



Studio preliminare sulla identificazione e localizzazione dei remolini e loro correlazione con la valutazione ed indicizzazione dell'indole ottenuta attraverso il Performance Test del cavallo Maremmano.

Il comportamento equino racchiude un insieme complesso di caratteristiche quantitative e qualitative misurabili durante l'intero arco di vita dell'animale. Tra queste, il temperamento rappresenta un aspetto di primaria importanza poiché definisce la personalità intrinseca dell'animale, ovvero il modo in cui risponde agli stimoli esterni e alle interazioni con gli esseri umani (Wickens e Brooks, 2020; Lanier et al., 2001). Numerose ricerche hanno evidenziato significative correlazioni tra il temperamento e vari caratteri produttivi in diverse specie zootecniche, tra cui bovini e ovini (Sadeghi et al., 2000; Blache et al., 2006; Hart et al., 2006; Hart et al., 2009; Sewalem et al., 2009; Bickell et al., 2010). Nel cavallo, il temperamento risulta una componente essenziale per comprendere il comportamento generale, le reazioni e l'interazione dell'animale con l'ambiente e con i suoi gestori umani. Con "temperamento" ci si riferisce a caratteristiche psicologiche e comportamentali innate, influenzate dalla genetica, che determinano la risposta del cavallo a stimoli di vario tipo e la sua capacità di adattarsi a situazioni nuove o stressanti.

Queste componenti comportamentali includono caratteristiche quali reattività, docilità, coraggio, curiosità e capacità di apprendimento. Tali caratteristiche variano significativamente sia a livello individuale che tra razze, spesso grazie a una selezione genetica mirata, volta a favorire specifici tratti comportamentali utili per le diverse discipline equestri, come il lavoro agricolo, il trasporto e le competizioni sportive.

- **Reattività e sensibilità**

La reattività di un cavallo è una misura di quanto rapidamente e intensamente risponde agli stimoli. Alcuni cavalli sono naturalmente più sensibili e possono reagire in modo eccessivo a rumori forti, movimenti improvvisi o cambiamenti nell'ambiente. Questi cavalli possono essere descritti come "nervosi" o "suscettibili". Altri, invece, sono meno reattivi e mantengono un comportamento più calmo e controllato di fronte agli stessi stimoli. La sensibilità può variare notevolmente tra le razze e tra individui della stessa razza.

- **Docilità e addestrabilità**

La docilità è la predisposizione di un cavallo ad essere mansueto e obbediente. Cavalli docili sono generalmente più facili da gestire e addestrare, poiché tendono ad essere più collaborativi e meno propensi a comportamenti di opposizione. L'addestrabilità, strettamente legata alla docilità, si riferisce alla capacità del cavallo di apprendere nuovi comportamenti e rispondere alle indicazioni del cavaliere. Alcune razze, come i Quarter Horse, sono rinomate per la loro alta docilità e addestrabilità.

- **Coraggio e fiducia**

Il coraggio di un cavallo è la sua capacità di affrontare situazioni potenzialmente spaventose senza eccessivo timore. Cavalli coraggiosi tendono a essere più affidabili in ambienti sconosciuti o stressanti, come durante le gare o le escursioni in territori nuovi. La fiducia, che può essere sviluppata attraverso una corretta socializzazione e addestramento, è essenziale affinché il cavallo possa

esprimere coraggio. Un cavallo che si fida del suo cavaliere sarà più propenso a seguire le sue indicazioni anche in situazioni di stress.

- **Curiosità e intelligenza**

La curiosità è una caratteristica che porta i cavalli a esplorare nuovi ambienti e situazioni. Cavalli curiosi tendono a essere più esplorativi e meno timorosi dei nuovi oggetti o persone. L'intelligenza, d'altra parte, riguarda la capacità di risolvere problemi e apprendere dalle esperienze. I cavalli intelligenti possono essere più facili da addestrare, ma possono anche diventare annoiati se non stimolati adeguatamente, portando a comportamenti indesiderati.

- **Variabilità individuale e razziale**

Il temperamento varia non solo tra individui ma anche tra razze. Ad esempio, i cavalli arabi sono spesso descritti come sensibili, vivaci e intelligenti, mentre i Percheron sono noti per la loro docilità e calma. Le differenze nel temperamento possono essere attribuite a secoli di selezione genetica per specifici tratti comportamentali utili nelle diverse discipline equestri, come il lavoro agricolo, il trasporto o le competizioni sportive.

- **Influenza dell'ambiente e dell'addestramento**

Oltre alle caratteristiche innate, il temperamento di un cavallo può essere influenzato dall'ambiente e dall'addestramento. Un ambiente stabile e prevedibile, associato a un addestramento paziente e coerente, può aiutare a sviluppare un temperamento più equilibrato. Al contrario, un ambiente stressante o un addestramento inconsistente possono portare a comportamenti problematici. L'interazione umana gioca un ruolo cruciale nello sviluppo del temperamento: un addestratore esperto può riconoscere e lavorare con le peculiarità del temperamento di un cavallo, aiutando a mitigare gli aspetti negativi e a valorizzare quelli positivi.

Valutare il temperamento di un cavallo è essenziale per vari motivi, tra cui la sicurezza, l'idoneità per specifiche discipline e la compatibilità con il cavaliere.

Le razze equine sono spesso caratterizzate da comportamenti tipici della loro specifica origine genetica, un aspetto che le Associazioni di razza documentano descrivendo il temperamento e la personalità di ciascuna. Le variazioni comportamentali tra individui della stessa specie sono generalmente attribuite al temperamento, definito da [Stur \(1987\)](#) come l'insieme dei modelli comportamentali ereditati e acquisiti ([Seaman et al., 2002](#)). Lo studio della personalità animale si concentra quindi sulla valutazione di comportamenti osservati per evidenziare le differenze individuali; nei cavalli, tali ricerche utilizzano sia test comportamentali standardizzati sia valutazioni fornite dai proprietari ([Lloyd et al., 2008](#)).

È ampiamente riconosciuto che sia il comportamento sia la personalità sono influenzati in parte dalla genetica, spingendo la ricerca verso una quantificazione dell'ereditabilità di tratti specifici. In questo contesto, temperamento e personalità rivestono un ruolo cruciale per la salute e le prestazioni del cavallo, influenzando significativamente la sicurezza e il benessere dell'animale e dell'uomo ([Brunberg et al., 2013](#)). Una comprensione più approfondita del carattere e della personalità di razze specifiche supporta una selezione mirata per discipline equestri specifiche ([Lloyd et al., 2008](#)).

