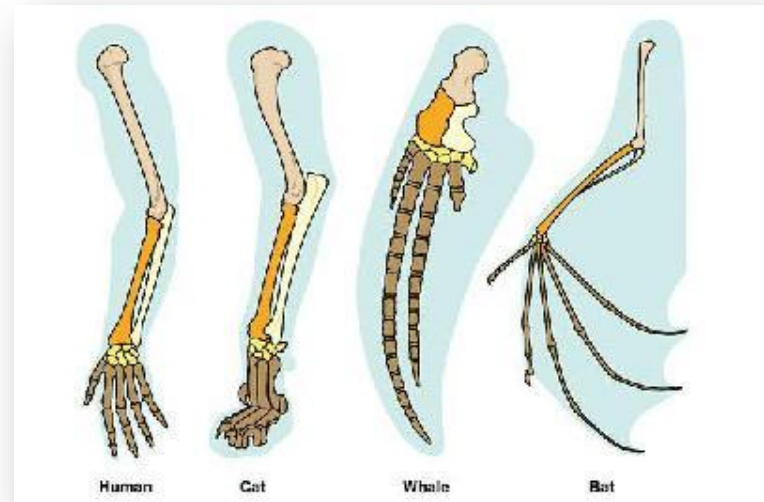
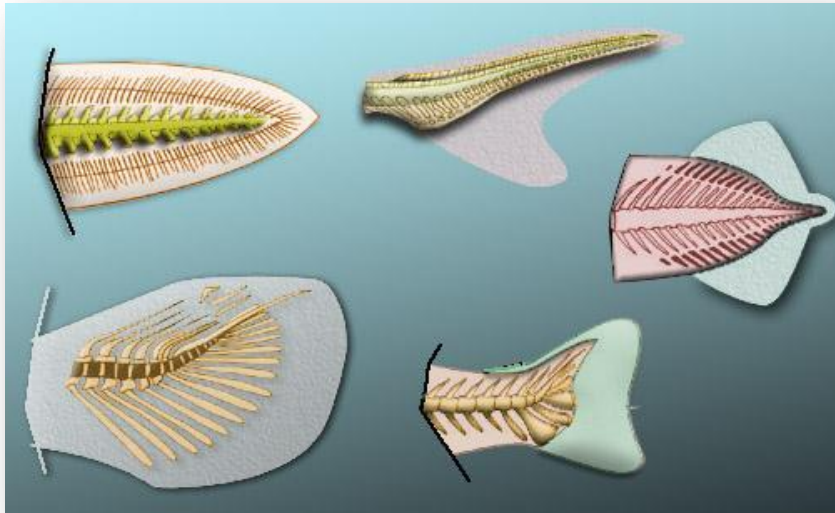


Lo scheletro appendicolare

Comprende le appendici pari (**pinne o arti**) ed i **cinti** cioè i dispositivi interni al corpo deputati a sostenere le appendici.

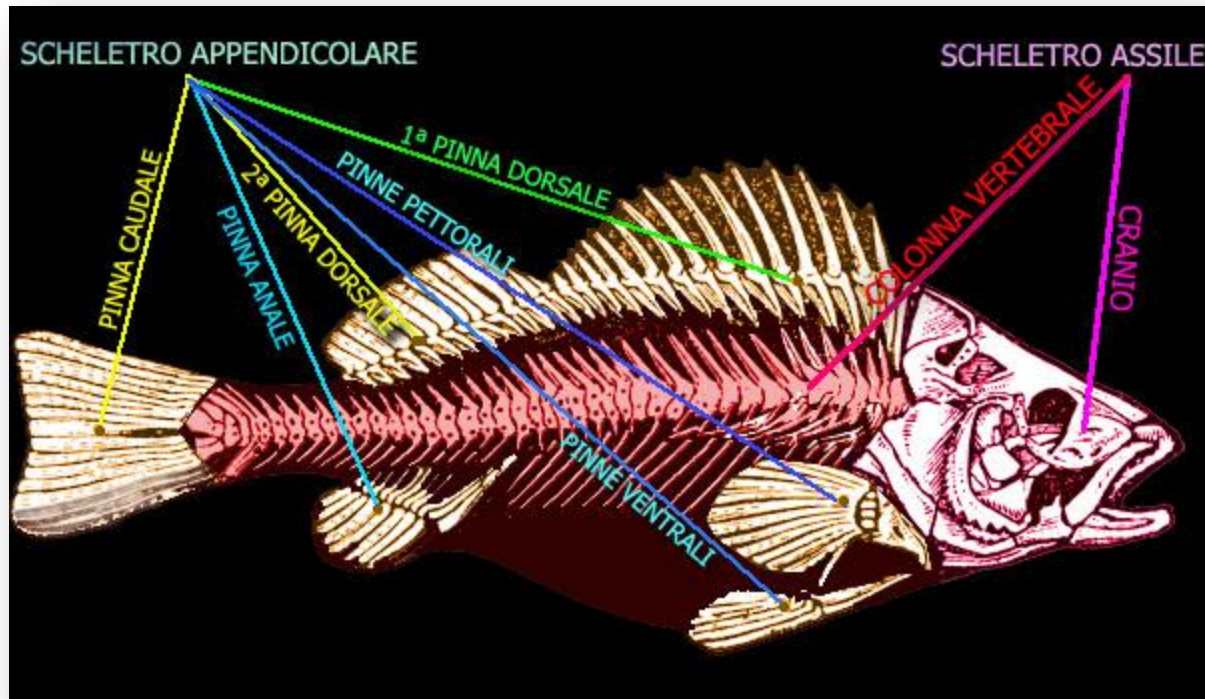


CINTO ANTERIORE = cinto **pettorale** e sostiene le pinne pettorali o gli arti anteriori

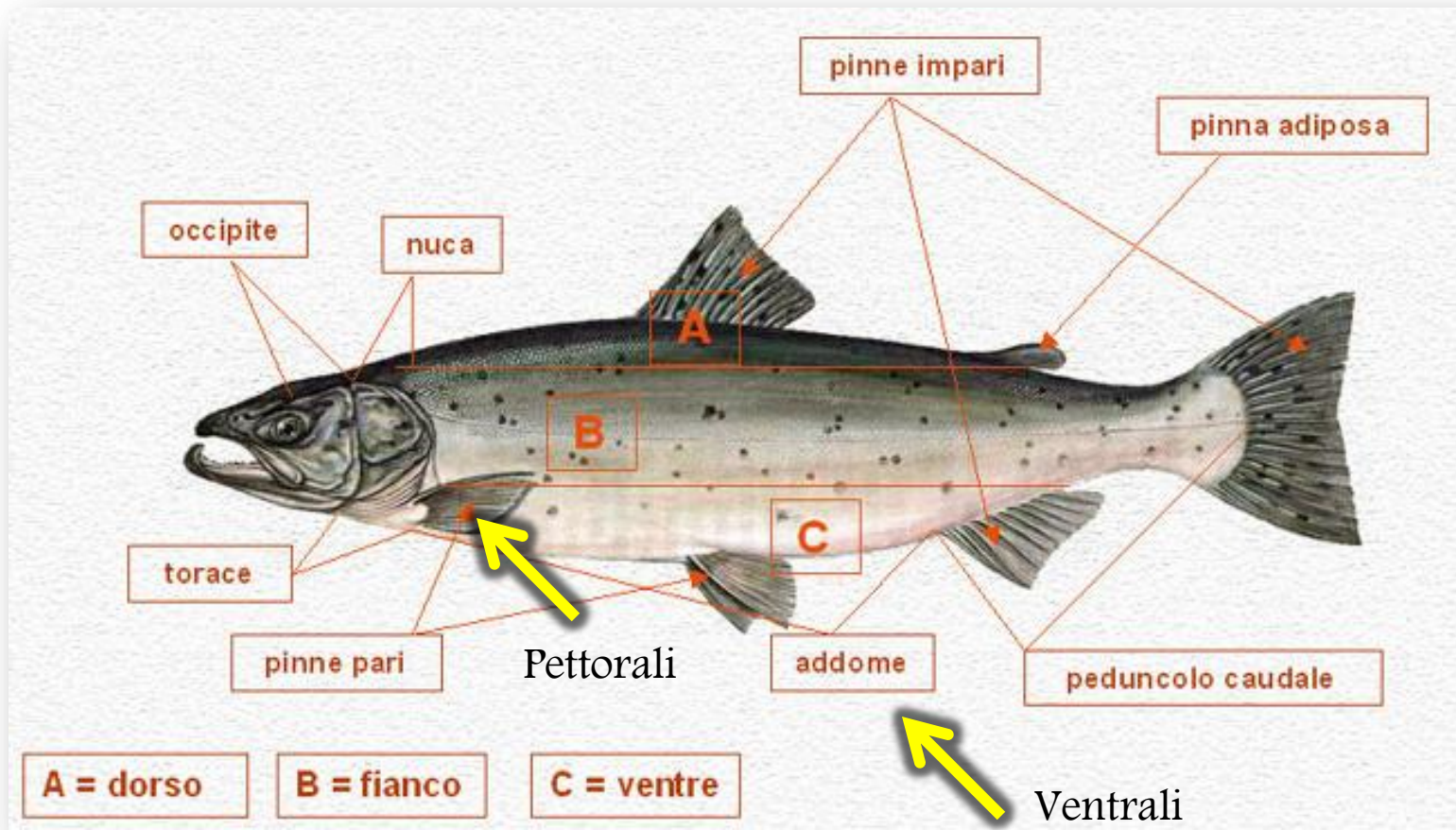
CINTO POSTERIORE= cinto **pelvico** (o bacino) e sostiene le pinne pelviche o gli arti posteriori.

Lo scheletro appendicolare: gli ittiopsidi

Le appendici **pari** degli ittiopsidi sono le pinne (membranose o carnose). Le pinne pari (**pettorali e ventrali**) non svolgono una funzione propulsiva nella locomozione (ruolo svolto dalla pinna caudale) ma quello di timoni o bilancieri.

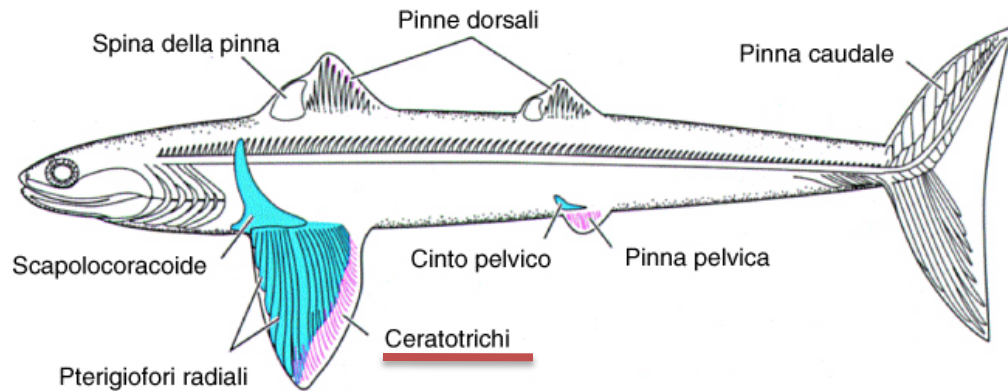


Lo scheletro appendicolare: gli ittiopsidi



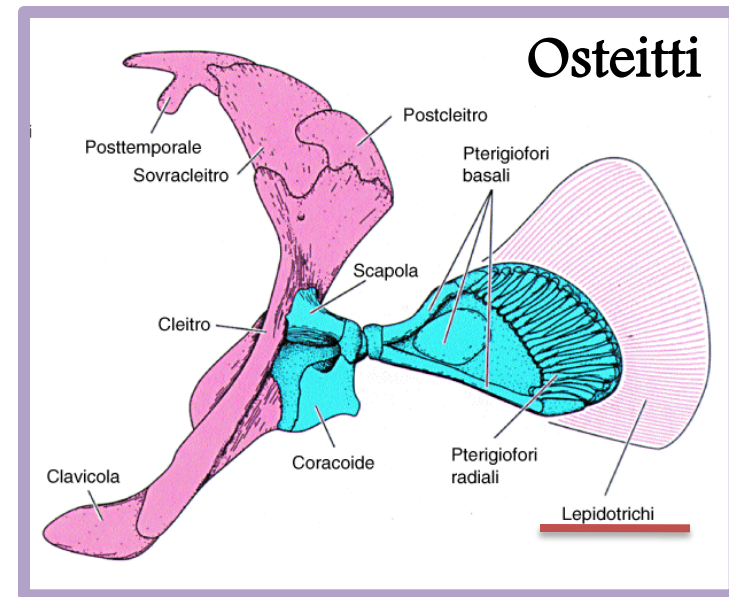
Lo scheletro appendicolare: gli ittiopsidi

Le pinne pari sono strutture **membranose** sostenute da lunghi **raggi**, che nei condroitti sono detti **ceratotrichi** e sono costituiti da sottili bastoncelli cheratinizzati, mentre negli osteitti sono detti **lepidotrichi** e sono costituiti da strutture cartilaginee o ossificate.



