

УДК 340.67 : 615.099 : 615.22

## СМЕРТЬ ПРИ ИНГАЛЯЦИИ БУТАНА

Г.С. Тархнишвили<sup>1,2</sup>,  
В.А. Клевно<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ГБУЗ Московской области «Бюро судебно-медицинской экспертизы», 111401, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>ГБУЗ МО МОНКИ им. М.Ф. Владимирского, ФУВ кафедра судебной медицины, РФ, 129110, г. Москва, Российская Федерация

**В**связи с повсеместным распространением табакокурения и аксессуаров для него множество подростков в мире и в нашей стране ингалируют газ для заправки зажигалок (бутан) – данное явление носит название «сниффинг», при этом встречаются случаи внезапной смерти при совершении активных действий. Это связано с тем, что бутан является ингаляционным наркотиком и сенсibiliзирует миокард к аритмогенным эффектам катехоламинов. В экспериментах на крысах был показан аритмогенный и вторичный ишемический эффект при ингаляции бутана. Смерть наступает в результате внезапно возникших аритмий.

**Ключевые слова:** бутан, ингаляционный наркотик, аритмия.

**Введение.** На сегодняшний день все большую актуальность приобретают вопросы химической безопасности в связи с увеличением использования в промышленности и быту химических веществ, представляющих токсическую опасность для организма человека.

В связи с повсеместным распространением табакокурения в мире и в нашей стране повсеместно общедоступны аксессуары для табакокурения, в том числе и баллоны для заправки зажигалок. Содержащийся в них газ (бутан) подростки ингалируют с целью достижения эйфории. В зарубежной литературе данное явление получило название «сниффинг» и известно оно еще с семидесятых годов прошлого столетия [1].

Бутан, как и остальные низшие члены его гомологического ряда, является ингаляционным наркотиком [2]. На сегодняшний день единой общепринятой теории наркоза не существует, однако, наиболее доказательной и общепринятой является мембранная теория наркоза, согласно которой, молекулы анестетика влияют на мембраны клеток, изменяя потенциал действия, что наиболее выражено в центральной нервной системе и кардиомиоцитах обладающих функцией проводимости [3]. В результате происходит сенсibiliзация миокарда к аритмогенным эффектам катехоламинов (адреналина), один из механизмов которой связан с нарушением обмена кальция [4].

На сегодняшний день бутан является одним из самых часто используемых токсикантов, при употреблении которых наступала смерть детей в Московской области. Известное количество случаев отравления бутаном у детей, превышает

показатели смертельного отравления этиловым спиртом и наркотическими веществами по Московской области в десять раз [5].

**Материалы и методы исследования.** Были изучены 34 акта судебно-медицинского исследования и заключения эксперта из архива Московского областного бюро судебно-медицинской экспертизы, в период с 2007 по 2016 годы. Критериями выбора являлись анамнестические данные об употреблении бутана из баллонов для заправки зажигалок (аэрозолей) перед смертью и обнаружение бутана при посмертном судебно-химическом исследовании.

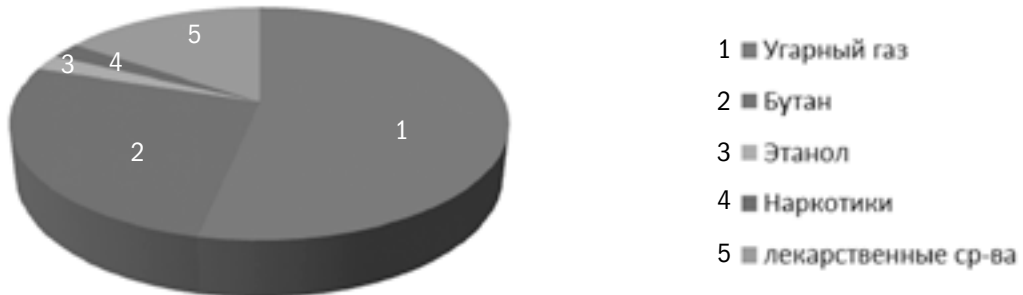
Для моделирования остро наступившей смерти при ингаляции бутан-содержащих газовых смесей, были проведены эксперименты на лабораторных животных. Эксперименты проводились на 40 крысах, самцах линии Вистар, массой 300-350 г.

