

МЕТАБОЛИЗМ ВИТАМИНА В₁ У КРЫС ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

Т.Г. Кудырко^{1,2}, А.Ф. Макарчиков^{1,2}, Т.А. Лучко¹, Е.П. Лукиенко¹, И.М. Русина^{1,2}, В.А. Гуринович¹

¹*Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси, 230030, БЛК-50, Гродно, Беларусь, a_makarчиков@yahoo.com*

²*Гродненский государственный аграрный университет, 230008, ул. Терешковой 28, Гродно, Беларусь*

Витамин В₁ в форме тиаминдифосфата (ТДФ) играет важную роль в обмене углеводов, аминокислот и энергетическом метаболизме, являясь коферментом дегидрогеназных комплексов 2-кетокислот и транскетолазы. Кроме того, в клетках млекопитающих в небольших концентрациях присутствуют тиаминмонофосфат (ТМФ), тиаминтрифосфат (ТТФ) и аденозин-тиаминтрифосфат (АТТФ), биологические функции которых не установлены. В научной литературе есть несколько противоречивых сообщений о действии производных тиаминна на организм при физической нагрузке. По данным Bautista-Hernandez с соавт. [1, 2] однократная внутривенная инъекция ТДФ в дозе 1 мг/кг массы существенно уменьшала уровень лактата в крови добровольцев и спортсменов после физической нагрузки на беговой дорожке. У спортсменов при этом наблюдалась пониженная ЧСС и повышение $Vo_{2\text{макс}}$. В других исследованиях пероральный прием тиаминна (3 дня, 100 мг/день [3]; 10 дней, 300 мг/день [4]) способствовал снижению утомляемости и уровня глюкозы в крови добровольцев после физической нагрузки. Благоприятное действие тиаминна на выносливость также отмечалось в экспериментах на мышах [5]. В то же время, Webster [6] и Webster с соавт. [7] не обнаружили эффектов тиаминтетрагидрофурурилдисульфида и комбинации аллилтиаминна с пантетином на физическую работоспособность, ЧСС, концентрацию лактата в крови и максимальное поглощение кислорода при испытаниях на велоэргометре. Аллилтиамин не оказывал никакого действия на изокинетическую работу мышц и аккумуляцию лактата в упражнении сгибания-разгибания колен [8].

Внутриклеточный метаболизм витамина В₁ при физических нагрузках ранее не исследовался. Мы использовали для этих целей тест принудительного плавания на крысах-самцах массой 150–160 г. Концентрации производных тиаминна в тканях определяли методом ВЭЖХ. Первое плавание проводили с целью рандомизации животных по устойчивости к физической нагрузке. Крыс с прикрепленным к корню хвоста грузом массой, равной 10 % от массы тела, по одной помещали в цилиндрическую камеру с водой, температура которой поддерживалась на уровне 29–30 °С. Животные плавали до погружения на дно камеры. Крысы, длительность плавания которых при рандомизации отклонялась от среднего времени на 35%, из эксперимента исключались. По результатам первого плавания были сформированы 2 группы – контрольная и опытная, каждая по 6 особей. Опытная группа подвергалась плаванию в течение 10 мин в условиях, описанных выше.

Принудительное плавание у крыс представляет собой колебательный процесс с периодической сменой активного плавания, пассивного плавания и коротких (до 6 с), средних (6–18 с), длительных (18–36 с) и очень длительных (более 36 с) периодов неподвижности (иммобилизации). Нами фиксировалась длительность активного плавания (энергичные движения всеми лапами с активным перемещением), пассивного плавания (слабые гребки лапами, необходимые для поддержания тела на плаву) и общее время иммобилизации (отсутствие плавательных движений). Результаты, полученные в тесте принудительного плавания, представлены в таблице.

Интенсивная физическая нагрузка всегда сопряжена с усиленным производством лактата и закислением мышечной ткани из-за недостатка кислорода. В создавшихся физиологических условиях гипоксии падает скорость биосинтеза АТФ, что в совокупности с ацидозом приводит к преждевременному ослаблению мышц, снижению их сократительной способно-

сти и утомлению. Как известно, утилизация лактата и восполнение эндогенной глюкозы осуществляется в цикле Кори: лактат из работающей мышцы поступает в кровь и переносится в печень, где в ходе реакций глюконеогенеза из него синтезируется глюкоза, которая, возвращаясь в кровь, может быть опять использована скелетными мышцами. Таким образом, печень разделяет «тяготы» физической нагрузки, работая в тандеме с мышцами. В связи с этим интерес представляют, прежде всего, исследования системы метаболизма витамина В₁ в мышечной ткани и печени.

Таблица – Параметры плавательного поведения крыс в тесте принудительного плавания (10 мин)

№ крысы	Активное плавание, с	Пассивное плавание, с	Иммобилизация, с
1	50	430	120
2	60	150	390
3	160	240	200
4	90	40	470
5	110	130	360
6	20	170	410
М ± SEM	81,7 ± 20,2	193,3 ± 54,2	325,0 ± 55,2

После физической нагрузки концентрация лактата в сыворотке крови животных опытной группы возрастала по сравнению с контролем в 2,2 раза, концентрация глюкозы у крыс обеих групп существенно не отличалась.

