

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 внутривентральным 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 $41,0 \pm 2,8$ от контроля в $44,4 \pm 1,6$ 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 $2,4 \pm 0,07$ 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 ($16,9 \pm 1,9$) повысился и составил $27,6 \pm 2,7$ ммоль/100 гр сухой ткани ($P < 0,01$), а Na^+ несколько снизился (с $12,2 \pm 1,1$ до $10,7 \pm 0,5$ ммоль/100 гр сухой ткани). В связи с этим в 2 раза увеличился K^+/Na^+ коэффициент и составил $2,6 \pm 0,05$ 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 $1,9 \pm 0,09$ 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 $31,0 \pm 1,7$ ммоль/100 гр

Таблица 1 – Изменение содержания электролитов ($M \pm m$) 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	$44,4 \pm 1,6$	$16,9 \pm 1,9$	$26,6 \pm 1,0$	$28,8 \pm 0,8$	$20,0 \pm 1,4$
	Натрий	$28,4 \pm 1,4$	$12,2 \pm 1,1$	$19,7 \pm 0,6$	$16,1 \pm 1,0$	$16,4 \pm 1,2$
	K/Na коэффициент	$1,6 \pm 0,1$	$1,3 \pm 0,02$	$1,35 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,08$	$1,2 \pm 0,01$
2-я группа, n = 10	Калий	$41,0 \pm 2,8$	$27,6 \pm 2,7^*$	$25,6 \pm 0,5$	$30,3 \pm 0,7$	$25,9 \pm 1,0^*$
	Натрий	$17,6 \pm 1,5^*$	$10,7 \pm 0,5$	$7,7 \pm 0,3^*$	$15,7 \pm 1,0$	$21,0 \pm 1,5^*$
	K/Na коэффициент	$2,3 \pm 0,15^*$	$2,6 \pm 0,05^*$	$3,4 \pm 0,3^*$	$1,9 \pm 0,1^*$	$1,3 \pm 0,1$
3-я группа, n = 10	Калий	$35,3 \pm 1,7^*$	$27,8 \pm 3,6^*$	$28,3 \pm 3,1$	$28,6 \pm 0,9$	$23,2 \pm 1,6$
	Натрий	$19,5 \pm 0,4^*$	$12,7 \pm 1,4$	$9,4 \pm 0,4^*$	$16,4 \pm 0,6$	$17,7 \pm 0,8$
	K/Na коэффициент	$1,9 \pm 0,09^*$	$1,9 \pm 0,09^*$	$3,1 \pm 0,1^*$	$1,7 \pm 0,1$	$1,3 \pm 0,06$
4-я группа, n = 10	Калий	$35,1 \pm 1,3^*$	$31,0 \pm 1,7^*$	$25,6 \pm 0,6$	$29,6 \pm 1,4$	$23,3 \pm 1,0$
	Натрий	$16,5 \pm 1,8^*$	$11,9 \pm 0,08$	$10,9 \pm 0,7^*$	$16,5 \pm 1,1$	$21,5 \pm 1,5^*$
	K/Na коэффициент	$2,4 \pm 0,07^*$	$2,97 \pm 0,1^*$	$2,9 \pm 0,2^*$	$1,9 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,1$

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.