиков, так и у девочек статистически значимых отличий по показателям СДА на верхних и нижних конечностях выявлено не было. В результате статистической обработки массива данных было выявлено, что закон нормального распределения приемлем в каждой отдельной группе детей (χ^2 от 2.1 до 5.4; $p > 0.05$). Данный факт послужил основой для выделения трех групп детей с низкой, средней и высокой СДА и установления количественных суточных показателей двигательной активности для каждой группы (табл. 1). Для подтверждения полученных данных дополнительно был использован H -критерий Краскел–Уоллиса. Визуализация различий спонтанной двигательной активности у мальчиков и девочек по данному непараметрическому критерию представлена на рис. 1. Полученные результаты позволили охарактеризовать уровень СДА как типовой индивидуальный признак

и рассматривать его как основу для дальнейшего изучения морфофункциональных показателей, вегетативной реактивности и психомоторного статуса у новорожденных в позднем неонатальном периоде.

На втором этапе исследования мы оценили физическое развитие у новорожденных с различным уровнем СДА, так как общепризнанно, что оно тесно взаимосвязано с моторным (двигательным) развитием ребенка [5, 9, 29]. Показатели физического развития общей выборки новорожденных по центильным таблицам соответствовали гармоничному типу и располагались в области “средних величин” (область 25 и 75 центиля). Однако, в результате проведенного анализа были установлены статистически значимые различия у новорожденных с низкой и высокой СДА. В группе мальчиков и девочек с низкой СДА показатели соответствовали умеренной брахиморфии, что подтверждается наибольшими значениями Мт, ОГК и ОГ, наименьшими Дт, индексов Вервека и Пинье. В группе мальчиков и девочек с высокой СДА антропометрические показатели соответствовали долихоморфии, что подтверждается наименьшими показателями Мт, ОГК и ОГ, наибольшими значениями Дт, индексов Вервека и Пинье. Среднюю позицию занимали новорожденные со средним уровнем СДА.

В данной группе статистически значимых отличий от значений общей выборки выявлено не было (табл. 2).

Известно, что на первом году жизни решается одна из важнейших задач – подготовка к реализации антигравитационных реакций. Совершенство вание двигательной активности осуществляется совместно с морфологическим и функциональным созреванием центральных и периферических нервных структур. Вместе с тем, вопросы оценки функционирования ССС, вегетативной нервной системы (ВНС) и двигательной активно-

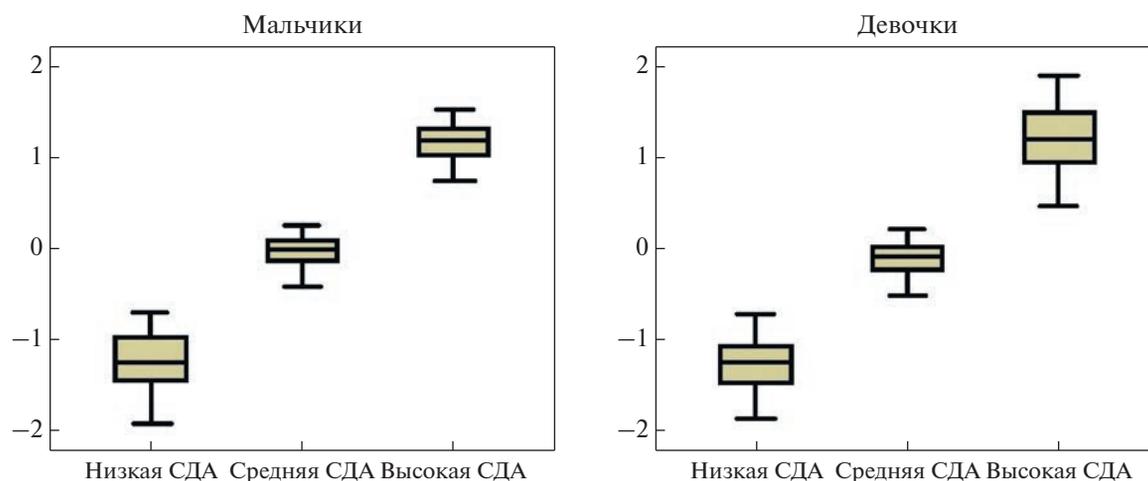


Рис. 1. Различия в уровне спонтанной двигательной активности (СДА) у мальчиков и девочек по *H*-критерию Краскела-Уоллиса ($p = 0.001$). Данные представлены в z -преобразовании показателя СДА.