В печени крыс опытной группы наблюдалось достоверное ($p < 0,05$) снижение общей концентрации тиамин (сумма всех форм), при этом наиболее существенные сдвиги отмечены в содержании ТМФ (-37% , $p < 0,05$). Концентрация тиамин в печени опытных животных падала на 29 %, ТТФ – на 24 %, ТДФ – на 12,7 %, тогда как уровень АТТФ оставался без изменений. В сыворотке крови плававших животных концентрации тиамин и ТМФ снижались по сравнению с контролем соответственно на 35 % ($p < 0,01$) и 48 %. Плавательная нагрузка приводила к достоверному росту на 12,5 % ($p < 0,05$) уровня ТТФ в мышцах задней лапы; концентрации тиамин, ТМФ и ТДФ в мышечной ткани животных опытной группы не отличались от контрольных значений.

Таким образом, нами выявлена «утечка» витамина В₁ из печени при физической нагрузке. В структуре фонда витамина В₁ клеток печени основная доля принадлежит ТДФ, содержание которого ~ в 11 раз выше, чем остальных производных тиамин вместе взятых. Примерно половина от общей массы ТДФ в печени млекопитающих инкорпорирована в состав ТДФ-зависимых ферментов. Этот связанный с белками кофермент формирует медленно оборачиваемый пул, скорость возобновления которого по различным оценкам может колебаться в пределах 6–20 ч. Другая часть ТДФ образует быстро оборачиваемый свободный пул, участвующий в биосинтезе ТТФ и АТТФ и являющийся мишенью для действия гидролитических ферментов. Полученные нами данные указывают на то, что свободный ТДФ печени может играть физиологическую роль на уровне организма, являясь подвижным резервом витамина В₁, который в случае необходимости перераспределяется в другие органы и ткани. О том, что при физической нагрузке идет активное поглощение тиамин из крови свидетельствует снижение его сывороточной концентрации, однако, пока не ясно какие именно органы и ткани могут быть задействованы в этом процессе. Усиленный биосинтез ТТФ в скелетных мышцах крыс опытной группы, на наш взгляд, является аргументом в пользу гипотезы о регуляторной функции данного соединения в энергетическом обмене.

Полученные результаты указывают на физиологическую роль тиаминового пула печени в краткосрочной адаптации организма к физической нагрузке. В связи с этим, представляются перспективными исследования действия на физическую выносливость лабораторных животных однократных инъекций производных тиамин непосредственно перед проведением плавательного теста.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bautista-Hernández V.M., López-Ascencio R., Trujillo-Hernández B., Vásquez C. Effects of thiamine pyrophosphate on blood lactate levels in young, sedentary adults undergoing moderate physical activity // JEPonline. – 2005. – Vol. 8. – P. 24–29.
2. Bautista-Hernández V.M., López-Ascencio R., Del Toro-Equihua M., Vásquez C. Effect of thiamine pyrophosphate on levels of serum lactate, maximum oxygen consumption and heart rate in athletes performing aerobic activity // J. Int. Med. Res. – 2008. – Vol. 36 – P. 1220–1226.
3. Suzuki M., Itokawa Y. Effects of thiamine supplementation on exercise-induced fatigue // Metab. Brain Dis. – 1996. – Vol. 11. – P. 95–106.
4. Mehdi K.J.R., Hamid reza K., Saba M., Kamilia M. Effect of supplementary consumption vitamin B1 (thiamine) on blood glucose changes during and after maximal aerobic exercise // Int. J. Biosci. – 2013. – Vol. 3. – P. 195–201.
5. McNeill A.W., Mooney T.J. Relationship among carbohydrate loading, elevated thiamine intake cardiovascular endurance of conditioned mice // J. Sports Med. Phys. Fitness – 1983. – Vol. 23. – P. 257–262.
6. Webster M.J. Physiological and performance responses to supplementation with thiamin and pantothenic acid derivatives // Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. – 1998. – Vol. 77. – P. 486–491.
7. Webster M.J., Scheett T.P., Doyle M.R., Branz M. The effect of a thiamin derivative on exercise performance // Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. – 1997. – Vol. 75. – P. 520–524.
8. Doyle M.R., Webster M.J., Erdmann L.D. Allilthiamine ingestion does not enhance isokinetic parameters of muscle performance // Int. J. Sport Nutr. – 1997. – Vol. 7. – P. 39–47.

METABOLISM OF VITAMIN B₁ IN RATS DURING PHYSICAL EXERCISE

T.G. Kudyrka^{1,2}, A.F. Makarchikov^{1,2}, T.A. Luchko¹, E.P. Lukienka¹, I.M. Rusina^{1,2}, V.A. Gurinovich¹

¹*Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds, 230030, BLK-50, Grodno, Belarus, a_makarchikov@yahoo.com*

²*Grodno State Agrarian University, 230008, Tereshkova St. 28, Grodno, Belarus*

Vitamin B₁ metabolism in rats under physical activity was studied in the model of forced swim test. After swimming, the content of thiamine derivatives in liver was decreased significantly, the concentrations of thiamine, thiamine monophosphate, thiamine diphosphate as well as thiamine triphosphate being lowered by 29 %, 37 %, 12.7 % and 24 % respectively. In blood serum, the levels of thiamine and thiamine monophosphate were found to be decreased correspondingly by 35 % and 48 % as compared to the control group, whereas the concentration of thiamine triphosphate in skeletal muscle of experimental animals was elevated by 12.5 %. Our results imply a role of liver thiamine pool in short-term adaptation of the organism to physical activity.