



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

Corso di laurea  
**Scienze biologiche**

**The Origin of Filter Feeding in Whales**  
**L'origine dell'alimentazione per filtrazione nelle balene**

**Tesi di Laurea di:**

Barbara Mondaini

**Docente Referente:**

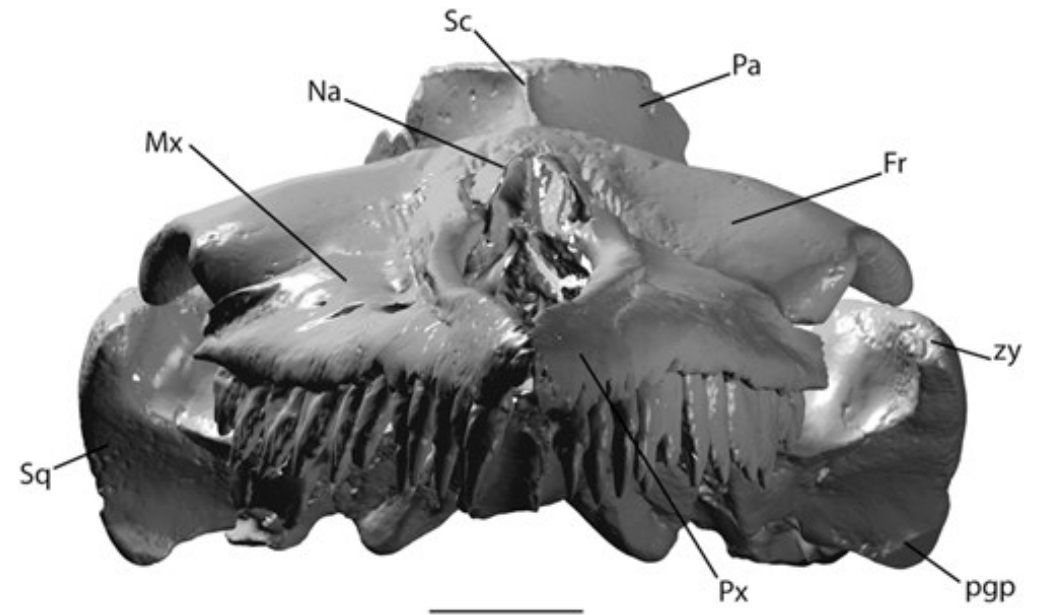
Chiar.mo Prof.  
Vincenzo Caputo Barucchi

Sessione:                    ottobre 2024

Anno Accademico:        2023/2024

# Obbiettivi:

- Discussione sulla storia evolutiva dei fanoni nei Mysticeti.
- Analisi comparata dei resti fossili del cetaceo estinto *Coronodon havensteini*: funzione dei suoi denti prima che comparissero i fanoni.
- Evoluzione dei fanoni e loro comparsa in specie appartenenti a gruppi successivi (Eomisticeti).
- Totale perdita dei denti nei Mysticeti.



Cranium of *Coronodon havensteini* in Anterior View

## The Origin of Filter Feeding in Whales

Geisler et al., 2017, Current Biology 27, 2036–2042  
July 10, 2017 © 2017 Elsevier Ltd.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2017.06.003>