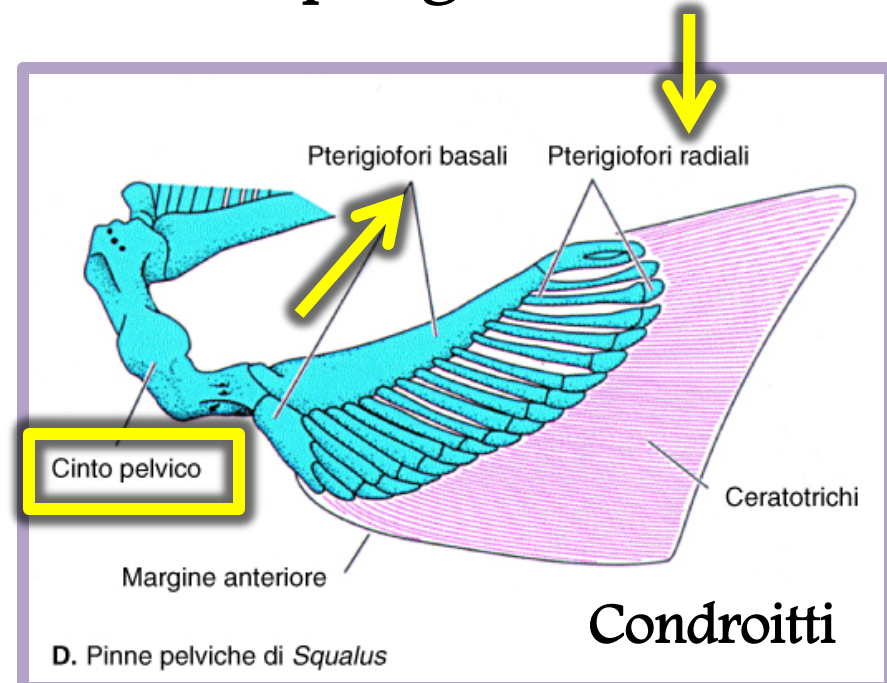
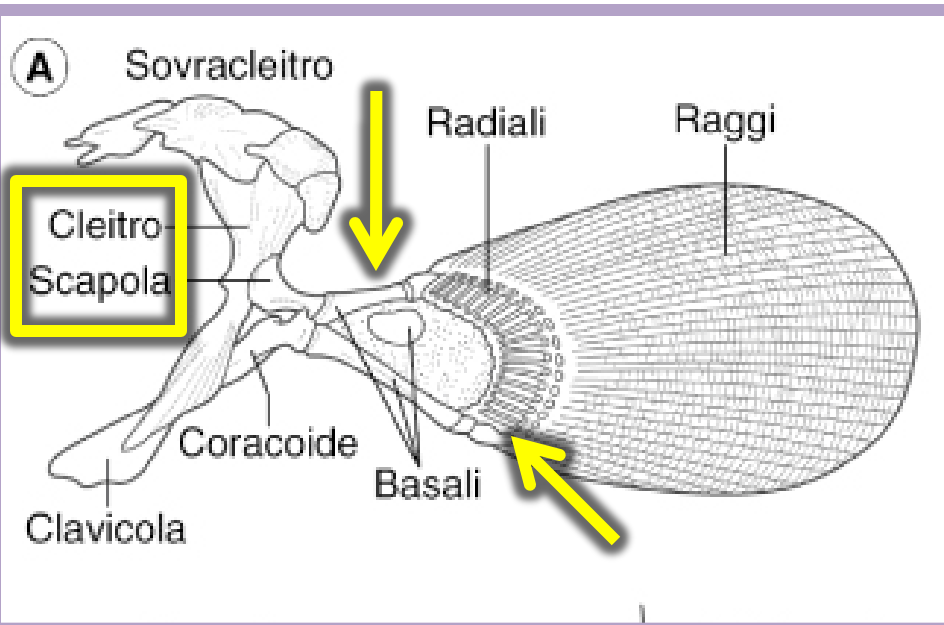
A. Pinne di †*Cladoselache*

Condroitti



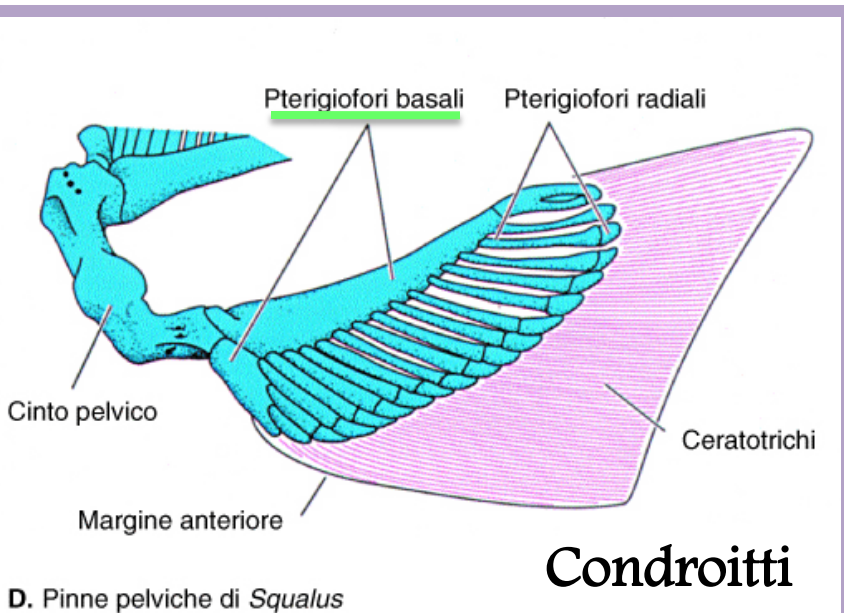
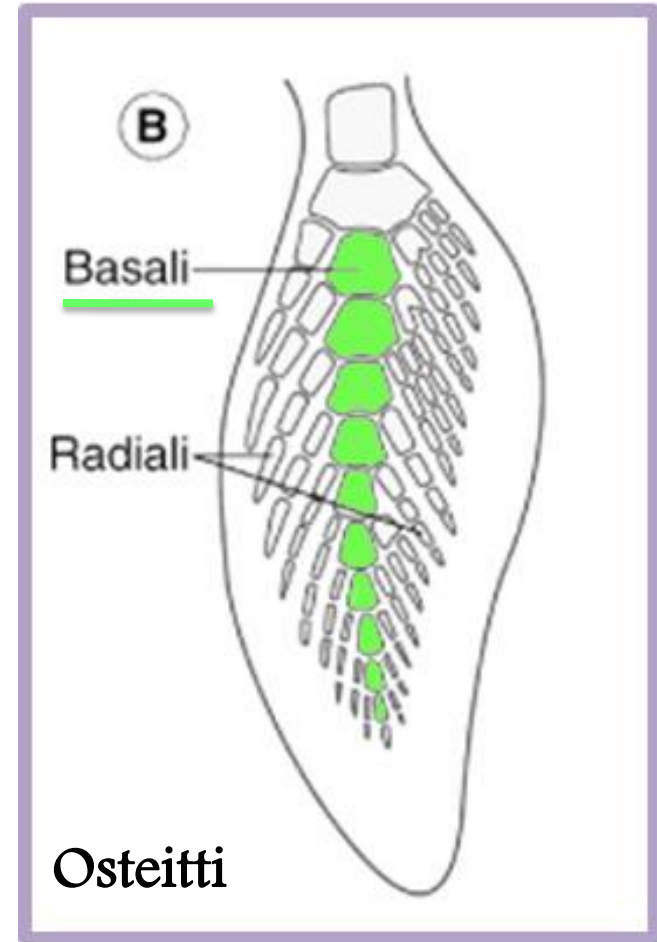
Lo scheletro appendicolare: gli ittiopsidi

I **raggi** sono sostenuti da due serie di **pterigofori**: i **radiali**, disposti a raggiera che, a loro volta, poggiano su una serie di **basali**, gli elementi prossimali della pinna che si **articolano** con il **cinto**.
Questo tipo di pinna è detta **metapterigio**.



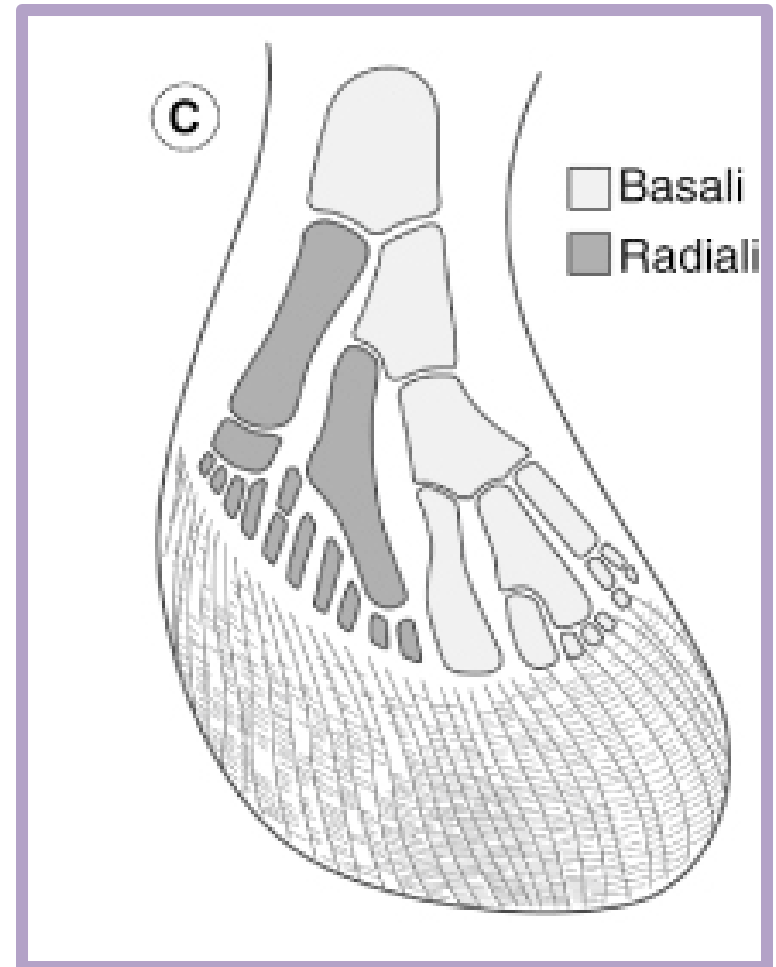
Lo scheletro appendicolare: gli ittiopsidi

Negli osteitti con pinne carnose la struttura è diversa. Nei dipnoi, i basali si dispongono a formare un lungo asse centrale sui due lati del quale si dispongono i radiali; questa disposizione è denominata **archipterigio biseriato**.



