

La genetica del colore

Tutte le caratteristiche che si manifestano in un individuo, come il colore del mantello, sono l'espressione di un patrimonio genetico ben definito che lo determina.

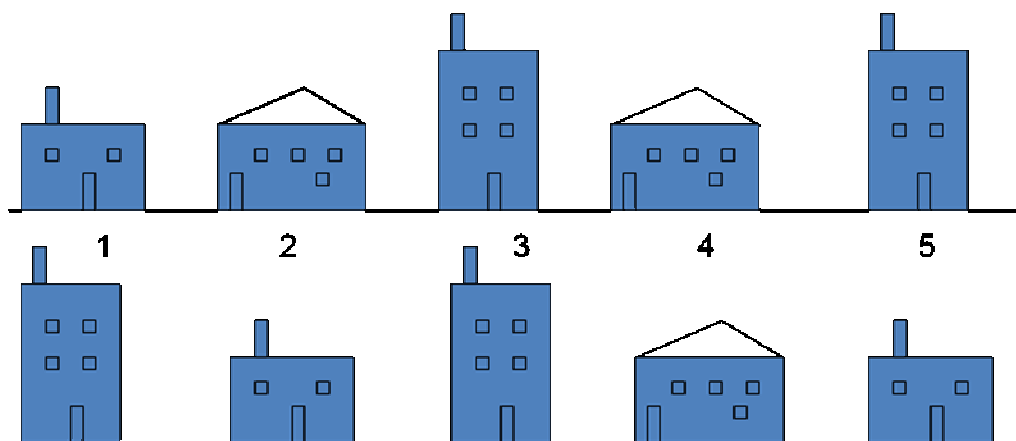
In genetica questo concetto viene riassunto con i termini di “fenotipo” e “genotipo”.

Il **fenotipo** è l'espressione visibile del codice genetico, che invece viene chiamato **genotipo**. Mentre per molte caratteristiche il genotipo non si palesa facilmente (pensiamo ad esempio al funzionamento di organi o sistemi), per il colore esiste una chiara manifestazione, che ci permette di fare alcune divertenti osservazioni. Ogni colore di un cavallo è determinato da quello che è scritto nel patrimonio genetico, e viene trasmesso alla prole con chiare regole matematiche.

Per familiarizzare con i concetti di cui dobbiamo parlare, immaginiamo che il nucleo della cellula sia una città costruita intorno ad un preciso numero di strade. Queste strade hanno due bordi che sono speculari, e questi bordi, il lato destro di derivazione paterna e il lato sinistro di derivazione materna, sono i cromosomi. Ogni cellula ha un numero fisso di strade, cioè di coppie di cromosomi, tipico della specie. C'è solo una strada che ha due lati non speculari, ed è quella dei cromosomi sessuali, dove la specularità esiste nella femmina, ma un lato è molto più corto nel maschio (il cromosoma y).

Ogni lato della strada, il cromosoma, ha un numero stabilito di numeri civici, i geni. Questi costituiscono le posizioni dove ci sono le case. In ogni numero civico ci possono essere alcuni differenti tipi di case, gli alleli, che sono quindi le differenti tipologie di case a quel numero civico, cioè le differenti forme di un determinato gene. Sulle differenti forme di ogni determinato gene si costruisce l'unicità di ogni individuo.

I Cromosomi



La Strada: La posizione del cromosoma

I lati della strada: Le due copie di cromosomi

I numeri civici: i geni

Il tipo di casa che può essere ad un numero civico: gli alleli

Quanti più geni uguali tra due individui ci sono, tanto maggiore è la consanguineità. Sui due lati della strada, quello di origine materna e quello di origine paterna, ad ogni numero civico corrispondente ci possono essere due alleli uguali o diversi. Se i due alleli, materno e paterno, sono uguali, l'individuo sarà "omozigote" per quel determinato gene; se sono diversi l'individuo sarà "eterozigote". In questo ultimo caso l'allele più forte, quello che verrà espresso, si chiama dominante, l'altro, che non viene espresso (non è fenotipicamente evidente ma è presente nel genotipo), è chiamato recessivo. Un allele recessivo ha la stessa possibilità di essere trasmesso alla prole del gene dominante.

