

Роль изучения тонкой моторики в оценке раннего психомоторного развития детей

Александр Бейнусович Пальчик¹, Наталия Владимировна Андрущенко^{2, 3}

¹ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация

² Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9, Российская Федерация

³ Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41, Российская Федерация

Для цитирования: Пальчик А.Б., Андрущенко Н.В. Роль изучения тонкой моторики в оценке раннего психомоторного развития детей. *Children's Medicine of the North-West*. 2025;13(3):129–136. <https://doi.org/10.56871/CmN-W.2025.84.47.011>

Поступила: 02.06.2025

Одобрена: 05.08.2025

Принята к печати: 25.09.2025

РЕЗЮМЕ. Введение. Двигательная активность является первичной формой поведения и возникает на 4-й неделе гестации в виде нейрофибрилляции первичных эфферентных миобластов. Тонкая моторика приобретает особое значение в изучении развития ребенка, поскольку обеспечивает значительную часть высокоорганизованных функций (манипулятивную деятельность, самообслуживание, трудовые и творческие навыки и т.д.) и плотно связана с формированием речи. **Цель исследования** – определить состояние тонкой моторики в структуре других неврологических функций у детей низкого уровня перинатального риска. **Материалы и методы.** В статье представлены исследовательские результаты применения собственной схемы обследования мелкой и крупной моторики у детей 3–4 лет низкого неврологического риска. В оценке тонкой моторики наибольшее внимание уделено оценке кистевого захвата. Обследован 31 ребенок (24 мальчика и 8 девочек) в возрасте от 31 до 56 месяцев (медиана 43,5 месяца). **Результаты.** У всех детей низкого перинатального риска в возрасте около 3,5 лет, расцениваемых обычно как «неврологически здоровые», отмечаются отклонения в неврологическом статусе как минимум в одном показателе. Отклонения в регуляции позы возникают достоверно реже, чем расстройства координации и крупной моторики ($\chi^2=5,31$; $p=0,02$). Наиболее часто отмеченными отклонениями в формировании крупной моторики были: посадка из положения лежа на спине, координации туловища (реакция на толчок сидя) и изменения пассивного мышечного тонуса. При обследовании тонкой моторики достоверно чаще отмечены нарушения типа кистевого захвата по сравнению с нарушениями координации движений кисти ($\chi^2=10,53$; $p=0,0012$). Получены связи между изучаемыми показателями и характеристиками освоения речи: сроки формирования фразовой речи положительно связаны с девиациями в состоянии мышечного тонуса, координациями туловища ($r=0,55-0,6$) и отрицательно с объемом фразовой речи ($r=-0,72$). Объем фразовой речи имеет отрицательную связь с изменениями в пассивном мышечном тонусе, координацией туловища (толчок в положении ребенка сидя и стоя) и типом захвата ($r=-0,39 \dots -0,62$). **Заключение.** По результатам проведенного обследования 31 ребенка низкого перинатального риска, оцененных как «неврологически здоровые», 20 детей имеют определенный риск развития когнитивных и поведенческих расстройств в подростковом возрасте. Рекомендовано включать изучение типа кистевого захвата в неврологическое обследование дошкольников.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оценка нейромоторной функции, неврологическое обследование, дошкольники, тонкая и крупная моторика

✉ Наталия Владимировна Андрущенко. E-mail: natvladandr@gmail.com

© Пальчик А.Б., Андрущенко Н.В., 2025

The role of fine motor skills in the assessment of early psychomotor development of children

Alexander B. Palchik¹, Nataliia V. Andrushchenko^{2,3}

¹ Saint Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Lithuania, Saint Petersburg 194100, Russian Federation

² Saint Petersburg State University, 7–9 Universitetskaya emb., Saint Petersburg 199034, Russian Federation

³ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41 Kirochnaya str., Saint Petersburg 191015, Russian Federation

For citation: Palchik A.B., Andrushchenko N.V. The role of fine motor skills in the assessment of early psychomotor development of children. *Children's Medicine of the North-West*. 2025;13(3):129–136. (In Russian). <https://doi.org/10.56871/CmN-W.2025.84.47.011>

