Статья поступила в редакцию 30.06.2025 г.

Юдицкий А.Д.
Ижевская государственная медицинская академия,
г. Ижевск, Россия

ПРОФИЛЬ АЦИЛКАРНИТИНОВ У НЕДОНОШЕННЫХ ДЕТЕЙ, РОЖДЕННЫХ МАЛЫМИ И МАЛОВЕСНЫМИ ДЛЯ ГЕСТАЦИОННОГО ВОЗРАСТА

Изучение особенностей карнитинового обмена и профиля ацилкарнитинов у глубоко недоношенных детей, рожденных малыми и/или маловесными для гестационного возраста, позволит сформировать целевую группу для терапевтических вмешательств и проведения профилактических мероприятий у новорожденных и детей раннего возраста.

Цель исследования – установить особенности профиля ацилкарнитинов при проведении расширенного неонатального скрининга у недоношенных детей, рожденных с малой для гестационного возраста массой тела.

Материал и методы исследования. В группу наблюдения включены 19 недоношенных детей с массой и/или длиной тела при рождении менее 10 перцентиля для данного гестационного возраста при рождении по шкале Intergrowth-21 (МГВ), в группу сравнения – 74 обследованных со значениями массы и/или длины тела при рождении более 10 перцентиля (СГВ). В возрасте 144-168 часов жизни, в рамках проведения расширенного неонатального скрининга, проводился забор капиллярной крови из пятки на тест-бланки. Определение концентрации карнитина и ацилкарнитинов проводили методом тандемной масс-спектрометрии. Статистический анализ показателей проводили при помощи непараметрического U-критерия Манна-Уитни и корреляционного анализа.

Результаты. В группе наблюдения концентрация октеноилкарнитина (0,18 [0,12; 0,19] мкмоль/л, p = 0,005), октаноилкарнитина (0,077 [0,068; 0,092] мкмоль/л, p = 0,012), декадиеноилкарнитина (0,019 [0,015; 0,023] мкмоль/л, p = 0,005), 3-гидрокси-октадекадиеноилкарнитина (0,035 [0,028; 0,038] мкмоль/л, p = 0,003), 3-гидрокси-октадекеноилкарнитина (0,034 [0,029; 0,041] мкмоль/л, p = 0,021) и гексакозаноилкарнитина (0,012 [0,012; 0,015] мкмоль/л, p = 0,009) существенно превышала показатели группы сравнения. Концентрация пропионилкарнитина и тиглилкарнитина была достоверно ниже у обследованных с МГВ – 2,0 [1,3; 2,8] мкмоль/л (в группе детей СГВ – 2,5 [1,8; 3,3] мкмоль/л, p = 0,029) и 0,018 [0,015; 0,023] мкмоль/л (в группе сравнения 0,024 [0,018; 0,028] мкмоль/л, p = 0,04) соответственно.

Заключение. Недоношенные дети, рожденные малыми и маловесными для гестационного возраста, имеют специфические особенности показателей карнитинового обмена в раннем неонатальном периоде. Характер спектра ацилкарнитинов у глубоко недоношенных детей, рожденных малыми и маловесными для гестационного возраста, необходимо учитывать при интерпретации результатов расширенного неонатального скрининга, а оценка их клинической значимости является предметом дальнейших исследований в данном направлении.

Ключевые слова: карнитин; ацилкарнитины; недоношенные дети; малые и маловесные для гестационного возраста новорожденные; тандемная масс-спектрометрия

Yuditskiy A.D.
Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Russia

ACYLCARNITINE PROFILE IN PRETERM SMALL FOR GESTATIONAL AGE INFANTS

The study of the characteristics of carnitine metabolism and the profile of acylcarnitines in very premature infants born small and/or low for gestational age will allow the formation of a target group for therapeutic interventions and preventive measures in newborns and young children.

The aim of the research – to establish the characteristics of the acylcarnitine profile during extended neonatal screening in premature infants born with small for gestational age body weight.

Material and methods. The observation group included 19 premature infants with birth weight and/or length less than the 10th percentile for the given gestational age at birth according to the Intergrowth-21 scale (SGA), the comparison group included 74 examined infants with birth weight and/or length values greater than the 10th percentile (AGA). At the age of 144-168 hours of life, as part of the extended neonatal screening, capillary blood was collected from the heel for a test form. The concentration of carnitine and acylcarnitines was determined using tandem mass spectrometry. Statistical analysis of the parameters was performed using the nonparametric Mann-Whitney U-test and correlation analysis.

