DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-171-11-72-75

Показатели обмена карнитина и аминокислот у юных спортсменов

Рылова Н. В.[1], Жолинский А. В.[2]

[1] Казанский государственный медицинский университет, 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, д 49

[2] Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации ФМБА России, 121059, Москва, ул. Большая Дорогомиловская, д. 5

Indices of exchange of carnitinum and amino acids in young sportsmen

N. V. Rylova[1], A. V. Zholinsky[2]

[1] Kazan State Medical University, 420012, Kazan, 49 Butlerova str

[2] Federal Scientific Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of FMBA, 121059, Moscow, 5 Bolshaya Dorogomilovskaya Str.

Для цитирования: Рылова Н. В., Жолинский А. В. Показатели обмена карнитина и аминокислот у юных спортсменов. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2019;171(11): 72–75. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-171-11-72-75

For citation: Rylova N. V., Zholinsky A. V. Indices of exchange of carnitinum and amino acids in young sportsmen. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2019;171(11): 72–75. (In Russ.) DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-171-11-72-75

✉ *Corresponding author:*
Рылова Наталья Викторовна
Natalya V. Rylova
rilovanv@mail.ru

Рылова Наталья Викторовна, д.м.н., профессор кафедры госпитальной педиатрии

Жолинский Андрей В., д.м.н., директор Федерального научно-клинического центра спортивной медицины и реабилитации ФМБА России

Natalya V. Rylova, MD, Professor of the Department of Hospital Pediatrics; *Scopus Author ID: 57189730088, http:/orcid.org/0000–0002–9248–6292*

Andrei V. Zholinsky, Cand. of Med. Sci., Director; *http:/orcid.org/0000–0002–0267–9761*

Резюме

Цель: Изучить особенности карнитинового и аминокислотного обмена у юных спортсменов.

Материалы и методы: обследован 131 ребенок (I–II группы здоровья) в возрасте от 12 лет до 17 лет 11 месяцев. Основная группа — 94 юных спортсмена. Группа контроля — 37 детей, не занимающиеся спортом. Определение уровня свободного и связанного карнитина, аминокислот методом тандемной хромато-масс-спектрометрии.

По результатам обследования двух групп детей установлено, что содержание свободного карнитина достоверно выше у юных спортсменов ($p<0,05$). Значимые отличия имеются и в индексе свободный /связанный карнитин. Этот показатель достоверно выше среди атлетов ($p<0,05$). Достоверность различий в содержании метионина отмечена при $p<0,001$.

Заключение свидетельствуют о наличии ряда особенностей карнитинового статуса и обмена аминокислот у юных спортсменов. Можно предположить, полученные данные отражают более эффективную клеточную энергетику у детей, занимающихся спортом.

Ключевые слова: юные спортсмены, карнитин, аминокислоты, процент жировой массы

Summary

The objective: To study the features of carnitine and amino acid metabolism in young athletes.

Materials and methods: 131 children (I–II health groups) aged 12 to 17 years 11 months were examined. The main group is 94 young athletes. Control group — 37 children who do not engage in sports. Determination of the level of free and bound carnitine, amino acids by tandem chromatography-mass spectrometry.

According to the results of the examination of two groups of children, the content of free carnitine is significantly higher in young athletes ($p < 0.05$). Significant differences exist in the free / bound carnitine index. This figure is significantly higher among athletes ($p < 0.05$). The reliability of differences in the content of methionine was noted at $p < 0.001$.

Conclusion indicate the presence of a number of features of carnitine status and amino acid metabolism in young athletes. It can be assumed that the obtained data reflect a more efficient cellular energy in children involved in sports.

Keywords: young athletes, carnitine, amino acids, fat percentage

На фоне возрождения массового и профессионального спорта, активного привлечения в спортивные секции подрастающего поколения, обострились вопросы медицинского обеспечения детско-юношеского спорта. Весьма актуальна на сегодняшний день проблема организации рационального питания и фармакологического обеспечения тренировочного процесса с целью предупреждения и лечения негативных последствий спортивного стресса, а также повышения уровня физической работоспособности [1–3].

