

УДК 637

П.Е. Влощинский, И.П. Березовикова, А.Р. Колпаков, Н.Г. Клеблеева**ВЛИЯНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ КРУПЯНЫХ СМЕСЕЙ
НА СОДЕРЖАНИЕ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ**

Проведено сравнение постпрандиальных гликемических кривых с реакцией организма животных на введение водного раствора глюкозы в желудок через зонд в количестве, соответствующем содержанию углеводов в рационе. В этой группе животных скорость всасывания глюкозы и её концентрация в крови на 30-й и 60-й мин была значительно выше, чем у питающихся кашами из многокомпонентных зерновых и зернобобовых круп. На основании расчета гипер- и гипогликемических индексов сделано заключение о том, что экспериментальные рационы, представленные кашами из многокомпонентных крупяных смесей, относятся к продуктам с низким гликемическим индексом и могут быть отнесены к продуктам функционального питания.

Гликемическая кривая, уровень глюкозы в крови, функциональное питание.

Введение

Избыточное поступление углеводов с пищей, особенно на фоне ожирения, нарушенной толерантности к глюкозе, метаболическом синдроме, ведет к прогрессированию этих явлений [1]. Однако не только количество углеводов, но и их качественный состав влияет на скорость их адсорбции и, в конечном счете, на содержание глюкозы в крови [2]. Как известно, простые углеводы пищи очень быстро всасываются из желудочно-кишечного тракта, повышая концентрацию глюкозы в крови [3]. Резко возрастает секреция и синтез инсулина, глюкоза элиминируется печенью и мышечными тканями, трансформируется в гликоген, а ее концентрация снижается и возникает чувство голода [4]. Сложные полисахариды, резистентный крахмал, пищевые волокна замедляют всасывание глюкозы, а вследствие их отсутствия или пониженного количества объем пищи невелик, поэтому быстро возникает потребность в новом ее приеме, т.е. переедание [6, 7]. В зависимости от скорости адсорбции углеводов было введено понятие «гликемический индекс», появилась возможность не только больным сахарным диабетом и другими нарушениями метаболизма, но и здоровому населению корректировать диету, подбирая продукты, не сопровождающиеся высоким уровнем гликемии.

В условиях нормальной жизнедеятельности глюкоза является основным энергетическим субстратом для большинства тканей в организме человека и животных. Ее концентрация в крови является интегральным показателем, который определяется скоростью образования из гликогена и неуглеводных предшественников, поступления углеводов с пищей, всасывания из кишечника, утилизации тканями и экскрецией. Углеводный гомеостаз можно отнести к одному из совершенных и наиболее сложно регулируемых, подчиняющийся как нервным, так и гуморальным воздействиям. Как правило, концентрация глюкозы в крови лабораторных крыс варьирует от 4,5 до 6,4 ммоль/л и остается в этих пределах даже при длительном голодании. В поддержании постоянства содержания глюкозы в крови большая роль

принадлежит метаболическим путям, с помощью которых синтезируется или распадается гликоген, депонирующийся в основном в печени и мышцах. Хорошо известно, что гидролиз глюкозо-6-фосфата, образующегося в печени из гликогена, служит постоянным источником глюкозы. Метаболические пути ее утилизации в организме детально описаны в ряде монографий [8, 9]. Окисление глюкозы в каскаде реакций анаэробного гликолиза практически единственный источник энергии для таких тканей, как нервная, мозговой слой почек, семенники, эритроциты [8, 9], в то время как остальные ткани обладают способностью использовать в качестве энергетических субстратов как глюкозу, так и жирные кислоты, кетонные тела и другие продукты окислительного метаболизма.