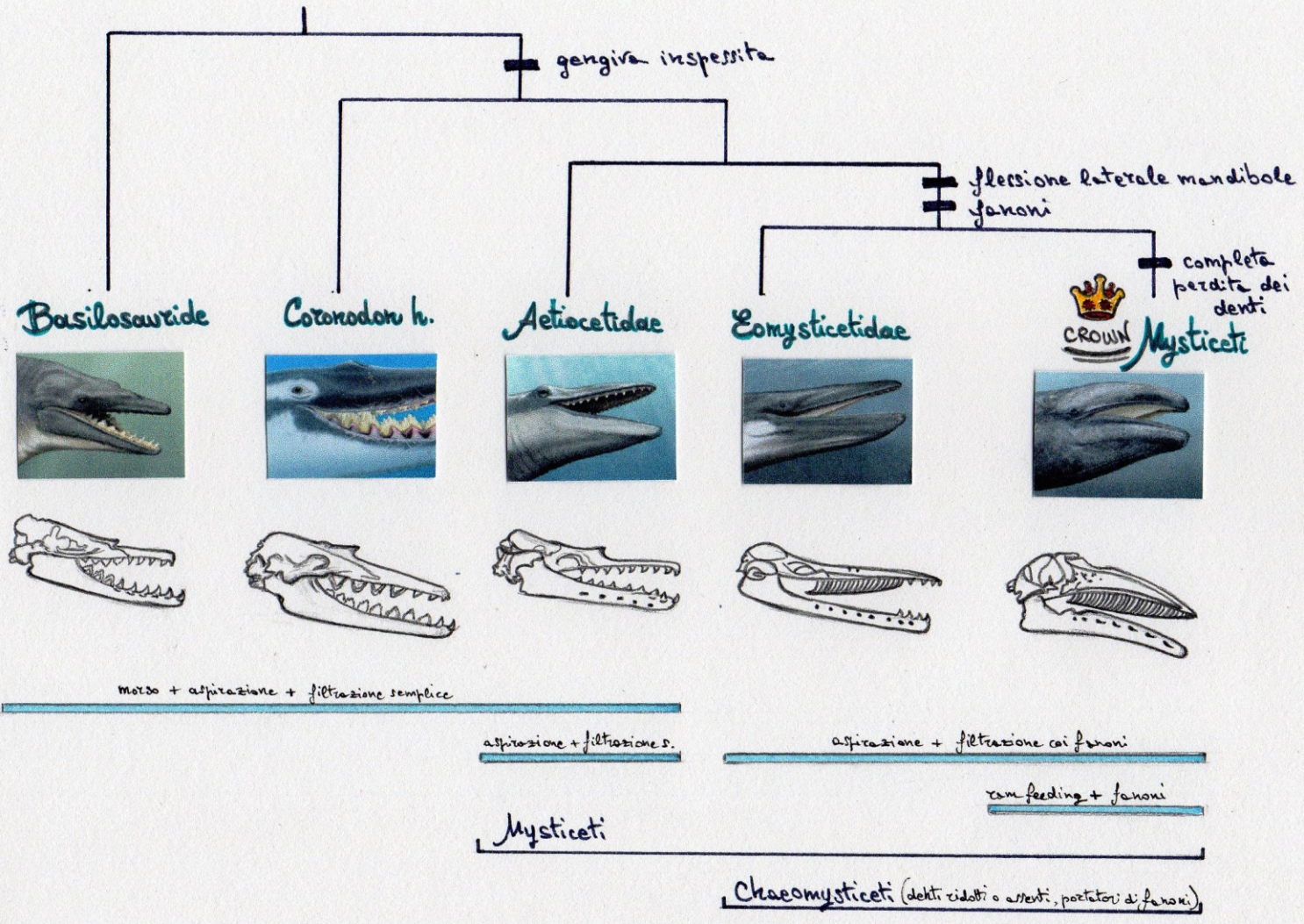
Nello studio di Geisler et al. (2017) viene descritta una nuova specie di cetaceo di 30 milioni di anni fa, *Coronodon havensteini*, dal greco «corona di denti», i cui resti sono stati rinvenuti in South Carolina. L'esemplare conserva i denti e i suoi molari, grandi, multicuspidati e sovrapposti, erano analoghi dei fanoni nell'alimentazione per filtrazione.

*Coronodon*, specie transizionale tra i grandi Archeoceti predatori apicali possessori di denti, e i moderni Mysticeti provvisti esclusivamente di fanoni, dimostra che l'alimentazione per filtrazione basata sui denti si evolse molto prima dei fanoni.

I denti furono conservati a lungo assieme ai fanoni prima di essere persi completamente nel corso dell'evoluzione.











Foca leopardo — TEMIBILE PREDATRICE DELL'ANTARTIDE —



Foca cancrivora

Per ricostruire il comportamento in vita di una creatura estinta milioni di anni fa, risulta utile confrontare l'anatomia ed il modo di alimentarsi di animali attuali che conservano elementi anatomici molto simili.

La **Foca cancrivora** (*Lobodon carcinophagus*) e la **Foca leopardo** (*Hydrurga leptonyx*) sono specie di Focidi che presentano denti pressoché identici al **Coronodon**. Questi due pinnipedi si distinguono dagli altri focidi per avere un rostro più lungo, denti più grandi, piccolo diastema e molari e premolari sub-eguali.

La **Foca cancrivora** usa i suoi denti anteriori per catturare le prede più grandi e la dentatura post-canina come «filtro», per catturare quelle di piccole dimensioni.





Denti e **fanoni** hanno diversa origine: i primi sono costituiti da tessuto osseo, mentre i secondi hanno un'origine epidermica.

