

**ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
АМИНОКИСЛОТНОЙ СМЕСИ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОГО СТИМУЛЯТОРА  
СИНТЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ**

© М.В. Стогов, Е.А. Киреева

ФГБУ РНЦ Восстановительная травматология и ортопедия имени академика Г.А. Илизарова  
Минздрава России, Курган, Россия

**Обоснование.** Способность отдельных аминокислот стимулировать анаболические процессы в скелетных мышцах доказана фундаментальными исследованиями, что делает актуальным поиск эффективных средств на основе аминокислот для стимуляции синтетических процессов в скелетных мышцах. **Цель.** Изучить влияние перорального применения оригинальной аминокислотной смеси (L-аргинин, L-метионин, L-лейцин, L-изолейцин) на обмен белка, липидов и углеводов в скелетных мышцах и печени мышей-самцов линии СВА. **Материалы и методы.** Выполнено две серии экспериментов. В первой серии (n=36) животные были разбиты на три группы. В группе 1 (n=12) мыши в течение двух месяцев получали сбалансированный по белку и углеводам рацион. Животные группы 2 (n=12) находились на углеводном, обедненном белком изокалорийном рационе, в котором источником белка служил пшеничный глиадин. Мыши группы 3 (n=12) находились на аналогичном второй группе рационе, в котором недостаток белка восполняли тестируемой смесью L-аминокислот. Животным второй серии (n=36) моделировали острую печеночную недостаточность путем разового внутривентриального введения 20% раствора четыреххлористого углерода (ЧХУ) на оливковом масле. Через 3-е суток после инъекции ЧХУ все животные второй серии случайным методом были разделены на три аналогичные группы в зависимости от рациона питания. **Результаты.** Результаты первой серии эксперимента показали, что возмещение белковой недостаточности аминокислотной смесью достоверно предупреждало избыточный рост гликогена в мышцах, приводило к снижению липидов в ткани, а также предотвращало снижение уровня мышечного белка. Результаты второй серий экспериментов показали, что прием аминокислотной смеси предупреждал потери белка в мышцах и поддерживал белковосинтетическую функцию печени. **Заключение.** Исследование продемонстрировало, что тестируемая смесь при пероральном потреблении способна предупреждать нарушения белково-углеводно-липидного соотношения в скелетных мышцах.

**Ключевые слова:** аминокислоты, скелетные мышцы, белковый обмен.

**EVALUATION OF BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF AMINO ACID  
MIXTURE AS POTENTIAL STIMULATOR OF SYNTHETIC PROCESSES  
IN SKELETAL MUSCLES**

M.V. Stogov, E.A. Kireeva

The Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology  
and Orthopaedics, Kurgan, Russia

**Background.** The ability of certain amino acids to stimulate anabolic processes in skeletal muscles has been proved by fundamental research, which makes it important to search for effective agents based on amino acids for stimulation of synthetic processes in skeletal muscles. **Aim.** To study the effect of oral administration of the original amino acid mixture (L-arginine, L-methionine, L-leucine, L-isoleucine) on protein, lipid and carbohydrate metabolism in skeletal muscles and liver of CBA male mice. **Material and Methods.** Two series of experiments were performed. In the first series (n=36), the animals were divided into three groups. In group 1 (n = 12), the mice received a diet balanced in protein and carbohydrates for two months. The animals of group 2 (n=12) were kept on a carbohydrate, protein-depleted isocaloric diet, in which wheat gliadin served as the protein source. Mice of group 3 (n=12) were kept on a diet similar to the second group, in which deficit of protein was compensated for with the tested mixture of L-amino acids. In the animals of the second series (n=36) acute liver failure was modeled by a single intraperitoneal injection of 20% carbon tetrachloride solution (CTC) in olive oil. Three days after the injection of CTC, all animals of the second series were randomly divided into three groups, depending on the received diet. **Results.** The results of the first series of experiments showed that compensation for protein deficiency with amino acid mixture reliably prevented excessive buildup of glycogen in muscles, led to a decrease in lipids in tissue, and also prevented reduction in the level of muscle protein. The results of the second series of experiments showed that intake of the amino acid mixture prevented loss of protein in muscles and supported the protein-synthetic function of the liver. **Conclusion.** The study demonstrated that the tested mixture, when taken orally, can prevent disorders of protein-carbohydrate-lipid ratio in the muscles.

