

Н. А. ВЕРЖБИНСКАЯ

## О СООТНОШЕНИИ ДЫХАНИЯ И АНАЭРОБНОГО ГЛИКОЛИЗА МОЗГА В ФИЛОГЕНЕЗЕ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

(Представлено академиком К. М. Быковым 14 III 1952)

За последние годы в нашей стране все большее внимание привлекают вопросы биохимической эволюции организмов, в частности вопросы эволюции ферментных систем. Целостный процесс функциональной эволюции, слагающийся из множества взаимодействующих линий развития, включает и линию развития биохимических процессов в организме, ибо развитие функции тесно связано с изменением среды, с развитием структуры и с развитием энергетической базы животных.

В настоящем сообщении приводятся факты, полученные при изучении дыхания и анаэробного гликолиза изолированного мозга позвоночных животных.

Метод исследования изолированной ткани не может дать представления об интенсивности протекания процесса в условиях целостного организма, где действуют сложные взаимосвязи со структурой и влияния со стороны центральной нервной системы. Однако на изолированной ткани можно обнаружить качественные особенности ее биохимических систем, установить их соответствие или несоответствие особенностям внешней среды и выявить различие у животных разного уровня развития.

Энергетическая основа нервной деятельности еще крайне мало разработана. Поэтому в качестве первого шага в систематическом исследовании развития энергетической базы нервной деятельности представляло интерес проследить в эволюционном ряду позвоночных соотношение в мозгу интенсивности дыхания и анаэробного гликолиза и сопоставить эти данные с развитием нервной деятельности животных.

Манометрическим методом в изолированном мозгу представителей всех классов позвоночных животных исследовалась интенсивность дыхания и анаэробного гликолиза мозга, измельченного ножом и помещенного в изотоническую среду, забуференную и содержащую глюкозу. Результаты выражены в л на 1 мг сухого веса за 1 час:  $Q_{O_2}$  для дыхания и  $Q_{CO_2}^N$  для анаэробного гликолиза. На рис. 1 представлены эти величины. Черные столбики выражают интенсивность дыхания; белые — интенсивность анаэробного гликолиза изолированного мозга.

На протяжении эволюционного ряда позвоночных наблюдается увеличение интенсивности дыхания изолированного мозга. Самые низкие величины дыхания мозга имеют место у круглоротых (миноги); у рыб дыхание мозга заметно выше, особенно у высших рыб — костистых; у амфибий дыхание изолированного мозга ниже, чем у костистых рыб (особенно четко это выявляется при изменении дыхания при температуре 20—24°), а у рептилий оно вновь увеличивается и резко возра-

стает у теплокровных животных, причем у некоторых птиц оно выше, чем у млекопитающих, но в среднем дыхание птиц и млекопитающих одинаково. Таким образом, кроме амфибий, все классы позвоночных по интенсивности дыхания мозга расположились в последовательный филогенетический ряд, совпадающий с рядом морфологической и функциональной эволюции нервной системы. Амфибии — переходная группа, начавшая выход на сушу — обнаруживают известный регресс в сравнении с рыбами и по интенсивности дыхания мозга и по функциональным признакам. Соответственно и нервная деятельность амфибий в некоторых отношениях примитивнее рыб. Так например, временные связи, вырабатываемые у рыб без труда, у амфибий почти не вырабатываются.

В пределах отдельных классов позвоночных интенсивность дыхания мозга выше у высших представителей класса, отличающихся и более

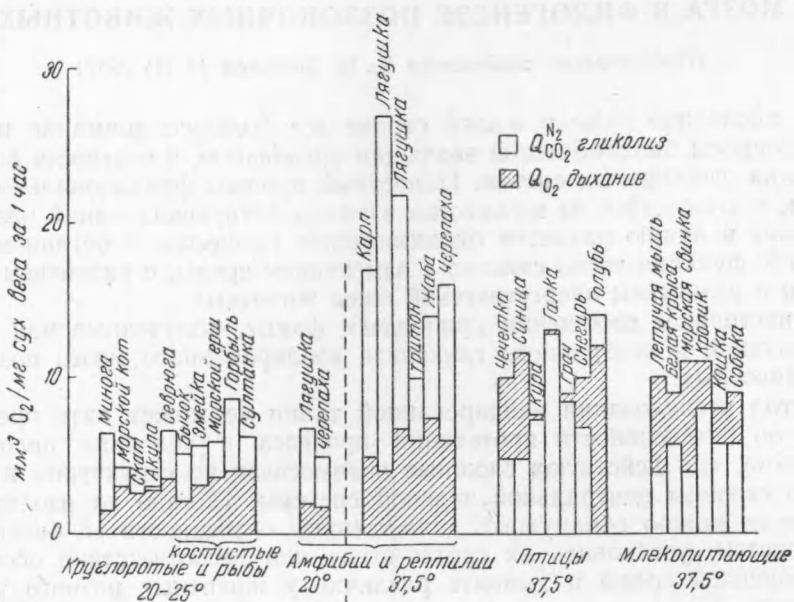


Рис. 1. Интенсивность дыхания и анаэробного гликолиза в изолированном мозгу позвоночных животных

сложной организацией и более сложной функцией нервной системы. Так, у рыб можно обнаружить, что интенсивность дыхания мозга возрастает от круглоротых к сельхозам и к костистым рыбам (см. рис. 2), т. е. в той же последовательности, в какой идет процесс морфологической и функциональной эволюции рыб. Среди костистых рыб наибольшей интенсивностью дыхания изолированного мозга обладают более подвижные, активно нападающие на добычу рыбы, вроде горбыля (*Sciaena umbra*), султанки (*Mullus barbatus*) и ставриды (*Trachurus trachurus*) из морских, или щуки (*Esox lucius*) из пресноводных рыб.

