

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВАРИВАНИЯ КРОВИ
РАЗНЫХ ЖИВОТНЫХ БЛОХАМИ
XENOPSYLLA CHEOPIS

В. С. Ващенко, Л. Т. Солина, А. Е. Жирнов

Ленинградская противочумная станция

В экспериментальных условиях блохи *X. cheopis* пили и усваивали кровь 4 видов грызунов, человека, голубя, зеленой ящерицы и остромордой ящурки. Гистологическое исследование этих эктопаразитов, кормившихся на разных животных, показало, что в зависимости от крови прокормителя существенно меняется структура пищевого комка, а также скорость разрушения эритроцитов и общая продолжительность переваривания.

Большинство блох, в том числе и виды, для которых в естественных условиях свойственна выраженная приуроченность к определенному хозяину или узкой группе прокормителей, способны при случае питаться на разнообразных теплокровных животных, и, кроме того, как это показано для некоторых из этих эктопаразитов, они могут пить кровь пресмыкающихся (Дарская и Беседина, 1961; Кулакова, 1964; Fox, Fox a. Bayona, 1966).

Вместе с тем влияние видовой принадлежности поглощенной крови на процесс пищеварения у блох изучено очень слабо. Значительная часть сведений о пищеварении у этих эктопаразитов, его длительности, структуре пищевого комка, сроках сохранения форменных элементов крови и т. д. получены при кормлении их только на белых мышах (Ващенко, 1967, 1972; Ващенко и Солина, 1969; Щедрин и Локтев, 1971, 1972), и лишь в некоторых исследованиях применялось одновременно несколько разных прокормителей. При этом в опытах Кулаковой (1964) с блохами *Xenopsylla gerbilli caspica* Ioff. у подопытных эктопаразитов, кормившихся на большой песчанке, степной пеструшке, домовый мыши и линейчатой ящурке, не отмечено каких-либо отличий в пищеварении. По данным других авторов (Бибикова и Герасимова, 1967; Бибикова с соавтор., 1971), видовой принадлежность крови оказывает определенное влияние на скорость ее гемолиза в желудке блох и общую продолжительность переваривания.

В настоящем сообщении приводятся результаты гистологического исследования переваривания крови у кормившихся на разных прокормителях блох *Xenopsylla cheopis* Roths.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использовалась культура блох *X. cheopis*, поддерживаемая в лабораторных условиях на белых мышах. Для опытов брались насекомые (самцы и самки), которые после выхода из кокона в течение 10—15 суток постоянно содержались с прокормителем. Перед экспериментальным кормлением эктопаразиты выдерживались около суток без питания. Кормление проводилось на белых мышах, белых крысах, сирийских хомяч-

ках, морских свинок, человеке, голубе, зеленой ящерице и остромордой ящурке. Накормленные блохи подвергались легкому эфирному наркозу, из них отбирались особи с полными желудками, которые отсаживались в пробирки с песком и содержались при температуре 22—24° и относительной влажности воздуха около 90%. В дальнейшем подопытные насекомые через разные промежутки времени отдельными партиями просматривались в микроскоп, фиксировались для гистологического исследования или вскрывались, и содержимое их кишечника исследовалось в капле физиологического раствора в фазово-контрастном микроскопе.

Техника гистологического исследования мало отличалась от применявшейся ранее (Вашенок и Солина, 1969). Из материала, фиксированного в Карнуа и Буэн-Дюбоск-Бразиль, готовились парафиновые срезы. Их окраска проводилась гематоксилином Эрлиха с эозином, фосфорно-вольфрамовым гематоксилином по Шуенинову, по Романовскому-Гимза, а также гистохимическими красителями — шифф-иодной кислотой (ШИК; на углеводы), бром-феноловым синим в сулеме (на белки), по Фельгену, и метиловым зеленым с пиронином (на нуклеиновые кислоты).