Studi recenti mostrano che i cavalieri tendono a investire di più in cavalli sottoposti a test di temperamento che abbiano evidenziato un carattere equilibrato. Di conseguenza, si diffondono



Centro di Ricerca sul Cavallo Sportivo

programmi dedicati alla valutazione di cavalli selezionati per personalità e temperamento (Graf et al., 2013). Per rispondere a queste esigenze, si rende necessario implementare metodi di valutazione oggettivi della personalità nei programmi di selezione. Diversi Paesi stanno investendo nello sviluppo di test standardizzati per il temperamento e la personalità, colmando la mancanza di linee guida uniformi nella valutazione dei cavalli da sella (Christensen et al., 2008). Attualmente, queste valutazioni si svolgono nei Performance Test di stalloni e fattrici, come avviene anche negli allevamenti di cavalli da sella tedeschi, dove si analizzano carattere, temperamento e predisposizione al lavoro (König von Borstel et al., 2012).

In Italia, nell'allevamento del cavallo Maremmano, la razza da sella autoctona per eccellenza, il temperamento e l'indole assumono un ruolo di primaria importanza. La consuetudine di allevare questa razza allo stato brado ha contribuito, nel tempo, a selezionare un cavallo dal carattere fiero, energico e generoso, con una notevole resistenza fisica. Il Maremmano è riconosciuto per la sua forza, solidità strutturale e intelligenza, caratteristiche ormai ben consolidate e apprezzate.

Nel corso dei secoli, la selezione del Maremmano è stata orientata più dalle esigenze storiche e di mercato che dalla conservazione di tratti tipici della razza. Tuttavia, grazie alla collaborazione tra l'ANAM e il Centro di Ricerca sul Cavallo Sportivo (CRCS) dell'Università di Perugia, è stato possibile avviare un'indagine approfondita per determinare in quale misura fosse recuperabile il patrimonio genetico della vecchia razza Maremmana (Silvestrelli, 1991). Da allora, studi dettagliati hanno consentito di sviluppare indici genetici utili a stimare il valore genetico per specifici "obiettivi di selezione" di ciascun animale (Giontella et al., 2020).

Tra gli obiettivi selettivi individuati dall'ANAM per il cavallo Maremmano, indole e temperamento occupano una posizione di rilievo. Questi fattori incidono non solo sulle qualità equestri e sulla gestione della razza, ma anche sul piano economico, poiché i cavalieri sono disposti a pagare di più per un soggetto valutato positivamente in termini di temperamento e dotato di un'indole equilibrata (Teegen et al., 2008; Gille e Spiller, 2010).

Il Maremmano si distingue per un temperamento vivace e affidabile, risultando un cavallo attento, coraggioso e incline a sviluppare un legame profondo e duraturo con il proprio cavaliere. Questi tratti comportamentali sono di grande rilevanza poiché facilitano il lavoro quotidiano e rendono la manipolazione dell'animale più sicura e agevole per l'uomo (Graf et al., 2013; Giontella et al., 2020).

Per queste ragioni, l'ANAM ha incluso i tratti comportamentali tra i criteri di selezione della razza. Ogni anno, durante il Performance Test organizzato per i puledri e le puledre di tre anni, i cavalli vengono valutati anche in base al loro "carattere"(indole). Durante il Performance Test, ad ogni animale viene assegnato un punteggio da 1 a 10, considerando fattori quali la docilità, la risposta agli aiuti, la serenità, la disponibilità e la capacità di apprendimento. Questo sistema di valutazione permette di identificare e selezionare soggetti che rispondano ai requisiti comportamentali ideali per la razza Maremmana.

I punteggi registrati durante le diverse edizioni dei Performance test sono stati utilizzati insieme alle parentele esistenti fra tutti i soggetti compresi nell'albero genealogico della razza, disponibile presso l'ANAM, per ricavare "Indici Genetici di Performance test" di tipo *BLUP*.

L'indice genetico è una stima del valore genetico di un animale rispetto alla media della popolazione.

Sull'espressione di un "carattere fenotipico" in un animale agiscono sia dei fattori genetici che dei fattori ambientali; la variabilità dei patrimoni genetici degli animali e la variabilità dei fattori non genetici determinano la variabilità complessiva del carattere che noi osserviamo. A seconda del carattere la variabilità può dipendere più da differenze genetiche o più da differenze ambientali.

La precisione dell'indice genetico dipende dal numero di parenti (ascendenti, collaterali e discendenti) di un soggetto, e quindi il valore è attendibile specialmente negli stalloni che sono stati già utilizzati e che hanno molti figli e parenti.

Gli Indici genetici di Performance test relativi al carattere, alle andature e all'attitudine al salto sono espressi in millesimi, secondo una scala standardizzata e da questi viene ricavato anche un indice totale, ponderando le tre voci come segue: 25% per il carattere, 25% per le andature, 50% per l'attitudine al salto. Questa metodologia, rispetto alla semplice elaborazione annuale, ha portato ad ottenere un Indice genetico di Performance test attendibile, che viene fornito annualmente all'A.N.A.M. dal CRCS. Questa metodologia consente di ricavare una graduatoria complessiva tra animali partecipanti a differenti edizioni; inoltre è stato possibile evidenziare il miglioramento del livello medio degli animali nelle diverse edizioni e questo ha consentito di evidenziare un effettivo progresso genetico. ([Giontella et al. 2019](#))

La misurazione delle componenti del temperamento non è sempre facile. Può ritardare le valutazioni genetiche di questo fenotipo e di conseguenza il progresso genetico. Un'alternativa è l'identificazione di marcatori morfologici che possano abbreviare questo processo. In questo senso, un marcatore che è stato associato al temperamento sono i remolini (posizione, forma, numero e direzione di crescita) che si trovano sulla testa e sul corpo degli animali che potrebbero potenzialmente essere utilizzati per la selezione indiretta del temperamento.

I remolini sono descritti come cambiamenti nell'andamento dei peli e possono assumere varie forme: spirali circolari (spirali di peli con un epicentro rotondo) e spirali lineari (una linea in cui i peli si estendono su entrambi i lati dal centro, producendo una forma ovale simile a una piuma) ([Broucek et al., 2007](#)).

Nel cavallo i remolini si trovano in varie parti del corpo, inclusa la testa, il collo, il petto e i fianchi. La loro presenza, posizione e orientamento sono spesso utilizzati dagli allevatori e dai proprietari per l'identificazione dell'animale.

I remolini del cavallo sono causati dalla direzione della crescita del pelo, che si dispone in modo circolare o spiraliforme. I remolini per forma e posizione possono variare notevolmente da un soggetto ad un altro. I remolini possono essere classificati come:

- Remolino singolo: il tipo più comune, caratterizzato da un singolo punto dove il pelo forma una spirale. Questo tipo di remolino è spesso trovato sulla fronte del cavallo.
- Remolino doppio: due remolini situati molto vicini, a volte intersecanti. Possono trovarsi sia verticalmente che orizzontalmente rispetto l'uno all'altro.
- Remolino lungo: una linea o serie di vortici che si estende lungo una parte del corpo, spesso visibile sul collo o lungo la schiena del cavallo.