При обработке архивного материала мы вычленили случаи, когда имелись достоверные сведения о совершении потерпевшими активных действий перед смертью, а также условий для эмоционального волнения (условия для гипердреналинемии).

Из всей выборки в 26 (76,5%) случаях нам удалось изучить обстоятельства, при которых произошла смерть подростка, при этом во всех случаях (100%) были установлены сведения о совершении активных действий подростками после ингаляции бутана, непосредственно перед наступлением смерти. В остальных случаях достоверные анамнестические данные обнаружить не удалось, в связи с чем, группа с известным анам-

Тархнишвили Георгий Сергеевич (Tarkhnishvili Georgij Sergeevich), заведующий Химкинским судебно-медицинским отделением ГБУЗ МО Бюро СМЭ, аспирант кафедры судебной медицины ФУВ, ГБУЗ МО МОНКИ им. М.Ф. Владимирского, tarkhnishvili@sudmedmo.ru  
Клевно Владимир Александрович (Klevno Vladimir Aleksandrovich), д.м.н., начальник ГБУЗ МО Бюро СМЭ, профессор, заведующий кафедрой судебной медицины ФУВ, ГБУЗ МО МОНКИ им. М.Ф. Владимирского, vladimir.klevno@yandex.ru

### Смертельные отравления среди детей в 2016 году в Московской области



незом, нами была выделена из основной выборки в отдельную, для более детального анализа. При анализе обстоятельств происшествия мы выделяли случаи, где имелись условия для так называемого «спугивания» подростков ингалирующих бутан. Спугивание сопровождается эмоциональным волнением и соответственно создает условия для гипердреналинемии. Спугивающими факторами выступали подъехавшие на остановку, где сидели подростки, сотрудники полиции или подошедшие в торговом центре или на рынке сотрудники охраны; пришедшие домой, либо внезапно позвонившие родители; опасность попасться учителю в учебном классе во время перемены; громко лопнувший в подъезде воздушный шарик и крики соседей. Другими факторами для гипердреналинемии являлись различные виды физической активности: бег, активный спуск по лестничному маршу и т.д. Всего случаев сопровождающихся активной гипердреналинемией оказалось 13, что составило 50% от рассматриваемой выборки. В оставшихся 13 (50%) случаях гипердреналинемия была связана с эмоциональным фоном – при общении с присутствующими подростками, либо с общим галлюцинаторным фоном, вследствие ингаляции бутана.

При анализе медицинской документации мы выделили ряд макроскопических и микроскопических признаков, которые, на наш взгляд, имеют наибольшее применение и значение. (табл. 1)

Как видно из приведенных данных, морфологическими признаками с наибольшей вероятностью являлись, так называемые, признаки быстро наступившей смерти (жидкое состояние крови, полнокровие внутренних органов, пятна Тардье), признаки острой сердечной недостаточности (отек стромы миокарда, фрагментация кардиомиоцитов, отек легких), при этом фрагментация кардиомиоцитов указывает на фибрилляцию желудочков. Указанная морфологическая картина в сочетании с выявляемым повышен-

ным уровнем тропонина I в крови, указывают на острую смерть при явлениях фибрилляции желудочков и вторичного ишемического повреждения кардиомиоцитов.

Для моделирования остро наступившей смерти при ингаляции бутан-содержащих газовых смесей, были проведены эксперименты на лабораторных животных. Эксперименты проводились на 40 крысах, самцах линии Вистар, массой 300-350 г для моделирования острого отравления животные помещались в фиксирующее устройство (модернизированная автором пластиковая бутылка объемом 0,5 л). После того, как животное успокаивалось, на лапы наносился гель, после чего закреплялись электроды типа «крокодил». Производилась электрокардиография в I, II, III стандартных отведениях. После животное помещалось в затравочную камеру, куда вводился бутан из баллона для заправки зажигалок. По массе введенного газа рассчитывалась концентрация его в затравочной камере. Для исключе-



Рис. 2. Экспериментальное животное в фиксирующем устройстве при электрокардиографии.