сти ребенка с установлением закономерностей межсистемных взаимоотношений остаются малоизученными [6, 7, 9]. В связи с этим, на следующем этапе была проведена оценка функциональных показателей ССС у новорожденных с различным уровнем СДА.

По всей популяции детей обоего пола средние показатели суточного мониторинга ЧСС, а также соотношение в дневное и ночное время находились в пределах предлагаемых норм. Вместе с тем, в группах новорожденных с низкой и высо-

кой СДА были выявлены существенные статистические различия. У детей с низкой СДА были установлены более высокие средние значения ЧСС за сутки (146.8 ± 6.4 уд. мин у мальчиков и 143.6 ± 6.1 уд. мин у девочек), снижение значений ЦИ (1.11 ± 0.05 усл. ед. у мальчиков и 1.11 ± 0.06 усл. ед. у девочек). У новорожденных с высокой СДА отмечалась обратная закономерность: наименьшие показатели средней ЧСС за сутки (128.7 ± 3.5 уд. мин у мальчиков и 127.9 ± 2.5 уд. мин у девочек) и наибольшие ЦИ (1.17 ± 0.01 усл. ед. у мальчиков и 1.16 ± 0.01 усл. ед. у девочек). Таким

Таблица 2. Антропометрические показатели у мальчиков и девочек с различным уровнем спонтанной двигательной активности (СДА) ($M \pm \sigma$)

Показатель	Пол	Уровень СДА			Общая выборка ($n_{\delta} = 71, n_{\phi} = 66$)
		низкая ($n_{\delta} = 19, n_{\phi} = 18$)	средняя ($n_{\delta} = 31, n_{\phi} = 29$)	высокая ($n_{\delta} = 21, n_{\phi} = 19$)	
Мт, г	Мальчики	$4233.9 \pm 126.2^{**}$	$3567.5 \pm 224.4^{*}$	$3507.5 \pm 207.1^{*/**}$	3728.1 ± 365.2
	Девочки	$4027.3 \pm 106.5^{**}$	$3555.8 \pm 207.5^{*}$	$3369.3 \pm 204.1^{*/**}$	3435.4 ± 776.4
Дт, см	Мальчики	$51.3 \pm 0.5^{**}$	$53.6 \pm 0.8^{*}$	$55.4 \pm 1.1^{*/**}$	53.5 ± 1.7
	Девочки	$50.9 \pm 0.4^{**}$	$52.3 \pm 0.6^{*}$	$54.7 \pm 0.9^{*/**}$	52.6 ± 1.2
ОГК, см	Мальчики	$35.5 \pm 0.5^{**}$	34.6 ± 0.8	$33.7 \pm 0.9^{*/**}$	34.5 ± 1.5
	Девочки	$35.2 \pm 0.3^{**}$	34.3 ± 0.8	$33.5 \pm 0.9^{*}$	34.5 ± 1.1
ОГ, см	Мальчики	36.5 ± 0.5	$35.5 \pm 0.7^{*}$	$34.6 \pm 0.9^{*/**}$	35.5 ± 1.1
	Девочки	36.2 ± 0.62	$35.4 \pm 0.8^{*}$	$34.3 \pm 0.4^{*/**}$	35.1 ± 0.9
Индекс Вервека, усл. ед.	Мальчики	$1.17 \pm 0.02^{**}$	$1.27 \pm 0.02^{*}$	$1.36 \pm 0.04^{*/**}$	1.28 ± 0.08
	Девочки	$1.16 \pm 0.03^{**}$	$1.26 \pm 0.03^{*}$	$1.37 \pm 0.03^{*/**}$	1.27 ± 0.08
Индекс Пинье, усл. ед.	Мальчики	$11.6 \pm 0.6^{**}$	$15.4 \pm 0.8^{*}$	$18.3 \pm 1.1^{*/**}$	15.2 ± 2.7
	Девочки	$11.3 \pm 0.8^{**}$	$14.4 \pm 0.8^{*}$	$18.2 \pm 0.7^{*/**}$	14.6 ± 2.7

Примечание: см. табл. 1.