Centro di Ricerca sul Cavallo Sportivo

Remolino alto o basso: la posizione del remolino sulla fronte del cavallo può influenzare la sua classificazione. Un remolino alto è situato sopra gli occhi, mentre uno basso è situato al di sotto.

Studi già pubblicati suggeriscono che il temperamento e i remolini siano associati dal fatto che i follicoli piliferi e il sistema nervoso originano dall'ectoderma nello stesso stadio embrionale ([Puri et al., 1995](#); [Furdon e Clark, 2003](#)). Proprio per questa ragione alcuni ricercatori suppongono che lo studio dei remolini possa quindi fornire informazioni utili sullo sviluppo comportamentale e neurobiologico ([Broucek et al. 2007](#)) avendo evidenziato nell'uomo una correlazione con disturbi dello sviluppo neurologico come la schizofrenia. Nei cani, sono state riscontrate relazioni tra remolini e lateralità motoria e sensoriale ([Leliveld et al. 2013](#); [Tomkins et al. 2012](#)).

In questo contesto, l'esistenza di una connessione asimmetrica tra la funzione cerebrale e il comportamento è stata precedentemente dimostrata [[Divided Brains](#); [Frasnelli et al. 2012](#)]. Negli animali, l'emisfero destro è correlato alla risposta al volo prima di nuovi eventi, mentre l'emisfero sinistro controlla il comportamento di routine quando l'animale è rilassato ([Leliveld et al. 2013](#); [Rogers et al. 2011](#); [Rogers and Andrew, 2002](#)).

Nei cavalli, fin dall'antichità, numerose superstizioni sono state associate alla posizione e al numero dei remolini, come evidenziato da [Hudayl \(1977\)](#). Ad esempio, i remolini localizzati sul collo e nella regione interascellare erano considerati di buon auspicio, mentre quelli sulla parte inferiore della coscia, sulla mascella, sulla schiena e sulle spalle erano ritenuti portatori di sfortuna. Aguilar, in un testo del 1572, considerava infausto trovare remolini sulle tempie, sulle mascelle, sulla schiena o sul cuore. [Suë \(2003\)](#) riporta che anche il celebre cavallo arabo "Godolphin Arabian" aveva un remolino sul petto, considerato all'epoca un segno di cattivo auspicio per il suo proprietario. Paradossalmente, tuttavia, Godolphin divenne uno dei fondatori della razza purosangue e uno dei tre capostipiti da cui discendono tutti i cavalli purosangue oggi viventi.

Al giorno d'oggi, questa associazione tra la presenza di remolini, principalmente sulla fronte, e il temperamento equino è stata studiata scientificamente, e i risultati sono stati presentati in diversi lavori scientifici. Inoltre sono state individuate alcune regioni genomiche associate ai remolini ed altre caratteristiche del pelo nei cavalli ([Górecka et al. 2007](#); [Shivley et al 2016](#); [Beatriz et al. 2018](#)) e sono stati scoperti alcuni geni che agiscono sulla biologia epidermica e controllano la crescita del follicolo pilifero (geni KLF5, IL2, SIRT1, CD47, CD200, ALDH1, A1), che possono svolgere un ruolo importante nella formazione di spirali e, a loro volta, hanno un effetto pleiotropico sul comportamento ([Lima et al. 2021](#)).

Nei cavalli, la posizione verticale dei remolini sulla testa (sotto, tra o sopra la linea degli occhi) è stata associata al temperamento. [Gorecka et al. \(2007\)](#) hanno osservato una maggiore difficoltà nel gestire cavalli in cui un remolino era situato sopra la linea degli occhi rispetto agli animali i cui questi erano tra o sotto gli occhi. Alcuni autori hanno scoperto che i cavalli con due remolini sulla testa impiegavano più tempo per avvicinarsi a un nuovo oggetto rispetto a quelli con un remolino solo. [Randle et al. \(2003\)](#). Inoltre è stato possibile riscontrare un'associazione tra la posizione laterale sulla testa del remolino e il temperamento, evidenziando come i soggetti che ne avevano sul lato sinistro fossero più docili di quelli con remolini sul lato destro.



Centro di Ricerca sul Cavallo Sportivo

[Murphy et al. \(2005\)](#) e [Shivley et al. \(2016\)](#) hanno associato la direzione della crescita dei peli con la lateralità motoria nei cavalli, in cui le spirali che crescono in senso orario sono associate agli animali destrimani, mentre gli animali con la crescita delle spirali dei peli in senso antiorario sono mancini.

[Komarkov'a e Barto'sova \(2013\)](#) hanno descritto che la direzione di crescita delle spirali di pelo era associata alla preferenza laterale del puledro durante l'aspirazione del latte.

In generale, il fenotipo dei tratti della spirale del pelo è un buon indicatore del genotipo, poiché questi tratti hanno una grande varianza genetica additiva. Inoltre, i tratti dei remolini nei cavalli mostrano un'elevata ereditabilità ([Yokomori et al. 2019](#)) e sono altamente correlati tra loro ([Cruz et al. 2021](#); [Encina et al. 2023](#)).