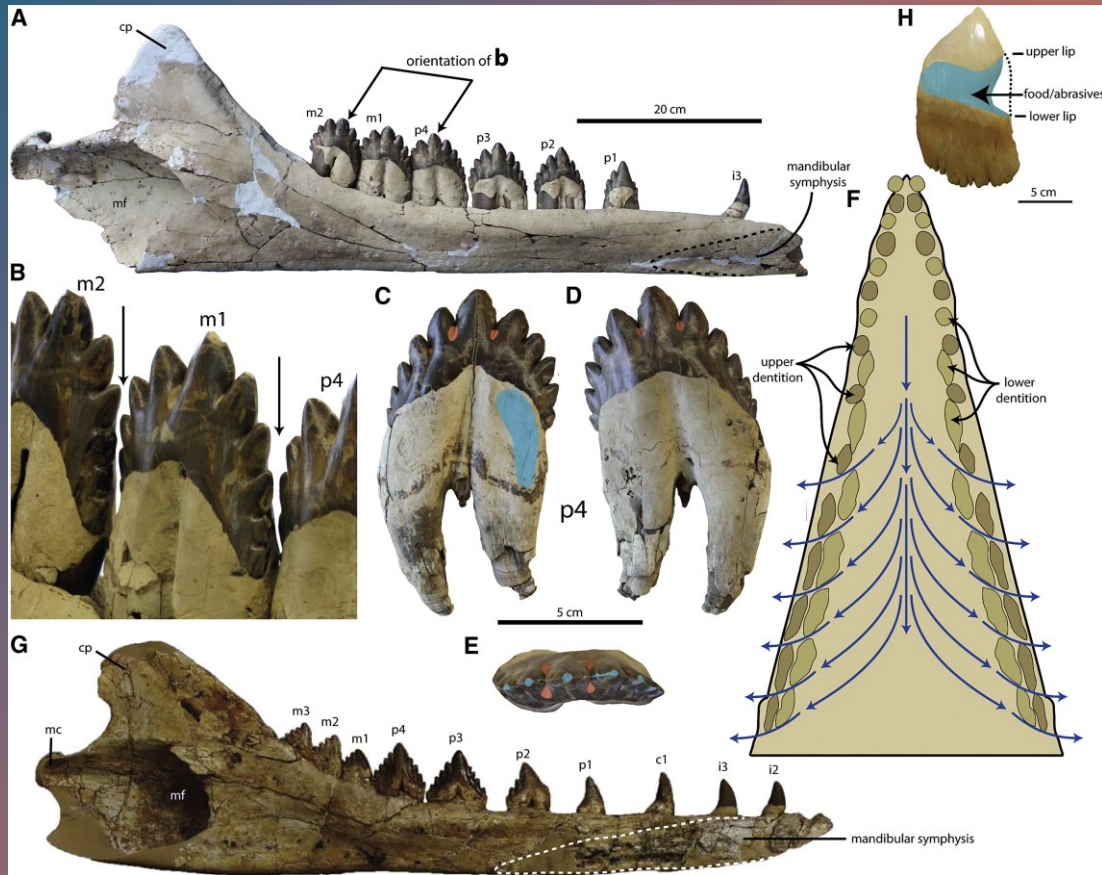
**Si generano dalla gengiva e sono lamine di cheratina fissate alla mascella superiore orientate perpendicolarmente rispetto all'asse del corpo. Su ogni lato della cavità buccale possono essere presenti centinaia di lamine. L'estremità interna di ogni lamina si frangia in filamenti di cheratina che si intrecciano con i filamenti delle lamine adiacenti formando uno spesso groviglio all'interno della bocca, fungendo così da setaccio.**

Fra le varie specie ci sono piccole differenze nella modalità di alimentarsi, ciò comporta che la lunghezza e l'elasticità dei fanoni, e la flessibilità delle frange, varino.

*Balenottera boreale* → lunghi fanoni elastici, fitti e fini (**microplanctografi**);

*Megattera* → fanoni più corti, meno elastici, meno fitti (**macroplanctofagi**) ...krill...;

*Balena grigia del Pacifico* → fanoni corti e spessi, per setacciare il limo dei fondali (**bentofagi**).



(A) Left mandible in medial view. (B) Oblique anteromedial view of filter-feeding slots (indicated by arrows) between molars and p4. Orientation of view is shown in (A). (C-E) Left lower p4 in (C) labial, (D) lingual, and (E) occlusal views. (F) Schematic representation of hypothesized water flow (blue arrows) through the oral cavity during filter feeding, drawn from CT data after the mandibles were digitally articulated with the cranium. (G) Left mandible of the basilosaurid *Cynhiacetes peruvianus* in medial view. (H) Tusk of the beaked whale, *Mesoplodon stejnegeri*, in labial view. cp, coronoid process; mc, mandibular condyle; mf, mandibular fossa. Blue denotes dental wear and red denotes dental erosion.

*Coronodon havensteini* è un misticeto munito di **denti funzionalmente differenziati**: quelli anteriori venivano usati per **catturare** prede di grandi dimensioni; quelli posteriori (premolari e molari), embricati e multicuspidati, delimitavano strette fessure proprio come quelli della **Foca cancrivora**.

*Coronodon* era meno efficiente nel catturare prede di grandi dimensioni rispetto al suo antenato *Basilosauridae*, che mostrava un rostro lungo e stretto simile a quello degli attuali odontoceti.

Il rostro di *Coronodon* è più largo (sinfisi mandibolare più corta).

Inoltre sulla forma dei denti:

- il *Basilosauridae* mostra premolari più dritti e aguzzi, e molari con cuspidi che puntano sempre verso l'alto;
- *Coronodon* ha molari sub-eguali al PM4 con cuspidi più incurvate verso i denti vicini e sono infissi nell'osso alveolare meno in profondità rispetto a quelli dell'Archeoceto.

Tutto ciò in *Coronodon* comprova l'«ipotesi della filtrazione dentale».