Results. In the observation group, the concentration of octenoylcarnitine (0,18 [0,12; 0,19] μmol/l, p = 0,005), octanoylcarnitine (0,077 [0,068; 0,092] μmol/l, p = 0,012), decadienoylcarnitine (0,019 [0,015; 0,023] μmol/l, p = 0,005), 3-hydroxy-octadecadienoylcarnitine (0,035 [0,028; 0,038] μmol/l, p = 0,003), 3-hydroxy-octadecenoylcarnitine (0,034 [0,029; 0,041] μmol/l, p = 0,021) and hexacosanoylcarnitine (0,012 [0,012; 0,015] μmol/l, p = 0,009) signifi-

Информация для цитирования: doi 10.24412/2686-7338-2025-3-127-132 EDN YPSVZI

Юдицкий А.Д. ПРОФИЛЬ АЦИЛКАРНИТИНОВ У НЕДОНОШЕННЫХ ДЕТЕЙ, РОЖДЕННЫХ МАЛЫМИ И МАЛОВЕСНЫМИ ДЛЯ ГЕСТАЦИОННОГО ВОЗРАСТА//Мать и Дитя в Кузбассе. 2025. №3(102). С. 127-132.

cantly exceeded the indicators of the comparison group. The concentration of propionylcarnitine and tiglylcarnitine was significantly lower in those examined with SGA – 2,0 [1,3; 2,8] μmol/l (in the group of SGA children – 2,5 [1,8; 3,3] μmol/l, p = 0,029) and 0,018 [0,015; 0,023] μmol/l (in the comparison group 0,024 [0,018; 0,028] μmol/l, p = 0,04), respectively.

Conclusion. Premature infants born small and low for gestational age have specific features of carnitine metabolism parameters in the early neonatal period. The nature of the acylcarnitine spectrum in very premature infants born small and low for gestational age should be taken into account when interpreting the results of extended neonatal screening, and the assessment of their clinical significance is the subject of further research in this area.

Key words: carnitine; acylcarnitines; premature infants; small and low-for-gestational-age infants; tandem mass spectrometry

Успехи современной неонатологии привели к улучшению показателей выживаемости недоношенных, однако среди детей, рожденных с массой тела менее 1000 г, по-прежнему сохраняются высокие показатели летальности и инвалидности [1]. Известно, что категория недоношенных, рожденных малыми и/или маловесными для гестационного возраста, является группой риска повышенной заболеваемости и смертности в периоде новорожденности [2], что актуализирует разработку новых подходов к прогнозированию, ранней диагностике и лечению заболеваний.

Применение инновационных методов диагностики в рутинной клинической практике является перспективным направлением в неонатологии. Расширение скрининговых программ у новорожденных с применением высокоинформативных лабораторных методов открывает широкие возможности для выявления физиологических особенностей организма недоношенных детей и формирования новых представлений о механизмах развития заболеваний [3].

Особенности карнитинового обмена у новорожденных в последние годы привлекают внимание неонатологов и специалистов смежных дисциплин. Исследованы показатели обмена карнитина при патологии почек, сердечно-сосудистой системы, как у доношенных, так и у недоношенных детей [4, 5]. Предприняты попытки оценить показатели карнитинового обмена среди новорожденных с задержкой внутриутробного роста и развития, однако проведенные исследования немногочисленны. Несмотря на то, что изучение профиля ацилкарнитинов с методологической точки зрения является сложной задачей, широкое применение масс-спектрометрического анализа в рамках программы расширенного неонатального скрининга позволяет оценивать метаболические пути новорожденных детей и применять полученные результаты для решения прикладных клинических задач.

В настоящее время применение препаратов карнитина в неонатальной практике является предметом обсуждения. Окончательно не установлены показания, режим дозирования и длительность дотации карнитина у недоношенных детей, что диктует необходимость проведения целенаправленных исследований в этом направлении. Представлены данные об эффективности L-карнитина при недостаточных прибавках массы тела у недоношенных детей, в том числе рожденных с задержкой внутриутробного развития [6, 7], однако для внедрения указанных терапевтических методик в стандарты выхаживания недоношенных детей необходимы дополнительные исследования.