**Keywords:** amino acids, skeletal muscles, protein metabolism.

В настоящее время значительное место среди фундаментальных исследований, посвященных поиску средств стимуляции мышечного анаболизма, занимают работы по применению в качестве стимуляторов низкомолекулярных соединений и, прежде всего, аминокислот [1,2]. Так, многочисленные модельные эксперименты свидетельствуют о значительном анаболическом эффекте по отношению к мышцам дополнительного приема как отдельных аминокислот, так и их смесей [3-5]. При этом отмечено, что наибольшим эффектом в направлении стимуляции мышечного анаболизма обладают аминокислоты с разветвленным углеводородным радикалом [6,7]. Среди аминокислот этой группы максимальная анаболическая активность обнаруживается у лейцина [8]. Для стимуляции положительного азотистого баланса также продемонстрирована эффективность перорального применения аргинина [9]. Синтез белка в мышцах в разной степени стимулировал дополнительный прием фенилаланина [10], глутамин [11],

метионина [12], также изучается анаболическое действие дипептидов [13].

Таким образом, фундаментальными исследованиями доказана способность отдельных аминокислот регулировать обмен белка в скелетных мышцах. При этом очевидно, что анаболическая эффективность приема аминокислот может возрастать тогда, когда применяются определенные сочетания аминокислот в комплексе. В этом направлении нами разработан композиционный состав (патент РФ на изобретение № 2454227) для активации белкового анаболизма в скелетных мышцах, включающий аминокислоты L-ряда: лейцин, изолейцин, метионин, аргинин.

*Цель исследования* – изучить влияние перорального применения оригинальной аминокислотной смеси на белковый, углеводный, липидный обмен в скелетных мышцах и печени экспериментальных животных.

#### Материалы и методы

Для приготовления смеси в качестве действующих компонентов использовали

аминокислоты производства Sigma-Aldrich (США): L-аргинин (Кат. №A5006), L-метионин (Кат. №M9625), L-лейцин (Кат. №L8000), L-изолейцин (Кат. №I2752). Аминокислоты *ex tempore* смешивали в равных весовых соотношениях (1:1:1:1), растворяли при 37°C в дистиллированной воде из расчета 0,5 г смеси в 50 мл воды. Затем данным раствором пропитывали корм (хлеб из пшеничной муки высшего сорта), который перед раздачей высушивали при 37°C.

Экспериментальное исследование выполнено на 72 самцах мышей линии СВА в возрасте двух месяцев, весом 25-30 г. Животные были разделены на две экспериментальные серии.

В первой серии (n=36) было выделено три группы. В группе 1 (n=12) мыши в течение двух месяцев получали сбалансированный по белку (3,3 г/сутки перевариваемого протеина) и углеводам рацион. Животные группы 2 (n=12) находились на углеводном, обедненном белком (0,88 г/сутки перевариваемого протеина) изокалорийном рационе, в котором источником белка служил пшеничный глиадин. Мыши группы 3 (n=12) находились на аналогичном животным второй группы рационе, в котором недостаток белка восполняли тестируемой смесью L-аминокислот (лейцин, изолейцин, аргинин, метионин в соотношении 1:1:1:1), в количестве, возмещающим недостаток аминного азота. Для питья все животные получали дистиллированную воду в свободном доступе.

Животным второй серии (n=36) моделировали острую печеночную недостаточность путем разового внутривентриального введения 20% раствора четыреххлористого углерода (ЧХУ) на оливковом масле (патент РФ на изобретение № 2456927). Через 3-е суток после инъекции ЧХУ все животные второй серии случайным методом были разделены на три группы в зависимости от рациона питания.

В первой группе данной серии животные (n=12) в течение двух месяцев получали обычный сбалансированный по белку (3,3 г/сутки перевариваемого про-

теина) и углеводам рацион. Животные второй группы (n=12) находились на углеводном, обедненным белком (0,88г/сутки перевариваемого протеина) изокалорийном рационе, в котором источником белка служил пшеничный глиадин. Мыши третьей группы (n=12) находились на аналогичном животным второй группы суточном рационе, в котором недостаток белка восполняли тестируемой смесью L-аминокислот (лейцин, изолейцин, аргинин, метионин в соотношении 1:1:1:1), в количестве, возмещающим недостаток аминного азота. Для питья все животные получали дистиллированную воду в свободном доступе.

