

Bölüm 4: Evrimin Fossil Kayıtları

Prof. Dr. Bektaş TEPE

(Kaynak: Evrim - Douglas J. Futuyama)

Fosil kayıtlar önemlidir

- ❖ **Günümüzde yaşayan canlılardan** elde edilen bilgilerle **evrimin tarihinin bir kısmına ulaşıldıysa** da, bu tarihin **gerçek kanıtlarına**, yalnızca **paleontologlar** ulaşabilirler.
- ❖ **Günümüzde yaşayan** çeşitli primatların **anatomi**leri arasındaki **farklılıkları** ve **benzerlikleri gözlemleyebilir**, **ölçebilir** ve **kaydedebiliriz**.
- ❖ Bu gözlemler sonucunda, **insanın soyağacında oluşan değişimleri** ortaya koyabiliriz.
- ❖ Fakat **fosiller** üzerine yapılan araştırmalar **evrim tarihinin ayrıntılarını**, insan ya da insansı (hominin) soyunun **iri insansı maymunlardan ayrıldığını** belgeler.



Fosil kayıtlar önemlidir

- ❖ Fosiller bizlere;
 - ❖ **yaşayan dÖller bırakmamış** sayısız yaratığın **varlığını**,
 - ❖ büyük **yok oluş** ve **farklılaşma** olaylarını ve
 - ❖ canlıların günümüzdeki dağılımını açıklayan **kıta ve canlı hareketlerini**anlatır.
- ❖ Sadece bu kayıtlardan, evrimsel olayların **muhtemel zaman ölçeğini** ve ayrıca onların ortaya çıktığı **çevresel koşulların kanıtlarını** elde edebiliriz.



Fosillerden elde edilen ipuçları

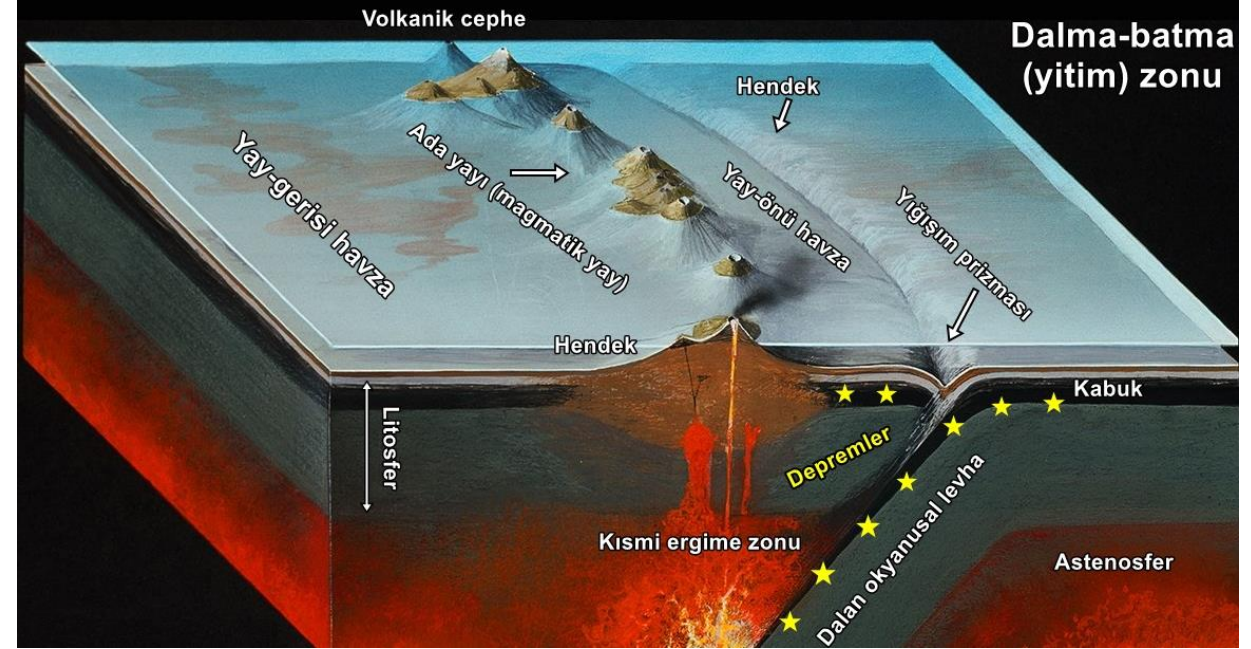
- ❖ Fosiller, özellikle iki önemli konu üzerine ipuçları verir:
 - ❖ belirli soy hatlarında **fenotipik dönüşümler** ve
 - ❖ zaman içinde **biyolojik çeşitlilikteki değişimler**
- ❖ Bu konulardan **ilki** bu bölümün başlıca konusudur.

Bazı jeolojik temeller

Kaya oluşumu

Magmatik kayalar

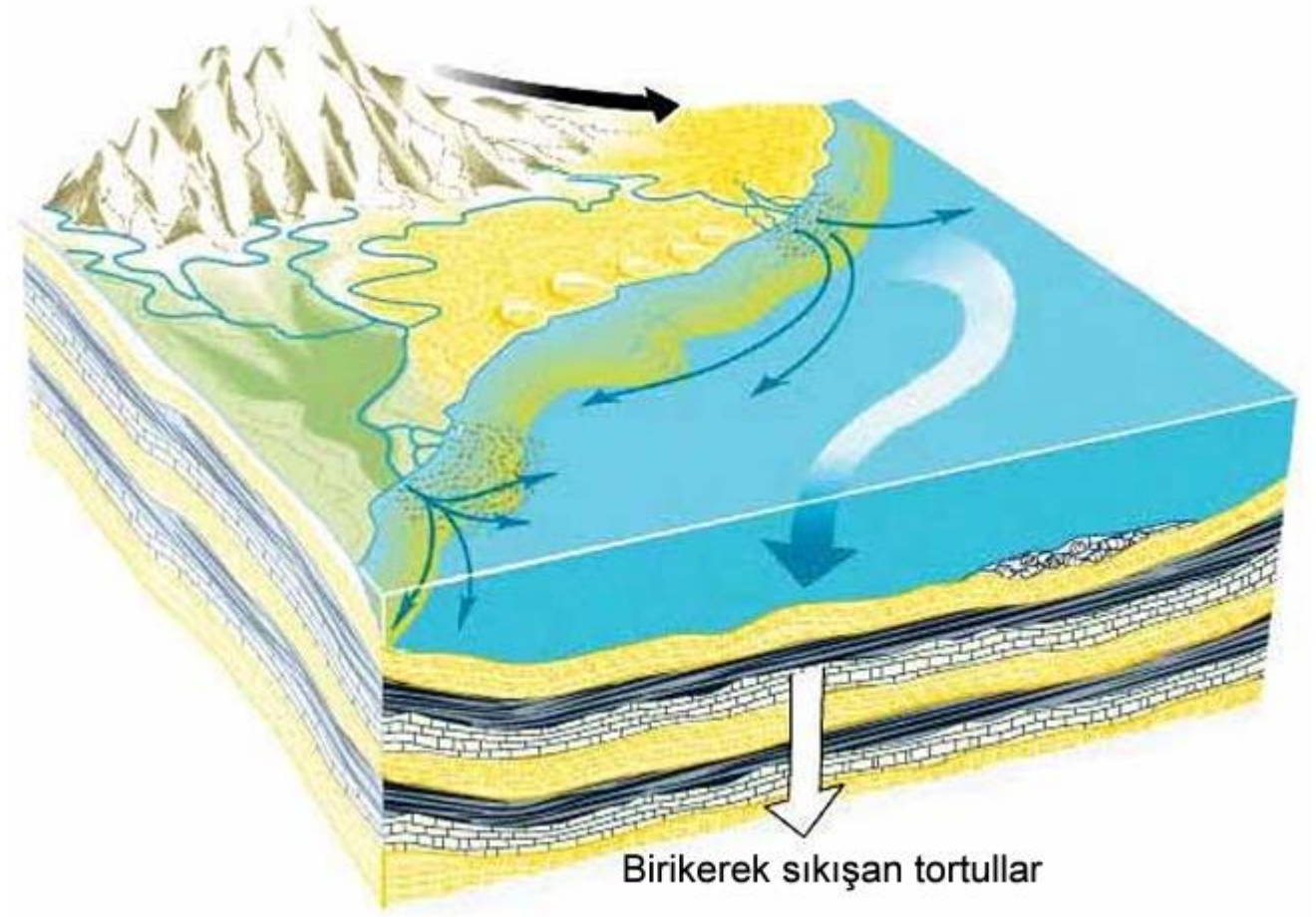
- ❖ Yerküre yüzeyindeki kayalar, **yerkürenin derinliklerinden püskürmüş ergimiş malzemedan** (magma) meydana gelmiştir.
- ❖ Bu püskürme oluşumlarının bazıları **volkanlar aracılığıyla** olur, ama çoğu kaya, **okyanus ortası sirtlarda**, yeni **yer kabuğu oluşumları olarak** meydana gelir.
- ❖ Bu şekilde oluşan kayalar **magmatik** (latince "ateşten") kaya olarak adlandırılırlar.



Kaya oluşumu

Tortul kayalar

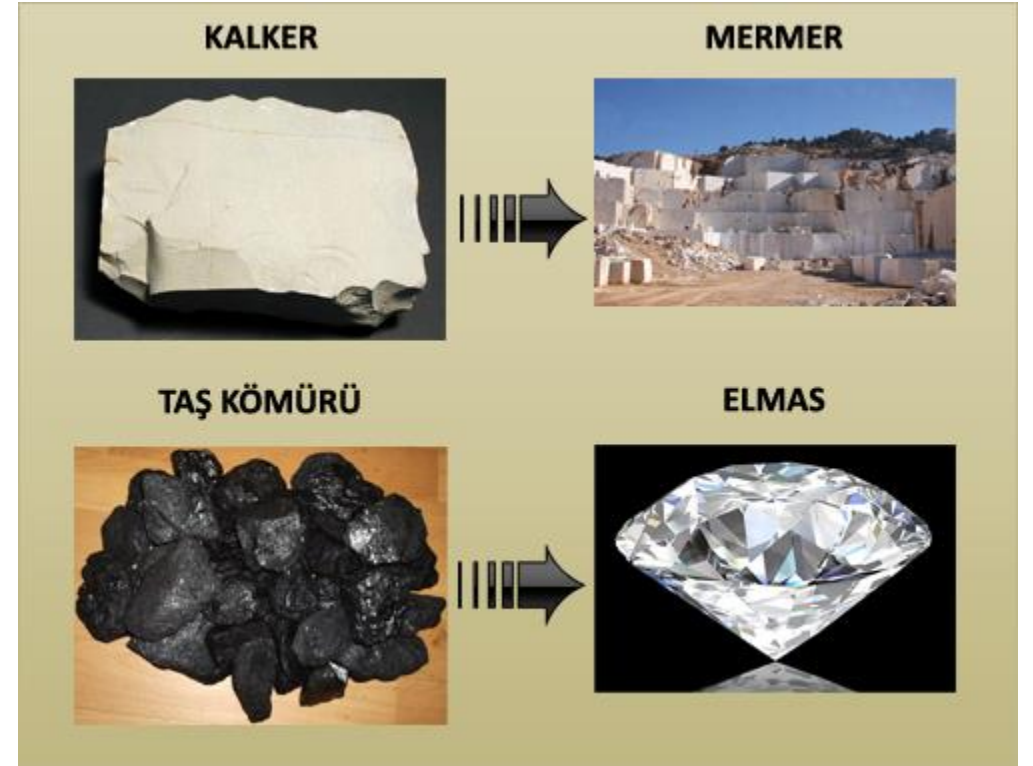
- ❖ **Tortul kayalar** (sedimentary rocks; Latince- "çökme" "batma") **tortulların depolanması** ve **katılaşması** ile oluşur.
- ❖ Tortullar genelde ya **yaşlı kayaların parçalanması** ile ya da **sudaki minerallerin yoğunlaşması** ile oluşurlar.