Таким образом, оценка особенностей карнитинового обмена и профиля ацилкарнитинов у глубоко недоношенных детей, рожденных малыми и/или маловесными для гестационного возраста, является актуальной не только с научной, но и с практической точки зрения. Установление особенностей профиля карнитина и ацилкарнитинов и их клинической значимости у обсуждаемой категории новорожденных позволит сформировать целевую группу для терапевтических вмешательств и проведения профилактических мероприятий.

Цель исследования – установить особенности профиля ацилкарнитинов при проведении расширенного неонатального скрининга у недоношенных детей, рожденных с малой для гестационного возраста массой тела (МГВ).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ретроспективное одноцентровое исследование включены 93 недоношенных ребенка, рожденных в Перинатальном центре БУЗ УР «1 РКБ МЗ УР» (г. Ижевск) в 2023 году.

Критериями включения в исследование являлись гестационный возраст с 24 до 31 недель, значения метаболитов при проведении расширенного неонатального скрининга в пределах референсных значений и информированное согласие законных представителей пациента на проведение неонатального скрининга. В качестве критериев исключения принимались гестационный возраст 32 недели и более, значения одного или нескольких метаболитов, превышающие нормативные показатели для данного возраста, а также отсутствие информированного согласия законных представителей пациента на проведение неонатального скрининга на врожденные и наследственные заболевания.

В группу наблюдения включены 19 недоношенных детей с массой и/или длиной тела при рождении менее 10 перцентиля для данного гестационного возраста при рождении по шкале Intergrowth-21 (МГВ), в группу сравнения – 74 обследованных со значениями массы и/или длины тела при рождении более 10 перцентиля (СГВ). Медиана гестационного возраста у обследованных группы наблюдения составила 29 [27,5; 29,5] недель, в группе сравнения – 30 [28; 31] недель (p = 0,072). Показатели массы тела при рождении ниже 10 перцентиля для данного гестационного возраста отмечены у

16 (84,2%) обследованных группы наблюдения, а массы и длины тела – у 3 (15,8%) детей.

В возрасте 144-168 часов жизни, в рамках проведения расширенного неонатального скрининга, проводился забор капиллярной крови из пятки на тест-бланки. При энтеральном питании взятие образцов крови проводилось через 3 часа после кормления, а при проведении парентерального питания – через 6 часов после прекращения введения 10% аминовена. При помощи метода тандемной масс-спектрометрии без дериватизации (МС/МС) с применением масс-спектрометрической скрининговой системы «QSight 225MD UHPLC Screening System» (Wallac Oy) и набора реактивов «NeoBase 2 Non-derivatized MSMS kit» (Wallac Oy) проводили количественное определение свободного и связанного карнитина с расчетом карнитинового индекса, а также ацилкарнитинов.

Статистический анализ полученных результатов проводился с использованием программного обеспечения Statistica Ultimate 13 for Windows Ru сетевая без ограничения срока использования, серийный номер JPZ807I452917ARCN20ACD-9) с применением непараметрических методов статистики. Результаты абсолютных величин представлены в виде медианы с указанием интерквартильного размаха в виде Me [Q_1; Q_3] (где Me – медиана; Q_1 и Q_3 – 1 и 3 квартили), относительных – на 100 обследованных. Оценку достоверности различий данных двух групп проводили с использованием U-критерия Манна-Уитни для абсолютных величин. Корреляционный анализ проводили при помощи непараметрического критерия Спирмена (r_S). Уровень статистической значимости показателей (p) принимался менее 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования позволили установить ряд особенностей, характерных для глубоко недоношенных детей, рожденных малыми и маловесными для гестационного возраста. При анализе уровня свободного и связанного карнитина статистически значимых межгрупповых различий не установлено (табл.). С научной точки зрения представляет интерес оценка коэффициента отношения свободного карнитина к связанному (карнитиновый индекс), который, по мнению некоторых авторов [8], трактуется как показатель, отражающий эффективность клеточной энергетики. В настоящем исследовании достоверных различий по данному показателю в группе недоношенных детей с гестационным возрастом 24-31 недель не получено (табл.). Необходимо отметить, что по-прежнему не установлены нормативные значения карнитинового индекса для недоношенных детей, что затрудняет клиническую интерпретацию полученных результатов.