6 животных из каждой группы были эвтаназированы через месяц после начала эксперимента, шесть – через 2 месяца. Эвтаназию проводили путем декапитации после наркотизирования диэтиловым эфиром.

На проведение исследования получено разрешение Комитета по Этике при ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. Г.А. Илизарова». Исследование проведено при соблюдении принципов гуманного обращения с лабораторными животными в соответствии с требованиями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментов и других научных целей и Директивой А 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22.09.2010 года по охране животных, используемых в научных целях.

После эвтаназии скелетные мышцы бедра очищали от соединительной ткани, печень препарировали. Уровень гликогена в навесках органов определяли: в мышцах – непрямой антроновым методом, в печени – прямым антроновым методом [14]. После экстракции хлороформ/метаноловой смесью (2:1) содержание общих липидов в печени и мышцах определяли гравиметрическим методом [14]. Отдельную навеску мышц отмывали от эритроцитов и растирали в 0,03М растворе KCl при 5°C до получения однородного гомогената. После 15 минут экстрагирования гомогенат центрифугировали 15 мин при 14000g на ультрацентрифуге «Beckman & Coulter» (США). В надосадке опреде-

ляли содержание общего белка по методу Лоури. Забор крови проводили декапитацией, в сыворотке крови определяли концентрацию общего белка и мочевины наборами реагентов Vital Diag-nostic (СПб) на биохимическом фотометре Stat Fax 1904+ (США).

Достоверность межгрупповых различий изученных показателей определяли с помощью непараметрического критерия Крускала-Уоллиса с последующим множественным сравнением по критерию Данна. Данные на рисунках представлены в виде медианы, 25÷75-го перцентиля.

### Результаты и их обсуждение

Оценка эффективности тестируемой аминокислотной смеси в части активации белкового анаболизма в скелетных мышцах

была проведена параллельно с оценкой содержания гликогена и липидов в печени, т.к. известно, что печень значительно влияет на функциональное состояние скелетных мышц путем утилизации мышечного лактата, ресинтеза глюкозы и перераспределением пула экзогенных аминокислот [15].

Результаты эксперимента в *первой серии* животных показали, что в мышцах мышцей 2-й группы (с белковым ограничением) уровень гликогена статистически значимо возрастал (относительно мышцей 1-й и 3-й групп) параллельно с увеличением длительности белкового ограничения в пище (рис. 1). На этом фоне у мышцей данной группы отмечалась тенденция к снижению уровня общего белка в мышцах..

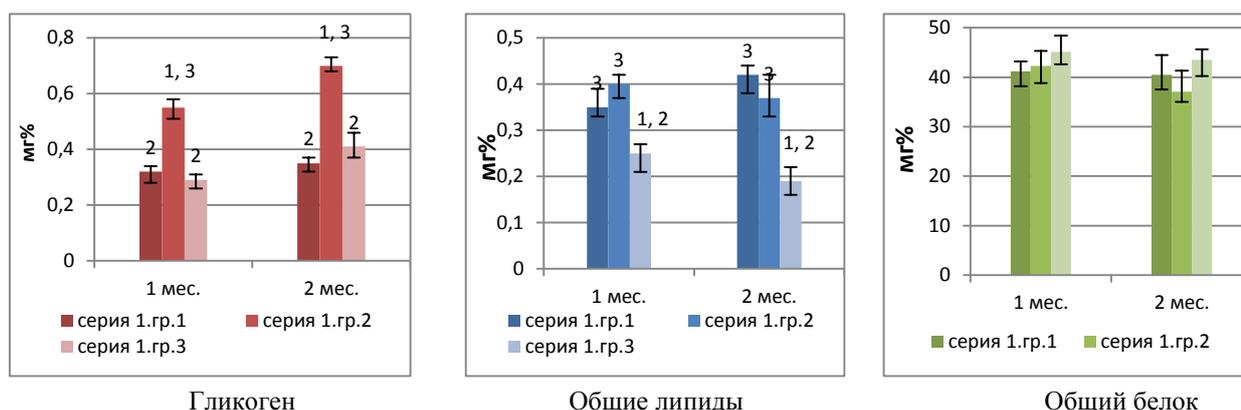


Рис. 1. Содержание гликогена, общих липидов и общего белка в мышцах мышцей первой серии через 1 и 2 месяца эксперимента.