Таблица 3. Индивидуально-типологические особенности основных показателей variability сердечного ритма у мальчиков с различным уровнем спонтанной двигательной активности (СДА) ($M \pm \sigma$)

Показатели	Стат. показатели	Уровень СДА			Общая выборка ($n = 71$)
		низкая СДА ($n = 19$)	средняя СДА ($n = 31$)	высокая СДА ($n = 21$)	
Mo , с	$M \pm \sigma$	$0.409 \pm 0.01^{**}$	$0.451 \pm 0.02^*$	$0.466 \pm 0.01^{*/**}$	0.444 ± 0.03
	MR	11.5	40.3	51.8	
Amo , %	$M \pm \sigma$	$30.8 \pm 0.4^{**}$	$25.2 \pm 0.7^*$	$21.1 \pm 0.6^{*/**}$	25.4 ± 3.7
	MR	62.0	37.0	11.0	
ΔX , с	$M \pm \sigma$	$0.08 \pm 0.02^{**}$	$0.11 \pm 0.02^*$	$0.13 \pm 0.01^{*/**}$	0.11 ± 0.02
	MR	10.0	35.0	61.0	
ИН ₁ , усл. ед.	$M \pm \sigma$	$472.6 \pm 17.3^{**}$	$254.9 \pm 13.5^*$	$173.9 \pm 6.2^{*/**}$	289.2 ± 117.5
	MR	61.1	34.7	14.2	
ИН ₂ /ИН ₁ , усл. ед.	$M \pm \sigma$	$1.64 \pm 0.01^{**}$	$1.51 \pm 0.01^{*/**}$	$1.58 \pm 0.02^*$	1.56 ± 0.06
	MR	61.9	16.1	42.0	
LF , мс ²	$M \pm \sigma$	$281.5 \pm 11.9^{**}$	$234.8 \pm 6.8^*$	$195.4 \pm 3.6^{*/**}$	235.5 ± 33.5
	MR	62.3	35.8	12.0	
HF , мс ²	$M \pm \sigma$	$63.1 \pm 2.5^{**}$	$85.4 \pm 3.7^*$	$97.4 \pm 2.6^{*/**}$	82.9 ± 13.4
	MR	10.2	35.4	60.8	
LF/HF , усл. ед.	$M \pm \sigma$	$4.5 \pm 0.2^{**}$	$2.7 \pm 0.1^*$	$2.0 \pm 0.1^{*/**}$	2.99 ± 0.9
	MR	MR	63.5	38.2	

Примечание: см. табл. 1.

образом, анализ полученных результатов подтвердил физиологическую индивидуальность по показателям ССС у детей с разным уровнем СДА.

Известно, что во внутриутробном и раннем неонатальном периоде доминирует симпатический отдел ВНС, который обеспечивает адаптацию организма ребенка. Во внутриутробном периоде причиной этого является некоторая гипоксия плода, в периоде новорожденности – афферентная импульсация с рецепторов кожи, внутренних органов и мышц. По мере взросления ребенка и совершенствования двигательной активности усиливается тонус блуждающего нерва [5, 9, 29, 32]. Индикатором вегетативных реакций являются показатели сердечного ритма, которые считаются основным маркером функционирования не только ССС, но и ВНС. На сегодняшний день самым доступным и неинвазивным методом исследования сердечного ритма у новорожденных является показатели variability сердечного ритма (VCR).

В связи с этим, на следующем этапе были изучены индивидуально-типологические особенности по показателям VCR у новорожденных с различным уровнем СДА (табл. 3, 4). В целом по всей популяции новорожденных основной интегральный показатель ИН₁ свидетельствовал о преобладании симпатикотонии, которая соответствует оптимальному функционированию регулятор-

ных систем в позднем неонатальном периоде. Между тем, у новорожденных с низкой и высокой СДА были выявлены особенности, которые в данном случае могут рассматриваться как типовая норма реакции.