Received: 02.06.2025

Revised: 05.08.2025

Accepted: 25.09.2025

ABSTRACT. Introduction. Motor activity is a primary form of behavior and emerges in the fourth week of gestation as neurofibrillation of primary efferent myoblasts. Fine motor skills are particularly important in the study of child development, as they support a significant portion of highly organized functions (manipulative activity, self-care, work and creative skills, etc.) and are closely linked to speech development. **The aim of the study** was to determine the state of fine motor skills within the structure of other neurological functions in children at low perinatal risk. **Materials and methods.** This article presents the results of our own study design for assessing fine and gross motor skills in 3- to 4-year-old children at low neurological risk. In assessing fine motor skills, particular attention is paid to assessing handgrip. Thirty-one children (24 boys and 8 girls) aged 31 to 56 months (median 43.5 months) were examined. **Results.** All children with low perinatal risk aged approximately 3.5 years, generally considered “neurologically healthy”, exhibit abnormalities in at least one neurological indicator. Postural regulation abnormalities are significantly less common than coordination and gross motor skills ($\chi^2=5.31$; $p=0.02$). The most frequently observed gross motor skills abnormalities were sitting up from a supine position, trunk coordination (response to a push while sitting), and changes in passive muscle tone. Fine motor skills assessments significantly more frequently revealed handgrip abnormalities than hand coordination abnormalities ($\chi^2=10.53$; $p=0.0012$). Relationships were found between the studied parameters and speech development characteristics: the timing of phrasal speech development was positively associated with deviations in muscle tone and trunk coordination ($r=0.55-0.6$) and negatively with the volume of phrasal speech ($r=-0.72$). The volume of phrasal speech was negatively associated with changes in passive muscle tone, trunk coordination (pushing while sitting and standing), and grip type ($r=-0.39$ to -0.62). **Conclusion.** Based on the results of the examination of 31 children at low perinatal risk, assessed as “neurologically healthy,” 20 children were found to be at risk for developing cognitive and behavioral disorders in adolescence. It is recommended to include the study of hand grip type in the neurological examination of preschoolers.

KEYWORDS: neuromotor assessments, neurologic examination, pre-schoolers, fine and gross motor skills

✉ Nataliia V. Andrushchenko. E-mail: natvladandr@gmail.com

© Palchik A.B., Andrushchenko N.V., 2025

ВВЕДЕНИЕ

Как антропогенез в целом, так и индивидуальное развитие человека отличны от онтогенеза других биологических видов особенностями формирования мышления, речи и двигательной активности.

Анализ внутриутробного развития плода показывает, что именно двигательная активность является первичной формой поведения, поскольку нейробириллиация первичных эфферентных миобластов возникает на 4-й неделе гестации и лишь через целую временную эпоху, в масштабах внутриутробного развития, на 7-й неделе гестации в связи с формированием первых синапсов появляется рефлекторный ответ на раздражение и чуть позже — startle-реакция (реакция вздрагивания). На 8-й неделе возникают генерализованные движения; отдельные движения конечностей и ретрофлексия головы — на 9-й неделе; антефлексия головы — на 10-й; потягивание (stretch) — на 11-й; изолированное движение пальцами — на 13-й; временной паттерн двигательной активности — на 14-й; координированные движения — на 16-й; быстрые движения глаз (rapid eyes' movements, REM) — на 20-й; цикличность двигательной активности — на 21-й; латерализация положения головы — на 28-й неделе гестации [1–6].

Особое значение в морфологическом и функциональном развитии регуляции движений имеет образование и миелинизация кортикоспинальных путей. Показано, что кортикоспинальные волокна достигают верхних отделов спинного мозга на 24-й неделе гестации [7, 8]. Их миелинизация начинается приблизительно на 36-й неделе гестации и продолжается в течение первого года постнатальной жизни.

Критический период формирования кортикоспинальных проводников приходится на 4–6-й месяц жизни, что способствует появлению произвольных, манипулятивных движений. Особенностью регуляции движений у плода, новорожденного и грудного младенца является двойной характер контроля (контра- и ипсилатеральный), вплоть до двух лет. По мере созревания нервной системы ипсилатеральный контроль утрачивается на поздних сроках беременности, сохраняется преимущественно контралатеральный [9, 10]. По данным J.H. Martin и соавт. [11, 12], в раннем постнатальном периоде контралатеральные проводники имеют уже более плотное представительство в сенсомоторной коре, чем ипсилатеральные.

Необходимо выделить две кортикоспинальные системы: медиальную и латеральную.

