

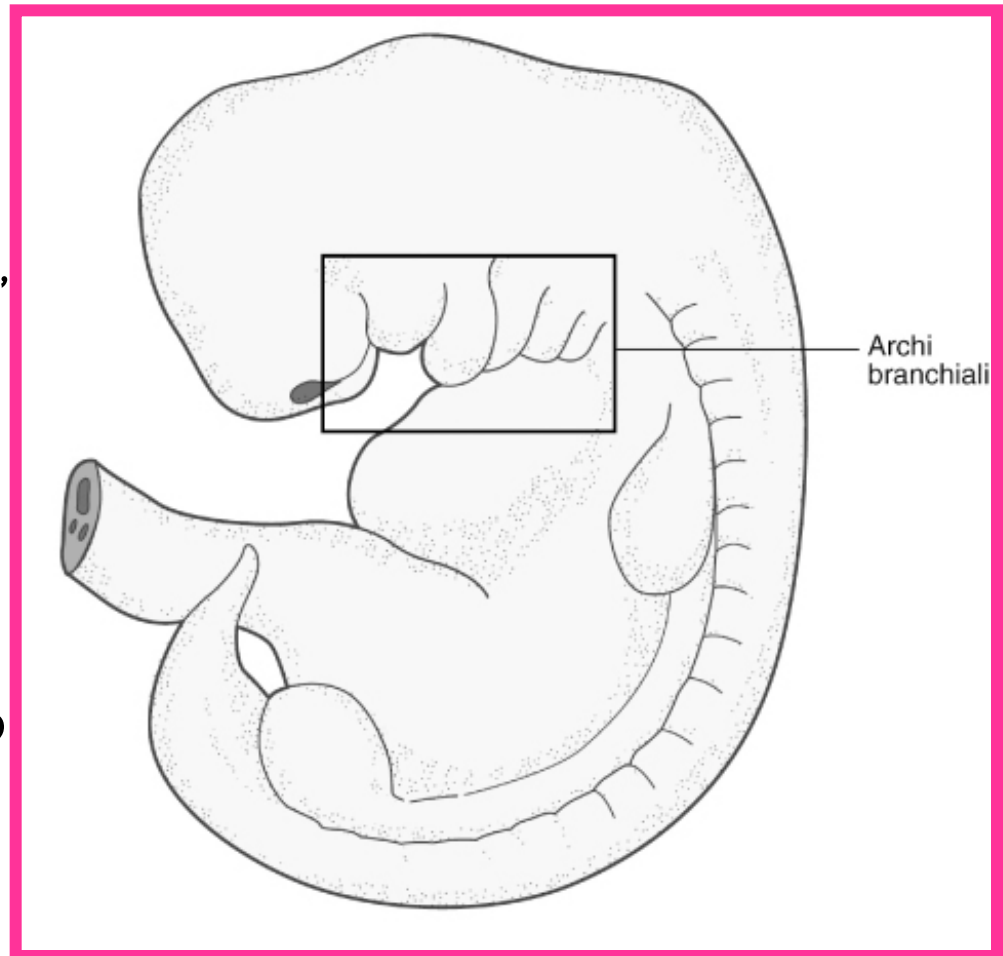
Gli archi branchiali e la respirazione

La pressione evolutiva delle **strutture respiratorie** è data dall'ambiente in cui una specie vive (acqua o aria)

Gli archi branchiali e la respirazione

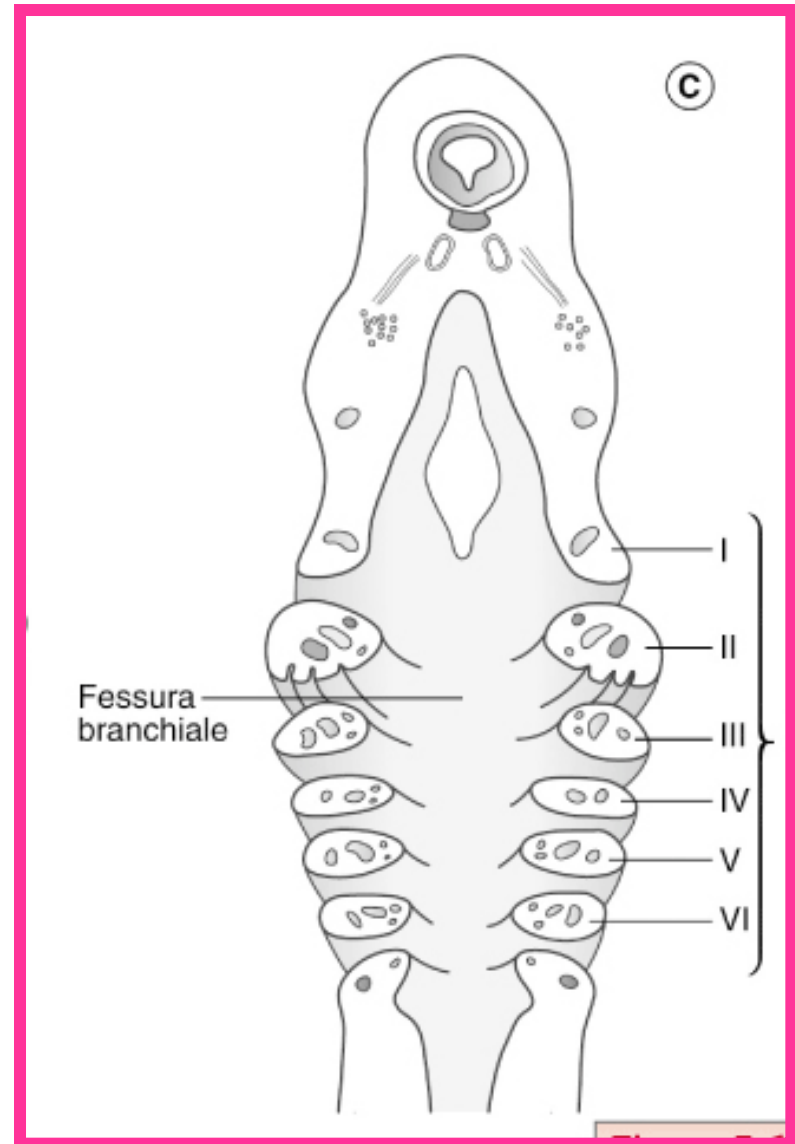
Le strutture respiratorie si originano nella regione del **faringe branchiale**: le branchie sono di derivazione **ectodermica**, i polmoni invece di derivazione endodermica.

TUTTI i vertebrati a livello embrionale formano **archi branchiali**: il faringe di embrione di vertebrato allo stato filotipico organizza archi branchiali.



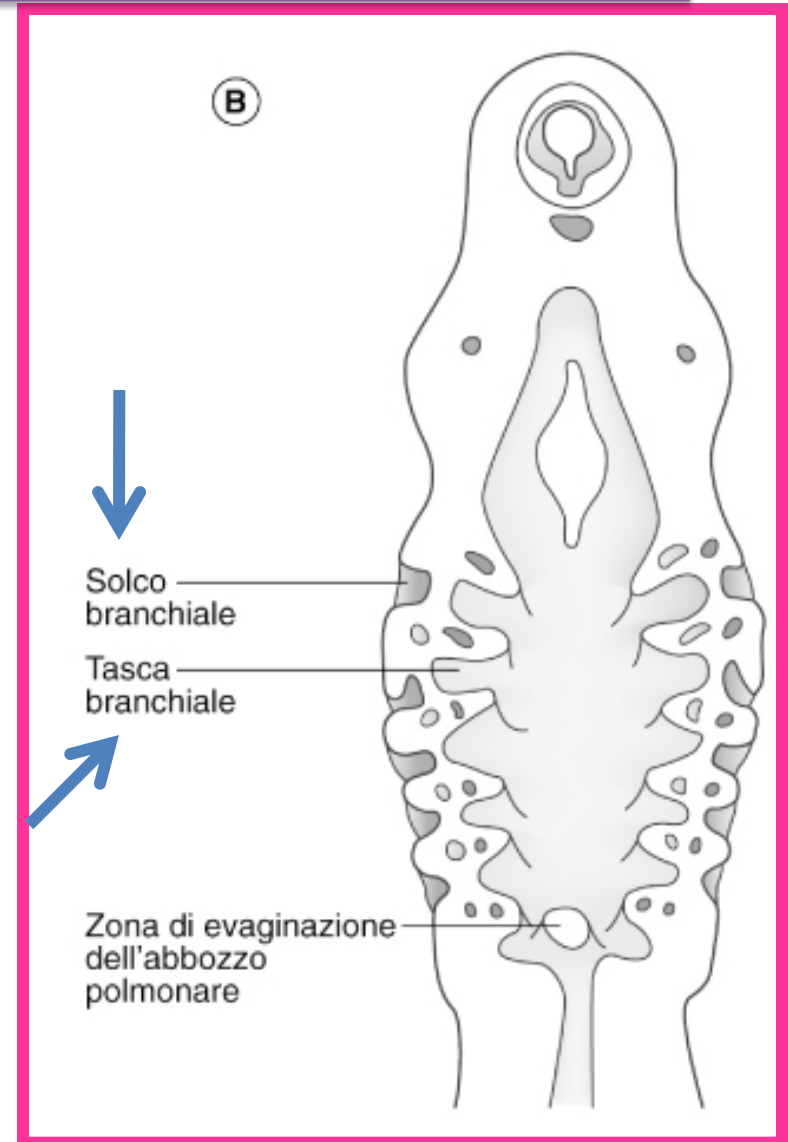
Gli archi branchiali e la respirazione

La regione faringea è caratterizzata quindi dalla presenza di **archi branchiali**: 7-15 negli **agnati**, in numero fisso di **6** negli **gnatostomi**.



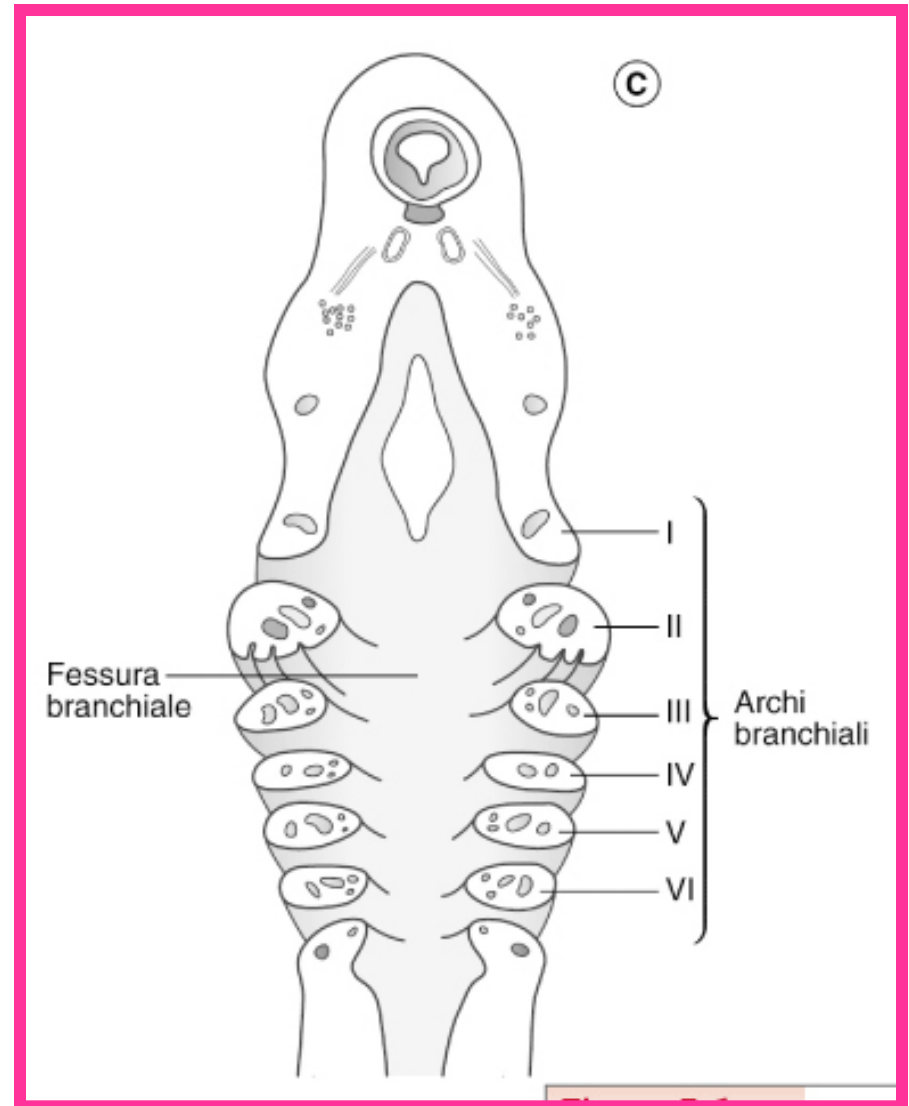
Gli archi branchiali e la respirazione

Sono **strutture pari** che si formano grazie all'**espansione laterale** della parete del **tubo digerente**, che facendosi strada nel mesoderma laterale, si **giustappone all'epitelio ectodermico** superficiale e si ripiega verso l'interno. Le porzioni di **estroflessione** dell'endoderma si chiamano **tasche branchiali**, le porzioni di **introflessione** dell'ectoderma si chiamano **solchi branchiali**.



Gli archi branchiali e la respirazione

Negli **ittiopsidi** la membrana di separazione tra tasche e solchi si riassorbe e si formano così le **fessure branchiali** che mettono in comunicazione il canale digerente faringeo con l'esterno.



Gli archi branchiali e la respirazione

Negli ittiopsidi

AGNATI:

Tutti gli archi branchiali **formano** le **branchie**

CONDROITTI:

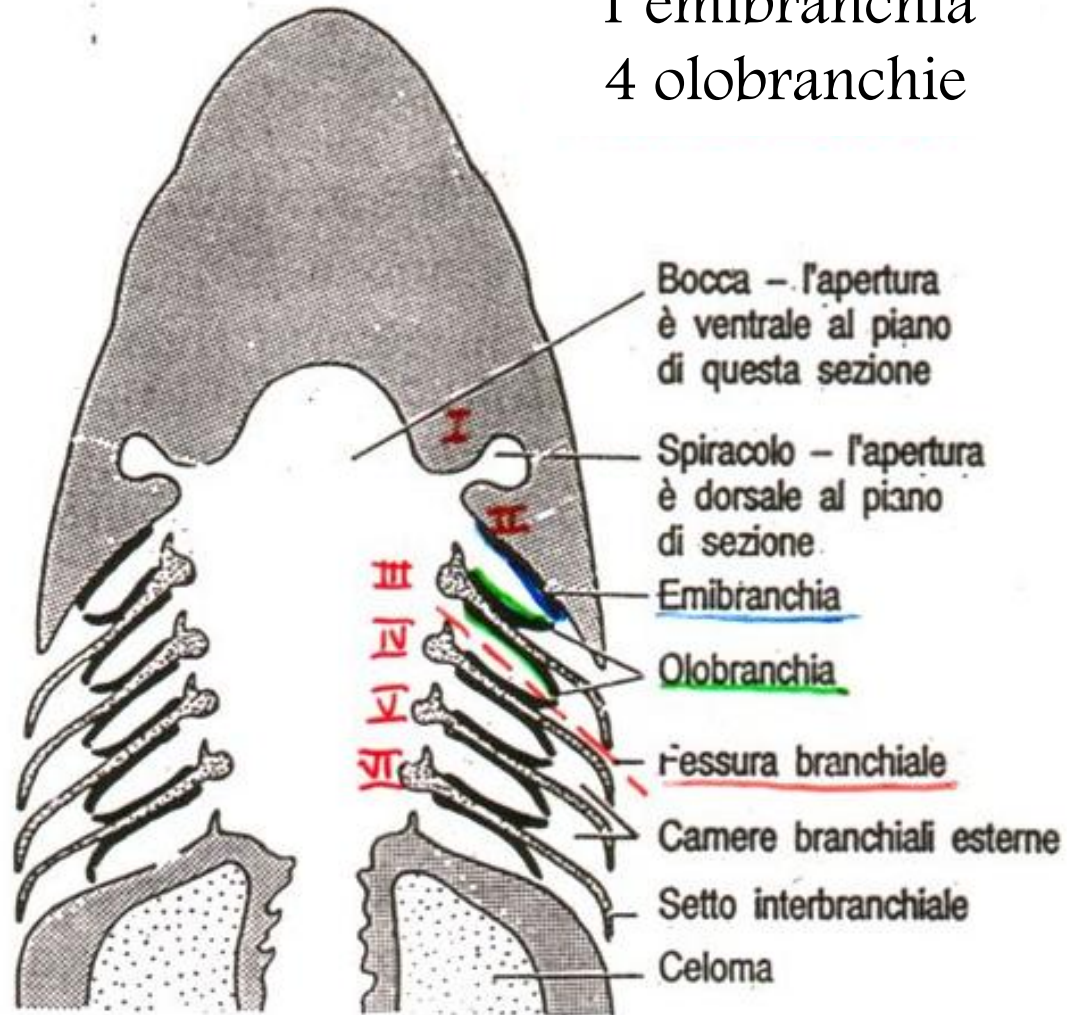
Il **primo** arco branchiale (arco orale), **NON** origina branchie, il **secondo** arco, (arco ioideo), origina branchie **SOLO** nella superficie rivolta **caudalmente** (emibranchia), mentre gli archi branchiali **3-6** originano lamelle branchiali **su entrambe** le superfici.

OSTEITTI:

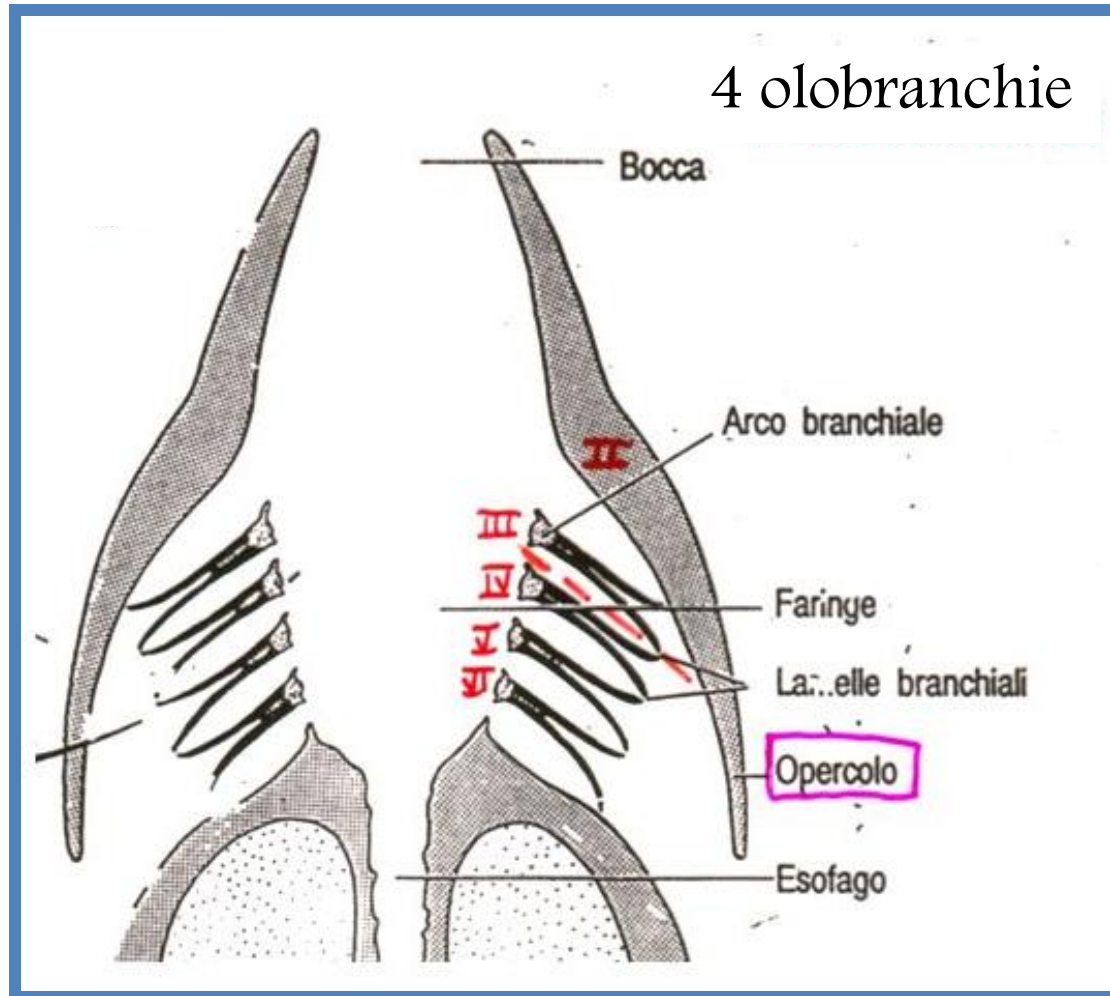
Arco orale e arco ioideo **NON** originano branchie, mentre gli archi branchiali **3-6** originano olobranchie.