Так, у детей с низкой СДА отмечаются наибольшие показатели ИН₁ (472.6 ± 17.3 усл. ед. у мальчиков и 460.4 ± 15.3 усл. ед. у девочек) и Amo ($30.8 \pm 0.4\%$ у мальчиков и $29.8 \pm 0.5\%$ у девочек), наименьшие показатели Mo и ΔX . При оценке вегетативной реактивности на функциональную пробу (10 пассивных разведений руками в стороны с частотой 1 разведение в 4 с) отмечался гиперсимпатикотонический тип реагирования. По показателям частотного спектра в данной группе детей наблюдалось увеличение доли LF -волн и уменьшении вклада HF -волн, наибольшие значения индекса LF/HF (4.5 ± 0.2 усл. ед. у мальчиков и 4.4 ± 0.3 усл. ед. у девочек), что указывает на повышение активности симпатического отдела ВНС.

По мнению авторов настоящей статьи гиперсимпатикотония в группе новорожденных с низкой СДА во многом обусловлена более высоким тонусом мышц-сгибателей, который в целом является выражением нормального мышечного тонуса в этом возрастном периоде. Данный факт объясняется тем, что субординирующие тониче-

Таблица 4. Индивидуально-типологические особенности основных показателей variability сердечного ритма у девочек с различным уровнем спонтанной двигательной активности (СДА) ($M \pm \sigma$)

Показатели	Стат. показатели	Уровень СДА			Общая выборка ($n = 71$)
		низкая СДА ($n = 19$)	средняя СДА ($n = 31$)	высокая СДА ($n = 21$)	
M_0 , с	$M \pm \sigma$	$0.412 \pm 0.02^{**}$	$0.449 \pm 0.03^*$	$0.469 \pm 0.01^{*/**}$	0.445 ± 0.02
	MR	11.4	35.8	50.8	
A ₀ , %	$M \pm \sigma$	$29.8 \pm 0.4^{**}$	$26.6 \pm 1.1^*$	$21.2 \pm 0.7^{*/**}$	25.9 ± 3.3
	MR	37.5	34.0	10.9	
ΔX , с	$M \pm \sigma$	$0.07 \pm 0.01^{**}$	$0.11 \pm 0.01^*$	$0.12 \pm 0.01^{*/**}$	0.11 ± 0.02
	MR	9.5	33.0	57.0	
ИН ₁ , усл. ед.	$M \pm \sigma$	$460.4 \pm 15.3^{**}$	$255.6 \pm 13.8^*$	$177.3 \pm 7.3^{*/**}$	288.9 ± 111.5
	MR	57.5	34.2	10.8	
ИН ₂ /ИН ₁ , усл. ед.	$M \pm \sigma$	$1.61 \pm 0.01^{**}$	$1.50 \pm 0.01^{*/**}$	$1.58 \pm 0.02^{*/**}$	1.57 ± 0.06
	MR	56.2	15.1	40.2	
LF, мс ²	$M \pm \sigma$	$278.1 \pm 9.5^{**}$	$231.8 \pm 18.6^*$	$191.1 \pm 3.4^{*/**}$	232.6 ± 35.6
	MR	56.5	34.6	10.9	
HF, мс ²	$M \pm \sigma$	$62.9 \pm 2.2^{**}$	$82.5 \pm 2.4^*$	$96.2 \pm 2.2^{*/**}$	81.1 ± 12.8
	MR	9.5	33.0	57.3	
LF/HF, усл. ед.	$M \pm \sigma$	$4.4 \pm 0.2^{**}$	$2.8 \pm 0.2^*$	$1.9 \pm 0.7^{*/**}$	3.1 ± 0.9
	MR	57.5	38.4	10.4	

Примечание: см. табл. 1.

ские влияния центра симпатической иннервации сердца в период новорожденности поддерживаются рефлекторно афферентной проприоцептивной импульсацией из скелетных мышц, находящихся в состоянии тонической активности. Постоянный мышечный тонус обеспечивает возникновение специфической для новорожденных ортотонической позы. Однако мышечный тонус у новорожденных отличается от такового у плода как по степени выраженности, так и по источникам рефлекторной импульсации. В частности, одним из характерных показателей такой variability по ЧСС и мышечному тону является различная выраженность “сгибательной гипертонии” [9, 30].