Медиальная система (более древняя, иначе — передний кортикоспинальный тракт) регулирует крупную моторику и позу. Она включает в себя моторную кору, нисходящие пути, синапсы с центрами ствола мозга, синапсы с ядрами спинного мозга, α - и γ -мотонейроны.

Латеральная (более молодая) кортикоспинальная система регулирует тонкую моторику и содержит моторную кору, нисходящие пути, синапсы с ядрами спинного мозга, α - и γ -мотонейроны. Данная система минует связи со средним мозгом и стволом и является более быстрой в отношении исполнительной функции [1, 13].

Оценка тонкой моторики приобретает особое значение в изучении развития ребенка, поскольку она обеспечивает значительную часть высокоорганизованных функций (манипулятивную деятельность, самообслуживание, трудовые и творческие навыки и т.д.) и плотно связана с формированием речи. В рамках многообразных диагностических шкал и тестов предложены возрастные нормы и характер выполнения приемов тонкой моторики. Предпочтение применения шкал зависит от условий проведения обследования. Нами разработана собственная схема, аккумулированная по ряду исследований [14–20]. Наиболее изучаемым и подлежащим стандартизации явлением тонкой моторики служит кистевой захват.

В связи с особенностями развития латеральной и медиальной системы регуляции движений, крупной и тонкой моторики возникает вопрос о гармоничности и синхронности формирования этих двух систем у детей.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования — определить состояние тонкой моторики в структуре других неврологических функций у детей низкого уровня перинатального риска.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами обследован 31 ребенок в возрасте от 31 до 56 месяцев (медиана 43,5 месяца), из них 24 мальчика и 8 девочек. 12 детей (8 мальчиков и 4 девочки) осмотрены в детском саду общеразвивающего типа и 19 детей (10 мальчиков и 4 девочки) обследованы в условиях двух консультативно-диагностических центров с целью профилактического осмотра.

Критериями включения послужили возраст ребенка, отсутствие у него острых и хронических соматических и неврологических заболеваний, верифицированных нарушений психомоторного, речевого и социального развития, оценка по шкалам оптимальности беременности выше 80%, родов – 60%, новорожденности – 76%. Изучены наличие или отсутствие жалоб у ребенка, его родителей и обслуживающего персонала, проведены анализ анамнеза жизни, рутинное клиническое неврологическое обследование.

С целью стандартизации неврологического статуса был использован Неврологический профиль для детей около 3,5 лет В.С.Л. Touwen (1979) [21] в адаптации А.Б. Пальчика (2007) [22]. Результаты исследования обработаны пакетом прикладных статистических программ STATISTICA for Windows version 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Основные показатели раннего развития у обследованных детей представлены в таблице 1.

Анализ показателей, полученных при применении неврологического профиля В.С.Л. Touwen (1979), свидетельствует о многочисленных индиви-

дуальных девиациях у детей низкого уровня перинатального риска (табл. 2).

У всех обследованных детей отмечены изменения в какой-либо из шести сфер рассматриваемых показателей. У 5 детей отмечены отклонения в одной группе параметров, у 6 – в двух, у 11 – в трех, у 7 – в четырех, у 1 – в пяти и у 1 – во всех шести.

Сопоставление распространенности верифицированных отклонений свидетельствует, что у обследованных детей низкого перинатального риска девиации отклонения в регуляции позы возникают достоверно реже, чем расстройства координации и крупной моторики ($\chi^2=5,31$; $p=0,02$); в сфере координации нарушения в ответе на толчок сидя достоверно чаще встречаются, чем нарушения поворотов ($\chi^2=7,05$; $p=0,008$); в кластере крупной моторики – расстройства посадки из положения сидя чаще, чем нарушения бега и вращения ($\chi^2=21,1$; $p<0,0001$; $\chi^2=14,52$; $p=0,0001$ соответственно), подъема из положения сидя на полу чаще нарушения бега ($\chi^2=7,38$; $p=0,0066$); в сфере тонкой моторики девиации в типах захвата чаще, чем расстройства координации движений при захвате ($\chi^2=10,53$; $p=0,0012$).