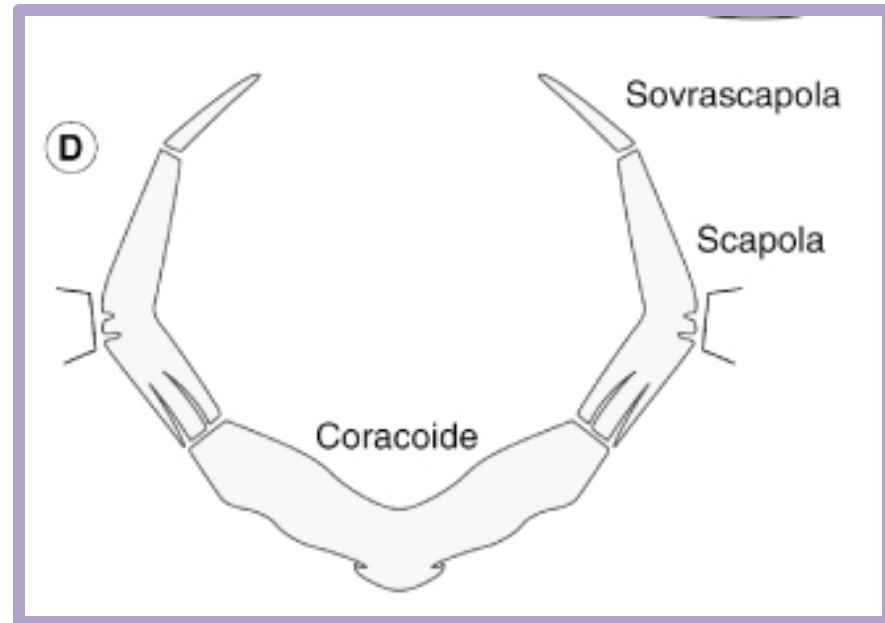
Lo scheletro appendicolare: gli ittiopsidi

Negli antichi crossopterigi era presente un **archipterigio** con **basali ridotti** in numero e radiali disposti in un'unica fila in posizione preassiale:
l'archipterigio monoseriato dal quale si sarebbe evoluto l'arto dei tetrapodi.



Lo scheletro appendicolare: gli ittiopsidi

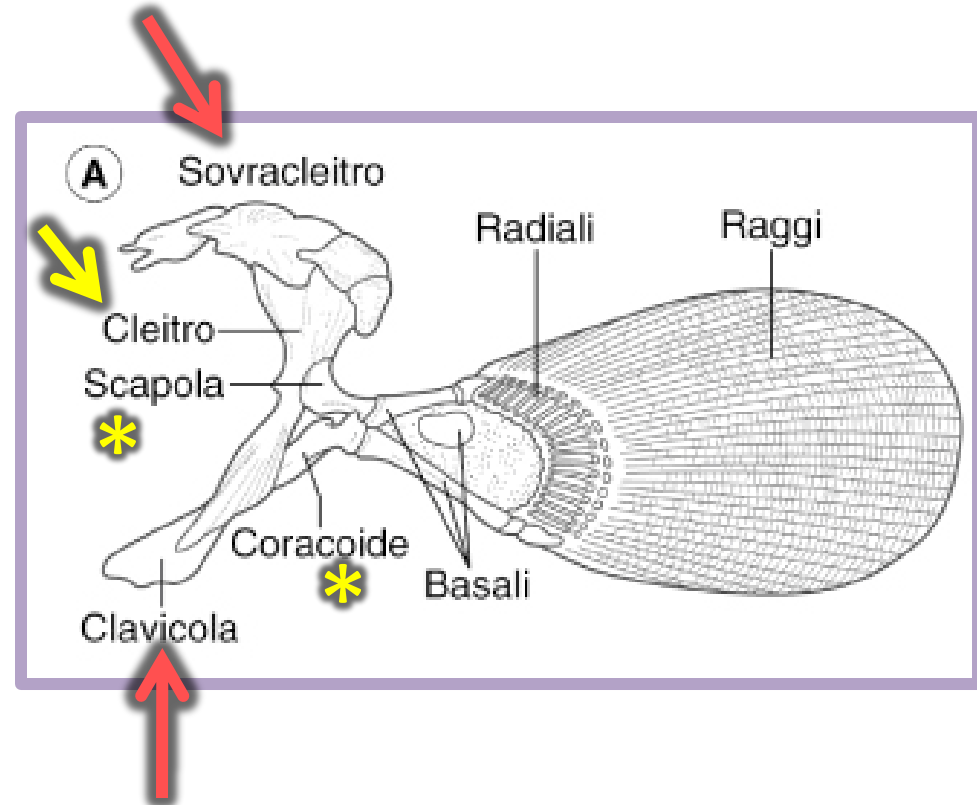
Il **cinto pettorale** nei condroitti è costituito da un anello incompleto cartilagineo immerso nella massa muscolare, senza alcun rapporto con lo scheletro assile. Si distinguono tre pezzi per lato: in senso dorso-ventrale **sovrascapola, scapola e coracoide**.



Lo scheletro appendicolare: gli ittiopsidi

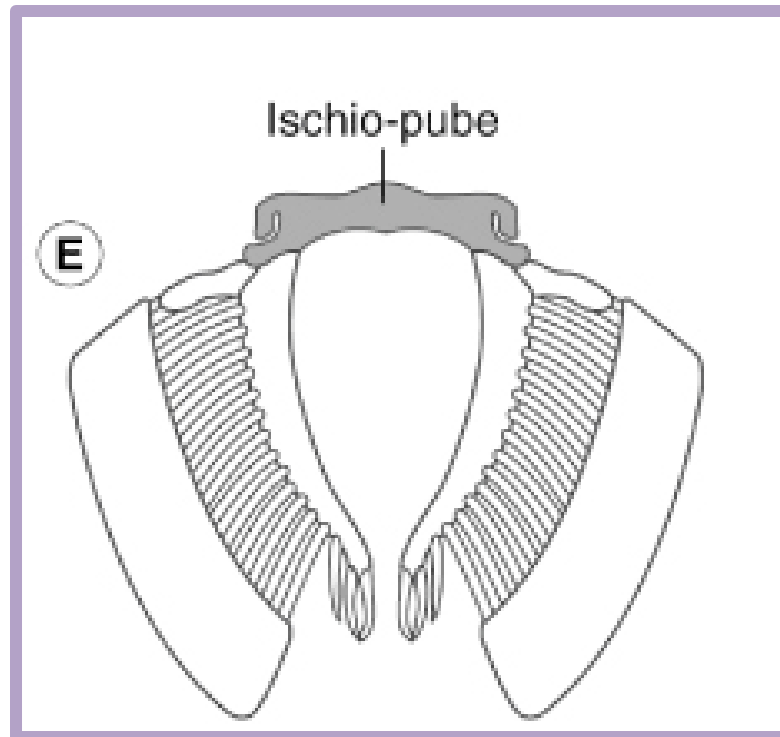
Nei batoidei sono presenti **robusti legamenti** che sospendono il cinto alla colonna vertebrale. Negli osteitti il cinto anteriore è fondamentalmente formato da due **emicinti**. Ogni **emicinto** è costituito da **clavicola** (ventrale) **cleitro** e **sovracleitro**.

Sul cleitro si articolano una **scapola** ed un **coracoide** su cui si inseriscono i basali della pinna.



Lo scheletro appendicolare: gli ittiopsidi

In tutti i pesci il **cinto pelvico** è rappresentato da una lamina **ischio-pubica** immersa nella massa muscolare, senza alcun rapporto con la colonna vertebrale.



Lo scheletro appendicolare: i tetrapodi

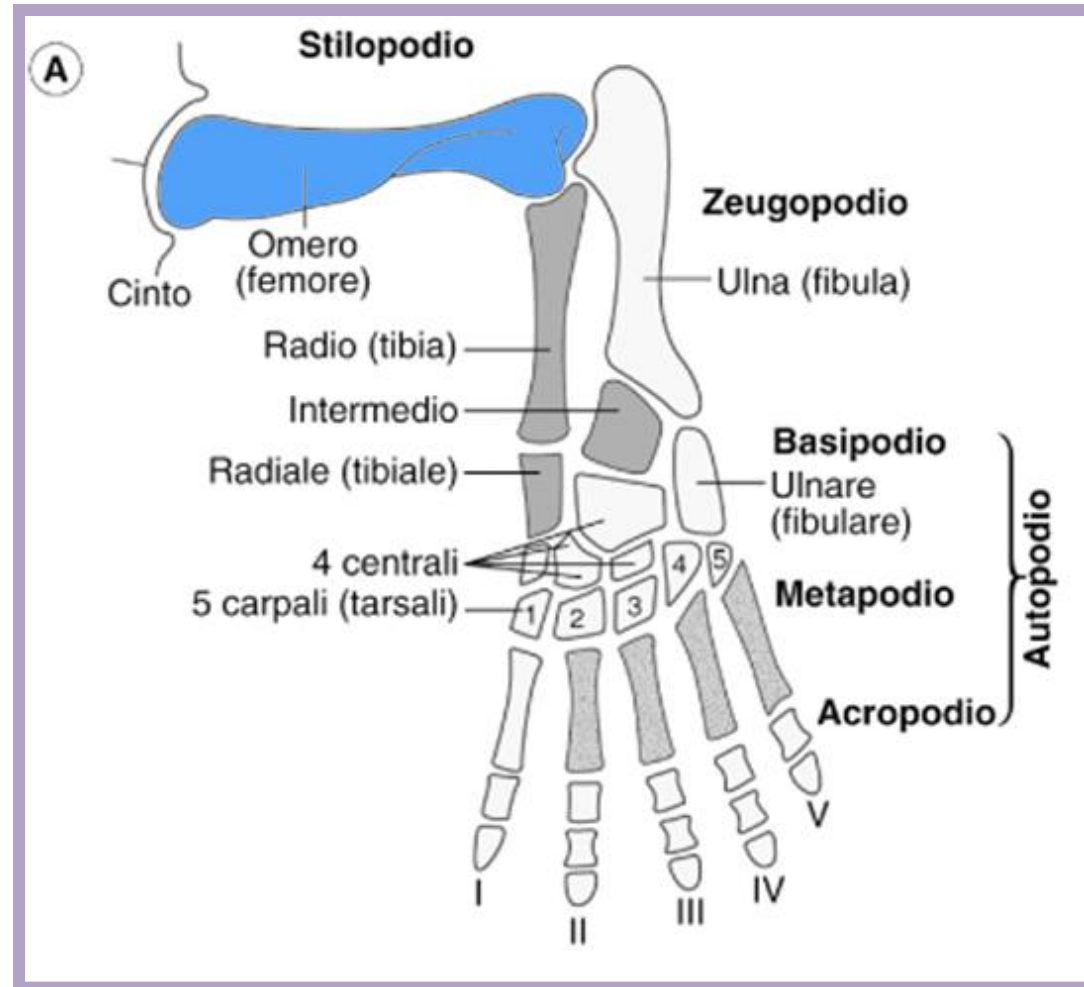
L'arto e i cinti dei tetrapodi sono modificati per la locomozione ed il sostegno del corpo sulla terraferma.



