

МОРФОЛОГИЯ И ОНТОГЕНЕЗ ЖИВОТНЫХ

ОСОБЕННОСТИ ГАЗООБМЕНА В ЛЕГКИХ У КРОЛИКОВ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТКА ТОКА АКСОПЛАЗМЫ В БЛУЖДАЮЩИХ НЕРВАХ

Г.М. Ефремова, Р.В. Данилов,
Г.Г. Ефремов

Кафедра биологии и экологии
Кафедра морфологии, физиологии и зооигиены
Чувашская государственная сельскохозяйственная академия
ул. Карла Маркса, 29, Чебоксары, Россия, 428003

Авторами статьи проведена оценка функциональных возможностей органов дыхания у кроликов в условиях недостатка тока аксоплазмы в блуждающих нервах до и после мышечной нагрузки путем определения в выдыхаемом воздухе кислорода и углекислого газа, а также уровня потребления кислорода и углекислого газа тканями. Установлено, что временная остановка тока аксоплазмы в блуждающих нервах сопровождается снижением указанных параметров до и после мышечной нагрузки. Ток аксоплазмы в нервных волокнах является необходимым условием для поддержания газообмена в легких.

Ключевые слова: аксоплазма блуждающих нервов, кролики, газообмен, легкие.

В постнатальный период онтогенеза обеспечивается приспособление тканей и органов к новым для них условиям. Важное место в этих реакциях отводится деятельности нервных и гуморальных систем организма [1]. Особое значение имеют нервно-гормонально-тканевые отношения.

В этой связи познания о роли парасимпатических влияний на деятельность тканей и органов весьма актуальны и полезны для характеристики нервно-тканевых отношений [2]. Нами была поставлена цель — изучить роль аксоплазмы в блуждающих нервах в процессах газообмена в легких у кроликов в постнатальном периоде онтогенеза.

Методика исследований. Исследования проведены на кроликах породы бабочка в возрасте 15, 30, 45, 60, 90 и 120 суток в период интенсивного структурно-функционального развития органов дыхания. Животные были разделены на две группы — контрольную и подопытную. У крольчат подопытной группы останавливали ток аксоплазмы в волокнах блуждающих нервов в 10-суточном возрасте, для чего использовали алкалоид колхицин фирмы Fluck [3].

Оценку газообмена в легких при мышечной нагрузке проводили путем определения содержания кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе. Мышечная нагрузка представлялась животным в течение 5 минут с использованием специальной установки, которая позволяла регулировать скорость движения: в возрасте 15 суток — 9,66 м/мин., 30 суток — 12,60 м/мин., 90 и 120 суток — 21,0 м/мин.

Результаты исследований. У животных интактной группы в 15-суточном возрасте содержание кислорода в составе выдыхаемого воздуха было $12,5 \pm 0,08\%$. В последующие изученные возрастные сроки содержание кислорода в выдыхаемом воздухе повышалось и удерживалось на определенном уровне. Так, в возрасте 30 суток кислорода в выдыхаемом воздухе содержалось $14,7 \pm 0,15\%$, 45 суток — $15,6 \pm 0,08\%$, 60 суток — $14,9 \pm 0,17$, 90 суток — $14,8 \pm 0,08$, в возрасте 120 суток содержание кислорода в выдыхаемом воздухе снижалось до $12,4 \pm 0,17\%$.

После физической нагрузки содержание кислорода в выдыхаемом воздухе у животных интактной группы закономерно снижается. Так, в возрасте 15 суток содержание кислорода в выдыхаемом воздухе у интактных животных уменьшилось до $10,8 \pm 0,15\%$, 30 суток — до $10,2 \pm 0,14\%$, 45 суток — до $11,3 \pm 0,18\%$, 60 суток — до $10,8 \pm 0,15$, 90 суток — $10,6 \pm 0,12\%$ и 120 суток — до $9,7 \pm 0,15\%$.