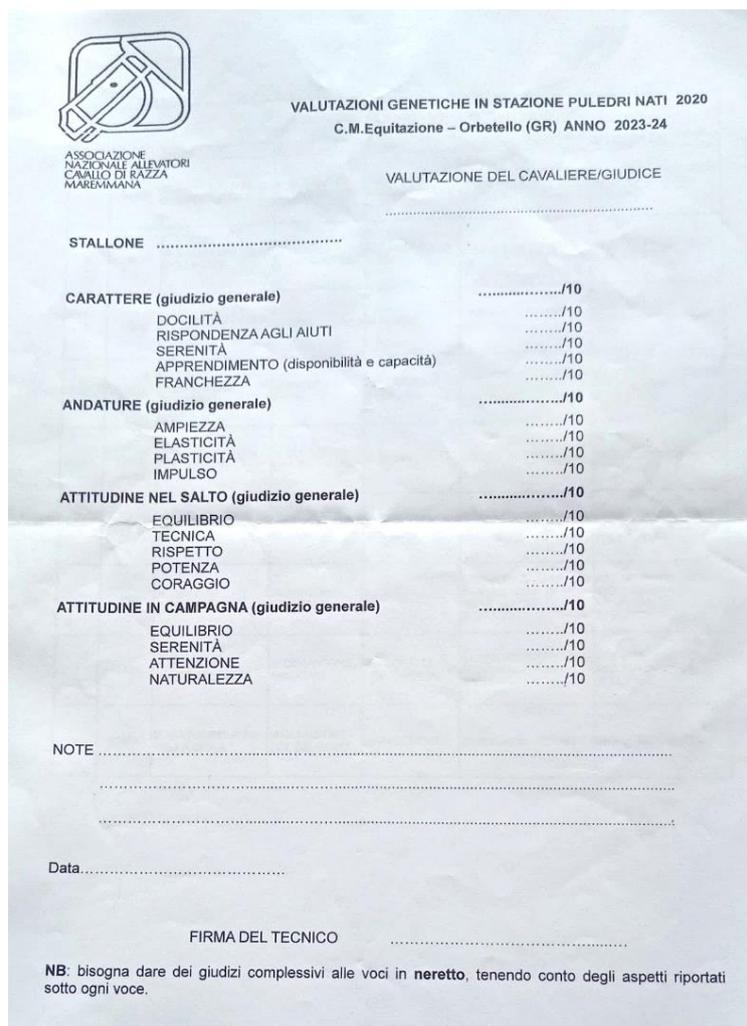
STIMA DELL'INDICE GENETICO BLUP PER IL CARATTERE

Per il calcolo dell'indice genetico relativo al trait "carattere" è stato utilizzato il software **Blupf90+**, una utility di nuova generazione (Misztal et al. 2020), che è stata utilizzata anche per il calcolo degli indici relativi a "andature", "salto" e "campagna". valutati anch'essi nelle diverse edizioni del Performance Test.

Dataset e pedigree

I dati necessari alla stima degli indici genetici sono stati forniti da ANAM e consistevano in un dataset relativo a 1.302 cavalli di cui 941 femmine e 361 maschi in cui erano riportati i seguenti dati: *matricola animale, sesso, fase di valutazione in performance test, punteggio carattere, punteggio andatura, punteggio salto, punteggio campagna*. I punteggi dei singoli cavalli venivano ripetuti nelle diverse fasi del performance test. Per la stima dei parametri genetici e degli indici è stato utilizzato un file di pedigree costituito da 18.129 soggetti di cui 1.302 con osservazioni.

La scheda utilizzata per il rilevamento dei punteggi in fase di performance è riportata nella **figura 1**



VALUTAZIONI GENETICHE IN STAZIONE PULEDRI NATI 2020
C.M.Equitazione – Orbetello (GR) ANNO 2023-24

ASSOCIAZIONE NAZIONALE ALLEVATORI CAVALLO DI RAZZA MAREMMANA

VALUTAZIONE DEL CAVALIERE/GIUDICE

STALLONE

CARATTERE (giudizio generale)	...../10
DOCILITÀ	...../10
RISPONDEZZA AGLI AIUTI	...../10
SERENITÀ	...../10
APPRENDIMENTO (disponibilità e capacità)	...../10
FRANCHEZZA	...../10
ANDATURE (giudizio generale)	...../10
AMPIEZZA	...../10
ELASTICITÀ	...../10
PLASTICITÀ	...../10
IMPULSO	...../10
ATTITUDINE NEL SALTO (giudizio generale)	...../10
EQUILIBRIO	...../10
TECNICA	...../10
RISPETTO	...../10
POTENZA	...../10
CORAGGIO	...../10
ATTITUDINE IN CAMPAGNA (giudizio generale)	...../10
EQUILIBRIO	...../10
SERENITÀ	...../10
ATTENZIONE	...../10
NATURALEZZA	...../10

NOTE

Data.....

FIRMA DEL TECNICO

NB: bisogna dare dei giudizi complessivi alle voci in neretto, tenendo conto degli aspetti riportati sotto ogni voce.

Figura 1 – Scheda di valutazione ANAM

I modello utilizzato per la stima degli indici BLUP-AM

Per il calcolo dell'indice genetico "carattere" è stato utilizzato un modello single trait:

$$y = X\beta + Zu + \epsilon$$

Dove:

- y : è il vettore delle osservazioni e quindi il punteggio di ogni cavallo per trait "carattere";
- $X\beta$: matrice degli effetti fissi e quindi la fase della valutazione durante la prova di performance (1,2);
- Zu : matrice degli effetti casuali;
- ϵ : errore che rappresenta la variabilità non spiegata dal modello.

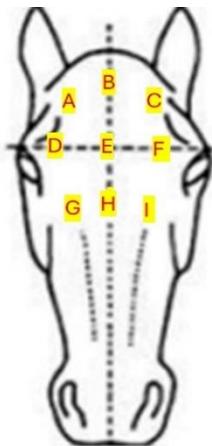
Gli animali sono stati divisi in maschi e femmine costruendo due diversi dataset e come effetto fisso è stata considerata la *fase* del performance test in cui il cavallo ha ricevuto le valutazioni dei caratteri considerati (fase 1: giudici interni; fase 2: giudici esterni).

Studio dei remolini

Il dataset fornito da ANAM conteneva i record relativi a 1.032 cavalli Maremmani (220 Stalloni 812 Fattrici).

I dati forniti sono stati raccolte in fase di segnalamento da un esperto di razza incaricato ANAM e riguardavano i remolini presenti sulla testa e sul collo dei cavalli.

Tali dati sono stati analizzati su scala *dicotomica* studiando la presenza o l'assenza di remolini in una determinata posizione, e su scala *discreta lineare* considerando il numero di remolini in una determinata posizione rilevata. La classificazione in classi per i remolini presenti sulla testa e sul collo è riportata nelle figure 2 e 3 e nelle tabelle 1 e 2.



A	SOPRA DX
B	SOPRA CENTRO
C	SOPRA SX
D	CENTRO DX
E	CENTRO MED
F	CENTRO SX
G	SOTTO DX
H	SOTTO CENTRO
I	SOTTO SX

Figura 2 – Illustrazione delle classi sulla testa

Tabella 1 – Classi sulla testa

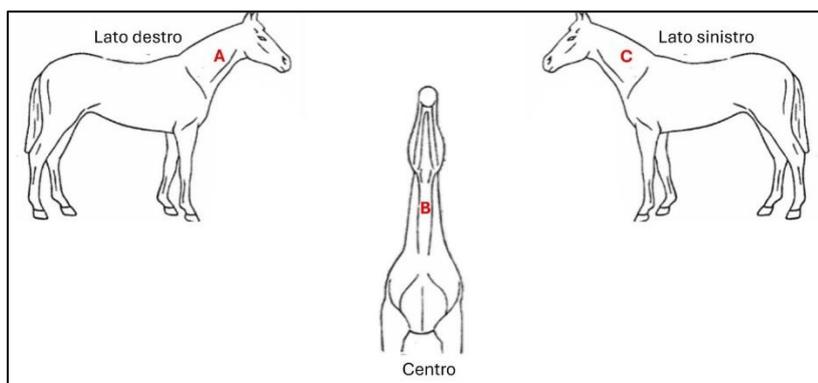


Figura 3 – Illustrazione grafica classificazione sul collo

CLASSE	POSIZIONE
CLASSE A	Collo lato destro
CLASSE B	Collo parte centrale
CLASSE C	Collo lato sinistro

Tabella 2 – Posizione dei remolini sul collo

Inizialmente è stata eseguita un'analisi di frequenza dei remolini e successivamente è stato applicato un modello lineare generalizzato (GLZ) per valutare l'impatto di alcuni fattori che potenzialmente potrebbero influenzare il numero o la distribuzione di queste particolarità del pelo sul corpo del cavallo.