Gli archi branchiali: condroitti

1 emibranchia
4 olobranchie



Gli archi branchiali: osteitti



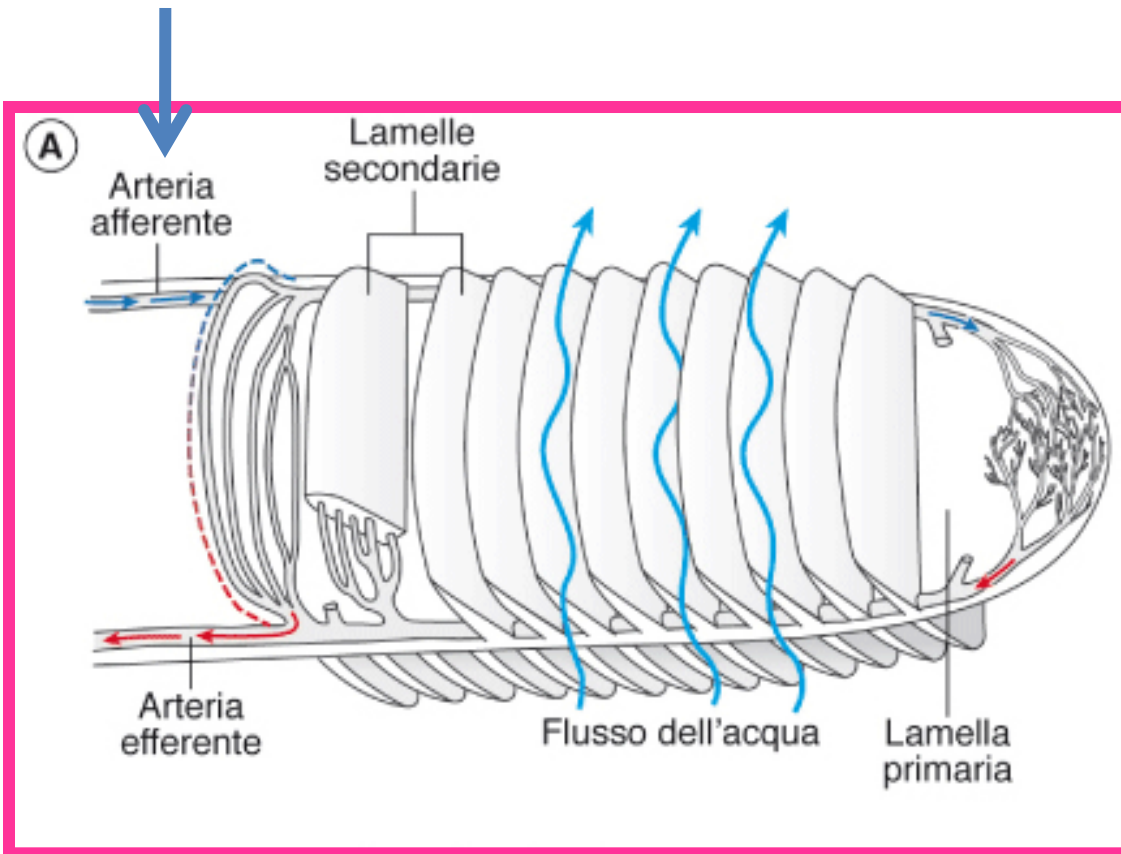
Le fessure branchiali e la respirazione

Nei **tetrapodi** invece...

Ad eccezione degli anfibi larvali e degli anfibi neotenici, nei tetrapodi **nessun arco branchiale origina branchie**. Gli archi branchiali non sono normalmente separati da fessure branchiali e daranno origine a **vari derivati faringei**.

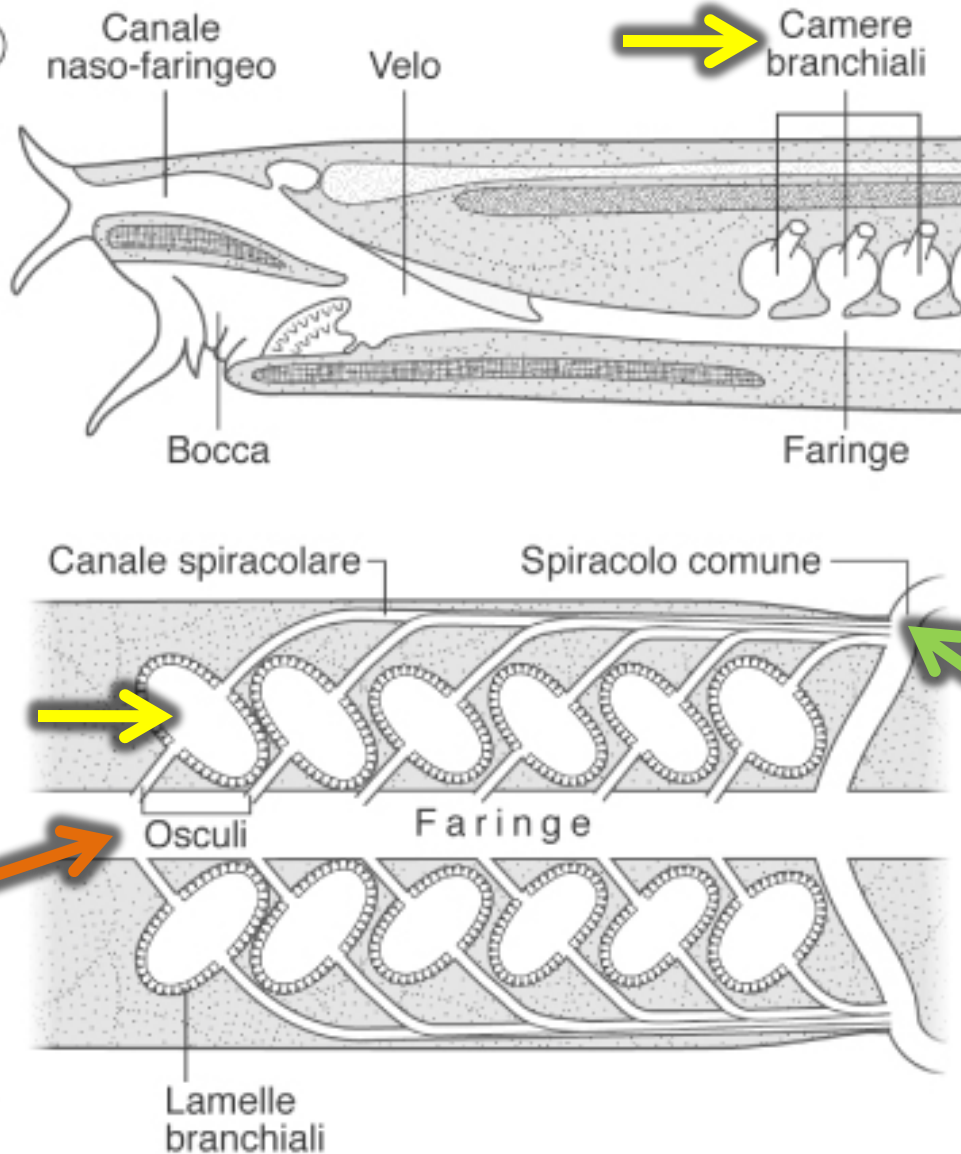
Le branchie

A prescindere dalla struttura della branchia, la porzione respiratoria è sempre localizzata a livello della **lamella secondaria**.



Le **lamelle secondarie** sono strutture sottili **perpendicolari** all'asse delle **lamelle primarie**. Il sangue afferisce alla regione respiratoria grazie all'**arteria afferente** che percorre la **lamella primaria** e si **capillarizza** nelle **lamelle secondarie** dove avvengono gli scambi respiratori.

Le branchie degli agnati



Sono definite sacciformi, perché si trovano in **camere branchiali circolari**. Gli archi branchiali si organizzano in setti che vanno a delimitare **camere branchiali circolari**, da una parte in comunicazione con il faringe attraverso gli **osculi**, e dall'altra in comunicazione con l'esterno (**spiracoli**).

Le branchie nei condroitti

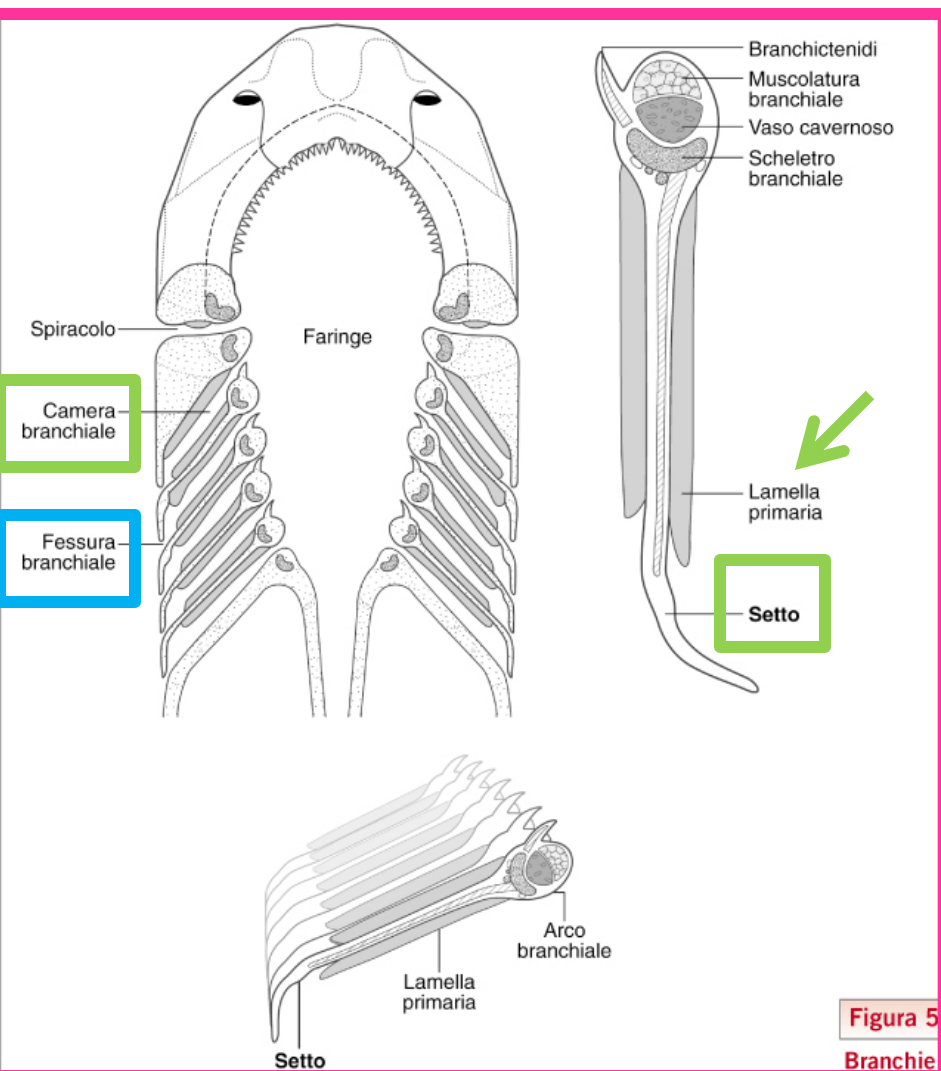


Figura 5
Branchie

Sono definite **branchie settate** in quanto le lamelle primarie sono sostenute da un setto. Dagli archi branchiali si **dipartono lunghi setti cartilaginei** che vanno a **delimitare le camere branchiali**.

Le **fessure branchiali** si aprono direttamente all'esterno e sono **parzialmente coperte** dal **setto branchiale** che le **precede**. Sui setti si organizzano le lamelle primarie dove si dispongono ortogonalmente le lamelle secondarie a funzione respiratoria.

Le branchie nei condroitti

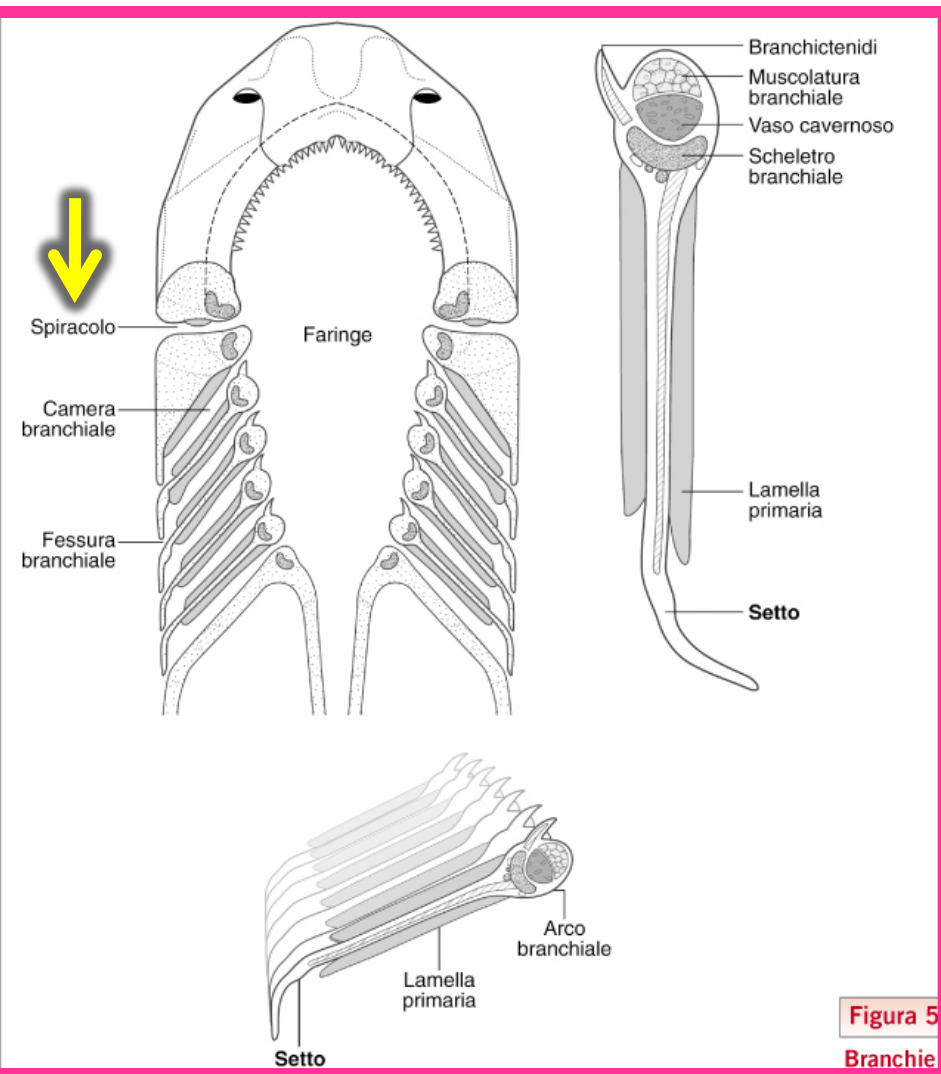


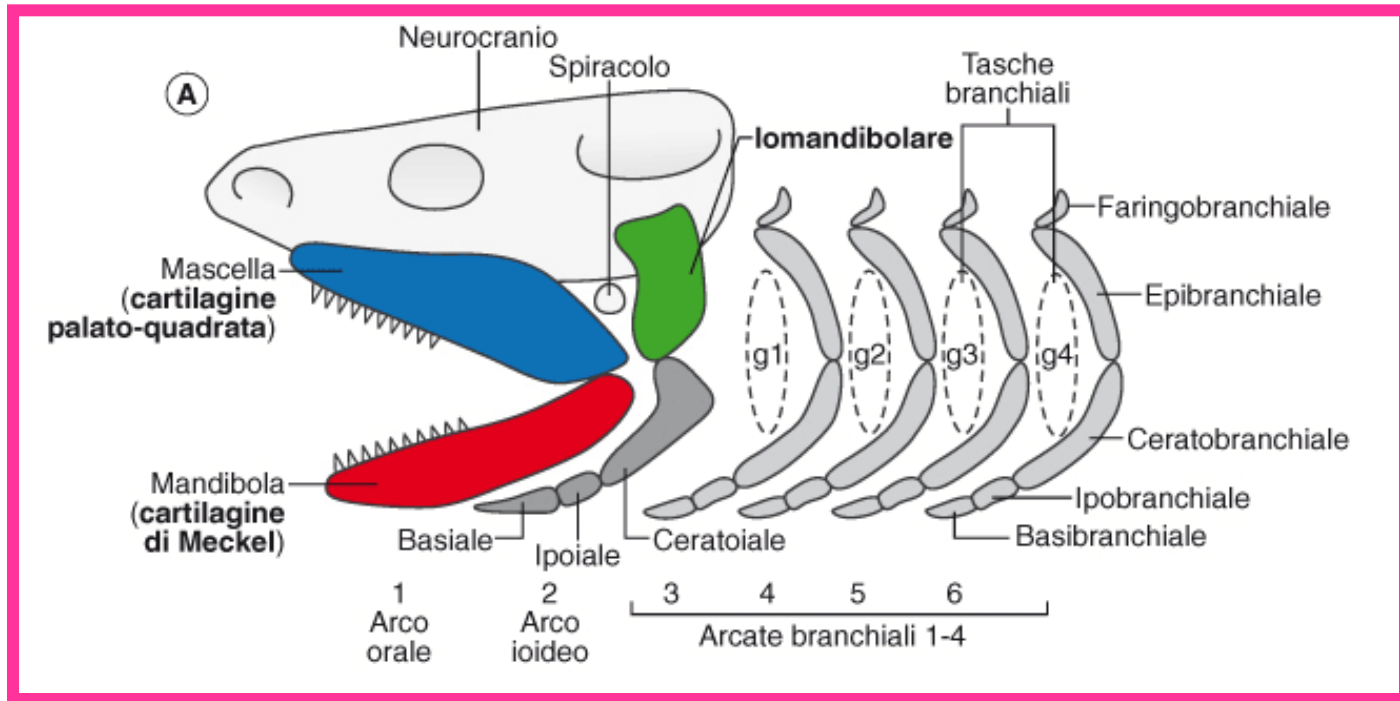
Figura 5
Branchie

A causa della modificazione del primo e del secondo arco branchiale per la costituzione di una bocca articolata, nei **condroitti** il primo arco branchiale e la porzione cefalica del secondo **non hanno funzione respiratoria.**

Conseguentemente la prima fessura si modifica e forma lo **spiracolo.**

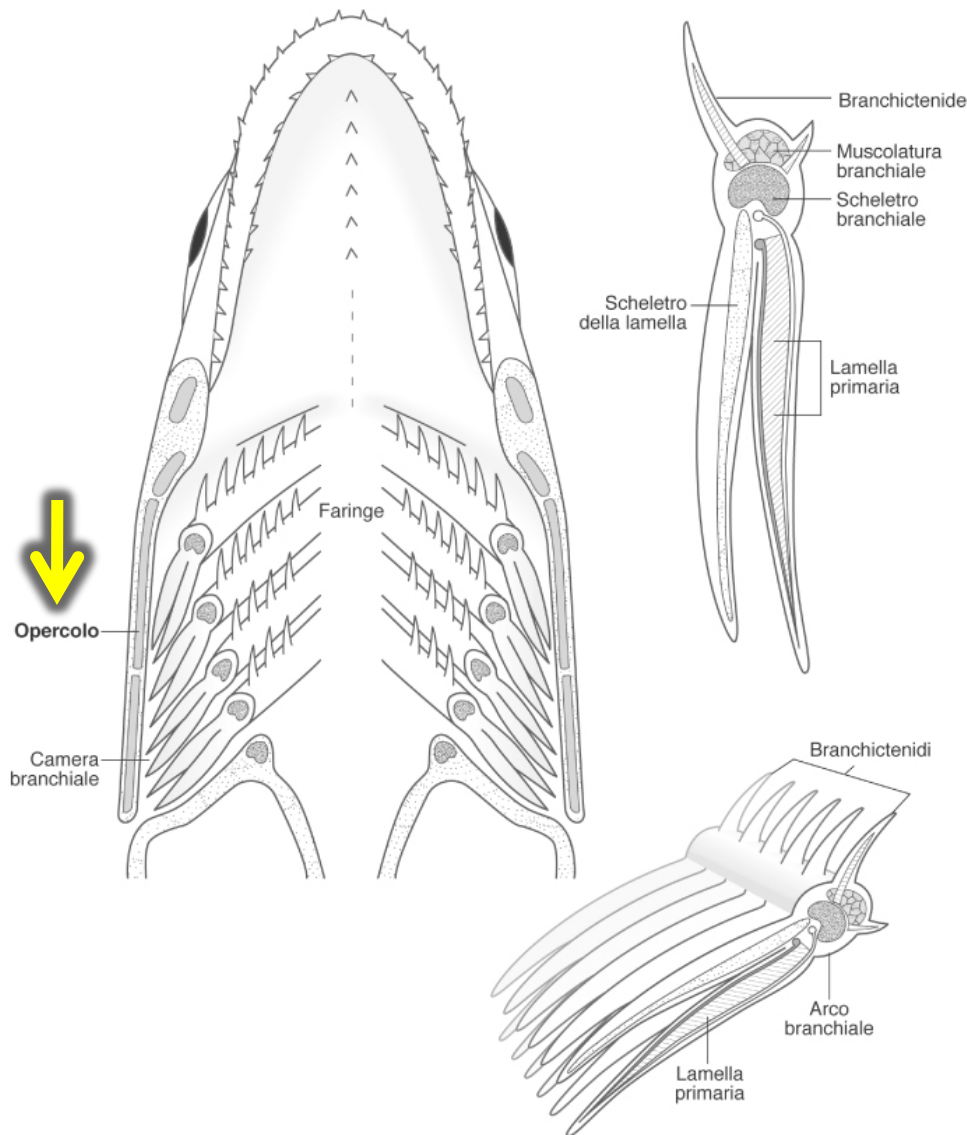
L'acqua quindi raggiunge le camere branchiali dalla bocca o dallo spiracolo e defluisce verso l'esterno attraverso le fessure branchiali.