Представленные в настоящем исследовании данные об уровне свободного карнитина у недоношенных детей (табл.) сопоставимы со сведениями, ранее изложенными в работах Пиксайкиной О.А. и соавт. [9]. Так, было показано, что для глубоко недоношенных новорожденных характерны более высокие значения этих показателей, чем у доношенных детей. При этом уровень связанного карнитина был существенно выше и не зависел от массо-ростовых показателей при рождении. Авторы отмечают, что уровень свободного карнитина прогрессивно снижается в течение раннего неонатального периода, однако в нашем исследовании к 144-168 часам жизни значения как связанного карнитина, так и карнитинового индекса были существенно выше.

Представляют интерес полученные данные о дисбалансе концентрации различных ацилкарнитинов у глубоконедоношенных детей, рожденных малыми к гестационному возрасту. Так, в группе наблюдения концентрация октеноилкарнитина (0,18 [0,12; 0,19] мкмоль/л, p = 0,005), октаноилкарнитина (0,077 [0,068; 0,092] мкмоль/л, p = 0,012), декадиеноилкарнитина (0,019 [0,015; 0,023] мкмоль/л, p = 0,005), 3-гидрокси-октадекадиеноилкарнитина (0,035 [0,028; 0,038] мкмоль/л, p = 0,003), 3-гидрокси-октадекеноилкарнитина (0,034 [0,029; 0,041] мкмоль/л, p = 0,021) и гексакозаноилкарнитина (0,012 [0,012; 0,015] мкмоль/л, p = 0,009) существенно превышала показатели группы сравнения (табл.).

Необходимо отметить, что, в отличие от представленных выше тенденций, концентрация пропионилкарнитина и тиглилкарнитина была достоверно ниже у обследованных с МГВ – 2,0 [1,3; 2,8] мкмоль/л (в группе сравнения – 2,5 [1,8; 3,3] мкмоль/л, p = 0,029) и 0,018 [0,015; 0,023] мкмоль/л (в группе сравнения 0,024 [0,018; 0,028] мкмоль/л, p = 0,04) соответственно.

При проведении корреляционного анализа в группе недоношенных детей, рожденных малыми и маловесными для гестационного возраста, не установлено достоверных корреляционных взаимосвязей между показателями SD массы тела при рождении, который является количественным показателем, отражающим степень выраженности задержки внутриутробного роста, и уровнем свободного, связанного карнитина и ацилкарнитинами.

В связи с тем, что литературные сведения о клинической значимости изменений карнитинового статуса у новорожденных малочисленны, интерпретация полученных данных крайне затруднительна. Изменения профиля и концентрации ацилкарнитинов привлекают внимание многих исследователей с позиций поиска возрастных особенностей карнитинового обмена, а также в качестве инструмента диагностики нарушений обмена жирных кислот и митохондриальной патологии [10], однако при интерпретации полученных результатов необходимо учитывать этническую принадлежность, пол, гестационный возраст и массу тела при рождении [11].

Результаты отечественных исследований [12] позволили предложить референсные нормативы с учетом гестационного возраста и массы тела при

Таблица

Концентрация карнитина и ацилкарнитинов (мкмоль/л) в крови недоношенных детей с гестационным возрастом 24–31 недель при проведении расширенного неонатального скрининга (данные представлены в виде Me [Q_1; Q_3])

Table

Concentration of carnitine and acylcarnitines (μmol/l) in the blood of premature infants with a gestational age of 24–31 weeks during extended neonatal screening (data presented as Me [Q1; Q3])