Lo scheletro appendicolare: i tetrapodi

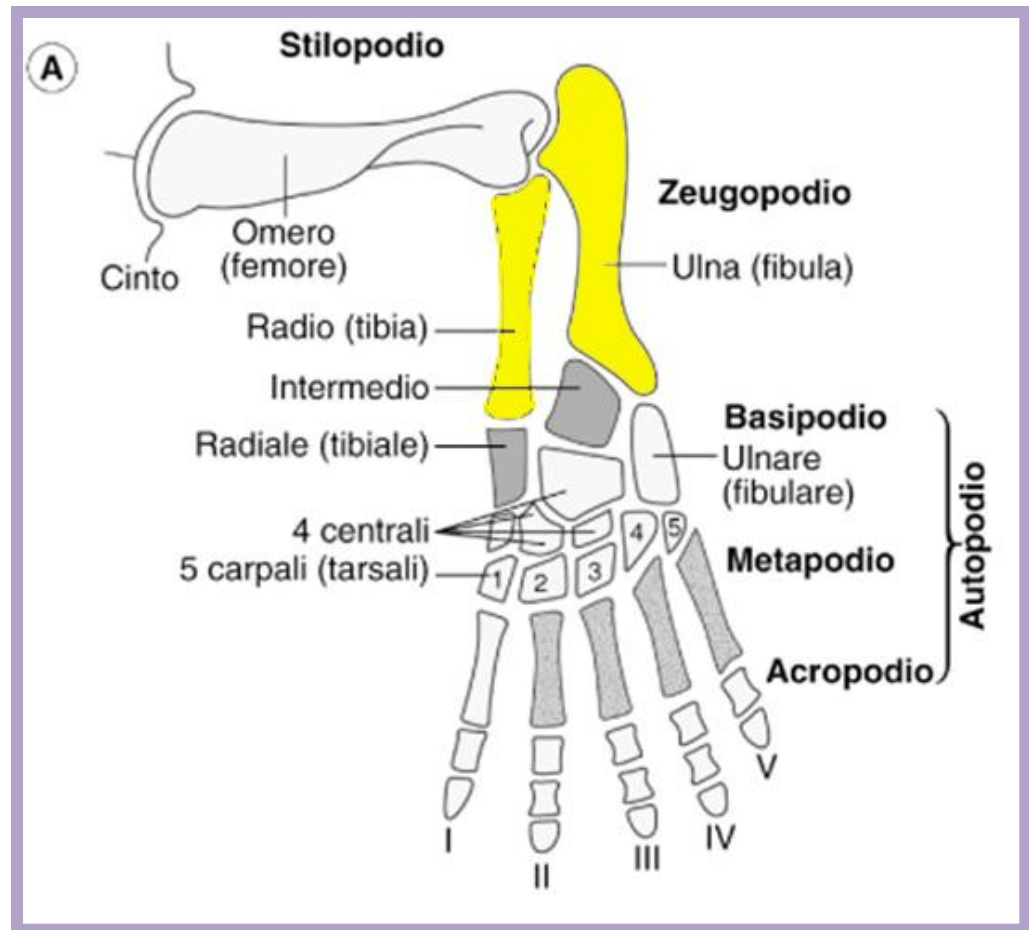
Lo scheletro dell'arto è costituito da segmenti articolati tra loro:

Il segmento prossimale è lo **stilopodio** costituito da **un solo osso lungo** (l'omero nell'arto anteriore e il femore nell'arto posteriore).



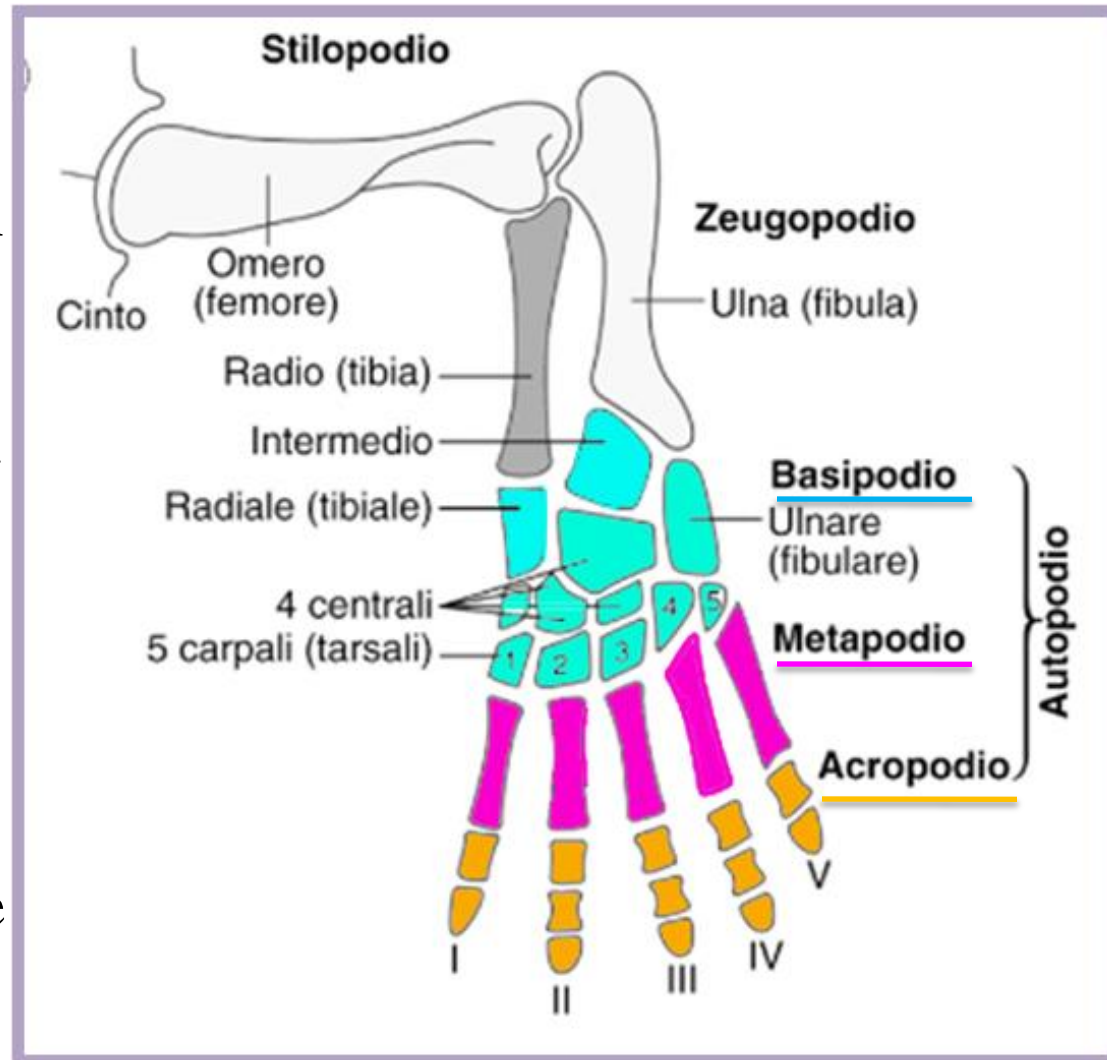
Lo scheletro appendicolare: i tetrapodi

Il segmento intermedio è lo **zeugopodio**, comprende due ossa lunghe: radio e ulna anteriori, tibia e fibula posteriori.



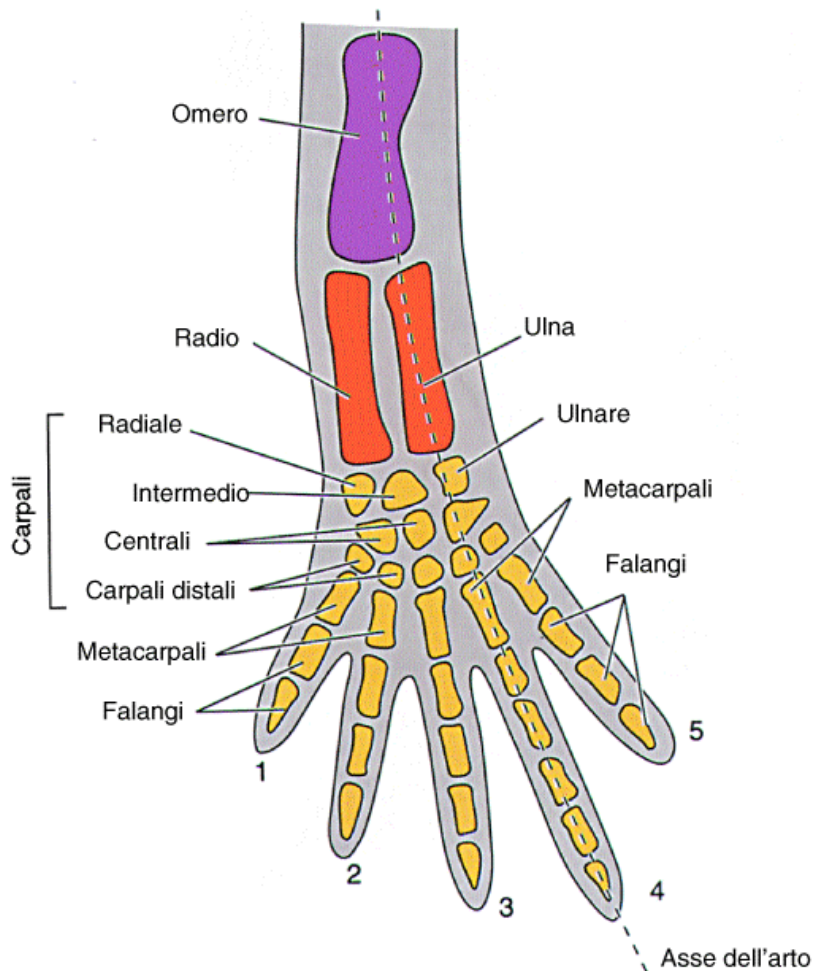
Lo scheletro appendicolare: i tetrapodi

Il terzo segmento che comprende le ossa della mano o del piede costituisce l'**autopodio**. Nell'autopodio si possono distinguere tre regioni: la più prossimale, il **basipodio**, comprende le ossa del carpo o del tarso; la regione intermedia è quella del **metapodio**, con le ossa del metacarpo o del metatarso; la regione distale è quella dell'**arcopodio** con le falangi disposte su più file a formare lo scheletro delle dita.



