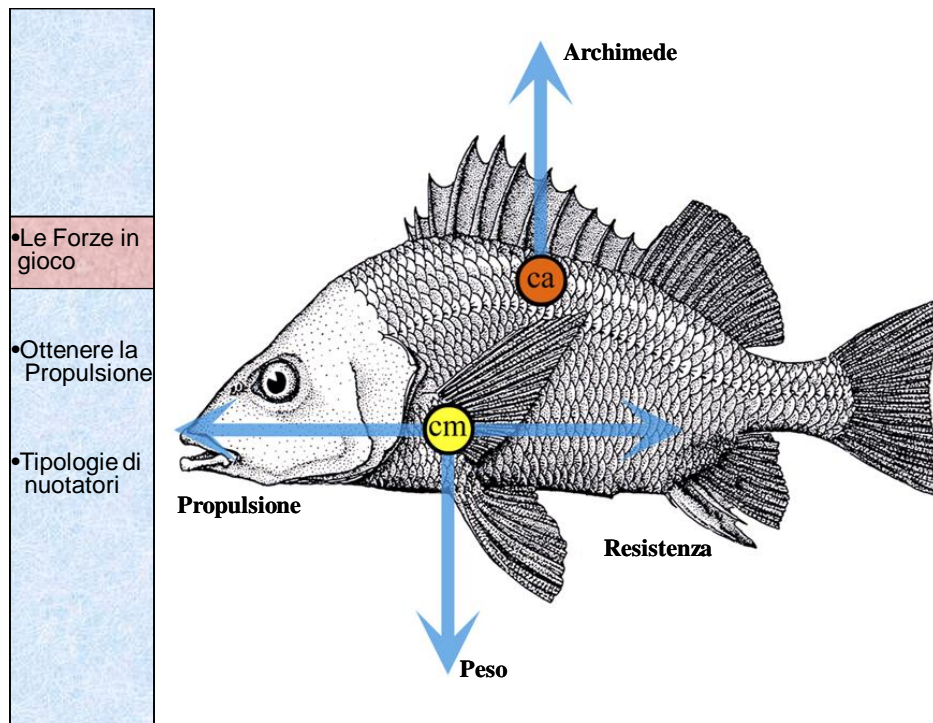
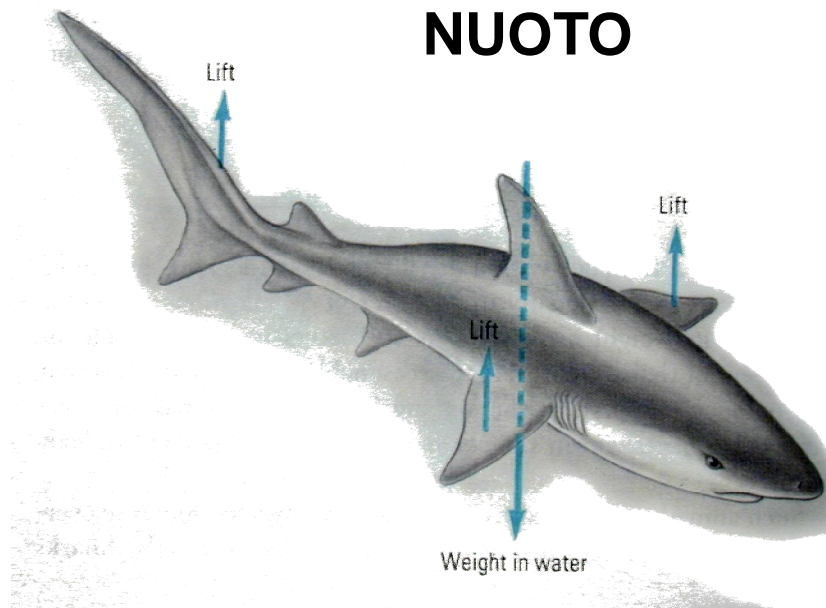


NUOTO



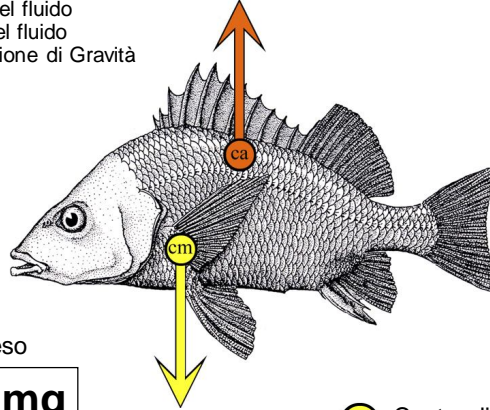
- Definizione
- Brevi cenni storici
- Le Forze in gioco
- Ottenere la Propulsione
- Tipologie di nuotatori
- Applicazioni in Paleontologia

Spinta di Archimede

$$A = \rho_f v g$$

ρ_f = densità del fluido
 v = volume del fluido
 g = accelerazione di Gravità

ca Centro di applicazione di A



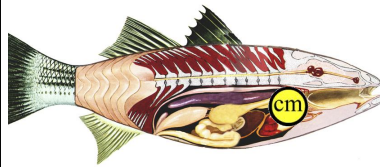
Forza Peso

$$W = m g$$

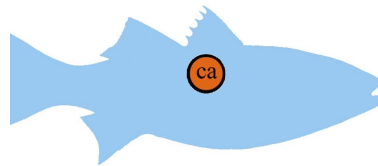
m = massa
 g = accelerazione di Gravità

cm Centro di Massa

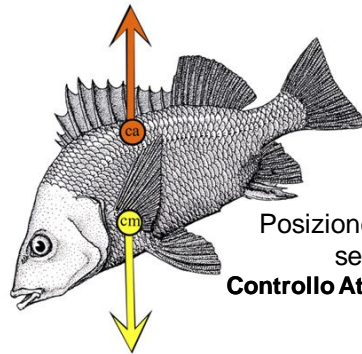
- Le Forze in gioco
- Ottenere la Propulsione
- Tipologie di nuotatori



Densità non è costante
 osso = 2 g/cm³
 cartilagine = 1,1 g/cm³
 muscoli = 1,05 g/cm³
 lipidi = 0,9 g/cm³



Densità è costante
 $H_2O = 1 g/cm^3$



Posizione di equilibrio senza un Controllo Attivo dell'Assetto

•Le Forze in gioco
•Ottenere la Propulsione
•Tipologie di nuotatori

Galleggiabilità

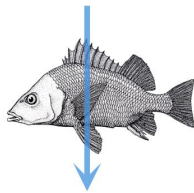
$$W \Leftrightarrow A$$

$$mg \Leftrightarrow \rho_f vg \quad \text{posto } m = \rho v$$

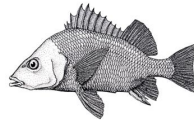
$$\rho vg \Leftrightarrow \rho_f vg$$

$$\rho \Leftrightarrow \rho_f$$

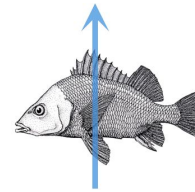
$$\rho > \rho_f$$



$$\rho = \rho_f$$



$$\rho < \rho_f$$



•Brevi cenni storici
•Le Forze in gioco
•Ottenere la Propulsione
•Tipologie di nuotatori

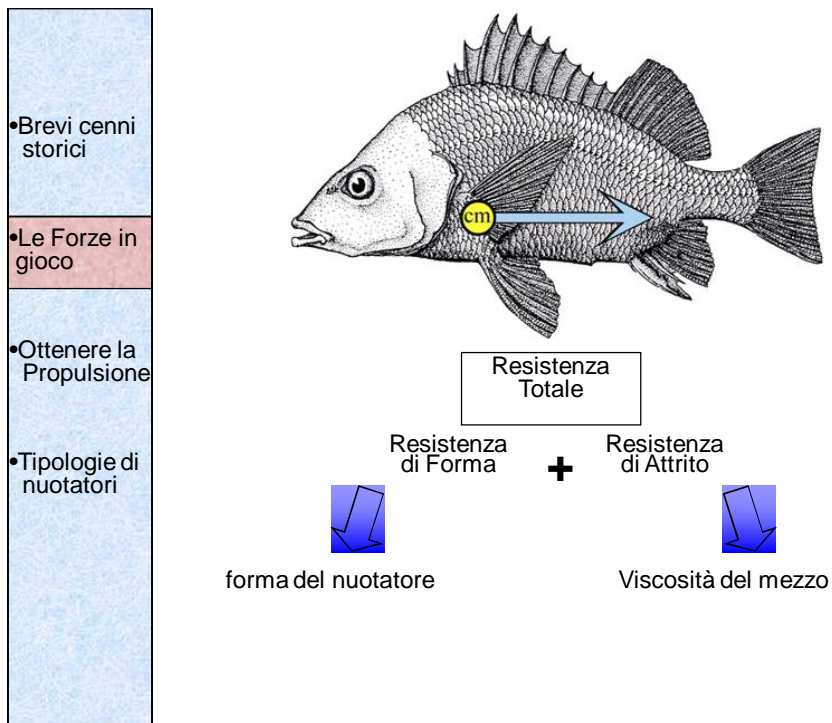
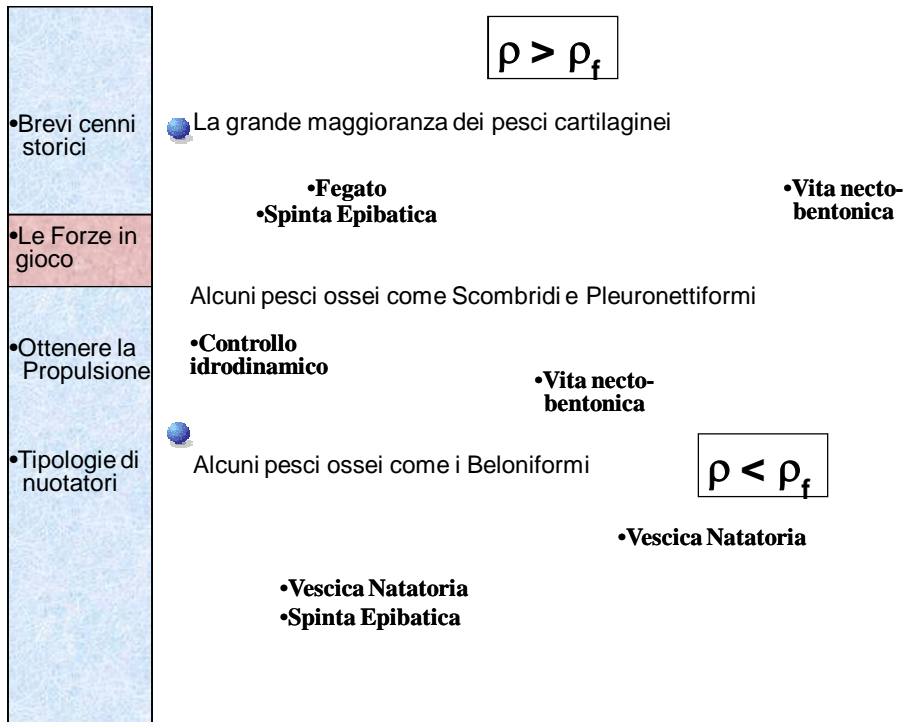
$$\rho = \rho_f$$