Un modello lineare generalizzato per una distribuzione binomiale con una funzione di collegamento *logit* (*glm* (. . . , *family* = *binomial* (*link* = "logit"), . . .)) è stato utilizzato per il conteggio dei caratteri dicotomici; mentre, per i tratti discreti, è stato utilizzato GLZ per una distribuzione multinomiale ordinale.

I fattori inclusi nel modello sono stati:

- colore del mantello (3 livelli: Sauro, Baio, Morello);
- sesso (2 livelli: maschi e femmine);
- periodo di nascita (3 livelli: animali nati dal 1983 al 2001, animali nati dal 2002 al 2008 ed animali nati del 2009 al 2019);
- coefficiente di consanguineità (3 livelli: <0,0320; tra 0,0321 e 0,0560; e >0,0561).

Per l'analisi statistica dei dati è stato utilizzato il software R 4.4.1. ([R-core 2024](#))

Per quanto riguarda invece l'ipotetica correlazione tra remolini e indice carattere è stata utilizzata la correlazione di Pearson.

La correlazione di Pearson è una misura statistica utilizzata per quantificare la relazione lineare tra due variabili quantitative. Questa correlazione assume valori compresi tra -1 e 1, dove:

- 1 indica una correlazione positiva perfetta, ossia quando all'aumento di una variabile corrisponde proporzionalmente un aumento dell'altra;
- -1 indica una correlazione negativa perfetta, ossia quando all'aumento di una variabile corrisponde proporzionalmente una diminuzione dell'altra;
- 0 indica che non vi è alcuna relazione lineare tra le variabili.

Matematicamente, la correlazione di Pearson si calcola come il rapporto tra la covarianza delle due variabili e il prodotto delle loro deviazioni standard. La formula è la seguente:

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \sum(Y_i - \bar{Y})^2}}$$

dove:

- X_i e Y_i sono i valori osservati delle due variabili;
- \bar{X} e \bar{Y} sono le medie delle variabili;
- \sum rappresenta la somma dei prodotti delle deviazioni.

La correlazione di Pearson è particolarmente utilizzata per studiare relazioni tra variabili che si presuppone abbiano un andamento lineare. La correlazione di Pearson è stata eseguita con il software R.4.4.1 tramite l'interfaccia Rcommander.

Stima dei parametri genetici per i remolini

La stima dei parametri genetici è stata effettuata con un Multiple trait Animal model, considerando il numero di remolini come carattere discreto e le posizioni come carattere dicotomici. Nel modello sono stati inclusi come effetti sistematici i fattori che sono risultati statisticamente significativi ($p < 0,05$) nella precedente analisi GLZ: il sesso, il coefficiente di consanguineità ma sono stati anche testati il colore del mantello e il periodo di nascita. Gli effetti genetici e residui additivi sono stati inclusi come fattori casuali.

Tutti i modelli genetici sono stati analizzati utilizzando un approccio bayesiano tramite campionamento di Gibbs con il modulo GIBBSF90+ (<http://nce.ads.uga.edu/wiki/doku.php?id=readme.gibbsf90plus#gibbsf90>) del software BLUPF90. Il campionatore Gibbs è stato utilizzato per 250.000 giri, con i primi 10.000 considerati come burn-in. Le medie a posteriori e le deviazioni standard sono state calcolate con il software POSTGIBBSF90 per ottenere stime delle componenti della varianza. L'equazione in notazione matriciale per il modello da risolvere per un tratto ipotetico considerando tutti i possibili effetti casuali era

$$y_i = x_i b + z_i u + e_i$$

dove y è il vettore delle osservazioni, b sono vettori degli effetti sistematici, u sono vettori degli effetti genetici additivi e x_i e z_i sono vettori di incidenza rispettivamente per gli effetti sistematici e animali. Le informazioni genealogiche per la valutazione genetica includevano tutti i 18.129 soggetti del pedigree fornito da ANAM, che è stato usato anche per stimare il coefficiente di consanguineità, definita come la probabilità che un individuo abbia due alleli identici per discendenza, secondo l'algoritmo di [Meuwissen e Luo \(1992\)](#) applicato tramite un software "home-made".

Analisi dei remolini

In questo studio è stata effettuata un'analisi della frequenza sia per la posizione che per il numero di remolini all'interno delle classi precedentemente illustrate (figura 2 e 3; tabella 1 e 2).

Per quanto riguarda la posizione dei remolini sulla testa (tabella 7 e tabella 8), i risultati hanno mostrato che la maggior frequenza ricade nella classe H (zona centrale sotto l.o.) pari al 32,57% del totale, mentre la Classe I (sotto l'occhio a sinistra) è quella meno popolata con l'1,96%.

Invece, per quanto riguarda il collo (tabella 8), è molto più frequente trovare cavalli con remolini su uno dei due lati del collo piuttosto che nella parte centrale; infatti, i remolini nella parte destra e sinistra praticamente si equivalgono (nella parte destra la frequenza è pari al 32,51% e nella parte sinistra al 32,05%). Solo il 12,95% dei cavalli li presenta nella parte centrale.

TESTA	N.	%
SENZA	73	6,52
CLASSE A	41	3,66
CLASSE B	125	11,16
CLASSE C	81	7,23
CLASSE D	33	2,95
CLASSE E	261	23,30
CLASSE F	58	5,18
CLASSE G	31	2,77
CLASSE H	395	35,27
CLASSE I	22	1,96
TOTALE	-	100

Tabella 7 - Frequenze percentuali dei remolini sulla testa

COLLO	N.	%
SENZA	391	22,50
CLASSE A	565	32,51
CLASSE B	225	12,95
CLASSE C	557	32,05
TOTALE	-	100

Tabella 8 - Frequenze percentuali dei remolini sul collo

Per quanto concerne il numero totale di remolini che ogni animale presenta, dalla tabella 9 si evince che è nettamente più frequente trovare cavalli di razza maremmana che presentino solo un remolino sulla testa (80,81%) piuttosto che nessuno, due, tre o quattro.

Dalla tabella 10, si evince che è abbastanza frequente incontrare cavalli che non presentano remolini sul collo (37,89%) e che, tra i soggetti che li presentano, è molto probabile che ne presentino due (36,53%) o tre (14,24%), e rarissimo incontrare chi ne presenta cinque o sei (0,58%).