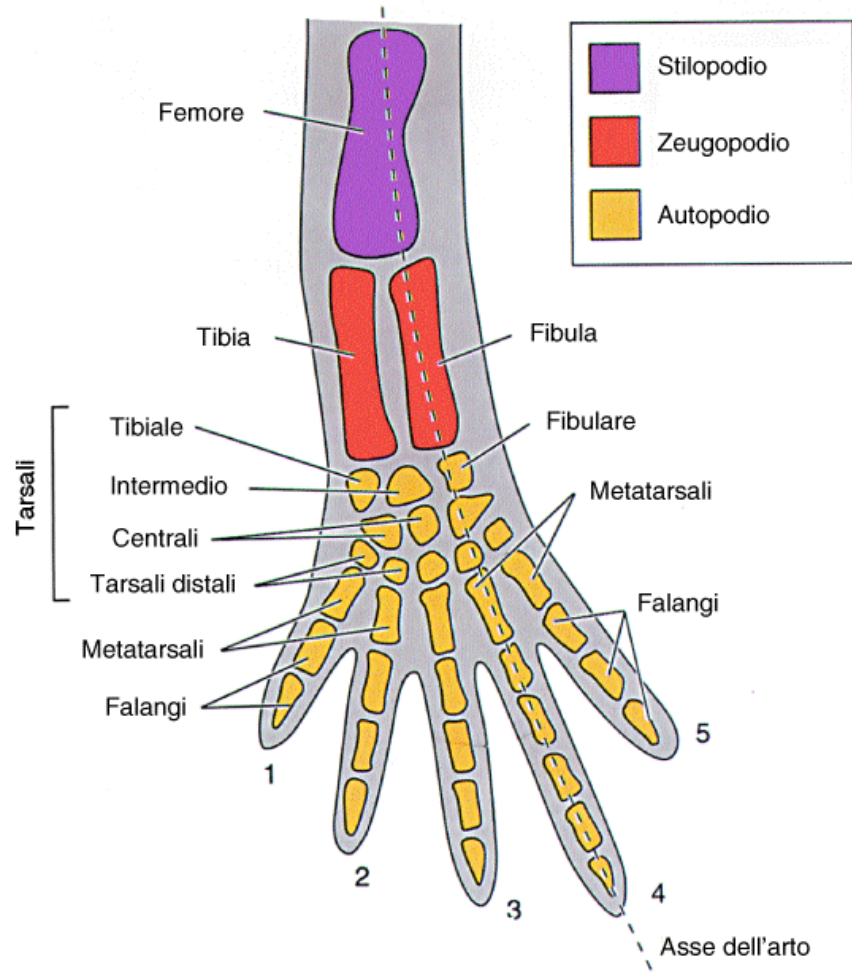
Lo scheletro appendicolare: i tetrapodi

Arto anteriore



A. Terminologia per l'arto anteriore dei tetrapodi

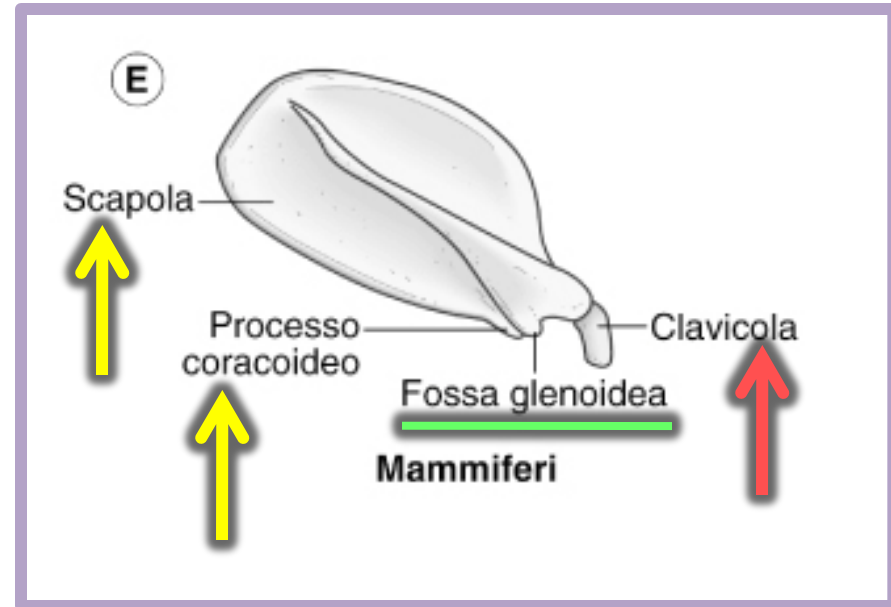
Arto posteriore



B. Terminologia per l'arto posteriore dei tetrapodi

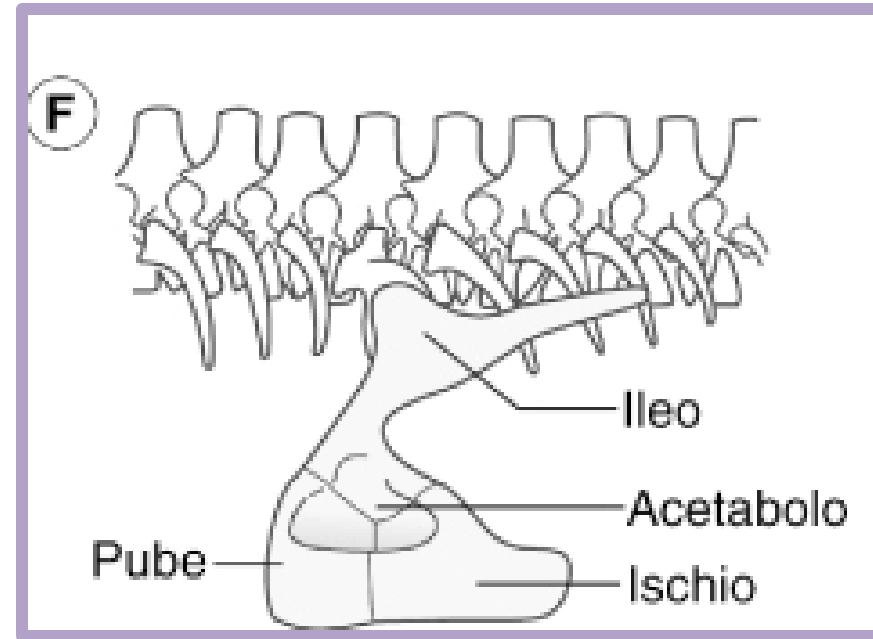
Lo scheletro appendicolare: i tetrapodi

L'arto anteriore è articolato con il cinto pettorale costituito da due ossa di sostituzione: la **scapola** ed il **coracoide**, cui può aggiungersi in posizione ventrale un osso di membrana: la **clavicola**. L'omero si inserisce nella fossa glenoidea al punto di giunzione tra coracoide e scapola. Nei mammiferi il coracoide si fonde con la scapola a formare il processo coracoideo.



Lo scheletro appendicolare: i tetrapodi

Il **cinto pelvico** è costituito da tre ossa: l'**ileo** dorsale, l'**ischio** ventrale posteriore ed il **pube** ventrale anteriore. Il femore si inserisce nell'**acetabolo**, cavità che si viene a costituire nella zona di convergenza tra le ossa. Il cinto pelvico **si articola** alla colonna vertebrale a livello delle vertebre sacrali **tramite l'ileo**. È del tutto evidente che il peso del corpo dei tetrapodi viene in gran parte scaricato tramite l'arto posteriore sulla colonna vertebrale.

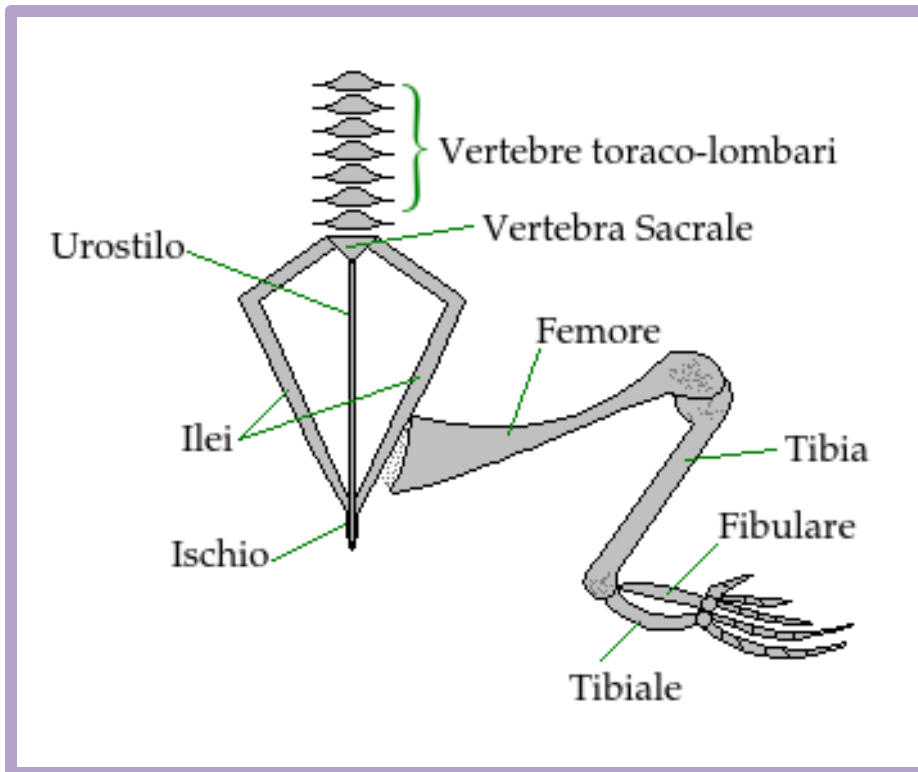


Adattamenti dell'arto dei tetrapodi

Gli adattamenti ovviamente rispecchiano gli stili di vita

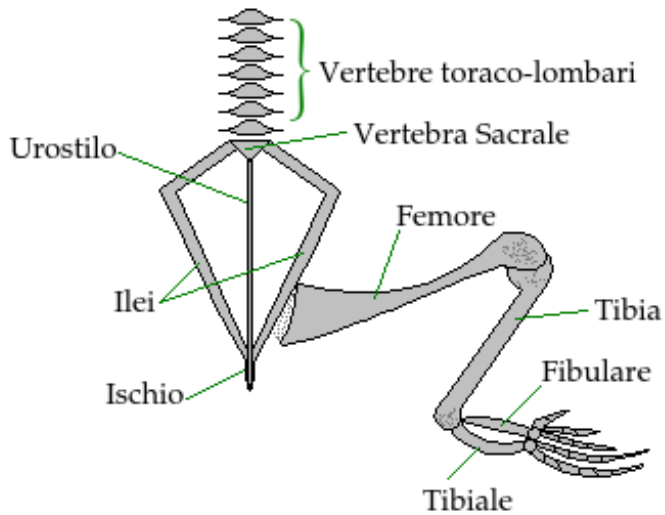
Anfibi e rettili, quando dotati di arti hanno un arto generalizzato simile a quello descritto.

Adattamenti dell'arto dei tetrapodi: come fa una rana a saltare?



Il bacino ha assunto una forma particolare: gli **ilei** sono molto allungati e sono diventati due bacchette disposte parallelamente alla colonna vertebrale. La regione caudale della colonna vertebrale è costituita da un protuberanza denominata **urostilo**, formatasi dalla fusione delle vertebre caudali.

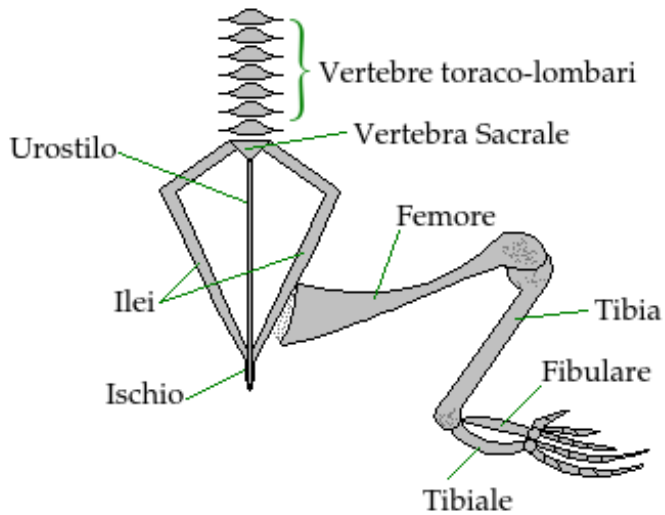
Adattamenti dell'arto dei tetrapodi: come fa una rana a saltare?



All'arto si aggiunge un nuovo segmento costituito da due pezzi ossei, il **tibiale** ed il **fibulare**, che derivano dall'allungamento di componenti del tarso (autopodio). Anche le dita risultano notevolmente allungate. Gli **angoli** che si vengono a formare tra i vari segmenti dell'arto posteriore in un Anuro accovacciato sono **tutti angoli acuti**.



Adattamenti dell'arto dei tetrapodi: come fa una rana a saltare?



