

П. О. РИПАТТИ, В. С. СИДОРОВ

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЖЕЛЧНЫХ КИСЛОТ НЕКОТОРЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ В СВЯЗИ С ХАРАКТЕРОМ ИХ ПИТАНИЯ

(Представлено академиком А. И. Опариным 30 V 1973)

Неясен вопрос о функциональных особенностях различных желчных кислот в связи с их распределением у различных групп позвоночных животных. Существует недостаточное количество экспериментальных данных, которые внесли бы ясность в эту проблему. У обследованных примерно 400 видов животных обнаружено свыше 40 соединений типа желчных кислот и их аналогов, большинство из которых встречаются только либо у ограниченного числа близких видов, либо в очень небольших относительных количествах. Основные же желчные кислоты, встречающиеся у большинства развитых позвоночных, — холевая и хенодезоксихолевая, которые обычно связаны с таурином или глицином, а также дезоксихолевая кислота. Последняя, однако, относится к вторичным желчным кислотам, так как она не секретируется клетками печени, а получается путем восстановления оксигруппы у холевой кислоты кишечными микроорганизмами. Соотношения между этими основными желчными кислотами могут сильно варьировать у разных животных. Причины, по которым у некоторых видов эволюционно закрепились определенные специфические желчные кислоты, пока неясны. Поскольку одной из функций желчи считается участие в пищеварительных процессах, можно ожидать определенного соответствия между желчнокислотным составом и характером питания животного. Действительно, такая корреляция прослежена<sup>(1)</sup>. Однако качественный анализ исследований желчных кислот у разных групп позвоночных не дает полного ответа о существенном различии между животными с разными типами питания<sup>(2)</sup>.

С целью дальнейшего накопления экспериментального материала и более детального выявления наличия и характера соответствия между желчнокислотным составом и питанием нами было проведено изучение количественного соотношения отдельных составляющих смеси желчных кислот в желчи ряда рыб, птиц и млекопитающих, обитающих на территории Карелии и северной части Западной Сибири.

Желчь фиксировали общепринятым способом<sup>(3)</sup>, состав выделенных связанных и свободных желчных кислот определяли методами тонкослойной хроматографии<sup>(4, 5)</sup> с использованием инфракрасной спектроскопии<sup>(6, 9)</sup> для проявления цветных реакций с хлорным железом<sup>(6)</sup> и хлористым марганцем<sup>(7)</sup>. Определение содержания желчных кислот проводили методом, ранее предложенным авторами для анализа желчных кислот в желчи человека<sup>(10, 11)</sup>. Полученные результаты представлены в табл. 1—3.

У перечисленных в табл. 1 костистых рыб обнаружены практически только две основные желчные кислоты — холевая и хенодезоксихолевая, связанные с таурином. Поэтому желчнокислотный состав удобно выразить процентным содержанием основной компоненты холевой кислоты<sup>(12)</sup>, которая наиболее велика у хищных рыб (налим, щука, нельма) и значительно уменьшается по мере возрастания в кормах доли бентоса и планктона.

Таблица 1

Относительное содержание холевой кислоты в желчи рыб  
(в % от общего количества желчных кислот)

Исследуемый вид	Холевая кислота
Налим ( <i>Lota lota</i> (L.))	91,2±2,0
Щука ( <i>Esox lucius</i> L.)	89,0±1,7
Окунь ( <i>Perca fluviatilis</i> L.)	84,4±2,8
Хариус ( <i>Thymallus thymallus</i> (L.))	78,5±5,0
Нельма ( <i>Stenodus leucichthys helma</i> (Pallas))	95,2±4,3
Форель ( <i>Salmo trutta morpha lacustris</i> L.)	89,8±2,9
Лосось ( <i>S. salar</i> L. morpha sebago Girard)	86,8±2,7
Муксун ( <i>Coregonus muksum</i> (Pallas))	80,2±3,2
Пелядь ( <i>C. peled</i> (Gmelin))	79,3±3,6
Чир ( <i>C. nasus</i> (Pallas))	70,2±3,6
Сиг шуйский ( <i>C. lavaretus lavaretoides natio schuensis</i> Pravdin)	81,3±2,0
Сиг сямозерский ( <i>C. lavaretus pallasi natio exilis</i> Pravdin)	71,2±1,7
Ряпуша ( <i>C. albula</i> L.)	70,7±3,4

