

УДК 612.357.15:343

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2022.1.61

ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЗМА ЖЕЛЧНЫХ КИСЛОТ У РЫБ

Попова О.С. (ORCID 0000-0002-0650-0837) - к.вет.н., доц. каф. фармакологии и токсикологии, Агафонова Л.А. (ORCID 0000-0002-3605-8541) - студ. 4 курса ФВМ
ФГБОУ ВО СПбГУВМ

Ключевые слова: желчные кислоты, рыбы, метаболизм. **Key words:** bile acids, fish, metabolism



РЕФЕРАТ

Печень рыб является важным органом, осуществляющим сложный метаболизм жёлчи и жёлчных кислот. Биохимические реакции, происходящие при этом процессе, напрямую зависят от функционального состояния органов пищеварительной системы и питания рыбы. Знания особенностей метаболизма желчных кислот позволит проектировать наиболее дешёвые и при этом эффективные препараты для фармакокоррекции гепатопатий. Состав желчных кислот зависит от типа питания, так у таких рыб как щука, окунь, карп чаще встречаются холевая и дезоксихолевая кислоты, конъюгированные с таурином. У хищных рыб преобладают холевые кислоты, в отличие от бентосоядных рыб. Вещества, секретируемые с желчью не участвуют в общем метаболизме тканей, благодаря чему гепатоцитам не нужно постоянно секретировать большие объёмы желчи.

Метаболизм желчных кислот осуществляется печенью и называется энтерогепатическая циркуляция. Начинается все с биологического предшественника желчных кислот – холестерина. Холестерин в организме образуется при всасывании липидов в кишечнике. Две трети экзогенного холестерина выделяется из организма в виде желчных кислот. В результате трансформации гепатоцитами образуются первичные желчные кислоты – холевая и хенодизоксихолевая. Затем они конъюгируют с таурином или глицином в области С-24 карбоксильной группы и выводятся из гепатоцитов непрерывно по желчным протокам в желчный пузырь и далее в кишечник. В кишечнике под воздействием микробных метаболитов они гидроксилируются и превращаются во вторичные желчные кислоты. Холевая переходит в дезоксихолевую, а хенодизоксихолевая в литохолевую. Небольшое количество желчных кислот находятся в свободном состоянии и образуют парные соединения. 90% желчных кислот в кишечнике образуют комплексы холеиновых кислот в соединении с жирными кислотами, которые всасываются через стенку энтероцитов. В энтероцитах эти комплексы вновь распадаются и желчные кислоты по воротной вене снова попадают в печень. Таким образом круг метаболизма замыкается.

ВВЕДЕНИЕ

Надкласс рыбы (Pisces) состоит из двух больших классов: хрящевые (Chondrichthyes) и костные (Osteichthyes) рыбы, которые в совокупности включают в себя около 35 тысяч видов. Несмотря на то, что для искусственного выращивания пока освоено сравнительно мало видов,

производство рыбы еще в 2018 году составило 82 млн тонн, что составило 46% общего объема рыбоводческой продукции. Именно на аквакультуру возлагают надежды для решения проблемы голода в мире [1].

Аквакультура занимается выращиванием различных видов рыб, которые от-

личаются по типу питания и месту обитания, что обуславливает различия в строении и функционировании их пищеварительной системы не только среди видов, но и среди отдельных представителей внутри вида [2]. Так среди промышленных видов выделяют 5 типов пищеварительной системы: лососевый, окуневый, щуковый, карповый и угревый. Среди этих типов встречаются рыбы, у которых есть желудок, и те, у которых его нет.

Рыбы отличаются также и по потребности в питательных веществах. В целом рыбам нужно меньше энергии корма, чем млекопитающим. Поэтому источниками энергии для них становятся белки и жиры. А углеводы, за исключением карпа и других тепловодных рыб, усваиваются у них плохо [3].