Su questi concetti possiamo cercare di capire come viene determinato il colore di un cavallo.

Il colore del mantello è determinato da due geni, cioè due posizioni nei cromosomi, che influenzano la produzione dei pigmenti dei peli.

Uno è il gene chiamato "Agouti", l'altro il gene "Extension".

Alla posizione **Agouti** possono esserci due alleli, il *dominante* **A** e il *recessivo* **a**.

Allo stesso modo il gene Extension ha gli alleli **E**, *dominante*, ed **e**, *recessivo*.

- 1) Se un cavallo ha due forme recessive di Extension, cioè **ee**, qualunque sia l'Agouti presente avrà un mantello **sauro**.

$\text{Se } \exists ee \forall \text{ agouti} \Rightarrow \text{SAURO}$

- 2) Se un cavallo ha almeno un **E**, sarà **baio o morello** a seconda dell'allele Agouti presente.

$\text{Se } \exists E \Rightarrow \text{BAIO o MORELLO}$

- Sarà **baio** se avrà almeno una copia di **A**,

$\text{Se } \exists E + A \Rightarrow \text{BAIO}$

- Sarà **morello** se è **aa**.

$\text{Se } \exists E + aa \Rightarrow \text{MORELLO}$

I tre colori base del cavallo sono il sauro, il baio e il morello.

Un cavallo **baio** avrà uno dei seguenti genotipi



- $AaEe$; - $AaEE$ $AAEe$; - $AAEE$;

Questi genotipi condizioneranno il tipo di baio che vedremo, con maggiori **riflessi dorati** se è presente un **e** ; più **scuro** se è presente un **a**.

Un cavallo **morello** avrà uno dei seguenti genotipi:



- $aaEe$; - $aaEE$

Un cavallo **sauro** avrà uno dei seguenti genotipi:



- aa^{ee}; - Aa^{ee}; - AA^{ee}

Il concetto fondamentale da comprendere è che esistono solo tre colori di base, baio, sauro e morello. Questo purtroppo non è noto neppure ai tecnici UNIRE, che non prevedono la definizione di colore “morello”, che è chiamato baio scuro, commettendo un enorme errore.

In realtà, a complicare la comprensione della situazione, è stata scoperta una **variante di A**, che viene chiamata **At**.

In questo caso, non cambia l'allele, come succede con a, cioè non è modificato il tipo di casa possibile a quel numero civico, ma **cambiano alcuni particolari**, come se alla casa A, quella del baio, cambiassero i tipi di finestre. Il gene **At** è responsabile del colore “**brown**”, ossia del baio scuro tipo marrone cioccolato.

Se $\exists E + At \Rightarrow$ BAIO BROWN



In conclusione, i colori di base del cavallo sono il sauro, il morello e il baio, con la sua variante brown.

I geni modificatori

A questo punto possiamo introdurre altri concetti, come quello dei geni modificatori.

I geni **MODIFICATORI** sono tali da “*intralciare*” il lavoro dei geni principali, modificando il prodotto finale. Il più diffuso e noto è il gene del **grigio**, per il quale esistono due alleli, **G** e **g**.

GRIGIO $\Rightarrow$ G o g

Il cavallo che ha nella posizione di questo gene due g, cioè gg, non sarà grigio.

Se $\exists$ gg $\Rightarrow$ NON GRIGIO

Se è presente una o due copie di G, il cavallo diventerà grigio nel corso della sua vita, indipendentemente dal colore di base.

