

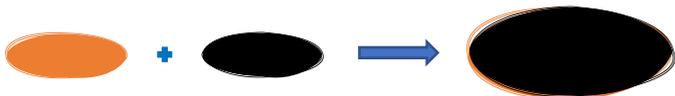
Коричневый окрас у собак – давайте разбираться

Пигменты и окрасы

Всего у собак, как и у всех млекопитающих, два типа пигментов: эумеланин – черный и феомеланин – красный. В обычной ситуации даже у черной собаки оба пигмента синтезируются одновременно: и черный, и красный:



У черной собаки красный пигмент закрывается черным эумеланином, поэтому мы его не видим:



Коричневый окрас

Зачастую шерсть собаки даже черного окраса имеет незначительный коричневый отлив разной степени яркости. Достаточно хорошо это можно наблюдать у черных животных, которые летом много находятся под солнцем: шерсть «выгорает», но не становится блеклой, а «коричневевет» – дело в том, что эумеланин (черный) гораздо более чувствителен к ультрафиолету и под его воздействием быстро разрушается, делая более видимым красный:

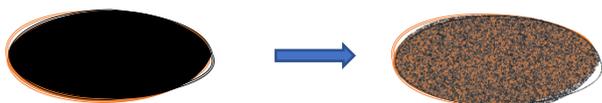


Схожую картину можно наблюдать каждый год на листьях деревьев: летом зеленого пигмента (хлорофилла) настолько много, что мы видим листья зелеными, но при первых заморозках осенью он быстро разрушается, и обнаруживаются, что в листьях присутствуют пигменты других цветов: красного, желтого, коричневого. Летом они тоже были, но под хлорофиллом не проявлялись:



Генетика коричневого окраса

Сейчас у собак описано четыре мутации или аллели, приводящие к коричневому окрасу, обозначаемые: *bc*, *bs*, *bd* и *ba*. Все они расположены в локусе *B*, а точнее – в одном гене белка, связанного с ферментом – тирозиназой (TYRP1, tyrosinase-related protein 1), и приводят к изменению его работы. Форма гранул эумеланина образует просветы, через которые становится лучше виден красный пигмент. Такое сочетание визуально воспринимается коричневым:



Отметим, что коричневый окрас проявляется не только в шерсти, но и на кожных покровах, поэтому нос собаки также коричневый.

Генотипы локуса *B*

Как было сказано выше, всего известно четыре аллели коричневого окраса, и все они рецессивны по отношению к *B* – пятой аллели, связанной с нормальной формой гранул черного пигмента:

B – аллель черного окраса;

bc, bs, bd – аллели, приводящие к коричневому окрасу у всех пород собак;

ba – аллель, приводящая к коричневому окрасу и описанная в настоящее время только у Австралийских овчарок.

Зная основы генетики и наследственности, можно написать все возможные генотипы по локусу B:

1. **B/B** – не несет ни одну из аллелей коричневого окраса, коричневый не проявляется.
2. **B/bc, B/bs, B/bd, B/ba** – четыре возможных генотипа, при которых собака не будет иметь проявления коричневого окраса, но будет его носителем.
3. **bc/bc, bc/bs, bc/bd, bc/ba, bs/bs, bs/bd, bs/ba, bd/bd, bd/ba, ba/ba** – десять возможных генотипов из разных сочетаний аллелей коричневого окраса. У таких собак будет проявляться коричневый окрас.

Всего можно насчитать 15 различных генотипов, встречающихся в разных породах с разной частотой.

Аллели **bc, bs** и **bd** приводят к одному и тому же окрасу и встречаются у всех пород собак (у которых коричневый допущен стандартом), поэтому во многих случаях их достаточно заменить общим обозначением **b** – аллель коричневого. В таком случае можно говорить об аллелях **B, b** и **ba** (но мы помним, что обозначение «**b**» - обобщающее три разных аллели) и генотипах **B/B, B/b, b/b** и **B/ba, b/ba, ba/ba** – дополнительно для Австралийской овчарки. В итоге, для всех пород можно говорить только о трех генотипах: **B/B, B/b** и **b/b**.

Что может пойти не так?

С некоторого времени периодически (пока довольно редко) различные лаборатории стали сталкиваться с ситуациями, когда собаки черного или голубого окраса по результатам генетического теста оказывались **b/b**, т.е. генетически они должны быть коричневыми, но визуально оказались черными. Что это, ошибка лаборатории, неправильно сданный материал, или, может, мутации в генах описаны неверно?

Немного сложной, но нужной молекулярной генетики

Мы привыкли считать большинство признаков, с которыми работаем, моногенными, определяемыми одним геном, а аллели - независимо наследуемыми. Конечно, все гораздо сложнее, но сейчас нас интересует только локус B, в котором, вроде, все просто: коричневый – моногенный признак, определяемый локусом B, а аллели независимо наследуются...

Оказалось, что это не совсем так. Не будем говорить об аллели **ba** – с ней все хорошо, можно спать спокойно.