У новорожденных с высокой СДА симпатикотония была выражена в меньшей степени, что подтверждалось наименьшими значениями ИН₁ (173.9 ± 6.2 усл. ед. у мальчиков и 177.3 ± 7.3 усл. ед. у девочек) и A₀ ($21.1 \pm 0.6\%$ усл. ед. у мальчиков и $21.2 \pm 0.7\%$ у девочек) на фоне более высоких M_0 и ΔX , симпатикотонический тип реагирования на функциональную пробу, повышение активности парасимпатического отдела (увеличение доли HF-волн) и наименьшие, по сравнению с другими группами, значения LF/HF: 2.0 ± 0.1 усл. ед. у мальчиков и 1.9 ± 0.2 усл. ед. у девочек [35]. Таким образом, анализ полученных данных выявил

физиологическую индивидуальность по показателям вегетативного гомеостаза.

На основании анализа вышеизложенного, полученные данные позволили предварительно выделить три варианта нормы – тонический (низкая СДА), гармоничный (средняя СДА) и кинетический (высокая СДА) функциональные типы. Для подтверждения этой точки зрения дополнительно была дана оценка показателя психомоторного статуса по показателям мышечного тонуса, вызываемых рефлексом и движений.

Субъективная оценка мышечного тонуса по шкале Ашворт во всех группах обследуемых новорожденных соответствовала нормативным показателям, так как в выборку вошли дети I–II группы здоровья. В связи с этим дополнительно проводилась детальная оценка рефлексов по шкале NBAS.

Проведенное исследование подтвердило, что показатели психомоторного статуса новорожденных взаимосвязаны с уровнем спонтанной двигательной активности. В целом при оценке мышечного тонуса по всей популяции новорожденных показатели вызываемых рефлексов соответствовали срединной позиции (от 1.74 ± 0.84 баллов при рефлексе Галанта до 2.14 ± 0.72 баллов при поисковом рефлексе).

Вместе с тем были выявлены межгрупповые индивидуально-типологические особенности. В значительной степени это проявлялось у новорожденных крайних групп. Так, для детей с низкой СДА в пределах нормативного размаха были установлены наибольшие показатели, характеризующие “физиологическую сгибательную гипертонию”. Известно, что состояние повышенного мышечного тонуса новорожденного (“поза флексии”) поддерживается постоянным тоническим возбуждением в центрах иннервации скелетной мускулатуры. При этом степень выраженности вызываемых рефлексов и движений даже у здоровых новорожденных может быть различной.

Так, с учетом оценки выраженности обобщенной двигательной реакции рефлекса охватывания (рефлекс Моро) и локальных рефлексов (верхний и нижний хватательный рефлексы, рефлекс Бабинского), мышечный тонус у новорожденных с низкой СДА, по сравнению с другими группами, соответствовал верхней границе нормы. В связи с чем данная группа новорожденных была отнесена к тоническому функциональному типу.

Для новорожденных с высоким уровнем СДА, наряду с наименьшими показателями вышеуказанных рефлексов (нижняя граница нормы), отмечались более высокие показатели рефлекторных ответов, характеризующие достаточно выраженные признаки координационного стагнации в мышцах антагонистах (сгибатели-разгибатели). По сравнению с другими группами наибольшие показатели в верхних границах нормы были установлены при вызове поискового, сосательного, шагового рефлекторных ответов и “спонтанного ползания” (рефлекс Бауэра), что позволило отнести таких новорожденных к кинетическому функциональному типу. Срединную позицию по всем изучаемым параметрам занимали новорожденные со средним уровнем СДА – гармоничный функциональный тип.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установление типовой вариативности спонтанной двигательной активности новорожденных здоровой популяции в позднем неонатальном периоде с выделением трех функциональных типов – детей с низкой, средней и высокой СДА, позволило выявить индивидуально-типологические особенности физиологического статуса каждого типа новорожденных и определить нормативные (типовые) показатели соматометрических, функциональных, вегетативных параметров и психомоторного статуса.