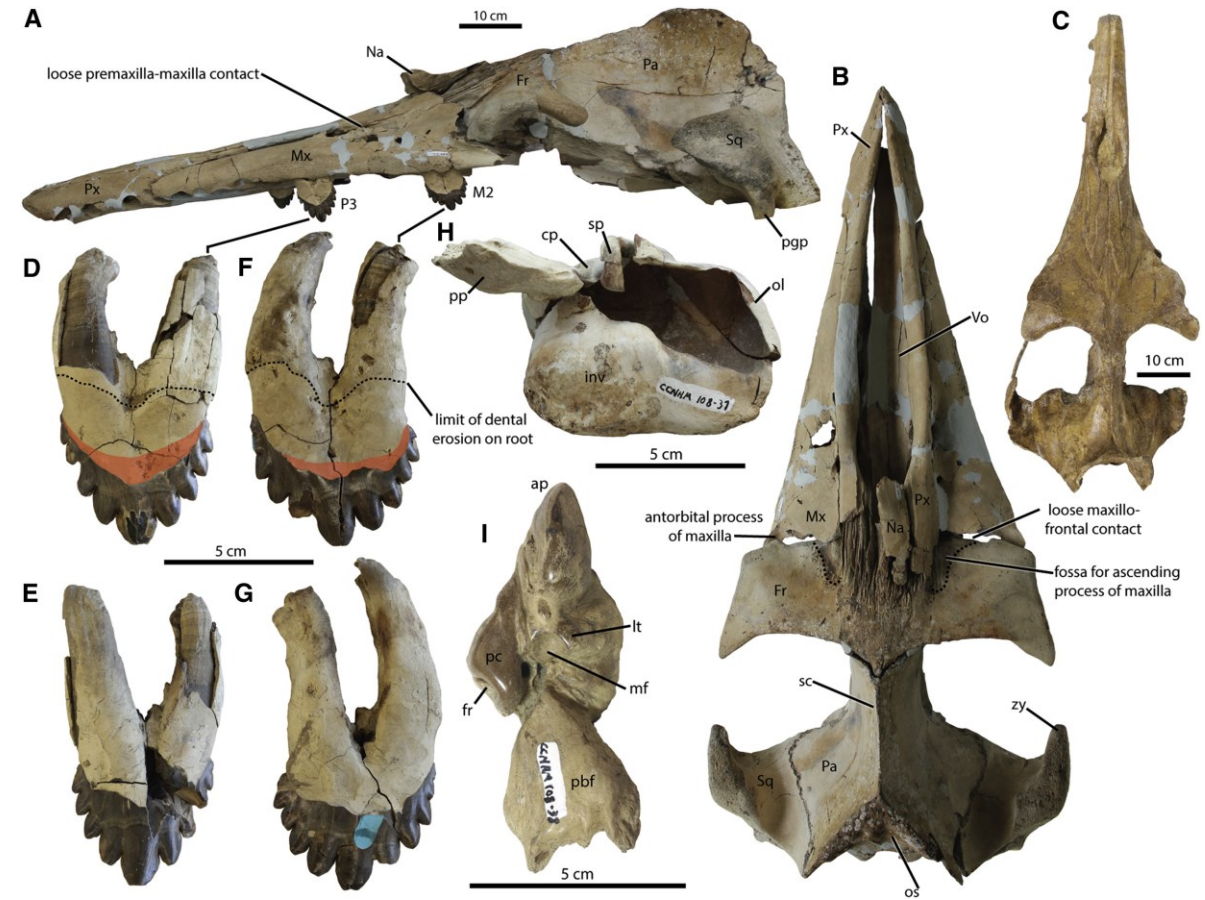
I denti superiori di *Coronodon* si sovrappongono ampiamente a quelli inferiori invece di interdigitarsi con essi. Di conseguenza, quando la bocca è aperta, i denti posteriori racchiudono spazi a forma di diamante che potrebbero filtrare prede di varie dimensioni.



Quando la bocca veniva chiusa, gli spazi vuoti nel *Coronodon* sarebbero stati chiusi dalla corona della dentatura antagonista. Anche così, le strette fessure tra i molari inferiori embricati rimanevano aperte, consentendo di filtrare anche le prede più piccole.



I bordi di queste fessure, formati dalle piccole cuspidi accessorie, creano un setaccio. Al contrario, negli Archeoceti le cuspidi basali restano aguzze, verso l'alto: come accade nei tipici denti ferini o carnassiali degli animali carnivori, che si chiudono come lame di cesoie.



(A-E) Cranium in (A) lateral and (B) dorsal view of the archaeocete *Zygorhiza kochii*. Also shown of *Coronodon* are the left P3 in (D) labial and (E) lingual views. (F and G) Left M2 in (F) labial and (G) lingual views. (H and I) Right bulla in (H) dorsal view and left petrosal in (I) ventrolateral view. Portions in gray are reconstructed. ap, anterior process of petrosal; cp, conical apophysis; fr, fenestra rotunda; Fr, frontal; It, ventrolateral tuberosity; mf, fossa for malleus; Mx, maxilla; Na, nasal; ol, outer lip of bulla; os, occipital shield; Pa, parietal; pc, pars cochlearis; pbf, posterior facet for bulla; pgg, postglenoid process; pp, posterior process of bulla; Px, premaxilla; sp, sigmoid process; Sq, squamosal; Vo, vomer; zy, zygomatic process; VII canal for facial nerve. Scale bars in (A)-(C), 10 mm.

