

ИЗМЕНЕНИЕ ИОННОГО РАВНОВЕСИЯ У КРЫС С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ НА ФОНЕ ИШЕМИИ МОЗГА В УСЛОВИЯХ НИЗКОГОРЬЯ

А.А. Фудашкин, А.В. Корнеева, Г.А. Захаров

Представлены данные изменений электролитного состава в тканях у крыс в условиях низкогорья, которые были более выражены у животных с сахарным диабетом на фоне ишемии мозга.

Ключевые слова: сахарный диабет; ишемия; электролиты.

Для нормального функционирования многих биологических процессов необходим нормальный обмен ионов между клеткой и клеточной средой,

в частности ионов калия и натрия. При сахарном диабете имеются нарушения всех видов обмена веществ, которые регулируются самими электро-

литами либо происходят с их участием [1]. При связывании инсулина с рецептором, происходит не только активация аденилатциклазной системы, но и Na⁺K⁺-АТФазы. Таким образом, инсулин стимулирует транспорт калия внутрь клетки [2]. В свою очередь, калий оказывает существенное влияние на потенциал клеточной мембраны и внутриклеточные ферментативные процессы. Обеспечивая изменение мембранного потенциала, АТФ-чувствительные калиевые каналы участвуют в регуляции обменных процессов в разных тканях, включая β-клетки, сердце, скелетные мышцы, ткань мозга. В β-клетках они регулируют индуцируемую глюкозой секрецию инсулина [3, 4]. Исследования на грызунах выявили важную роль этих каналов в качестве метаболических сенсоров при возникновении таких метаболических стрессов, как гипергликемия, ишемия и гипоксия [5].

Материал и методы исследования. Исследование проводилось на 40 беспородных крысах массой 150–170 г. Опыты были проведены в г. Бишкек (760 м над ур. м.) на четырех группах животных: 1-я – здоровые (контроль); 2-я – с перевязкой левой сонной артерии; 3-я – с аллоксановым сахарным диабетом, моделируемым однократным внутрибрюшным введением аллоксана (170 мг/кг массы тела); 4-я – с аллоксановым диабетом, моделируемым на четвертый день после перевязки сонной артерии. Определение содержания электролитов (Na⁺, K⁺) проводилось на пламенном фотометре ПФМ-УХЛ 4.2 по методу А.Г. Руммель и А.Ф. Баженовой (1967) в тканях головного мозга, поджелудочной железы, печени, сердца и почках.

Результаты и их обсуждение. Данные, полученные в тканях мозга, показали, что во 2-й группе

концентрация ионов K⁺ незначительно снизилась (до 41,0 ± 2,8 от контроля в 44,4 ± 1,6 ммоль/100 гр сухой ткани). В большей степени произошло снижение ионов Na⁺ (на 10,8 ммоль, P < 0,001), что привело к повышению K⁺/Na⁺ коэффициента по сравнению с 1-й группой на 0,7 усл. ед (P < 0,001). В 3-й группе отмечалась тенденция к еще большему снижению ионов K⁺ и Na⁺ и был несколько выше K⁺/Na⁺ коэффициент (таблица 1).

Наиболее выраженные изменения в электролитном балансе, особенно Na⁺, произошли в четвертой группе, по сравнению с контролем и другими группами. Поэтому K⁺/Na⁺ коэффициент повысился до 2,4±0,07 усл.ед. (P<0,001).

Изучение содержания электролитов в поджелудочной железе показало, что уровень K⁺ во 2-й группе с перевязкой сонной артерии по сравнению с контрольной группой (16,9 ± 1,9) повысился и составил 27,6 ± 2,7 ммоль/100 гр сухой ткани (P < 0,01), а Na⁺ несколько снизился (с 12,2 ± 1,1 до 10,7 ± 0,5 ммоль/100 гр сухой ткани). В связи с этим в 2 раза увеличился K⁺/Na⁺ коэффициент и составил 2,6 ± 0,05 усл. ед. В 3-й группе с экспериментальным сахарным диабетом содержание ионов калия находилось на достоверно высоком уровне и соответствовало значению во 2-й группе. Изучение уровня Na⁺ показало, что его содержание достоверно не изменилось и находилось в пределах показателей контрольной группы. В то же время имело место небольшое повышение K⁺/Na⁺ коэффициента до 1,9 ± 0,09 усл. ед.