Для новорожденных с низким уровнем СДА по сравнению с другими типами выявлена умеренная брахиморфия, наибольшие среднесуточные значения ЧСС с наименьшим циркадианным ин-

дексом, гиперсимпатикотонический тип реагирования на функциональную пробу и превалирование рефлексов по шкале *NBAS*, характеризующие более высокий тонус мышц сгибателей на верхней границе нормы.

Для новорожденных с высоким уровнем СДА по сравнению с другими типами выявлена умеренная долихоморфия, наименьшие среднесуточные значения ЧСС с наибольшим циркадианным индексом, симпатотонический тип реагирования на функциональную пробу и превалирование рефлексов по шкале *NBAS*, характеризующие эффективное “спонтанное ползание” и более выраженный опорный, шаговый и поисковый ответы. Комплексная оценка морфофункционального статуса и психомоторного развития новорожденных подтвердила высокую информативность парциального уровня СДА в идентификации трех вариантов физиологической нормы – тонического типа (низкая СДА), гармонического (средняя СДА), кинетического (высокая СДА). Установление индивидуально-типологических особенностей психомоторного развития новорожденных в позднем неонатальном периоде дает возможность для прогностической оценки отклонений с выделением крайних вариантов типовой нормы как физиологической зоны формирования групп риска.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным этическим комитетом Тюменской государственной медицинской академии (Тюмень), протокол № 41 от 30.11.2011.

Информированное согласие. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Финансирование работы. Работа выполнена в рамках государственного задания “Физиологическое обоснование сохранения и укрепления физического и психического здоровья детей (оценочные критерии, основы донозологической диагностики, коррекция дизрегуляторных расстройств)” Министерства здравоохранения РФ (№ гос. регистрации 121052600125-3).