Таблица 1. Основные показатели раннего развития обследованных детей

Table 1. Main indicators of early development of surveyed children

Показатель Indicator	X	X _{min}	X _{max}	S _x
Возраст (месяцы) Age (months)	42,6	31,0	56,0	6,9
Гестационный возраст (месяцы) Gestational age (months)	39,1	36,0	42,0	1,4
Оптимальность течения беременности (%) Optimality of pregnancy course (%)	86,0	80,0	90,0	4,3
Оптимальность течения родов (%) Optimality of the course of labor (%)	79,8	60,0	100,0	12,6
Оценка по шкале Апгар через 1' Apgar score in 1'	8,0	7,0	9,0	0,4
Оценка по шкале Апгар через 5' Apgar score in 5'	9,0	8,0	10,0	0,4
Самостоятельная посадка (месяцы) Independent sitting up (months)	6,6	5,0	9,0	1,0
Самостоятельная ходьба (месяцы) Independent walking (months)	12,2	7,0	18,0	2,4
Срок формирования фразовой речи (месяцы) Term of formation of phrasal speech (months)	28,1	18,0	36,0	6,6
Объем фразы (количество слов) Phrase volume (number of words)	3,8	0	10,0	2,6
Срок формирования навыков опрятности (месяцы) Toilet function skill development period (months)	27,4	23,0	48,0	6,5

Таблица 2. Показатели неврологического профиля В.С.Л. Товен (1979) у обследованных детей**Table 2.** Neurological profile of examined children, according to B.C.L. Townen (1979)

Группы признаков Characteristic groups	Содержание тестов Test content	Количество детей, имеющих отклонение Number of children with a deviation	Баллы Scores	
		n	X	s _x
1. Поза Posture	Поза в процессе сидения, ходьбы и лежания Posture while sitting, walking and lying down	13	0,74	1,0
2. Мышечный тонус Muscle tonus	Мышечный тонус в руках и ногах Muscle tone in arms and legs	18	0,74	0,73
3. Рефлексы Reflexes	Бицепитальные, коленные, ахилловы, подошвенные Bicipital, patellar, Achilles, plantar	15	0,55	0,68
4. Координация туловища Torso coordination	Повороты туловища сидя и стоя Torso rotations sitting and standing	6	0,26	0,58
	Реакция на толчок сидя Reaction to a sitting push	16	0,58	0,62
	Реакция на толчок стоя Standing push response	11	0,41	0,62
5. Крупные движения Gross motor skills	Посадка из положения лежа на спине Landing from the supine position	20	1,1	0,91
	Подъем из положения сидя на полу Lifting from a sitting position on the floor	15	0,61	0,76
	Бег Running	5	0,16	0,37
	Вращение Rotation	8	0,35	0,71
6. Тонкие движения Fine motor skills	Тип захвата Grip type	11	0,87	1,41
	Количество предметов Number of objects	5	0,29	0,69
	Движения пальцев Finger movements	1	0,04	0,18
	Координация кистей рук Hand coordination	2	0,16	0,58
	Координация предплечий Forearm coordination	0	0	0

Корреляционный анализ по Спирмену показал значимую связь снижения оптимальности течения родов с изменениями мышечного тонуса ($r=-0,69$), сроков формирования самостоятельной посадки с нарушениями вращения ($r=0,41$). Сроки формирования фразовой речи положительно связаны с девиациями в состоянии мышечного тонуса, координации туловища ($r=0,55-0,6$) и отрицательно – с объемом фразовой речи ($r=-0,72$). Объем фразовой речи имеет отрицательную связь с изменениями в пассивном мышечном тонусе, координацией туловища (толчок в положении ребенка сидя и стоя) и типе захвата ($r=-0,39 \dots -0,62$).

Позные девиации коррелируют с отклонениями в пассивном мышечном тонусе, рефlekсах и коор-

динации туловища (толчок стоя) ($r=0,36-0,72$). Отмечена положительная связь между девиациями в пассивном мышечном тонусе и рефлeкторной деятельности, крупной моторике (посадка из положения лежа, бег), координацией туловища (толчок сидя и стоя) ($r=0,41-0,70$), тонкой моторики (тип захвата, координация кистей рук) ($r=0,39-0,68$).

Показатели координации туловища (реакция на толчок в положении стоя) положительно связаны с отклонениями в крупных движениях (беge) ($r=0,48$) и тонкой моторике (количество предметов в захвате) ($r=0,48$). Изменения характера подъема из положения сидя связаны с типом захвата ($r=0,41$). Отклонения в характере бега коррелируют с девиациями и показателями тонкой моторики (типом захвата,

количеством предметов при захвате, движениями пальцев и координацией кистей рук) ($r=0,41-0,51$).

