

С. К. КАРАПЕТЯН, Р. А. АРУТЮНЯН

РОЛЬ ШЕЙНЫХ СИМПАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ В ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ ОРГАНИЗМА

Показано, что одномоментное двухстороннее удаление верхних шейных симпатических узлов приводит к снижению потребления кислорода и теплообразования в среднем на 41%, вершинного обмена—на 34%, а полипноэ—на 17%.

Нарушенная терморегуляторная функция организма обратима и полностью восстанавливается на третьем месяце после симпатэктомии.

В настоящее время в литературе накоплен достаточно большой экспериментальный материал, посвященный изучению роли шейного отдела симпатической нервной системы в регуляции различных физиологических функций организма [1, 2, 4, 5, 11]. Показано, что после удаления верхних шейных симпатических узлов ранее выработанные условные рефлексы исчезают в течение 5—9 месяцев, происходит десинхронизация фоновой электрической активности коры больших полушарий и ряд других изменений в центральной нервной системе.

По данным Никитиной [9], после цервикальной симпатэктомии у кроликов частота дыхания уменьшалась в среднем на 39 в мин, а частота сердца—на 30 ударов в мин.

Бунятян и др. [3] установили, что после одномоментного двухстороннего удаления шейных симпатических узлов в мозге количество цереброзидов снижается от 7,11 до 4,56 мг/г и восстанавливается на 150-й день после симпатэктомии.

В опытах Маркосяна [8] у симпатэктомированных животных свертывание крови резко замедлялось. Урганджян и Бахчиева [15] отмечают, что у симпатэктомированных собак после одномоментной вентродорзальной гемисекции в течение двух лет не восстанавливаются нарушенные опорно-двигательные функции организма.

Что касается роли вегетативной нервной системы в терморегуляции организма, то еще в 1920 году О. Шлюзе показал, что перерезка блуждающего нерва не препятствует повышению температуры тела после теплового укола.

В дальнейшем [14] было установлено, что перерезка спинного мозга в грудной части способствует повышению температуры тела после теплового укола, а перерезка спинного мозга в шейной части препятствует ее повышению.

По данным Маркосяна [8], после удаления шейных и брюшных симпатических узлов температура тела после теплового укола у кошек

не повышается. Уразов [16], изучая роль симпатической нервной системы в процессе химической терморегуляции, показал, что после абдоминальной симпатэктомии снижается потребление кислорода и терморегуляционный тонус мышц.

Урганджян [14] отмечает, что удаление брюшных симпатических узлов усиливает теплоотдачу и повышает кожную температуру задних конечностей на $2-3^{\circ}$, а температура передних конечностей при этом снижается на $10-14^{\circ}$. Восстановление температуры передних конечностей происходит в течение 30 дней после симпатэктомии.

Карапетяном и др. [6] показано, что после одномоментной двухсторонней демедулляции надпочечников в пределах термонейтральной зоны потребление кислорода и теплообразование снижается на $15-19\%$, температура тела снижается на $0,5^{\circ}$, частота дыхания и количество дыхательного воздуха—на $28,6\%$. В условиях температуры среды ниже нейтральной зоны уровень вершинного обмена у демедуллированных кроликов снижается на $17,5\%$, а интенсивность теплообразования—в два раза.

В условиях температуры среды выше нейтральной зоны интенсивность протекания второй химической терморегуляции снижается на $18,2\%$. Все нарушенные терморегуляционные показатели обратимы и восстанавливаются на 30-й день после демедулляции.

После одномоментной демедулляции обоих надпочечников и одностороннего удаления брюшных симпатических цепочек нарушенные терморегуляционные показатели восстанавливаются на 30—40-й дни [7], а после полного удаления брюшных симпатических цепочек терморегуляторная функция организма заметно нарушается и восстанавливается до исходного уровня спустя 2 месяца.

В настоящем сообщении приводятся данные по изменению терморегуляционных показателей у кроликов после одномоментного двухстороннего удаления шейных симпатических узлов; эта работа представляет собой продолжение ранее опубликованных работ.

