

FOCUS 6.3 ONLINE Penne ed evo-devo

I geni che guidano lo sviluppo di penne e squame rappresentano un esempio di «omologia molecolare» profonda che conferma e rafforza le conclusioni dell'Anatomia comparata e dell'Embriologia classica. Infatti, l'identità di questi derivati tegumentari è influenzata dalla fase temporale e dal livello di espressione delle stesse proteine regolative, come *Sonic hedgehog* (*Shh*) e *Bmp-2* (Tab. 2.1). In particolare, *Shh* induce la proliferazione cellulare, mentre *Bmp-2* regola il livello della proliferazione e favorisce il differenziamento cellulare. Sia per una squama sia per una penna la fase iniziale dello sviluppo è simile, con *Bmp-2* e *Shh* espresse in domini separati nel placode ectodermico iniziale. Successivamente, però, entrambi i domini di espressione si spostano dapprima nella regione distale del germe della penna determinandone l'allungamento iniziale e, in seguito, nell'epitelio che separa le barbe e le barbule in formazione. Le due proteine stabiliscono quindi specifici schemi di espressione per le diverse tipologie di penne in buon accordo con lo scenario dedotto dai dati paleontologici. Secondo questa ricostruzione, dalle squame originarie si sarebbero evolute inizialmente delle strutture tubulari cave e allungate (penne di tipo 1), che avrebbero a loro volta dato origine a una protopenna fornita di un ciuffo piumoso di barbe all'apice (penne di tipo 2), fino a una struttura complessa dotata di rachide e vessillo (penne di tipo 3) (Fig. F6.3.1). La possibilità di modulare in laboratorio l'espressione dei geni regolatori coinvolti nel differenziamento delle strutture tegumentarie ha anche permesso di ottenere la trasformazione delle squame presenti sulle zampe degli Uccelli in piume, riproducendo in vitro ciò che può avvenire spontaneamente in natura negli Uccelli caratterizzati da **ptilopodia** come le poiane calzate delle regioni artiche (Fig. F6.3.2). Rispetto alla poiana comune che vive in ambienti temperati, la poiana calzata ha le squame del tarso trasformate in piume che impediscono così la dispersione termica in un ambiente molto freddo. Questi risultati suggeriscono che un simile processo molecolare sia avvenuto durante l'evoluzione dei Dinosauri progenitori degli Uccelli, innescando la formazione del piumaggio ancestrale.

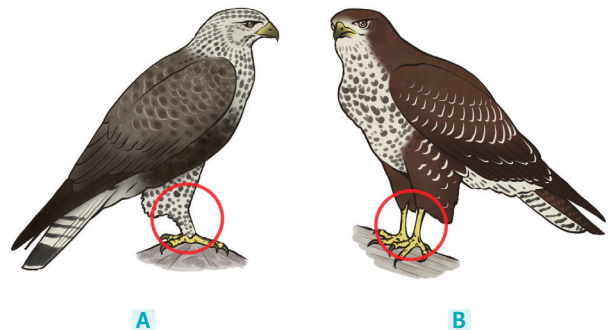


FIGURA F6.3.2

Nella poiana calzata dell'Artico (A), la regione tarsale degli arti posteriori differenzia piume anziché squame, come invece avviene nella poiana comune delle zone temperate (B).

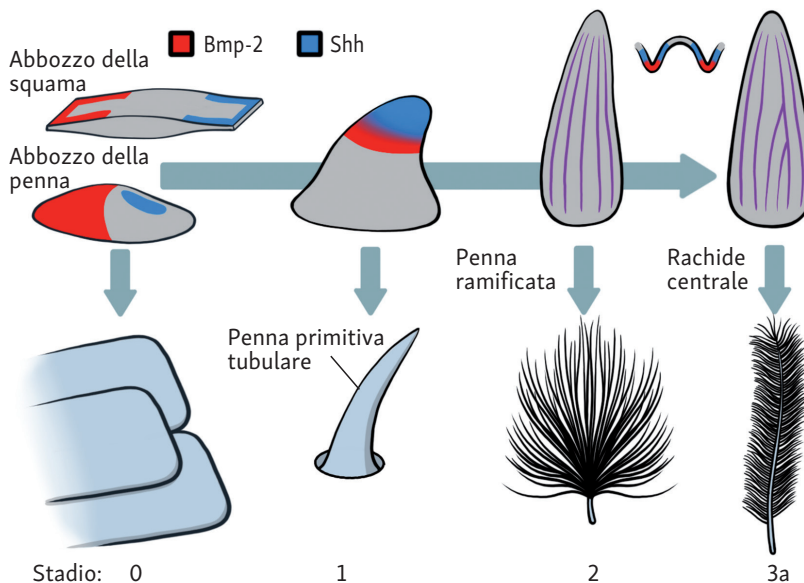


FIGURA F6.3.1

Differente pattern di espressione dei geni *Bmp-2* e *Shh* nello sviluppo della squama e della penna.