Kaya oluşumu

Başkalaşmış kayalar

- ❖ **Yüksek ısı** ve **basınç**, magmatik ve tortul kayaların her ikisini de değiştirir ve **başkalaşmış** (Yunanca- "biçim değişikliği") kayalarını oluşturur.



Peki fosiller nerede bulunur?

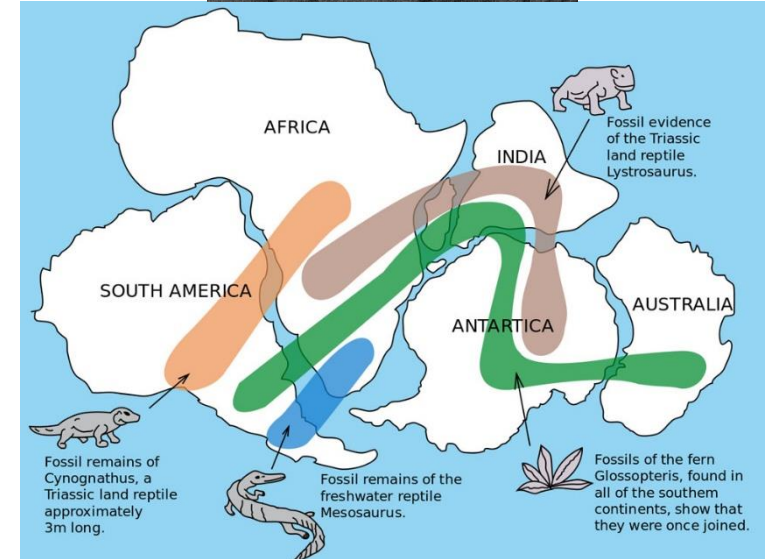
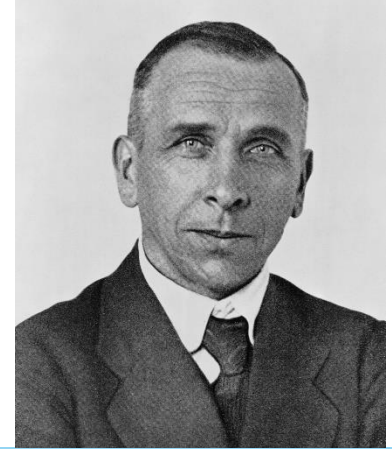
- ❖ Fosillerin çoğu **tortul kayalarda** bulunur.
- ❖ Fosiller asla **magmatik kayalarda bulunmazlar** ve **başkalaşım kayalarının içindekiler** de genellikle **tanınamayacak kadar değişmişlerdir**.
- ❖ Örneğin **kehribar** (fosilleşmiş bitki reçinesi) içindeki **böcekler**, ve **buzul** içindeki donmuş bazı **mamutlar** gibi çok az fosil değişik şekillerde korunmuşlardır.



Levha tektoniği

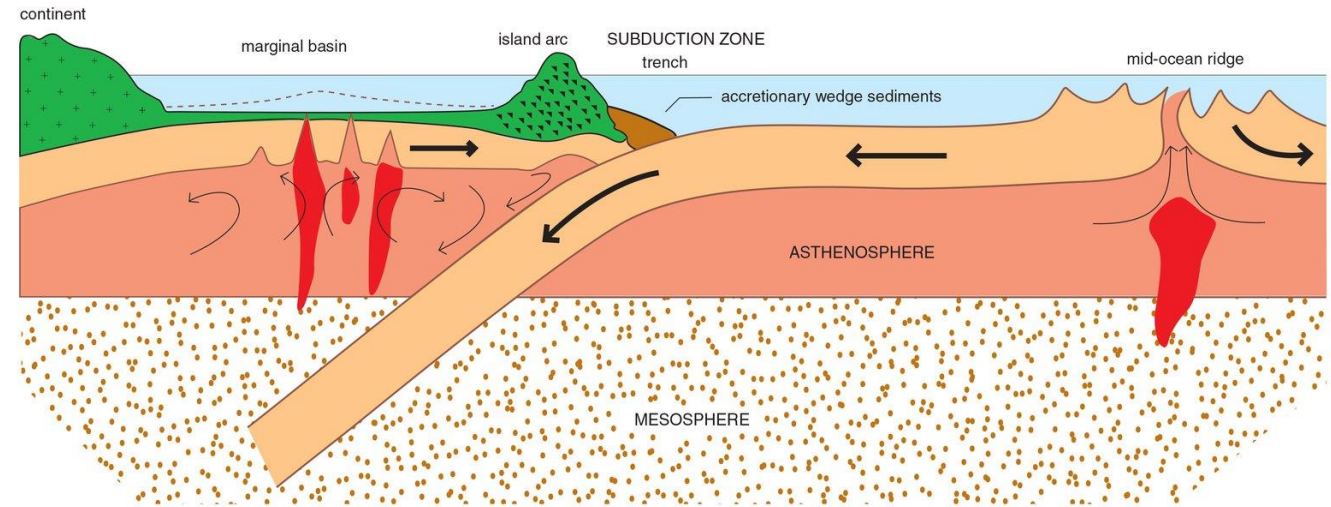
Alfred Wegener-Kıta kayması

- ❖ **Alfred Wegener** kıtaların kayması fikrini ilk olarak **1915'de** ortaya attı.
- ❖ Birçok jeolog bu fikri ancak **1960'lı yıllardan sonra** kabul etti.
- ❖ Hem gerçek, tanımlanmış kanıtların bulunması, hem de kıtaların kaymasını açıklayacak teorik mekanizmaların ortaya konması, **çoğu jeologu** bu teorinin gerçekçiliğine **ikna etti**.
- ❖ Levha tektoniği kuramı **jeolojide devrim** yarattı.



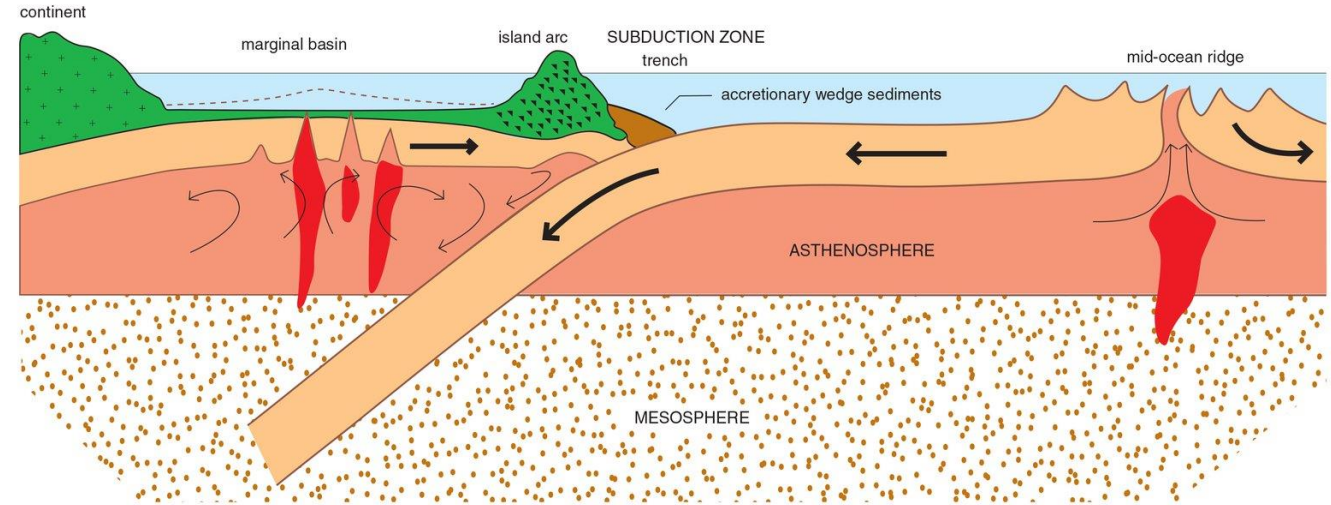
Levhalar nasıl kayar?

- ❖ Hem karaların ve hem de okyanusların altındaki kabuğu içine alan, **yerkürenin en dış sert kısmı litosfer**, alttaki daha ağır ve plastik astenosferin üzerinde hareket eden **sekiz ana** ve birçok küçük **levhadan oluşmuştur**.
- ❖ **Atlantik okyanusunun tabanında** uzunlamasına uzanan **okyanus ortası sırt** gibi bazı bölgelerde **magma** astenosferden **yüze doğru yükselerek** soğur ve dışa **doğru yayılarak yeni yerkabuğunu oluşturur**, var olan **levhaları da her iki yana doğru iter**.



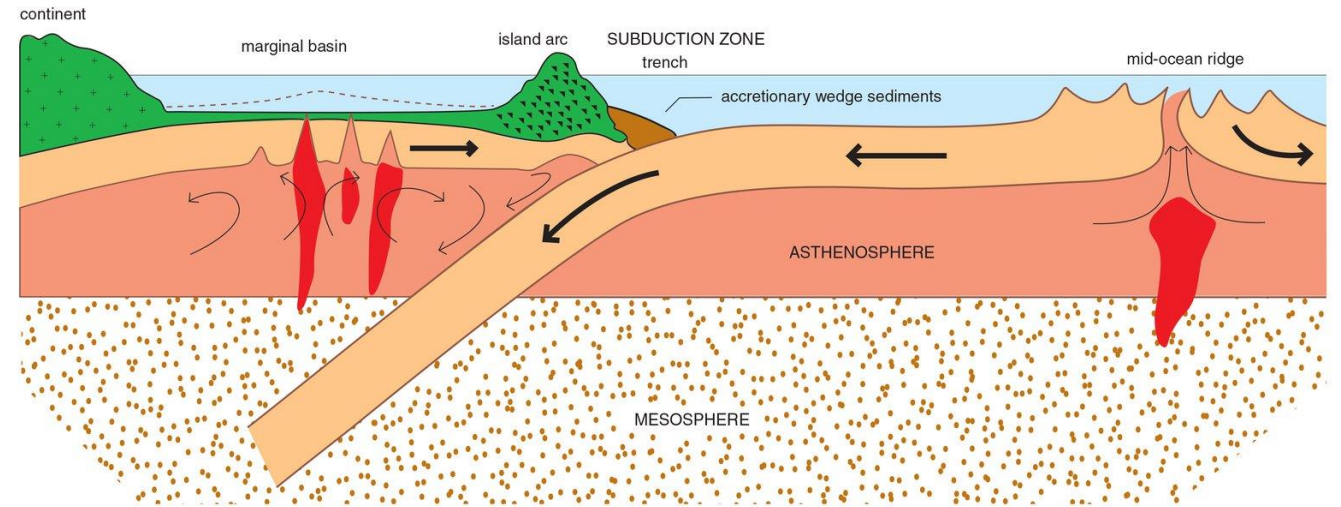
Levhalar nasıl kayar?

- ❖ Levhalar **yılda 5-10 cm'lik bir hızla** hareket ederler.
- ❖ İki levhanın bir araya geldiği yerde, **birinin yaklaşan kenarı diğerinin altına doğru** dalması için sıkıştırılır.
- ❖ Bu çarpışmalardan oluşan basınç, **dağ oluşumlarının temel nedenidir**.