*Примечание:* цифрами над столбцами указаны номера групп, с которыми имелись статистически значимые ( $p < 0,05$ ) различия

У мышцей 3-й группы (с возмещением белковой недостаточности) относительно животных 2-й группы был достоверно снижен уровень гликогена в мышцах через 1 и 2 месяца наблюдения. Уровень общих липидов в мышцах мышцей 3-й группы был значимо ниже значений как первой, так и второй группы. Отмечалась тенденция к повышению содержания общего белка в мышцах мышцей 3-й группы относительно 2-й группы.

В печени мышцей 2-й группы через 1 и 2 месяца наблюдения отмечался значимый рост уровня гликогена (рис. 2). Содержание

общих липидов в печени мышцей 2-й и 3-й групп было статистически значимо снижено относительно значений 1-й группы.

Таким образом, результаты первой серии эксперимента показали, что возмещение белковой недостаточности тестируемой аминокислотной смесью статистически значимо (относительно группы 2) предупреждало избыточный рост гликогена в мышцах, приводило к снижению липидов в ткани, а также предотвращало снижение уровня мышечного белка. При этом, на наш взгляд, очевидно и то, что прием тестируемой смеси оказывал регу-

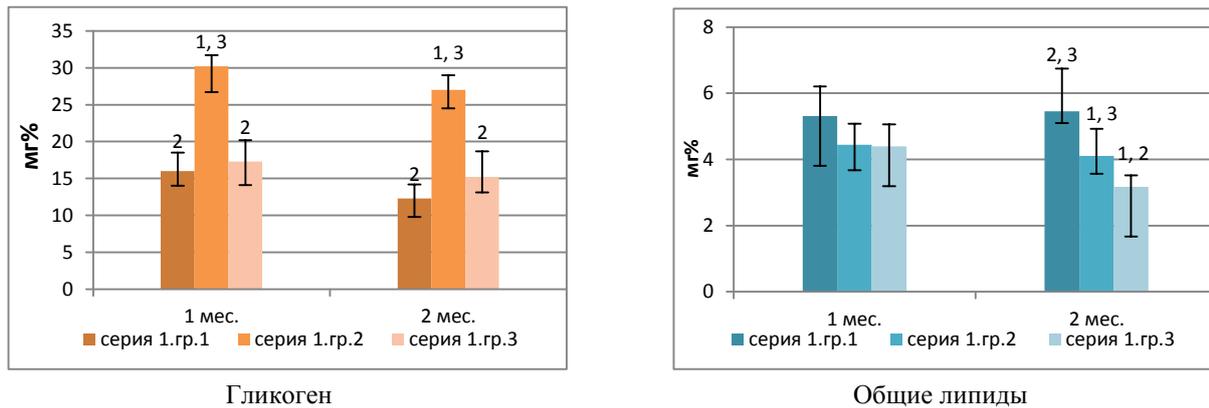


Рис. 2. Содержание гликогена и общих липидов в печени мышей первой серии через 1 и 2 месяца эксперимента.

*Примечание:* цифрами над столбцами указаны номера групп, с которыми имелись статистически значимые ( $p < 0,05$ ) различия

лирующее действие на метаболизм углеводов в печени, предупреждая повышенное их накопление, которое отмечалось на избыточной углеводной диете у животных 2-й группы. Наблюдаемый широкий спектр воздействия исследуемых аминокислот на обмен основных веществ в мышцах и печени связан, по-видимому, с тем, что в организме млекопитающих в условиях недостаточности белка данные аминокислоты могут играть роль системного регулятора (кофактора) как на ферментном, так и генетическом уровне, что согласуется с результатами ряда предшествующих работ [6-9].

На основании того факта, что печень регулирует распределение пула экзогенных аминокислот, нами была выполнена *вторая серия* экспериментов с моделированием острой печеночной недостаточности. По результатам данной серии обнаружено, что в группе 3 в отличие от группы 2 отмечалась тенденция к сохранению уровня белка в мышцах на уровне 1-ой группы (рис. 3). Также отмечено, что через месяц эксперимента у мышей 3-ей группы относительно 2-ой группы зарегистрировано значимое увеличение содержание гликогена в мышцах и печени, а также уровень общих липидов в печени (рис. 4). Данный результат может быть связан с активи-

рующим влиянием изучаемой аминокислотной смеси на глюконеогенез и липогенез в печени, что реализуется через непосредственное вовлечение в этот процесс продуктов дезаминирования потребляемых аминокислот – альфа-кетокислот. Эти процессы в конечном итоге способствовали сбережению запасов гликогена в печени у мышей группы 3.