**Морфологические признаки и их вероятности**

<b>Морфологические признаки</b>	<b>вероятность</b>
<b>Наружные признаки</b>	
Наличие признаков рвоты	0,32
Наличие пены в дыхательных путях	0,38
Цианоз лица	0,65
Вздутие живота	0,06
<b>Внутренние признаки</b>	
Эмфизема легких	0,26
Жидкое состояние крови	1,0
Пятна Тардые	0,91
Макроскопически – отек легких.	0,85
Макроскопически – отек мозга.	0,35
Полнокровие внутренних органов	1,0
<b>Микроскопические признаки</b>	
Отек стромы миокарда	0,85
фрагментация кардиомиоцитов	0,85
Контрактурные изменения кардиомиоцитов	0,38
Миолиз кардиомиоцитов	0,09
Волнообразная деформация кардиомиоцитов	0,5
Иные острые дистрофические изменения кардиомиоцитов	0,56
Микроскопически - отек легких.	0,91
Микроскопически – отек мозга.	0,91
<b>Данные биохимического исследования</b>	
Гипогликемия крови (до 3,3 ммоль/л)	0,19
Нормогликемия крови (3,3-7,8 ммоль/л)	0,13
Гипергликемия крови (свыше 7,8 ммоль/л)	0,69
Тропонин I (свыше 6 нмоль/л)	1,0

Таблица 2

**Показатели сердечной деятельности интактной группы крыс**

Показатель	PQ (мс)	QRS(мс)	QT(мс)	R (mV)	S (mV)	ST (mV)	ЧСС
Среднее значение	28,5	41,7	81,1	0,25	0,042	0,1525	521,9
Отклонение	2,5	2,7	3,1	0,03	0,02	0,0235	13,86

Таблица 3

**Показатели сердечной деятельности крыс при ингаляции бутана**

Показатель	PQ (мс)	QRS(мс)	QT(мс)	R (mV)	S (mV)	ST (mV)	ЧСС
Среднее значение	45	77,5	109,5	0,575	0,24	0,305	535,5
Отклонение	2	4,5	5,6	0,11	0,072	0,047	18

Таблица 4

**Показатели сердечной деятельности крыс с отравлением бутаном в сочетании с действием адреналина**

Показатель	PQ (мс)	QRS(мс)	QT(мс)	R (mV)	S (mV)	ST (mV)	ЧСС
Среднее значение	23,5	78	112,5	0,71	0,37	0,34	587,2
Отклонение	4,2	4,8	6,5	0,188	0,08	0,06	17,92

ния гипоксии в затравочную камеру добавлялся чистый кислород. Производилось наблюдение с фиксацией состояния животного, во время всего эксперимента, с записью ЭКГ на ключевых этапах.

Из приведенных выше данных (табл. 2,3) следует, что в наибольшей степени при ингаляции бутана страдает проведение импульса по желудочкам и фаза реполяризации желудочков, что проявляется удлинением интервала QT. Интервал QT отражает продолжительность электрической активности миокарда желудочков, как в фазу деполяризации, так и реполяризации, а его удлинение — означает замедленную и асинхронную реполяризацию миокарда желудочков [6].

В следующем эксперименте животным, перед ингаляцией бутана, вводился внутривенно эпинефрин (адреналин) с целью моделирования стрессовой гиперadreналиемии. Эпинефрин вводился в дозе 50 мкг/кг - максимальная доза эпинефрина не вызывающая некроз миокарда.

Как видно из приведенных данных (табл. 4) бутан в сочетании с адреналином еще больше удли-

няет интервал QT, увеличивает амплитуду зубцов R и S, сегмента ST.

Таким образом, достоверные данные, указывающие на токсическое действие бутана на миокард и проводящую систему сердца следующие: удлинение длительности интервала PQ в 1,6 раза; удлинение длительности комплекса QRS в 1,9 раза; удлинение длительности интервала QT в 1,4 раза; увеличение амплитуды зубца R в 2,3 раза; увеличение амплитуды зубца S в 5,7 раза.

Для пяти экспериментальных животных мы создали условия смерти при гипоксии и гиперкапнии, путем помещения животного в практически герметичную камеру. На всем протяжении мы производили кардиомониторинг и наблюдение. У всех экспериментальных животных наблюдалась однотипная картина, характерная для смерти от гипоксии. Наблюдалось нарастающее тахипноэ, которое через 10-12 минут сменялось постепенным урежением дыхания и утратой сознания с исходом в апноэ на 20-24 минуте эксперимента. На электрокардиограмме, после непродолжительного незначительного учащения частоты сердеч-

ных сокращений, наблюдалось постепенное урежение ЧСС, снижение амплитуды зубцов. ЭКГ к моменту апноэ представляло собой редкий сердечный ритм с частотой около 80-115 ударов в минуту.