Le branchie nei condroitti



La prima fessura si modifica e forma lo spiracolo.

Le branchie negli osteitti



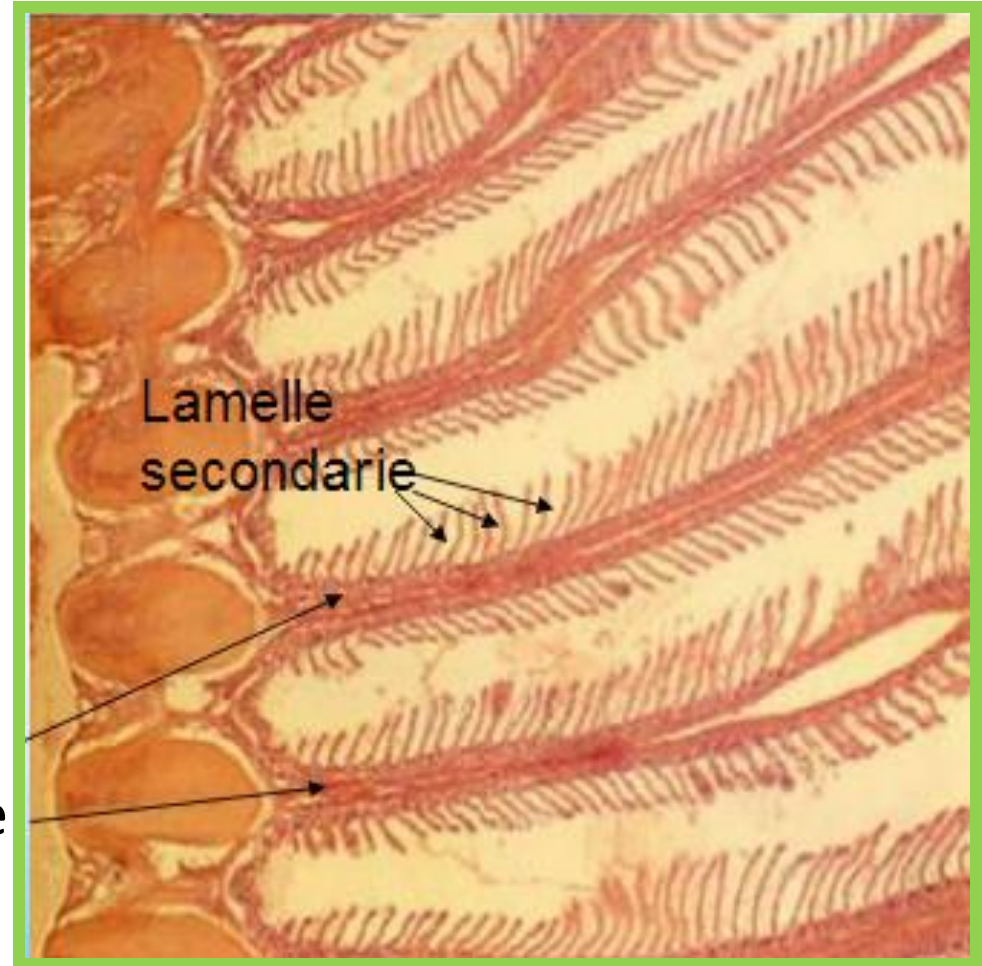
Negli osteitti si parla di **branchie pettinate** dove le lamelle primarie sono libere in una camera branchiale **protetta dall'opercolo**.

Dagli **archi branchiali** si dipartono direttamente le **lamelle primarie** sulle quali si organizzano **ortogonalmente** le **lamelle secondarie** a funzione respiratoria. Sia l'arco branchiale che la lamella primaria sono **sostenuti da elementi scheletrici**.

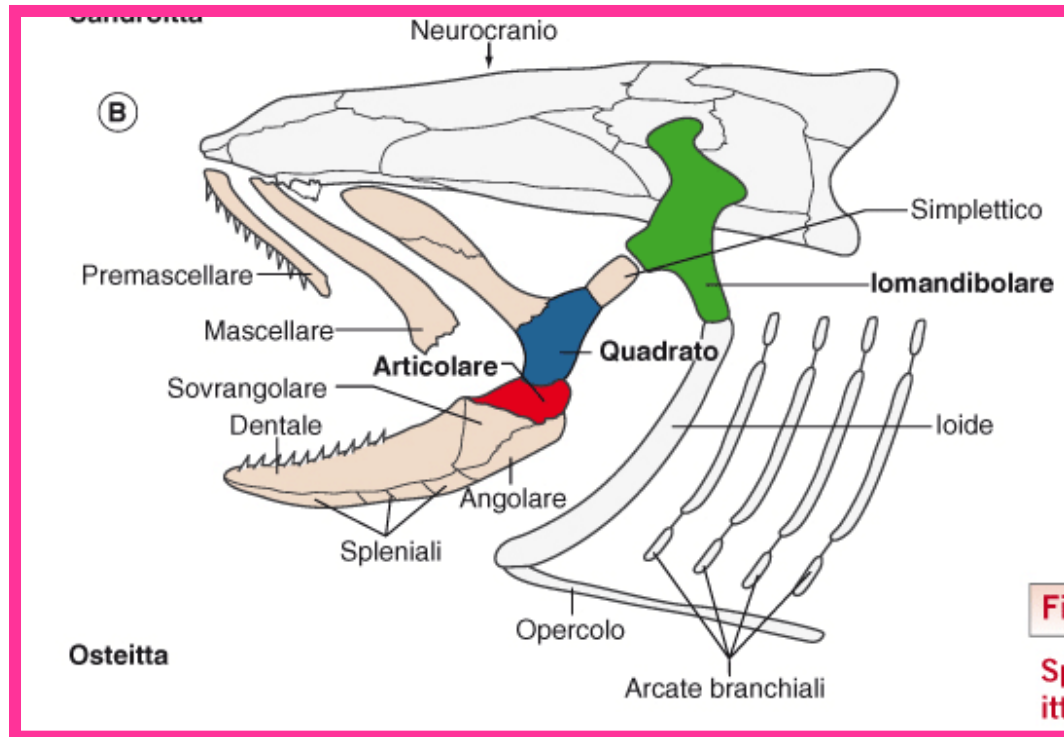
Le branchie negli osteitti



Lamelle
primarie

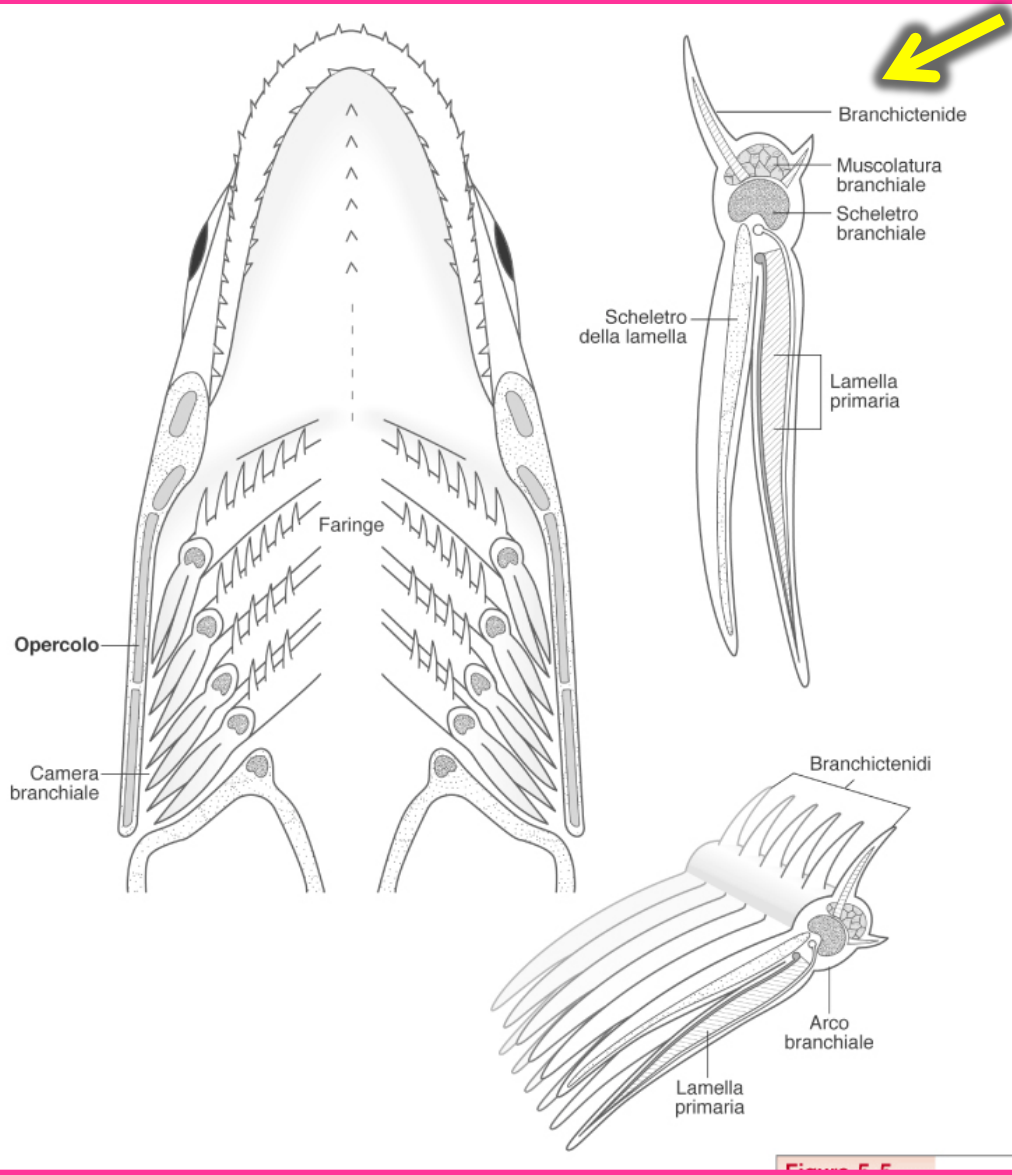


Le branchie negli osteitti



Negli osteitti si parla di **branchie pettinate** dove le lamelle primarie sono libere in una camera branchiale **protetta dall'opercolo**. Dagli archi branchiali si dipartono direttamente le lamelle primarie sulle quali si organizzano ortogonalmente le lamelle secondarie a funzione respiratoria. Sia l'arco branchiale che la lamella primaria sono sostenuti da elementi scheletrici .

Le branchie negli osteitti

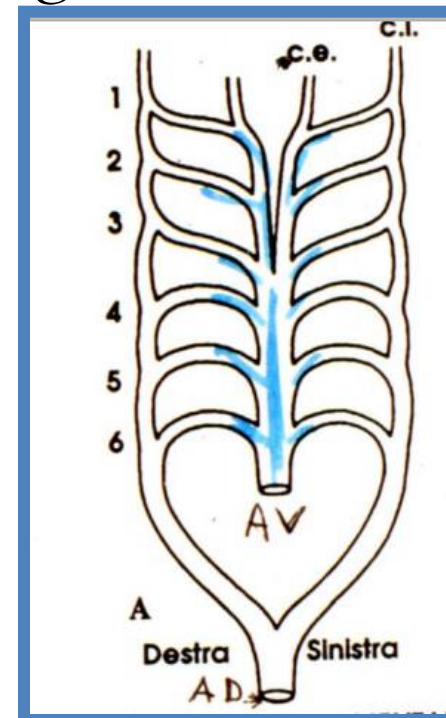
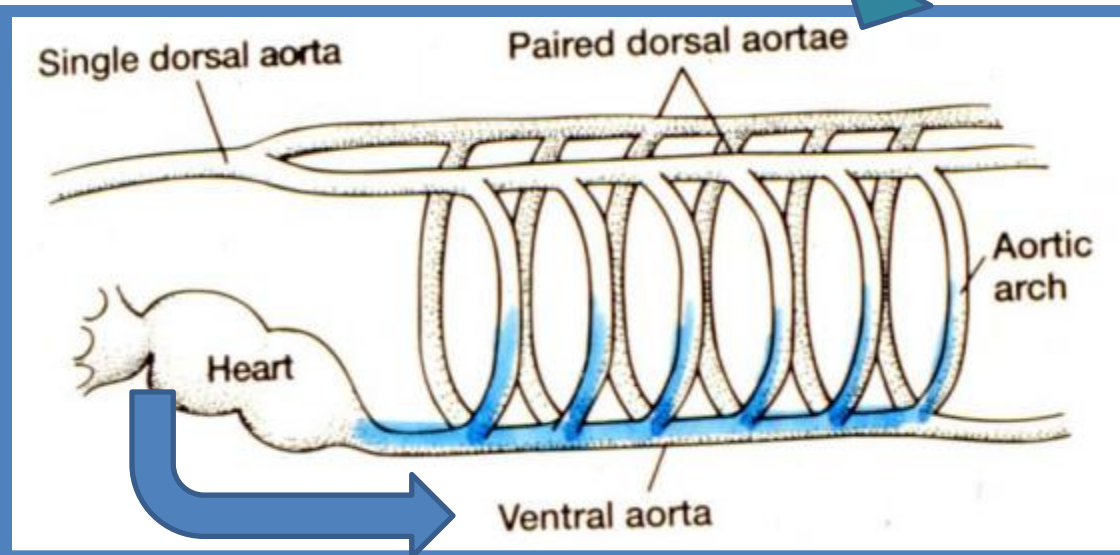


Nella porzione faringea gli archi branchiali mostrano protuberanze, **branchictenidi**, che fanno da **filtro** e impediscono il passaggio nelle camere branchiali di particelle e di frammenti di cibo sospesi nell'acqua.

Negli osteitti l'acqua entra dalla bocca, raggiunge la camera branchiale e fuoriesce dalla fessura opercolare.

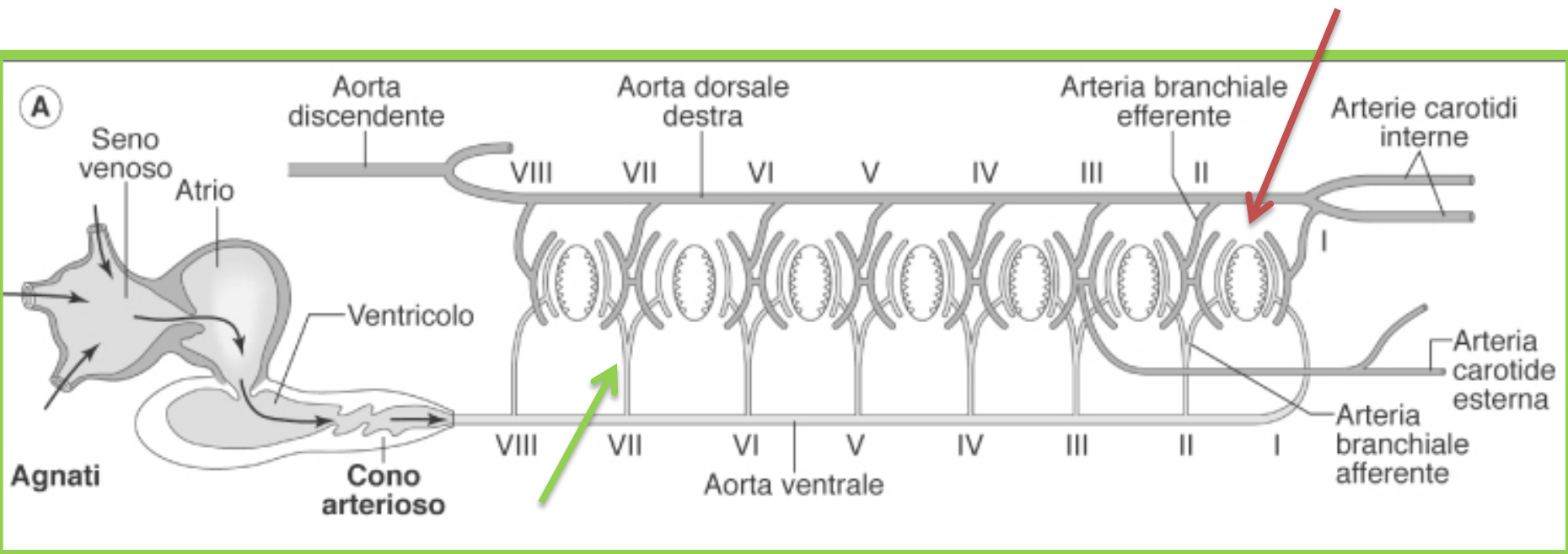
Gli archi aortici

In rapporto a ciascun arco branchiale che si abbozza, durante lo sviluppo embrionale si formano gli archi aortici. Gli archi aortici connettono l'aorta ventrale emergente dal cuore all'aorta dorsale, transitando a livello del mesenchima branchiale. Dal momento che gli archi branchiali son strutture pari, lo saranno anche gli archi aortici e la porzione di aorta dorsale faringea e cefalica.



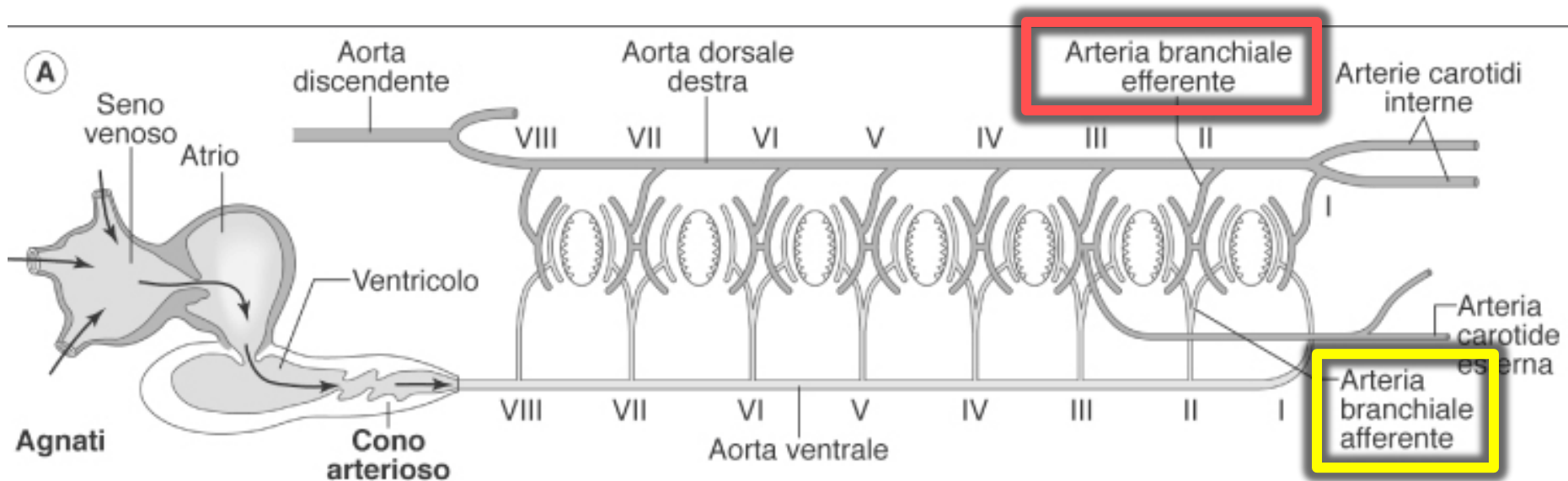
Gli archi aortici: agnati

Negli **agnati** si formano tanti **archi aortici** quanti **archi branchiali**; tutti gli archi branchiali si differenziano a dare lamelle branchiali, pertanto **tutti gli archi aortici** si **capillarizzano** a costituire i **capillari respiratori**.