Материал и методика. Эксперименты ставились на половозрелых кроликах весом $2,5-3,0$ кг. В опытах учитывались: потребление кислорода (QO_2), теплопродукция, метаболический коэффициент, ректальная и кожная температура, частота дыхания и количество дыхательного воздуха. QO_2 определялось в респирационной камере с автоматической подачей кислорода, а теплопродукция—при помощи калорического эквивалента Броди.

Опыты ставились в двух сериях. В первой серии все параметры изучались в норме, а во второй—после одномоментной двухсторонней цервикальной симпатэктомии. Во время каждого опыта все параметры определялись при температуре среды $15, 20, 25, 30, 35$ и 40° .

Результаты и обсуждение. Потребление кислорода и метаболический коэффициент. Исследования показали, что в пределах термонейтральной зоны ($20-30^{\circ}$) у интактных кроликов происходит стандартный обмен, и QO_2 составляет в среднем $30,7$ мл/кг/мин.

После удаления верхних шейных симпатических узлов в первые два месяца стандартный обмен снижается на $31,4\%$, и QO_2 равняется в сред-

нем 19,7—21,0 мл/кг/мин. Начиная с третьего месяца стандартный обмен постепенно повышается и в конце месяца достигает почти исходного фона. При снижении температуры среды от 20 до 15° у интактных кроликов QO_2 повышается на 11,4%. Интенсивность увеличения вершинного обмена на каждый градус снижения температуры среды в этих условиях составила 0,7 мл/кг/мин, а метаболический коэффициент равнялся 1,15.

У симпатэктомированных кроликов в первые два месяца в условиях температуры среды ниже нейтральной зоны QO_2 увеличилось всего на 4,5%, а интенсивность вершинного обмена составила 0,46 мл/кг/мин, или на 34% ниже, чем в контроле; метаболический коэффициент равнялся 1,2. В дальнейшем интенсивность химической терморегуляции постепенно повышается: через 90 дней после симпатэктомии QO_2 от 20,0 мл/кг/мин увеличилось до 25,6 мл/кг/мин, а метаболический коэффициент составил 1,22.

Изучение химической терморегуляции в условиях температуры среды выше нейтральной зоны показало, что если у интактных кроликов при температуре среды 30—35° QO_2 снижается на 5,7 мл/кг/мин, то у оперированных—в первые 30 дней этот показатель снижается на 3,7 мл/кг/мин. Через 90 дней интенсивность химической терморегуляции восстанавливается, а QO_2 снижается на 4,8 мл/кг/мин. При повышении температуры среды от 35 до 40° как у интактных, так и у симпатэктомированных животных QO_2 вновь повышается, что связано с включением в теплообмен механизма полипноэ.

Изменение теплопродукции. Установлено, что в пределах термонеutralной зоны в организме интактных животных образуется в среднем 0,153 ккал/кг/мин тепла. После экстирпации верхних шейных симпатических узлов в первые два месяца теплообразование снижается на 41,2%. В дальнейшем оно повышается и через три месяца составляет в среднем 0,128 ккал/кг/мин.

Изучение динамики теплообразования в условиях ниже нейтральной зоны показало, что если у интактных кроликов на каждый градус снижения температуры среды от 20 до 15° образуется 4,4 гкал/кг/мин тепла, то у симпатэктомированных кроликов в первые 60 дней образуется всего 2,4 гкал/кг/мин тепла.

В условиях температуры среды выше нейтральной зоны у интактных кроликов теплообразование снижается на 20, а у симпатэктомированных в первые 30 дней после операции всего на 12%.

Изменение периферической и центральной температуры тела. Опыты показали, что в первые 30 дней после операции температура тела в термонеutralной зоне у опытных животных снижается на 0,2°, температура кожи в это время повышается на 1,8°. В дальнейшем тепловой баланс организма восстанавливается и в конце второго месяца достигает исходного фона (37,8°).