Таблица 2

Относительное содержание холевой и хенодезоксихолевой кислот в желчи птиц  
(в % от общего количества желчных кислот)

Исследуемый вид	Холевая кислота	Хенодезоксихолевая кислота
Пискулька ( <i>Anser erythropus</i> L.)	0,0±1,7	100,0±1,7
Связь ( <i>Anas penelope</i> L.)	2,7±1,5	69,1±4,4
Шилохвость ( <i>A. acuta</i> L.)	2,3±0,7	67,0±2,1
Кряква ( <i>A. platyrhynchos</i> L.)	3,0±0,7	66,0±3,0
Синьга ( <i>Melanitta nigra</i> L.)	4,0±0,4	49,8±2,0
Гоголь ( <i>Clangula clangula</i> L.)	5,9±1,1	51,2±6,6
Черныш ( <i>Aythya</i> sp.)	5,1±1,0	43,6±5,0
Гагары ( <i>Gavia</i> sp.)	18,7±2,2	41,6±7,8
Золотистая ржанка ( <i>Charadrius apricarius</i> L.)	66,5±1,8	29,0±1,4
Серебристая чайка ( <i>Larus argentatus</i> Pontopp.)	71,1±0,3	21,0±0,6
Сизая Чайка ( <i>L. canus</i> L.)	11,1±6,1	55,2±23,8
Ворона ( <i>Corvus corone</i> L.)	22,9±2,7	45,8±2,8
Галка ( <i>Coloeus monedula</i> L.)	81,2	3,2

Таблица 3

Относительное содержание желчных кислот в желчи млекопитающих  
(в % от общего количества желчных кислот)

Исследуемый вид	Холевая кислота	Диоксихолановые кислоты
Волк ( <i>Canis lupus</i> L.)	80,7±1,7	18,5±1,8
Лесная куница ( <i>Martes martes</i> L.)	79,4	15,2
Американская норка ( <i>Mustela vison</i> Briss.)	80,2±4,9	18,7±3,7
Выдра ( <i>Lutra lutra</i> L.)	65,0	24,3
Рысь ( <i>Felis lynx</i> L.)	65,6±2,5	21,9±3,8
Заяц ( <i>Lepus timidus</i> L.)	22,6±2,1	54,3±5,5
Кролик (лабораторные животные)	2,2±0,5	88,1±1,8

Больше всего хенодезоксихолевой кислоты у чистых бентофагов и планктофагов (чир, сиг, ряпушка). Особый интерес представляет различие двух подвидов сегов. Многогочинковский сямозерский сиг обитает в условиях с ограниченными кормовыми ресурсами и характеризуется широким пищевым спектром зообентоса и зоопланктона <sup>(13)</sup>. Питание шуйского сего,

местом агула которого является Петрозаводская губа Онежского озера с хорошо развитой кормовой базой, более избирательно (<sup>14</sup>).

Птицы отличаются несколько большим разнообразием желчнокислотного состава, чем рыбы. Хроматографирование свободных желчных кислот, выделенных из печени уток, в тонком слое силикагеля КСК выявило наличие, помимо холевой и хенодезоксихолевой кислот, еще одной неидентифицированной компоненты с очень слабой подвижностью ( $R_f \sim 0,06$ ) в примененной системе растворителей (диэтиловый эфир — петролейный эфир — метанол — уксусная кислота 70 : 30 : 8 : 1 (<sup>4</sup>)). Это вещество не образует поглощающих свет продуктов в разбавленной серной кислоте, как и литохолевая кислота, что позволило, не совершая большой ошибки, оценить концентрацию в желчи известных желчных кислот. Представленные в табл. 2 данные показывают статистически достоверное различие между речными утками, предпочитающими растительную пищу, и остальной группой уток, питающихся преимущественно разнообразными животными кормами. Первые характеризуются относительно меньшим содержанием холевой кислоты и большим процентом хенодезоксихолевой. В этой связи следует отметить, что чисто растительноядный гусь имеет только хенодезоксихолевую кислоту. В рассматриваемом отношении очень близки к уткам гагары, питающиеся преимущественно рыбой. Они мало отличаются от нырковых уток по содержанию хенодезоксихолевой кислоты, однако относительная концентрация холатов у них значительно выше. Приведенные в таблице суммарные результаты получены для образцов желчи двух видов гагар — чернозобой и краснозобой, желчнокислотные составы которых практически одинаковы.