Se $\exists$ G $\Rightarrow$ DIVENTERA' GRIGIO

Se $\exists$ GG $\Rightarrow$ DIVENTERA' GRIGIO

Pertanto il cavallo grigio è un cavallo che nasce con il suo colore di base, baio, sauro o morello, ma diventa grigio con il tempo per effetto di G, che provoca la perdita della melanina prodotta.



Ovviamente il cavallo che porta un solo gene del grigio, cioè Gg, avrà metà dei figli grigi e metà no, mentre il cavallo che ne porta due avrà solo figli grigi.

Se $\exists$ Gg $\Rightarrow$ ½ figli grigi e ½ figli NON grigi

Se $\exists$ GG $\Rightarrow$ 100% figli grigi

E' per questo che alcune razze di cavalli, in cui il grigio è stato ricercato per numerose generazioni, come i Camargue o i Lipizzani, sono tutti grigi *omozigoti*, (GG) e incrociando uno di essi con un qualsiasi altro cavallo, avremo figli grigi.

Per definire correttamente un cavallo grigio, dovremmo dire se il cavallo è un grigio a base saura, grigio a base morella o grigio a base baia.

Il gene del grigio agisce sempre e solo sul pelo, mentre la cute non è interessata ed è sempre scura.

Il grigio è molto diverso dal cavallo **bianco dominante, o albino**. Questo gene, dominante, è **letale se presente in forma omozigote**, e determina anche cute rosa, criniera e coda bianca e occhi rosa o azzurro chiaro, o marrone chiaro. Sono per altro cavalli molto rari, proprio per la loro scarsa efficienza riproduttiva.



I geni di diluizione

Il più conosciuto è il gene chiamato “**cream**”, cioè crema. Tale gene, se presente in forma **eterozigote** determina una **diluizione dei pigmenti rossi** presenti nel pelo. Se presente in forma **omozigote**, diluisce sia i pigmenti **rossi** sia quelli **neri**. Diluisce inoltre il colore degli occhi e della cute.

E' un gene **dominante**, pertanto si esprime sempre, quando presente.

Se presente allo stato **eterozigote**, nel cavallo **sauro**, determina il mantello chiamato “**palomino**”, con peli biondi e criniera e coda quasi bianche



Allo stato **omozigote**, vale a dire presente su entrambi i cromosomi, sul cavallo **sauro** determina il colore “**cremello**”. Il cremello è un cavallo di colore caffelatte chiaro, con occhi azzurri.



SAURO +CREAM ETEROZIGOTE $\Rightarrow$ PALOMINO

SAURO +CREAM OMOZIGOTE $\Rightarrow$ CREMELLO

Sul **baio**, il gene cream determina il “**buckskin**” in forma *eterozigote*



il **perlino** in forma *omozigote*



BAIO +CREAM ETEROZIGOTE $\Rightarrow$ BUCKSKIN

BAIO +CREAM OMOZIGOTE $\Rightarrow$ PERLINO

Sul **morello** in forma *eterozigote* determina lo “**smoky black**”, un mantello grigio scuro fumo,



in forma *omozigote* da un effetto molto particolare, quello dello **smocky cream**



MORELLO +CREAM ETEROZIGOTE ⇒ SMOCKY BLACK

MORELLO +CREAM OMOZIGOTE ⇒ SMOCKYCREAM

Un altro gene di diluizione molto apprezzato è il gene **Champagne**. Il gene champagne determina la presenza di una **cute rosa brillante**, e **occhi azzurri alla nascita**. Gli occhi diventano poi più scuri con l'età, diventando marrone-verdastri Il gene champagne determina **anche** una **diluizione** del colore **del pelo**,

Il cavallo **sauro** diventa **golden champagne**,



Il cavallo **baio** diventa **amber champagne**



Il **morello** diventa **classic champagne**.



SAURO +CHAMPAGNE $\Rightarrow$ GOLDEN champagne
BAIO +CHAMPAGNE $\Rightarrow$ AMBER champagne
MORELLO +CHAMPAGNE $\Rightarrow$ CLASSIC champagne

Il **dun** è un altro fattore di diluizione che **modifica il colore rosso e nero**. Agisce indipendentemente dalla presenza in forma eterozigote o omozigote.