• La grande maggioranza dei pesci ossei

•Vescica Natatoria

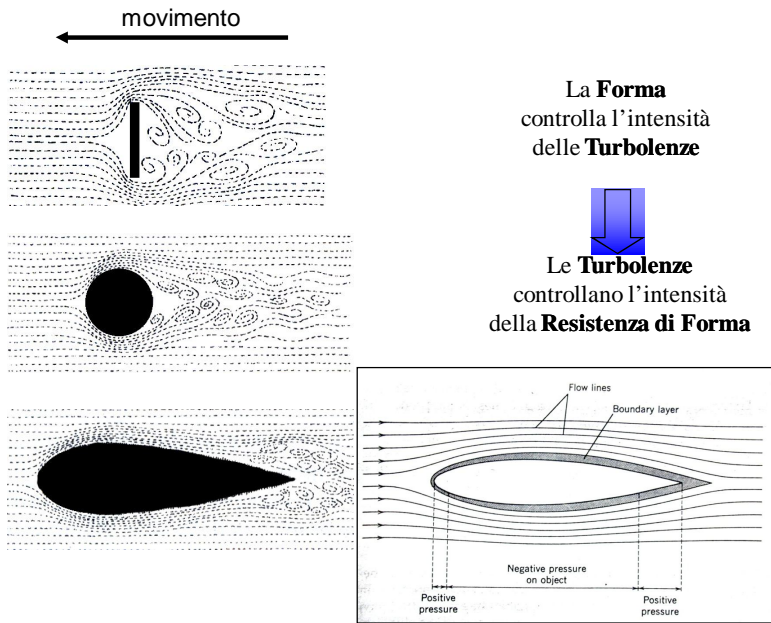
• Alcuni "pleurotremi" come *Odontaspis (Carcharias) taurus*

•Fegato
•Mantenimento di aria nello stomaco



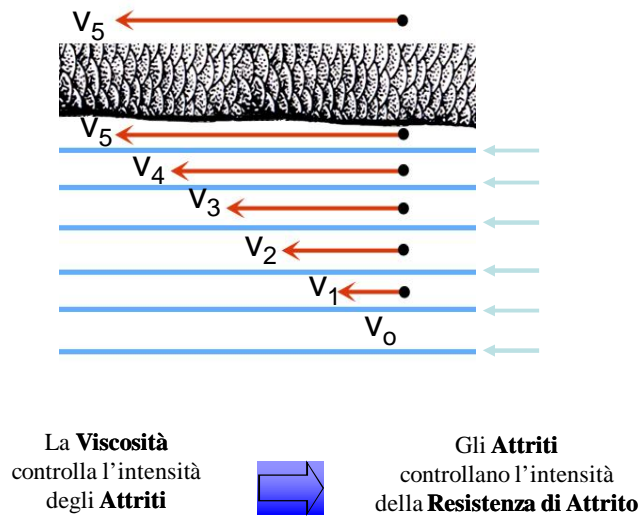
- Brevi cenni storici
- Le Forze in gioco
- Ottenere la Propulsione
- Tipologie di nuotatori

Resistenza di Forma



- Brevi cenni storici
- Le Forze in gioco
- Ottenere la Propulsione
- Tipologie di nuotatori

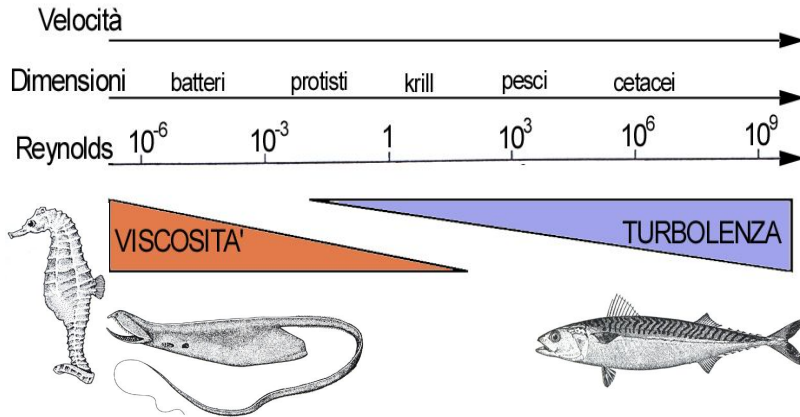
Resistenza di Attrito



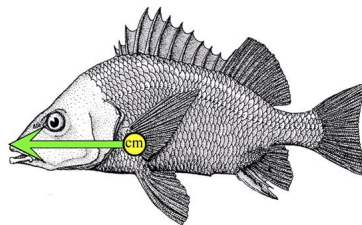
- Brevi cenni storici
- Le Forze in gioco
- Ottenere la Propulsione
- Tipologie di nuotatori

Numero di Reynolds = $\frac{\rho v l}{\mu}$

ρ = densità del fluido
 v = velocità di nuoto
 l = dimensioni del nuotatore
 μ = viscosità del fluido

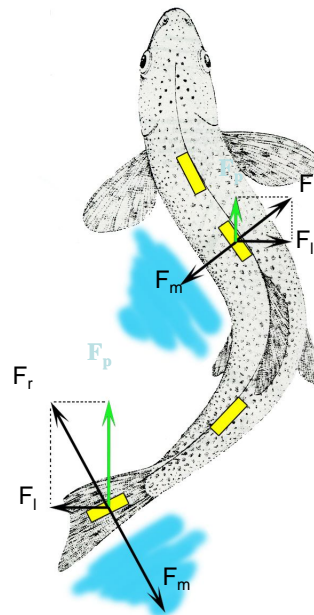


- Brevi cenni storici
- Le Forze in gioco
- Ottenere la Propulsione
- Tipologie di nuotatori
- Applicazioni in Paleontologia



Propulsione

La **Forza** prodotta dai muscoli sfrutta l'**Inerzia** dell'acqua



- Definizione
- Brevi cenni storici
- Le Forze in gioco
- Ottenere la Propulsione
- Tipologie di nuotatori

Stesso principio Fisico



infiniti modi per espletarlo

Nuoto ondulatorio

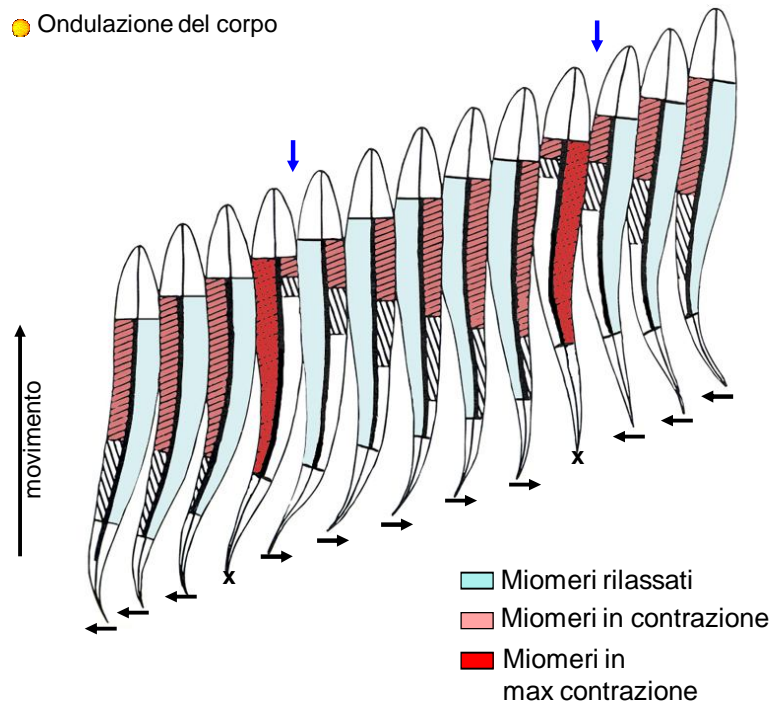
- Ondulazione del corpo
- Ondulazione della pinna dorsale
- Ondulazione della pinna anale
- Ondulazione delle pinne pettorali