Результаты второй серии эксперимента позволяют заключить, что прием тестируемой аминокислотной смеси, с одной стороны, способен проявлять прямой миотропный эффект и напрямую предупреждать потери белка в мышцах, с другой стороны, очевиден и гепатотропный эффект, направленный на возмещение азотистого недостатка в печени на фоне белкового ограничения. Такое действие тестируемой смеси способствовало поддержанию белковосинтетической функции печени, что подтверждалось данными исследования сыворотки крови. В частности, уровень общего белка в сыворотке крови животных 3-й группы (возмещение белковой недостаточности) второй серии через 2 месяца эксперимента был достоверно повышен относительно животных 2-й группы (белковая недостаточность) этой же серии (рис. 5). Не отмечено и значимого снижения синтеза мочевины.

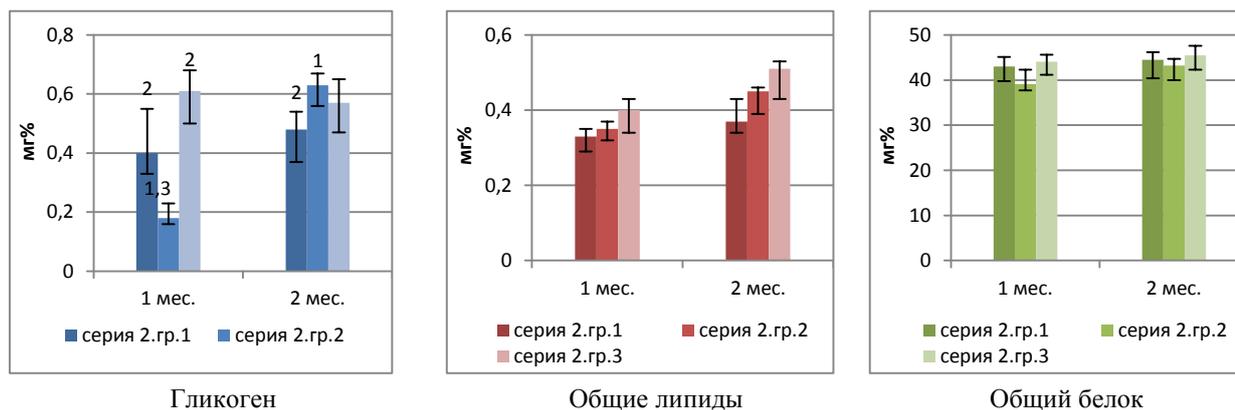


Рис. 3. Содержание гликогена, общих липидов и общего белка в мышцах мышей второй серии через 1 и 2 месяца эксперимента.

*Примечание:* цифрами над столбцами указаны номера групп, с которыми имелись статистически значимые ( $p < 0,05$ ) различия

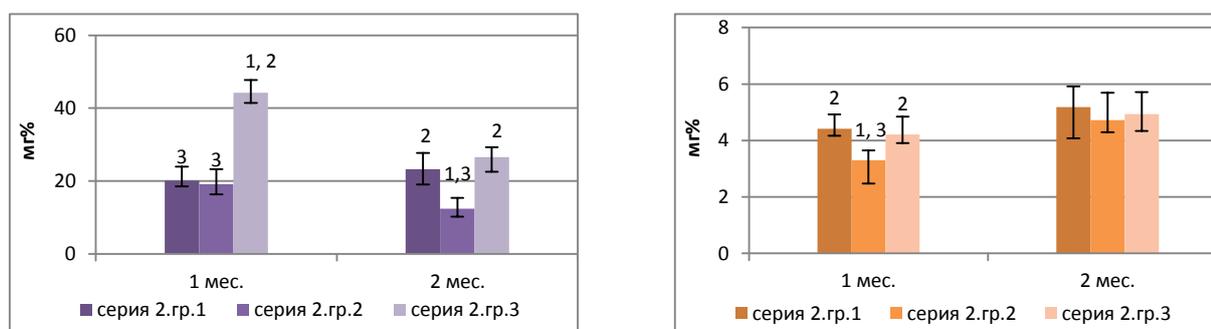


Рис. 4. Содержание гликогена и общих липидов в печени мышей второй серии через 1 и 2 месяца эксперимента.