Метаболит	МГВ (n=19)	СГВ (n=74)	P
Свободный карнитин *(C0)*	36,4 [24,78; 55,1]	36,8 [25,6; 47,4]	0,661
Связанный карнитин *(AK)*	32,1 [25,4;35,9]	32,3 [25,1; 42,7]	0,812
Карнитиновый индекс *(AK/C0)*	0,82 [0,79; 0,96]	0,97 [0,78; 1,11]	0,754
Ацетилкарнитин	20,5 [15,9; 25,6]	22,4 [16,7; 29,7]	0,499
Пропионилкарнитин	2,0 [1,3; 2,8]	2,5 [1,8; 3,3]	**0,029**
Малонилкарнитин/3-гидрокси-бутирилкарнитин	0,18 [0,17; 0,23]	0,2 [0,15; 0,24]	0,909
Бутирилкарнитин	0,34 [0,22; 0,43]	0,34 [0,29; 0,41]	0,418
Тиглилкарнитин	0,018 [0,015; 0,023]	0,024 [0,018; 0,028]	**0,04**
Изовалсрилкарнитин	0,34 [0,23; 0,4]	0,4 [0,27; 0,54]	0,185
Метилмалонил/3-гидрокси-изовалерилкарнитин	0,21 [0,2; 0,26]	0,25 [0,21; 0,29]	0,174
Гексаноилкарнитин	0,044 [0,041; 0,054]	0,04 [0,029; 0,051]	0,079
Глутарилкарнитин/3-гидрокси-гексаноилкарнитин	0,14 [0,08; 0,16]	0,11 [0,08; 0,14]	0,532
Адипилкарнитин	0,056 [0,053; 0,071]	0,058 [0,046; 0,082]	0,689
Октеноилкарнитин	0,18 [0,12; 0,19]	0,12 [0,08; 0,15]	**0,005**
Октаноилкарнитин	0,077 [0,068; 0,092]	0,06 [0,047; 0,082]	**0,012**
Декадиеноилкарнитин	0,019 [0,015; 0,023]	0,013 [0,01; 0,018]	**0,005**
Декеноилкарнитин	0,042 [0,032; 0,049]	0,035 [0,028; 0,044]	0,081
Деканоилкарнитин	0,058 [0,046; 0,063]	0,048 [0,034; 0,061]	0,062
Додекеноилкарнитин	0,015 [0,013; 0,021]	0,016 [0,013; 0,02]	0,996
Додеканоилкарнитин	0,031 [0,025; 0,063]	0,037 [0,031; 0,046]	0,241
Тетрадскадиеноилкарнитин	0,029 [0,025; 0,037]	0,027 [0,02; 0,031]	0,156
Тетрадскеноилкарнитин	0,064 [0,053; 0,075]	0,061 [0,049; 0,074]	0,724
Тетрадеканоилкарнитин	0,138 [0,104; 0,228]	0,188 [0,135; 0,231]	0,239
3-гидрокси-тетрадеканоилкарнитин	0,009 [0,007; 0,016]	0,008 [0,006; 0,012]	0,325
Гексадекеноилкарнитин	0,179 [0,12; 0,213]	0,151 [0,126; 0,177]	0,571
Гексадсканоилкарнитин (пальмитоилкарнитин)	1,95 [1,43; 2,2]	1,94 [1,51; 2,63]	0,460
3-гидрокси-гексадекеноилкарнитин\ гептадеканоилкарнитин	0,046 [0,036; 0,055]	0,047 [0,035; 0,053]	0,764
3-гидрокси-гексадеканоилкарнитин	0,019 [0,015; 0,022]	0,015 [0,012; 0,019]	0,276
Октадекадиеноилкарнитин	0,812 [0,751; 1,028]	0,752 [0,592; 0,972]	0,113
Октадекеноилкарнитин (олеилкарнитин)	2,05 [1,83; 2,28]	2,13 [1,74; 2,41]	0,856
Октадеканоилкарнитин (стероилкарнитин)	1,02 [0,84; 1,15]	1,03 [0,82; 1,25]	0,724
3-гидрокси-октадекадиеноилкарнитин	0,035 [0,028; 0,038]	0,026 [0,02; 0,033]	**0,003**
3-гидрокси-октадекеноилкарнитин	0,034 [0,029; 0,041]	0,028 [0,023; 0,036]	**0,021**
3-гидрокси-октадеканоилкарнитин	0,01 [0,007; 0,012]	0,01 [0,007; 0,011]	0,367
Эйкозаноилкарнитин (арахидоилкарнитин)	0,031 [0,029; 0,042]	0,033 [0,024; 0,039]	0,587
Докозаноилкарнитин (бегеноилкарнитин)	0,01 [0,009; 0,012]	0,01 [0,007; 0,012]	0,867
Тетракозаноилкарнитин (лигноцероилкарнитин)	0,016 [0,013; 0,02]	0,015 [0,011; 0,018]	0,137
Гексакозаноилкарнитин (церотоилкарнитин)	0,012 [0,012; 0,015]	0,01 [0,008; 0,013]	**0,009**

Примечание: МГВ – малые и маловесные для гестационного возраста новорожденные, СГВ – новорожденные, соответствующие гестационному возрасту.

Note: SGA – small for gestational age newborns, AGA – appropriate for gestational age newborns.