Nuoto oscillatorio

- Oscillazione delle pinne pettorali
- Oscillazione lobo caudale

- Definizione
- Brevi cenni storici
- Le Forze in gioco
- Ottenere la Propulsione
- Tipologie di nuotatori

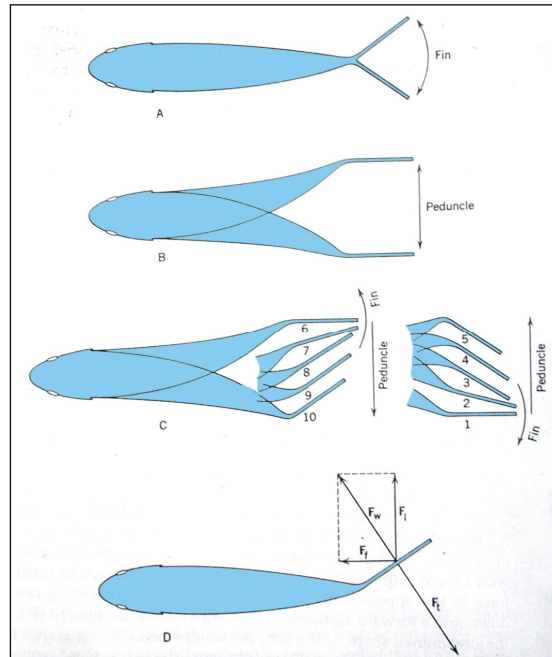
● Ondulazione del corpo



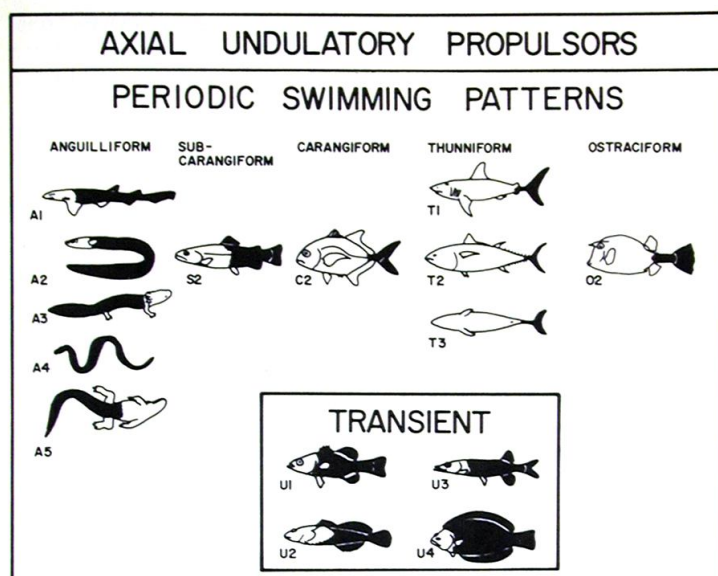
Oscillazione lobo caudale

Aumenta la frequenza

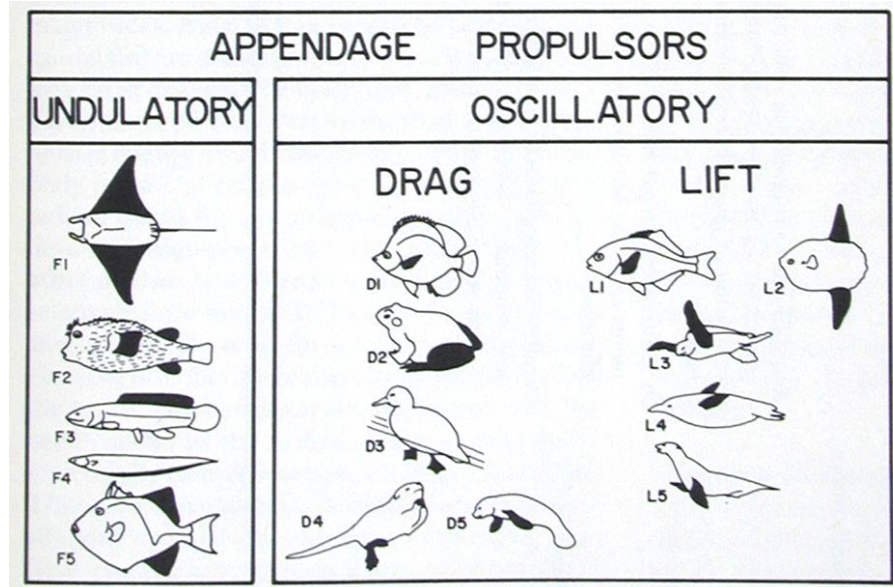
Diminuisce le turbolenze



Varie modalità di nuoto 1
Assiale ondulatorio

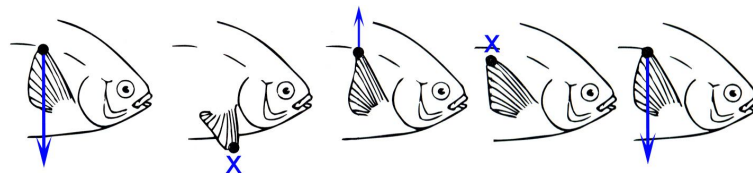


Varie modalità di nuoto 2
 Appendicolare ondulatorio-oscillatorio



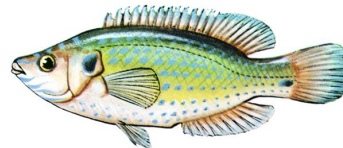
- Definizione
- Brevi cenni storici
- Le Forze in gioco
- Ottenere la Propulsione
- Tipologie di nuotatori