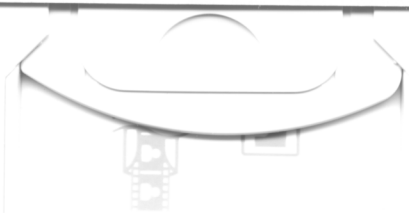
ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Блохи, как правило, питаются непосредственно из русла мелких кровеносных сосудов хозяина (Lavoipierre a. Namachi, 1964), и в их кишечник поступает цельная кровь с нормальными форменными элементами без видимых повреждений. Она свободно проходит передние отделы пищеварительного тракта и попадает в среднюю кишку или желудок, где и происходит ее переваривание. В средней кишке нормальное состояние крови быстро нарушается. Начальные этапы ее изменений связаны с агглютинацией эритроцитов и, как было показано Щедриным и Локтевым (1974), выпадением фибрина. В результате этих процессов наблюдается расслоение пищевого комка. Ретракция фибрина, охватывающего своей сетью скопления эритроцитов, приводит к образованию из них постепенно уплотняющегося сгустка. Он занимает срединное положение, а выжимающаяся из него сыворотка оттесняется к периферии. Значительная ее часть в дальнейшем выводится в ректальную ампулу, что способствует быстрому сгущению содержимого средней кишки.

Процесс такого формирования пищевого комка с выведением избыточной сыворотки начинается еще в процессе кровососания. Вполне выраженный сгусток, хорошо отграниченный от периферийных слоев дефибрированной крови, а также ее присутствие в ректальной ампуле можно наблюдать у блох сразу же после окончания питания.

У блох, кормившихся на млекопитающих, сгусток на гистологических срезах состоит из плотных скоплений тесно прилегающих друг к другу угловатых эритроцитов и редких рассеянных среди них лейкоцитов, а периферийные слои пищевого комка представлены сывороткой в виде мелкой гомогенной зернистости и беспорядочно рассеянными среди них эритроцитами, сохранившими округлую форму. Эритроциты птиц и пресмыкающихся обычно отсутствуют в периферийных слоях, занятых сывороткой, а в сгустке сохраняют свою обычную продолговатую или веретеновидную форму. Помимо форменных элементов, в сгустке различаются многочисленные прослойки фибрина, окрашивающиеся реактивом ШИК в розовый цвет и по методу Шуенинова в интенсивно синий.

Переваривание пищевого комка, начинающееся с периферийных слоев и постепенно распространяющееся к центру, сопровождается гемолизом эритроцитов. Содержимое кровяных клеток постепенно перестает окрашиваться гистологическими красителями, и они превращаются в так называемые «тени». Деформированные эритроциты млекопитающих, находящиеся в сгустке, при этом предварительно округляются. Для гемолизированных эритроцитов птиц и пресмыкающихся вначале характерно присутствие



ядер, которые в дальнейшем пикнотизируются, разбухают и растворяются, после чего от клеток остаются лишь пустые оболочки, разрушающиеся в последнюю очередь.

В процессе распада форменных элементов содержимое средней кишки на гистологических препаратах приобретает крупнозернистую или комковатую структуру, причем для блох, кормившихся на морских свинках и крысах, характерно появление в пищевом комке многочисленных кристаллов гемоглобина. Содержимое средней кишки на этой стадии пищеварения интенсивно красится на белок БФС в синий цвет и в светло-розовый реактивом ШИК. При окраске гематоксилином Эрлиха с эозином у блох, питавшихся на млекопитающих, пищевой комок приобретает розовую окраску, а у эктопаразитов, накормленных на птицах и рептилиях, имеет синий оттенок из-за высокого содержания нуклеиновых кислот, освобождающихся при разрушении ядер эритроцитов. Переваривание крови сопровождается появлением в средней кишке пузырьков газа, особенно многочисленных после питания на хомяках и белых мышах.