Levhalar nasıl kayar?

- ❖ Levha, magmanın astenosferden yükseldiği "**sıcak nokta**" üzerinde hareket ettiği zaman, **volkanlar oluşabilir** ya da **kıta yarılıp birbirinden kopabilir**.
- ❖ **Doğu Afrika'daki büyük göller**, böyle **yarılma vadilerinde** bulunur, **Hawai adaları** da, Pasifik levhasının sıcak nokta üzerinde hareket etmesi ile oluşan bir **volkan zinciridir**.



Jeolojik zaman

Biraz tarihe ne dersiniz?

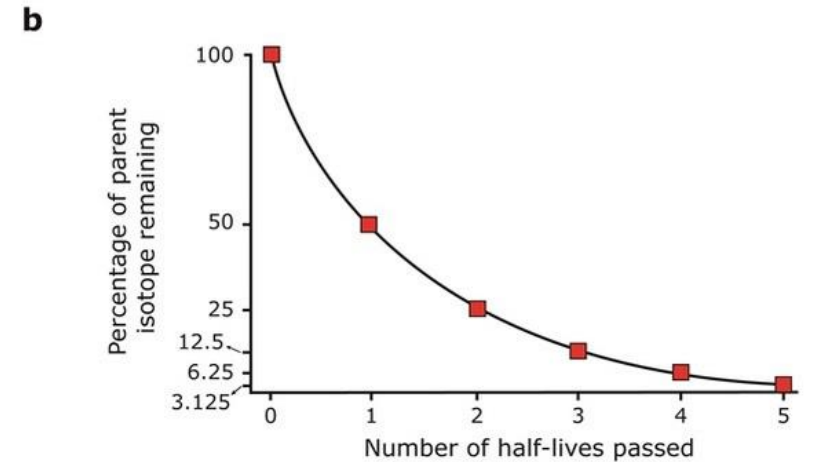
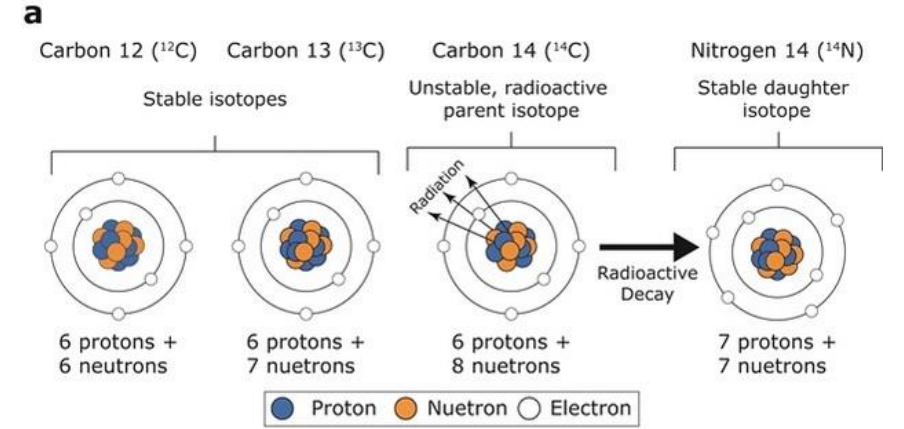
- ❖ Gökbilimciler, evrenin **14 milyar yıl önce "büyük patlama" ile** meydana geldiği ve o zamandan beri merkezi bir noktadan **sürekli olarak genişlediği** ile ilgili kanıtlar toplamıştır.
- ❖ **Yerküre ve güneş sisteminin** geri kalanı, yaklaşık **4.6 milyar yıl** yaşındadır.
- ❖ Ama yerküre üzerindeki bilinen **en yaşlı kaya** ise yaklaşık **3.8 milyar yıl** yaşındadır.
- ❖ Canlılar **3,5 milyar yıldan** beri vardır; **hayvan yaşamı** ile ilgili ilk **kanıtların yaşı ise 800 milyon yıl** olarak saptanmıştır

Kavramak zor değil mi?

- ❖ Bizim için bu zaman dilimini **kavramak zordur**.
- ❖ Bir benzetmeyle açıklarsak, eğer **yerkürenin yaşı bir yıl ile tanımlanabilirse**;
 - ❖ ilk yaşam Mart ayının sonlarına doğru görünmüş,
 - ❖ ilk deniz hayvanları Ekim ayının sonlarında yaşama başlamış,
 - ❖ dinazorlar 26 Aralık'ta yok olmuş,
 - ❖ insan ve şempanze soyları birbirinden 31 Aralık gece yarısından 13 saat önce ayrılmış ve
 - ❖ İsa gece yarısından 13 saniye önce doğmuştur.

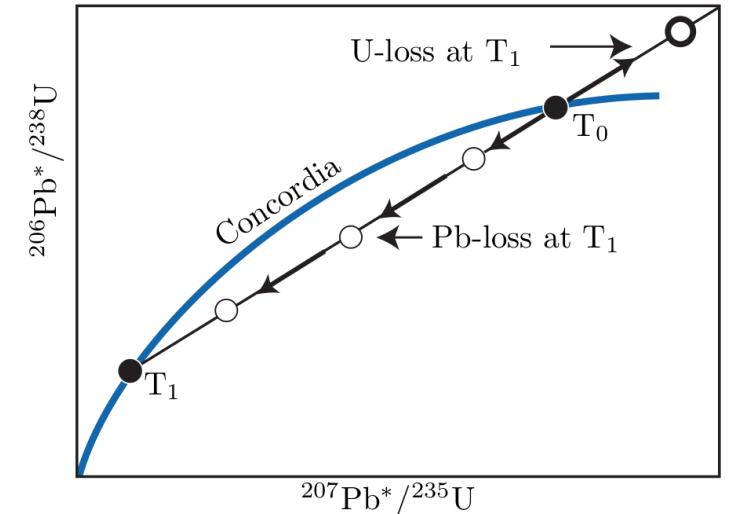
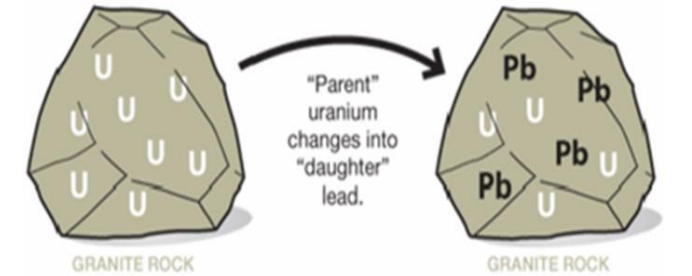
Mutlak yaş tespiti (Radyometrik yaşlama)

- ❖ Jeolojik olayların "mutlak yaşı" çoğunlukla **radyometrik yaşlama ile** tespit edilebilir.
- ❖ Radyometrik yaşlama, **magmatik kayalar** içinde oluşan minerallerin içerdiği belirli **radyoaktif elementlerin dönüşümü** ile ölçülür.



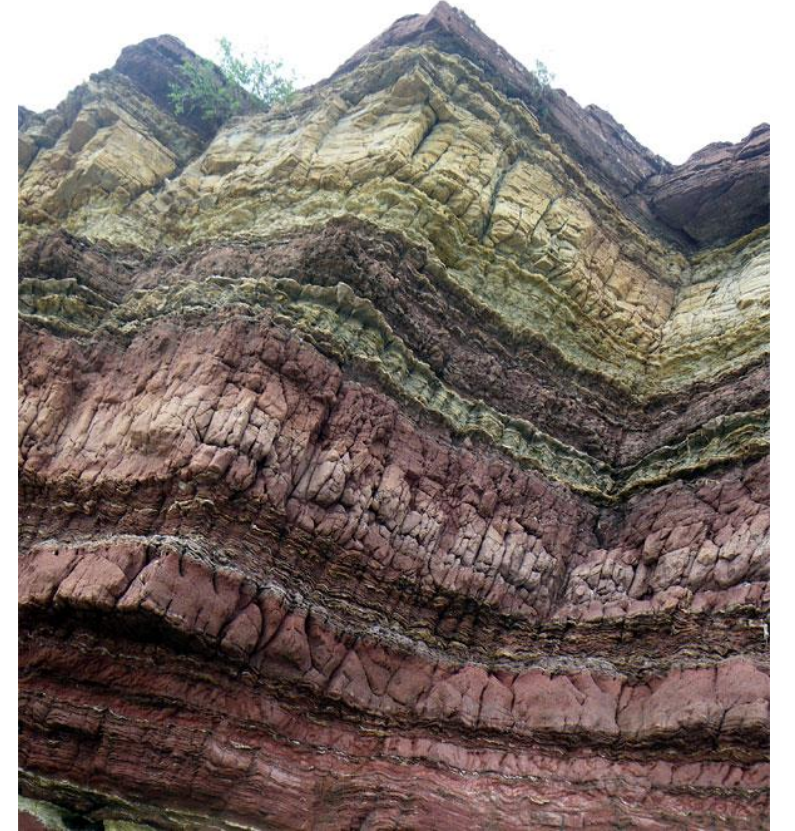
Mutlak yaş tespiti (Radyometrik yaşlama)

- ❖ **Radyoaktif ana atomlarının kararlı yavru atomlara dönüşmesi** (örneğin, **Uranyum-235'in Kurşun-207'e dönüşümü**) **sabit hızda** oluşur.
- ❖ Böylece her element **belirli yarılanma ömrüne** sahiptir.
- ❖ Uranyum 235'in **yarılanma ömrü yaklaşık 0.7 milyar yıldır**.
- ❖ Bu durum, **her 0.7 milyar yıllık dönemde**, mevcut U-235 atomlarının **yarısının Pb-207'ye dönüşeceği** anlamına gelir.
- ❖ Böylece kaya örneğinin içindeki ana **atom/yavru atom oranı, kayanın yaşının** kestirilmesini sağlar.



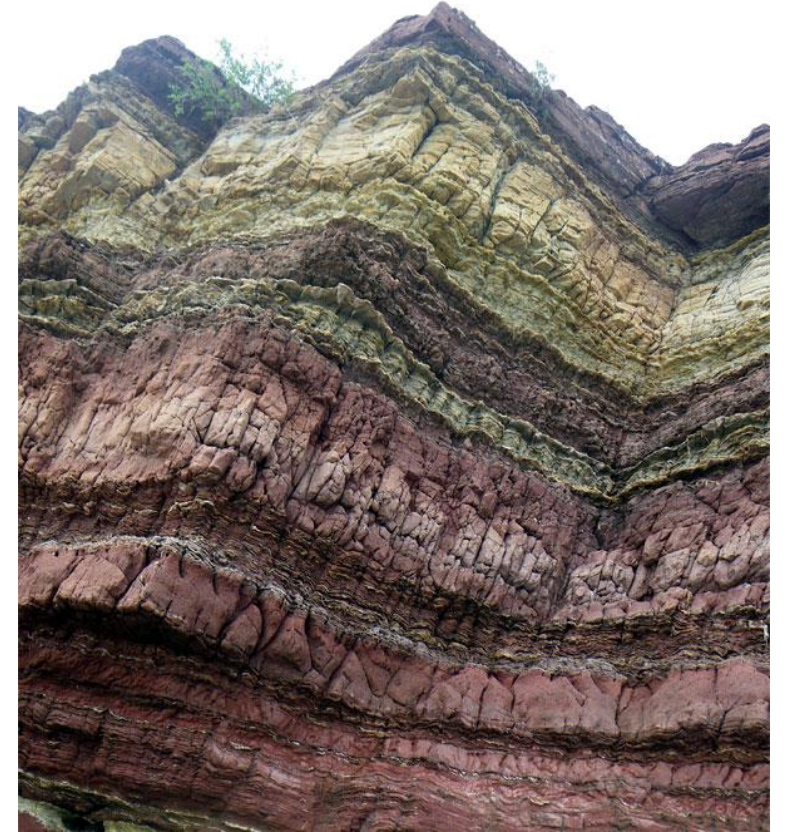
Peki ya tortul kayaların yaşı?