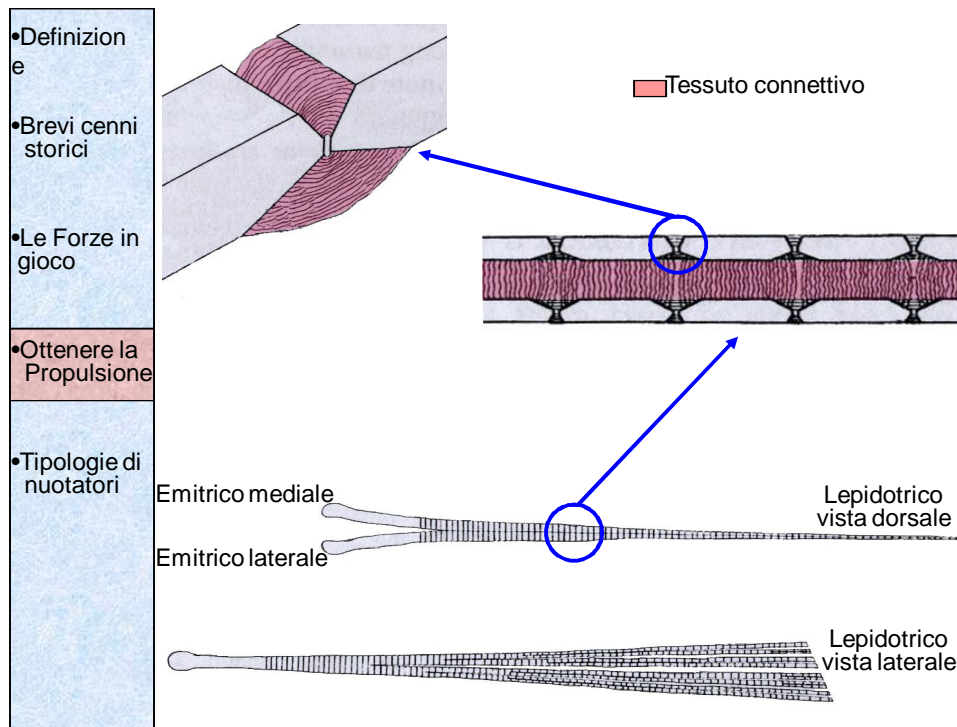
● Oscillazione delle pinne pettorali



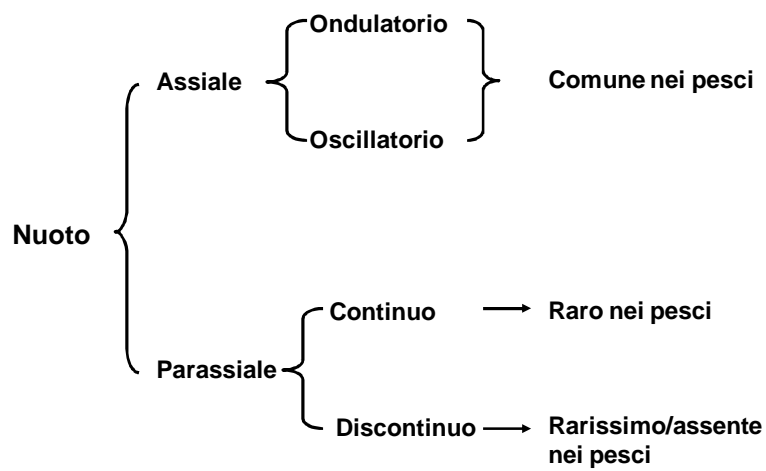
Muscolatura
estremamente efficiente

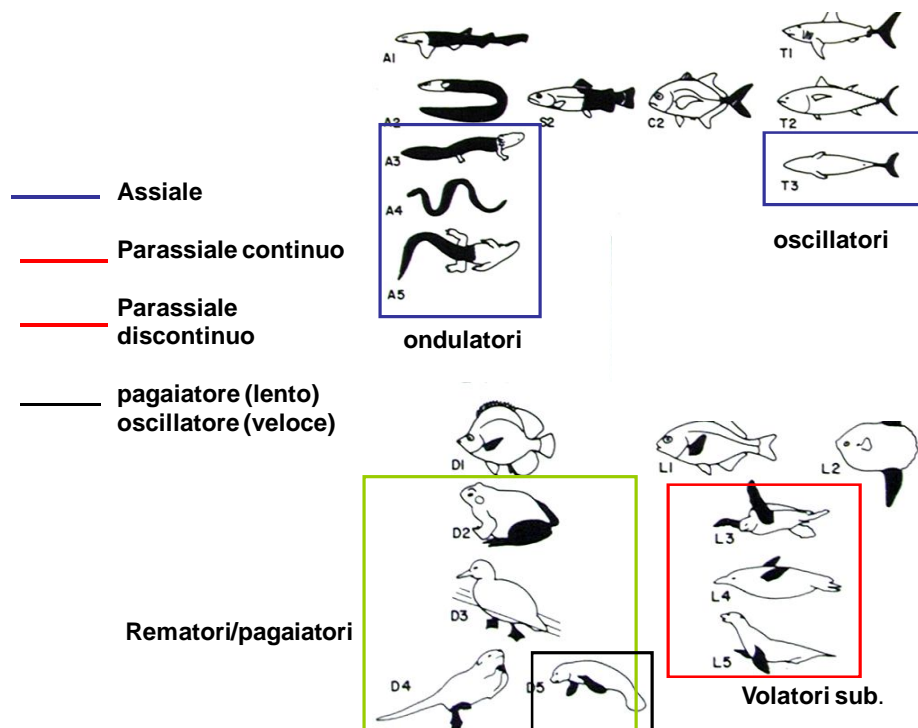
Lepidotrichi
dotati di grande mobilità





Il nuoto nei Tetrapodi





Nuoto assiale

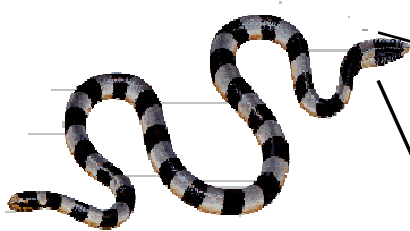
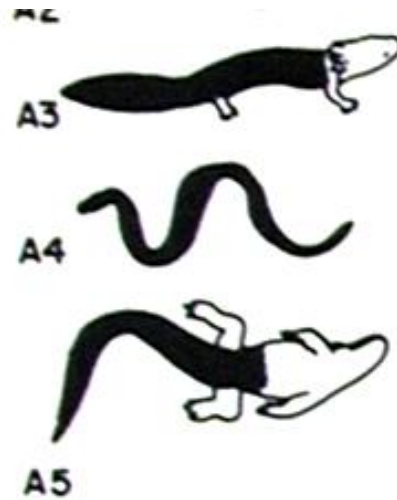
La spinta è generata dalla muscolatura assiale e da ondulazioni/oscillazioni di sezioni più o meno ampie della colonna vertebrale

Ondulatorio Onde di contrazione che si propagano per gran parte del corpo

Oscillatorio “vibrazione” rapida di una porzione distale limitata (coda)

I nuotatori che si muovono con moto ondulatorio somigliano alle anguille, hanno solitamente tronco allungato, molte vertebre e arti (se presenti) generalmente ridotti, usati per stabilizzarsi o dirigersi.

Il movimento ondulatorio dei serpenti li rende generalmente abili nuotatori, alcuni sono diventati prevalentemente acquatici

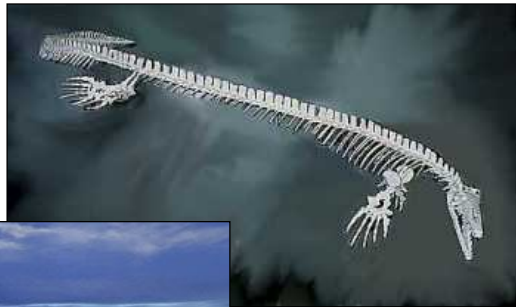


La coda appiattita consente una spinta più efficace



Il nuoto ondulatorio è lento e consente buona manovrabilità, utile nei nuotatori costieri e in quelli che si muovono in ambienti complessi (scogliere, barriere coralline ecc.).

Numerosi rettili preistorici furono ondulatori assiali

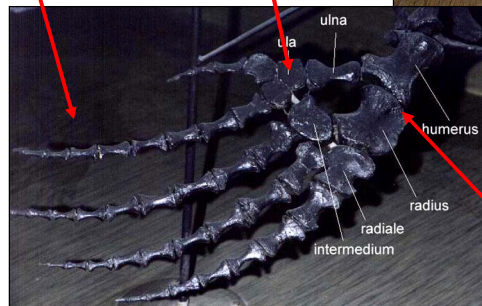


I Mosasauri

Gli arti si modificano rispetto alla struttura da vertebrato terrestre, ma mantengono la struttura di base

Riduzione carpali

iperfalangia



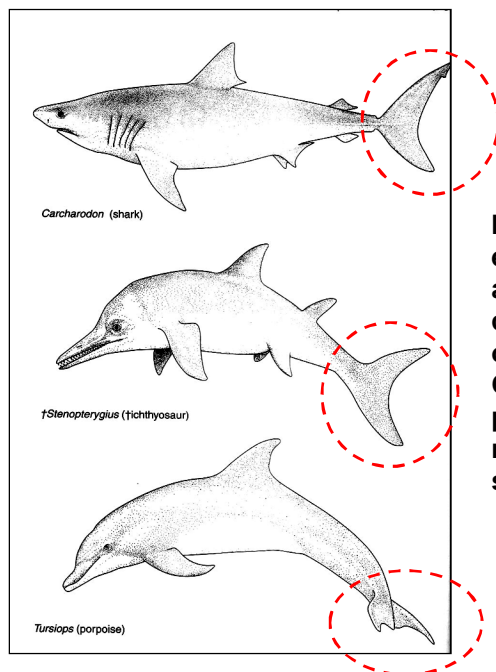
Riduzione/perdita mobilità articolazioni fra le sezioni dell'arto

I coccodrilli attuali usano un tipo di nuoto intermedio tra l'oscillazione e l'ondulazione

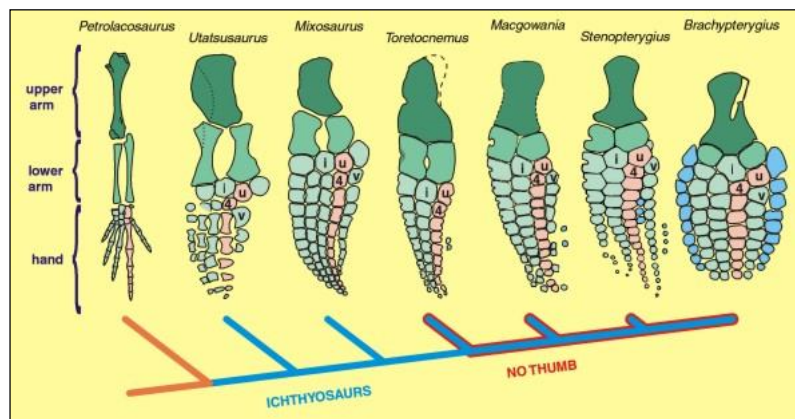
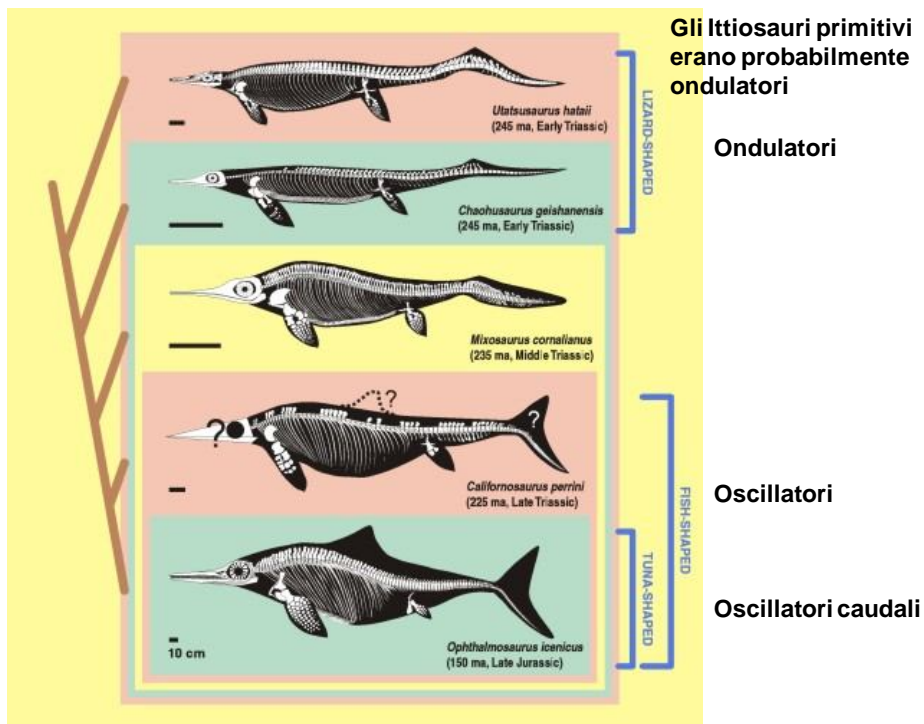
- Il tronco è rigido
- Il bacino e la coda si muovono
- Le zampe anteriori aderiscono al tronco
- Le zampe posteriori aiutano a regolare la direzione, rallentare e stabilizzare