Наряду с этим отмечен ряд отрицательных корреляций с сохранностью и изменениями отдельных неврологических функций ребенка. Отклонения в показателях позы, мышечного тонуса и рефлексов отрицательно связаны с параметрами крупной моторики (посадка, подъем) и координациями туловища (толчок в положении ребенка стоя) ($r=-0,48 \dots -0,73$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Наличие легких, мягких, малых неврологических знаков у развивающегося ребенка имеет длительную историю изучения [14]. К концу XX века в результате серии исследований, проведенной в рамках Гронингенского перинатального проекта, сложилось представление о совокупности малых знаков ребенка как малой неврологической дисфункции (МНД) (Minor Neurological Dysfunction, MND), которая изначально верифицируется в возрасте от 3,5 до 5 лет. Существуют две системы оценки МНД: в первой из них изучают шесть основных показателей (поза, пассивный мышечный тонус, рефлекс, координация, крупная и тонкая моторика) [21]; в более поздней — восемь параметров (ассоциированные движения, черепные нервы, координация и равновесие, тонкая моторика, произвольные движения, поза и мышечный тонус, рефлекс, чувствительность) [23]. У детей дошкольного возраста сочетание нарушений в 1–2 группах показателей относят к МНД1 (или простой МНД); более чем в 2 кластерах — к МНД2 (или осложненной МНД) [14, 23].

В нашем исследовании использован профиль В.С.Л. Туйвен (1979) как инструмент, имеющий большие сроки применения и обоснованности, а также более компактный и доступный для амбулаторных условий. В результате обследования показано, что у всех детей отмечены девиации как минимум в одном показателе, 11 детей соответствуют критериям МНД1, 20 — МНД2. Нами не найдено данных о распространенности малых знаков в популяционных исследованиях у детей данного возраста, однако МНД1 встречается у 15–20% детей общеобразовательных школ; МНД2 — у 6–7% [24, 25].

По данным В. Аламيري и соавт. [26], мягкие неврологические знаки в возрасте 7 лет имеют 31% детей.

Профиль В.С.Л. Туйвен (1979) позволяет образно представить индивидуальные особенности состояния изучаемых функций. Его применение

показало, что у детей низкого риска имеется тенденция преобладания расстройств крупной моторики над нарушениями тонкой моторики. В структуре расстройств тонкой моторики достоверно чаще определено нарушение формирования типа кистевого захвата. Необходимо отметить, что в подростковом возрасте разграничение тяжести МНД проходит не по количеству девиантных показателей, а по их характеру, и для осложненного МНД характерно сочетание нарушений координации и тонкой моторики [24]. Осложненная МНД имеет достоверные ассоциации с поведенческими и когнитивными нарушениями в подростковом возрасте [24, 25].

Следовательно, по результатам проведенного обследования 31 ребенка низкого перинатального риска, оцененных как «неврологически здоровые», 20 детей имеют определенный риск развития когнитивных и поведенческих расстройств в подростковом возрасте. Для адекватной оценки показателей тонкой моторики в целом необходимо использовать соответствующие субшкалы указанных ранее схем осмотра.

Детальное изучение тонкой моторики не входит в структуру рутинного неврологического осмотра вследствие временных рамок, установленных нормативными документами (приказ Минздрава России № 290н от 2 июня 2015 г., регламентирующий нормы времени амбулаторного приема¹). Среди различных показателей тонкой моторики диагностически особо значимо выявление типа кистевого захвата. Его верификация экономна по времени и, как показано в исследовании, может быть ранним признаком возможных неврологических, когнитивных и поведенческих расстройств.

ВЫВОДЫ

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы.

1. У всех детей низкого перинатального риска в возрасте около 3,5 лет, расцениваемых обычно как «неврологически здоровые», отмечаются

¹ Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 2 июня 2015 г. № 290н «Об утверждении типовых отраслевых норм времени на выполнение работ, связанных с посещением одним пациентом врача-педиатра участкового, врача-терапевта участкового, врача общей практики (семейного врача), врача-невролога, врача-оториноларинголога, врача-офтальмолога и врача — акушера-гинеколога» (регистрационный № 38647 от 24 августа 2015 г.) Доступно по: <http://jurizdat.ru/editions/official/bnafoiv/archive/2015/44.htm> (дата обращения: 02.06.2025).

отклонения в неврологическом статусе как минимум в одном показателе.