Таким образом рыбы имеют множество особенностей в строении и функционировании пищеварительной системы. Знания об особенностях и деталях пищеварения позволят более продуктивно выращивать каждый вид рыб, профилизируя их заболевания и увеличивая приросты. Одной из важнейших деталей являются особенности функционирования печени и желчных кислот, так как именно они отвечают за всасывание необходимых для рыб жиров и жирорастворимых витаминов. Также печень выполняет ряд других важных функций, среди которых обезвреживание токсинов, которые в настоящий момент повсеместно распространены в воде [4]. Реагирование печени на эти токсины отражается и на ее желчеобразующей функции, поэтому необходимо изучать данный вопрос применимо к имеющейся экологической ситуации. Между тем литературных данных, касающихся данной темы, сравнительно мало, большинство из них устарели, что говорит об актуальности изучения данной тематики. В этой работе мы обобщим имеющиеся данные о метаболизме желчных кислот и роли печени в этом процессе у рыб.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе мы использовали следующие методы исследования: анализ отечественных и зарубежных трудов, по-

священных данной проблематике, и обобщение имеющихся результатов исследования для выявления направления для последующих исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Печень рыб крупный орган. Её масса в зависимости от вида колеблется от 1-8% у костистых рыб, до 14-25% у акул. Анатомически встречаются как двулопастные, так и многолопастные формы печени. У разных видов рыб лопасти печени имеют различное направление. Особенностью являются изменения в форме и цвете печени, которые зависят от внешних факторов и питания рыбы. Так при недостаточном питании печень становится большой упругой и красно-коричневой. При голодании – маленькой тусклой желто-зеленой и дряблой. Осенью печень становится самым тяжелым органом, а весной её масса резко снижается [5].

У многих рыб в ткань печени вплетена ткань поджелудочной железы и вместе они образуют орган – гепатопанкреас. У большинства рыб имеется желчный пузырь, проток которого открывается либо самостоятельно, либо вместе с панкреатическим протоком [6]. Есть предположения, что форма печени не зависит от её функций и обусловлена переплетением вен, артерий и желчных протоков, которые должны подходить к каждой клетке. Так, например у карпа печень просто заполняет все свободное пространство между петлями кишечника. Однако печень лососевых имеет отличительные форму и цвет. Поэтому дискуссии на этот счет продолжаются до сих пор [7].

Гистологическое строение печени в целом не отличается от такового у млекопитающих. Это альвеолярно-трубчатая железа. Гепатоциты имеют желчный полюс, обращенный к желчным капиллярам, и сосудистый, обращенный к сосудам. Главными сосудами печени являются артерия печени, воротная вена и печеночная вена [8].

Таким образом печень рыб – сложно устроенный орган, имеющий видовые особенности. Однако все они выполняют свою экзокринную функцию – выделение желчи.

Жёлчь является секретом гепатоцитов. Её цвет варьируется от светло или темно-зелёного до желто-зелёного, иногда встречается насыщенно зелёный [6]. Жёлчь нейтрализует кислую реакцию химуса, эмульгирует жиры и активирует липазу поджелудочной железы. Также она усиливает моторику кишечника, обладает антисептическим действием, вместе с ней выводятся некоторые яды и продукты обмена веществ [9].

В целом уровень желчеобразования у рыб меньше, чем у млекопитающих, причем интенсивность обменных процессов в печени у хищных рыб меньше, чем у мирных.

Плотность желчи составляет 1,015. Показатель pH варьируется не только у разных рыб, но и в зависимости от состояния голода. В целом от 5,4 до 7,6. У млекопитающих крайне редко pH желчи опускается ниже 7 [10].

Желчь состоит из желчных кислот, пигментов, холестерина, муцина, лецитина, жирных кислот. В ней обнаруживают витамины А и В, ферменты - амилаза, фосфатаза, протеазы, каталаза, оксидаза, аминокислоты, минеральные вещества. Всего в желчи встречаются 6 макроэлементов - Ca, K, Mg, Na, P, S и 22 микроэлемента - Al, As, Ba, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Ti, Tl, V, Zn.

Среди рыб встречается самое большое разнообразие желчных кислот. Обнаруживают такие кислоты как холановая, холестановая, желчные спирты, холевая, хенодизоксихолевая. Обнаружены также новые желчные кислоты, не встречающиеся у других позвоночных: конъюгированная с N -метилтаурином холевая кислота и конъюгированная с N - метилтаурином дезоксихолевая кислота [1]. Состав желчных кислот зависит от типа питания, так у таких рыб как щука, окунь, карп чаще встречаются холевая и дезоксихолевая кислоты, конъюгированные с таурином. У хищных рыб преобладает холевая кислоты, в отличии от бентосоядных рыб. Вещества, секретируемые с желчью не участвуют в общем метаболизме тканей,

благодаря чему гепатоцитам не нужно постоянно секретировать большие объемы желчи.