Одним из важнейших механизмов, определяющим вышеописанные процессы, является продуцирование энергии в клетках. Основной путь ресинтеза АТФ – окислительное фосфорилирование с использованием углеводов и липидов в качестве энергетического субстрата. В последние годы теория ремоделлирования стала вытеснять представления о митохондриях, как о статичных субстанциях. Так, при определенных условиях митохондрии способны образовывать конгломераты или претерпевать процесс деления, сохраняя при этом общую наружную мембрану. Несмотря на то, что окислительная способность мышечной ткани определяется количеством митохондрий и уровнем активности окислительных ферментов в них, клеточный метаболизм, в конечном счете, зависит от адекватности снабжения клеток кислородом [4]. В результате дефицита O_2 в процессе цикла трикарбоновых кислот происходит накопление промежуточных продуктов обмена свободных жирных кислот – ацилкарнитина, ацил–КоА, угнетается пируватдегидрогеназа, и как следствие, возможность утилизации пирувата устраняется, в результате чего он практически полностью превращается в лактат.

Целесообразность применения L-карнитина в спортивной практике обоснована тем, что карнитин способен предупреждать накопление избыточного количества ацил-СоА внутри митохондрий с выведением избытка ацильных групп в виде ацил-карнитина. В результате происходит повышение активности пируватдегидрогиназы, что может ускорять процесс окислительной утилизации глюкозы (пирувата) и увеличивать энергопродукцию. Такое действие карнитина вносит вклад в снижение избытка лактата в крови и мышцах, которую рассматривают как главную причину утомляемости. В исследованиях Karlic H., Lohninger A., (2004) продемонстрировано падение уровня свободного карнитина в мышцах при интенсивных физических нагрузках в результате взаимодействия с ацетилСоА [5]. Предполагается, что это может быть одним из механизмов снижения окисления жирных кислот в плазме и триацилглицеролов в мышцах во время интенсивной нагрузки. С другой стороны, при физической нагрузке общее количество жирных кислот, поставляемое в мышцы, превышает энергетические потребности и доступность кислорода. Вследствие этого, избыток образуемого ацил-КоА с длинной цепью, может приводить к кратковременному нарушению нормального течения процесса окислительного фосфорилирования и снижению показателя производительности при максимальной нагрузке. Таким образом, с теоретических позиций, применение L-карнитина позволяет уменьшить долю анаэробного лактатного энергообразования и увеличить вклад более эффективной аэробной энергопродукции, повышая активность дыхательной цепи в мышцах и работоспособность в условиях интенсивных физических нагрузок.

Определение содержания карнитина, а также ацилкарнитинов в крови методом тандемной хромато-масс-спектрометрии дает возможность диагностировать состояние энергетического обмена. Данная методика широко применяется также для исследования так называемого «энергодефицитного диатеза». «Энергодефицитный диатез» – это скрытая форма относительной индивидуальной недостаточности цитоэнергетического статуса организма. Считается, что это состояние достаточно широко распространено и откладывает свой отпечаток на течение различных процессов и требует специфической «энерготропной» коррекции.

Цель: изучить особенности карнитинового и аминокислотного обмена у юных спортсменов.

Материалы и методы

Обследован 131 ребенок (I–II группы здоровья) в возрасте от 12 лет до 17 лет 11 месяцев. Основная группа – 94 юных спортсмена. Группа контроля – 37 детей, не занимающиеся спортом (занятия только физической культурой 2 раза в неделю в рамках школьного расписания).

По данным статистической обработки подтвердилась нормальность распределения сравниваемых совокупностей как по возрасту, так и по полу.

Данные о возрасте исследуемых детей приведены *в таблице 1*.

Таблица 1.
Распределение детей изучаемых групп по полу и возрасту

Table 1.
Distribution of the studied children by gender and age

Группа	Мальчики		Девочки	
	n	M±m, лет	n	M±m, лет
Основная	60	15,9±0,3	34	16,1±0,3
Контрольная	17	16,0	20	15,0
Всего	77	16,0±0,1	54	16,0±0,2

Таблица 2.
Содержание указанных веществ в исследуемых группах

Примечание:
* – отличия от контрольной группы достоверны при p<0,05.

Table 2.
Content of the studied substances in the studied groups

Note:
* – differences from the control group are significant at p <0,05.

признак \ группа	Юные спортсмены	Контроль
Свободный карнитин (С0), мкмоль/л	34,61±0,85*	32,7±1,26
Связанный карнитин (АК), мкмоль/л	16,12±0,71	14,34±0,53
АК/С0	0,51±0,02*	0,46±0,02.