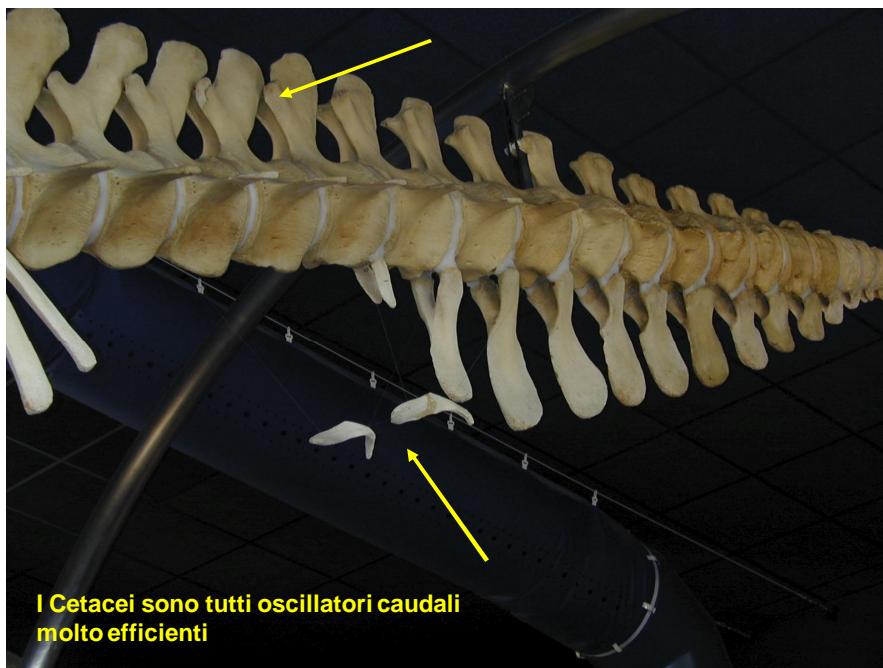
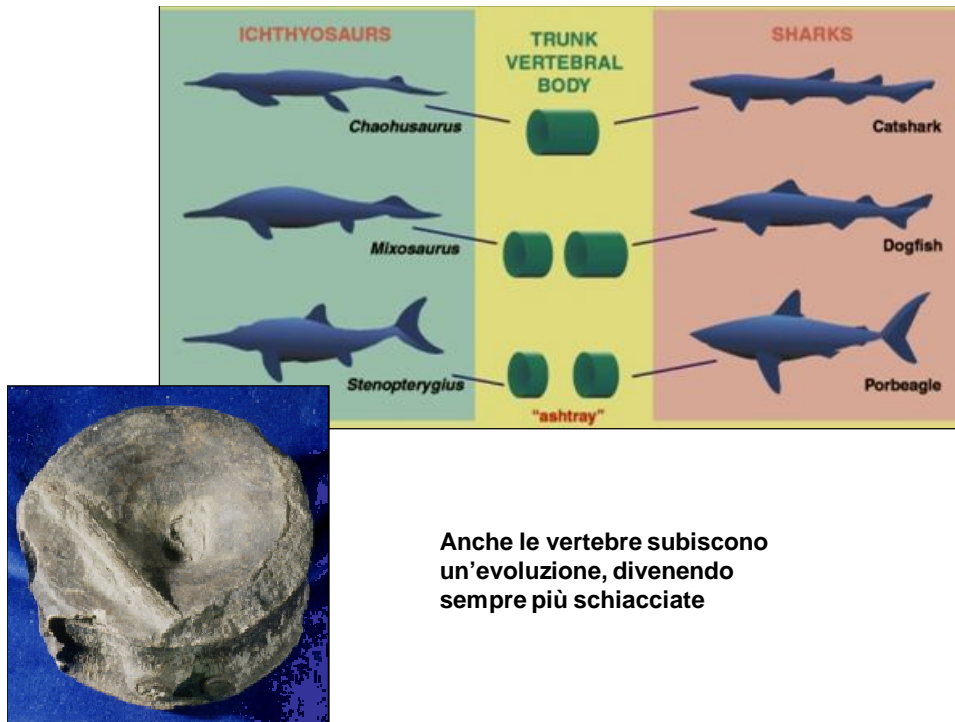


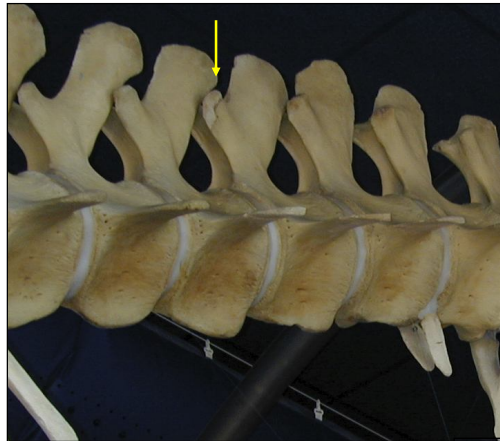
Anche le iguane marine usano una ondulazione della metà posteriore del tronco e della coda



I migliori (più veloci ed efficienti) nuotatori assiali sono comunque gli oscillatori caudali. Questo stile di nuoto però impone profonde modificazioni strutturali

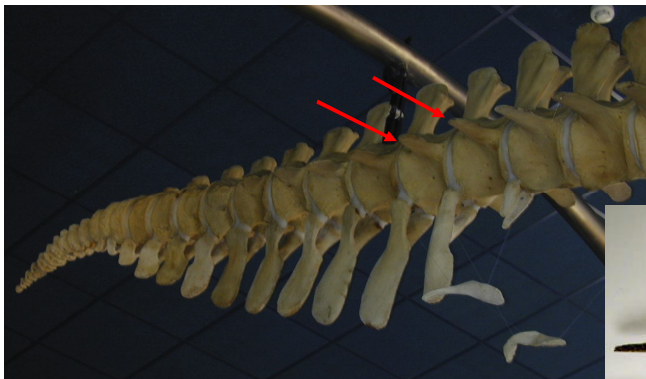




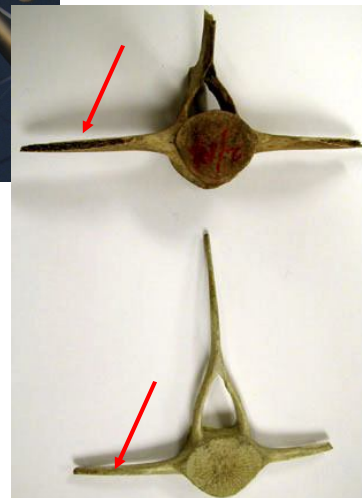


L'orientamento delle zigapofisi tipico delle vertebre lombari dei Mammiferi, impedisce l'oscillazione laterale mentre permette quella dorsoventrale

Il cinto pelvico è vestigiale e gli arti posteriori sono scomparsi

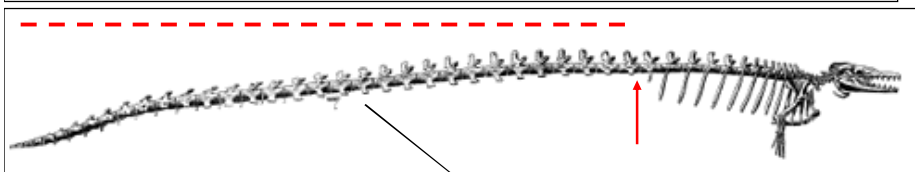
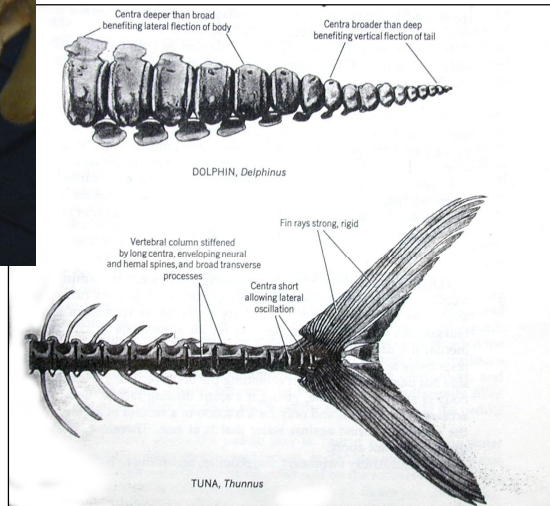


Sono presenti robusti processi trasversi per l'inserzione di potente muscolatura assiale