По мере переваривания содержимое средней кишки постепенно перестает окрашиваться и приобретает золотистый или грязно-желтый цвет, превращаясь в конечный продукт переваривания крови блохами, которым, по данным Фаша (Faasch, 1935), является гематин. Следует, однако, отметить, что непереваренные остатки могут вторично приобретать способность окрашиваться реактивом ШИК в малиновый цвет, а БФС в светлосиний, что, по всей вероятности, происходит в результате их пропитывания секретом пищеварительных клеток полисахаридно-белковой природы.

Параллельно с перевариванием крови наблюдается также изменение формы и структуры цитоплазмы пищеварительных клеток. Сразу после питания, если была принята полная порция крови, эпителиальные клетки средней кишки сильно уплотняются. Их цитоплазма в этот период имеет мелкозернистую гомогенную структуру. В ходе пищеварения клетки постепенно вытягиваются, в их цитоплазме появляются различные включения, среди которых особенно отчетливо выделяются жировые вакуоли. К концу переваривания клетки принимают столбчатую или вытянутую форму, вакуоли пропадают и цитоплазма вновь становится мелкозернистой и сравнительно гомогенной.

Особенности переваривания крови разных животных у блох *X. cheopis* не ограничиваются отмеченными отличиями в структуре пищевого комка на разных стадиях переваривания. Как показали наблюдения, в зависимости от видовой принадлежности прокормителя существенно меняются сроки сохранения в полости средней кишки форменных элементов крови, а также общая продолжительность ее переваривания.

Из использованных в опытах 8 видов прокормителей быстрее всего переваривалась кровь белых мышей. Общая продолжительность переваривания одной порции крови этих животных у блох *X. cheopis* при 22—24°, по нашим данным, как это отмечалось ранее (Ващенко и Солина, 1969), а также по наблюдениям Щедрина и Локтева (1971), обычно не превышает 12 часов. Значительные скопления эритроцитов в виде сгустков и лейкоциты наблюдались при этом в течение 3—3.5 час., а отдельные эритроциты в виде «теней» можно было обнаружить через 4 часа.

Форменные элементы крови сирийских хомячков и человека разрушались быстрее. Отчетливо различимых кровяных клеток после питания на этих прокормителях в средней кишке блох не удавалось различать уже через 1.5—2 часа, хотя полное переваривание и усвоение крови длилось от 12 до 22 часов.

У блох, питавшихся на морских свинках, эритроциты в сгустке, постепенно уплотняясь, сливаются в такую плотную массу, что границы между отдельными клетками на срезах становятся плохо различимыми. Однако лейкоциты, хорошо заметные по наличию ядер, можно обнаруживать в содержимом средней кишки в течение 12—13 час. О наличии скоплений эритроцитов в эти же сроки свидетельствуют также прижизненные наблюдения, а также присутствие гемолизированных эритроцитов по



краям пищевого комка. Отдельные эритроциты в виде теней можно было наблюдать через 18 час. после питания, а общая продолжительность переваривания занимает около суток. Как уже отмечалось, для блох, питавшихся на морских свинках, характерно присутствие в содержимом кишечника кристаллов гемоглобина в форме тетраэдров. Они появляются вскоре после питания непосредственно в сгустке среди деформированных эритроцитов и в периферийных слоях, сначала их количество постепенно увеличивается, они могут образовывать крупные глыбы, а затем, по мере переваривания крови, постепенно утрачивают правильность формы, уменьшаются в размерах и исчезают.

Кровь белых крыс переваривается несколько дольше. Значительные скопления деформированных эритроцитов и лейкоциты после питания на этих животных удавалось обнаружить в течение 16 час., а отдельные их клетки в виде «теней» сохранялись до суток. Разрушение эритроцитов так же, как после питания на морских свинках, сопровождается образованием кристаллов гемоглобина, имеющих форму продолговатых палочек или неправильных глыбок. Полное переваривание крови у большинства особей заканчивалось в пределах 20—30 час.