Работа выполнена на клинической базе Республиканского центра медицинской профилактики (г. Казань) и кафедры госпитальной педиатрии Казанского государственного медицинского университета. Определение уровня свободного и связанного карнитина, аминокислот методом тандемной хромато-масс-спектрометрии проводилось на базе лаборатории молекулярной и биохимической диагностики НИКИ Педиатрии ГБОУ ВПО РНИМУ им. Пирогова Минздрава России, г. Москва

Методы статистической обработки, применяемые для оценки достоверности полученных результатов, проводили при помощи электронных таблиц Microsoft Office Excel 2003. Для описания значений в группах определялись следующие параметры: среднее арифметическое значение, стандартное отклонения (сигма), ошибки среднего значения (m), а также расчёт минимального (мин) и максимального значений (макс) в каждом вариационном ряду. Сравнительный анализ групп основывался на определении достоверности разницы показателей по t-критерию Стьюдента. В случаях, когда распределение хотя бы одной из совокупностей не являлось нормальным, для сравнения использовались методы непараметрического анализа с применением U-критерия Манна-Уитни. Также оценивались корреляционные связи с помощью коэффициента корреляции Спирмена.

Основными характеристиками карнитинового обмена являются свободный и связанный карнитин, а также индекс их соотношения АК/С0. Полученные результаты (M±m – средние значения и ошибка средней) представлены *в таблице 2*.

По результатам обследования двух групп детей установлено, что содержание свободного карнитина достоверно выше у юных спортсменов (p<0,05). Значимые отличия имеются и в индексе АК/С0. Этот показатель достоверно выше среди атлетов (p<0,05), что указывает на более эффективную клеточную энергетику у представителей основной исследуемой группы. Достоверных различий в содержании связанного карнитина обнаружено не было. Полученные данные были проанализированы также с учетом половых различий (*таблица 3*).

Показатели связанного карнитина определяется суммарным содержанием ацилкарнитинов. Ацетил-L-карнитин является биологически активной формой L-карнитина. Основной его функцией является транспортировка активированного ацетата непосредственно в матрикс митохондрии для образования ацетил-КоА, участвующего в цикле трикарбоновых кислот. Ацетилкарнитин является субстратом для запуска энергозависимых обменных процессов в митохондриях. В основной группе среднее содержание ацетилкарнитина составило 9,77±0,53 мкмоль/л, а в контрольной группе 8,77±0,46 мкмоль/л при p<0,05.

Представляется интересным – изучение соотношения связанный карнитин/свободный карнитин. Этот показатель используется для дополнительной характеристики содержания ацилкарнитинов (АК) и свободного карнитина (С0) и отражает эффективность клеточной энергетики: чем ниже данный коэффициент, тем эффективнее энергообмен. Нормальные значения этого показателя – менее 0,7. Величина индекса связанный карнитин/свободный карнитин находится в обратной связи с уровнем свободного карнитина и в прямой – с уровнем связанного карнитина. Увеличение данного соотношения отражает увеличение доли связанных форм карнитина в структуре показателя общего карнитина. Несмотря на то, что показатели во всех группах укладываются в пределы нормы, данный индекс в результате нашего исследования оказался достоверно выше у юных спортсменов в сравнении с контрольной группой (p<0.05).

В ходе изучения особенностей карнитинового обмена у спортсменов и представителей контрольной группы была также определена масса тела и процентное содержание жировой ткани в организме исследуемых. После определения данных параметров у исследуемых была выявлена статистически значимая (p<0.01) отрицательная корреляционная связь между процентным содержанием жировой массы тела и связанным карнитином (–0,67), а также соотношением связанный карнитин/свободный карнитин (–0,61). Закономерно была обнаружена достоверная статистически значимая положительная корреляционная связь между содержанием связанного карнитина и уровнем некоторых аминокислот, в частности метионина (0,66) и фенилаланина (0,63).

признак / группа	Мальчики N = 77	Девочки N = 54
Свободный карнитин (С0), мкмоль/л	34,78±0,88*	30,58±0,76
Связанный карнитин (АК), мкмоль/л	16,18±0,62*	13,93±0,38
АК/С0	0,51±0,02	0,46±0,01

Таблица 3.
Содержание свободного и связанного карнитина с учетом половых различий

Примечание.
* Отличия в содержании свободного и связанного карнитина в группе мальчиков и девочек достоверны при p<0,05.