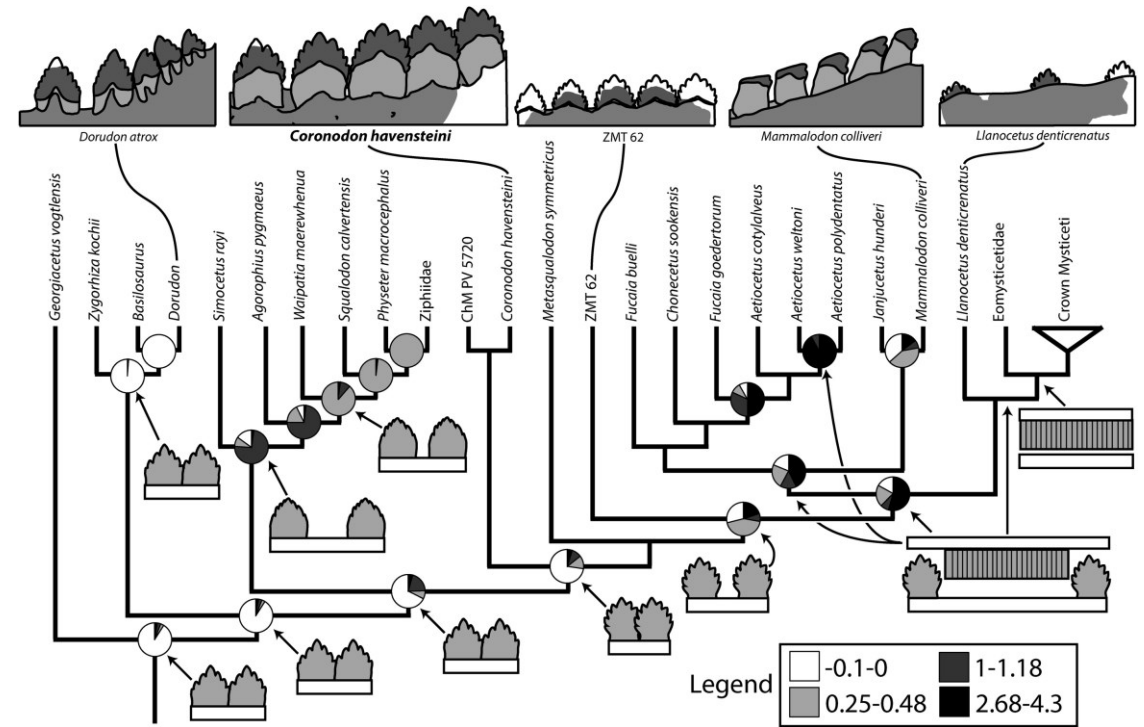


Non ci sono chiare evidenze della presenza di fanoni in *Coronodon* se non tre o quattro minuti forami nutritizi, raggruppati attorno al PM3. Tali forami negli attuali Mysticeti sostengono la vascolarizzazione dei fanoni funzionali.

Sebbene a *Coronodon* molto probabilmente mancassero i fanoni, vi è però l'evidenza che avesse una gengiva ispessita. Ciò porta a concludere che i **proto-fanoni** si siano evoluti dalla gengiva a partire dalle estremità laterali delle fessure interdentali.

La selezione naturale avrebbe poi favorito lo sviluppo di veri e propri pettini di cheratina (**fanoni**), che occuparono progressivamente il diastema sempre più ampio fra i denti sempre più piccoli (fino a scomparire nei Mysticeti).

L'evoluzione del diastema molare è caratterizzata da due o più successivi allargamenti che culminano in quello eccezionalmente ampio di *Llanocetus denticrenatus*, seguito dalla perdita dei denti posteriori negli Eomysticetidi.