Метаболизм желчных кислот осуществляется печенью и называется энтерогепатическая циркуляция. Начинается все с биологического предшественника желчных кислот – холестерина. Холестерин в организме образуется при всасывании липидов в кишечнике. Две трети экзогенного холестерина выделяется из организма в виде желчных кислот. В результате трансформации гепатоцитами образуются первичные желчные кислоты – холевая и хенодизоксихолевая. Затем они конъюгируют с таурином или глицином в области C-24 карбоксильной группы и выводятся из гепатоцитов непрерывно по желчным протокам в желчный пузырь и далее в кишечник. В кишечнике под воздействием микробных метаболитов они гидроксилируются и превращаются во вторичные желчные кислоты. Холевая переходит в дезоксихолевую, а хенодизоксихолевая в литохолевую. Небольшое количество желчных кислот находятся в свободном состоянии и образуют парные соединения. 90% желчных кислот в кишечнике образуют комплексы холеиновых кислот в соединении с жирными кислотами, которые всасываются через стенку энтероцитов. В энтероцитах эти комплексы вновь распадаются и желчные кислоты по воротной вене снова попадают в печень. Таким образом круг метаболизма замыкается. Остальная часть желчных кислот экскретируется вместе с калом, придавая ему характерную окраску.

ВЫВОДЫ

Печень рыб является важным органом, осуществляющим сложный метаболизм жёлчи и жёлчных кислот. Биохимические реакции, происходящие при этом процессе, напрямую зависят от функционального состояния органов пищеварительной системы и питания рыбы. Знания особенностей метаболизма желчных кислот позволит проектировать наиболее дешевые и при этом эффективные препараты для фармакокоррекции гепатопатий.

FEATURES OF BILE ACID METABOLISM IN FISH

Popova O.S. (ORCID 0000-0002-0650-0837) - Candidate of Veterinary Sciences, Assoc. cafe pharmacology and toxicology, Agafonova L.A. (ORCID 0000-0002-3605-8541) - student. 4 course FVM FGBOU VO SPbGUVM

ABSTRACT

The fish liver is an important organ involved in the complex metabolism of bile and bile acids. The biochemical reactions that occur during this process directly depend on the functional state of the digestive system and fish nutrition. Knowledge of the features of bile acid metabolism will allow designing the cheapest and at the same time effective drugs for the pharmacological correction of hepatopathy. The composition of bile acids depends on the type of food, so in fish such as pike, perch, carp, cholic and deoxycholic acids conjugated with taurine are more common. In predatory fish, cholic acid predominates, in contrast to benthivorous fish. Substances secreted with bile do not participate in the general metabolism of tissues, so that hepatocytes do not need to constantly secrete large volumes of bile.

The metabolism of bile acids is carried out by the liver and is called the enterohepatic circulation. It all starts with the biological precursor of bile acids - cholesterol. Cholesterol in the body is formed during the absorption of lipids in the intestine. Two-thirds of exogenous cholesterol is excreted from the body in the form of bile acids. As a result of transformation by hepatocytes, primary bile acids are formed - cholic and chenodioxycholic. Then they are conjugated with taurine or glycine in the C-24 region of the carboxyl group and are excreted from hepatocytes continuously through the bile ducts to the gallbladder and further to the intestine. In the intestine, under the influence of microbial metabolites, they are hydroxylated and converted into secondary bile acids. Cholic becomes deoxycholic, and chenodioxycholic becomes lithocholic. A small amount of bile acids are in a free state and form paired compounds. 90% of bile acids in the intestine form complexes of choleic acids in combination with fatty acids, which are absorbed