2. Наиболее часто эти отклонения затрагивают параметры крупной моторики (посадка из положения лежа на спине), координации туловища (реакция на толчок сидя) и пассивного мышечного тонуса.
3. Среди дескрипторов тонкой моторики достоверно чаще отмечены нарушения типа кистевого захвата при отсутствии изменений в движениях предплечий.
4. Отклонения в неврологическом статусе имеют связь с основными показателями развития (в частности, сроками формирования и объемом фразовой речи).
5. Отмечена умеренная естественная положительная связь между различными параметрами неврологического статуса (позой, пассивным мышечным тонусом, рефлексам, координацией туловища, тонкой и крупной моторикой).
6. Получена диссоциация в ряде показателей неврологического статуса, в частности, между дескрипторами крупной моторики, координацией туловища и показателями позы, мышечного тонуса и рефлексов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Вклад каждого автора: Пальчик А.Б. — концепция, обзор литературы, дизайн исследования, сбор, обработка и анализ данных, написание текста; Андрущенко Н.В. — обзор литературы, сбор и обработка данных, написание текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования: личные средства авторов.

Информированное согласие на публикацию. Получены согласия на публикацию со стороны законных представителей пациентов.

Публикация подготовлена ФГБНУ «Научный центр психического здоровья» в рамках исполнения научной темы «Комплексная мультидисциплинарная оценка развития детей от рождения до трех лет» в соответствии с госзаданием № 075-03-2024-570/2 от 22.05.2024.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contributions. All authors contributed substantially to the conceptualization, read, and approved the final version before publication. The contribution of each author is: Palchik A.B. — concept, literature review, study design, data collection, processing and analysis, writing the text. Andrushchenko N.V. — literature review, data collection and processing, text writing

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding sources: authors' personal fund.

Consent for publication obtained from patients' legal representatives.

Publication is prepared by the Federal State Budgetary Scientific Institution "Scientific Center for Mental Health" within the framework of the implementation of the scientific topic "Comprehensive multidisciplinary assessment of the development of children from birth to three years" in accordance with state assignment 075-03-2024-570 2 dated 05/22/2024.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Пальчик А.Б. Лекции по неврологии развития. М.: МЕДпресс-информ; 2021.
Palchik A.B. Lectures on developmental neurology. Moscow: MEDpress-inform; 2021. (In Russian).
2. Casaer P., Lagae L. Age specific approach to neurological assessment in the first year of life. *Acta Paediatr Jpn.* 1991;33(2):125–138. DOI: 10.1111/j.1442-200x.1991.tb01533.x.
3. Einspieler C., Prayer D., Prechtl H.F.R. Fetal behaviour: a neurodevelopmental approach. *Clin Dev Med.* № 189. London: McKeith Press; 2012.
4. Fetal and Neonatal Physiology. Ed. by R.A. Polin, S.H. Abman, D. Rowitch, W.E. Benitz. 5th ed. Elsevier; 2017.
5. Herschkowitz N. Brain development in the fetus, neonate and infant. *Biol Neonate.* 1988;54(1):1–19. DOI: 10.1159/000242818.
6. Milh M., Kaminska A., Huon C. Lapillonne A., Ben-Ari Y., Khazipov R. Rapid cortical oscillations and early motor activity in premature human neonate. *Cereb Cortex.* 2007;17(7):1582–1594. DOI: 10.1093/cercor/bhl069.
7. Kamiyama T., Kameda H., Murabe N., Fukuda S., Yoshioka N., Mizukami H., Ozawa K., Sakurai M. Corticospinal tract development and spinal cord innervation differ between cervical and lumbar targets.