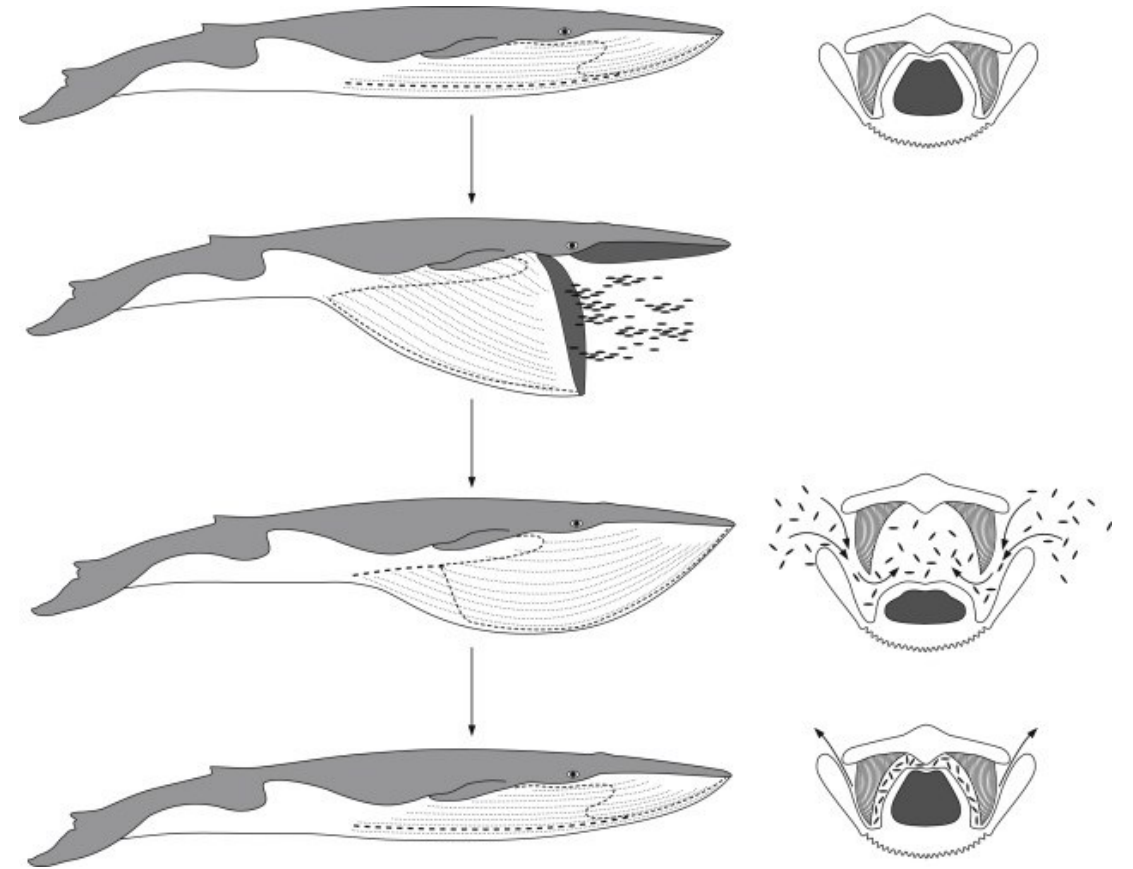


L'ipotesi della filtrazione dentale non esclude quella dell'aspirazione. Entrambe possono coesistere, come dimostrato dalle [Foche cancrivore](#) e dalle [Foche leopardo](#). Tra gli odontoceti esistenti, l'indice di ottusità mandibolare, o MBI, è significativamente correlato all'alimentazione tramite aspirazione. L'MBI di [Coronodon](#) è 0,41 in linea con i predatori attuali; tuttavia, ci sono delle eccezioni. Molti Odontoceti con rostri lunghi e stretti occasionalmente aspirano il cibo e altri, come gli Zifidi, si affidano quasi esclusivamente a questo comportamento.

Sembra che [Coronodon](#) utilizzasse principalmente la **ram feeding**, per cui un predatore acquatico apre la bocca e poi spinge il suo corpo sulla preda. Questa tecnica è una delle forme più semplici di predazione acquatica ed è comunemente usata tra gli Odontoceti e dai Mysticeti.