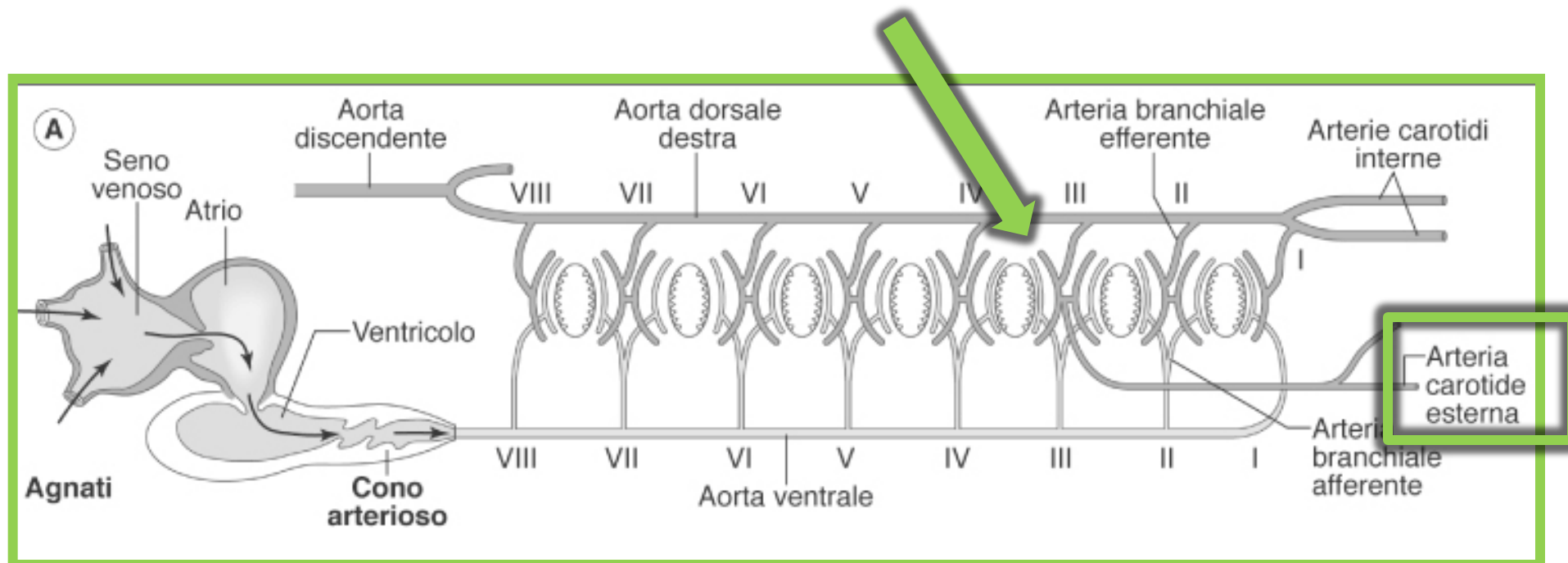
Gli archi aortici: agnati

Ciascun **arco aortico** differenzia ventralmente una **arteria branchiale afferente**, che si capillarizza in una rete mirabile al servizio della respirazione branchiale. **Dorsalmente** ciascun arco aortico si risolve in un'**arteria branchiale efferente**, tributaria di una delle due aorte dorsali pari a livello del faringe. Le due aorte dorsali si continuano cefalicamente a costituire le **carotidi interne**.



Gli archi aortici: agnati

Un ramo della porzione efferente del terzo arco aortico, invece, si **spinge anteriormente** a dare le **carotidi esterne**.

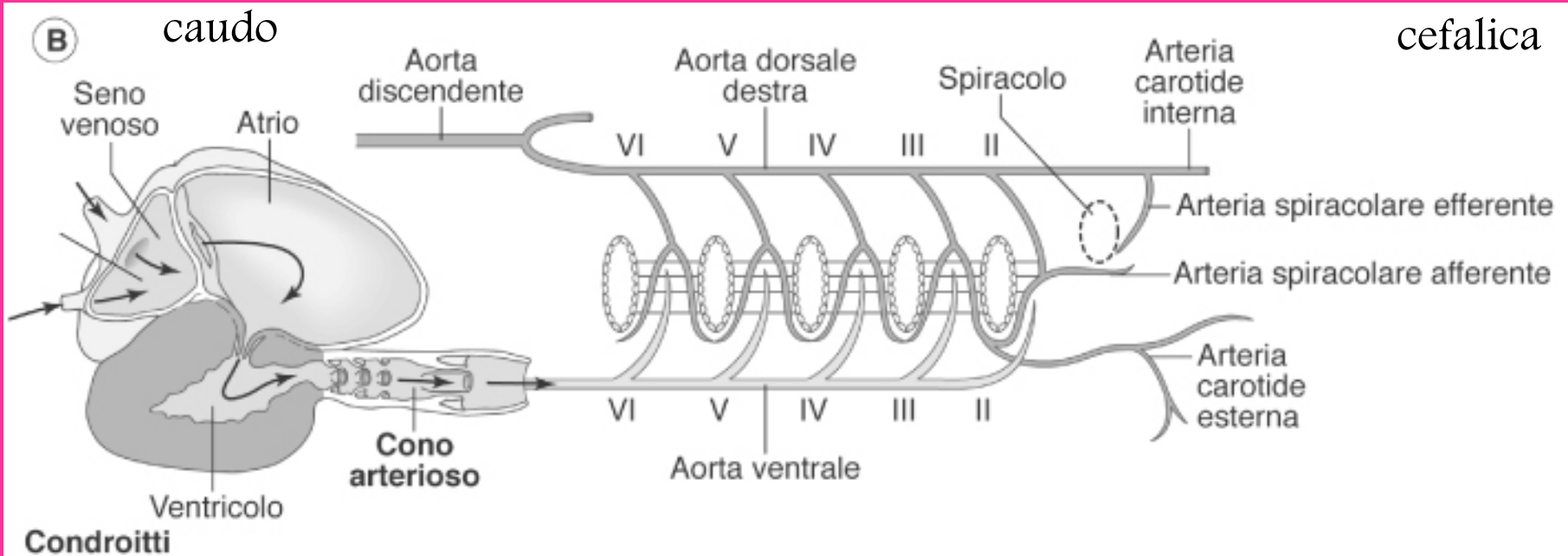


Gli archi aortici: gnatostomi

Negli **gnatostomi** si sviluppano a livello embrionale **sei archi branchiali**, ciascuno attraversato dal **corrispondente arco aortico**. Dal momento che però negli **gnatostomi** il primo arco branchiale, l'arco orale, origina le strutture di mascella e mandibola ed il secondo arco branchiale, arco ioideo, si modifica al servizio dell'articolazione della bocca, ne consegue che dal **primo arco branchiale non si originano mai branchie**, mentre dal secondo arco branchiale si possono formare o meno branchie a seconda dei pesci.

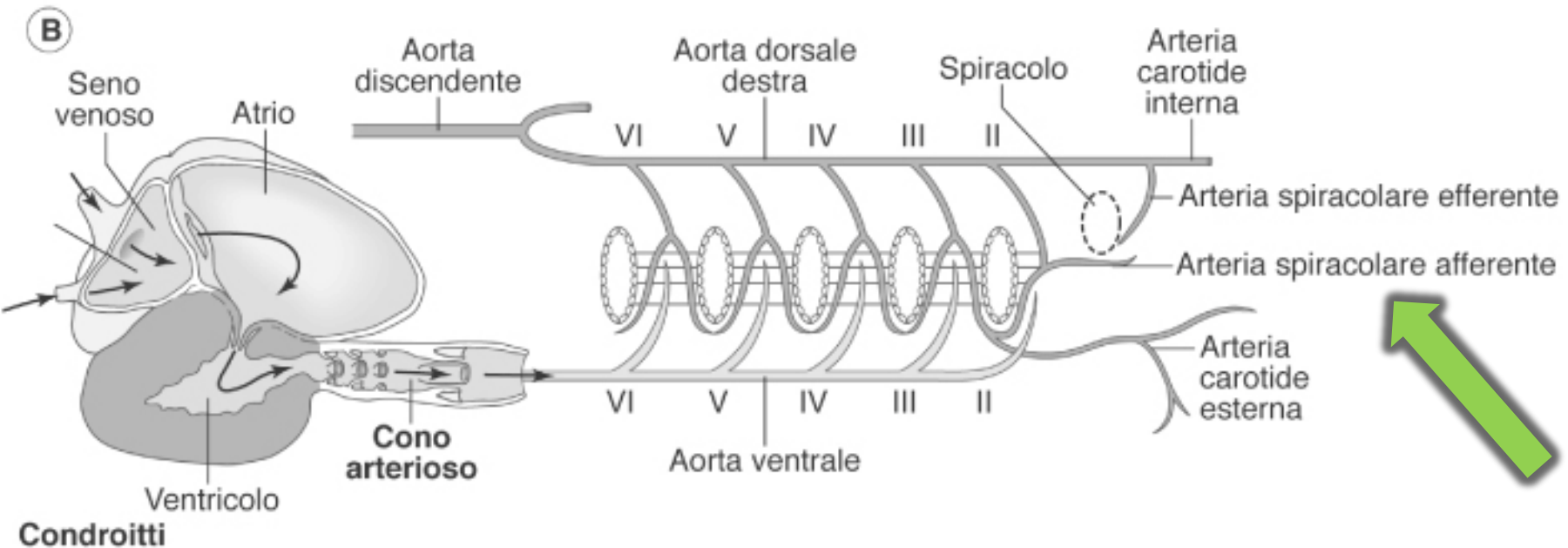
Gli archi aortici: condroitti

Nei condroitti il primo arco branchiale si differenzia a dare l'articolazione buccale ed il **secondo arco branchiale** è portatore di branchie **solo sulla superficie caudale** che delimita la seconda fessura branchiale. La prima fessura branchiale tuttavia non regredisce del tutto e si modifica a costituire lo **spiracolo** dove non avviene la respirazione.



Gli archi aortici: condroitti

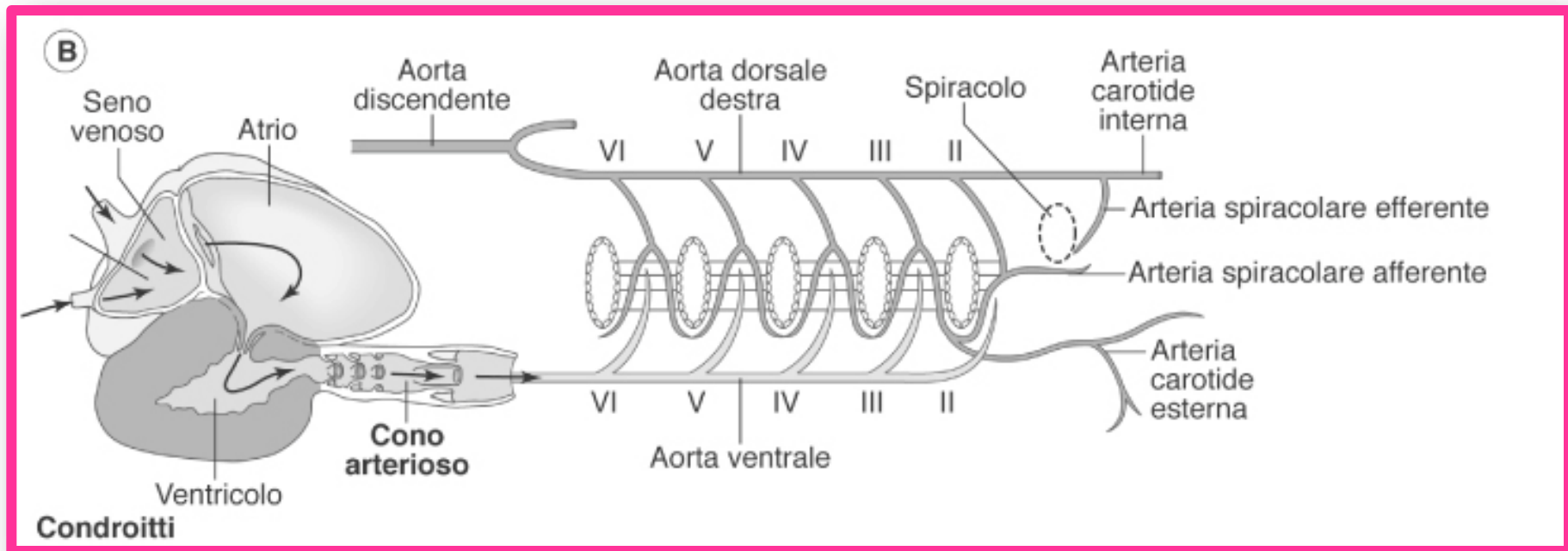
Di conseguenza il **ramo afferente** del primo arco aortico degenera e lo **spiracolo** sarà **irrorato** da un **ramo** del **secondo arco aortico**, al quale giunge sangue ossigenato.



Gli archi aortici: condroitti

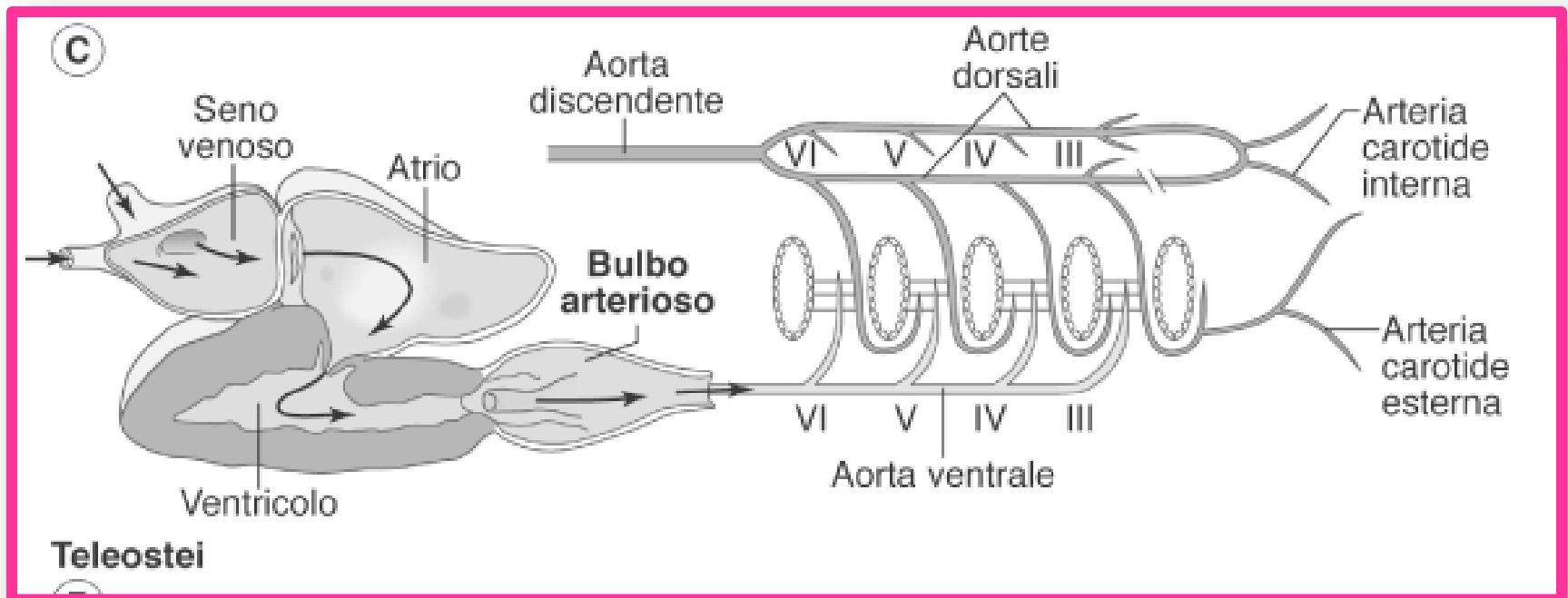
Dei sei archi aortici embrionali, rimangono funzionanti gli archi aortici II-VI. Nei condroitti, per la presenza dello spiracolo tra il I e II arco, **si riduce** la prima arteria **ipobranchiale**. Restano, quindi **6 arterie epibranchiali** e **5 ipobranchiali**.

L'emibranchia dello spiracolo è irrorata da sangue ossigenato proveniente da un ramo della **II arteria epibranchiale**, e perciò **non ha funzioni respiratorie (pseudobranchia)**



Gli archi aortici: osteitti

Nella maggior parte degli **osteitti** sia primo che secondo arco branchiale non portano branchie e la prima fessura si oblitera fino a scomparire. Parimenti **I e II arco aortico regrediscono** mentre **permangono** gli archi aortici **dal III al VI**, associati alle rispettive branchie. Sia le **carotidi interne** che **esterne** sembrano originarsi dal III arco aortico.

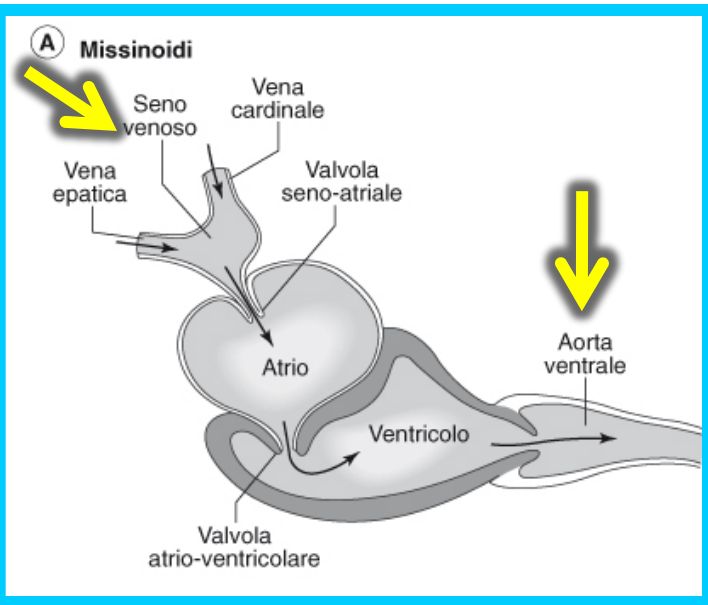


Il cuore degli ittiopsidi

Il cuore degli ittiopsidi risponde alle esigenze della **circolazione semplice**. È un **tubo contrattile** grazie al quale il **sangue refluo dal corpo** viene spinto a livello delle **branchie** ove viene **ossigenato** e quindi indirizzato ai diversi distretti corporei.