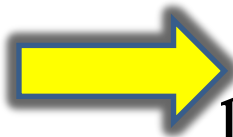
La meccanica del salto si compie allineando ciascun segmento dell'arto posteriore al piano dell'ileo: **il femore ruota rispetto all'ileo di circa 160° e simultaneamente la tibia-fibula ruota rispetto al tibiale-fibulare.**



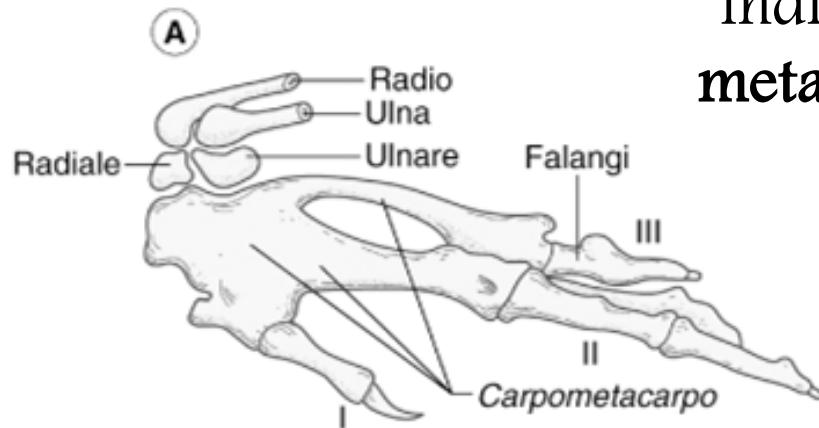
Adattamenti dell'arto dei tetrapodi

Negli uccelli: l'adattamento la volo ha indotto profonde modificazioni, sia all'arto anteriore sia a quello posteriore.

Arto anteriore

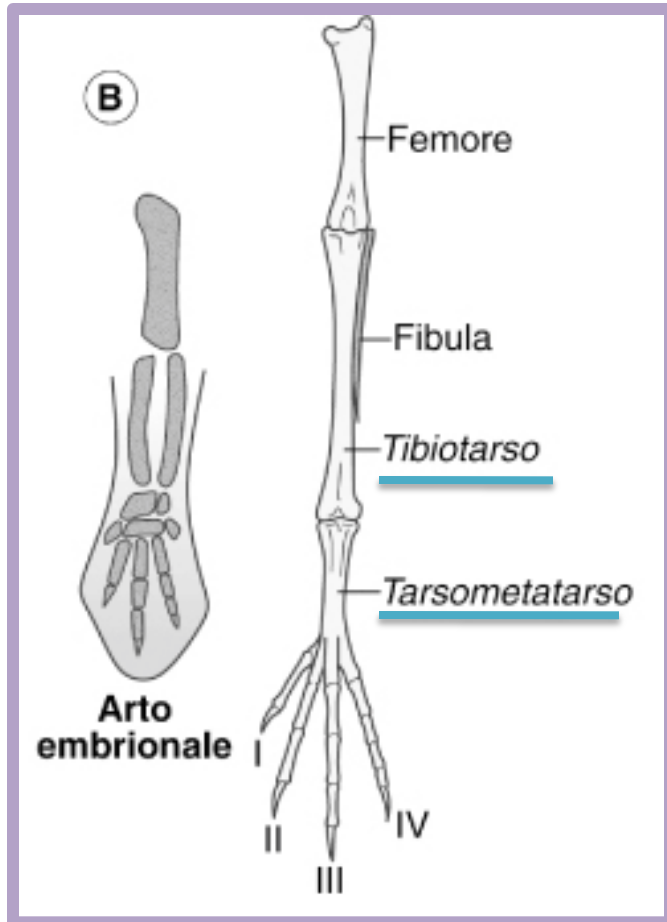
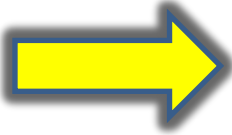


Ala: l'autopodio svolge un ruolo molto **limitato** nel volo. Si assiste ad una **riduzione** e ad una **fusione** degli elementi. Si individuano solo **tre** ossa **carpali** e **tre** **metacarpali** fuse tra loro. Vi saranno di conseguenza tre sole dita.



Adattamenti dell'arto dei tetrapodi

Arto posteriore

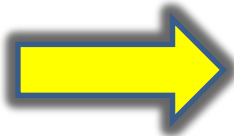


Deve sostenere il peso del corpo dare **propulsione** al **decollo** e offrire sostegno all'atterraggio. Durante lo sviluppo embrionale la **parte distale** della **tibia** si fonde con la **prima serie** di ossa **tarsali** formando un nuovo pezzo scheletrico detto **tibiotarso**. La **seconda serie** delle **ossa tarsali** si fonde con le ossa del **metatarso** a formare una struttura unica: il **tarsometatarso** su cui si articolano le falangi delle dita.

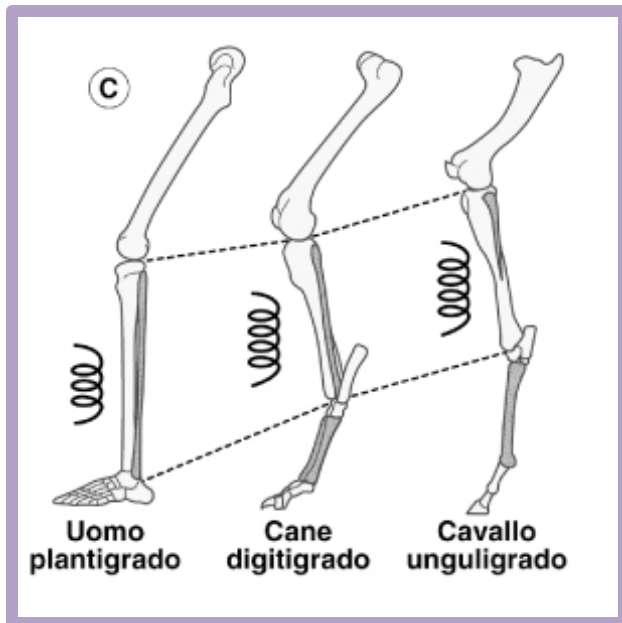
Adattamenti dell'arto dei tetrapodi

Nei mammiferi: si osservano vari tipi di specializzazione dell'arto. L'arto generalizzato è quello dei plantigradi, quali i primati e lo stesso uomo.

Arto specializzato
corsa e salto:

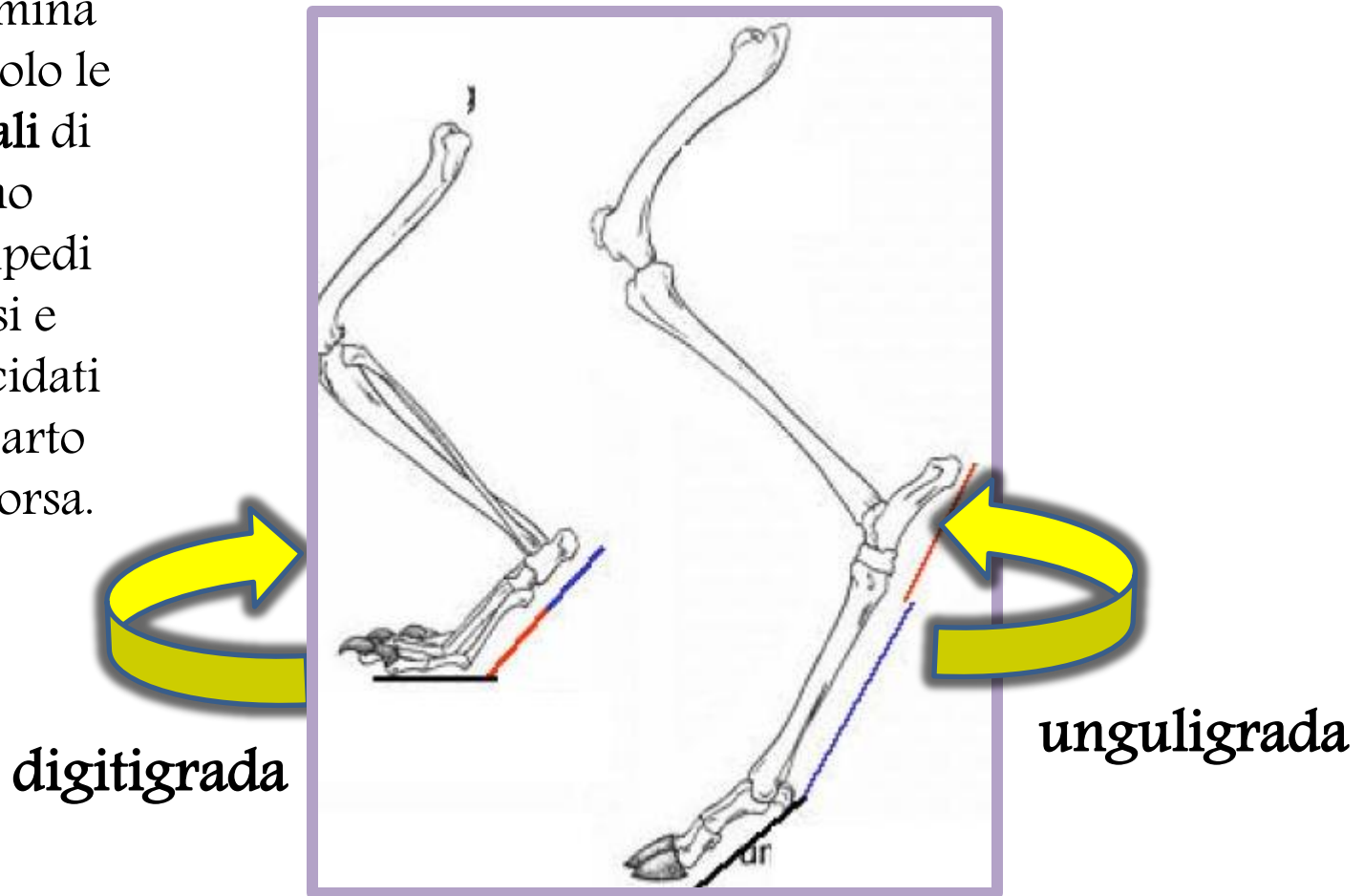


Nei carnivori o negli equidi, l'arto poggia con la parte **più distale dell'autopodio** sul terreno ed allunga molto i metatarsali: postura **digitigrada** come nei carnivori o **unguligrada** con appoggio sullo zoccolo di un solo dito come negli equidi.



Adattamenti dell'arto dei tetrapodi

Un mammifero **digitigrado** cammina poggiando sul suolo le due **falangi distali** di ogni dito. Sono digitigradi i fissipedi (cani, gatti, orsi e iene), e i proboscidati (elefanti). E' un arto più adatto alla corsa.



digitigrada

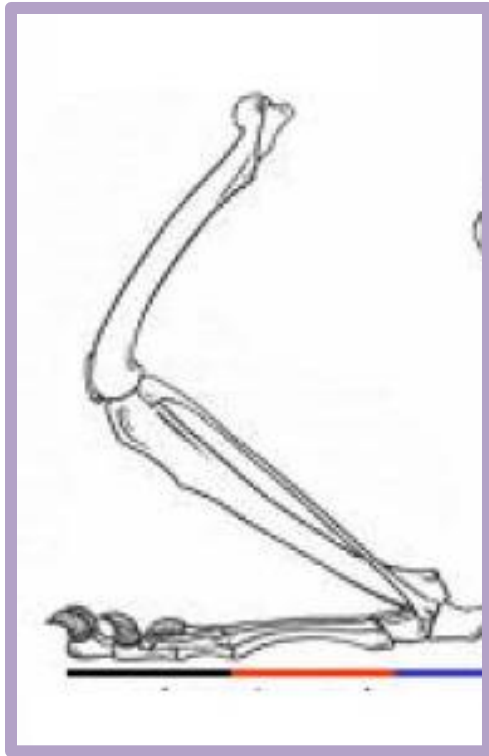
unguligrada

Adattamenti dell'arto dei tetrapodi

Gli **unguligradi** poggiano al suolo soltanto l'ultima falange fornita di zoccolo (unghia); sono unguligradi i perissodattili (cavalli, zebre, asini, rinoceronti) e gli artiodattili (maiali, ippopotami, cammelli, cervi, giraffe, bovini, daini, gazzelle).