В 4-й группе с сахарным диабетом на фоне ишемии мозга мы отметили самое высокое содержание ионов калия по сравнению с 2-й и 3-й группами, которое составило 31,0 ± 1,7 ммоль/100 гр

Таблица 1 – Изменение содержания электролитов (M±m) в тканях (ммоль/100 гр сухой ткани) и K/Na коэффициента (усл. ед.) в опытных группах крыс в условиях низкогогорья

Группы	Показатель	Мозг	Поджелудочная железа	Печень	Сердце	Почки
1-я группа, n = 10	Калий	44,4±1,6	16,9±1,9	26,6±1,0	28,8±0,8	20,0±1,4
	Натрий	28,4±1,4	12,2±1,1	19,7±0,6	16,1±1,0	16,4±1,2
	K/Na коэффициент	1,6±0,1	1,3±0,02	1,35±0,1	1,6±0,08	1,2±0,01
2-я группа, n = 10	Калий	41,0±2,8	27,6±2,7*	25,6±0,5	30,3±0,7	25,9±1,0*
	Натрий	17,6±1,5*	10,7±0,5	7,7±0,3*	15,7±1,0	21,0±1,5*
	K/Na коэффициент	2,3±0,15*	2,6±0,05*	3,4±0,3*	1,9±0,1*	1,3±0,1
3-я группа, n = 10	Калий	35,3±1,7*	27,8±3,6*	28,3±3,1	28,6±0,9	23,2±1,6
	Натрий	19,5±0,4*	12,7±1,4	9,4±0,4*	16,4±0,6	17,7±0,8
	K/Na коэффициент	1,9±0,09*	1,9±0,09*	3,1±0,1*	1,7±0,1	1,3±0,06
4-я группа, n = 10	Калий	35,1±1,3*	31,0±1,7*	25,6±0,6	29,6±1,4	23,3±1,0
	Натрий	16,5±1,8*	11,9±0,08	10,9±0,7*	16,5±1,1	21,5±1,5*
	K/Na коэффициент	2,4±0,07*	2,97±0,1*	2,9±0,2*	1,9±0,2	1,2±0,1

Примечание: * – изменения достоверны по сравнению со здоровыми низкогогорными животными (P < 0,05).

сухой ткани ($P < 0,001$). В то же время концентрация натрия практически не отличалась от показателя контрольной группы. K^+/Na^+ коэффициент по сравнению со всеми группами был самым высоким ($2,97 \pm 0,1$ усл. ед., $P < 0,001$).

В ткани печени содержание K^+ во 2-й группе находилось в пределах нормальных значений. В то же время отмечается значительное снижение концентрации ионов натрия (до $7,7 \pm 0,3$ ммоль/100 гр сухой ткани, $P < 0,001$). Это, в свою очередь, привело к повышению K^+/Na^+ коэффициента до $3,4 \pm 0,3$ усл. ед. (при норме в $1,35 \pm 0,1$, $P < 0,001$). В 3-й и 4-й группах по сравнению с контролем также отмечалось снижение концентрации Na^+ при нормальном уровне ионов K^+ . В связи с этим имело место достоверное повышение K^+/Na^+ коэффициента.

В сердечной мышце существенных отличий концентрации натрия и калия в исследуемых группах по сравнению с контрольной группой мы не отметили. В незначительной степени повысилась концентрация ионов калия, что привело к небольшому повышению K^+/Na^+ коэффициента во 2-й и 4-й группах до 1,9 усл. ед. при контрольном значении – 1,6 усл. ед.

В тканях почки мы наблюдали следующую картину. Во всех опытных группах содержание ионов калия и натрия по сравнению с контрольной группой было незначительно повышено в равной степени, что практически не повлияло на K^+/Na^+ коэффициент, который находился в пределах нормы. Изучение содержания K^+ в 3-й группе показало, что у животных также наблюдалось небольшое повышение ионов калия до $23,2 \pm 1,6$ и Na^+ до $17,7 \pm 0,8$, против контроля ($20,0 \pm 1,4$ и $16,4 \pm 1,2$ ммоль/100 гр сухой ткани). Поэтому K^+/Na^+

коэффициент находился в пределах нормальных значений. В 4-й группе по сравнению с контрольной группой особых изменений мы не отметили.

Выводы

1. Полученные нами результаты свидетельствуют о выраженных сдвигах в ионном равновесии в тканях головного мозга, поджелудочной железы, печени и менее значимых тканях сердца и почек в опытных группах по сравнению с контролем.

2. Повышение K^+/Na^+ коэффициента за счет высокой концентрации ионов калия на фоне нормального уровня ионов натрия в 4-й группе выражено в большей степени по сравнению со 2-й и 3-й группами.

Литература

1. Аметов А.С. Физиология метаболизма глюкозы / А.С. Аметов // Сахарный диабет 2 типа: проблемы и решения. М., 2011. С. 21–51.
2. Дедов И.И. Сахарный диабет: развитие технологий в диагностике, лечении и профилактике (пленарная лекция) / И.И. Дедов // Сахарный диабет. 2010. № 3 (48). С. 6–13.
3. Макшанова Г.П. Влияние высокогорного климата и иммобилизации на водно-электролитный состав органов и тканей крыс с различной устойчивостью к гипоксии: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Г.П. Макшанова. Фрунзе, 1988. 29 с.
4. Ионова В.Г. Реологические свойства крови при ишемических нарушениях мозгового кровообращения / В.Г. Ионова, З.А. Суслина // Неврол. журнал. 2002. № 3. С. 4–9.
5. Seino S., Miki T. KATP channels as metabolic sensors: protective roles against acute metabolic changes / S. Seino, T. Miki // Medicographia. 2005. Vol. 27. № 4.