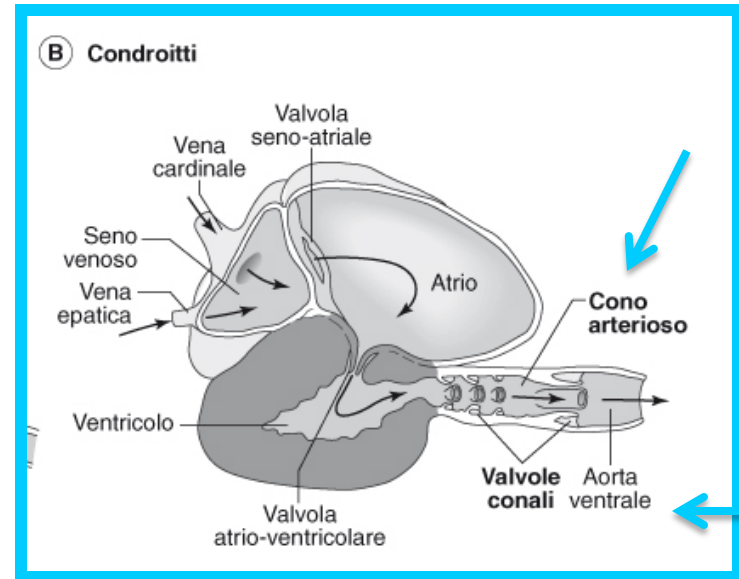
Il cuore degli ittiopsidi

AGNATI MISSINOIDEI



Il sangue portato al **seno venoso** dalla vena cardinale e dalla vena epatica, si dirige all'atrio ed al ventricolo dal quale si immette direttamente nell'aorta ventrale

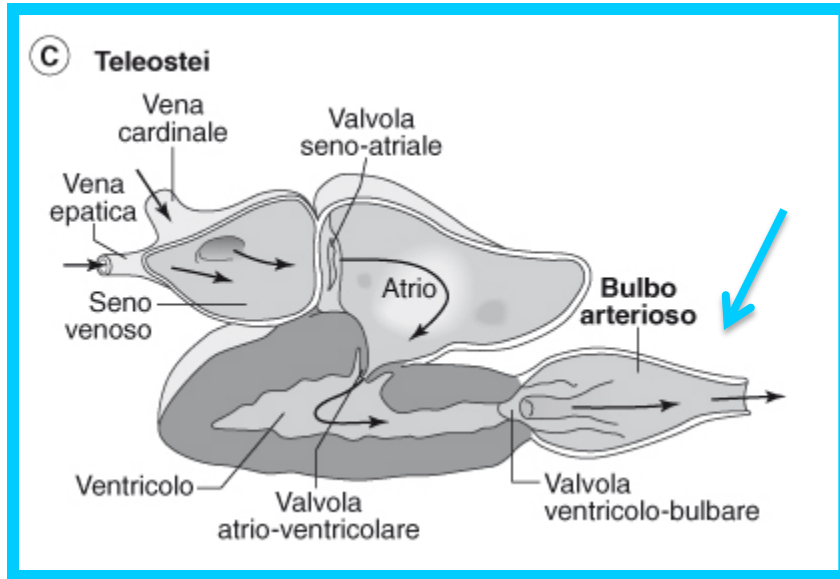
AGNATI PETROMIZZONTI – NEI CONDROITTI E OSTEITTI OLOSTEI



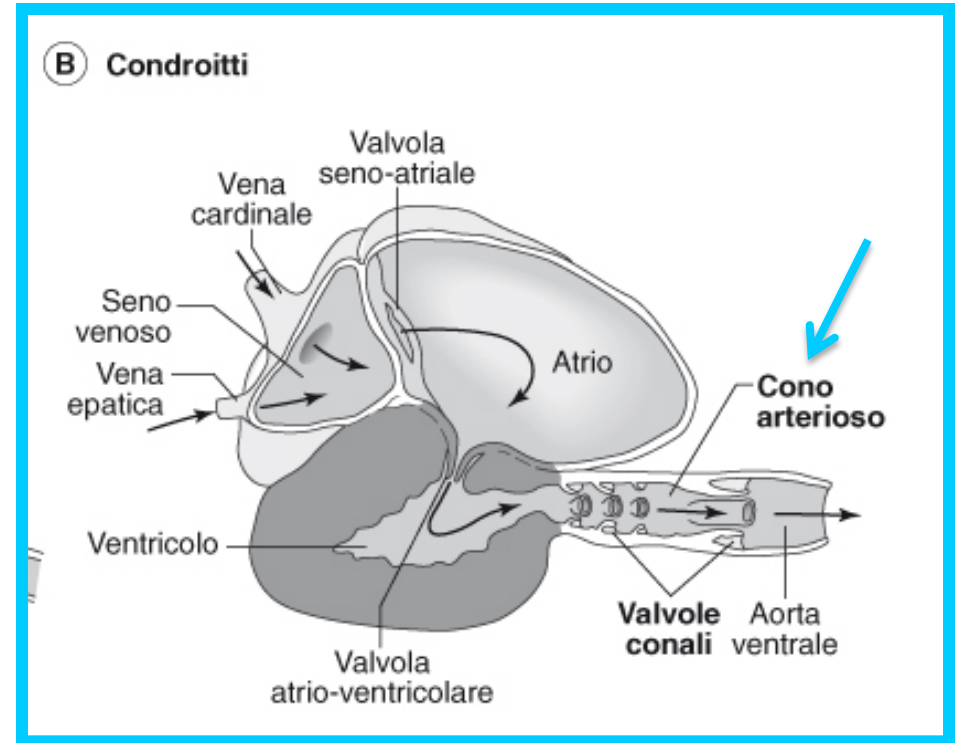
Compare il **CONO ARTERIOSO**, una **camera cardiaca contrattile** la cui parete è costituita da muscolatura striata cardiaca. Numerose valvole conali caratterizzano questa porzione del cuore che si continua con l'aorta ventrale

Il cuore degli ittiopsidi

TELEOSTEI



AGNATI PETROMIZZONTI – NEI CONDROITTI E OSTEITTI OLOSTEI



Il cuore dei teleostei differisce nella concamerazione anteriore: il bulbo cardiaco embrionale origina il **BULBO ARTERIOSO**, caratterizzato da struttura elastica. Il bulbo manca di valvole.

Gli archi aortici: i pesci polmonati

I pesci polmonati assumono O_2 dall'aria nei polmoni per mezzo di una **circolazione polmonare**, ma non possono fare a meno di una circolazione branchiale. Le **branchie** sono **funzionanti** quando la **tensione di O_2 nell'acqua** è **maggiore** di quella del **sangue**. Ma quando i pesci polmonati si trovano in **acqua povera di O_2** , il **sangue viene dirottato ai polmoni** e deviato dalle branchie, dalle quali l' O_2 potrebbe essere perduto.

$[O_2]$ nell'acqua >
maggiore di quella
del sangue



Respirazione
branchiale

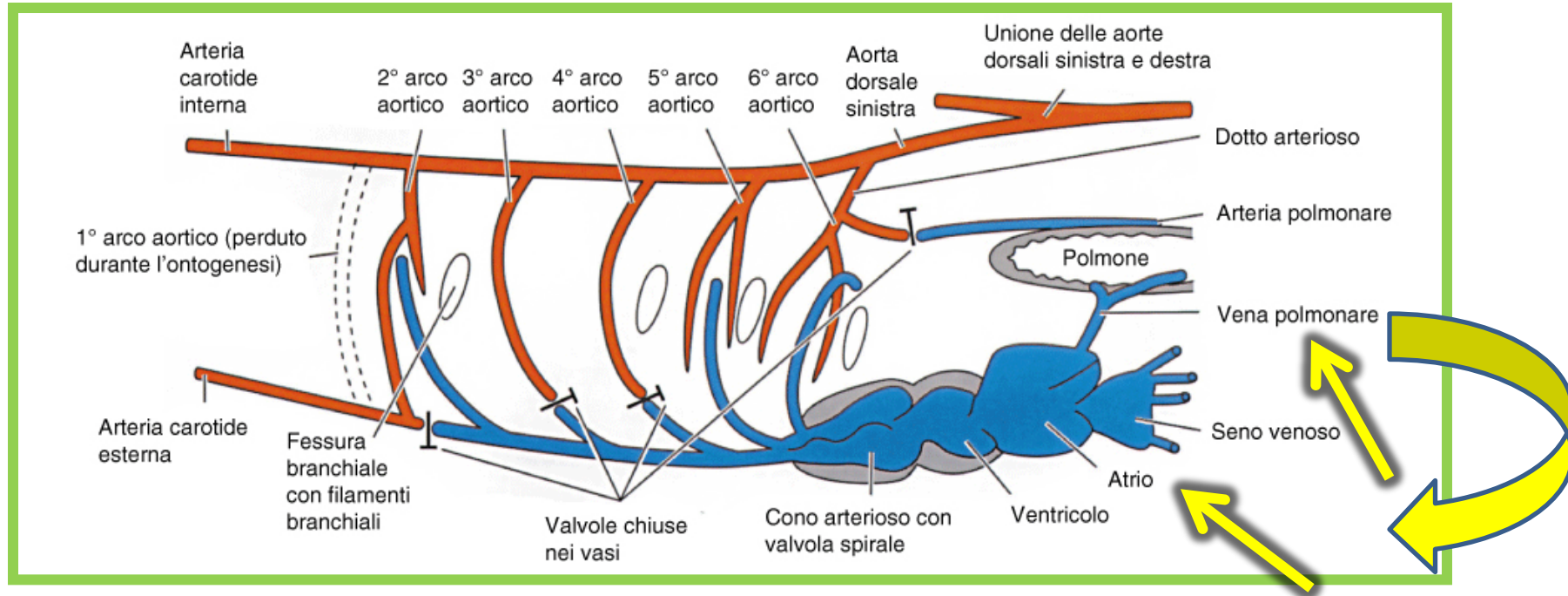
$[O_2]$ nell'acqua
scarsa



Respirazione
polmonare

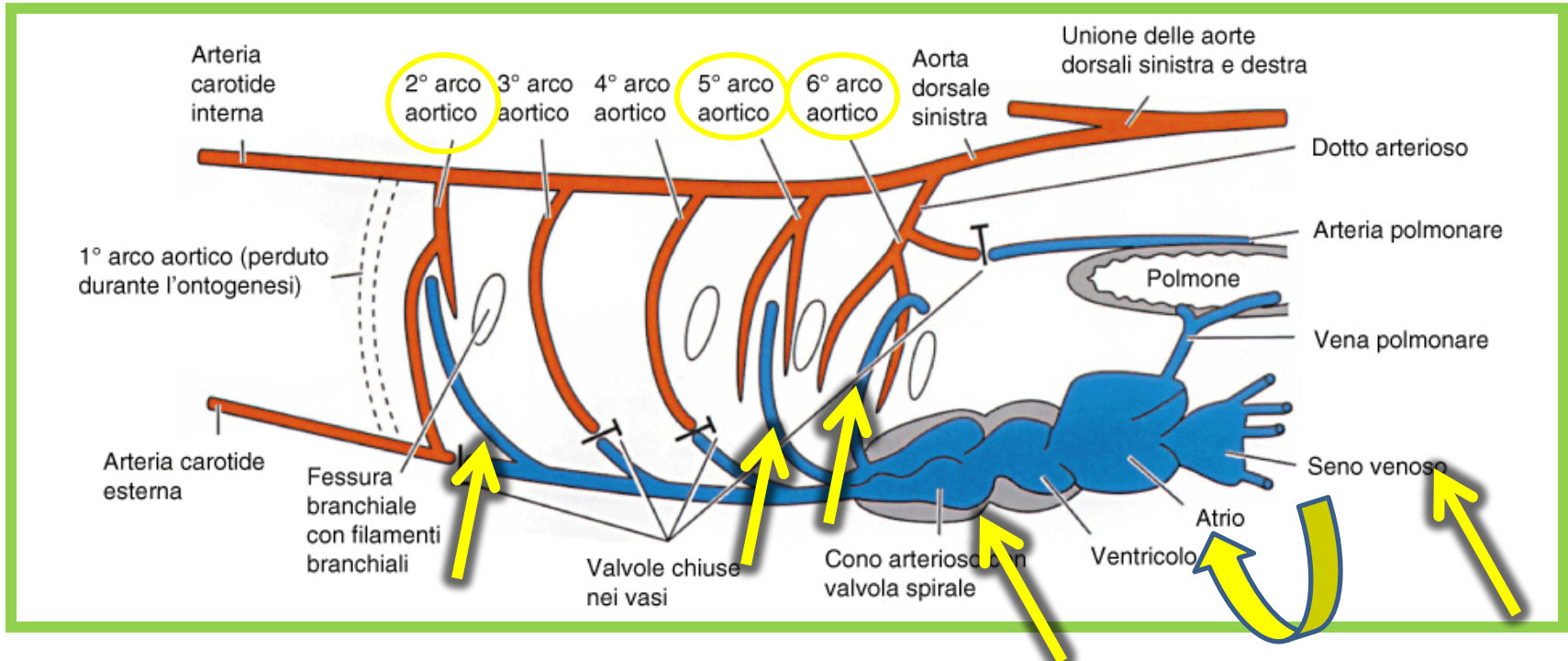
Gli archi aortici: i pesci polmonati

I dipnoi hanno evoluto un cuore che permette sia la circolazione branchiale che polmonare. Si evolve un nuovo vaso, la **vena polmonare** che porta il sangue dai polmoni ad un atrio parzialmente diviso.



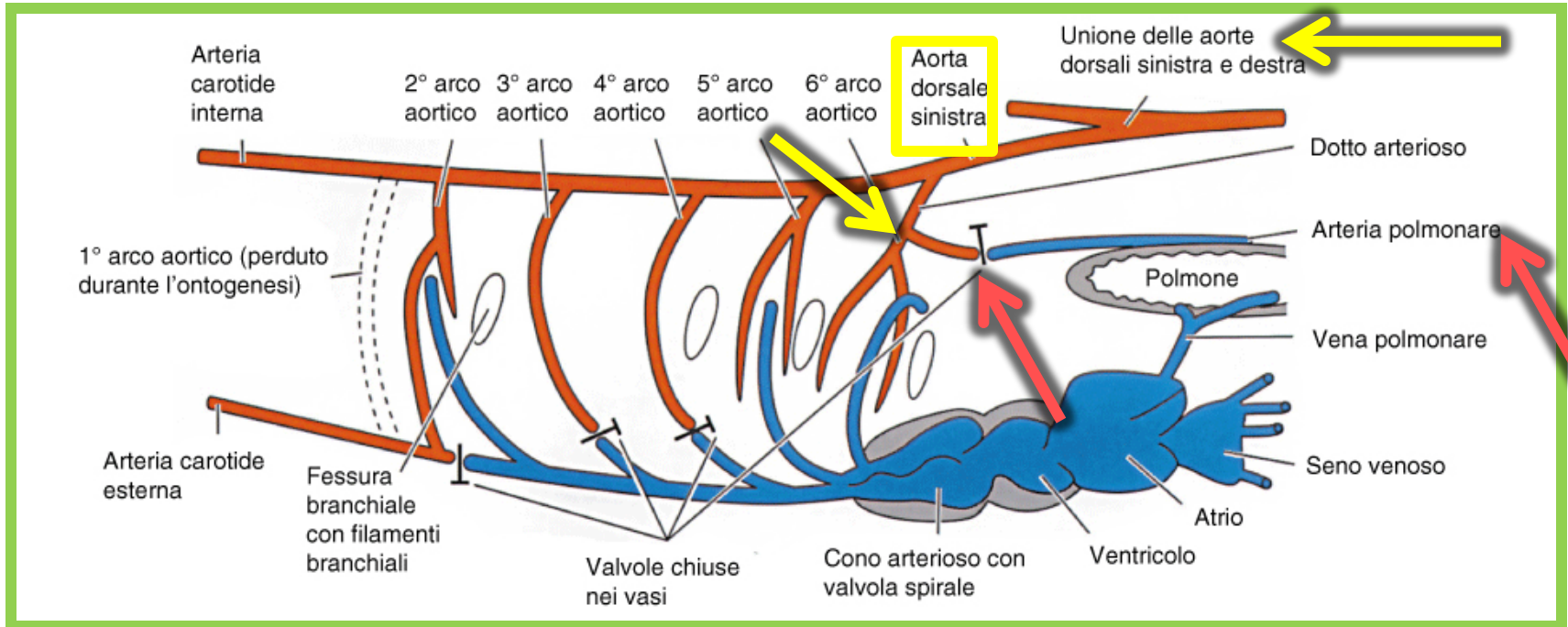
Gli archi aortici: i pesci polmonati

Durante la **respirazione acquatica**, il sangue povero di O_2 , proveniente dal corpo e dalla testa, viene raccolto nel **seno venoso**. Il sangue deossigenato è pompato in sequenza nell'**atrio**, nel **ventricolo**, nel **cono arterioso** e negli **archi aortici** e viene diretto alle branchie nel **II**, nel **V** e nel **VI** arco dove il sangue viene ossigenato.



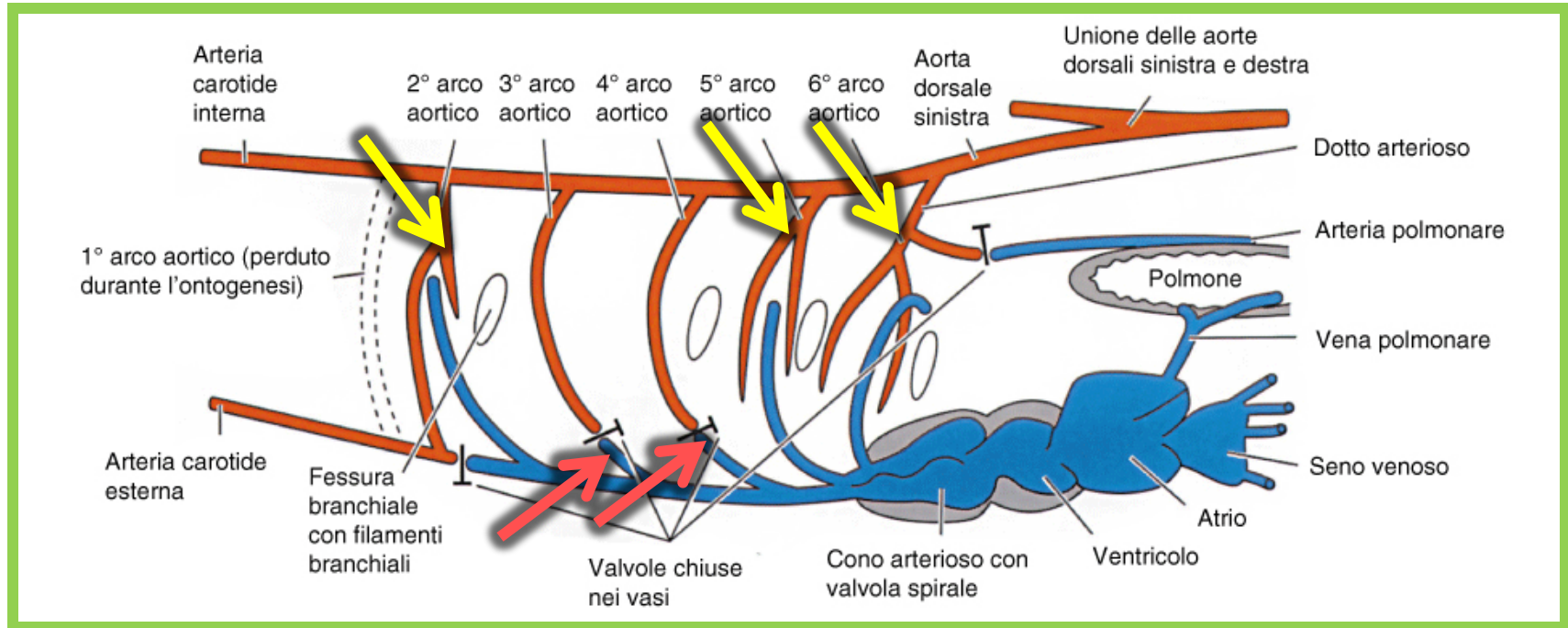
Gli archi aortici: i pesci polmonati

A questo punto il sangue è accolto dalle **arterie branchiali efferenti** e portato all'aorta dorsale. Quando il dipnoo respira nell'acqua, una **costrizione dell'arteria polmonare** impedisce che il sangue, già ossigenato nella branchia del VI arco, penetri nel polmone. Quando questo segmento è chiuso il sangue ossigenato passa attraverso il dotto arterioso direttamente nell'aorta dorsale.