Приблизительно с такой же скоростью протекало переваривание крови голубя. В течение 14 час. в желудках питавшихся на них блох можно было наблюдать значительные скопления негемолизированных эритроцитов, сохранивших веретеновидную форму и не проявляющих признаков гемолиза, а отдельные гемолизированные клетки с остатками полуразрушенных ядер или их «пустые» оболочки можно было наблюдать до суток. Общая продолжительность переваривания у самок блох после питания на голубях составляла от 24 до 30 час.

В связи с тем что на ящерицах блохи питались хуже, чем на теплокровных животных, было исследовано небольшое число напитавшихся особей; полученные данные о сроках переваривания блохами их крови менее достоверны. Тем не менее можно отметить, что значительные скопления негемолизированных эритроцитов наблюдались в течение 10 час. после питания, а единичные кровяные клетки сохранялись до 20 час. Полное переваривание крови пресмыкающихся не наблюдалось ранее 14 час., а его крайние сроки, вероятно, не превышают суток.

В соответствии с различиями в скорости переваривания крови разных прокормителей изменялись форма, структура и заполненность включениями цитоплазмы пищеварительных клеток. Быстрое разрушение пищевого комка сопровождалось ускоренным превращением эпителия из уплотненного в столбчатый и быстрым накоплением в них пищевых включений, в частности жировых вакуолей, особенно крупных и обильных после питания блох на хомячках.

У самцов *X. cheopis* переваривание крови протекало несколько медленнее. После питания на белых мышах и сирийских хомячках разница в общей продолжительности пищеварения у самцов и самок обычно не превышала 2—4 час. Приблизительно такой же или немного больше она была при переваривании крови морских свинок, а у эктопаразитов, кормившихся на крысах и голубях, составляла 6—10 час.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Блохи *X. cheopis*, помимо своих естественных прокормителей — крыс рода *Rattus*, могут питаться и на других млекопитающих, а также пить кровь птиц и рептилий. В проведенных нами опытах эктопаразиты не только пили, но и усваивали кровь 4 видов грызунов, человека, голубя, зеленой ящерицы и остромордой ящурки. Как показали наблюдения, физико-химические особенности крови использованных в опытах животных различной систематической принадлежности не вызывали у подопытных блох каких-либо нарушений в функционировании пищеварительного тракта, но вместе с тем обуславливали некоторые различия в течении пищеварительного процесса.

У блох, кормившихся на разных животных, значительно различались сроки переваривания крови. Так, судя по гистологическим препаратам, переваривание крови белых мышей до гематина у самок *X. cheopis* при 23—24° обычно заканчивалось не позднее 12 час., кровь человека и золотистого хомяка переваривалась за 12—20, морских свинок и рептилий — за 18—25, а белых крыс и голубя — за 20—30 час. Заслуживают также внимания структурные особенности содержимого средней кишки, связанные со свойствами крови прокормителя. Кровь сирийских хомячков и человека, расслаиваясь сразу после питания так же, как и кровь других прокормителей, на центральный сгусток и оттесняемую к периферии дефибрированную фракцию, очень быстро, в течение часа, превращалась в однородную легко перемешивающуюся зернистую или комковатую массу. После питания на белых мышках крупные сгустки эритроцитов отмечаются в течение 2—3 час., а плотные комки, состоящие из форменных элементов крови и кристаллов гемоглобина, образуемые кровью белых крыс и морских свинок, сохраняются в желудке блох до 10—16 час. Очень медленно разрушаются эритроциты птиц и рептилий. При этом отдельные гемолизированные кровяные клетки этих животных могут отмечаться в самом конце пищеварения, когда большая часть содержимого уже перестает воспринимать гистологические красители, превращаясь в гематин.

Отмеченные особенности пищеварительного процесса, обусловленные кровью прокормителя, позволяют предполагать, что при питании блох на разных животных в их кишечном тракте создаются неодинаковые условия для переживания патогенных микробов, что может оказывать определенное влияние на сохранение и размножение возбудителя в организме этих переносчиков.