- ❖ **Sadece magmatik kayaların** yaşları radyometrik yaşlama metodu ile tespit edilebilir.
- ❖ Jeologlar, radyoaktivitenin tespitinden önce, **genç tortulların** daha **yaşlı kayaların üzerine çökmesi** prensibine dayanarak **tortul kaya oluşumlarının göreceli yaşlarını** (erken ve geç) saptadılar.
- ❖ Değişik zamanlarda çökelmiş tortul katmanlar **tabaka** olarak adlandırılır.
- ❖ Değişik **tabakalar**, kısa zaman içinde devamlılık gösteren türlerin farklı **fosillerini** içerirler.
- ❖ Bu fosiller **yaşadıkları zaman diliminin işaretidirler**.



Peki ya tortul kayaların yaşı?

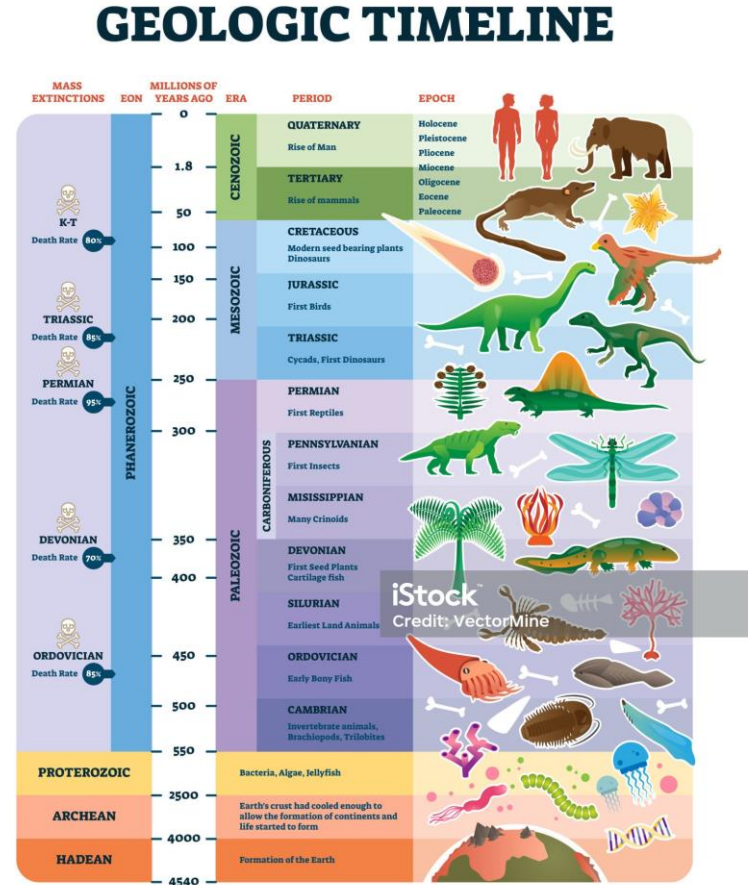
- ❖ Bu tür kanıtları kullanarak, jeologlar **değişik bölgelerdeki aynı yaşta çökelmiş tabakaları** denkleştirebilirler.
- ❖ Birçok bölgede, **tortulların yığılımı sürekli değildir** ve tortul kayalar **erozyonla aşınırlar**.
- ❖ Nitekim herhangi bir alan çoğunlukla çok **kesintili jeolojik kayda** sahiptir.
- ❖ Genelde, jeolojik yaş bakımından **eski** olan **kayalar** fosil bulguları bakımından daha **fakirdir**.
- ❖ Çünkü bu durumda, **aşınma ve başkalaşım** fosilleri **daha fazla yok etme** potansiyeline sahiptir.



Jeolojik zaman ölçeği

Jeolojik zaman ölçeği

- ❖ **Jeolojik zaman cetvelinin** birçok zaman ve dönemi, **evrim fikri kabul edilmeden önce**, jeologlar tarafından **tanımlanmıştır**.
- ❖ Toplu yok olma olayları sonucu oluşan **büyük değişiklikler**, zaman ve devirler arasındaki **sınırları işaret eder**.
- ❖ Bu sınırların **mutlak yaşları** sadece **yaklaşık bir değerdir** ve daha çok bilgi birikimi ile bazı **küçük değişimlere uğrayabilir**.
- ❖ İlk hayvan çeşitliliğinin ortaya çıktığı **fanerozoik, üç zamana** ve bu zamanların **hepsi de dönemlere** bölünür.
- ❖ Genellikle bu bölünmelerden ve **Senozoik'in bölündüğü çağlardan** söz edeceğiz.



1175026951

Fosil kayıtlar

Bütün fosiller iyi durumda değildir

- ❖ Bazı canlı grupları **olağanüstü iyi kayıt** bırakmışlardır.
- ❖ Ancak geçmişten günümüze gelen fosil kayıtların **tümü iyi durumda olmayabilir**.
- ❖ Bu canlıların kökenlerinin keşfedilme olasılığı çok düşük olsa da, **bütüne bakıldığında**, bilgilendirici kayıtlara sahip olduğumuz için şanslı olduğumuz söylenebilir.

Peki neden fosil sayısı azdır?

Neden 1

- ❖ Çok **ender** olarak **fosilleşebilen** birçok canlı vardır.
- ❖ Bunun nedeni, onların çok **narin olmaları**, ya da **sert kısımlarının olmaması**, ya da bozuşmanın hızlı olduğu **nemli ormanlar gibi çevrelerde bulunmalarıdır**.

Peki neden fosil sayısı azdır?

Neden 2

- ❖ Herhangi bir alandaki tortullar, genelde çok **aralıklı olarak çökeldiklerinden**, zaman içinde bu bölgede yaşayan **türlerin sadece küçük bir bölümünü** belirgin olarak içerirler.

Peki neden fosil sayısı azdır?

Neden 3

- ❖ Eğer fosiller oluştuysa, fosil içeren tortullar öncelikle ***katılaşarak kayaya dönüşmelidir***.
- ❖ Kaya ***aşınmadan, başkalaşmadan***, ve kıtaların altına dalmadan ***milyonlarca yıl kalabilmeli***; ve sonra kaya ***yüze çıkmalı*** ve ***paleontologların erişebileceği duruma*** gelmelidir.
- ❖ Yaklaşık ***250.000 tanımlanmış*** fosil türü geçmişte yaşamış türlerin ***%1 den azını*** temsil eder.

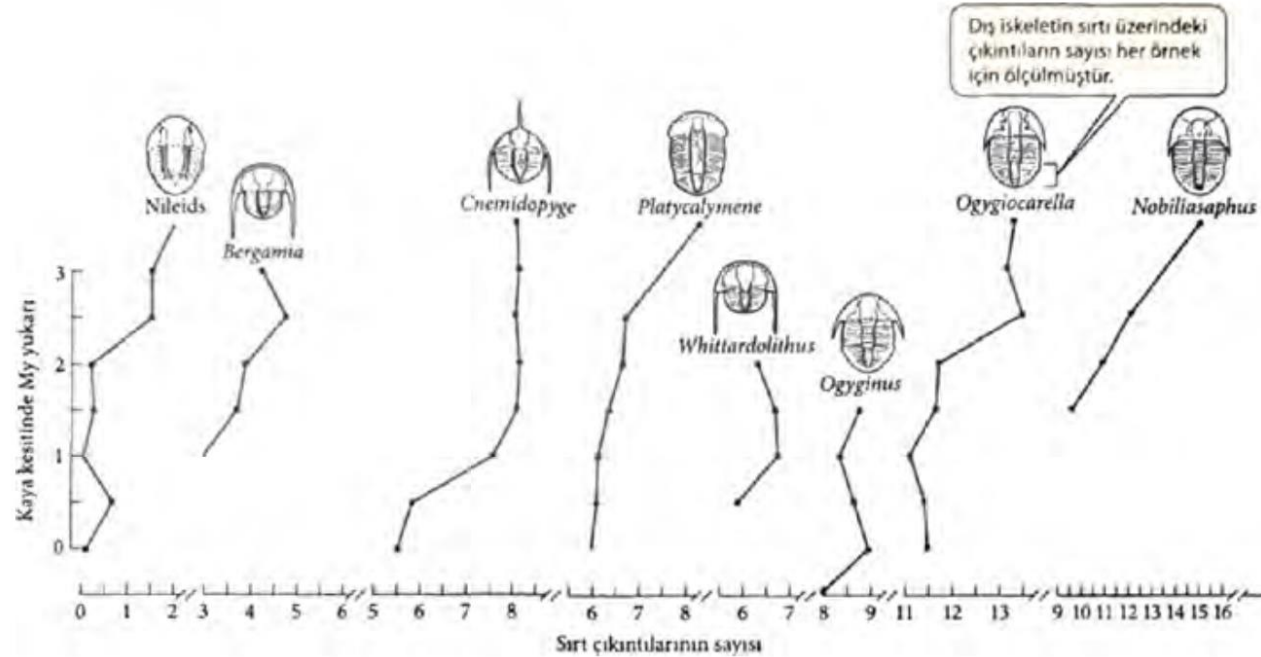
Fosil kayıtları ile ilgili sorulabilecek sorular

- ❖ Fosil kanıtlar, ***değişerek türeme yoluyla evrime bir kanıt*** sağlayabilir mi?
- ❖ Darwin'in ileri sürdüğü gibi ***evrim dereceli midir, değil midir?***
- ❖ İlerleyen bölümlerde, ***fosil kanıtların***, değişerek türeme yoluyla evrime ***kanıt sağlayabildiğini*** ve evrimin ***dereceli olduğunu kanıtladığını*** göreceğiz.

Tür içindeki evrimsel değişimler

Ordovisyen trilobitlerdeki çıkıntılar zamanla artışı

- ❖ Bazı fosil kayıtlar, **tür içerisindeki dereceli değişime açıkça kanıt** oluşturmaktadır.
- ❖ Örneğin, **Ordovisyen trilobitlerinin** sekiz soyunda, dış iskeletlerinin sırtın arka kısmındaki **çıkıntuların sayısı dereceli olarak artar.**

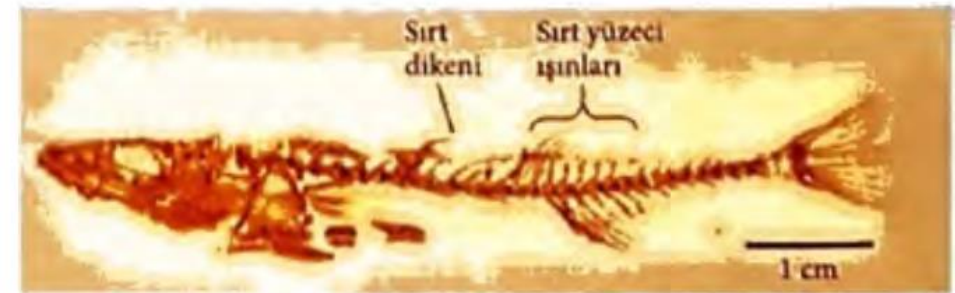


Miyosen dikenli balık fosilleri

- ❖ Micheal Bell ve ekibi (1985), **110.000 yıl yaşındaki kayalar** içinde bulunan **Miyosen dikenlibalık fosillerini** araştırmışlardır.
- ❖ Yaklaşık **5.000 yıl aralıklarla çökelen katmanlardan** örnekler almışlardır.
- ❖ İnceledikleri **özelliklerden üçü**, hemen hemen **birbirinden bağımsız ve dereceli olarak değişiklik** göstermiştir.