Table 3.
Content of the free and bound carnitine by gender differences

Note:
* – differences in the content of free and bound carnitine in the groups of boys and girls are statistically significant at p<0.05

Аминокислоты как заменимые, так и незаменимые участвуют в энергетическом обмене клетки, в процессе глюконеогенеза. Из аланина, цистеина, глицина образуется пируват. Фенилаланин окисляется в тирозин с участием фермента микросомального окисления, специфической монооксигеназой – фенилаланингидроксилазой. Тирозин, в свою очередь, вступает в многочисленные реакции в различных тканях. В результате этих превращений тирозин не только распадается до конечных продуктов, но и дает промежуточные метаболиты, из которых образуется ряд важных соединений, некоторые из которых являются биологически активными веществами, в частности, фумарат, участвующий в цикле Кребса. Глутаминовая кислота является регулятором окислительно-восстановительных реакций в организме, помимо этого она является субстратом для биосинтеза аминокислоты орнитина путем ее переаминирования. Орнитин способствует секреции гормона роста, что стимулирует процесс сжигания жировой ткани. Аминокислота глицин также участвует в синтезе креатина, который в свою очередь подвергается фосфорилированию с участием АТФ до образования креатинфосфата. Аминокислоты с разветвленной цепью (валин, лейцин, изолейцин) служат источником энергии в мышечных клетках, препятствует снижению уровня серотонина, а также являются одним из главных источников для синтеза тканей тела.

Исследование уровня незаменимой аминокислоты метионина представило особый интерес за счет своего положительного влияния на липидный обмен (липотропное действия), а также это вещество является субстратом для эндогенного синтеза карнитина. Возрастные нормы данного вещества находятся в пределах от 6 до 37 мкмоль/л. В группе девочек-спортсменок уровень метионина варьировался 4,507 до 10,908 мкмоль/л (у 6 девочек уровень метионина оказался ниже нормальных значений), среднее значение – 6,69±0,36 мкмоль/л. У мальчиков-спортсменов максимальное значение метионина достигало 50,30 мкмоль/л, что существенно превышает уровень нормы, а минимальное – 11,33 мкмоль/л. Среднее значение уровня метионина в этой группе – 18,23±1,31 мкмоль/л. Таким образом, уровень метионина у мальчиков достоверно выше при p<0,01. В контрольной группе девочек средний уровень метионина составил 12,91±0,49 мкмоль/л, а у мальчиков 8,08±0,86 мкмоль/л. Достоверность различий в содержании метионина отмечена при p<0,001.

По результатам исследования и их статистической обработки установлен ряд особенностей карнитинового статуса и обмена аминокислот у юных спортсменов. Можно предположить, полученные данные отражают более эффективную клеточную энергетику у детей, занимающихся спортом. Отсутствие интенсивной физической нагрузки не требует от организма ребенка высоких энергетических затрат, что позволяет процессу тканевого дыхания функционировать менее эффективно.

Литература | References

1. *Биктимирова А.А., Рылова Н. В., Золкина Н. В., Сухоруков В. С.* Особенности карнитинового обмена у юных спортсменов. Российский вестник перинатологии и педиатрии 2015; 2: (60): 105–108.

   Biktimirova A. A., Rylova N. V., Zolkina I. V. et al. Carnitine metabolic features in young athletes. Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics. 2015, vol. 60, no. 2, pp.105–107 (In Russ.)

2. *Биктимирова А. А., Рылова Н. В., Самойлов А. С.* Применение кардиореспираторного нагрузочного тестирования в медицине. Практическая медицина 2014; 3:(79): 50–53.

   Biktimirova A. A., Rylova N. V., Samoilov A. S. Application of cardiorespiratory exercise testing in sports medicine. Practical Medicine. 2014, vol. 79, no. 3, pp. 50–53 (In Russ.)

3. *Рылова Н.В., Биктимирова А. А., Имамов А. А., Жолинский А. В.* Актуальные вопросы медико-биологического сопровождения детско-юношеского спорта. Российский вестник перинатологии и педиатрии 2018; 63 (5):231–236. DOI: 10.21508/1027–4065–2018–63–5–231–236.

   Rylova N. V., Biktimirova A. A., Imamov A. A., Zholinsky A. V. Topical Questions of Medical and Biological Support of Children's and Youth Sports. Ros Vestn Perinatol i Pediatr. 2018; vol. 63, no. 5, pp 231–236. (in Russ). DOI: 10.21508/1027–4065–2018–63–5–231–236

4. *Orer G., Guzel N.* The effects of acute L-carnitine supplementation on endurance performance of athletes. *J Strength Cond Res.* 2014, vol. 28, no. 2, pp. 514–519. DOI: 10.1519/ JSC.0b013e3182a76790

5. *Karlic H, Lohninger A.* Supplementation of L-carnitine in athletes: does it make sense? *Nutrition*. 2004; no. 7, pp. 709–715. DOI:10.1016/j.nut.2004.04.003.