рождении. Вместе с тем, в работе Gong Z.H. et al. [13] анализ уровня карнитина и ацилкарнитина в сыворотке крови у детей в возрасте от 0 до 15 лет методом тандемной масс-спектрометрии показал, что показатели карнитинового обмена значительно меняются в течение первого года жизни, что предлагается учитывать в клинической практике. Однако в работе Osorio J.H. et al. [14] существенных различий в зависимости от возраста и пола не установлено. В нашем исследовании не принимались во внимание результаты, которые были выше диагностического порога для проведения подтверждающей диагностики, принятого в данной лаборатории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Недоношенные дети, рожденные малыми и маловесными для гестационного возраста имеют специфические особенности показателей карнитинового обмена в раннем неонатальном периоде. Характер спектра ацилкарнитинов у глубоко недоношенных

детей, рожденных малыми и маловесными для гестационного возраста, необходимо учитывать при интерпретации результатов расширенного неонатального скрининга, а оценка их клинической значимости является предметом дальнейших исследований в данном направлении.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Ivanov DO, Moiseeva KE, Alekseeva AV, Yuryev VK, Kharbediya ShD, Kulemin ES. Assessment of the organization of medical care for newborns in the conditions of the federal perinatal center. ***Social aspects of population health.*** 2020; 66(2): 9. Russian (Иванов Д.О., Моисеева К.Е., Алексеева А.В., Юрьев В.К., Харбедия Ш.Д., Кулемин Е.С. Оценка организации медицинской помощи новорожденным в условиях федерального перинатального центра //Социальные аспекты здоровья населения. 2020. Т. 66, № 2. С. 9.) doi: 10.21045/2071-5021-2020-66-2-9
2. Yuditskiy AD, Kovalenko TV, Petrova IN. Features of the perinatal period in newborns of different gestational ages with intrauterine growth retardation. ***Perm Medical Journal.*** 2019; 36(4): 21-26. Russian (Юдицкий А.Д., Коваленко Т.В., Петрова И.Н. Особенности перинатального периода у новорожденных различного гестационного возраста с задержкой внутриутробного развития //Пермский медицинский журнал. 2019. Т. 36, № 4. С. 21-26.) doi: 10.17816/pmj36421-26
3. Bairova TA, Astahova TA, Belskikh AV, Belyaeva EV, Ershova OA, Sambyalova AYu, et al. The first results of expanded neonatal screening in Transbaikalia. ***Neonatology: news, opinions, training.*** 2024; 12(4): 49-60. Russian (Баирова Т.А., Астахова Т.А., Бельских А.В., Беляева Е.В., Ершова О.А., Самбялова А.Ю., и др. Первые итоги расширенного неонатального скрининга в Прибайкалье //Неонатология: новости, мнения, обучение. 2024. Т. 12, № 4. С. 49-60.) doi: 10.33029/2308-2402-2024-12-4-49-60
4. Crefcoeur LL, de Sain-van der Velden MGM, Ferdinandusse S, Langeveld M, Maase R, Vaz F.M, et al. Neonatal carnitine concentrations in relation to gestational age and weight. ***JIMD Rep.*** 2020; 56(1): 95-104. doi: 10.1002/jmd2.12162
5. Nasirova UF, Tastanova RM, Pak AA, Sharipova MK. Early diagnosis of carnitine deficiency in premature newborns. ***Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics.*** 2018; 63(3): 39-44. Russian (Насирова У.Ф., Тастанова Р.М., Пак А.А., Шарипова М.К. Ранняя диагностика карнитиновой недостаточности у недоношенных новорожденных //Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2018. Т. 63, № 3. С. 39-44.) doi: 10.21508/1027–4065–2018–63–3–39–44
6. Dumova SV, Chugunova OL. Correction of intracellular energy metabolism in premature infants with intrauterine growth retardation. ***Pediatrics.*** 2016; 95(1): 17-23. Russian (Думова С.В., Чугунова О.Л. Коррекция внутриклеточного энергообмена у недоношенных новорожденных детей с задержкой внутриутробного развития //Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2016. Т. 95, № 1. С. 17-23.)