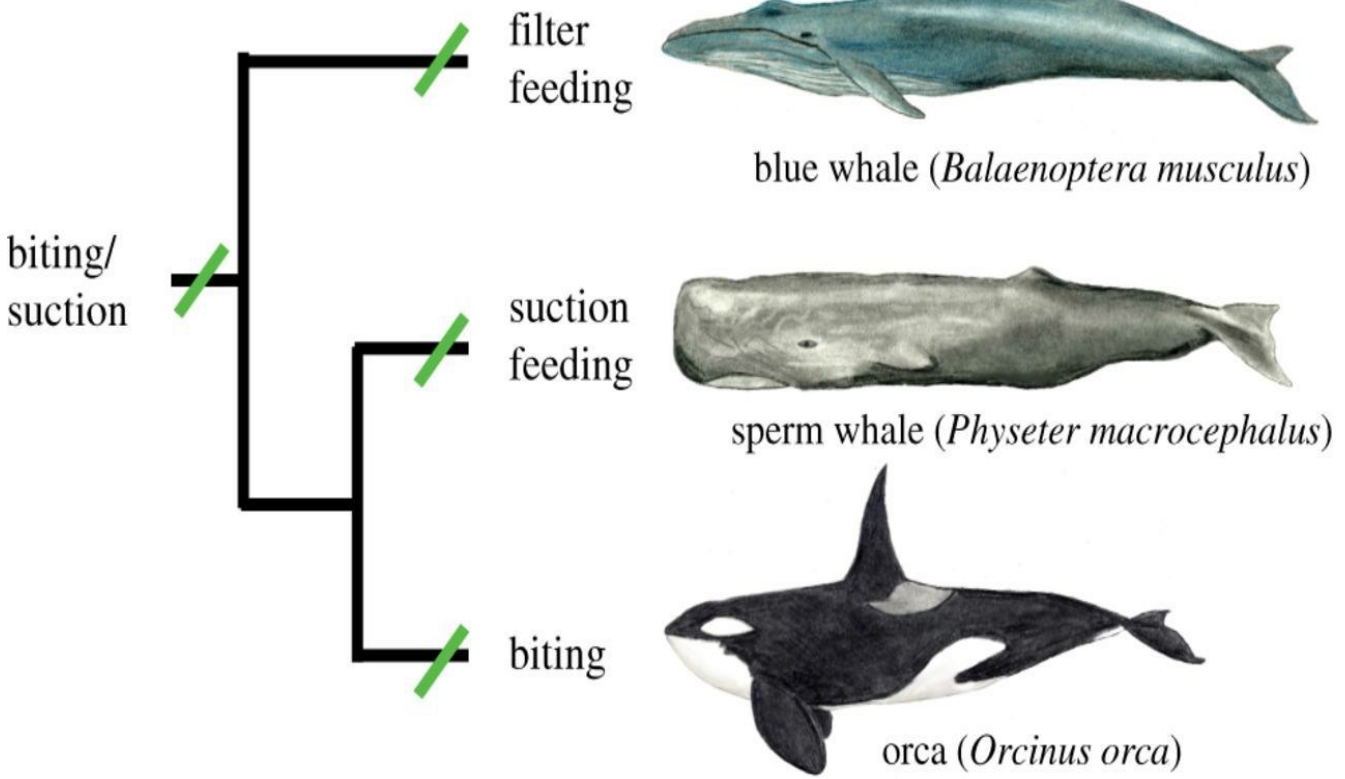
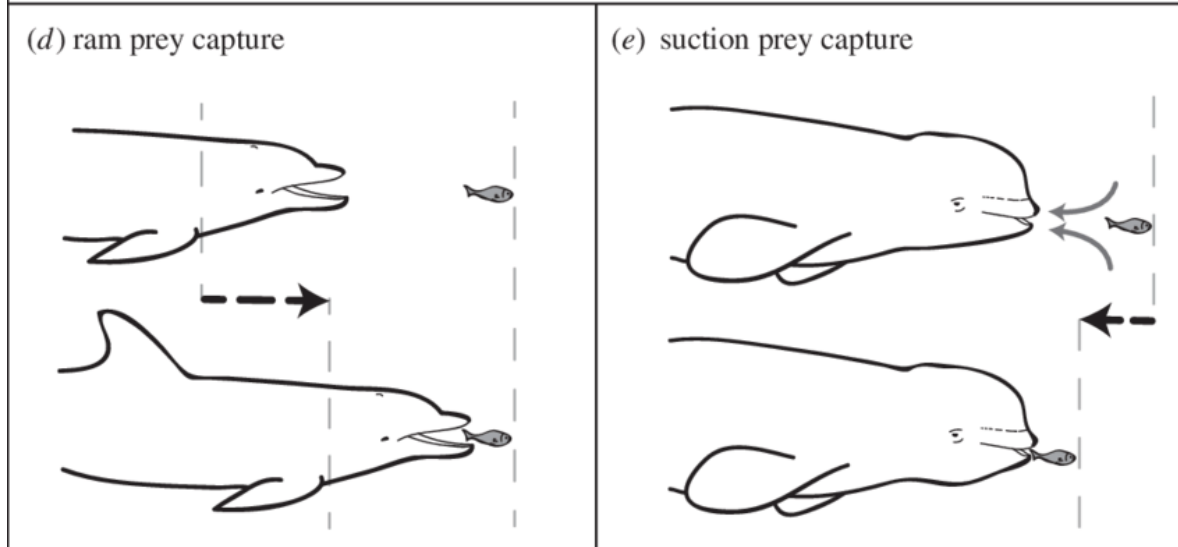
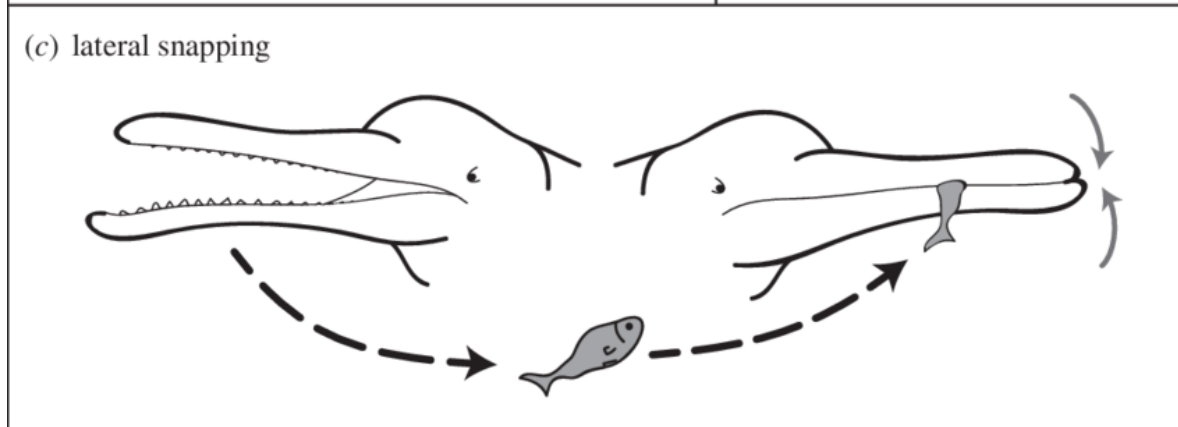
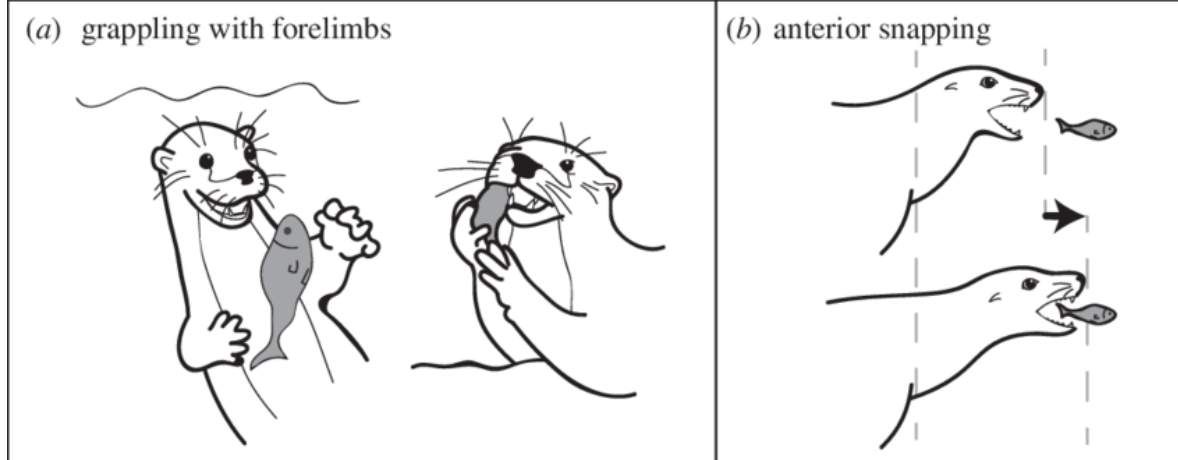
Nelle balenottere e in altri Mysticeti esistenti la **ram feeding** è associata all'allometria positiva del cranio, delle mandibole e della cavità buccale.