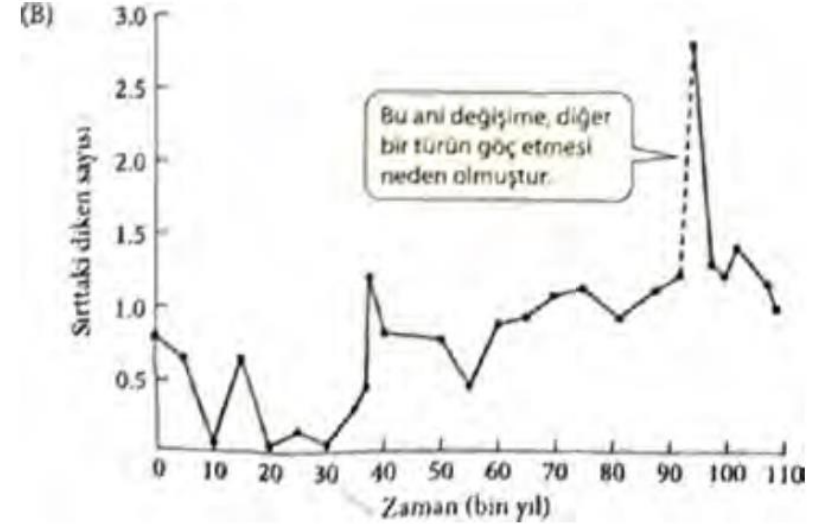


Gasterosteus doryssus



Miyosen dikenli balık fosilleri

- ❖ Ayrıca **bu özelliklerden ikisi**, zaman içinde bir noktada **bir anda değişmiştir**.
- ❖ Bu değişim, **yerel popülasyonun yok olmasından** ve bu özelliklerin farklı olduğu **başka bir popülasyonun göç etmesinden** kaynaklanmıştır.



Gasterosteus doryssus



Yüksek taksonların kökeni

Kretase karıncası ve hipotetik atası (yaban arısı)

- ❖ Taksonların bazı özellikleri, **atasal ve türemiş özellik durumlarının filogenisine** dayanarak öngörülebilir.
- ❖ Örneğin, Wilson, Carpenter ve Brown, **yaşayan karıncaların ilkel türleri** ve ilişkili oldukları **yaban arısı aileleri** arasındaki **karşılaştırmaya** dayanarak, **karıncaların, atalarının bazı özelliklere sahip olmaları gerektiğini** varsaymışlardır.
- ❖ Bu yazarların ortaya koydukları **hipotezin yayınlanmasından birkaç yıl sonra**, Kretase karıncaları **amber içinde** korunmuş olarak bulunmuş ve öngörülen hemen hemen **bütün morfolojik özelliklerin karşılığı bulunmuştur.**

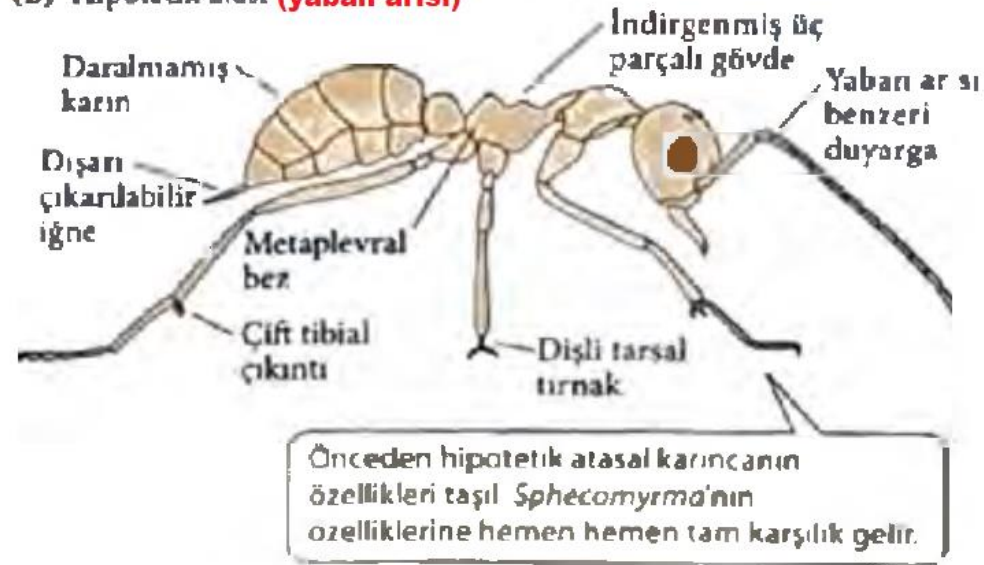
Kretase karıncası ve hipotetik atası (yaban arısı)

(A) *Sphecomyrma freyi* Kretase karıncası



Şekil 4.5 Taşıl, evrim hipotezinin doğrulanmasına yardım edebilir. (A) günümüz karıncaları ve yaban arısı (ki karıncaların bunlardan evrimleştiği düşünülür) arasındaki köprüyü kuran amber içinde taşınmış orta Kretase karıncası, *Sphecomyrma freyi*. (B) *Sphecomyrma* özellikleri ile uyuşan karıncaların önceden hipotetik atasının özellikleri. (A. E. O. Wilson'nın izniyle; B. Wilson vd. 1967.)

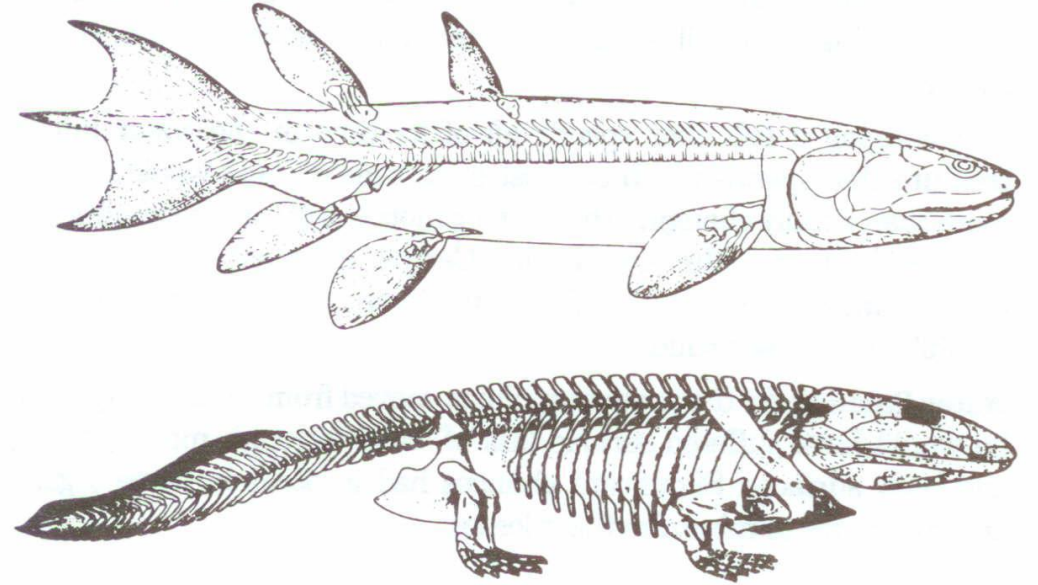
(B) Hipotetik atası (yaban arısı)



Amfibilerin kökeni

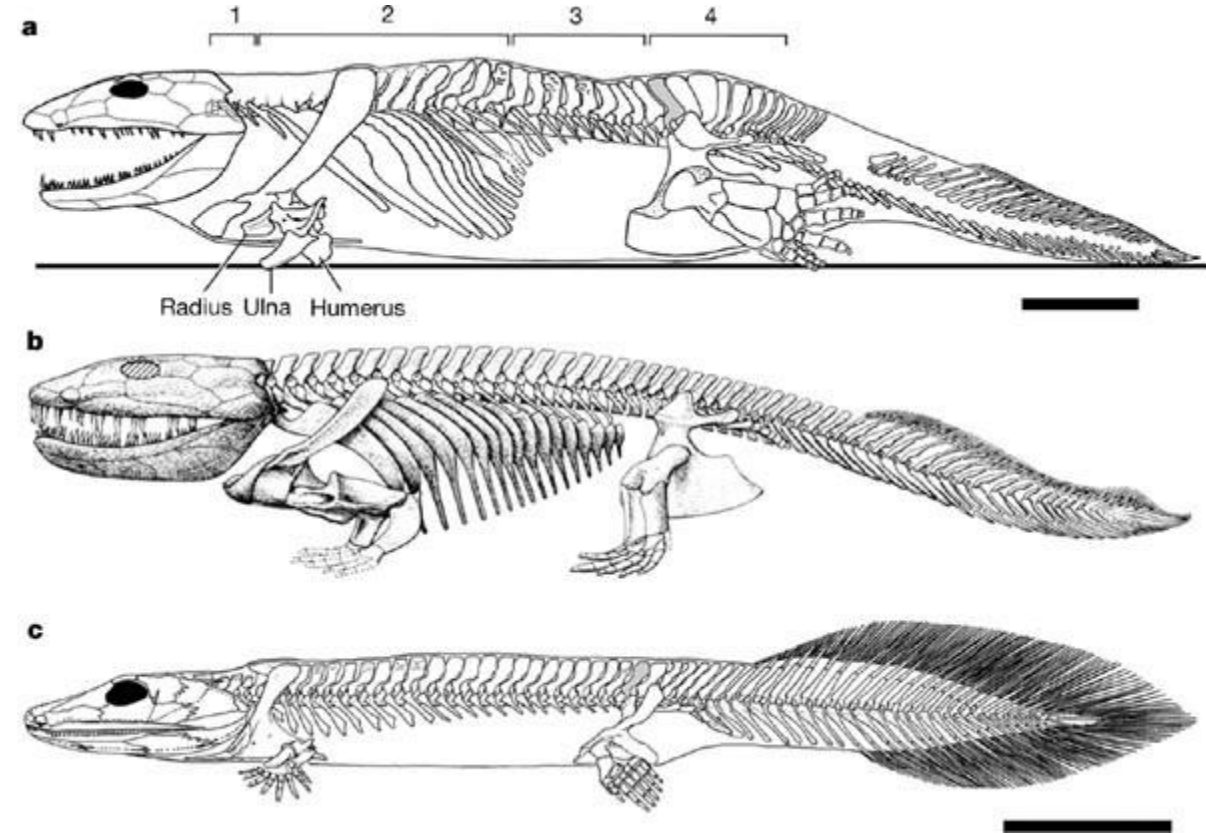
Sarcopterygii (lob-yüzgeçli balıklar)

- ❖ Yaklaşık **408 milyar yıl önce** Erken Devoniyen zamanında **ortaya çıktılar**.
- ❖ Bu grup, yok olmuş gruplardan **rhipidistianlar** gibi **akciğerli balıkları** içerir.
- ❖ Rhipidistianlar **solungaç** ve **akciğerlerin** ikisine de sahipti.