Л и т е р а т у р а

- Б и б и к о в а В. А. и Г е р а с и м о в а Н. Г. 1967. О биологии *Xenopsylla skrjabini* Ioff., 1928. Сообщ. 2. Питание блох в экспериментальных условиях. Зоолог. журн., 46 (5) : 730—736.
- Б и б и к о в а В. А., С о с у н о в а А. Н., М о р о з о в а И. В., Ф е д о р о в а В. И. 1971. Переживание форменных элементов крови хозяина в кишечнике блох. Энтомолог. обозр., 50 (1) : 38—42.
- В а щ е н о к В. С. 1967. Гонотрофические отношения у блох *Ceratophyllus consimilis* Wagn (Aphaniptera, Ceratophyllidae). Паразитолог. сб., ЗИН АН СССР, 23 : 222—235.
- В а щ е н о к В. С. 1972. Морфофизиологические особенности блох с разным характером паразитических связей с хозяином. Тр. 13-го Международн. энтомолог. конгр. 2—9 августа 1968 г. М., т. 1 : 454—455.
- В а щ е н о к В. С. и С о л и н а Л. Т. 1969. О пищеварении у блох *Xenopsylla cheopis* Roths. (Aphaniptera, Pulicidae). Паразитолог., 3 (5) : 451—460.
- Д а р с к а я Н. Ф. и Б е с е д и н а К. П. 1961. О возможности питания блох (*Suctoria*) на рептилиях. Тр. н.-иссл. противочумн. инст. Кавказа и Закавказья, 5 : 33—39.
- К у л а к о в а З. Ф. 1964. Питание *Xenopsylla gerbilli caspica* Ioff. и некоторых других блох. В кн.: Эктопаразиты, 4 : 205—220.
- Щ е д р и н В. И., Л о к т е в Н. А. 1971. Морфологические изменения пищевого комка у блох *X. cheopis* Roths. Проблемы особо опасных инфекций. Саратов, 6 (22) : 97—103.
- Щ е д р и н В. И., Л о к т е в Н. А. 1972. Изменения эпителия средней кишки *Xenopsylla cheopis* Roths. (Siphonaptera, Pulicidae) в процессе пищеварения. Проблемы особо опасных инфекций. Саратов, 3 (25) : 85—89.
- Ф а а с с х W. J. 1935. Darmkanal und Blutverdauung bei Aphanipteren. Z. Morph. Okol. Tiere, 29 (4) : 559—584.
- Ф о х J., Ф о х R. A., В а у о н С. 1966. Fleas feed on the lizards in the laboratory in Puerto Rico. J. Med. Entomolog., 2 (4) : 395—396.
- Л а в о и п и е р р е M. M. J. a. H a m a c h i M. 1961. An apparatus for observation on the feeding mechanism of the flea. Nature, London, 192 (4806) : 998—999.

THE PECULIARITIES OF BLOOD DIGESTION OF DIFFERENT
ANIMALS BY THE FLEA XENOPSYLLA CHEOPIS

V. S. Vashchenok, L. T. Solina, A. E. Zhirnov

S U M M A R Y

Under experimental conditions fleas *X. cheopis* engorged and assimilated blood of 4 species of rodents, man, pigeon and two species of reptiles. Histological investigations have shown that the structure of food clot, destruction rate of blood cells and general duration of digestion are changed considerably depending on the host's blood. In females the digestion of white mice blood to haematin at 23—24° lasted not over 12 hours, the digestion of blood of hamsters and man — 12 to 20 hours, of guinea pigs and reptiles — 18 to 25 hours and of white rats and pigeons — from 20 to 30 hours. In males the digestion carries out somewhat slower. The above differences in blood digestion can apparently create unequal conditions for pathogenic microbes in the intestine of fleas that affects the preservation and reproduction of the agent in the organisms of these carriers.