Судя по характеру и степени изменений содержания кислорода в выдыхаемом воздухе у интактных кроликов до и после физической нагрузки, мы можем констатировать, что после физической нагрузки у интактных животных в возрасте 15 суток уровень содержания кислорода в выдыхаемом воздухе был ниже в 1,43 раза, 30 суток — в 1,44, 45 суток — в 1,38, 60 суток — в 1,37, 90 суток — в 1,39 и в возрасте 120 суток — в 1,27 раза.

Следовательно, физическая нагрузка у кроликов сопровождается снижением содержания кислорода в выдыхаемом воздухе, причем с возрастом животных снижение содержания кислорода в выдыхаемом воздухе происходит в меньшей степени, чем у новорожденных крольчат, что свидетельствует о повышении приспособительных возможностей организма к физической нагрузке.

У животных подопытной группы в возрасте 30 суток в условиях блокады аксотока в блуждающих нервах содержание кислорода в выдыхаемом воздухе равнялось $12,6 \pm 0,14\%$, что меньше таковых значений у интактных крольчат на $14,3\%$ ($p \leq 0,01$).

По мере восстановления аксотока в блуждающих нервах содержание кислорода в выдыхаемом воздухе у подопытных кроликов повышалось; так, в возрасте 45 суток оно составляло $15,6 \pm 0,16\%$, 60 суток — $16,1 \pm 0,2\%$, 90 суток — $14,9 \pm 0,23$ и 120 суток — $11,7 \pm 0,25$, что существенно не отличалось от таковых показателей у интактных животных. У животных подопытной группы в возрасте 30 суток после физической нагрузки содержание кислорода в выдыхаемом воздухе составляло $6,7 \pm 0,14\%$, 45 суток — $10,7 \pm 0,14\%$, 60 суток — $12,3 \pm 0,15$, 90 суток — $10,3 \pm 0,17$ и 120 суток — $9,3 \pm 0,15\%$.

Таким образом, у животных подопытной группы в возрасте 30 суток содержание кислорода в выдыхаемом воздухе после физической нагрузки по сравнению

с таковым до нагрузки уменьшилось в 1,88 раза, 45 суток — в 1,45 раза, 60 суток — в 1,30 раза, 90 суток — в 1,44 раза и в возрасте 120 суток — в 1,25 раза. По сравнению с таковыми значениями у животных контрольной группы содержание кислорода в выдыхаемом воздухе у подопытных кроликов в возрасте 30 суток после физической нагрузки было меньше на 34,4%, 45 суток — на 5,3%, а в возрасте 60 суток, наоборот, оказалось выше, чем у интактных кроликов, на 12,2%.

В трех- и четырехмесячном возрасте у подопытных животных после физической нагрузки содержание кислорода в выдыхаемом воздухе существенно не отличалось от таковых значений у животных контрольной группы. Следовательно, в условиях блокады тока аксоплазмы в блуждающих нервах происходит снижение уровня содержания кислорода в выдыхаемом воздухе до и после проведения физической нагрузки, что, очевидно, связано с изменением трофики тканей легких. По мере восстановления аксотока в блуждающих нервах уровень содержания кислорода в выдыхаемом воздухе до и после проведения физической нагрузки становится близким к таковым у интактных животных, что свидетельствует об участии компонентов аксоплазмы в блуждающих нервах в обеспечении функциональной активности органов дыхания.

У новорожденных крольчат 15-суточного возраста в обычных условиях содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе высокое и составляет $4,5 \pm 0,01\%$. С возрастом у интактных кроликов уровень содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе снижается и в возрасте 30 суток составляет $3,2 \pm 0,14\%$, 45 суток — $3,6 \pm 0,08\%$, 60 суток — $3,1 \pm 0,05\%$, 90 суток — $2,5 \pm 0,12\%$ и в возрасте 120 суток — $2,5 \pm 0,05\%$.