*Примечание:* цифрами над столбцами указаны номера групп, с которыми имелись статистически значимые ( $p < 0,05$ ) различия

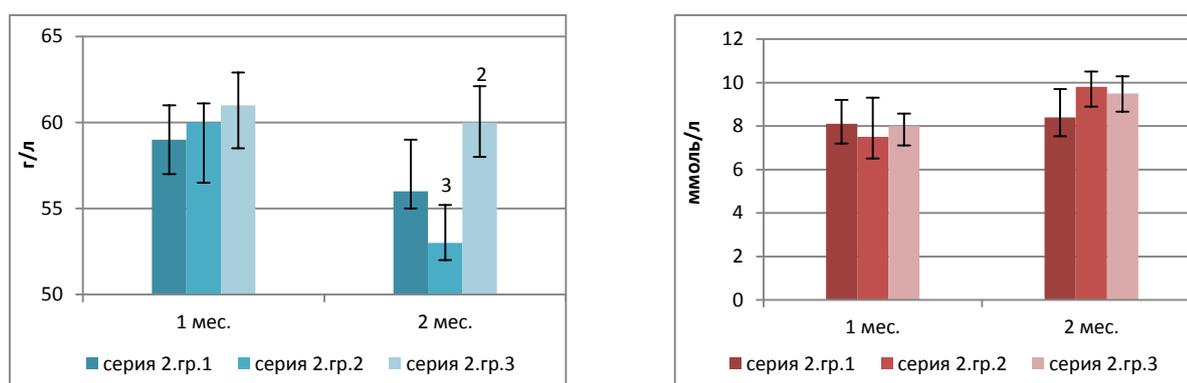


Рис. 5. Содержание общего белка и мочевины в сыворотке крови мышей второй серии через 1 и 2 месяца эксперимента.

*Примечание:* цифрами над столбцами указаны номера групп, с которыми имелись статистически значимые ( $p < 0,05$ ) различия

### Заключение

Проведенное исследование показало, что тестируемая аминокислотная смесь (L-лейцин, L-изолейцин, L-аргинин, L-метионин в соотношении 1:1:1:1) при пероральном потреблении в течение 2-х месяцев способна предупреждать нарушения белково-углеводно-липидного соотношения в скелетных мышцах мышцей-самцов линии СВА. Данный результат можно объяснить,

как прямой активацией обмена в ткани, так и опосредованно – механизмами межорганного взаимодействия с печенью.

Таким образом, представленная аминокислотная смесь может быть в дальнейшем использована как потенциальный композиционный препарат, повышающий эффективность использования пищевого белка в целях активации анаболических процессов в скелетных мышцах животных и человека.