Каши из круп можно рассматривать как комплекс полисахаридов («медленных углеводов»), белков, моносахаридов, пищевых волокон и относительно небольшого количества жира. В процессе гидролиза в желудочно-кишечном тракте они расщепляются до усвояемых форм метаболических субстратов, которые переносятся кровью к тканям и органам. Чем быстрее расщепляется продукт до простых углеводов, тем выше его гликемический индекс. За эталон принята глюкоза, чей гликемический индекс равен 100. В связи с распространенностью I и II форм сахарного диабета, ряда других нарушений обмена веществ в организме возникает необходимость в разработке функциональных продуктов, снижающих нагрузку на поджелудочную железу. Обычно диетические мероприятия заключаются либо в полном, либо в частичном отказе этой части населения от употребления продуктов с высоким гликемическим индексом. Мы полагаем, что использование крупяных смесей, компоненты которых богаты амилозой (бобовые) либо вязкими пищевыми волокнами (ячневая, перловая, овсяная – источники бета-глюканов), возможно существенное расширение ассортимента блюд, следовательно, повышение качества жизни больных сахарным диабетом, метаболическим синдромом.

Цель нашего исследования – разработка многокомпонентных крупяных смесей, продукция из которых обладает низким или средним гликемическим индексом.

Объект и методы исследования

В экспериментах использованы 35 половозрелых крыс-самцов «Вистар» массой 200–300 г, которые были получены из вивария СО РАН и содержались в виварии Новосибирского государственного медицинского университета в соответствии с правилами, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных научных целей. Все животные до начала эксперимента помимо сбалансированного стандартного рациона (гранулированный корм ПК120-3 согласно приказу № 1179 МЗ СССР от 10.10.1983) получали сухое молоко, зерно либо зерноотходы, пророщенный овес и комплексные поливитаминные препараты. На этом фоне у животных забиралась кровь для проведения биохимических исследований (контрольная группа, 20 особей). Перед взятием крови из хвостовой вены проводили наркоз в соответствии с рекомендациями Рабочей группы Федерации Европейского Сообщества по науке лабораторных животных [10].

В зависимости от получаемого рациона, животных разделили на группы по 10 особей в каждой и провели их ранжирование по массе тела с целью обеспечения идентичности по данному показателю. Независимо от получаемого рациона (табл. 1) животных содержали в индивидуальных клетках со свободным доступом к пище и питьевой воде.

Спустя 15 и 30 сут после кормления одним из экспериментальных рационов (№ 1–3) у животных вновь забиралась кровь для биохимических исследований.

Постпрандиальная гликемия исследовалась однократно через 30 сут кормления одним из рационов. В четырех группах животных по 5 крыс-самцов линии «Вистар» после 13-часового голодания определялась концентрация глюкозы в крови, затем они получали в течение 30 мин свободный доступ к корму (по 30 г на особь), контрольная группа получала стандартный виварный рацион в том же количестве. Постпрандиальная гликемия определялась через 30, 60 и 120 мин. Еще одной группе животных, находившихся на стандартном виварном рационе, через зонд в желудок вводился водный раствор глюкозы из расчета 0,03 г/г массы (ГТТ), гликемия определялась в те же временные интервалы.

Концентрация глюкозы в крови определялась глюкозооксидазным методом.

Для приготовления каш использовали трехкомпонентные смеси круп: рацион 1 (рисовая + гороховая + гречневая), рацион 2 (рисовая + ячневая + кукурузная) и пятикомпонентные, рацион 3 (рисовая + ячневая + кукурузная + гречневая + гороховая). Расчет биологической ценности белков крупяных смесей производился по методике, предложенной Н.И. Ковалевым [11].

Таблица 1

Состав и калорийность рационов в расчете на одну крысу

Показатель	Стандартный	Рацион № 1	Рацион № 2	Рацион № 3
Белки, г	4,0	2,1	1,4	2,4
Жиры, г	3,4	0,3	0,2	0,4
Углеводы, г	9,4	8,3	9,6	8,7
Энергетическая ценность, ккал	82,1	44,2	45,3	47,9
Масса, г	50	50	50	50

* Полученные результаты обработаны с применением пакета программ Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение

В отличие от стандартного виварного рациона, экспериментальные животные получали вязкую кашу из соответствующих зерновых смесей без добавок. Наблюдения за животными выявили интересную особенность, которая заключалась в большей агрессивности крыс, получавших рацион № 2. Извлечение из клетки сопровождалось принятием животными оборонительной позы, попыткой укуса руки экспериментатора. Тем не менее, масса тела у животных этой группы увеличилась на 15-й день исследования ($p \leq 0,02$). Аналогичные результаты были получены в группах животных, получавших рационы № 1 и 3 (табл. 2).