При изучении сдвигов центральной и периферической температуры в условиях ниже нейтральной зоны выяснилось, что у интактных кроликов ректальная температура повышается на 0,1°, а у симпатэктомирован-

ных, наоборот, снижается на $0,1^{\circ}$, что обусловлено усилением теплоотдачи через сосуды уха. Кожная температура в этот период повышается на $1,6^{\circ}$.

Изменение частоты дыхания и количества дыхательного воздуха. Согласно полученным данным, в первые два месяца после удаления верхних шейных симпатических узлов частота дыхания в пределах термонеutralной зоны снижается от 137 до 92° , а количество дыхательного воздуха—от 0,22 до 0,18 мл/кг. Эти показатели через два месяца улучшаются, и на третьем месяце частота дыхания достигает 110, а количество дыхательного воздуха—0,25 мл/кг. Снижение температуры среды ниже нейтральной зоны на 5° приводит к снижению частоты дыхания как у intactных, так и симпатэктомизированных животных в среднем на 25 единиц. Глубина дыхания при этом повышается у intactных животных на 0,07, а у симпатэктомизированных—на 0,11 мл/кг. Одновременно выяснилось, что механизм полипноэ как у intactных, так и у симпатэктомизированных кроликов включается в процесс физической терморегуляции при температуре среды 35° и достигает максимума при температуре 40° . Однако интенсивность протекания полипноэ у симпатэктомизированных кроликов на 17% ниже, чем у intactных. Частота дыхания в период полипноэ у первых составляет 221, а у вторых—266. Результаты статистической обработки экспериментальных данных, полученные у intactных животных, приведены в табл. 1, а у симпатэктомизированных—в табл. 2.

Таблица 1

Терморегуляционные показатели у intactных кроликов в термонеutralной зоне и в условиях выше и ниже этой зоны

Показатели	Температура среды			
	15°	$20-30^{\circ}$	35°	40°
Потребление кислорода, мл/кг/мин	$34,2 \pm 1,6$ $P < 0,4$	$30,7 \pm 1,3$	$25,0 \pm 1,5$ $P < 0,05$	$28,0 \pm 1,3$ $P < 0,1$
Количество дыхательного воздуха, мл/кг	$0,26 \pm 0,01$ $P < 0,2$	$0,22 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,009$ $P < 0,05$	$0,09 \pm 0,009$ $P < 0,05$
Теплопродукция, ккал/кг/мин	$0,175 \pm 0,007$ $P < 0,4$	$0,155 \pm 0,006$	$0,123 \pm 0,007$ $P < 0,05$	$0,126 \pm 0,007$ $P < 0,8$
Частота дыхания	$114 \pm 2,7$ $P < 0,05$	$137 \pm 2,4$	$213 \pm 4,0$ $P < 0,001$	$266 \pm 2,2$ $P < 0,001$
Температура уха	$29,0 \pm 0,5$ $P < 0,9$	$31,2 \pm 0,21$	$35,3 \pm 0,12$ $P < 0,001$	$36,5 \pm 0,14$ $P < 0,001$
Температура тела	$38,88 \pm 0,03$ $P < 0,01$	$38,8 \pm 0,01$	$39,4 \pm 0,07$ $P < 0,001$	$40,3 \pm 0,02$ $P < 0,001$

Полученные данные позволяют заключить, что в первые два месяца после одномоментного двухстороннего удаления верхних шейных симпатических узлов интенсивность протекания химических терморегуляционных процессов в пределах термонеutralной зоны заметно снижа-

Таблица 2

Терморегуляционные показатели у кроликов после удаления верхних шейных симпатических узлов в термонеutralной зоне
и в условиях выше и ниже этой зоны