После физической нагрузки содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе у интактных животных повышается. Так, у 15-суточных крольчат уровень содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе после мышечной нагрузки достигает $5,0 \pm 0,02\%$, 30-суточном — $4,5 \pm 0,08\%$, 45-суточном — $4,2 \pm 0,12\%$, 60-суточном — $4,0 \pm 0,15\%$, 90-суточном — $3,4 \pm 0,05\%$ и 120-суточном возрасте — $3,6 \pm 0,08\%$.

Сравнивая полученные результаты, характеризующие содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе до и после проведения физической нагрузки, мы можем свидетельствовать, что после проведения физической нагрузки у интактных животных в возрасте 15 суток содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе увеличилось на 10,0%, в возрасте 30 суток — на 28,9%, 45 суток — на 14,3%, 60 суток — на 22,5%, 90 суток — на 26,5% и в возрасте 120 суток — на 30,6%.

Таким образом, у новорожденных крольчат содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе высокое, по мере роста и развития животных оно снижается. Мышечная нагрузка у интактных кроликов сопровождается повышением содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе.

На основании характера и степени изменений уровня содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе мы можем констатировать, что реакция органов дыхания на физическую нагрузку наиболее совершенна с двухмесячного возраста животных.

У животных подопытной группы в месячном возрасте в условиях дефицита тока аксоплазмы по блуждающим нервам содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе составляет $1,8 \pm 0,1\%$, что меньше, чем у интактных крольчат, на 43,8%. По мере восстановления аксотока в блуждающих нервах у подопытных животных в возрасте 45 суток уровень содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе повышается до $4,2 \pm 0,14\%$, что превышает таковой показатель у интактных кроликов на 14,3%.

В последующие возрастные сроки жизни у подопытных кроликов содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе по значению становится близким к таковому у интактных животных. После физической нагрузки содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе у подопытных животных в месячном возрасте повысилось до $2,5 \pm 0,04\%$, в возрасте 45 суток — до $4,7 \pm 0,08\%$, 60 суток — до $4,3 \pm 0,08\%$, 90 суток — до $3,5 \pm 0,17\%$ и в возрасте 120 суток — до $3,0 \pm 0,08\%$. Сравнивая уровень содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе у подопытных животных до и после физической нагрузки, мы можем констатировать, что физическая нагрузка у подопытных животных сопровождалась повышением содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе в возрасте 30 суток на 28,0%, 45 суток — на 10,7%, 60 суток — на 23,3%, 90 суток — на 14,3% и в возрасте 120 суток — на 23,4%.

Следовательно, судя по изменению уровня содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе у подопытных животных после нагрузки, можно заключить, что наибольшая приспособительная реакция проявляется с двухмесячного возраста животных.

Сопоставляя параметры содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе после физической нагрузки у подопытных кроликов с таковыми у интактных животных, видим, что в возрасте 30 суток содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе у подопытных кроликов было меньше на 44,5% ($p \leq 0,001$), а в возрасте 45 и 60 суток, наоборот, оказалось выше, чем у интактных кроликов. В последующие возрастные сроки содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе у подопытных животных существенно не отличалось от таковых у контрольных кроликов.

Таким образом, в условиях недостатка аксоплазмы в блуждающих нервах содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе уменьшается. Уменьшение содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе свидетельствует о снижении интенсивности тканевого дыхания и газообмена в легких.

По мере восстановления тока аксоплазмы в блуждающих нервах содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе после физической нагрузки повышается и достигает уровня такового у интактных животных. Проявление реакции у подопытных животных на физическую нагрузку свидетельствует о сохранении импульсной проводимости нервных волокон при действии на них колхицина и об участии тока аксоплазмы в блуждающих нервах в обеспечении трофики тканей легких.