Determina le colorazioni **reddun** nel **sauro**,



baydun nel **baio**



grulla o black dun nel **morello**



SAURO +DUN $\Rightarrow$ REDdun

BAIO +DUN $\Rightarrow$ BAYdun

MORELLO +DUN $\Rightarrow$ BLACKdun o GRULLA

Il **roano** si caratterizza per la **contemporanea presenza di peli bianchi e del colore di base** del cavallo in tutte le aree del corpo.

Il roano vero si differenzia dal roano legato al gene *Lp* dell'appaloosa poiché quest'ultimo inizia a palesarsi dalle parti *posteriori* del cavallo, per estendersi all'anteriore, mentre il roano vero riguarda contemporaneamente tutto il corpo. il roano vero è **letale** se presente in forma **omozigote**.

Il roano sul **sauro** dà il **redroan**, o roano rosso



Il roano sul **baio** dà il **bayroan**,



Il roano sul **morello** da il **blueroan**.



SAURO + ROANO $\Rightarrow$ REDroan
BAIO + ROANO $\Rightarrow$ BAYroan
MORELLO + ROANO $\Rightarrow$ BLUEroan

Una forma particolare di roano è il **Rabicano**. Questo gene determina la presenza di aree roane di limitata estensione sul corpo, escludendo gli arti.



Il gene **Z**, o **silver dapple** è responsabile di una **trama più scura sul mantello**, visibile spesso in controluce, e dello **schiarirsi di criniera e coda**.

Un effetto molto particolare si ottiene nel morello, con un colore del mantello cioccolato scuro e la criniera e la coda bianche. Tale colorazione, estremamente affascinante, è molto ricercata in alcune razze di cavalli come i pony islandesi.

I cavalli avelignesi di casa nostra sono dei sauri, con mantello modificato dal gene silver dapple, presente ormai in forma omozigote, che rende criniera e coda molto chiare.



**Z Silver dapple $\Rightarrow$ trama scura mantello
criniera e coda schiarite**

I mantelli pezzati.

Sono conosciuti **quattro geni** di diluizione che provocano **macchie**.

Il più comune è il gene **Sabino**, presente in altissima percentuale nei cavalli. Tale gene determina la comparsa di **lista e/o stella** e di **balzane** bianche **estese su mantello di altro colore**.

E' probabilmente polimorfico, cioè molti alleli diversi possono essere allo stesso loco, alcuni con espressione più limitata, altri, come il Sabino1, che è stato identificato ed è testabile nei cavalli, con balzane molto alte, che spesso si spingono fino a dare macchie in varie parti del corpo.

SABINO $\Rightarrow$ LISTA e/o STELLA e BALZANE BIANCHE

Il secondo e il terzo gene sono quelli responsabili del **Tobiano** e dell'**Overo**.



Tobiano



Overo

TOBIANO $\Rightarrow$ BLABLABLA
OVERO $\Rightarrow$ BLABLABLA

Esistono, e sono ricercati, sebbene indistinguibili fenotipicamente dagli eterozigoti, gli omozigoti Tobiano,

Il gene **Overo** è **letale** quando presente in forma **omozigote**. Pertanto tutti gli overo conosciuti tra i paint sono eterozigoti.

Quando il cavallo possiede sia il gene Tobiano che il gene Overo, si parla di Tovero, con caratteristiche intermedie tra i due colori.



TOBIANO + OVERO $\Rightarrow$ TOVERO

L'ultimo gene responsabile di macchie è il cosiddetto gene “**splash**”.



E' responsabile di una **faccia** completamente **bianca**, con un mantello di altri colori, e spesso di occhi azzurri. Anche questo gene può essere presente in contemporanea con altri geni di diluizione.