Adattamenti dell'arto dei tetrapodi



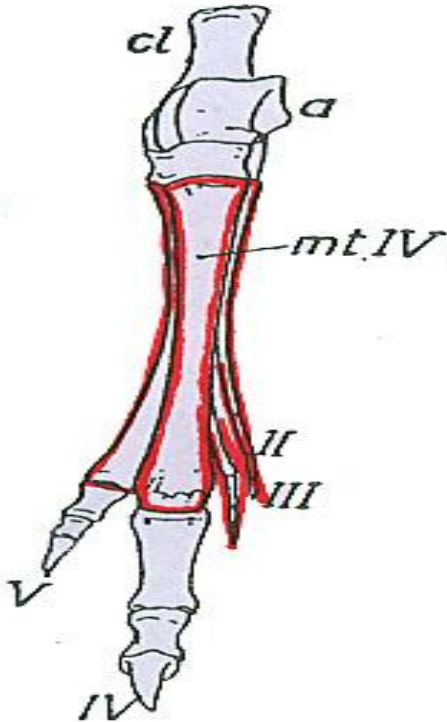
Arto generalizzato dei plantigradi

I **plantigradi** si muovono appoggiando completamente la pianta dei piedi sul suolo (nelle forme bipedi) e la porzione corrispondente delle mani (nelle forme quadrumani). I primati hanno arto plantigrado, cioè appoggiano a terra tutto l'autopodio e conservano 5 dita. La mano e il piede dei primati sono comunque a loro modo specializzati per la prensione. Inoltre il successo evolutivo dell'uomo è dovuto all'opponibilità del pollice.

Adattamenti dell'arto dei tetrapodi

L'arto dei plantigradi è di norma specializzato al salto e allo scavo.

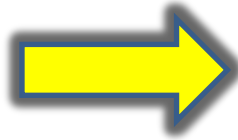
Arto specializzato
corsa e salto:



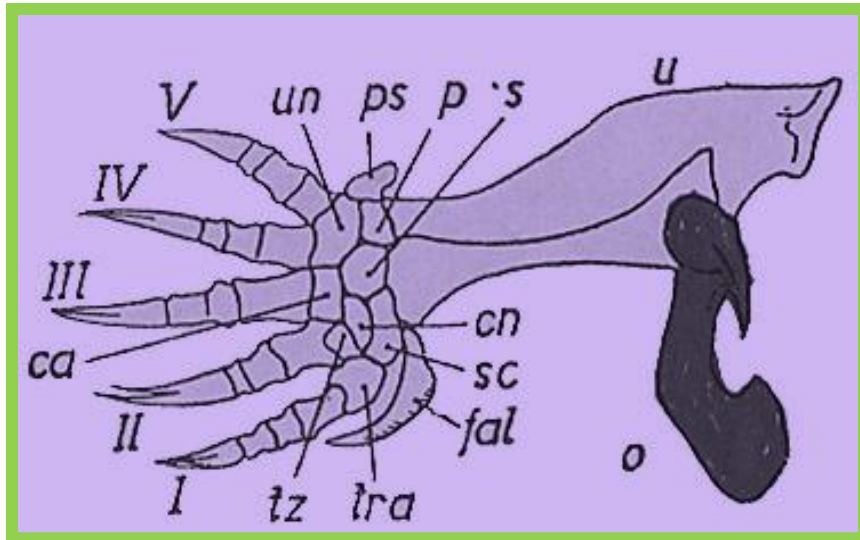
Nei canguri l'arto posteriore si allunga per l'**allungamento del IV metapodiale**, scompare il primo dito, II e III e i rispettivi metapodiali sono esili; il IV dito è molto robusto e nel salto è l'unico che dà la spinta sul terreno.

Adattamenti dell'arto dei tetrapodi

Arto specializzato
adattamento allo scavo

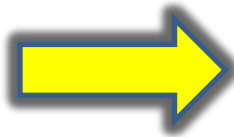


Nella talpa, tipico animale scavatore, l'arto anteriore è portato in fuori, quasi trasversalmente, l'omero è accorciato, la mano a 5 dita. La mano acquista una forma a paletta per smuovere la terra.

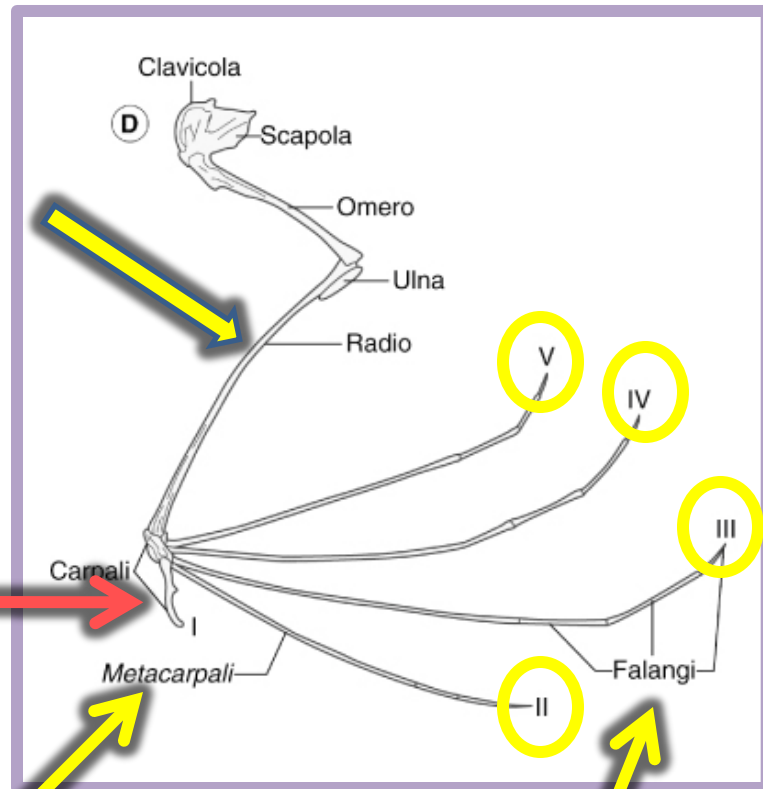


Adattamenti dell'arto dei tetrapodi

Adattamento
al volo

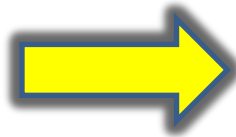


Come nei **chiroterri**: prevede l'enorme **allungamento** del **radio** ma soprattutto delle **falangi** e dei **metatcarpali** di quattro dita dell'arto anteriore su cui si inserisce l'ampio **patagio** (piega cutanea che forma l'ala). Il primo dito, pollice, rimane normale, mentre i **carpali** si fondono in un osso unico.

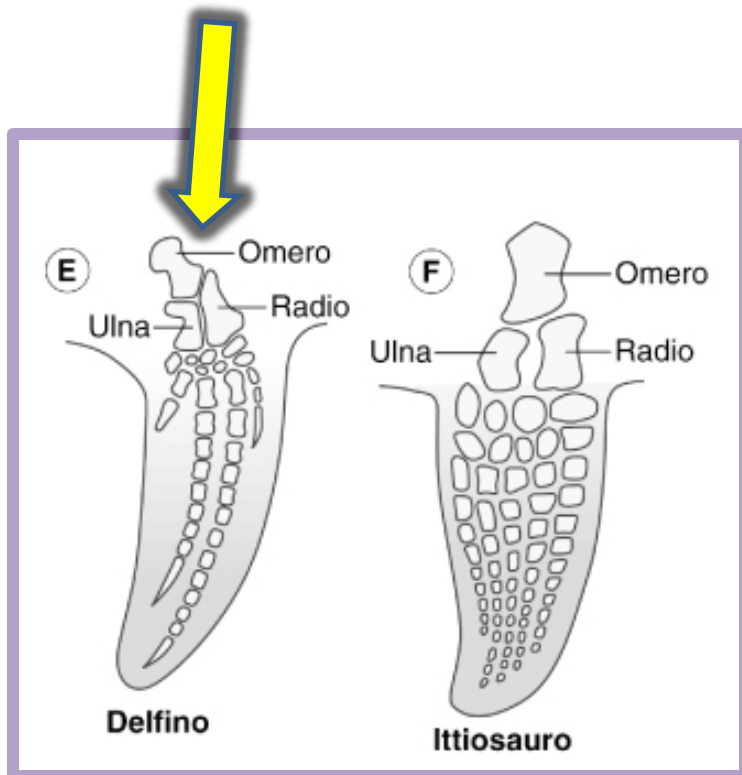


Adattamenti dell'arto dei tetrapodi

Adattamento
al nuoto



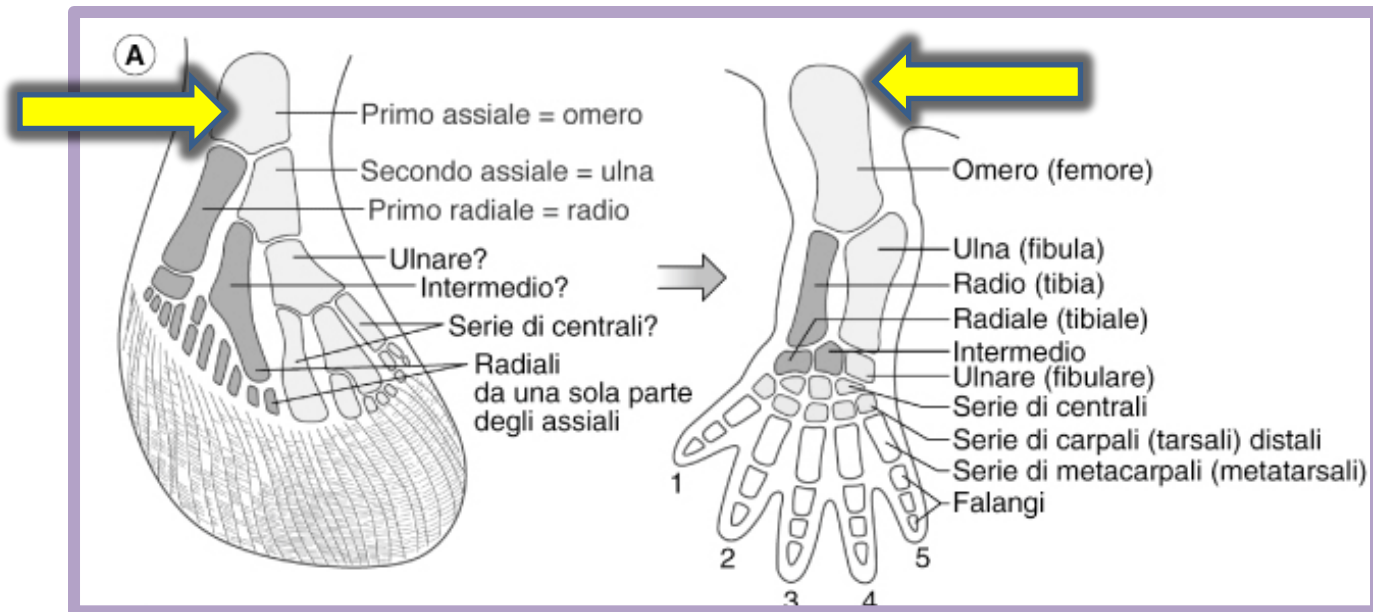
In questo caso l'arto dei mammiferi sembra riassumere l'aspetto di una pinna con **riduzione** nella lunghezza di omero, radio e ulna ed **aumento del numero delle falangi**. Adattamenti simili sono osservati anche nei rettili estinti quali gli ittiosauri. Nei mammiferi marini l'arto posteriore può scomparire del tutto.