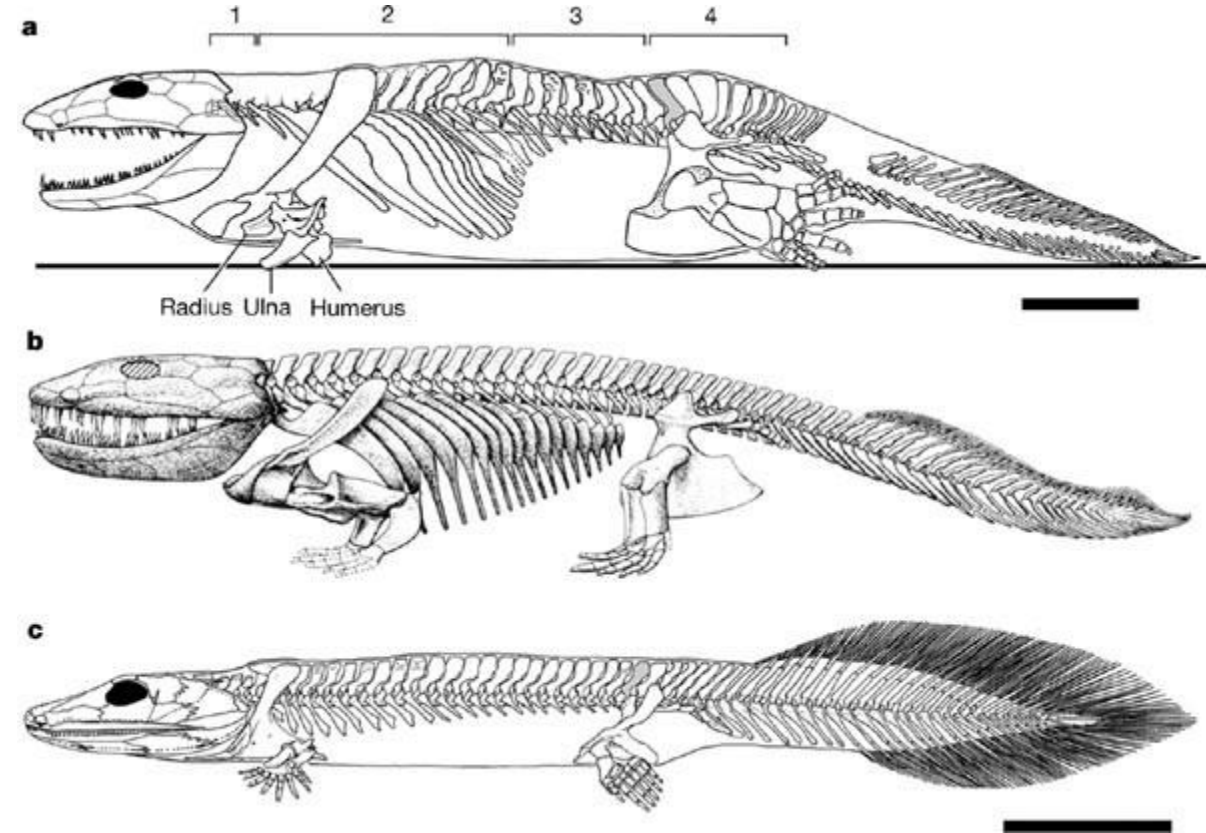
İlk amfibiler

- ❖ **İlk tam amfibiler**, Grönland adasının geç Devonyen döneminden kalma ***Ichthyostega***'dir.
- ❖ Bunlar, **kuyruk yüzgeci**, **dermal kafatası kemiği**, ve **çizgisel yanal kanalları**, **dişlerin yapı ve dağılımı** gibi hemen hemen her yönden ***rhynchonellianlarla aynı*** özelliklere sahipti.



İlk amfibiler

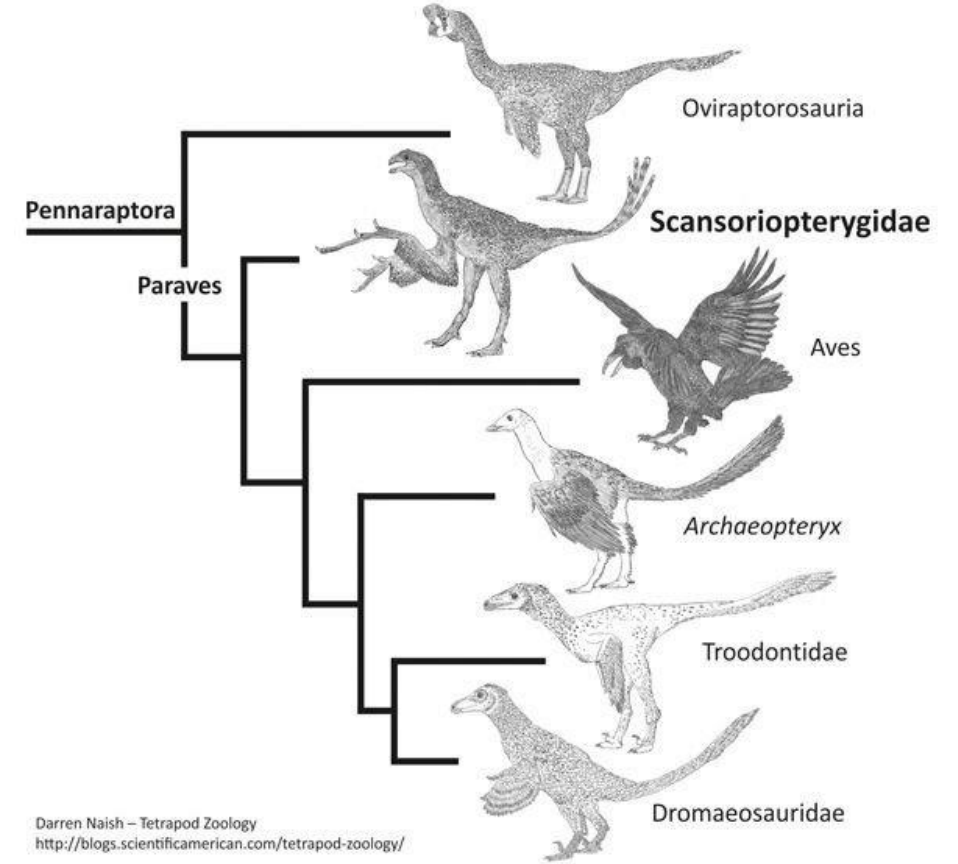
- ❖ Ana farklılık onların **iri göğüs ve leğen kemerlerinin** olması ve **tamamen gelişmiş tetrapod üyelerinin** bulunmasıdır.
- ❖ **Ekleme yakın olan üye kemiği** doğrudan rhipidistianlarınkinine **benzer** şekildedir.
- ❖ Fakat bunların **belirgin parmakları** vardır.



Kuşların kökeni

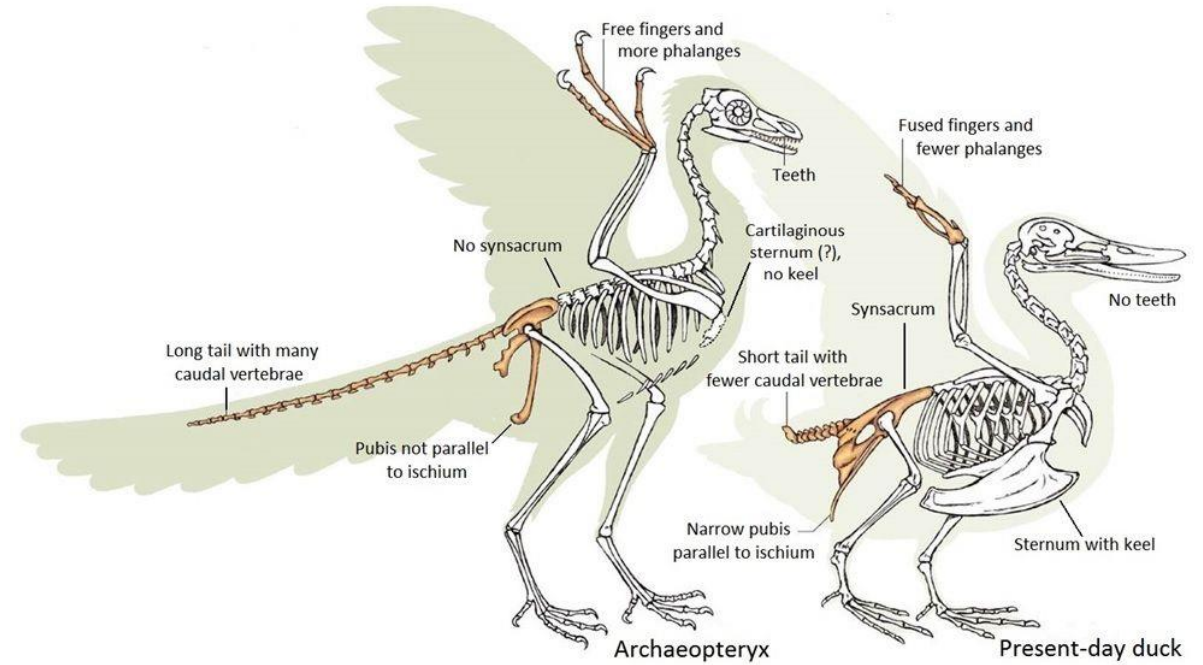
Kuşlar aslında dinazor mu?

- ❖ Kuşların kökenini çalışmış olan hemen herkes, artık **kuşların dinazor oldukları** konusunda artık hemfikirdir.
- ❖ Kuşlar, **Aves sınıfına yerleştirilinceye kadar tüyleri ile** tanımlanmaktaydı.
- ❖ Fakat yakın geçmişte **Çin'de keşfedilen birçok sıradışı fosil** nedeniyle, **kuşlar** ve **dinazorlar** arasında yapılan bu **ayrımın keyfi olduğu** anlaşıldı.



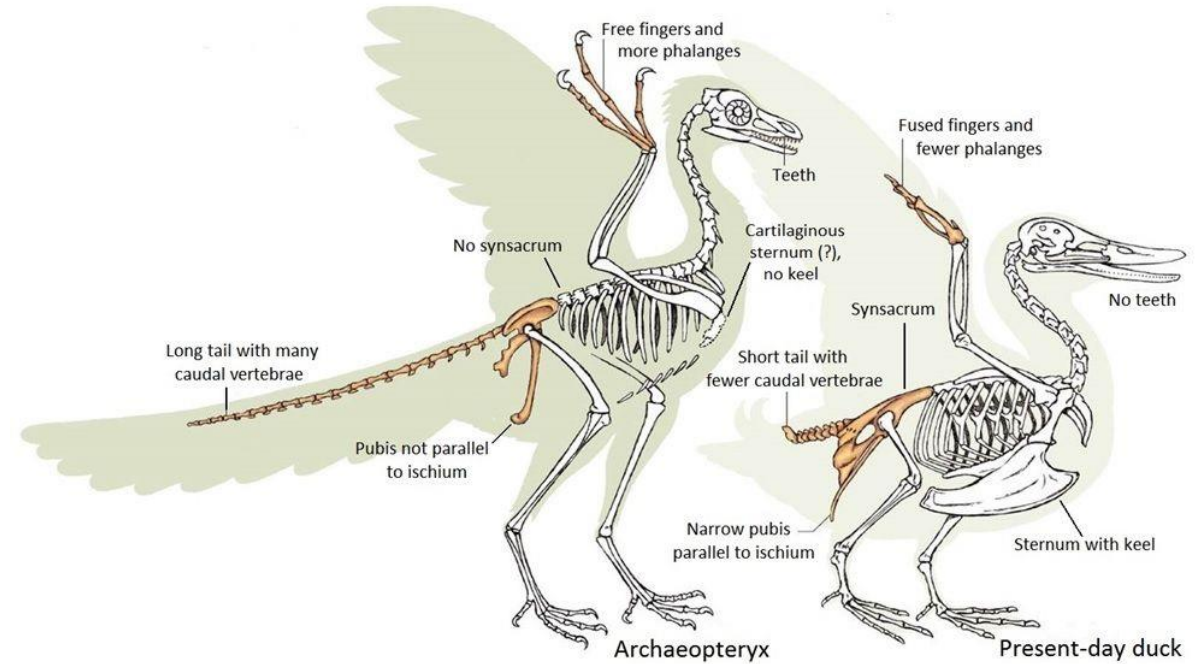
Peki kuşlar ile dinazorlar arasındaki geçiş formu Archaeopteryx (Dino-bird)