SPLASH $\Rightarrow$ FACCIA bianca + mantello colore diverso occhi
azzurri

I mantelli maculati

La genetica dei mantelli maculati è estremamente affascinante. Giocano nel determinare il mantello di un knabstrupper, di un norico o di un appaloosa almeno **tre geni**,

- il gene **Lp** (o gene leopard),
 - il gene **PATN**
 - il gene **sabino**, di cui abbiamo già parlato.
-
- Il gene **Lp** è responsabile della comparsa delle macchie,
 - Il gene **PATN** determina l'**estensione del bianco**.
 - Il gene **Sabino** determina la lista e/o la stella e le balzane

Un cavallo **eterozigote** per **Lp**, con presenza di **almeno un PATN**, sarà **leopard**.



Un cavallo **omozigote** per **Lp**, sempre con **almeno un PATN**, sarà un cosiddetto "**fewspot**", o "**whiteborn**", cioè un cavallo che, dal giorno della nascita, è bianco. Alcune macchie saranno visibili sotto il bianco, e alcune rare macchie appariranno con l'età. La cute è comunque scura, eccetto intorno agli orifizi



Se il cavallo ha il gene **Lp**, ma **non ha PATN**, avrà un **colore diverso** a seconda che abbia il gene **sabino** oppure no.

Se ha il sabino l'eterozigote Lp avrà una coperta con macchie,



mentre l'omozigote sarà un cosiddetto “snowcap”, cioè avrà una coperta completamente bianca.



Il sabino ha una penetranza variabile, cioè un grado di espressione variabile, e questo condiziona l'ampiezza della coperta.

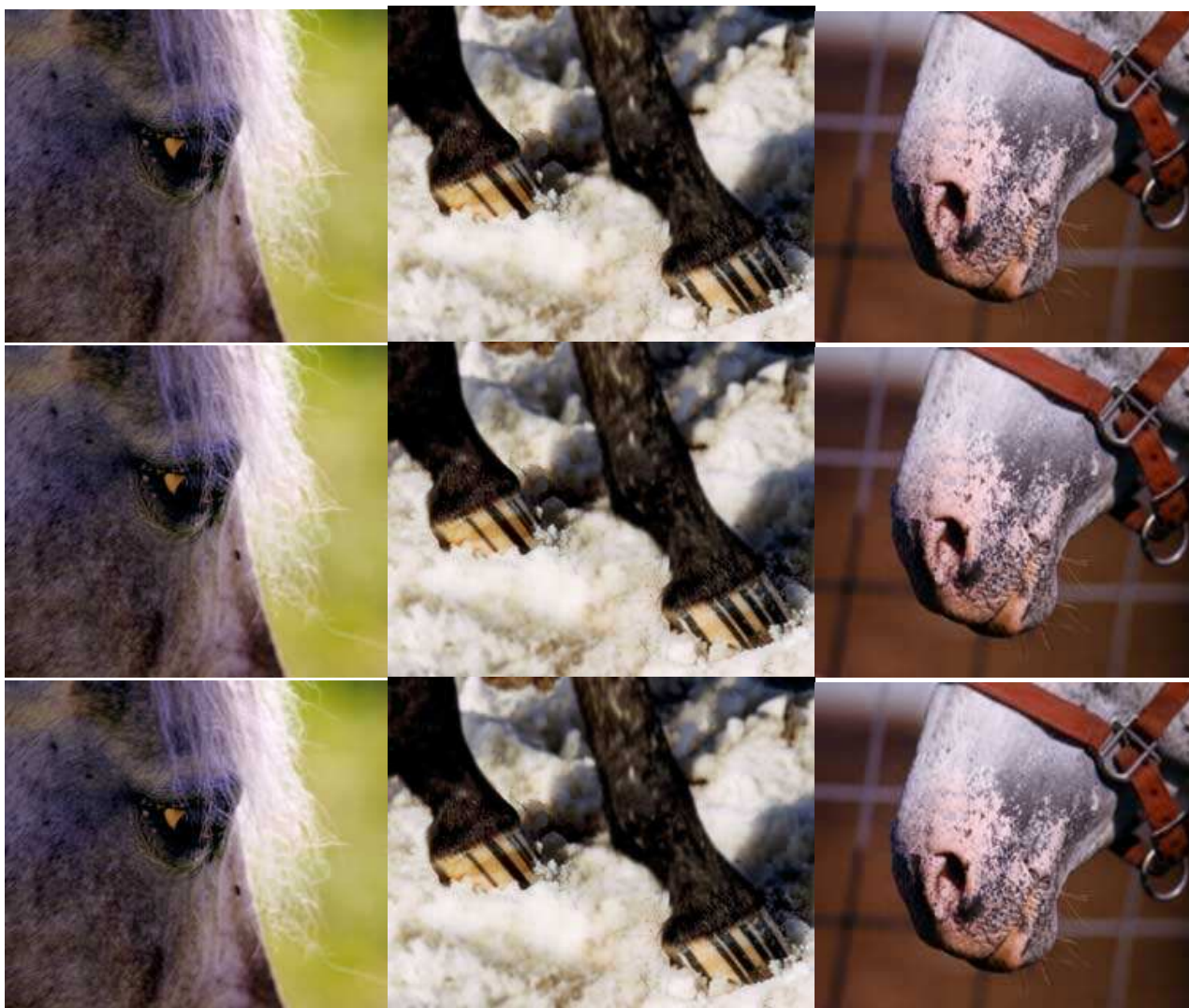
Se invece il sabino non è presente, il cavallo con LP, eterozigote o omozigote, avrà un mantello uniforme, e l'unico segnale del gene Lp sarà nelle cosiddette “caratteristiche”, cioè la cute rosea maculata intorno agli orifizi, la sclera bianca e gli zoccoli striati.