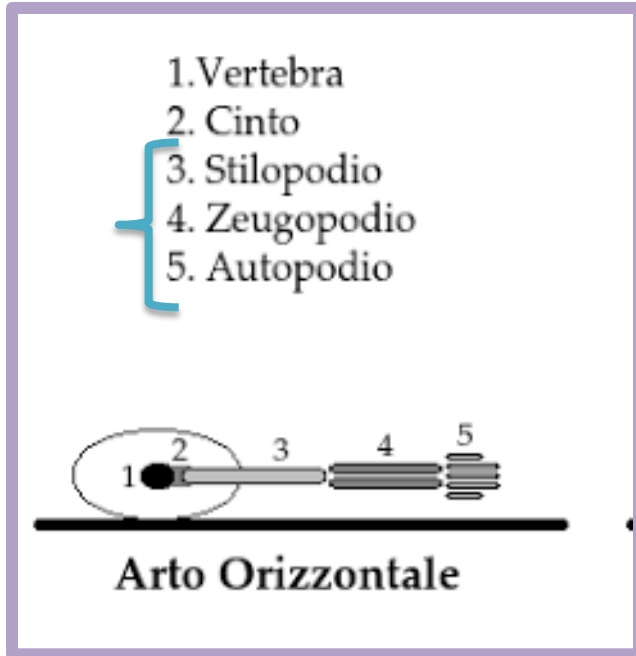
Origine dell'arto dei tetrapodi

È probabile che l'arto dei tetrapodi derivi dalle **pinne carnose dall'arcopterigio monoseriato** degli antichi **crossopterigi ripidisti**.

In questi animali un pezzo scheletrico singolo, prossimale alla pinna, si articolava con il cinto e può essere **considerato omologo all'omero**. Esso si **articolava distalmente** con due elementi che si possono omologare a **radio e ulna**. I radiali modificati avrebbero dato origine alle primitive ossa dell'autopodio.



Adattamenti dell'arto dei tetrapodi

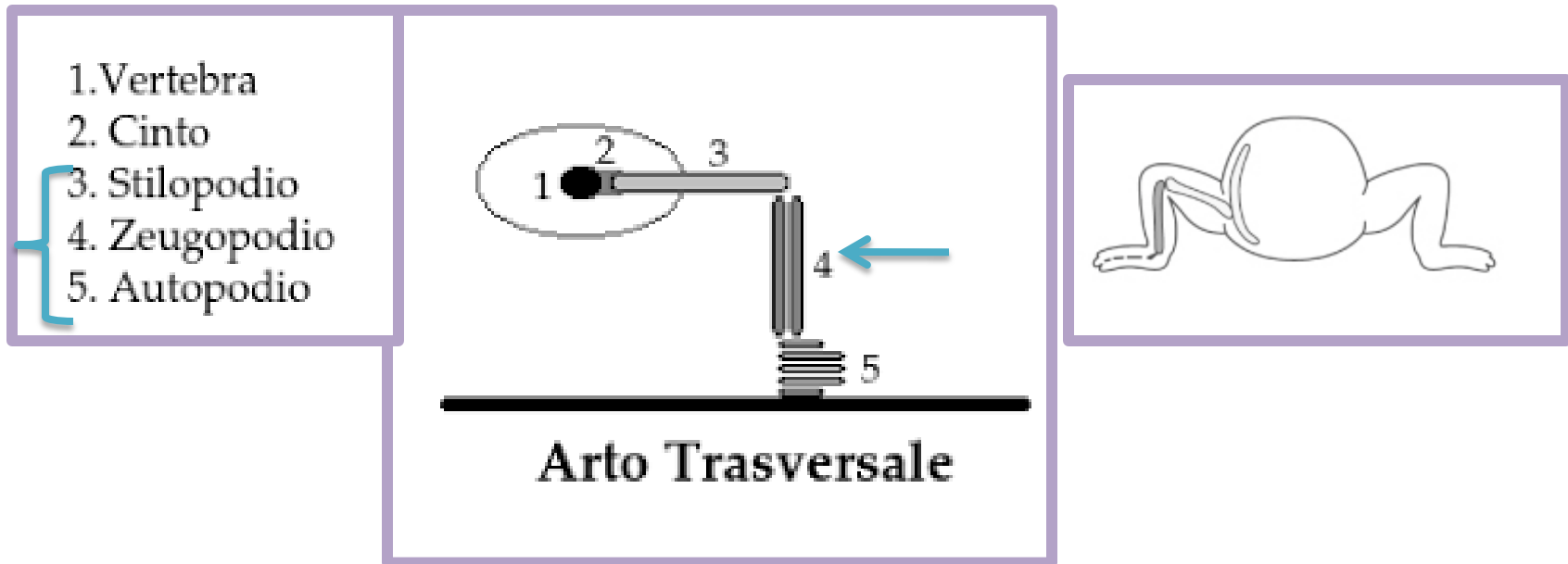


Si suppone, che i crossopterigi ripidisti (presunti antenati dei tetrapodi) evolsero un arto orizzontale, nel quale **stilopodio, zeugopodio ed autopodio** erano disposti sulla **stessa retta** e perpendicolari rispetto al cinto. La locomozione di questo tipo di arti è paragonabile al movimento dei **remi** di una barca, per cui la deambulazione doveva consistere in un **lento strisciare per terra**. I tetrapodi dotati di questo tipo di arti dovevano essere lenti ed incapaci di affrontare lunghi percorsi sulla terraferma.

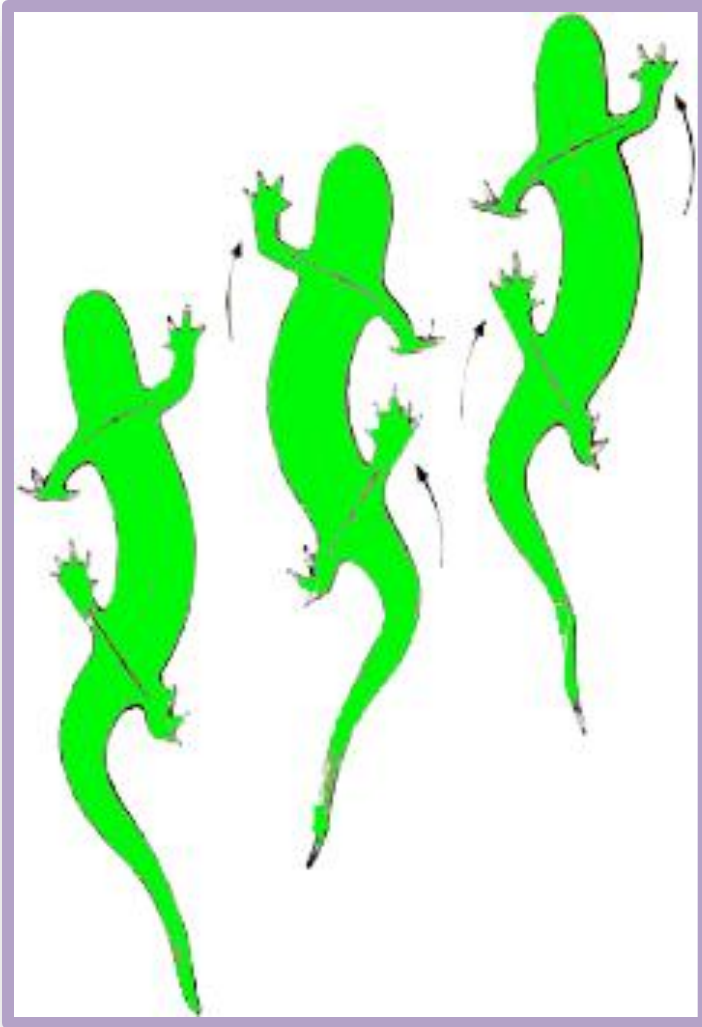


Adattamenti dell'arto dei tetrapodi

I reperti fossili mostrano chiaramente che gli anfibi primitivi erano dotati di **arti trasversali**, i cui segmenti sono disposti a forma di "z": lo **zeugopodio** si è disposto **verticalmente** sollevando il corpo da terra. Quindi la distanza che separa la parte ventrale dell'animale dal terreno equivale alla lunghezza dello **zeugopodio**.



Adattamenti dell'arto dei tetrapodi



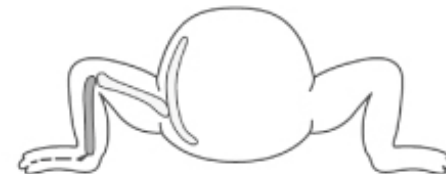
L'arto di tipo **trasversale** condiviso da cheloni, lacertiliani, loricati (rettili) e dagli anfibi urodela, nonostante sia un miglioramento rispetto all'arto orizzontale, è comunque imperfetto perché **limita la velocità dell'animale**: la deambulazione si effettua spostando alternativamente in avanti l'arto destro e l'arto sinistro, movimento che tramite il cinto coinvolge la colonna vertebrale che, di conseguenza, **si flette ritmicamente dalla parte opposta all'arto**.

Origine dell'arto dei tetrapodi

I primi tetrapodi che hanno conquistato la terraferma probabilmente arrancavano utilizzando gli arti solo per strisciare.

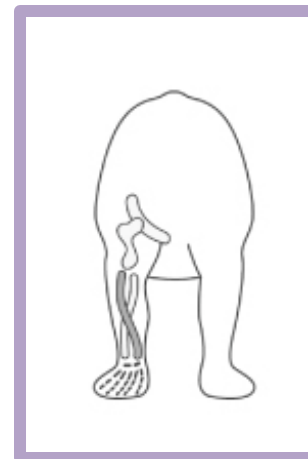


Un grande salto evolutivo si è realizzato quando il tetrapode è riuscito a sollevare il corpo da terra piegando ginocchio e gomito lateralmente e con l'autopodio disposto lateralmente.



Origine dell'arto dei tetrapodi

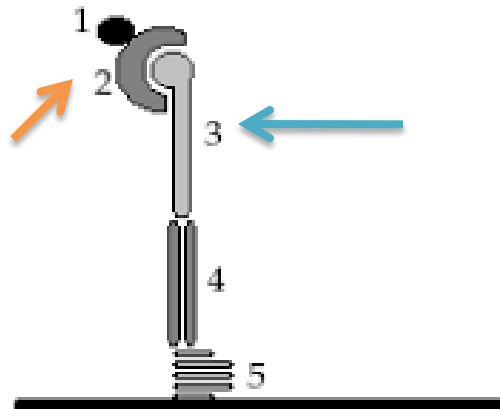
Ulteriore balzo evolutivo si è avuto quando il tetrapode è riuscito a **piegare il gomito indietro** e il **ginocchio in avanti a 90°**, assumendo la postura tipica della maggior parte dei tetrapodi attuali, molto adatta alla deambulazione a quattro zampe, alla corsa e al salto.



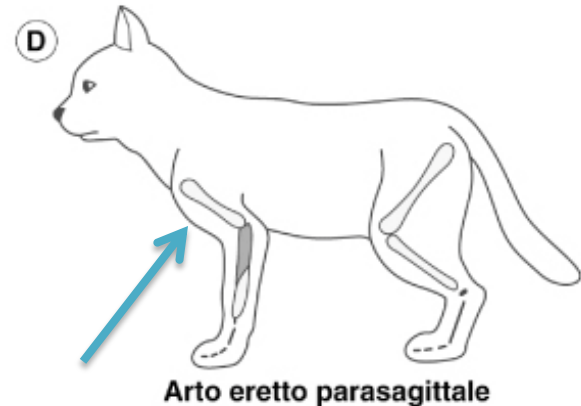
Origine dell'arto dei tetrapodi

L'arto parasagittale è condiviso da mammiferi ed uccelli, il perfezionamento si compie grazie allo **stilopodio** che si **piega** formando una **testa articolare** che va ad inserirsi nella cavità del cinto. Quando l'animale deambula il movimento viene interrotto dalla cavità del cinto e non si trasmette alla colonna vertebrale.

1. Vertebra
2. Cinto
3. Stilopodio
4. Zeugopodio
5. Autopodio



Arto Parasagittale



Arto eretto parasagittale