- J Neurosci.* 2015;35(3):1181–91. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2842-13.2015.
8. Welniarz Q., Dusart I., Roze E. The corticospinal tract: Evolution, development, and human disorders. *Dev Neurobiol.* 2017;77(7):810–829. DOI: 10.1002/dneu.22455.
 9. Staudt M., Niemann G., Grodd W., Krageloh-Mann I. The pyramidal tract in congenital hemiparesis: relationship between morphology and function in periventricular lesions. *Neuropediatrics.* 2000;31(5):250–264. DOI: 10.1055/s-2000-9239.
 10. Staudt M., Gerloff C., Grodd W., Holthausen H., Niemann G., Krageloh-Mann I. Reorganization in congenital hemiparesis acquired at different gestational ages. *Ann Neurol.* 2004;56(6):854–863. DOI: 10.1002/ana.20297.
 11. Martin J.H., Kably B., Hacking A. Activity-dependent development of cortical axon terminations in the spinal cord and brain stem. *Exp Brain Res.* 1999;125(2):184–199. DOI: 10.1007/s002210050673.
 12. Martin J.H., Lee S. Activity-dependent competition between developing corticospinal terminations. *Neuroreport.* 1999;10(11):2277–2282. DOI: 10.1097/00001756-199908020-00010.
 13. Amaral D.G. The Functional Organization of Perception and Movement. In: Principles of Neural Science. Fourth Edition. Kandel E., Schwartz J.H., Jessel T. McGraw-Hill. N.Y.; 2000:338–348.
 14. Пальчик А.Б. Малая неврологическая дисфункция у детей. М.: Медпресс-информ; 2022.
Palchik A.B. Minor neurological dysfunction in children. Moscow: MEDpress-inform; 2022. (In Russian).
 15. Пальчик А.Б., Андрущенко Н.В. Оценка психомоторного развития детей первых трех лет жизни. Д.И. Иванов, ред. СПб.: СПбГПМУ; 2025.
Palchik A.B., Andrushchenko N.V. Assessment of psychomotor development in children of the first three years of life. Training and methodological manual. D.O. Ivanov, ed. Saint Petersburg: SPbSPMU; 2025. (In Russian).
 16. Bayley D.B., Buysse V., Simeonsson R.J., Smith T., Keyes L. Individual and team consensus ratings of child functioning. *Dev Med Child Neurol.* 1995;37(3):246–59. DOI: 10.1111/j.1469-8749.1995.tb11999.x.
 17. Bayley N. Bayley scales of infant and toddler development. Third Edition: administration manual. San Antonio: PsychCorp; 2006.
 18. Henderson A., Pehoski Ch. Hand Function in the Child: Foundations for Remediation. Second edition. Elsevier Mosby; 2005.
 19. Largo R. Babyjahre: Entwicklung und Erziehung in den ersten vier Jahren. Munchen: Piper; 2017.
 20. Vojta V. Die zerebralen Bewegungsstörungen im Säuglingsalter. Frühdiagnose und Frühtherapie. Ludwigsburg: Goetz; 2018.
 21. Touwen B.C.L. Examination of the child with minimal neurological dysfunction (Clinics in Developmental Medicine). London: SIMP with Heinemann; 1979.
 22. Пальчик А.Б. Введение в неврологию развития. СПб.: КОСТА; 2007.
Palchik A.B. An introduction to developmental neurology. Saint Petersburg: KOSTA; 2007. (In Russian).
 23. Hadders-Algra M. The neurological examination of the child with minor neurological dysfunction. London: Mac Keith Press; 2010.
 24. Hadders-Algra M. Two distinct forms of minor neurological dysfunction: perspectives emerging from review of data of the Groningen Perinatal Project. *Dev Med Child Neurol.* 2002;44(8):566–571. DOI: 10.1017/s0012162201002560.
 25. Peters L.H.J., Maathuis K.G.B., Hadders-Algra M. Limited motor performance and minor neurological dysfunction at school age. *Acta Paediatr.* 2011;100(2):271–278. DOI: 10.1111/j.1651-2227.2010.01998.x.
 26. Alamiri B., Nelson C., Fitzmaurice G.M., Murphy J.M., Gilman S.E. Neurological soft signs and cognitive performance in early childhood. *Dev Psychol.* 2018;54(11):2043–2052. DOI: 10.1037/dev0000566.

Об авторах

Александр Бейнусович Пальчик — д.м.н., профессор, кафедра неонатологии с курсами неврологии и акушерства-гинекологии ФП и ДПО. E-mail: xander57@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9073-1445>; SPIN: 1410-4035
✉ **Наталья Владимировна Андрущенко** — к.м.н., доцент, СПбГУ; доцент, СЗГМУ им. И.И. Мечникова. E-mail: natvladandr@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1301-1668>; SPIN: 3819-1577

Authors info

Alexander B. Palchik — Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Neonatology with courses in Neurology and Obstetrics-Gynecology, Faculty of FE and FPE. E-mail: xander57@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9073-1445>; SPIN: 1410-4035
✉ **Natalia V. Andrushchenko** — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, SPbSU; Associate Professor, NWSMU named after I.I. Mechnikov. E-mail: natvladandr@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1301-1668>; SPIN: 3819-1577