Показатели	Температура среды и дни после симпатэктомии											
	15°			20—30°			35°			40°		
	1—30	31—60	61—90	1—30	31—60	61—90	1—30	31—60	61—90	1—30	31—60	61—90
Потребление кислорода, мл/кг/мин	20,0± 1,26 P>0,5	22,0± 1,0	25,6± 1,4	19,7± 0,77 P<0,01	21,0± 0,6	27,6± 1,1	16,0± 1,2 P<0,001	15,6± 0,7	22,8± 1,2	18,0± 1,9 P<0,001	20,4± 0,5	26,0± 0,01
Количество дыхательного воздуха, мл/кг	0,27± 1,2 P<0,005	0,25± 0,01	0,3± 0,03	0,18± 0,03 P<0,4	0,19± 0,01	0,25± 0,01	0,09± 0,009 P<0,01	0,09± 0,004	0,13± 0,02	0,08± 0,004 P<0,5	0,08± 0,003	0,1± 0,001
Теплопродукция, ккал/кг/мин	0,103± 0,03 P<0,5	0,110± 0,006	0,120± 0,007	0,09± 0,005 P<0,005	0,10± 0,002	0,128± 0,006	0,080± 0,002 P<0,001	0,078± 0,005	0,109± 0,009	0,083± 0,001 P<0,001	0,090± 0,001	0,125± 0,08
Частота дыхания	79± 5,1 P<0,9	80± 4,9	85± 6,0	97± 2,2 P<0,005	92± 2,4	110± 3,0	168± 8,0 P<0,001	175± 9,2	168± 8,5	221± 4,5 P<0,001	240± 4,2	250± 6,4
Температура уха	34,6± 1,2 P<0,2	31,0± 0,8	30,2± 0,8	33,0± 0,1 P<0,001	32,5± 0,22	32,6± 0,12	36,7± 0,17 P<0,001	36,1± 0,17	36,5± 0,17	37,9± 0,21 P<0,001	37,5± 0,11	38,0± 0,1
Температура тела	38,5± 0,009 P<0,9	38,7 0,06	38,7± 0,08	38,6± 0,02 P<0,001	38,76± 0,06	38,8± 0,05	39,8± 0,12 P<0,4	39,6± 0,12	39,2± 0,11	40,4± 0,1 P<0,9	40,6± 0,17	40,3± 0,01

ется, а интенсивность физических терморегуляционных процессов несколько повышается (на 5,8%).

После экстирпации верхних шейных симпатических узлов более чем на одну треть уменьшается вершинный обмен, что является следствием снижения теплообразования в условиях ниже нейтральной зоны. В условиях температуры среды выше нейтральной зоны в первые 30 дней после симпатэктомии интенсивность протекания химической терморегуляции снижается в 3 раза, а интенсивность полимноэ—на 17%, что приводит к повышению теплового баланса организма у симпатэктомизированных кроликов на 0,6° больше, чем у контрольных (соответственно 0,6 и 1,2).

Нарушения терморегуляционной функции после одномоментного двухстороннего удаления верхних шейных симпатических узлов обратимы, и полное восстановление наступает на третьем месяце после операции.

Механизм возникновения изменений в терморегуляционной функции организма при симпатэктомии сложен и мало изучен, если учитывать тот факт, что гипофиз получает симпатическую иннервацию не только от гипоталамуса, но и от верхних шейных симпатических узлов [10, 13, 17, 18]. Опираясь на положение Л. А. Орбели, согласно которому симпатическая нервная система оказывает активирующее трофическое влияние на все органы человека и животных, можно предположить, что снижение интенсивности химической терморегуляции после удаления верхних шейных симпатических узлов является следствием трофического нарушения в гипофизе и снижения уровня синтеза симпатотропина, тиреотропных, адренокортикотропных гормонов и вазопрессина, участвующих в химической и физической терморегуляции организма. Одновременно трофическое изменение в гипофизе в свою очередь вызывает аналогичное изменение в гипоталамусе, с чем он связан прямой афферентной и эфферентной иннервацией. Имеется основание утверждать, что указанные изменения в гипоталамусе, где локализованы центры терморегуляции, снижают функцию периферических отделов симпатической нервной системы, в результате чего рефлекторно снижается обмен веществ и теплообразование во многих вегетативных и соматических органах, участвующих в теплообмене организма.