Se Lp/lp + PATN $\Rightarrow$ LEOPARD

Se Lp/Lp + PATN $\Rightarrow$ FEWSPOT

Se Lp/lp **NO PATN** + SABINO $\Rightarrow$ COPERTA MACCHIE

Se Lp/Lp **NO PATN** + SABINO $\Rightarrow$ COPERTA BIANCA(coperta bianca)



La cavalla della foto è una solid con almeno un gene Lp



Sul rapporto tra Lp e PATN si vede la **differenza** selettiva tra **appaloosa** e **knabstrupper**, per lo più effettuata inconsapevolmente, prima di conoscere la genetica: nei primi si ricercano i mantelli con coperta, quindi eliminando dalla selezione sempre più il PATN e concentrando il Sabino, nei secondi si ricercano soprattutto i mantelli leopard, quindi mirando alla presenza di PATN, indipendentemente dal sabino.

Esiste anche **una forma di Lp** che **determina il roano**. Molti cavalli dotati di Lp presentano una trasformazione roana con l'età. **Il roano dell'Lp è però geneticamente diverso dal roano classico.**

Il roano Lp :

inizia con l'età partendo dalla parte **posteriore** del cavallo per arrivare con il tempo agli anteriori e a testa e collo.

Il roano classico:

inizia invece **davanti** e riguarda tutto il corpo. Non si sa ancora se il roano legato all'Lp sia una variante del gene Lp (come At è una variante di A nel gene del baio), oppure se l'effetto roano sia determinato dalla interazione di un altro gene sconosciuto (un gene modificatore) con Lp.

Spesso i cavalli con il **gene Lp** hanno anche una **criniera con crini radi** e fini e una **coda chiamata "rattail"**, o coda di ratto, per la scarsità dei crini. Si tratta probabilmente di un gene modificatore, che si tenta di eliminare con la selezione.