### Литература

- Lieber R.L., Jacks T.M., Mohler R.L., et al. Growth hormone secretagogue increases muscle strength during remobilization after canine hindlimb immobilization // *J. Orthop. Res.* 1997. Vol. 15, №4. P. 519-527.
- Schertzer J.D., Ryall J.D., Lynch G.S. Systemic administration of IGF-I enhances oxidative status and reduces contraction-induced injury in skeletal muscles of mdx dystrophic mice // *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2006. Vol. 291, №3. P. E499-E505. doi:10.1152/ajpendo.00101.2006
- Hamel F.G., Upward J.L., Siford G.L., et al. Inhibition of proteasome activity by selected amino acids // *Metabolism.* 2003. Vol. 52, №7. P. 810-814.
- Levi R.S., Sanderson I.R. Dietary regulation of gene expression // *Curr. Opin. Gastroenterol.* 2004. Vol. 20, №2. P. 139-142.
- Zhou P., Zhang L., Li J., et al. Effects of dietary crude protein levels and cysteamine supplementation on protein synthetic and degradative signaling in skeletal muscle of finishing pigs // *PLoS One.* 2015. Vol. 10, №9. P. e0139393. doi:10.1371/journal.pone.0139393
- Duan Y., Duan Y., Li F., et al. Effects of supplementation with branched-chain amino acids to low-protein diets on expression of genes related to lipid metabolism in skeletal muscle of growing pigs // *Amino Acids.* 2016. Vol. 48, №9. P. 2131-2144. doi:10.1007/s00726-016-2223-2
- Zheng L., Wei H., Cheng C., et al. Supplementation of branched-chain amino acids to a reduced-protein diet improves growth performance in piglets: involvement of increased feed intake and direct muscle growth-promoting effect // *Br. J. Nutr.* 2016. Vol. 115, №12. P. 2236-2245. doi: 10.1017/S0007114516000842
- Duan Y., Li F., Li Y., et al. The role of leucine and its metabolites in protein and energy metabolism // *Amino Acids.* 2016. Vol. 48, №1. P. 41-51. doi:10.1007/s00726-015-2067-1
- Holecek M., Sispara L. Effects of arginine supplementation on amino acid profiles in blood and tissues in fed and overnight-fasted rats // *Nutrients.* 2016. Vol. 8, №4. P. 206. doi: 10.3390/nu8040206
- Welle S., Bhatt K., Pinkert C.A. Myofibrillar protein synthesis in myostatin-deficient mice // *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2006. Vol. 290, №3. P. 409-415. doi:10.1152/ajpendo.00433.2005
- Wernerman J. Clinical use of glutamine supplementation // *J. Nutr.* 2008. Vol. 138, №10. P. 2040-2044. doi:10.1093/jn/138.10.2040S
- Hosford A.D., Hergenreder J.E., Kim J.K., et al. Effects of supplemental lysine and methionine with zilpaterol hydrochloride on feedlot performance, carcass merit, and skeletal muscle fiber characteristics in finishing feedlot cattle // *J. Anim. Sci.* 2015. Vol. 93, №9. P. 4532-4544. doi:10.2527/jas.2015-9047
- Dabrowski K., Terjesen B.F., Zhang Y., et al. A concept of dietary dipeptides: a step to resolve the problem of amino acid availability in the early life of vertebrates // *J. Exp. Biol.* 2005. Vol. 208, №15. P. 2885-2894. doi: 10.1242/jeb.01689
- Северин С.Е., Соловьева Г.А., ред. Практикум по биохимии. М.: Издательство МГУ; 1989.
- Стогов М.В., Лунева С.Н., Ткачук Е.А., и др. Межорганная взаимосвязь субстратов энергообмена у мышцей при скелетной травме // *Гений ортопедии.* 2010. №3. С. 40-42.

### References

- Lieber RL, Jacks TM, Mohler RL, et al. Growth hormone secretagogue increases mus-