Благодарности. Авторы выражают благодарность заведующей отделением новорожденных детей и детей раннего возраста ГБУЗ ТО “Областная клиническая больница № 2” (Тюмень) к. м. н. Марине Иосифовне Сосланд (до декабря 2019 г.), Виктории Александровне Емельяновой (с февраля 2021 г.); заведующей отделением ультразвуковой и функциональной диагностики детского стационара ГБУЗ ТО “Областная клиническая больница № 2” (Тюмень) Ларисе Анатольевне Егоровой.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Вклад авторов в публикацию. Е.А. Томилова — написание текста рукописи, статистическая обработка полученных данных и их интерпретация, формулирование выводов; В.В. Колпаков — концепция и дизайн исследования; Т.В. Беспалова — проведение литературного поиска, выполнение анализа и оценки научной информации, С.Н. Гордийчук — участие в обследовании, статистическая обработка полученных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сонькин В.Д.* Физическая работоспособность и энергообеспечение мышечной функции в постнатальном онтогенезе человека // Физиология человека. 2007. Т. 33. № 3. С. 81.
Son'kin V.D. Physical working capacity and energy supply of muscle function during postnatal human ontogeny // Human Physiology. 2007. V. 33. № 3. P. 326.
2. *Сонькин В.Д., Параничева Т.М., Макарова Л.В. и др.* Возрастная динамика двигательных возможностей школьников 8–17 лет по данным популяционного исследования // Человек. Спорт. Медицина. 2021. Т. 21. № 1. С. 71.
3. *Трифонова О.П., Балашова Е.Е., Маслов Д.Л. и др.* Метаболомный анализ крови для создания цифрового образа здорового человека // Биомедицинская химия. 2020. Т. 66. № 3. С. 216.
4. *Ларина И.М., Насовский А.М., Русанов В.Б.* Холизм и редукционизм в физиологии // Физиология человека. 2022. Т. 48. № 3. С. 127.
Larina I.M., Nosovsky A.M., Rusanov V.B. Holism and Reductionism in Physiology // Human Physiology. 2022. V. 48. № 3. P. 346.
5. *Безруких М.М., Фарбер Д.А.* Актуальные проблемы физиологии развития ребенка // Новые исследования. 2014. Т. 3. № 40. С. 4.
6. *Зарипова Ю.Р., Мейгал А.Ю., Малявская С.И.* Клинико-электромиографические особенности нейромоторного статуса у детей первого года жизни с синдромом двигательных нарушений // Экология человека. 2013. № 11. С. 44.
7. *Мейгал А.Ю., Риссанен С.М., Зарипова Ю.Р. и др.* Возможности, открываемые использованием нелинейных параметров поверхностной электромиограммы в диагностике заболеваний и состояний двигательной системы человека // Физиология человека. 2015. Т. 41. № 6. С. 119.
Meigal A.Y., Zaripova Y.R., Rissanen S.M. et al. Nonlinear parameters of surface electromyogram for diagnostics of neuromuscular disorders and normal conditions of the human motor system // Human Physiology. 2015. V. 41. № 6. P. 672.
8. *Троицкая Л.А., Бадалян О.Л., Ахматханова Х.Х. и др.* Активация двигательных функций у детей с нарушениями ЦНС. мозжечковая стимуляция // Детская и подростковая реабилитация. 2020. № 1 (41). С. 51.
9. *Шабалов Н.П.* Неонатология. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. 704 с.
10. *Vue V.L.* The Sixth Month: Reflexes and Newborn Screening / 9 Months In, 9 Months Out: A Scientist's Tale of Pregnancy and Parenthood. Oxford University Press, 2019. P. 79.
11. *Косенкова Е.Г., Лысенко И.М., Баркун Г.К., Журавлева Л.Н.* Шкалы оценки психомоторного развития детей: современный взгляд на проблему // Охрана материнства и детства. 2012. № 2 (20). С. 113.
12. *Пальчик А.Б., Лисина Э.В., Семенова И.А.* Диагностика моторного развития плодов, новорожденных и грудных детей методом видеозаписи генерализованных движений // Педиатрия. Журн. им. Г.Н. Сперанского. 2004. Т. 83. № 3. С. 33.
13. *Налобина А.Н., Патюков А.Г.* Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы в процессе формирования двигательных функций у детей первого года жизни // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2011. Т. 56. № 3. С. 40.
14. *Olsen J.E., Allinson L.G., Doyle L.W. et al.* Preterm and term-equivalent age general movements and 1-year neurodevelopmental outcomes for infants born before 30 weeks' gestation // Dev. Med. Child Neurol. 2018. V. 60. № 1. P. 47.
15. *Fry K.E., Chen Y., Howard A.* Detection of motor activity of infants during spontaneous jerky movements in full-term and premature infants using inertial sensors / 40th International Engineering in Medicine and Biology Conference (EMBC). Honolulu, Hawaii, July 17–21, 2018. P. 5767.
16. *Мейгал А.Ю., Ворошилов А.С.* Перинатальная модель перехода человека от гипогравитации к земной гравитации на основе нелинейных характеристик электромиограммы // Авиакосм. и экол. мед. 2009. Т. 43. № 6. С. 14.
17. *Prechtl H.F.R.* The neurological examination of the full term infants // Clin. Dev. Med. 1977. № 63. P. 109.
18. *Prechtl H.F.R.* Qualitative changes of spontaneous movements in fetus and preterm infant are a marker of neurological dysfunction // Early Hum. Dev. 1990. V. 23. № 3. P. 151.
19. *Пальчик А.Б.* Скрининг-схема оценки состояния нервной системы новорожденного. СПб.: Смысл, 1995. 88 с.
20. *Пальчик А.Б., Баюнчикова Д.С.* Концепция оптимальности в изучении раннего развития младенцев // Специальное образование. 2019. Т. 54. № 2. С. 146.
21. *Zlatanović D., Čolović H., Živković V. et al.* The importance of the Prechtl Method for ultra-early prediction of neurological abnormalities in newborns and infants // Acta Medica Medianae. 2019. V. 58. № 3. P. 111.
22. *Kwong A.K.L., Fitzgerald T.L., Doyle L.W. et al.* Predictive validity of spontaneous early infant movement for later cerebral palsy: a systematic review // Dev. Med. Child Neurol. 2018. V. 60. № 5. P. 480.
23. *Зарипова Ю.Р., Мейгал А.Ю., Гусева Н.Б. и др.* Возможности немедикаментозной реабилитации в неонатологии // Детская и подростковая реабилитация. 2020. № 2 (42). С. 16.