У новорожденных крольчат 15-суточного возраста потребление кислорода составляет $4,35 \pm 0,13$ мл/мин. По мере роста и развития животных потребление

кислорода меняется, так, в возрасте 30 суток оно равнялось $6,16 \pm 0,08$ мл/мин., 45 суток — $9,80 \pm 0,20$, 60 суток — $21,31 \pm 0,15$, 90 суток — $28,88 \pm 0,05$ и в возрасте 120 суток — $59,65 \pm 0,18$ мл/мин. После физической нагрузки у животных интактной группы уровень потребления кислорода повышается: в 15-суточном возрасте — до $5,04 \pm 0,13$ мл/мин., 30-суточном — до $10,17 \pm 0,09$, 45-суточном — до $17,40 \pm 6,20$, 60-суточном — до $42,19 \pm 0,16$, 90-суточном — до $56,15 \pm 0,13$ и 120-суточном — до $129,34 \pm 0,17$ мл/мин. Следовательно, мышечная нагрузка у интактных животных сопровождается повышением уровня потребления кислорода.

У подопытных кроликов в возрасте 30 суток в условиях блокады аксотока в блуждающих нервах потребление кислорода низкое — $3,21 \pm 0,1$ мл/мин. К 45-суточному возрасту у подопытных крольчат потребление кислорода повышается до $10,79 \pm 0,10$ мл/мин.

В последующие сроки жизни потребление кислорода было: в возрасте 60 суток — $17,80 \pm 0,13$ мл/мин., 90 суток — $24,79 \pm 0,41$ и в возрасте 120 суток — $58,29 \pm 0,12$ мл/мин. По сравнению с таковыми значениями у контрольных животных потребление кислорода у подопытных кроликов в возрасте 30 суток оказалось меньше на 47,9%, а в 45-суточном возрасте, наоборот, потребление кислорода у подопытных животных было выше, чем у интактных кроликов, на 9,2%. В последующие возрастные сроки потребление кислорода у подопытных кроликов по уровню было ближе к таковому у интактных животных.

У животных подопытной группы после физической нагрузки также установлено повышение уровня потребления кислорода: так, в возрасте 30 суток потребление кислорода составляло $5,44 \pm 0,05$ мл/мин., 45 суток — $14,49 \pm 0,08$, 60 суток — $43,61 \pm 0,05$, 90 суток — $68,74 \pm 0,10$ и в возрасте 120 суток — $134,57 \pm 0,10$ мл/мин.

Таким образом, после физической нагрузки потребление кислорода у подопытных животных в возрасте 30 суток было выше, чем у интактных животных, на 41,0%, 45 суток — на 25,6%, 60 суток — на 59,2%, 90 суток — на 60,5% и в возрасте 120 суток — на 66,7%. Результаты исследований свидетельствуют, что потребление кислорода у подопытных животных после физической нагрузки более ярко проявляется с 60-суточного возраста. Сопоставляя параметры уровня потребления кислорода у кроликов контрольной и подопытной групп после нагрузки, мы отмечаем, что потребление кислорода после мышечной нагрузки у подопытных крольчат в возрасте 30 и 45 суток было меньше, чем у контрольных, соответственно, на 46,6% и на 16,8%, а с двухмесячного возраста у подопытных животных потребление кислорода после физической нагрузки превышает таковые значения у интактных кроликов.

Итак, при недостатке аксотока в блуждающих нервах потребление кислорода до и после физической нагрузки снижается, а по мере восстановления аксотока в блуждающих нервах повышается и потребление кислорода.

У интактных крольчат в возрасте 15 суток выделение углекислого газа в обычных условиях равно $1,41 \pm 0,01$ мл/мин., в месячном возрасте у животных конт-

рольной группы выделение углекислого газа достигает $2,46 \pm 0,03$ мл/мин., в 45-суточном — $4,16 \pm 0,04$, 60-суточном — $10,74 \pm 0,02$, 90-суточном — $12,68 \pm 0,03$ мл/мин. и 120-суточном — $13,49 \pm 0,01$ мл/мин.