Мало понятным является сильное различие в содержании главных желчных кислот у двух близких видов чаек — сизой и серебристой. Обе они питаются разнообразными кормами преимущественно животного происхождения, хотя в пище сизой чайки в некоторые периоды больший удельный вес составляют ягоды. Насекомоядные галка и золотистая ржанка, несмотря на то что они представляют таксономически далекие отряды, имеют желчнокислотные составы с преобладанием холевой кислоты. В то же время наблюдаются значительные различия между галкой и вороной, которые могут быть связаны с всеядным характером питания последней. Возможно, что этим же объясняется более широкий набор желчных кислот в желчи вороны, обнаруженный хроматографически и нуждающийся в дальнейшей расшифровке.

Количественный анализ желчных кислот хищных млекопитающих подтвердил преобладание у них холевой кислоты. Компонента диоксихолановых кислот состояла из смеси хенодезоксихолевой и дезоксихолевой, которые нашими методами определялись суммарно. Все кислоты связаны в основном с таурином, доля гликоконъюгатов во всех случаях была невелика и сильно варьировала у отдельных особей. В желчи зайцеобразных наоборот, таурохоланаты не обнаружены вообще. Основной желчной кислотой зайцев и кроликов является дезоксихолевая, однако различия в относительных концентрациях главных составляющих у этих видов существенны.

Таким образом, приведенный фактический материал по количественному анализу смесей желчных кислот у различных видов рыб, птиц и млекопитающих в значительной степени свидетельствует в пользу существования зависимости между типом питания животного и качественным и количественным составом желчных кислот в желчи. Более того, создается впечатление, что чем однообразней характер питания животного, тем монотонней состав желчных кислот, т. е. наблюдается количественное преобладание одной из них в желчи и меньшее участие в пищеварении минорной компоненты.

Не возникает сомнений в том, что детальное изучение количественных соотношений между отдельными компонентами желчи и содержащихся в

ней желчных кислот будет способствовать более конкретному выяснению роли индивидуальных желчных кислот и их взаимосвязи с различными экологическими и эволюционными факторами.

Институт биологии Карельского филиала  
Академии наук СССР  
Петрозаводск

Поступило  
29 V 1973

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> G. A. D. Haslewood, *Bile Salts*, London, 1967. <sup>2</sup> H. Sobotka, *Physiological Chemistry of the Bille*, Baltimore — London, 1937. <sup>3</sup> G. A. D. Haslewood, V. Wotton, *Biochemistry*, **47**, 584 (1950). <sup>4</sup> D. Kritchevsky, D. S. Martak, G. H. Rothblat, *Anal. Biochem.*, **5**, 388 (1963). <sup>5</sup> T. Sasaki, *Hiroshima J. Med. Sci.*, **14**, 85 (1965). <sup>6</sup> R. R. Lowry, *J. Lipid Res.*, **9**, 397 (1968). <sup>7</sup> S. K. Goswami, C. F. Frey, *J. Chromatogr.*, **53**, 389 (1970). <sup>8</sup> I. Fischmeister, *Ark. Kemi*, **16**, 151, (1960). <sup>9</sup> G. Chihara, K. Matsuo et al., *Chem. Pharm. Bull.*, **10**, 1190 (1962). <sup>10</sup> П. О. Рипатти, Р. А. Попова и др., *Вопр. мед. хим.*, **15**, 630 (1969). <sup>11</sup> П. О. Рипатти, Р. А. Попова и др., *Авт. свид. № 247600*, 1969. <sup>12</sup> П. О. Рипатти, Р. А. Попова и др., *В сборн. Лососевые (Salmonidae) Карелии*, в. 1, Петрозаводск, 1972, стр. 120. <sup>13</sup> В. Ф. Титова, *Многотычинковый сиг Сямозера, Петрозаводск*, 1973. <sup>14</sup> В. Ф. Титова, Ю. А. Смирнов, Ю. А. Шустов, *В сборн. Лососевые (Salmonidae) Карелии*, в. 1, Петрозаводск, 1972, стр. 48.