Un'altra caratteristica del gene Lp, ignota ai più, è quella della **cecità notturna**. Tutti i cavalli **omozigoti LP/LP**, sia appaloosa sia knabstrupper, hanno la cecità notturna. Si tratta di un difetto di attivazione dei bastoncelli. Non è un difetto, né una caratteristica letale, tanto che è presente anche nei mustangs selvaggi. Basta una luce affinché i cavalli vedano benissimo di notte. Al buio, a differenza degli altri cavalli che vedono ombre, il cavallo omozigote per Lp non vede nulla. Pertanto non bisogna entrare improvvisamente nel loro box di notte senza accendere la luce, per non farli spaventare. Possono però tranquillamente fare concorsi in "notturna", con illuminazione artificiale.

Il Curly

Terminiamo questa carrellata sui colori dei cavalli con la descrizione del gene **curly**. Questo gene non è responsabile di alcun colore, ma del tipo di **pelo, riccio invece che liscio**. Tipico di una razza rara di cavalli orientali originali degli Urali, il Bashkir, e trovato anche in alcuni mustangs selvaggi, sta diventando molto popolare negli Stati Uniti d'America per una strana peculiarità. Infatti i cavalli a pelo riccio sono ipoallergenici, e sembra che gli umani allergici al pelo del cavallo non lo siano al pelo del cavallo riccio, permettendo a molti appassionati affetti da tale allergia di riavvicinarsi al loro animale. Per questo vengono fatte selezioni per introdurre questo gene nelle varie razze di cavalli, così da poter avere una parte di popolazione di quella razza "ipoallergenica". Negli USA sono attivi in questo momento in gare alte di dressage due cavalli in cui è stato introdotto questo gene.



L'importanza della genetica del colore in allevamento

Oggi sono disponibili test genetici per la determinazione di molti dei geni di cui abbiamo parlato. Si può stabilire il genotipo di un cavallo relativo ad Agouti o Extension. Questo è eseguito mediante un semplice prelievo di crine, comprendente il bulbo, che viene inviato ad uno dei laboratori di genetica specializzati in equini, facilmente rintracciabili su internet. In questo modo potrete sapere se il vostro cavallo baio è portatore di sauro o di morello, o se il vostro sauro potrà generare un morello. Al di là della curiosità personale, le analisi vengono compiute anche a scopi commerciali. In Germania per esempio, sono molto ammirati i cavalli da dressage morelli, e da anni la selezione agisce in modo da favorire la nascita di soggetti con questo mantello rispetto ai bai e ai sauri, che sono considerati di valore di mercato inferiore a parità di capacità tecniche.

Sono disponibili test anche per il cream, lo champagne, il bianco dominante e il dun, e da qualche mese anche per il grigio. Ovviamente sapere che un cavallo possieda uno o due geni del grigio è importante, se si vuole effettuare una selezione che elimini questo gene. Negli appaloosa e nei Knabstrupper, dove il grigio è considerato un grave difetto, in quanto determina con gli anni la scomparsa delle macchie, sapere se un soggetto omozigote per Lp, cioè nato bianco, è anche portatore di grigio è importante, e in alcuni casi determina l'esclusione dalla riproduzione (nel knabstrupper non possono essere stalloni i cavalli che portano il grigio).

Per i cavalli pezzati, da anni è disponibile il test del gene Tobiano. Un cavallo omozigote tobiano ha più valore di un eterozigote, in quanto tutti i suoi puledri, anche da fattrici non colorate, come le quarter horses, saranno tobiano.

A breve saranno anche disponibili test per Lp e per PATN, la cui conoscenza, da parte degli allevatori di knabstrupper e di appaloosa, potrà ridurre sempre più la nascita degli indesiderati soggetti solid o dotati solo delle cosiddette caratteristiche.

In conclusione, gli studi di genetica ci hanno permesso sempre più di capire cosa sta alla base delle caratteristiche visibili dei nostri cavalli, e i dati ottenuti ci aiutano a lavorare per ottenere gli effetti che vogliamo. Nulla è legato al caso, tutto è scritto nelle cellule.