Siccome l'alimentazione tramite filtrazione è associata a grandi dimensioni corporee, questo sviluppo telescopico del muso in avanti, che lascia indietro le narici (lo sfiatatoio), è risultato di un feedback positivo nei filtratori: **bocche più grandi possono catturare più prede e più prede possono sostenere dimensioni corporee maggiori.**





Infine: secondo Geisler et al. (2017), contrariamente ad altri studi, l'alimentazione per filtrazione si sarebbe evoluta poco dopo la divergenza degli Odontoceti e dei Mysticeti.



## Conclusioni:

Il **metodo comparativo** è un approccio scientifico basato sul confronto di strutture anatomiche simili in organismi diversi. Ciò permette di svelare se tali strutture siano andate incontro a cambiamenti adattativi nel corso dell'evoluzione (convergenza/divergenza evolutiva).

Questo approccio è particolarmente utile quando si cerca di ricostruire la biologia di organismi estinti, di cui si dispone solo di resti scheletrici fossilizzati: la comparazione con organismi viventi simili ad essi permette di effettuare valide ipotesi sullo stile di vita di queste specie estinte, altrimenti inconoscibile.

È un metodo **molto diverso da quello galileiano** che è basato sulla replicabilità dell'esperimento e sulla prevedibilità dei risultati ottenuti.

Tuttavia, esso è in grado di affrontare quegli aspetti dell'evoluzione che, in quanto **fenomeni unici** (come l'origine o l'estinzione delle specie), non possono essere sottoposti al classico esperimento di laboratorio, ma non per questo non possono essere conosciuti e descritti con rigore scientifico.





Cranium of *Coronodon havensteini* in Side View

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

# Bibliografia

<https://files.ehive.com/accounts/201890/objects/files/f4f290248b104227b02adc333a0ecf4f.pdf>

<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2016.2750>

[https://www.researchgate.net/publication/257396658\\_Leopard\\_seals\\_Hydrurga\\_leptonyx\\_use\\_suction\\_and\\_filter\\_feeding\\_when\\_hunting\\_small\\_prey\\_underwater](https://www.researchgate.net/publication/257396658_Leopard_seals_Hydrurga_leptonyx_use_suction_and_filter_feeding_when_hunting_small_prey_underwater)

«Fisiologia degli Animali Marini» Alessandro Poli, Elena Fabbri. Edises II Edizione

«Il vertebrato che è in noi. Anatomia comparata ed evoluzione del corpo umano» Vincenzo Caputo Barucchi. UTET Università

<http://tempopieno.altervista.org/images/balene/DSCN6130.JPG>

<https://www.thefossilforum.com/topic/75636-introducing-coronodon-havensteini-a-new-toothed-baleen-whale-from-south-carolina/>