TESTA	N. REMOLINI	%
0	73	7,07
1	834	80,81
2	98	9,50
3	22	2,13
4	5	0,48
TOTALE	1.032	100

Tabella 9 – Numero totale e frequenza percentuale di remolini sulla testa

COLLO	N. REMOLINI	%
0	391	37,89
1	80	7,75
2	377	36,53
3	147	14,24
4	31	3,00
5	5	0,48
6	1	0,10
TOTALE	1.032	100

Tabella 10 - Numero totale e frequenza percentuale di remolini sul collo

I risultati dell'applicazione del modello lineare generalizzato (GLZ) sono mostrati nelle tabelle 11 – 12 – 13 e 14.



Centro di Ricerca sul Cavallo Sportivo

TESTA	Sesso			Consanguineità				Mantello				periodo di nascita			
	p-value	M	F	p-value	<0,0320	0,0321-0,0560	>0,0561	p-value	sauro	baio	morello	p-value	1983-2001	2002-2008	2009-2019
numerosità		220	812		362	393	277		22	799	211		273	383	376
CLASSE A	0,482	3,18	4,19	0,620	4,42	2,54	5,42	0,823	9,09	3,75	4,27	0,916	4,03	3,66	4,26
CLASSE B	0,683	12,73	11,95	0,955	12,71	12,47	10,83	0,636	13,64	12,39	10,90	0,002	17,22	11,75	8,78
CLASSE C	0,541	8,64	7,64	0,044	10,22	7,12	5,78	0,536	4,55	8,39	6,16	0,921	9,16	7,05	7,71
CLASSE D	0,238	1,82	3,57	0,030	5,25	2,04	2,17	0,032	4,55	2,50	5,69	0,640	3,66	3,66	2,39
CLASSE E	0,060	30,45	23,89	0,517	23,20	25,95	27,08	0,568	36,36	24,16	28,44	0,128	22,71	23,76	28,72
CLASSE F	0,256	4,09	6,03	0,188	4,70	5,85	6,50	0,405	4,55	6,01	4,27	0,308	6,96	4,96	5,32
CLASSE G	0,783	2,73	3,08	0,458	2,49	3,31	3,25	0,337	0,00	2,88	3,79	0,366	2,56	4,44	1,86
CLASSE H	0,058	33,18	39,66	0,032	32,32	41,73	41,16	0,225	13,64	38,42	40,28	0,317	31,50	43,08	38,30
CLASSE I	0,759	2,27	2,09	0,876	2,76	1,27	2,53	0,010	9,09	2,38	0,47	0,892	2,56	1,57	2,39

Tabella 11 – GLZ binomiale posizione remolini testa

COLLO	Sesso			Consanguineità				Mantello				periodo di nascita			
	p-value	M	F	p-value	<0,0320	0,0321-0,0560	>0,0561	p-value	sauro	baio	morello	p-value	1983-2001	2002-2008	2009-2019
numerosità		220	812		362	393	277		22	799	211		273	383	376
CLASSE A	0,008	47,27	56,77	0,001	47,24	58,78	58,84	0,279	59,09	55,32	52,13	0,195	49,82	63,97	48,94
CLASSE B	0,767	22,27	21,67	0,088	25,97	18,83	20,58	0,436	27,27	21,03	24,17	0,724	23,81	20,89	21,28
CLASSE C	0,010	46,82	55,91	0,000	45,86	58,02	58,84	0,185	59,09	54,69	50,71	0,221	48,35	63,71	48,14

Tabella 12 – GLZ binomiale posizione remolini collo



Centro di Ricerca sul Cavallo Sportivo



NUMEROSITA'	Sesso			consanguineità			Mantello			periodo di nascita					
	p-value	M	F	p-value	<0,0320	0,0321-0,0560	>0,0561	p-value	sauro	Baio	morello	p-value	1983-2001	2002-2008	2009-2019
REMOLINI TESTA															
Numerosità		220	812		362	393	277		22	799	211		273	383	376
0	-	9,09	6,53	-	10,22	6,36	3,97	-	13,64	7,38	5,21	-	9,52	4,70	7,71
1	0,145	80,00	81,03	0,002	75,69	82,19	85,56	0,202	68,18	81,10	81,04	0,981	75,82	84,07	81,12
2	0,194	8,64	9,73	0,136	11,39	8,91	7,94	0,052	18,18	8,26	13,27	0,422	12,09	8,62	8,51
3	0,179	1,36	2,34	0,215	2,49	1,78	2,17	0,484	0,00	2,63	0,47	0,751	1,83	2,35	2,13
4	0,560	0,91	0,37	0,281	0,28	0,76	0,36	0,494	0,00	0,63	0,00	0,739	0,73	0,26	0,53

Tabella 13 – GLZ multinomiale numerosità remolini testa



Centro di Ricerca sul Cavallo Sportivo



NUMEROSITA'	Sesso			consanguineità				Mantello				periodo di nascita			
	p-value	M	F	p-value	<0,0320	0,0321-0,0560	>0,0561	p-value	sauro	baio	morello	p-value	1983-2001	2002-2008	2009-2019
REMOLINI COLLO															
Numerosità		220	812		362	393	277		22	799	211		273	383	376
0	-	46,36	35,59	-	43,09	35,88	33,94	-	36,36	37,67	38,86	-	42,86	28,98	43,35
1	0,123	6,36	8,13	0,442	10,50	5,85	6,86	0,107	0,00	7,26	10,43	0,782	7,69	8,36	7,18
2	0,002	30,00	38,30	0,0001	26,62	40,46	42,60	0,145	31,82	38,30	30,33	0,445	30,04	44,39	33,24
3	0,137	13,18	14,53	0,960	15,75	15,01	11,19	0,814	22,73	13,52	16,11	0,348	15,38	14,88	12,77
4	0,835	3,64	2,83	0,004	1,93	2,29	5,42	0,900	4,55	2,88	3,32	0,589	2,93	2,87	3,19
5	0,865	0,45	0,49	0,318	0,83	0,51	0,00	0,387	4,55	0,38	0,47	0,590	0,73	0,52	0,27
6	0,000	0,00	0,12	0,000	0,28	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,47	0,000	0,37	0,00	0,00

Tabella 14 – GLZ multinomiale numerosità remolini collo



Analizzando queste tabelle è intuibile che ci sia un'influenza genetica sulla presenza e la posizione dei remolini.

Tuttavia le analisi genetiche eseguite con l'approccio bayesiano tramite campionamento di Gibbs non hanno fornito stime molto attendibili sebbene i risultati per le ereditabilità dei tratti in questione siano risultate in linea con quanto presentato negli altri studi statistici presi in esame

Allo stesso modo non è stato possibile evidenziare una correlazione (Pearson) statisticamente significativa tra l'indice "carattere" e il "numero di remolini" presenti sulla testa e sul collo del cavallo.

Questo è senza dubbio da ricondurre alla scarsa numerosità del campione utilizzato (1.032 cavalli), infatti dalle tabelle 11, 12, 13 e 14, si può riscontrare la presenza di una significatività ($p\text{-value} < 0,05$) in particolare per la consanguineità che ci fa desumere la presenza di una correlazione genetica, ancora non statisticamente individuabile ma che incoraggia al proseguire in studi futuri con campioni più significativi per individuare in maniera evidente una correlazione tra la presenza di remolini e l'indice carattere.