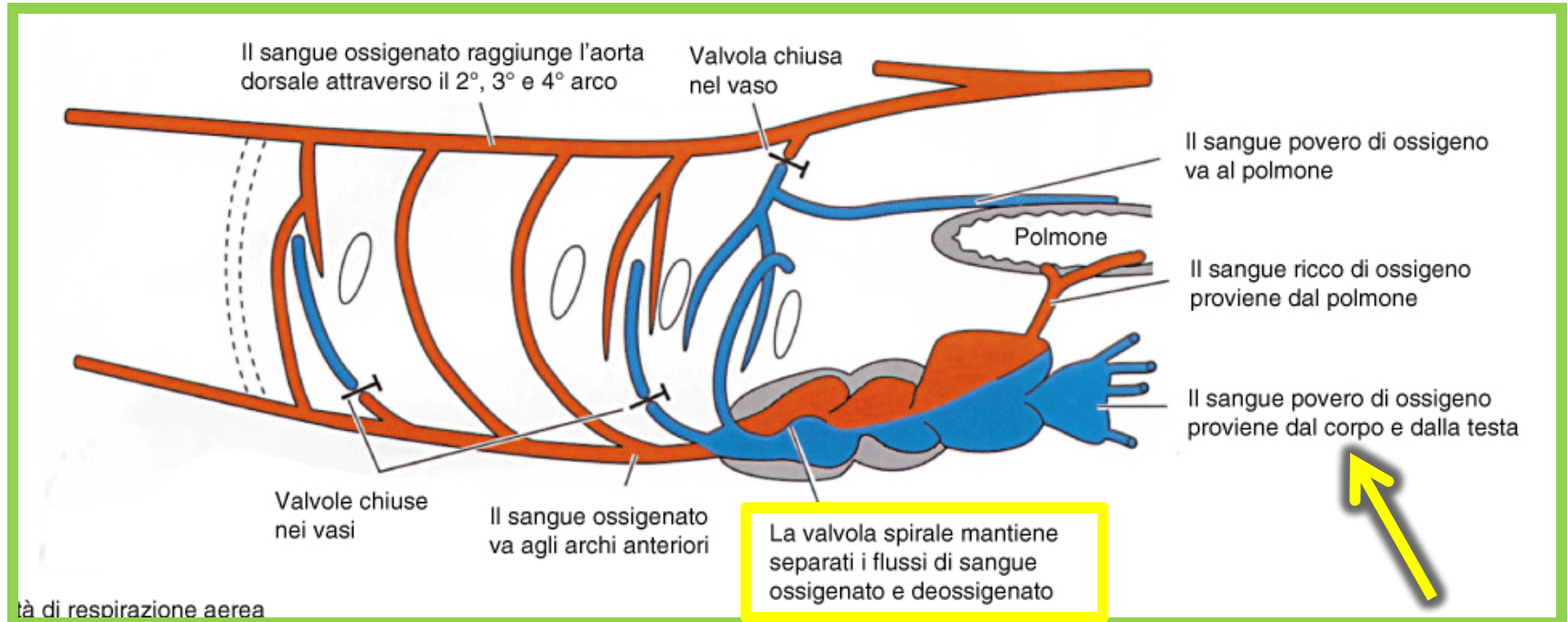
Gli archi aortici: i pesci polmonati

Il passaggio del sangue **povero di ossigeno** nel **III e IV arco aortico**, che non hanno branchie, è impedito da valvole chiuse alla loro base. In questo modo **tutto il sangue povero di ossigeno degli archi anteriori** passa nel II arco lungo le branchie per essere ossigenato.



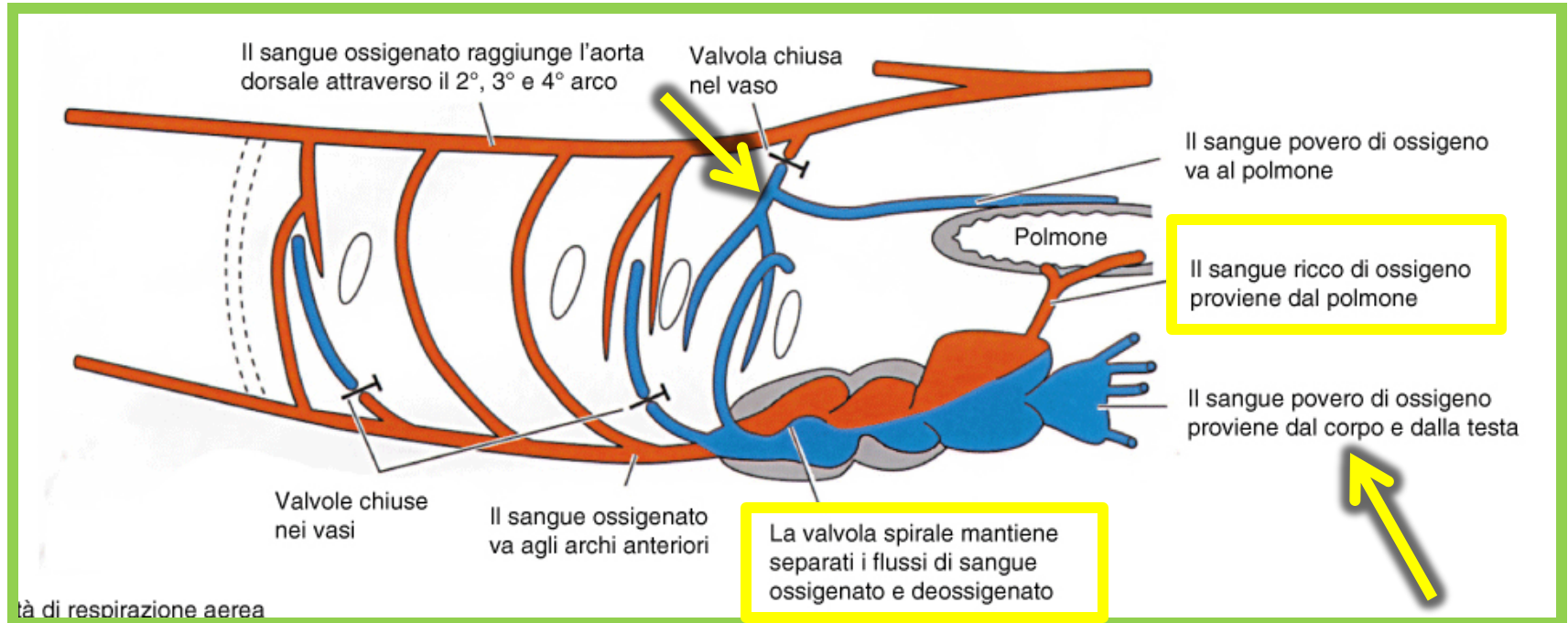
Gli archi aortici: i pesci polmonati

Durante la modalità di **respirazione aerea** il modello cambia drasticamente e prefigura la circolazione dei tetrapodi. Il sangue **povero di O₂** dal **seno venoso** entra nella parte **destra** dell'**atrio** ed è spinto, attraverso il ventricolo unico, nel cono arterioso che presenta una **valvola spirale**.



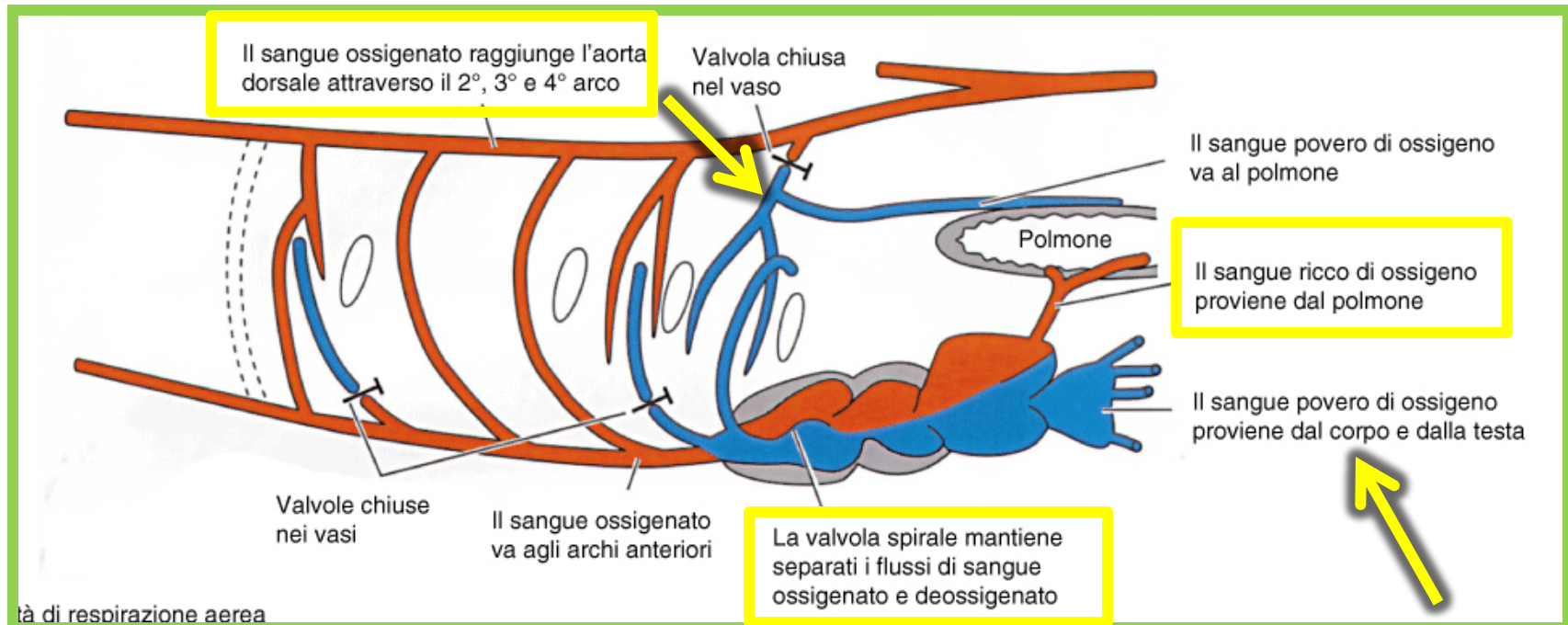
Gli archi aortici: i pesci polmonati

La valvola spirale dirige nel VI arco aortico il sangue povero di O₂, che attraverso il VI arco, evita le branchie ed entra nel polmone per mezzo dell'arteria polmonare, dato che il dotto arterioso è costretto. Il sangue ossigenato dal polmone ritorna nella parte sinistra dell'atrio attraverso al vena polmonare.



Gli archi aortici: i pesci polmonati

Il sangue ricco di O_2 viene dirottato agli archi anteriori. Il III e il IV arco non portano branchie e così essi rappresentano un **passaggio diretto verso l'aorta dorsale**. Il sangue ricco di ossigeno viene distribuito alla testa e al corpo da vasi tributari dell'aorta dorsale e dell'aorta ventrale. Tale modello di respirazione aerea dei dipnoi prefigura la circolazione dei tetrapodi.



La circolazione nei tetrapodi

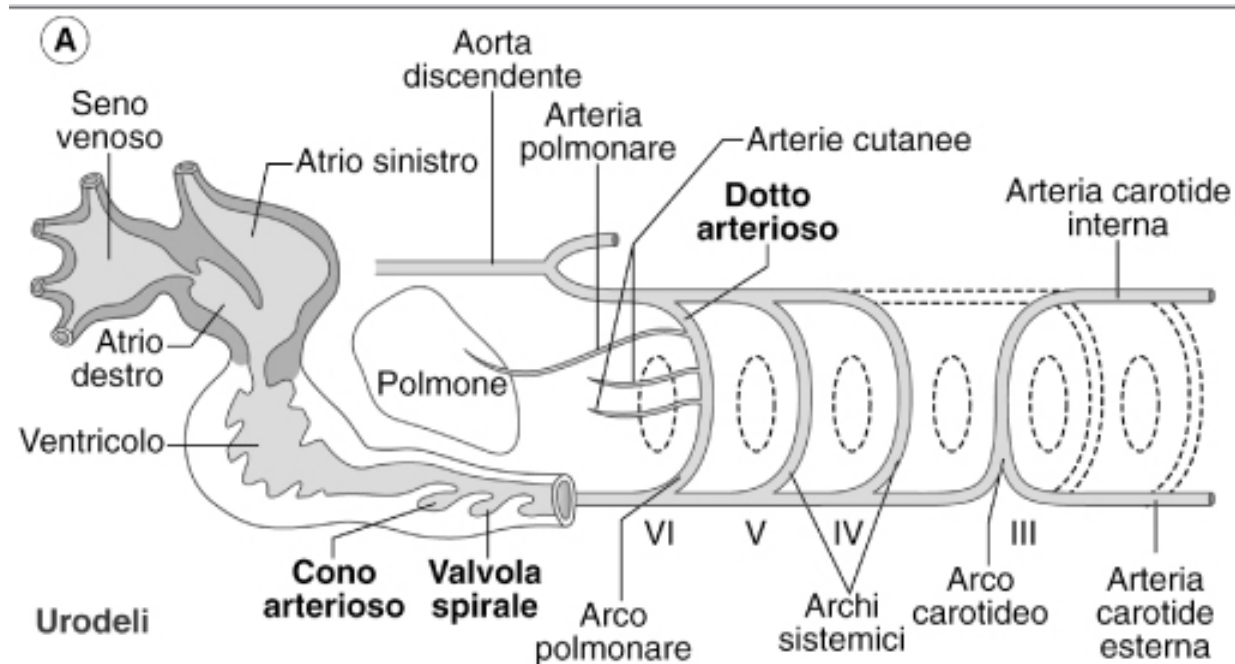
Nei tetrapodi adulti si afferma la **respirazione polmonare** e, di conseguenza, la **circolazione doppia**. Per far fronte a ciò si assiste a **settazione completa della parte atriale del cuore**, mentre **il ventricolo evolve vari tipi di settazione** a seconda delle esigenze.

Gli archi aortici evolvono in modo da **supportare la circolazione doppia**. Dal momento che il I e II arco branchiale organizzano strutture cranio facciali, in tutti i tetrapodi il I e il II arco aortico si **abbozzano nell'embrione ma presto degenerano**.

La circolazione negli anfibi

Anfibi e rettili assomigliano ai dipnoi nell'avere lunghi periodi di apnea intervallati da brevi periodi di ventilazione polmonare. Essi non ventilano i loro polmoni come fanno gli uccelli e i mammiferi.

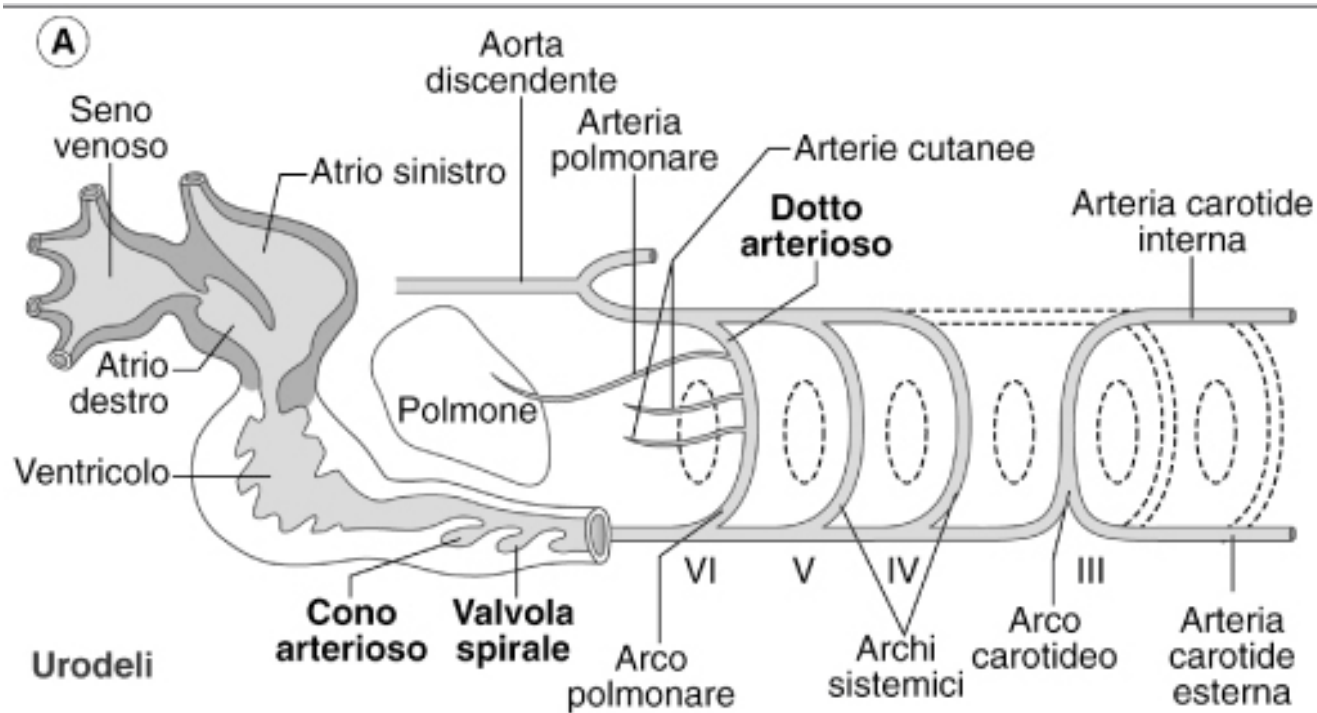
Le larve degli anfibi mantengono branchie e acquisiscono una circolazione polmonare



La circolazione negli anfibi

Negli anfibi dal cuore emerge un corto **tronco arterioso non settato** dal quale originano i **derivati degli archi aortici**.

Nell'adulto nessun arco aortico irrorava branchie, si tratta quindi di archi aortici continui, mai capillarizzati.



La circolazione negli anfibii



Durante la metamorfosi, le branchie vengono perdute, il cuore migra caudalmente vicino ai polmoni e gli anfibii faranno dunque affidamento ai polmoni per la maggior parte dell'assunzione di ossigeno. Avendo un livello metabolico molto basso inoltre, le loro necessità di ossigeno non sono eccessive. Un po' di ossigeno è anche assunto dalla pelle.

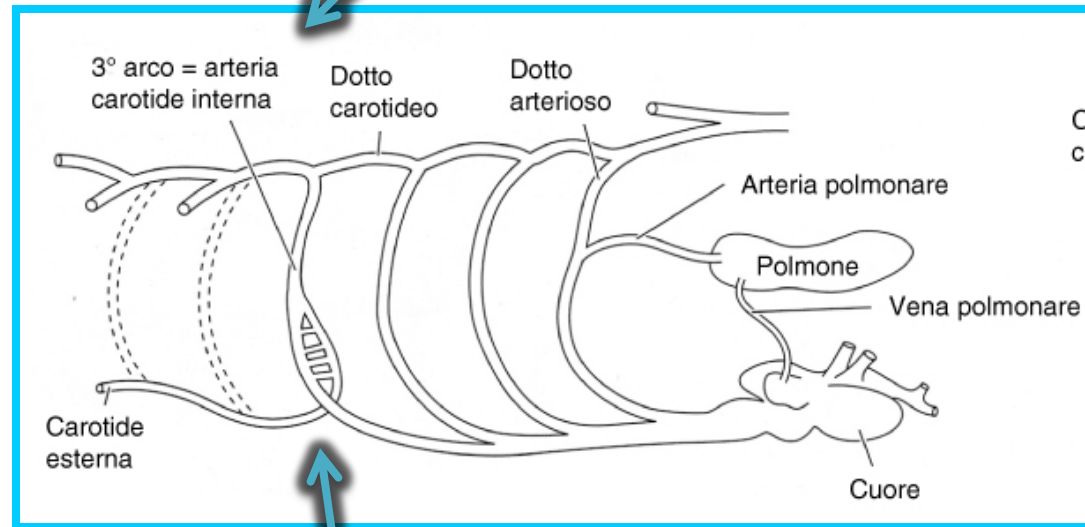
La circolazione negli anfibi

Gli archi aortici degli anfibi adulti sono dunque più ridotti che nei pesci polmonati.