- ❖ Bütün zamanların en meşhur kaybolmamış bağlantılarından biri, **keşfedilmiş ilk geçiş formu Archaeopteryx, Almanya'da Üst Jura tabakalarında** bulundu.
- ❖ Archaeopteryx, **modern kuşların** iskeletindeki uçuş yetisini kazandıran birçok değişimden **birkaçına sahiptir.**



Peki kuşlar ile dinazorlar arasındaki geçiş formu Archaeopteryx (Dino-bird)

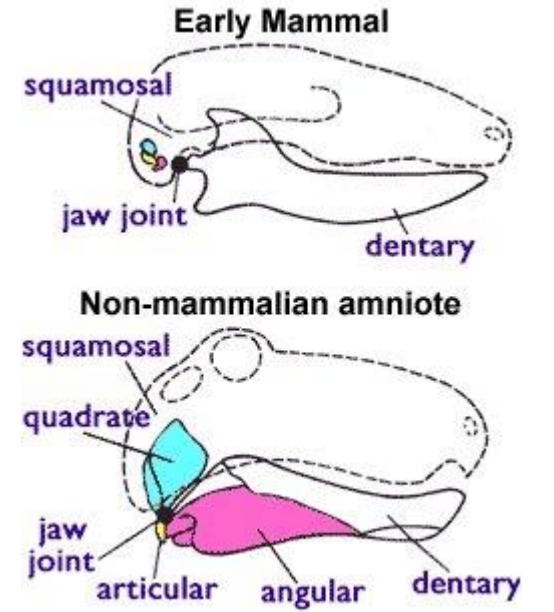
- ❖ Uçabilmesini sağlayan tüyleri olan **küçük threop dinazorlara** yakından benzerlik gösteriyordu.
- ❖ Yakın zaman da Çin'de bulunan fosiller, **küçük tüylerle kaplı vücut örtüsü** olan threop dinazoru (Sinosauropteryx), ellerinde ve kuyruklarında uzun ve geniş (**uçma**) **tüyleri** olan (Caudipteryx) ve hatta **dört ayağında da uçuş tüyleri olan olağandışı bir dört kanatlı** dinazor (*Microaptor gui*) gibi diğer formların varlığına işaret etmektedir.



Memelilerin kökeni

Yolculuğumuza amniyotlarla başlayalım

- ❖ Sürüngenlerde, **alt çene birkaç kemikten** oluşurken, memelilerde yalnızca **tek kemikten** (alt çene kemiği, dentary) oluşur.
- ❖ **İlk amniyot**, sesi ileten tek kemiğe (**üzengi**) sahipken, diğer taraftan **memeliler** orta kulakta üç kemiğe (**çekiç, örs, üzengi**) sahiptir.
- ❖ Diğer tetrapodların çoğu **birbirine benzer tek sivri ucu olan dişlere** sahipken, memelilerin dişleri, **kesici ön, köpek** ve **birden fazla sivri uçlu** (muhtelif sivri uçlu) **küçük azı** ve **azı** dişleriyle farklılaşmıştır.

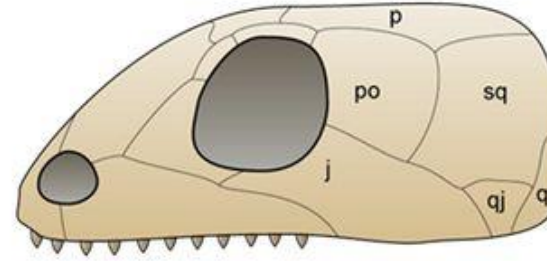


Sırada Synapsida var!

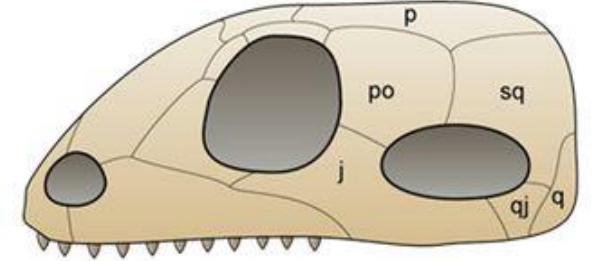
- ❖ Karboniferde ilk amniyotların türemesinden hemen sonra, **göz çukurlarının arkasındaki açıklıkla** (şakak kemiğine ait boşluk) **ayrıt edilen Synapsida** türemiştir.
- ❖ Bu açıklık büyük olasılıkla, büzüldüğü zaman **genişleyen geniş çene kasları için boşluk** sağlar.
- ❖ Şakak kemiğine ait boşluk, **sonraki sinapsidlerde** derece derece **genişler**.

Tipos de cráneos

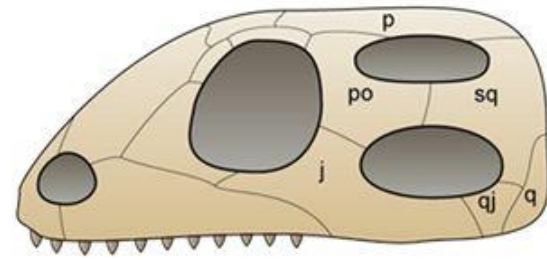
j: yugal, p: parietal, po: postorbitario, q: cuadrado, qj: cuadratoyugal, sq: escamoso



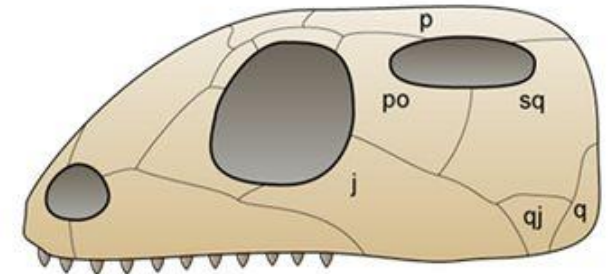
Anápsido



Sinápsido



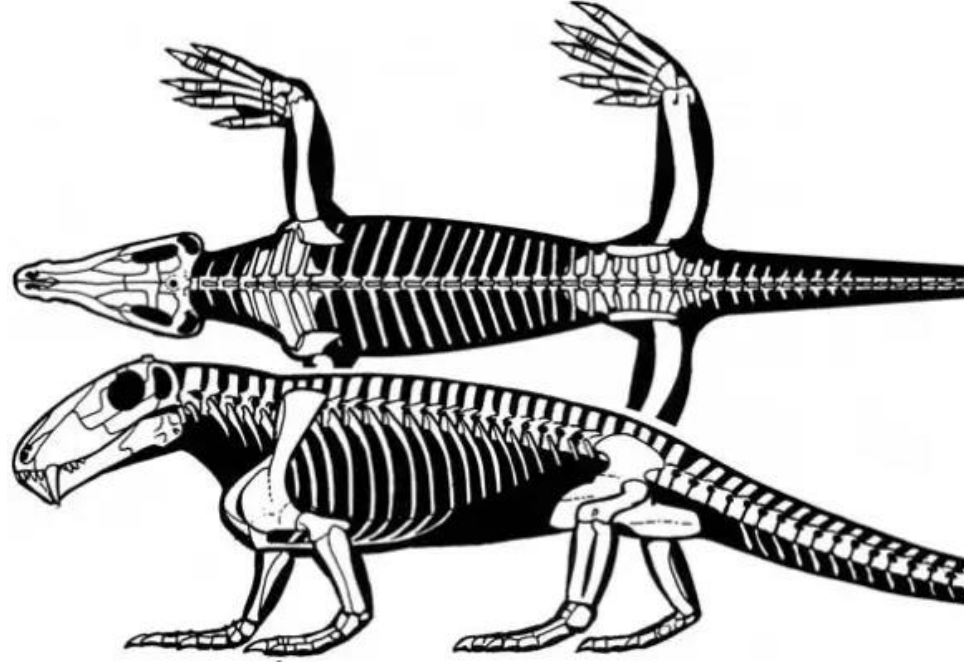
Diápsido



Euriápsido

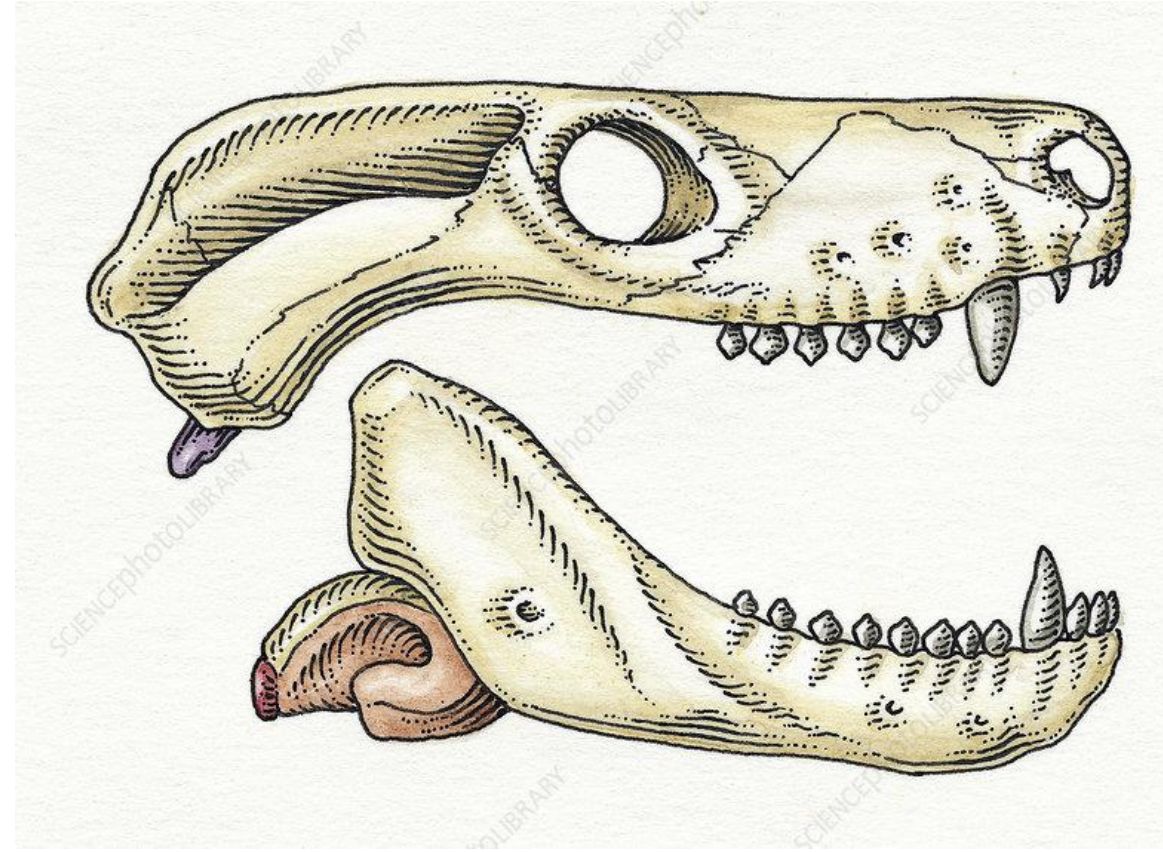
Gelelim Therapsida'ya!