Среди птиц наибольшей интенсивностью дыхания мозга обладают хорошие летуны и мелкие певчие птицы с высоким обменом. К сожалению, о млекопитающих ничего сказать нельзя, поскольку они представлены только лабораторными животными.

Интенсивность дыхания разных отделов мозга неодинакова. У всех наземных позвоночных наибольшая активность дыхания свойственна переднему мозгу; у рыб — еще и мозжечку, что совпадает с функциональными данными А. И. Карамяна, считающего мозжечок у рыб органом высшей интеграции (1).

На основании приведенных фактов можно сказать, что интенсивность дыхания изолированного мозга в какой-то мере обуславливает сложность функции нервной системы позвоночных. Это можно увидеть и на всем эволюционном ряду позвоночных и в пределах одного класса и в пределах одного мозга. Во всех случаях усложнение функции осуществляется на базе увеличенной интенсивности аэробного обмена нервной ткани.

Анаэробный гликолиз изолированного мозга представлен на рис. 1 белыми столбиками. Интенсивность его в изолированном мозгу позвоночных убывает на протяжении эволюционного ряда (рис. 2). У рыб и особенно у амфибий интенсивность анаэробного гликолиза в мозгу

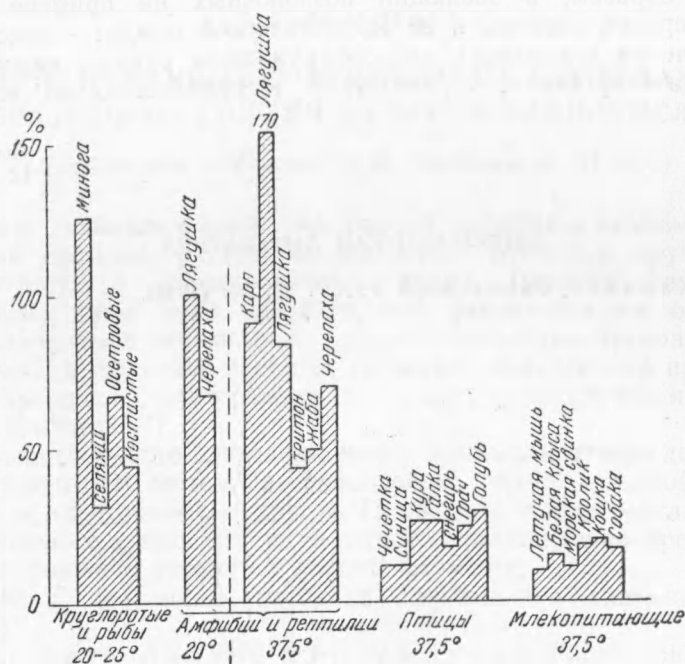


Рис. 2. Энергия анаэробного гликолиза мозга, выраженная в процентах по отношению к энергии дыхания

очень высока. У рептилий она уже несколько ниже и еще снижается у теплокровных животных. К сожалению, величины анаэробного гликолиза для морских рыб несравнимы с остальным рядом позвоночных, так как они получены при 20—25°.

Изменения величин анаэробного гликолиза мозга в пределах отдельных классов позвоночных довольно пестры и вряд ли могут быть поставлены в связь с особенностями биологии и функции животного. При наличии дыхания анаэробный гликолиз, определенный в искусственных условиях полного анаэробноза, указывает лишь на ферментные потенции ткани в отношении анаэробного производства энергии. Величина эта ни в какой мере не дает представления о реальной интенсивности гликолиза в мозгу в условиях целого организма, в присутствии кислорода. Характерен самый факт более высокой интенсивности анаэробного гликолиза в мозгу водных животных, живущих в среде, бедной кислородом, и убывание его интенсивности наряду с увеличением интенсивности дыхания в мозгу наземных животных.

Этот факт означает, что особенности обмена мозга водных животных, отличающихся высокой потенциальной способностью к анаэробному производству энергии, оказались несоответствующими новой среде — воздушной. Процесс приспособления к воздушной среде привел к

развитию механизмов, использующих новые возможности среды — кислород. Усиление аэробного источника энергии, много более продуктивного и экономного, привело к известной редукции древнего механизма — анаэробного расщепления углеводов, механизма значительно более расточительного. Процесс этот происходил в тесном взаимодействии со средой и обусловлен новым качеством среды. Новые качества среды и развившееся на этой основе высокое дыхание создали энергетическую базу для прогрессивного развития и усложнения строения и функции нервной системы позвоночных. В водной среде, на энергетической основе относительно низкого дыхания и высокого гликолитического распада углеводов, такое развитие осуществиться не могло.

Таким образом, в эволюции позвоночных на примере развития функции нервной системы и ее энергетической основы — окислительного расщепления углеводов — мы обнаруживаем единую целостную систему среда — организм, стремящуюся к равновесию во всех своих частях.

Поступило  
12 III 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. И. Карамян, Физиол. журн. СССР, 35, 167 (1949).