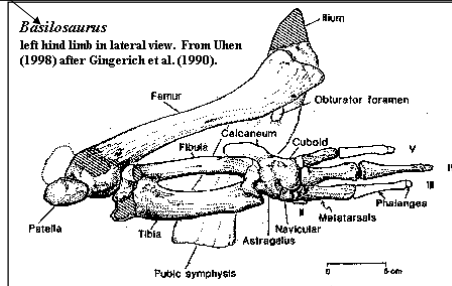


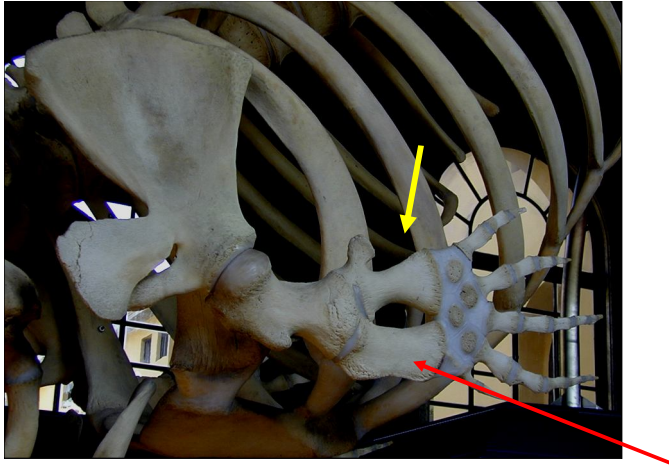


Dischi vertebrali terminali robusti che reggono le lamine della pinna



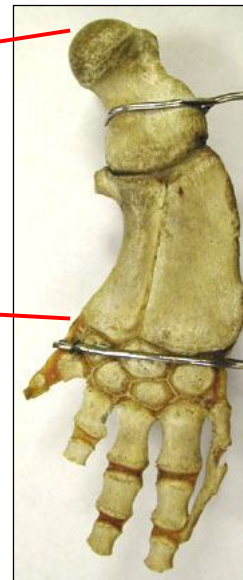
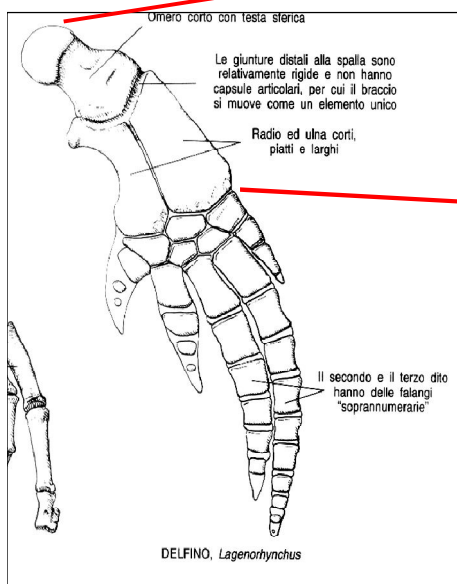
Forse alcune balene primitive erano ondulatori assiali

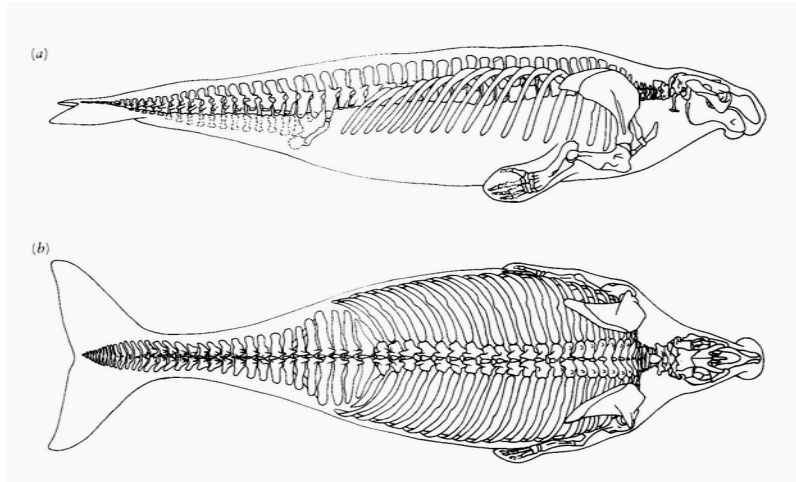




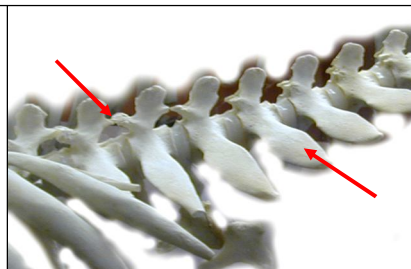
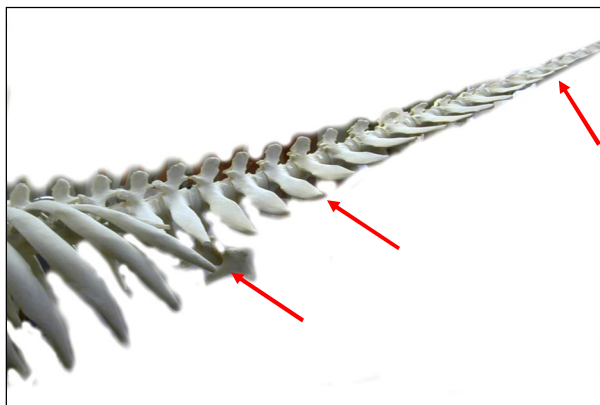
L'arto anteriore è modificato in natatoia ma mantiene la struttura di base del tetrapode, al contrario degli ittiosauri. Notare comunque la modificazioni tipiche dall'adattamento spinto alla vita acquatica (riduzione/arrotondamento dei carpali, perdita mobilità articolazioni)

Delfino

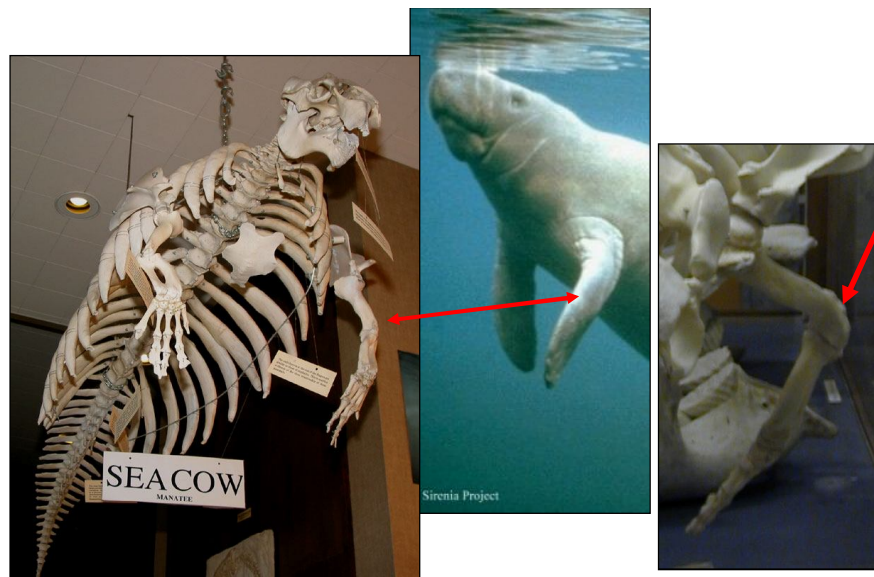




Anche i sirenidi sono oscillatori caudali, ma molto più lenti dei cetacei



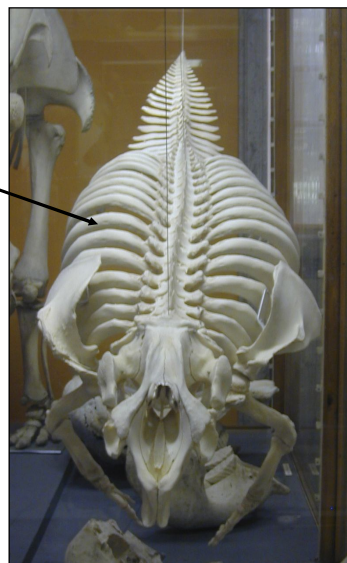
Gli adattamenti sono pressoché gli stessi che nei cetacei



**Il gomito mantiene però una certa flessibilità
In quanto i Sirenidi possono usare le zampe anteriori
per pagaiare lentamente mentre si nutrono**



Pachiosiosi



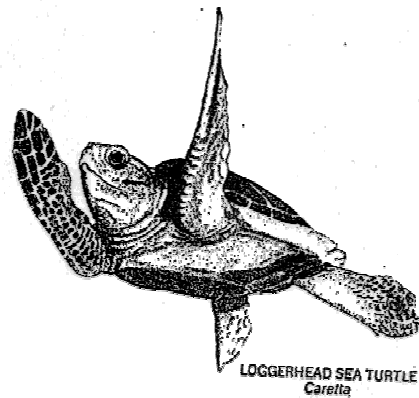
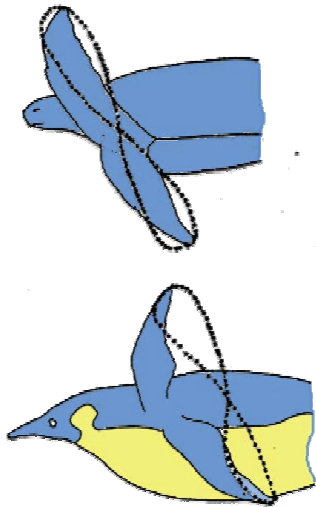


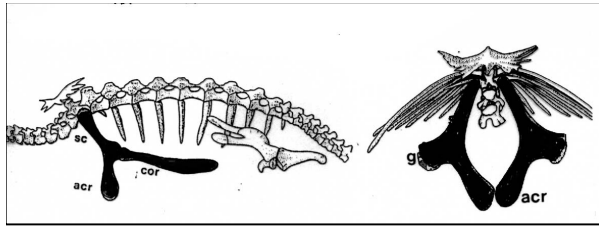
Il cranio mostra adattamenti tipici degli erbivori che brucano, soprattutto i bovidi, come assenza di denti anteriormente, sostituiti da paletta e e denti posteriori trituranti