Наши предположения подтверждаются литературными данными [13, 18], согласно которым после удаления верхних шейных симпатических узлов происходит дегенеративное изменение не только в гипофизе, но и в гипоталамусе, а после удаления гипофиза происходит перерождение в верхних шейных симпатических узлах.

Полученные данные являются дальнейшим подтверждением концепции Л. А. Орбели об адапционно-трофической функции симпатической нервной системы, которая влияет на все органы и ткани, в том числе и на органы, участвующие в теплообмене организма.

Ս. Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ռ. Ս. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

ՊԱՐԱՆՈՑԻ ՍԻՄՊԱԹԻԿ ՆՅԱՐԻԱՅԻՆ ՀԱՆԴՈՒՅՑՆԵՐԻ ԴԵՐՔ ՋԵՐՄԱԿԱՐԳԱՎՈՐՄԱՆ ՊՐՈՑԵՍՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ապացուցվել է, որ պարանոցի վերին սիմպաթիկ նյարդային հանգույցների միաժամանակյա, երկկողմանի հեռացման դեպքում խիստ խախտվում են քիմիական և ֆիզիկական ջերմակարգավորման պրոցեսները:

Միջավայրի ջերմաչեզոք պոտու պայմաններում վիրահատված կենդանիների մոտ հիմնական նյութափոխանակությունը և ջերմարտադրությունը իջնում է 31%, իսկ առավելագույն նյութափոխանակությունը՝ 34%:

Ջերմաչեզոք պոտուց բարձր ջերմության պայմաններում պոլիպնոէ-ն ընթանում է ղգալիորեն դանդաղ:

Ջերմակարգավորման խախտված ֆունկցիաները վերականգնվում են վիրահատման երրորդ ամսում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асратян Э. А. Физiol. журн. СССР, 19, 5, 105, 1935.
2. Баклаваджян О. Г. Вегетативная регуляция электрической активности мозга, 236, Л., 1967.
3. Бунятян Г. Х., Мхчян Э. Е. Сб. Центральные и периферические механизмы нервной деятельности, 130, Ереван, 1966.
4. Ван-Тан-ань Физiol. журн. СССР, 46, 8, 957, 1960.
5. Карамян А. И. Физiol. журн. СССР, 45, 7, 778, 1959.
6. Карапетян С. К., Арутюнян Р. А., Варагян К. А. Всесоюзн. конф. по физиологии вегетативной нервной системы, 93, Ереван, 1971.
7. Карапетян С. К., Арутюнян Р. А. Сб. Всесоюзн. конф. по экологической физиологии, Краснодар, 1972.
8. Маркосян А. А. Сб. Вопросы физиологии вегетативной нервной системы и мозжечка, 375, Ереван, 1964.
9. Никитинс Г. М. Журн. высшей нервной деятельности, 13, 1, 147, 1963.
10. Орбели Л. А., Тонких А. В. Физiol. журн. СССР, 24, 1—2, 248, 1938.
11. Солертинская Т. Н. ДАН СССР, 3, 6, 1342, 1956.
12. Соколов В. М. Невропатология и психиатрия, 8, 12, 30, 1939.
13. Тонких А. В. Гипоталамо-гипофизарная область и регуляция физиологических функций организма. 312, М.—Л., 1965.
14. Урганджян Т. Г. Возрастные особенности компенсаторного восстановления функции. 261, Ереван, 1973.
15. Урганджян Т. Г., Бахчиева З. Н. Вопросы физиологии вегетативной нервной системы и мозжечка. 535, Ереван, 1964.
16. Уразов И. Г. Вестник ЛГУ, 7, 47, 1955.
17. Freund H., Strasman R. Arch f. exp. path. and pharm. 69, 12, 1912.
18. Smith R. W. J. Endocrinol. 14, 279, 1956.