24. *Ivanenko Y.P., Gurfinkel V.A., Selionov V.A. et al.* Tonic and Rhythmic Spinal Activity Underlying Locomotion // *Curr. Pharm. Des.* 2017. V. 23. № 12. P. 1753.
25. *Solopova I.A., Zhvansky D.S., Dolinskaya I.Y. et al.* Muscle Responses to Passive Joint Movements in Infants During the First Year of Life // *Front. Physiol.* 2019. V. 10. P. 1158.
26. *Колпаков В.В., Беспалова Т.В., Брагин А.В. и др.* Концепция типологической вариабельности физиологической индивидуальности. Сообщение II. Популяционная разнокачественность соматотипов в группах лиц с различным уровнем привычной двигательной активности // *Физиология человека.* 2009. Т. 35. № 1. С. 75.
Kolpakov V.V., Bepalova T.V., Bragin A.V. et al. The concept of typological variability of physiological individuality: II. Somatotype heterogeneity of population groups differing in habitual physical activity // *Human Physiology.* 2009. V. 35. № 1. P. 66.
27. *Колпаков В.В., Томилова Е.А., Беспалова Т.В. и др.* Хронобиологическая оценка привычной двигательной активности человека в условиях Западной Сибири // *Физиология человека.* 2016. Т. 42. № 2. С. 100.
Kolpakov V.V., Tomilova E.A., Larkina N.Y. et al. Chronobiological assessment of habitual physical activity in humans in Western Siberia // *Human Physiology.* 2016. V. 42. № 2. P. 203.
28. *Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П.* Проблемы адаптации и учение о здоровье. М.: Изд-во РУДН, 2006. 284 с.
29. *Доскин В.А., Келлер Х., Мураенко Н.М. и др.* Морфо-функциональные константы детского организма. М.: Медицина, 1997. 286 с.
30. *Аршавский И.А.* Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития. Основы негэнтропии, теории онтогенеза. М.: Наука, 1982. 270 с.
31. *Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В.* Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. М.: Либроком, 2011. 368 с.
32. *Макаров Л.М., Школьникова М.А., Кравцова Л.А.* Нормативные параметры циркадной вариабельности ритма сердца у детей первого года жизни // *Вестник аритмологии.* 2000. № 18. С. 43.
33. *Bohannon R.W., Smith M.B.* Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity // *Phys. Ther.* 1987. V. 67. № 2. P. 206.
34. *Brazelton T.B.* Neonatal Behavioral Assessment Scale // *Clin. Dev. Med.* 1984. V. 88. P. 125.
35. *Гордийчук С.Н., Томилова Е.А., Колпаков В.В. и др.* Показатели вегетативного гомеостаза новорожденных с различным уровнем спонтанной двигательной активности // *Вятский медицинский вестник.* 2020. № 2 (66). С. 33.

Typological Variants of Spontaneous Physical Activities, Morph Functional Status and Vegetative Homeostasis for Newborns in Late Neonatal Period

E. A. Tomilova^{a, *}, V. V. Kolpakov^a, T. V. Bepalova^b, S. N. Gordiychuk^a

^aTyumen State Medical University, Tyumen, Russia

^bKhanty-Mansiysk Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia

*E-mail: tomilovaea@mail.ru

The authors present systematic interactions of spontaneous physical activities, morph functional status and vegetative homeostasis for newborns in late neonatal period. The methodological basis is conception of typological variability for physiological human individuality. There are 137 newborns (71 boys and 66 girls) in late neonatal period (10–14 days). The methods are the complex evaluation of physical child development according to the tables of centile types, the determination of spontaneous motor activity (SMA) during daily cycle, the evaluation of main cardiovascular system data and daily monitoring Heart Rate, the data of heart rhythm variability, the study of physico-motor status on muscles tonus basis which are responsible for reflexes and movement. The results of research show the typological variability of spontaneous physical activities among health population newborns in neonatal period and presents three functional types: children with low, medium, high spontaneous physical activities. Complex evaluation of morph functional data, vegetative homeostasis, physico-motor status among children with different SMA identify three variants of physiological norm for development: tonic (low SMA), harmonic (medium SMA) and kinetic (high SMA).

Keywords: spontaneous physical activities, late neonatal period, physiological norm of physico-motor development.