I e II arco
embrionale

PERDUTI

L'arteria **carotide esterna** si origina alla base del III arco che diventa una **parte della carotide interna**



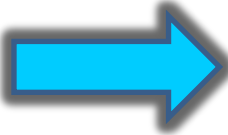
La circolazione negli anfibi

L'aorta ventrale
tra il III e il IV
arco



ARTERIA CAROTIDE
COMUNE

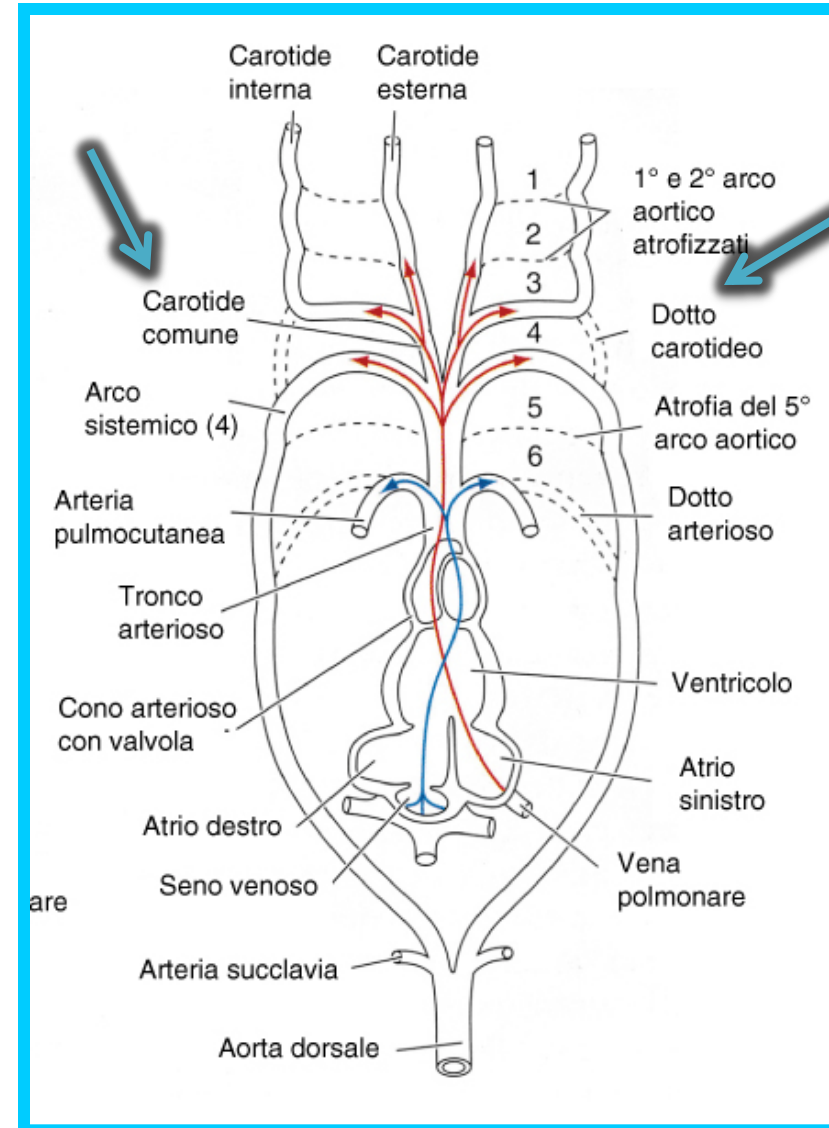
Il dotto carotideo
cioè il tratto di
aorta dorsale tra
il III e il IV arco



PERDUTO nella
maggior
parte degli
anfibi adulti



L'arteria **carotide comune** fornisce
sangue sia alla **carotide esterna** che
a quella **interna**.



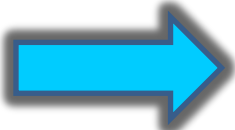
La circolazione negli anfibi

Nelle salamandre adulte il IV e V arco sono conservati



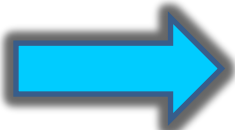
ARCHI SISTEMICI che portano all'aorta dorsale e al tronco

V arco

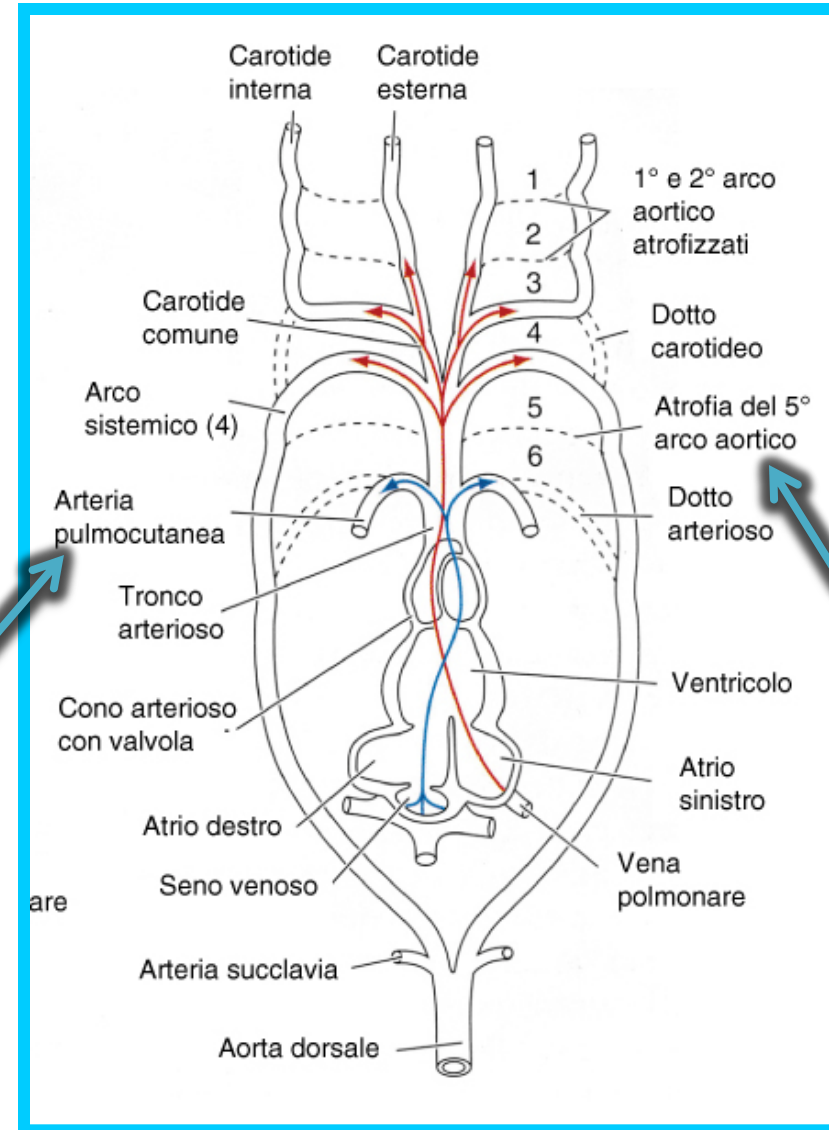


PICCOLO perduto nelle rane, mantenuto negli urodeli

VI arco



Si continua nell'**ARTERIA PULMOCUTANEA** che va ai polmoni e alla pelle

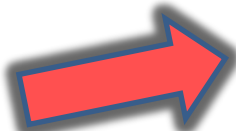


La circolazione negli anfibi

RESPIRAZIONE

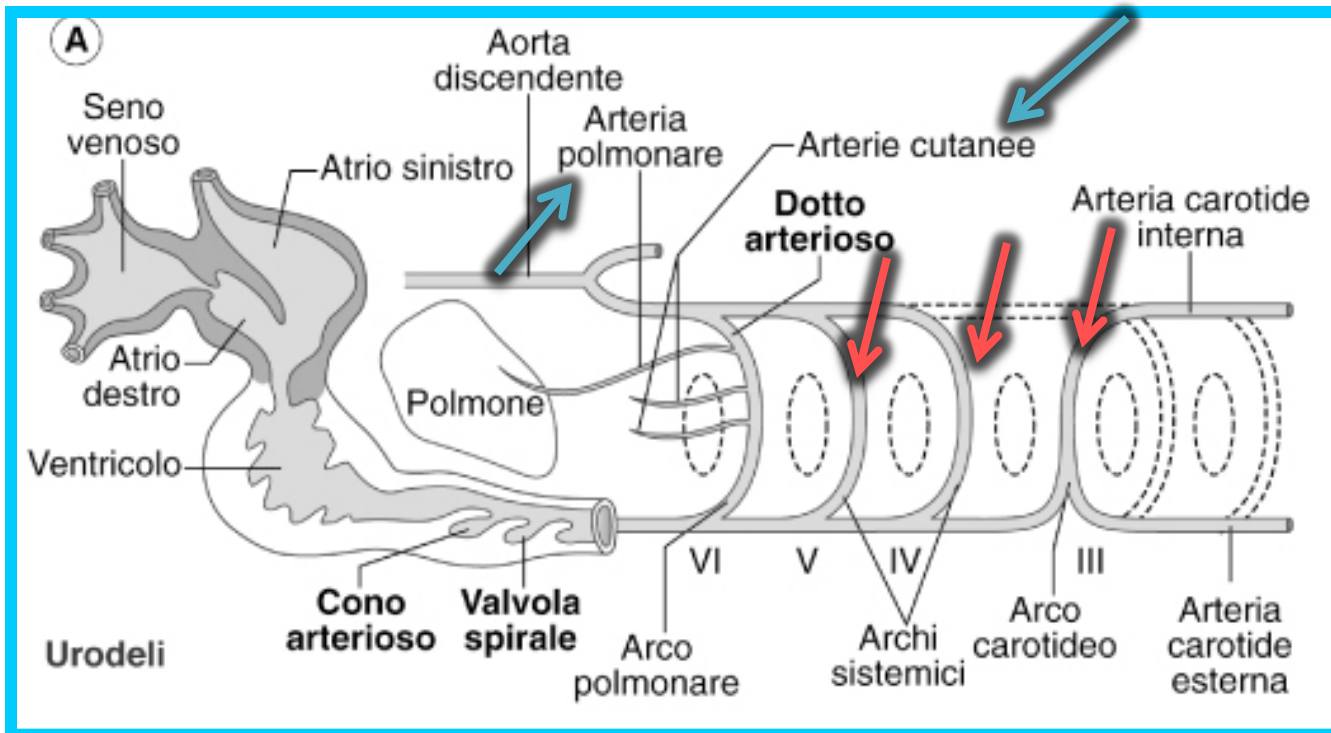
POLMONARE

Anfibi urodeli



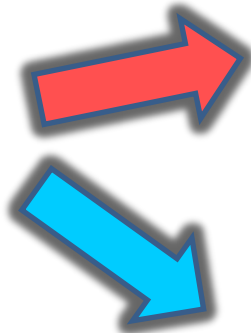
Il sangue ossigenato è convogliato al III, IV e V arco aortico

Il sangue NON ossigenato è deviato alle arterie polmonari e cutanee



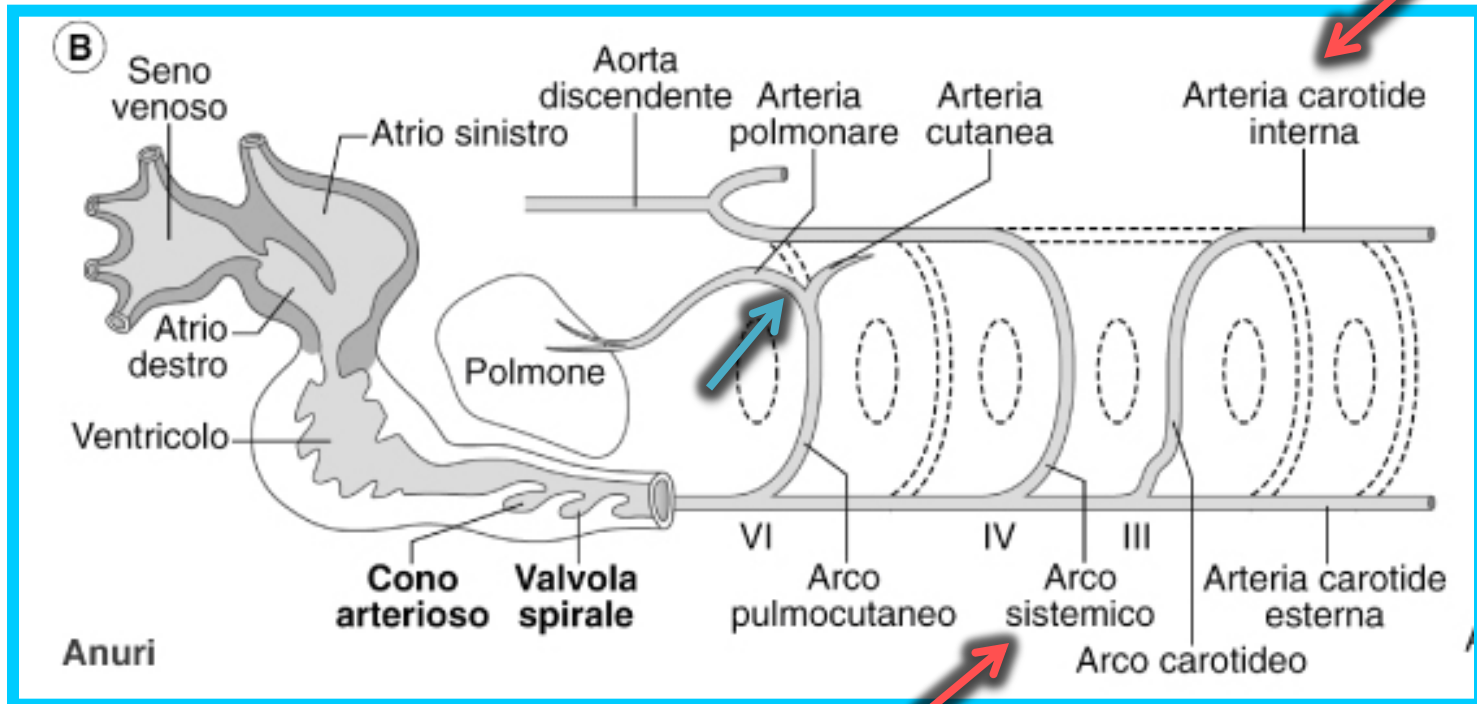
La circolazione negli anfibi

**RESPIRAZIONE
POLMONARE**
Anfibi anuri



Il sangue ossigenato è convogliato alle **carotidi** e agli **archi sistemici**

Il sangue **NON** ossigenato è convogliato all'arteria **pulmocutanea**

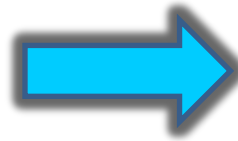


La circolazione negli amnioti

Negli **amnioti** gli archi aortici emergono direttamente dalla porzione ventricolare del cuore. Nei rettili sono mantenuti il III e il IV arco aortico

RETTILI

I quarti archi aortici sono peculiari

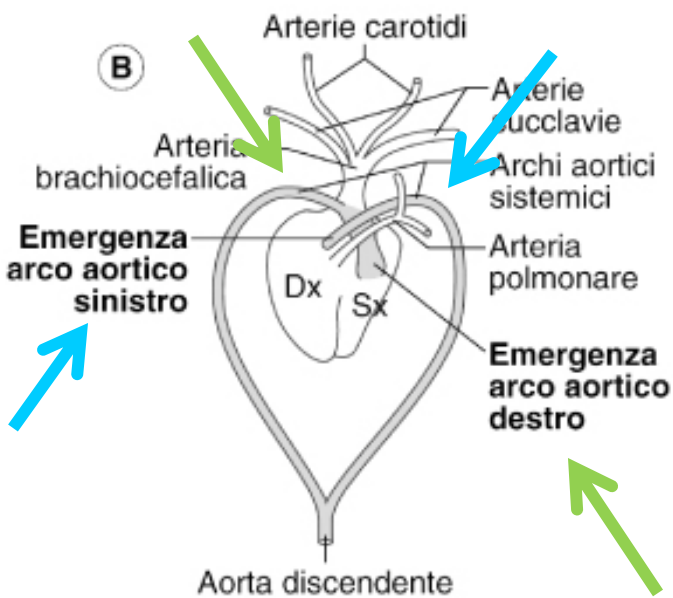


SI INCROCIANO

subito dopo l'emergenza dal cuore

IV arco che si **origina a destra**, piega a sinistra e sarà detto **arco aortico sinistro**

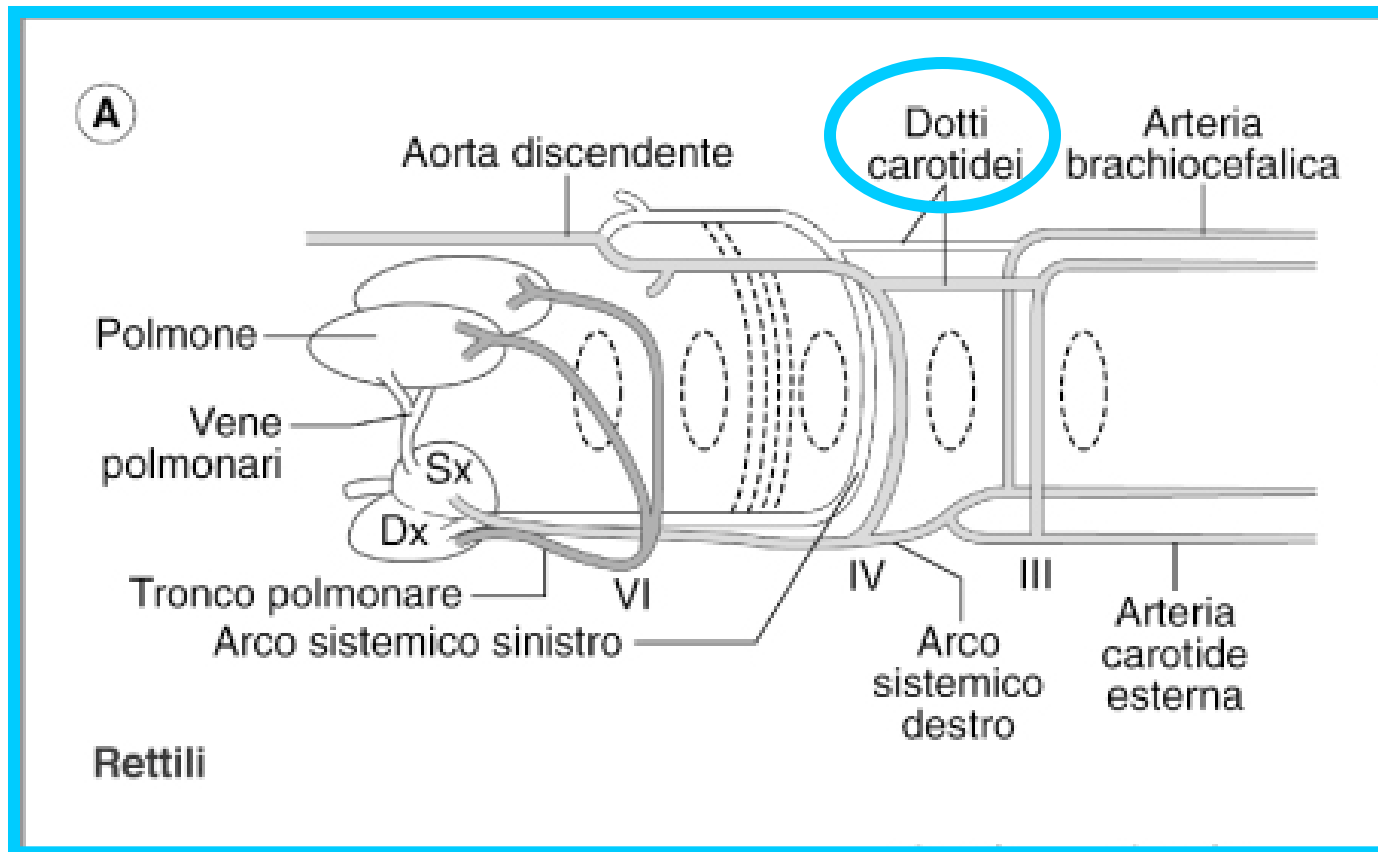
IV arco che si **origina a sinistra**, piega a destra e sarà detto **arco aortico destro**