#### Выводы.

Проведенное нами исследование показывает, что смерть при ингаляции бутана наступает внезапно, чаще всего при совершении активных действий или «спугивании», эмоциональном волнении подростков и детей, либо иных условиях сопровождающихся гиперadreналиемией. Морфологическая картина умерших при ингаляции бутана характеризуется признаками быстро наступившей смерти, в сочетании с признаками острой сердечной недо-

статочности, сопровождающейся фибрилляцией желудочков и вторичным ишемическим повреждением кардиомиоцитов. Бутан sensibilizes миокард к аритмогенным эффектам катехоламинов, что было показано нами в экспериментах на крысах. Наличие столь выраженных изменений в проводящей системе крысы, как низшего млекопитающего, хорошо объясняют фатальный характер электрофизиологических изменений в миокарде человека при ингаляции бутана. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что при оказании медицинской помощи больным с подозрением на отравление бутан-содержащими газовыми смесями, применение катехоламинов категорически противопоказано.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bass M. "Sudden sniffing death". 1970. JAMA. 212 (12): 2075-2079.
2. Лазарев Н.В. Вредные вещества в промышленности. Москва «Химия» 1976г. Т-1 с 11-14.
3. Тархнишвили Г.С. Кислов М.А. Электрокардиографические особенности при ингаляции бутана.

4. Чекман И.С. Горчакова Н.А. Казак Л.И. и др. Фармакология. Винница. Новая книга. 2013. С134-138.
5. Клевно В.А., Крупина Н.А., Заторкина О.Г. и др. Мониторинг острых отравлений химической этиологии (по материалам Бюро судебно-медицинской экспертизы Московской области). М.: Ассоциация СМЭ, 2016.

6. Ушкалова, Е.А. Лекарственные средства и интервал QT / Е. А. Ушкалова // Фарматека. – 2001. – № 7. – С. 45-53.

## REFERENCES:

1. Bass M. «Sudden sniffing death». 1970. JAMA. 212 (12): 2075-2079.
2. Lazarev N.V. Harmful substances in industry. Moskva «Himiya» 1976g. T-1 s 11-14. (in Russian).
3. Tarhishvili G.S. Kislov M.A. Electrocardiographic features of butane inhalation. Vestnik medicinskogo instituta «REAVIZ» (REABILITACIYA, VRACH I

- ZDOROV'Е). №3 2017. S 96-100. (in Russian).
4. Chekman I.S. Gorchakova N.A. Kazak L.I. i dr. Farmakologiya. Vinnica. Novaya kniga. 2013. S134-138. (in Russian).
5. Klevno V.A., Krupina N.A., Zatorkina O.G. i dr. Monitoring of acute poisoning of chemical etiology (based on the materials Of the Bureau of forensic

- medicine of the Moscow region). M.: Associaciya SMEH, 2016. (in Russian).
6. Ushkalova, E.A. Drugs and the QT interval / E. A. Ushkalova // Farmateka. – 2001. – № 7. – S. 45-53. (in Russian).

G.S. Tarhishvili<sup>1,2</sup>, V.A. Klevno<sup>1,2</sup>

## DEATH BY INHALATION OF BUTANE

<sup>1</sup>Bureau of Forensic and Medical Examination of the Moscow Region, 111401, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>M.F. Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute, 129110, Moscow, Russian Federation

Due to the widespread of smoking and accessories for it many teenagers in the world and in our country inhale gas for lighter refills (butane) – this phenomenon is called «sniffing». In some cases sudden death occurs at intensive actions. It is connected with the fact that butane is inhalation drug and sensitizes a myocardium to arrhythmogenic effects of catecholamines. In experiments on rats the arrhythmogenic and secondary ischemic effect at butane inhalation has been shown. Death occurs as a result of sudden arrhythmias.

**Keywords:** butane, inhalation drug, arrhythmia.

Материал поступил в редакцию 30.05.2018 г.