through the wall of enterocytes. In enterocytes, these complexes again disintegrate and bile acids again enter the liver through the portal vein. Thus the circle of metabolism is closed.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Peculiarities of the manifestation of bronchial asthma in cats in metropolis environment / L. Sabirzianova, P. Anipchenko, A. Yashin [et al.] // Journal of Animal Science. – 2019. – Vol. 97. – No S3. – P. 214-215. – DOI 10.1093/jas/skz258.439.
2. Биохимические показатели крови экспериментальных животных при лечении препаратом «Гепатон» и препаратами сравнения токсического поражения печени, вызванного дихлорэтаном / В.С. Понамарев, Н.Л. Андреева, Е.С. Королева, А.В. Кострова // Биотехнология: взгляд в будущее, Ставрополь, 16 апреля 2020 года. – Ставрополь: Ставропольский государственный медицинский университет, 2020. – С. 19-21.
3. Биохимический состав печени и мышц карповых рыб / Р. А. Гулиев, И. А. Бурлаков, И. В. Волкова [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2021. – № 1. – С. 108-111. – DOI 10.37663/0131-6184-2021-1-108-111.
4. Кузьмина, Н. С. Использование индекса печени как биомаркера состояния рыб / Н. С. Кузьмина // Заповедники Крыма: заповедное дело, биоразнообразие, экообразование: Материалы III научной конференции, Симферополь, Крым, 22 апреля 2005 года. – Симферополь, Крым: Крымская Республиканская Ассоциация «Экология и мир», 2005. – С. 213-217.
5. Особенности соотношения цитотипов печени рыб и амфибий / Д. И. Омарова, Е. И. Антонова, В. Е. Высокогорский, О.З. Мкртчян // Морфология. – 2019. – Т. 155. – № 2. – С. 223.
6. Погодаева, П. С. Некоторые аспекты локального иммунного ответа в тканях молочной железы / П. С. Погодаева, Л. Ю. Карпенко, В. С. Понамарев // Международный вестник ветеринарии. – 2020. – № 4. – С. 129-133. – DOI 10.17238/issn2072-2419.2020.4.129.
7. Показатели тканевого гомеостаза печени у рыб вида *Surginus surgio* в различные периоды постэмбриогенеза / Е. И. Антонова, Д. И. Омарова, О. З. Мкртчян, В. Е. Высокогорский // Морфология. – 2020. – Т. 157. – № 2-3. – С. 20.

8.Понамарев, В. С. Влияние препарата «Гепатон» на реакции перекисного окисления липидов / В. С. Понамарев, О. С. Попова // Международный вестник ветеринарии. – 2020. – № 2. – С. 112-115. – DOI 10.17238/issn2072-2419.2020.2.112.

9.Понамарев, В. С. Изучение эмбриотоксического и тератогенного действия препарата «Гепатон» / В. С. Понамарев // Инновационные тенденции развития российской науки: Материалы XIII Между-

народной научно-практической конференции молодых ученых, Красноярск, 08–09 апреля 2020 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2020. – С. 85-86.

10.Понамарев, В.С. Исследование острой токсичности гепатопротектора «Гепатон» на грызунах / В.С. Понамарев, Н.Л. Андреева, М. С. Голодяева // Международный вестник ветеринарии. – 2019. – № 4. – С. 81-85.

УДК 619:618.19-002:637.115

DOI: 10.52419/ISSN2072-2419.2022.1.65

ПРИМЕНЕНИЕ МАСТОМИЦИНА В ТЕРАПИИ МАСТИТА У ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ.

Гамаюнов В.М.- к.биол. н., доц., Онуфриев В.А. к. вет. н., доц., Целуева Н.И. к. вет. н.; ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

Ключевые слова: мастит, терапия, мастомицин, эффективность. **Key words:** mastitis, therapy, mastomycin, efficacy.



РЕФЕРАТ

в работе представлены исследования по изучению терапевтической эффективности лекарственного средства мастомицин при серозно-катаральном мастите коров. Препарат содержит: гентамицина сульфат, клиндомицин и преднизолон.

Экспериментальные исследования выполнялись в лаборатории института и в ЗАО им. Мичурина, Смоленского района, Смоленской области в пастбищный период на лактирующих коровах.

Молочная железа лактирующих коров постоянно функционирует, при этом на нее и организм в целом воздействуют неблагоприятные факторы окружающей среды: антисанитарные условия с обилием условно-патогенной микрофлоры, нарушение ритма доильного аппарата и др. Все это снижает общую резистентность организма, и приводит к заболеванию маститом. Маститы причиняют значительный экономический ущерб хозяйству: снижают годовые удои и приводят к преждевременной выбраковке высокоудойных коров.

Во многих хозяйствах лечение маститов выполняется длительно (свыше трех лет) одним и тем же препаратом, чем создаются условия для возникновения устойчивых к нему штаммов микроорганизмов.

Заболеваемость коров маститом по данным статистики в хозяйствах области остается высокой, субклинической формой от 30 до 50% стада, с клиническим проявлением от 8 до 20%.

В хозяйстве для лечения мастита впервые применен мастомицин, за трехдневный курс лечения выздоровели 82,3% коров, что на 23,6% выше, чем от прималакта, длительно применяемого в хозяйстве.

Результаты выполненных исследований свидетельствуют о высокой терапевтической эффективности вновь примененного в хозяйстве мастомицина.