Таблица 2

Динамика массы тела экспериментальных животных ($M \pm m$)

Рацион	Масса тела, г			Прирост массы, %
	Дни исследования			
	Контроль n = 30	15-й n = 10	30-й n = 10	
Стандартный	264,4±5,5	278,5±3,1*	306,0±4,5*	5,3/15,7
№ 1		270,9±3,3	288,4±8,4*	2,5/9,1
№ 2		279,8±5,6*	298,6±5,4*	5,8/12,9
№ 3		280,5±3,9*	300,7±3,3*	6,1/13,8

Примечание. * Достоверные отличия от контрольной группы, $p \leq 0,02$, LSD-тест.

Несмотря на значительную разницу в качественном составе рационов и их энергетическую ценность, к 30-му дню эксперимента у всех животных увеличилась масса тела, что объясняется свободным доступом к пище. Следует отметить более низкий процент прироста массы тела в группе животных, получавших рацион № 2, в котором было меньше белка и жира. Вероятно, этим объясняются и поведенческие реакции животных, отличавшихся агрессивностью (табл. 2).

После ночного голодания через 15 и 30 сут была определена гликемия, которая была достоверно выше у животных, получавших рационы № 1–3 (рис. 1).

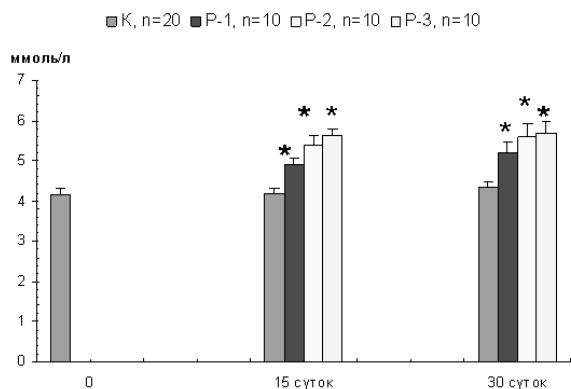


Рис. 1. Влияние рационов на гликемию у крыс: * достоверные отличия по сравнению с контрольной группой, $p \leq 0,05$, тест Вилкоксона

Мы считаем, что соотношение усвояемых и неусвояемых полисахаридов в многокомпонентных кашах способствовало поддержанию более высокого уровня гликемии натощак, что согласуется с литературными данными [7].

Расчеты показали, что содержание углеводов в рационах составляло 0,03 г/г массы, поэтому представлялось важным исследовать ход гликемической кривой после приема корма.

После поедания 30 г каши и корма восходящее колено гликемической кривой в контрольной группе свидетельствовало о быстром всасывании образовавшейся глюкозы (рис. 2).

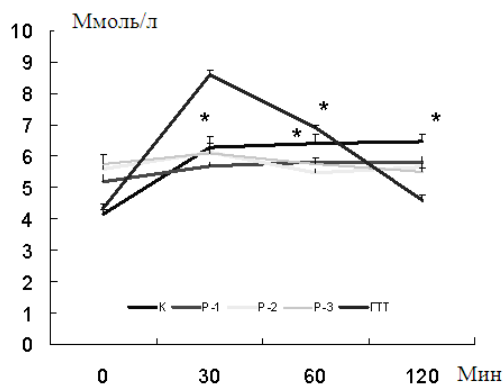


Рис. 2. Постпрандиальная гликемия и тест толерантности к глюкозе у экспериментальных животных ($M \pm m$): * достоверные отличия по сравнению с 0 мин, тест Уилкоксона, $p < 0,01$

Обнаруженный факт можно было бы оценить как неблагоприятный, поскольку в ответ на быстрое поступление глюкозы бета-клетки поджелудочной железы не только секретируют инсулин в кровь, но и синтезируют его в большом количестве. Нагрузку на инсулярный аппарат поджелудочной железы возрастает. Однако постпрандиальная гликемия соответствовала величинам физиологической нормы для крыс

[12]. Этот уровень гликемии сохранялся в течение всего периода наблюдений и через два часа не возвращался к исходным значениям, что свидетельствует о длительном переваривании корма и постепенном всасывании углеводов.