La circolazione negli amnioti

NEI RETTILI

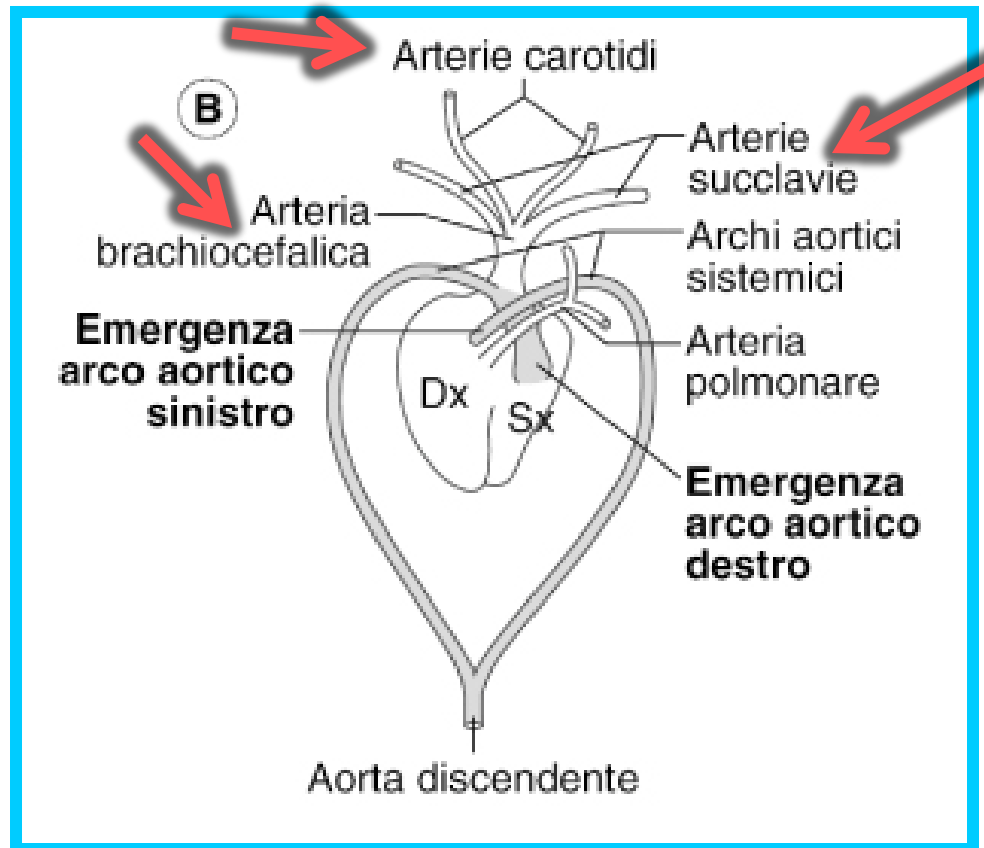
permane la porzione di **aorta dorsale** tra il III e il IV arco aortico, detta **DOTTO CAROTIDEO**



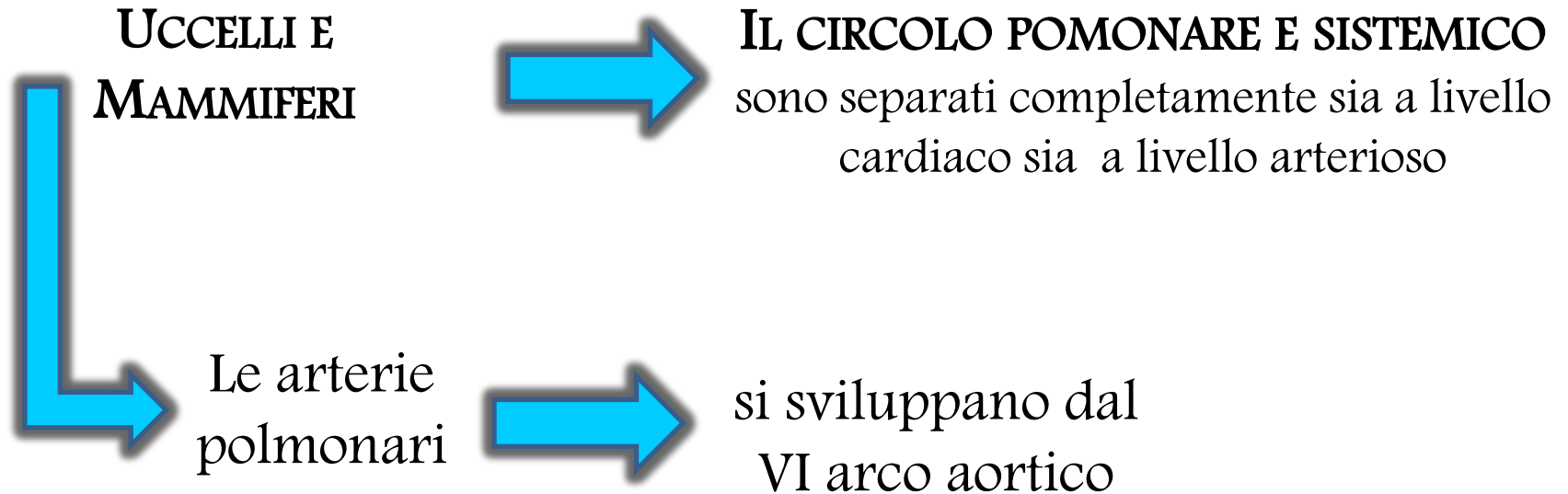
La circolazione negli amnioti

NEI RETTILI

Dall'arco aortico destro emerge un'arteria **brachiocefalica** dalla quale si originano **carotidi** e **succlavie**.

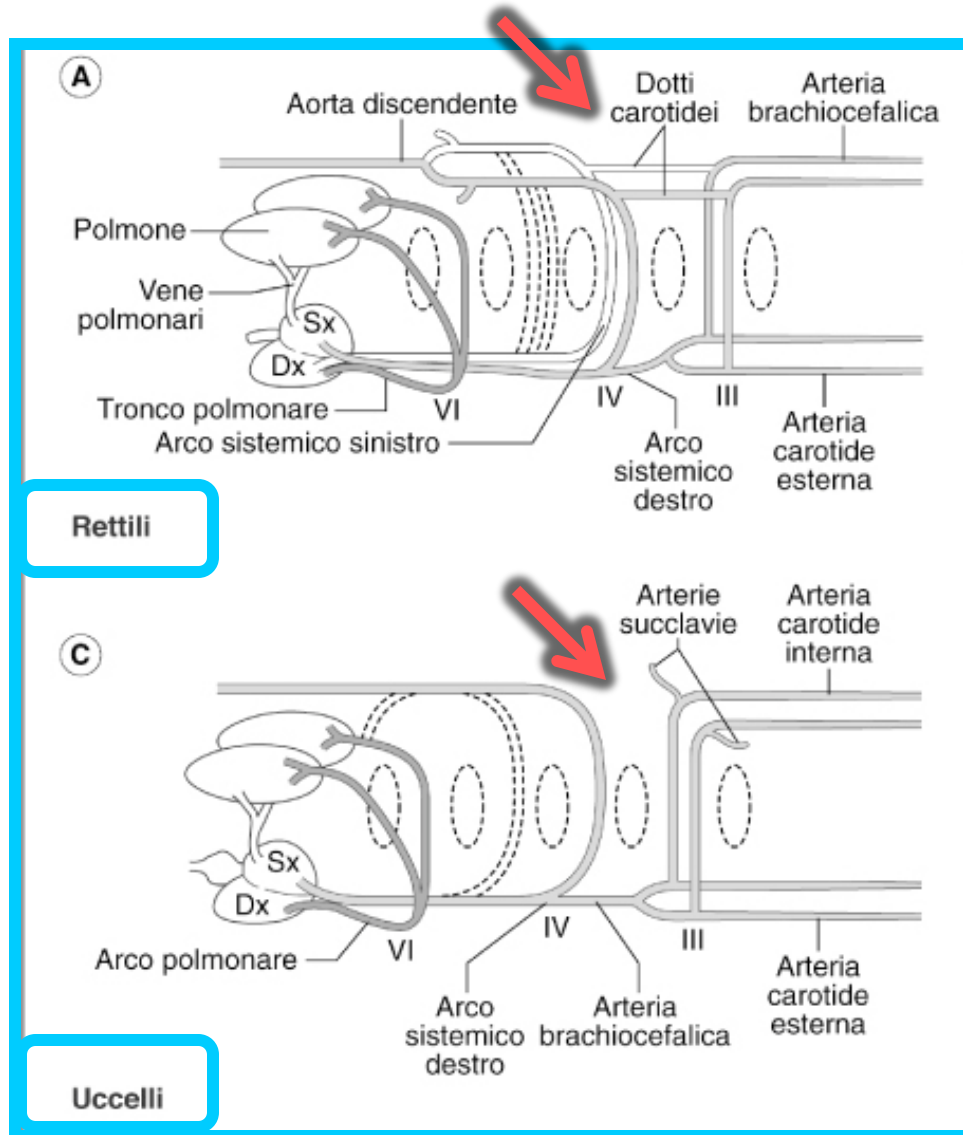


La circolazione negli amnioti



Nell'adulto **NON** è mai presente il **DOTTO ARTERIOSO**, permane solo nei **mammiferi placentati** durante le fasi di sviluppo embrio-fetale e prende il nome di **dotto di Botallo** (garantisce un flusso di sangue tra arco dell'aorta e arteria polmonare).

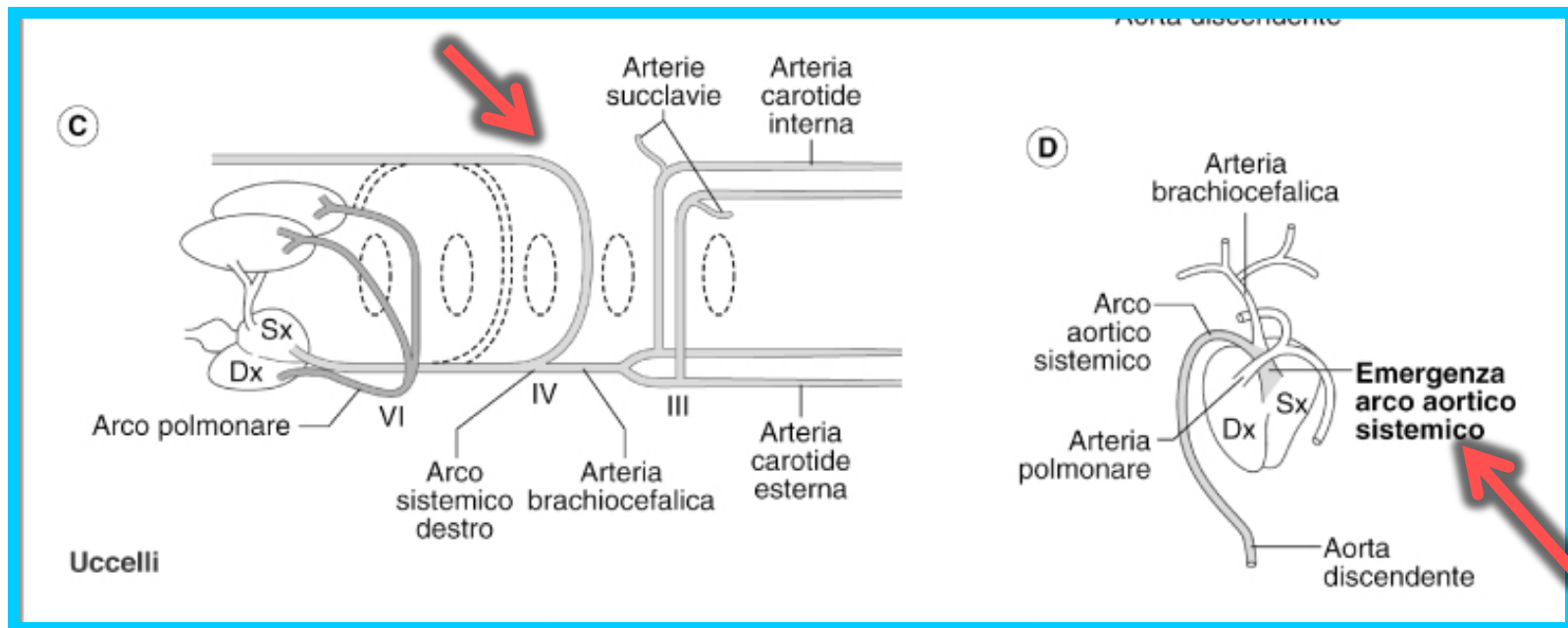
La circolazione negli amnioti



In uccelli e mammiferi è assente, come negli anfibi la porzione di aorta dorsale tesa tra il III e il IV arco aortico (dotto carotideo nei rettili).

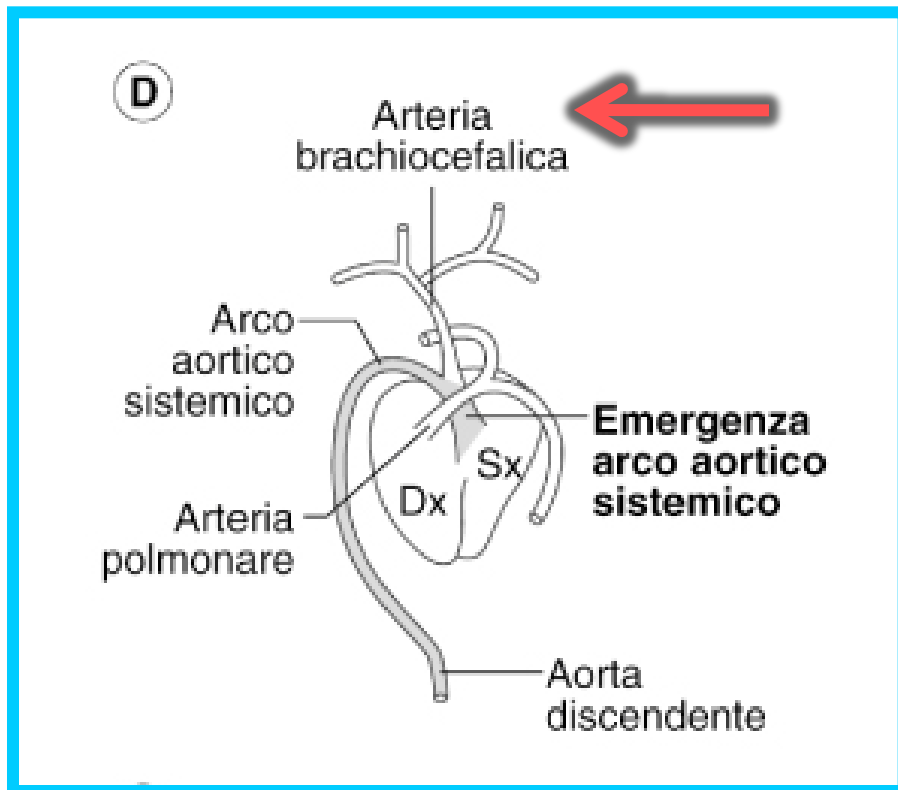
La circolazione negli amnioti

Negli uccelli come unico arco sistemico permane solo il **IV arco aortico** che originatosi a sinistra del cuore, poi piega a destra (**arco aortico destro**)



La circolazione negli amnioti

Negli uccelli dall'arco emerge l'arteria brachiocefalica, presente anche in alcuni rettili, dalla quale si diramano sia le carotidi che le succlavie.



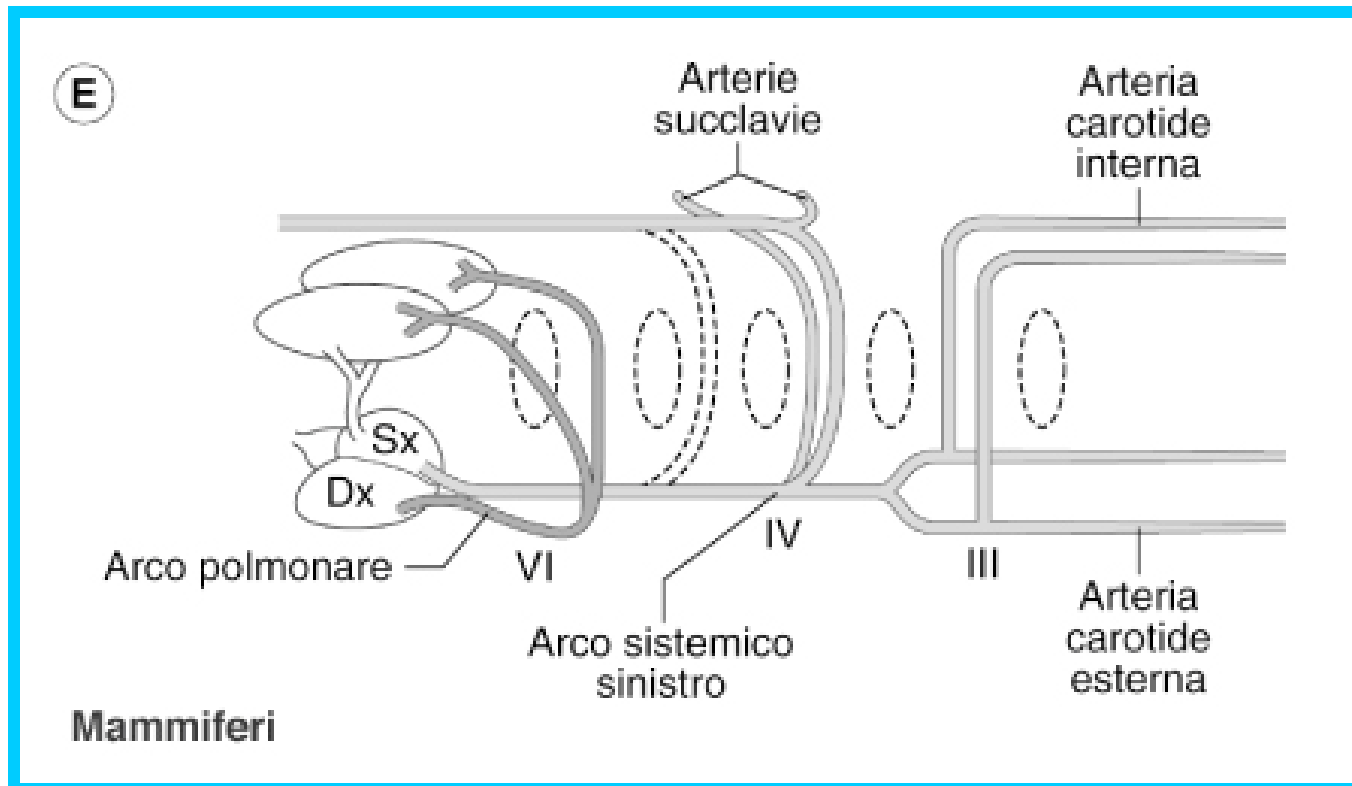
LA PERMANENZA:
arco aortico destro e
l'emergenza da questo di
carotidi e succlavie



DIMOSTRANO la vicinanza
filetica tra rettili e uccelli

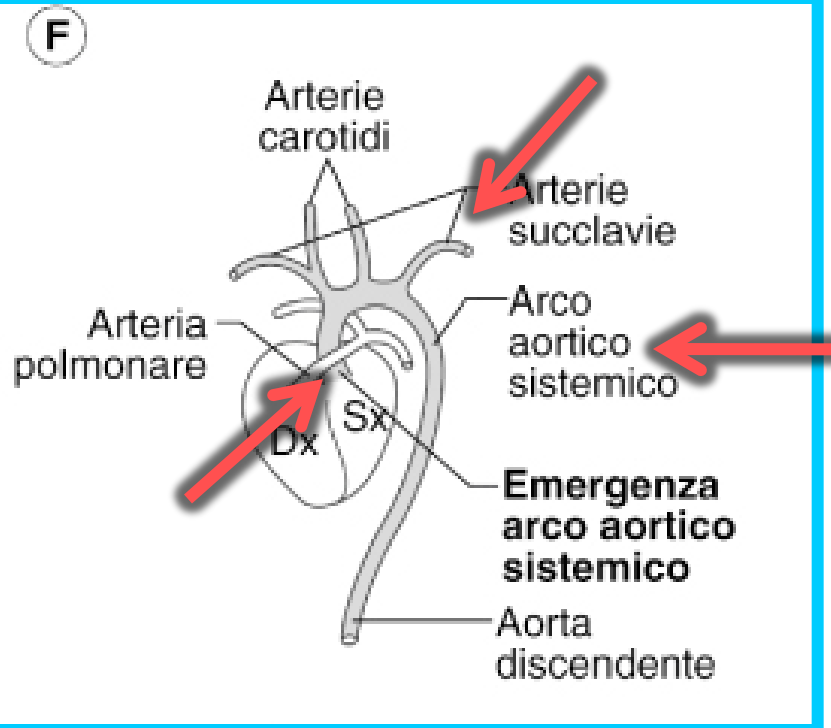
La circolazione negli amnioti

Nei mammiferi come arco sistemico permane solo il IV arco aortico che originatosi a sinistra del cuore, poi piega a sinistra (**arco sistemico sinistro**)



La circolazione negli amnioti

Nei mammiferi permane l'arco aortico che originato a sinistra piega a sinistra.



L'arteria **succlavia sinistra** si origina direttamente dalla porzione dell'**arco aortico sistemico** che piega a sinistra. Mentre dal primo tratto emergente dal cuore si dirama un'**arteria brachiocefalica** che si biforca a dare la **succlavia di destra** e le **carotidi** che si portano al capo.