CONCLUSIONI

L'associazione genetica tra i remolini e l'indole del cavallo è un argomento che ha guadagnato interesse, poiché studi scientifici hanno suggerito che i remolini possono avere una correlazione con il temperamento, data la loro origine comune con il sistema nervoso. Infatti, sia i follicoli piliferi sia il sistema nervoso derivano dall'ectoderma nello sviluppo embrionale, il che può spiegare la relazione tra i tratti di comportamento e la disposizione dei remolini nei cavalli.

L'idea che un numero maggiore di remolini sia correlato a un'indole "cattiva" nei cavalli è una credenza diffusa, ma gli studi scientifici offrono una prospettiva più sfumata. Alcune ricerche hanno rilevato una possibile correlazione tra il numero e la posizione dei remolini e la reattività del cavallo, un tratto che può influenzare l'indole in termini di nervosismo o sensibilità, ma non necessariamente in senso "cattivo".

In particolare, uno studio condotto da [Gorecka et al. \(2007\)](#) ha suggerito che cavalli con remolini posizionati sopra la linea degli occhi tendono a essere più difficili da gestire rispetto a quelli con remolini sotto gli occhi. Inoltre, alcuni cavalli con due remolini in testa hanno mostrato una maggiore cautela nel confrontarsi con nuovi oggetti, richiedendo più tempo per avvicinarsi. Tuttavia, queste associazioni non indicano una cattiveria intrinseca, ma piuttosto una reattività maggiore o un'indole più sensibile.

Questo studio sulla razza Maremmana ha esaminato la distribuzione e la frequenza dei remolini, analizzandoli rispetto a fattori genetici e osservando come una maggiore numerosità potrebbe essere più comuni in cavalli con un temperamento più reattivo. Allo stesso modo la ricerca ha indicato una possibile correlazione tra la posizione dei remolini, in particolare sulla fronte e sul collo, e la reattività



Centro di Ricerca sul Cavallo Sportivo

dell'animale. Per esempio, si è osservato che cavalli con remolini situati sopra la linea degli occhi tendono a essere più reattivi rispetto a quelli con remolini tra o sotto gli occhi.

Tuttavia una volta eseguita la correlazione tra indice “carattere” e numero dei remolini non è stata riscontrata alcuna correlazione statisticamente significativa. Questo molto probabilmente dovuto alla scarsa numerosità del campione.

In conclusione, nella razza Maremmana mentre il numero e la posizione dei remolini possono offrire alcune indicazioni su aspetti del temperamento, l'idea che più remolini portino a una maggiore "cattiveria" attualmente è più una semplificazione che una verità scientifica. Malgrado ciò le indicazioni fornite dalle analisi statistiche e genetiche danno un indirizzo del tutto plausibile a continuare questo tipo di indagine che potrebbe vedere la numerosità e la posizione dei remolini potenzialmente impiegati come parametri da utilizzare per la selezione indiretta del temperamento. Tuttavia sono necessarie ulteriori ricerche per stabilire in modo definitivo la connessione tra remolini e tratti specifici della personalità del cavallo.

BIBLIOGRAFIA

1. Wickens, C., Brooks, SA, 2020. Genetica dei tratti comportamentali equini. *Veterinario Clin. North Am. Pratica equina*. 36, 411–424. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2020.03.014>
2. Lanier, J.L., Grandin, T., Green, R., Avery, D., McGee, K., 2001. Una nota sulla posizione della spirale di capelli e sul temperamento del bestiame nell'anello dell'asta. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73, 93–101. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(01\)00132-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(01)00132-0)
3. Grignard, L., Boivin, X., Boissy, A., Le Neindre, P., 2001. Do beef cattle react consistently to different handling situations? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 71, 263–276. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00187-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00187-8).
4. Sadeghi, H., Allard, P., Prince, F., Labelle, H., 2000. Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: A review. *Gait Posture* 12, 34–45. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(00\)00070-9](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(00)00070-9).
5. Hart, K., Contou, C., Blackberry, M., 2009. Merino ewes divergently selected for calm temperament have a greater concentration of immunoglobulin G in their colostrum than nervous ewes. *Proc. Adv. Anim. Breed. Gen.* 18, 576–579 <http://livestocklibrary.com.au/handle/1234/6128>
6. Sewalem, A., Miglior, F., Kistemaker, G.J., 2009. Analysis of the relationship between workability traits and functional longevity in Canadian dairy breeds. *J. Dairy Sci.* 93, 4359–4365. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2969>.
7. Kim, N.Y.; Son, J.K.; Cho, I.C.; Shin, S.M.; Park, S.H.; Seong, P.N.; Woo, J.H.; Park, N.G.; Park, H.B. 2018. Estimation of genetic parameters for temperament in Jeju crossbred horses. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, 31, 1098–1102. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0252>
8. Stur, I. 1987. Genetic aspects of temperament and behaviour in dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 28: 957-964. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1987.tb01320.x>
9. Seaman S., Davidson H. P., Waran N., (2002). How reliable is temperament assessment in the domestic horse (*Equus caballus*)? *Applied Animal Behaviour Science*, 78 (2-4), 175 –191 - [doi:10.1016/s0168-1591\(02\)00095-3](https://doi.org/10.1016/s0168-1591(02)00095-3)
10. Lloyd A., Martin J.E., ImogenBornett-Gauci H.L., Wilkinson R.G., (2008). *Horse personality: variation between breeds*. 112 (3-4), 369 – 383. - [doi:10.1016/j.applanim.2007.08.010](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.08.010).
11. Brunberg, Emma & Gille, Sanna & Mikko, Sofia & Lindgren, Gabriella & Keeling, Linda. (2013). Icelandic horses with the Silver coat colour show altered behaviour in a fear reaction test. *Applied Animal Behaviour Science*. 146. 72-78. [10.1016/j.applanim.2013.04.005](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.04.005).
12. Graf P., Von Borstel U. K., Gauly M. (2013). *Importance of personality traits in horses to breeders and riders*. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*, 8(5), 316–325. - [doi:10.1016/j.jveb.2013.05.006](https://doi.org/10.1016/j.jveb.2013.05.006).
13. Christensen, J. W., Zharkikh, T., & Ladewig, J. (2008). Do horses generalise between objects during habituation?. *Applied Animal Behaviour Science*, 114(3-4), 509-520. [doi:10.1016/j.applanim.2008.03.007](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.03.007)
14. Koenen, E. P. C., Aldridge, L. I., & Philipsson, J. (2004). An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. *Livestock Production Science*, 88(1-2), 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.10.011>
15. König v. Borstel U., Pirsich W., Gauly M., Bruns E. (2012). *Repeatability and reliability of scores from ridden temperament tests conducted during performance tests*. *Applied Animal Behaviour Science*, 139 (3-4), 251 – 263 - [doi:10.1016/j.applanim.2012.04.007](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.04.007)
16. Silvestrelli M., (1991) *The Maremmano horse*. *Animal genetic resources information*, 69 - 78
17. Giontella A., Cardinali I., Lancioni H., Giovannini S., Pieramati C., Silvestrelli M., Sarti F. M., (2020). *Mitochondrial DNA Survey Reveals the Lack of Accuracy in Maremmano Horse Studbook Records*. *Animals*, 10 (5), 839. <https://doi.org/10.3390/ani10050839>
18. Teegen, R., Edel, C., & Thaller, G. (2008). Evaluation of the breeding objectives for the Trakehner Horse breed by a contingent valuation method (CV).
19. Gille C., and Spiller A. 2010. Target Group Segmentation in the Horse Buyers' Market against the Background of Equestrian Experience. *Journal of Equine Science*, 21 4, pp 67-71, <https://doi.org/10.1294/jes.21.67>
20. Giontella A., Pieramati C., Silvestrelli M., Sarti F.M., 2019. Analysis of founders and performance test effects on an autochthonous horse population through pedigree analysis: structure, genetic variability and inbreeding. *Animal*, 13- 1, pp 15-24, <https://doi.org/10.1017/S1751731118001180>.
21. Broucek J., Kisac P., Mihina S., Hanus A., Uhrincat M., Tancin V. 2007. *Hair whorls of holstein friesian heifers and affects on growth and behaviour*. <https://doi.org/10.5194/aab-50-374-2007>.
22. Puri, B.K., et al., 1995. Parietal scalp hair whorl patterns in schizophrenia. *Biol. Psychiatry* 37, 278–279. [https://doi.org/10.1016/0006-3223\(94\)00254-Z](https://doi.org/10.1016/0006-3223(94)00254-Z).
23. Furdon, S.A., Clark, D.A., 2003. Scalp hair characteristics in the newborn infant. *Adv. Neonatal Care* 3, 286–296. <https://doi.org/10.1016/j.adnc.2003.09.005>.
24. Divided Brains. Available online: <https://www.cambridge.org/core/books/divided-brains/442F89DBA8F4BA76CD2F896E960A1E36> (accessed on 29 May 2023).