У животных, получавших каши, содержание глюкозы в крови практически не изменялось в течение всего периода наблюдения. Прирост гликемии был более низким по сравнению с контрольной группой, а к 60-й мин концентрация глюкозы возвращалась к исходным величинам. На этом основании можно сделать заключение, что каши из многокомпонентных крупяных смесей характеризуются низким гликемическим индексом.

Представлялось важным сравнить постпрандиальные гликемические кривые во всех группах с реакцией организма животных на введение глюкозы в количестве, соответствующем содержанию углеводов в рационе. Поскольку крысы этой группы получали стандартный виварный рацион, величина гликемии натощак у них была такой же, как в контрольной группе (рис. 2). После введения глюкозы её концентрация в крови достигала пиковых значений через 30 мин и значительно превышала соответствующие величины у животных в группах № 1–3 ($p \leq 0,01$). Скорость всасывания глюкозы, судя по восходящему колену кривой, была наибольшей по сравнению со всеми группами животных. Пик концентрации зафиксирован на 30-й мин, что согласуется с результатами других авторов [13, 14]. К 60-й мин содержание глюкозы в крови существенно снизилось, но превышало соответствующие значения во всех группах ($p \leq 0,01$). Через два часа содержание глюкозы вернулось к первоначальным значениям. Одним из показателей, свидетельствующих о состоянии углеводного обмена, является коэффициент Бодуэна, или гипергликемический коэффициент, – отношение содержания глюкозы через 30 или 60 мин (берется наибольшая величина) к её уровню натощак (в норме не выше 1,7).

Таблица 3

Величина гипергликемического коэффициента

Рацион	Гипергликемический коэффициент
Стандартный виварный (контроль)	1,52±0,03
Рацион № 1	1,10±0,06
Рацион № 2	1,10±0,07
Рацион № 3	1,07±0,03
ГТТ	1,98±0,11

Судя по полученным данным, состояние углеводного обмена и величины коэффициента Бодуэна во всех группах животных, за исключением получавших раствор глюкозы, соответствовало физиологическим величинам [14, 15].

Произведенные расчеты позволяют сделать вывод о том, что все каши из крупяных смесей можно отнести к продуктам с низким гликемическим индексом (табл. 3). Сделанный вывод согласуется с

рядом рекомендаций по питанию, в которых значения ≥ 70 характеризуют продукты с высоким, 55–69 – средним – и ≤ 55 – низким гликемическим индексом [16].

Таким образом, на основании проведенных исследований кулинарные изделия из смеси круп № 1, 2, 3 можно рекомендовать для организации функционального питания, которое предусматривает потребление продуктов с низким гликемическим индексом.

Таблица 3

Гликемические индексы рационов экспериментальных животных ($M \pm m$)

Рацион	Гликемический индекс
Стандартный виварный (контроль)	76,2 \pm 4,35
Рацион № 1	55,6 \pm 3,1
Рацион № 2	55,9 \pm 3,4
Рацион № 3	53,6 \pm 1,5