У животных контрольной группы физическая нагрузка сопровождается повышением уровня выделения углекислого газа: так, в возрасте 15 суток после мышечной нагрузки выделение углекислого газа повышается до $1,88 \pm 0,02$ мл/мин., 30 суток — до $4,03 \pm 0,02$, 45 суток — $6,79 \pm 0,04$, 60 суток — $13,88 \pm 0,04$, 90 суток — $17,42 \pm 0,03$ мл/мин. и в возрасте 120 суток — $18,13 \pm 0,07$ мл/мин. Таким образом, у животных интактной группы мышечная нагрузка сопровождается повышением уровня выделения углекислого газа в организме.

У животных подопытной группы в возрасте 30 суток до физической нагрузки уровень выделения углекислого газа равняется $2,18 \pm 0,02$ мл/мин., по отношению к таковым показателям у интактных животных у кроликов подопытной группы в возрасте 30 и 45 суток уровень выделения углекислого газа был меньше, соответственно, на 11,4% и 2,9%, а в последующие возрастные сроки в связи с восстановлением аксоглия в блуждающих нервах уровень выделения углекислого газа у подопытных животных несколько превосходит таковые у животных интактной группы.

После мышечной нагрузки у подопытных животных в возрасте 30 суток также повышается уровень выделения углекислого газа — до $3,01 \pm 0,04$ мл/мин., 45 суток — до $6,62 \pm 0,01$, 60 суток — $15,14 \pm 0,08$, 90 суток — $19,26 \pm 0,02$ и в возрасте 120 суток — $18,77 \pm 0,14$ мл/мин.

По сравнению с таковыми показателями у интактных кроликов у животных подопытной группы в возрасте 30 и 45 суток выделение углекислого газа после нагрузки было меньше, соответственно, на 27,6 и 2,6%. В последующие изученные возрастные сроки у подопытных животных уровень выделения углекислого газа после физической нагрузки превышает таковые показатели у интактных кроликов.

Очевидно, что выраженные изменения параметров внешних показателей органов дыхания у крольчат в 30-суточном возрасте до и после физической нагрузки в условиях блокады аксоглия в блуждающих нервах связаны с недостатком компонентов аксоплазмы в легких, а восстановление параметров внешних показателей дыхания с 45—60-суточного возраста указывает на восстановление аксоглия в нервных волокнах и на участие аксоплазмы в нервных волокнах в постнатальном структурно-функциональном совершенствовании легких.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Лысов В.Ф. и др.* Практикум по физиологии и этологии животных. — М.: Колос, 2005.
- [2] *Ефремова Г.М. и др.* Реакция органов дыхания кроликов на физическую нагрузку // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. — 2012. — Т. 210. — С. 91—95.
- [3] *Волков Е.М., Наследов Г.А., Полетаев Г.И., Улумбеков Э.У.* Сравнительная характеристика электрофизиологических изменений мышечного волокна лягушки после денервации и после блокады аксоплазматического транспорта // Физиол. журн. — 1977. — Т. 63. — № 10. — С. 1432—1434.

FEATURES OF GAS EXCHANGE IN LUNGS AT RABBITS IN CONDITION OF AXOPLASMA SHORTAGE IN VAGUS NERVE

**G.M. Yefremova, R.V. Danilov,
G.G. Yefremov**

Department of biology and ecology
Department of morphology, physiology and zoohygiene
Chuvash state agricultural academy
Karl Marx str., 29, Cheboxary, Russia, 428003

The estimation of functional possibilities in rabbits vespiratory organs in the conditions of the axoplasma current shortage in wandering nerves before and after carving out of muscular loading by definition of air oxygen and carbon dioxide, the oxygen and carbon dioxide consumption level by tissue is carried out in this work. It is established that the temporary stop of an axoplasma current in wandering nerves is accompanied by decrease in the specified parameter in conditions before and after carrying out muscular loading. The axoplasma current in nervous fibers is a necessary condition for gas exchange maintenance in lugs.

Key words: axoplasma shortage in vagus nerve, rabbits, gas exchange, lungs.