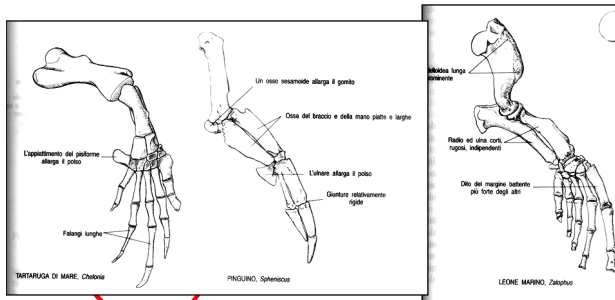
Parassiale continuo

Volo subacqueo

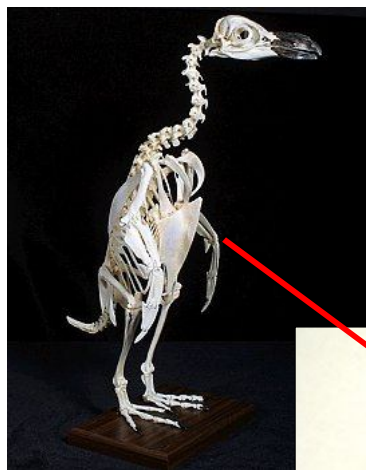
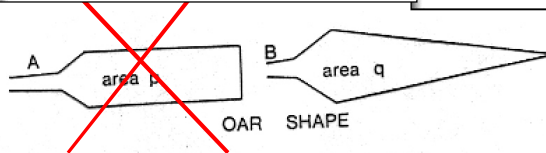


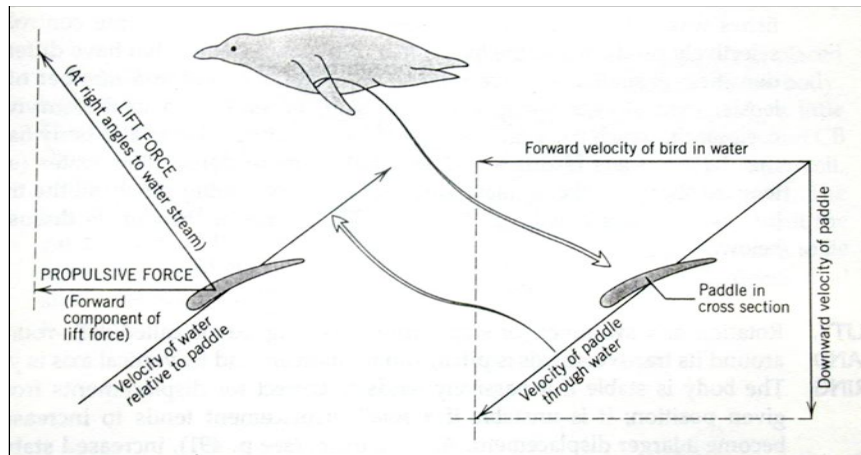


Come nel volo vero e proprio, è necessario un solido ancoraggio degli arti, per cui i cinti sono ben sviluppati e formano un robusto anello

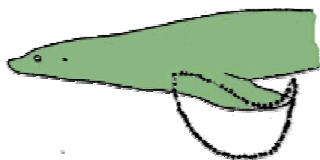
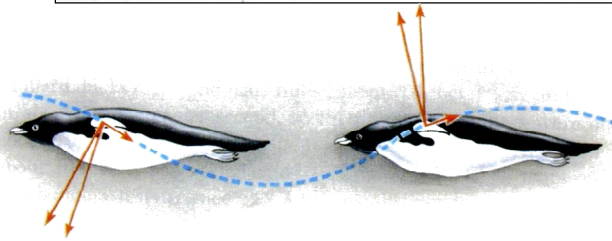


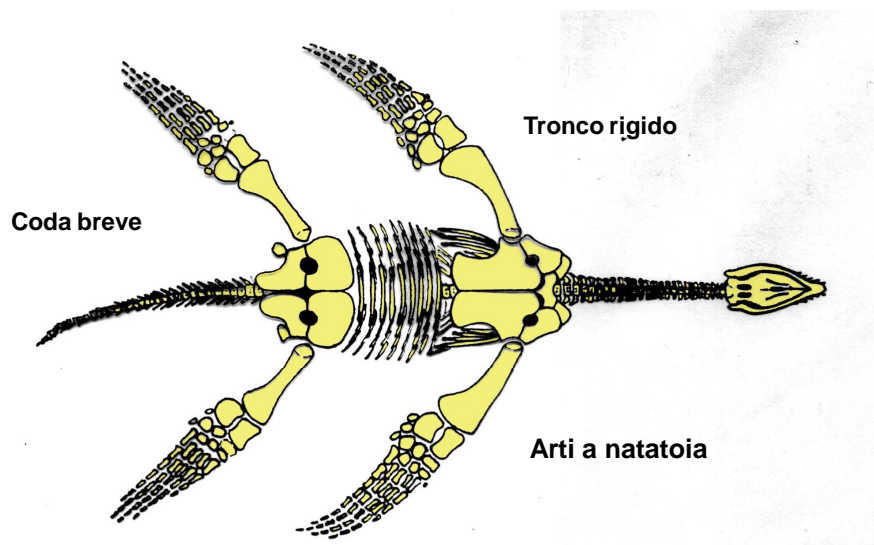
La forma della natatoia è quella di un'ala, non di un remo, per ottimizzare il flusso del fluido



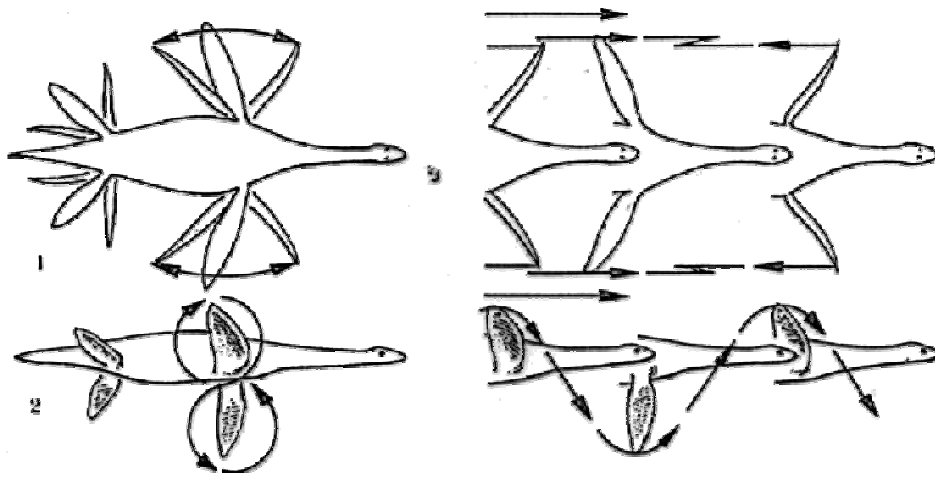


“volo subacqueo”

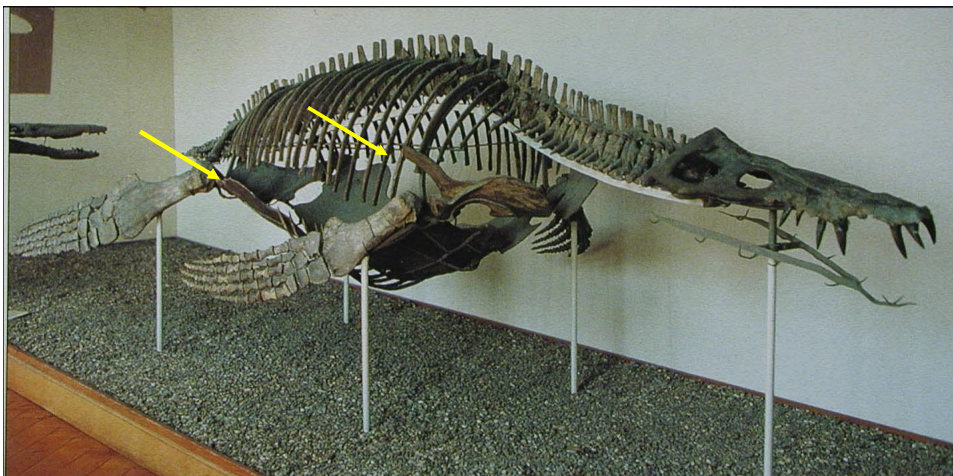


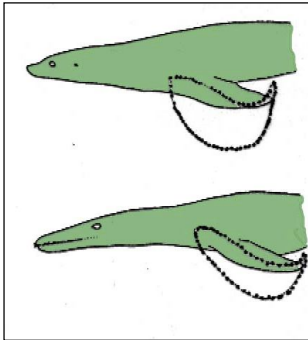


Nuotatore parassiale continuo??