- cle strength during remobilization after canine hindlimb immobilization. *J Orthop Res.* 1997; 15(4):519-27.
2. Schertzer JD, Ryall JD, Lynch GS. Systemic administration of IGF-I enhances oxidative status and reduces contraction-induced injury in skeletal muscles of mdx dystrophic mice. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2006;291(3): E499-E505. doi:10.1152/ajpendo.00101.2006
  3. Hamel FG, Upward JL, Siford GL, et al. Inhibition of proteasome activity by selected amino acids. *Metabolism.* 2003;52(7):810-4.
  4. Levi RS, Sanderson IR. Dietary regulation of gene expression. *Curr Opin Gastroenterol.* 2004;20(2):139-42.
  5. Zhou P, Zhang L, Li J, et al. Effects of dietary crude protein levels and cysteamine supplementation on protein synthetic and degradative signaling in skeletal muscle of finishing pigs. *PLoS One.* 2015;10(9):e0139393. doi: 10.1371/journal.pone.0139393
  6. Duan Y, Duan Y, Li F, et al. Effects of supplementation with branched-chain amino acids to low-protein diets on expression of genes related to lipid metabolism in skeletal muscle of growing pigs. *Amino Acids.* 2016;48(9):2131-44. doi:10.1007/s00726-016-2223-2
  7. Zheng L, Wei H, Cheng C, et al. Supplementation of branched-chain amino acids to a reduced-protein diet improves growth performance in piglets: involvement of increased feed intake and direct muscle growth-promoting effect. *Br J Nutr.* 2016;115(12): 2236-45. doi: 10.1017/S0007114516000842
  8. Duan Y, Li F, Li Y, et al. The role of leucine and its metabolites in protein and energy metabolism. *Amino Acids.* 2016;48(1):41-51. doi: 10.1007/s00726-015-2067-1
  9. Holecek M, Sispera L. Effects of arginine supplementation on amino acid profiles in blood and tissues in fed and overnight-fasted rats. *Nutrients.* 2016;8(4):206. doi:10.3390/nu8040206
  10. Welle S, Bhatt K, Pinkert CA. Myofibrillar protein synthesis in myostatin-deficient mice. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2006;290(3): 409-15. doi:10.1152/ajpendo.00433.2005
  11. Wernerman J. Clinical use of glutamine supplementation. *J Nutr.* 2008;138(10):2040-4. doi:10.1093/jn/138.10.2040S
  12. Hosford AD, Hergenreder JE, Kim JK, et al. Effects of supplemental lysine and methionine with zilpaterol hydrochloride on feedlot performance, carcass merit, and skeletal muscle fiber characteristics in finishing feedlot cattle. *J Anim Sci.* 2015;93(9):4532-44. doi:10.2527/jas.2015-9047
  13. Dabrowski K, Terjesen BF, Zhang Y, et al. A concept of dietary dipeptides: a step to resolve the problem of amino acid availability in the early life of vertebrates. *J Exp Biol.* 2005; 208(15):2885-94. doi:10.1242/jeb.01689
  14. Severin SE, Solov'eva GA, editors. *Praktikum po biokhimii.* Moscow: Izdatelstvo MGU; 1989. (In Russ).
  15. Stogov MV, Luneva SN, Tkachuk EA., et al. Interorganic relationship of energy metabolism substrates in mice for skeletal trauma. *Genij Ortopedii.* 2010;(3):40-2. (In Russ).

#### Дополнительная информация [Additional Info]

**Источник финансирования.** Субсидии Минздрава России на выполнение государственного задания по осуществлению научных исследований и разработок. [Financial support. Subsidies of Health Ministry of Russia to fulfilment of governmental tasks for scientific research and development.]

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, о которых необходимо сообщить, в связи с публикацией данной статьи. [Conflict of interests. The authors declare no actual and potential conflict of interests which should be stated in connection with publication of the article.]

**Участие авторов.** Стогов М.В. – концепция и дизайн исследования, редактирование. Киреева Е.А. – сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста. [Participation of authors. M.V. Stogov – concept and design of the study, editing. E.A. Kireeva – acquisition and processing of the material, statistical processing, writing the text.]

---

**Информация об авторах [Authors Info]**

**\*Стогов Максим Валерьевич** – д.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимии ФГБУ РНЦ Восстановительная травматология и ортопедия имени академика Г.А. Илизарова Минздрава России, Курган, Россия. [Maxim V. Stogov – Grand PhD in Biological sciences, Associate Professor, Leading Researcher of Laboratory of Biochemistry, The Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia.]  
SPIN 9345-8300,  
ORCID ID 0000-0001-8516-8571,  
Researcher ID B-5283-2016.  
E-mail: stogo\_off@list.ru

**Киреева Елена Анатольевна** – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории биохимии ФГБУ РНЦ Восстановительная травматология и ортопедия имени академика Г.А. Илизарова Минздрава России, Курган, Россия. [Elena A. Kireeva – PhD in Biological sciences, Senior Researcher of Laboratory of Biochemistry, The Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia.]  
SPIN-код 9598-0838,  
ORCID ID 0000-0002-1006-5217,  
Researcher ID G-9986-2018.

---

**Цитировать:** Стогов М.В., Киреева Е.А. Оценка биологической эффективности аминокислотной смеси как потенциального стимулятора синтетических процессов в скелетных мышцах // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2018. Т. 26, №2. С. 213-221. doi: 10.23888/PAVLOVJ2018 262213-221.

**To cite this article:** Stogov MV, Kireeva EA. Evaluation of biological effectiveness of amino acid mixture as potential stimulator of synthetic processes in skeletal muscles. *I.P. Pavlov Medical Biological Herald*. 2018;26(2):213-21. doi: 10.23888/PAVLOVJ2018 262213-221.

**Поступила/Received:** 13.09.2017  
**Принята в печать/Accepted:** 31.05.2018