Список литературы

1. Лобыкина, Е.Н. Гликемический индекс продуктов и использование его в диетотерапии ожирения / Е.Н. Лобыкина, В.З. Колтун, О.И. Хвостова // Вопросы питания. – 2007. – Т. 76, № 1. – С. 14–22.
2. Jenkins, D.J.A. The glycaemic response to carbohydrate foods / D.J.A. Jenkins, T.M.S. Wolever, A.L. Jenkins // Lancet. – 1984. – Vol. 2. – P. 388–391.
3. Влощинский, П.Е. Структура питания и толерантность к глюкозе у жителей Севера / П.Е. Влощинский, А.Р. Колпаков // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – С. 17–21.
4. Jenkins, D.J.A. Lente carbohydrate: a newer approach to the dietary management of diabetes / D.J.A. Jenkins // Diabetes Care. – 1982. – № 5. – P. 634–641.
5. The glycaemic index of foods tested in diabetic patients: a new basis for carbohydrate exchange favouring the use of legumes / D.J.A. Jenkins, T. Wolever, A.L. Jenkins et al. // Diabetologia. – 1983. – № 24. – P. 257–264.
6. Jenkins, D.J.A., Wolever T.M.S., Jenkins A.L. // J. Am. Coll. Nutr. – 1987. – Vol. 6, № 1. – P. 11–17.
7. Effect of adding the novel fiber, PGX, to commonly consumed foods on glycemic response, glycemic index and GRIP: a simple and effective strategy for reducing post prandial blood glucose levels – a randomized, controlled trial / Alexandra, L. Jenkins, Veronica Kacinik, Michael Lyon and Thomas MS Wolever // Nutrition Journal. – 2010. – Vol. 9. – P. 58.
8. Кендыш, И.Н. Регуляция углеводного обмена / И.Н. Кендыш. – М.: Медицина, 1985. – 272 с.
9. Ньюсхолм, Э. Регуляция метаболизма / Э. Ньюсхолм, К. Старт. – М.: Мир, 1977. – 285 с.
10. Копаладзе, Р.Е. Регламентация экспериментов на животных – этика, законодательство, альтернативы / Р.Е. Копаладзе // Успехи физиол. наук. – 1998. – Т. 29, № 4. – С. 74–92.
11. Ковалев, Н.И. Пути повышения биологической ценности кулинарных изделий и готовых блюд / Н.И. Ковалев, Н.Н. Карцева, Н.С. Краснова // Пути снижения потерь пищевых продуктов при хранении и совершенствования технологии продуктов общественного питания: сб. науч. тр. – Л., 1982. – С. 160–173.
12. Насанова, О.Н. Влияние водных экстрактов крапивы двудомной, лопуха большого, одуванчика лекарственного и галеги лекарственной на гипергликемию и гиперлипидемию при экспериментальном сахарном диабете типа 2 / О.Н. Насанова // Бюллетень сибирской медицины. – 2011. – № 3. – С. 87–90.
13. Гипогликемические свойства экстракта Гимнемы лесной / Д.Ю. Агарков и др. // Вестник ВолГМУ. – 2007. – № 1 (21). – С. 79–82.
14. Волчегорский, И.А. Инсулинпотенцирующее действие антиоксидантов при экспериментальном сахарном диабете / И.А. Волчегорский, Л.М. Рассохина, И.Ю. Мирошниченко // Проблемы эндокринологии. – 2010. – № 2. – С. 27–35.
15. Селятицкая, В.Г. Активность адренкортикальной системы у крыс с высокой и низкой устойчивостью к диабетогенному действию аллоксана / В.Г. Селятицкая, Н.А. Пальчикова, Н.В. Кузнецова // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 3. – С. 142–147.
16. Nutrition recommendations and interventions for diabetes: a position statement of the American Diabetes Association // Diabetes Care. – 2008. – № 31, suppl. 1. – Jan. – P. 61–78.

НОУ ВПО Центросоюза Российской Федерации
«Сибирский университет потребительской кооперации»,
630087, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 26.
Тел/факс: (383) 314-00-39,
e-mail: common@sibupk.nsk.su

SUMMARY**P.E. Vloschinsky, I.P. Berezovikova, A.R. Kolpakov, N.G. Klebleeva****EFFECT OF MULTICOMPONENT CEREAL MIXTURES ON GLUCOSE LEVEL
IN EXPERIMENTAL ANIMALS' BLOOD**

The comparison of postprandial glycemic curves of animals' response to the introduction of an aqueous glucose solution into the stomach with a probe in the amount corresponding to the intake of carbohydrates has been carried out. The rate of absorption of glucose and its concentration in the blood of animals of this group at the 30-th and 60-th minutes of the experiment was significantly higher than that in the blood of the animals fed with porridges from multi-component forage and leguminous cereals. Basing on the calculation of hyper- and hypoglycemic indices it has been concluded that experimental diets containing porridges from multicomponent cereal mixtures are foods with a low glycemic index and can be classified as functional foods.

Cereal mixtures, glucose level in blood, functional foods.

Siberian University of Consumer Cooperation,
26, pr. K. Marx, Novosibirsk, 630087, Russia.
Phone/fax: +7(383) 314-00-39,
e-mail: common@sibupk.nsk.su

Дата поступления: 01.07.2013