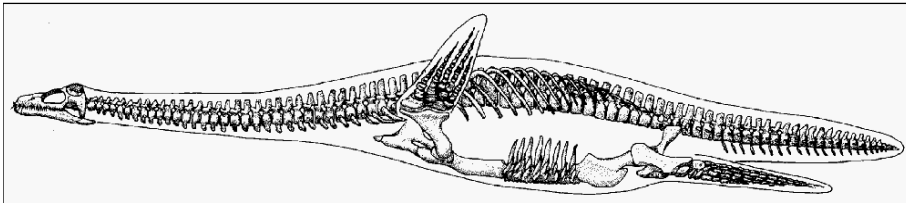


Scarso sviluppo dorsale dei cinti

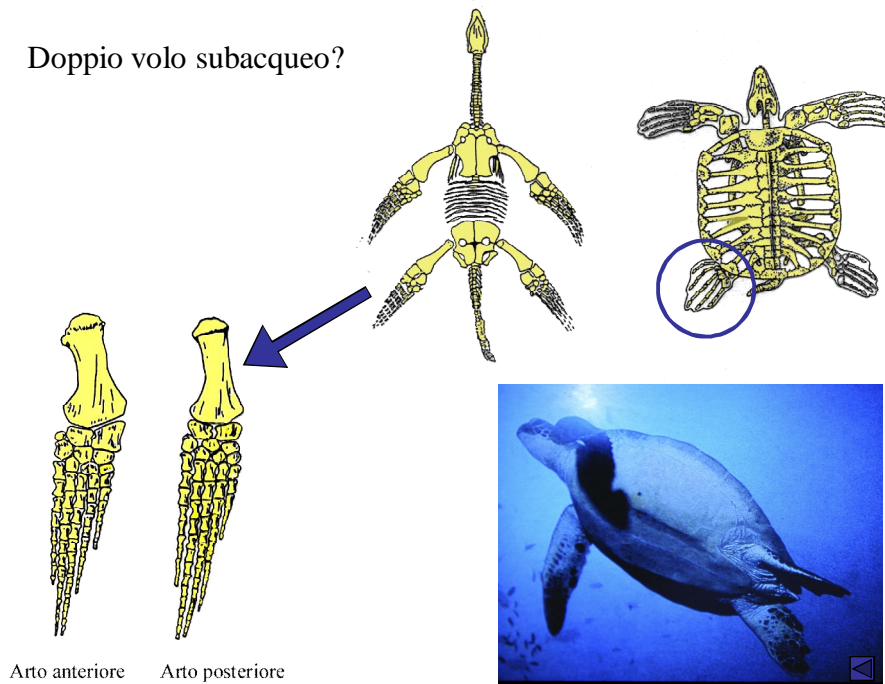




“mezzo” volo subacqueo?

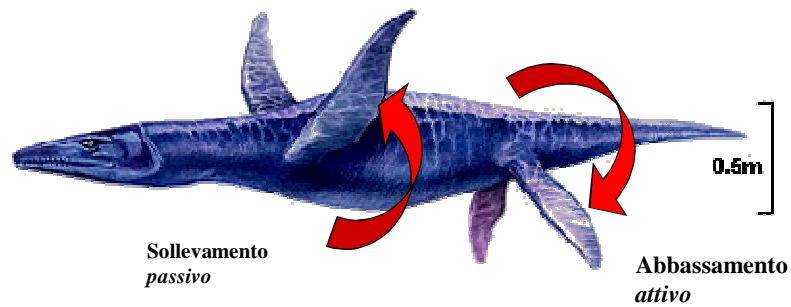


Doppio volo subacqueo?

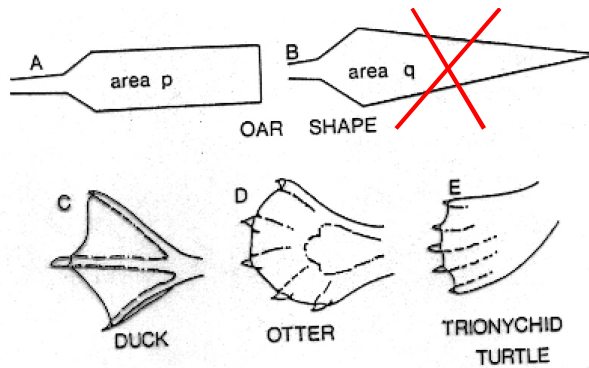


Arto anteriore

Arto posteriore

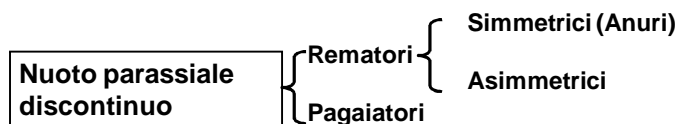


Non occorre forse una potente muscolatura dorsale, perché se il nuoto era alternato la spinta indotta da un paio di arti in fase di abbassamento attivo, consentiva il sollevamento passivo dell'altro paio sfruttando la portanza generata dalla corrente, bastava orientare correttamente le natatoie



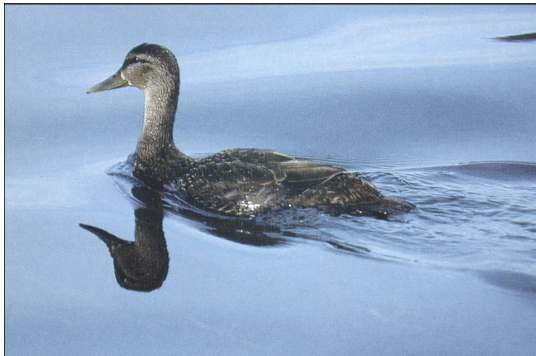
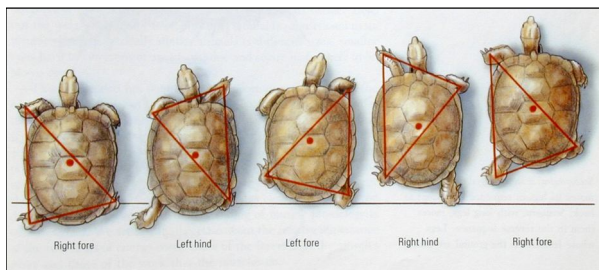
È presente una fase passiva di recupero, quindi è meno efficiente.

Richiede modifiche meno spinte, per cui è tipico di animali non esclusivamente acquatici che si muovono e vivono spesso anche sulla terraferma

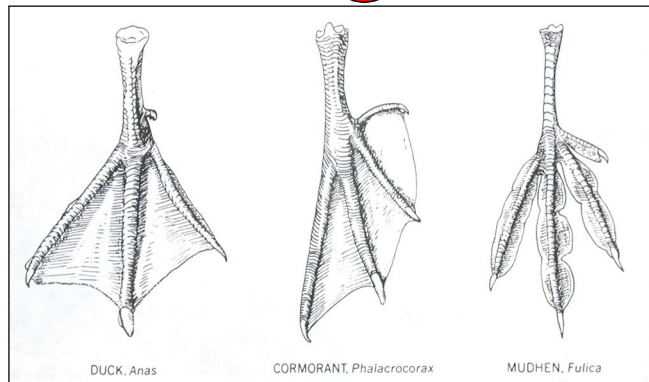
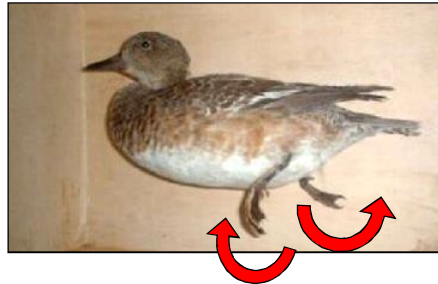


Il girino è ovviamente un oscillatore caudale, l'adulto è un nuotatore parassiale discontinuo ("rematore") ma simmetrico, le modalità sono quelle usate per il salto

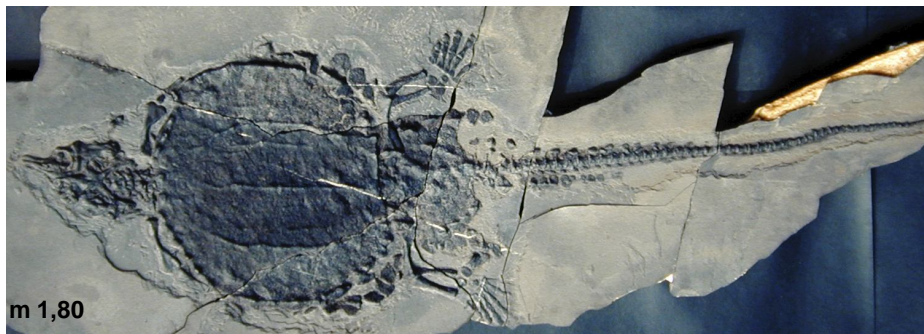
Le tartarughe palustri sono "rematori" asimmetrici, usano lo stesso schema motorio che utilizzano per camminare



“Pagaiatori”
 Gli arti oscillano in senso
 anteroposteriore anziché
 laterale
 Tipico di animali che si
 muovono frequentemente
 sul terreno (o in aria)

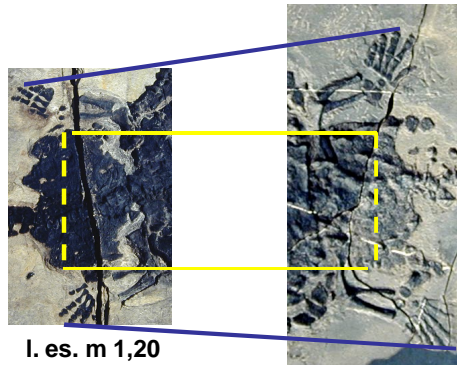


Placodonti



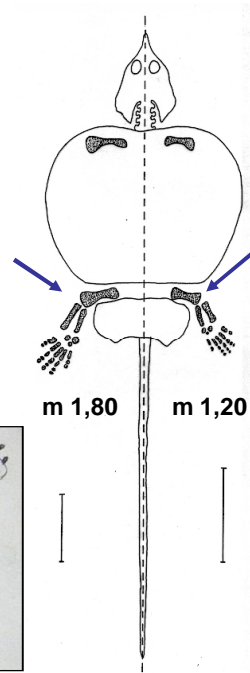
Psephoderma alpinu





l. es. m 1,20

l. es. m 1,80



m 1,80

m 1,20