25. Frasnelli, E.; Vallortigara, G.; Rogers, L.J. Left-right asymmetries of behaviour and nervous system in invertebrates. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2012, 36, 1273–1291. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.02.006>
26. Rogers, L.J.; Vallortigara, G.; Andrew, R.J. *Divided Brains: The Biology and Behaviour of Brain Asymmetries*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2011; pp. 1–229.
27. Rogers, L.J.; Andrew, R. (Eds.) *Comparative Vertebrate Lateralization*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2002.
28. Hudayl, I. *Gala de Caballeros Blason de Paladines*; Editora Nacional: Sao Paulo, Brazil, 1977; ISBN 9788427604087.
29. Aguilar, P. *De Tratado de La Caballería de La Gineta* [Manuscrito]/Compuesto Y Ordenado por El Capitán Pedro de Aguilar, Vecino de Málaga, Natural de La Ciudad de Antequera; Iuan René: Málaga, Spain, 1572.
30. Suë, E. *Arabian Godolphin*; Derrydale Press: New York, NY, USA, 2003.
31. Górecka, A.; Golonka, M.; Chruszczewski, M.; Jezierski, T. A note on behaviour and heart rate in horses differing in facial hair whorl. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 2007, 105, 244–248. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.013>
32. Beatriz, A.; Torres, A. *Avaliação da Reatividade de Equinos Diferenciados Pela Posição de Redemoinho Facial*. Ph.D. Thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brazil, 2018.
33. Shivley, C.; Grandin, T.; Deesing, M. Behavioral Laterality and Facial Hair Whorls in Horses. *J. Equine Vet. Sci.* 2016, 44, 62–66. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.02.238>
34. Lima, D.F.P.d.A.; da Cruz, V.A.R.; Pereira, G.L.; Curi, R.A.; Costa, R.B.; de Camargo, G.M.F. Genomic regions associated with the position and number of hair whorls in horses. *Animals* 2021, 11, 2925. <https://doi.org/10.3390/ani11102925>
35. Randle, H.D., Webb, T.J., Gill, L., 2003. The relationship between facial hair whorls and temperament in Lundy ponies, 52. *Annual Rep. Lundy Field Soc*, pp. 67–83.
36. Murphy, J., Sutherland, A., Arkins, S., 2005. Idiosyncratic motor laterality in the horse. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 91, 297–310. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.11.001>.
37. Kom'arkov'a, M., Barto'sov'a, J., 2013. Lateralized suckling in domestic horses (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* 16, 343–349. <https://doi.org/10.1007/s10071-012-0575-x>.
38. Yokomori, T.; Tozaki, T.; Mita, H.; Miyake, T.; Kakoi, H.; Kobayashi, Y.; Kusano, K.; Itou, T. Heritability estimates of the position and number of facial hair whorls in Thoroughbred horses. *BMC Res. Notes.*, 2019, 12, 346. <https://doi.org/10.1186/s13104-019-4386-x>.
39. Cruz, V.A.R.; Lima, D.F.P.d.A.; Diaz, I.D.P.S.; Curi, R.A.; Pereira, G.L.; Costa, R.B.; de Camargo, G.M.F. Genetic parameters for hair whorl traits in horses. *Livest. Sci.* 2021, 252, 104679.
40. Encina A, Ligeró M, Sánchez-Guerrero MJ, Rodríguez-Sainz de los Terreros A, Bartolomé E, Valera M. Phenotypic and Genetic Study of the Presence of Hair Whorls in Pura Raza Español Horses. *Animals*. 2023; 13(18):2943. <https://doi.org/10.3390/ani13182943>
41. Misztal, I.; Lourenco, D.; Legarra, A. Current status of genomic evaluation. *J. Anim. Sci.* 2020, 98, doi:10.1093/jas/skaa101
42. Grandin, T., Deesing, M.J., Struthers, J.J., Swinker, A.M., 1995. Cattle with hair whorl patterns above the eyes are more behaviorally agitated during restraint. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 46, 117–123. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00638-9](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00638-9).
43. Broucek, J., Kisac, P., Mihina, S., Hanus, A., Uhrincat, M., Tancin, V., 2007. Hair whorls of Holstein Friesian heifers and affects on growth and behaviour. *Archiv. Fur. Tierzucht.* 50, 374–380. <https://doi.org/10.5194/aab-50-374-2007>
44. R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2021; Available online: <https://www.R-project.org/>
45. Meuwissen T and Luo Z 1992. Computing inbreeding coefficients in large populations. *Genetics Selection Evolution* 24, 305–313. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-24-4-305>