Посмотрим на фрагмент ДНК, который содержит локус B (ген TYRP1):

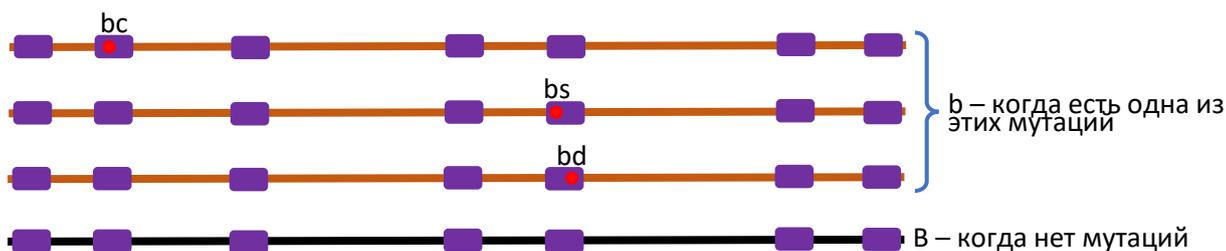


Сам ген состоит из семи участков, которые потом собираются в один, чтобы синтезировать белок, но на ДНК в хромосомах это выглядит примерно так.

А вот тут красными точками отмечены места, где произошли мутации, приводящие к коричневому окрасу:



Конечно, тут отмечены только точки мутаций, а сами аллели будут выглядеть так:



В генотипе могут содержаться по две любые аллели из представленных. Лабораторные методы диагностики выявляют наличие или отсутствие мутаций в указанных точках, но надо помнить, что во всех клетках содержится по две аллели и в анализ берется генотип собаки целиком:

Биоматериал, взятый в работу

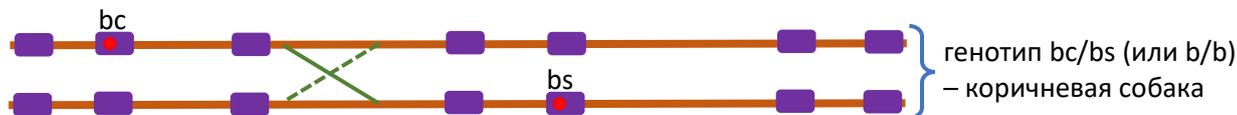
Генотип	Что видно при лабораторном анализе		
	bc или B	bs или B	bd или B
V/B	V/B	V/B	V/B
V/bc (B/b)	V/bc	V/B	V/B
V/bs (B/b)	V/B	V/bs	V/B
V/bd (B/b)	V/B	V/B	V/bd
bc/bc (b/b)	bc/bc	V/B	V/B
bs/bs (b/b)	V/B	bs/bs	V/B
bd/bd (b/b)	V/B	V/B	bd/bd
bc/bs (b/b)	V/bc	V/bs	V/B
bc/bd (b/b)	V/bc	V/B	V/bd
bs/bd (b/b)	V/B	V/bs	V/bd

Выявляемые аллели

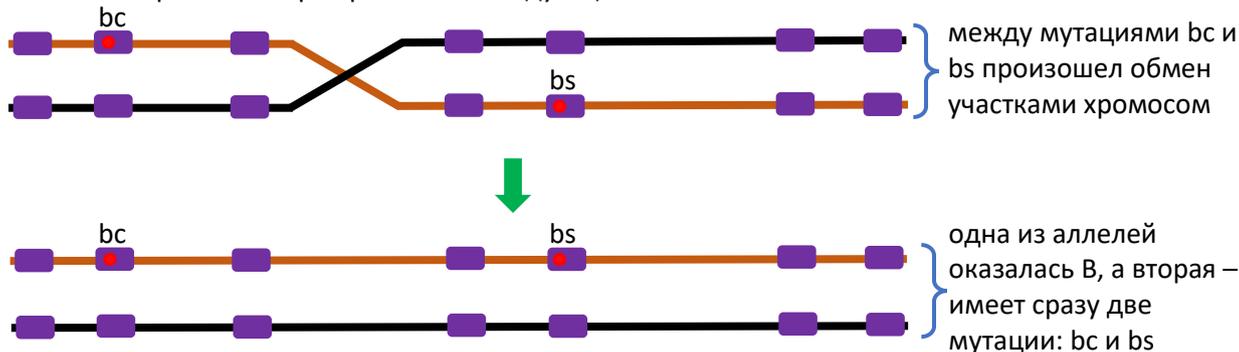
Одновременно две гетерозиготы по двум разным мутациям – интерпретируются как гомозигота по коричневому – b/b

Ни одного повторяющегося сочетания в результатах анализа нет, поэтому каждый из указанных генотипов можно установить практически со 100% достоверностью. Это касается 99% всех исследований собак на коричневый окрас.

Не так давно оказалось, что в ходе естественной биологической изменчивости однажды у коричневой собаки с генотипом bc/bs произошло следующее событие:



Это называется кроссинговер – нормальный биологический процесс, при котором происходит обмен участками хромосом. На картинке ДНК специально отмечены разными цветами, потому что в итоге кроссинговера произошло следующее:



На одной хромосоме оказались сразу две мутации: (bc+bs), а вторая стала обычной аллелью В, не несущей мутации коричневого окраса. Такой генотип можно записать как В/bcbs, а так как одна из аллелей – В, собака имеет черный окрас и является носителем коричневого.

Новая аллель – вывод

В итоге появилась новая аллель, сформированная двумя уже известными: bc+bs=>bcbs. Она также рецессивна к В, но в то же время возникли сложности с ее лабораторным анализом, т.к. тестирование на отдельные аллели выявляет как bc в гетерозиготе (В/bc), так и bs в гетерозиготе (В/bb). Если посмотреть в таблицу – видно, что такое сочетание интерпретируется как bc/bb, если в упрощенном виде, - b/b, что для черной собаки невозможно. В этом случае **мы должны для черных собак генотип bc/bb читать как В/bcbs – гетерозигота, носитель редкой аллели коричневого окраса bcbs, т.е. для верного установления носительства коричневого окраса у черных собак при сдаче теста необходимо указывать окрас.**

Вот такие удивительные вещи нам подкидывает генетика.