7. Balykova LA, Garina SV, Nazarova IS, Burenina LV. Evaluation of the effectiveness of Elkar (L-carnitine) in premature infants. ***Bulletin of the Mordovian University.*** 2016; 26(2): 168-179. Russian (Балыкова Л.А., Гарина С.В., Назарова И.С., Буренина Л.В. Оценка эффективности применения Элькара (L-карнитина) у недоношенных новорожденных // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 2. С. 168-179.) doi: 10.15507/0236-2910.026.201602.168-179
8. Rylova NV, Zholinsky AV, Biktimirova AA. Carnitine and amino acid metabolism indicators in adolescent athletes. ***Practical Medicine.*** 2019; 17(5): 103-106. Russian (Рылова Н.В., Жолинский А.В., Биктимирова А.А. Показатели обмена карнитина и аминокислот у подростков-спортсменов //Практическая медицина. 2019. Т. 17, № 5, С. 103-106.) doi: 10.32000/2072-1757-2019-5-103-106
9. Piksaykina OA, Gerasimenko AV, Tumayeva TS, Nazarova IS, Balykova LA. The experience of metabolic correction disadaptation changes of the cardiovascular system in extremely premature infants. ***Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics.*** 2012; 4(2): 19-24. Russian (Пиксайкина О.А., Герасименко А.В., Тумаева Т.С., Назарова И.С. Балыкова Л.А. Опыт метаболической коррекции дизадаптационных изменений сердечно-сосудистой системы у глубоконедоношенных новорожденных детей //Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2012. Т. 4, № 2. С. 19-24.)
10. Zhurkova NV, Vashakmadze ND, Surkov AN, Smirnova OYa, Sergienko NS, Ovsyanik NG, Selimzyanova LR. Mitochondrial fatty acid beta-oxidation disorders in children: a review of the literature. ***Issues in contemporary pediatrics.*** 2022; (6S): 522-528. Russian (Журкова Н.В., Вашакмадзе Н.Д., Сурков А.Н., Смирнова О.Я., Сергиенко Н.С., Овсяник Н.Г., Селимзянова Л.Р. Нарушения митохондриального бета-окисления жирных кислот у детей: обзор литературы // Вопросы современной педиатрии. 2022. Т. 21, № 6S. С. 522-528.) doi: 10.15690/vsp.v21i6S.2503
11. Xia L, Chen M, Liu M, Tao Z, Li S, Wang L, et al. Nationwide multicenter reference interval study for 28 common biochemical Analytes in China. ***Medicine (Baltimore).*** 2016; 95(9): 2915. doi: 10.1097/MD.0000000000002915
12. Pechatnikova NL, Baydakova GV, Potekhin OY, Kekeeeva TN, Denisenkov AI, Vitkovskaya IP, et al. Reference values of amino acids and acylcarnitines in term and preterm neonates. ***Medical Genetics.*** 2023; 22(1): 12-21. Russian (Печатникова Н.Л., Байдакова Г.В., Потехин О.Е., Кекеева Т.Н., Денисенков А.И., Витковская И.П., и др. Референсные значения аминокислот и ацилкарнитинов у доношенных и недоношенных новорожденных //Медицинская генетика. 2023. Т. 22, № 1. С. 12-21.) doi: 10.25557/2073-7998.2023.01.12-21
13. Gong ZH, Tian GL, Wang YM. Blood spot carnitine and acylcarnitine in newborn to adolescence: measured by tandem mass spectrometry. ***Zhonghua Er Ke Za Zhi.*** 2010; 48(12): 922-927.

14. Osorio JH, Pourfarzam M. Determination of normal acylcarnitine levels in a healthy pediatric population as a diagnostic tool in inherited errors of mitochondrial fatty acid beta-oxidation. ***An Pediatr (Barc).*** 2007; 67(6): 548-552. doi: 10.1016/s1695-4033(07)70802-0

КОРРЕСПОНДЕНЦИЮ АДРЕСОВАТЬ:
ЮДИЦКИЙ Антон Демитриевич
426034, г. Ижевск, ул. Коммунаров, д. 281, ФГБОУ ВО ИГМА Минздрава России
Тел: 8 (3412) 33-21-46 E-mail: antonyud103ped@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
ЮДИЦКИЙ Антон Демитриевич, канд. мед. наук, ассистент кафедры педиатрии и неонатологии, ФГБОУ ВО ИГМА Минздрава России, г. Ижевск, Россия. E-mail: antonyud103ped@mail.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS
YUDITSKIY Anton Demitrievich, candidate of medical science, assistant of the department of pediatrics and neonatology, Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Russia. E-mail: antonyud103ped@mail.ru