- ❖ Penrviyen sinapsidleri, (Therapsidler) **büyük köpek dişlerine** sahipti.
- ❖ **Arka ayakları**, sürüngenlerden çok **memelilere benzer şekilde oldukça dik** durumdaydı.



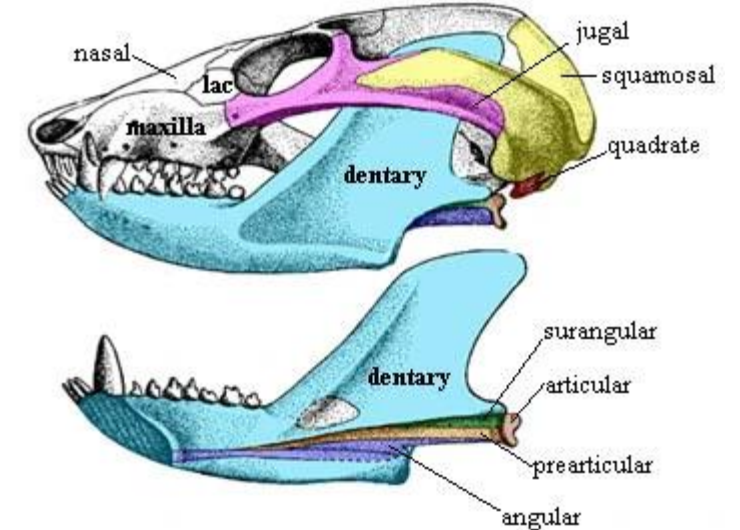
Sırada Sinodont therapsidler var!

- ❖ Geç Permiyen'den **geç Triyas'a kadar** yaşamışlardır.
- ❖ **Memelilere doğru** evrimleşme sürecinde **birkaç basamağı temsil ederler**.
- ❖ Köpeklerle benzer bir görüntü verecek biçimde **kafatasının arkası basıklaşmış, alt çenede** dişleri taşıyan kemik diğer kemiklere göre **büyümüştür**.
- ❖ Yanak dişleri **birkaç sıralı sivri uçlara** sahiptir.



İleri Sinodontlar

- ❖ Orta ve geç Triyas'daki ileri sinodontlarda yanak dişleri **sadece çizgisel olarak çıkıntılar göstermiyordu**, ayrıca **dişin iç kenarında gelişen çıkıntılara** sahipti.
- ❖ Bu durum, memelilerin yanak dişlerindeki karmaşık **girinti çıkıntı biçiminin tarihsel gelişimini başlatır**.
- ❖ **Farklı yiyecekleri çiğnemek için** yanak dişleri şekillerini değiştirerek, farklı soy hatlarında **farklı biçimler kazanmıştır**.

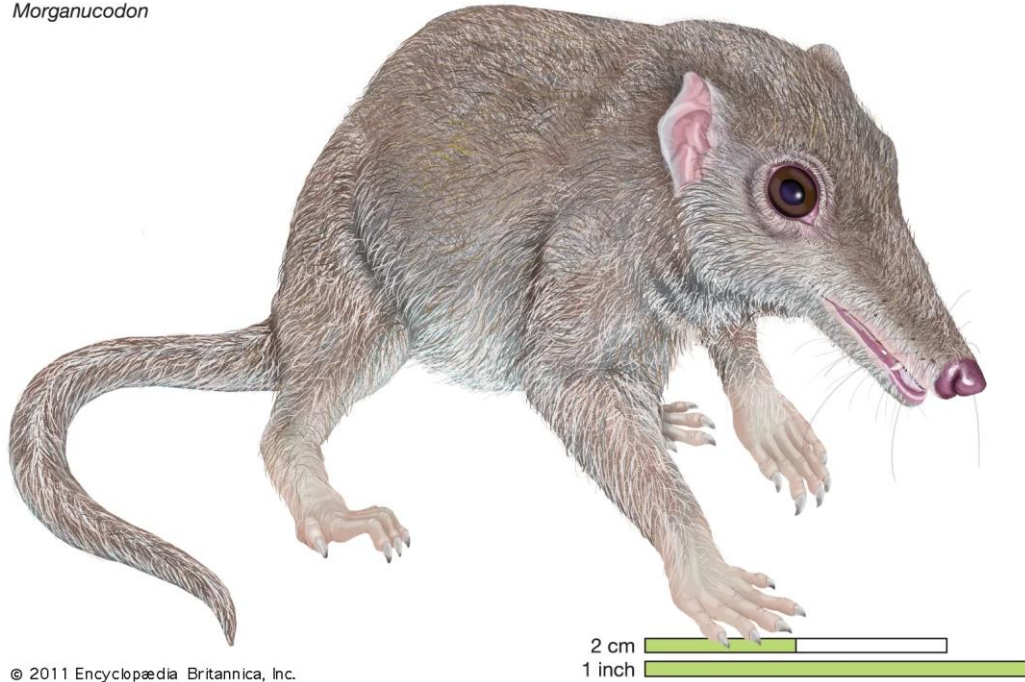


Probainognathus: skull and mandible in left lateral view. Modified from Carroll (1988)

Geç Triyas ve en erken Jura Murganucodon'lar!

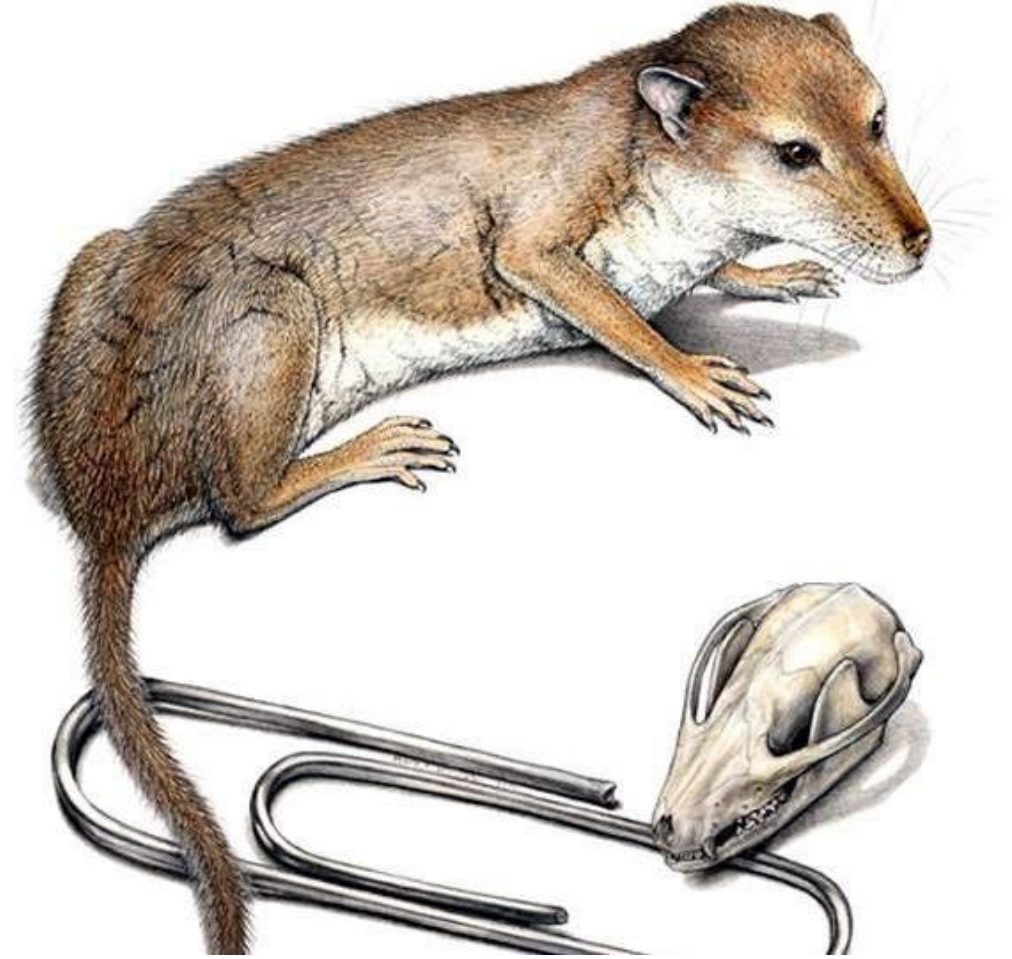
❖ Dişler **tipik memeli dişleridir.**

Morganucodon



Morganucodon'un bir basamak ötesi! Erken Jura'da tanımlanmış olan Hadrocodium

- ❖ Yakın zamanda, erken Jura'da tanımlanmış olan **Hadrocodium**, **Morganucodon'dan memeliliğin eşiğine** kadar olan eğilimi gösterir.
- ❖ Bu küçük hayvan **Morganucodon'a çok benzer**, fakat alt çene tamamen **dişleri taşıyan alt çene kemiğinden** oluşmaktadır.
- ❖ Filogenetik olarak, ilk defa geç Jura'dan yaklaşık 45 milyon yıl sonra bulunan **gerçek memelilerin kardeş grubudur**.

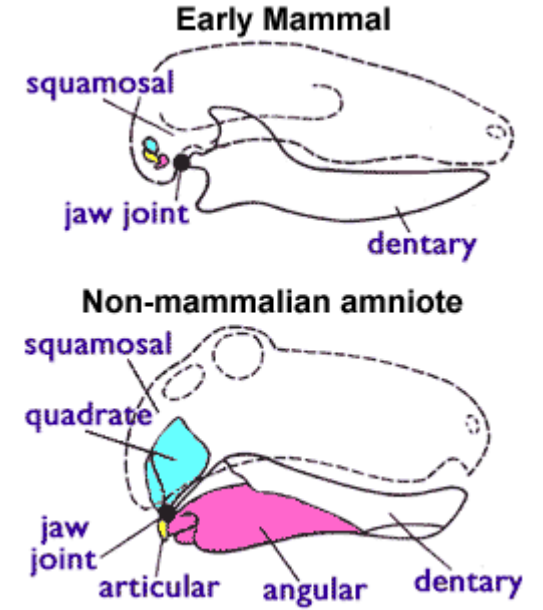


Peki, bu verilere dayalı olarak, Özellikler dereceli olarak evrimleşmiştir diyebilir miyiz?

- ❖ Şimdiye kadar sunulan kanıtlar, birçok memeli özelliğinin (örneğin; **duruş, diş farklılaşması, çene kasları** ile **kafatasının değişimi, ikincil damak, orta kulak kemiklerinin oluşmasına neden olan öğelerde küçülme**) **dereceli olarak** evrimleştiğini göstermiştir.
- ❖ **Farklı özelliklerin farklı hızlarda** "gelişmesiyle" evrim **mozayik şekilde** oluşmuştur.
- ❖ **Hiç bir yeni kemik evrimleşmemiştir**, memelilerin bütün kemikleri, **"sürüngenler" kökünün kemiklerinden** evrimleşmiştir.
- ❖ **Yapıların** şekillerindeki bazı temel **değişiklikler, işlevlerindeki değişimlerle birlikte** ortaya çıkmıştır.

En çarpıcı örnek!

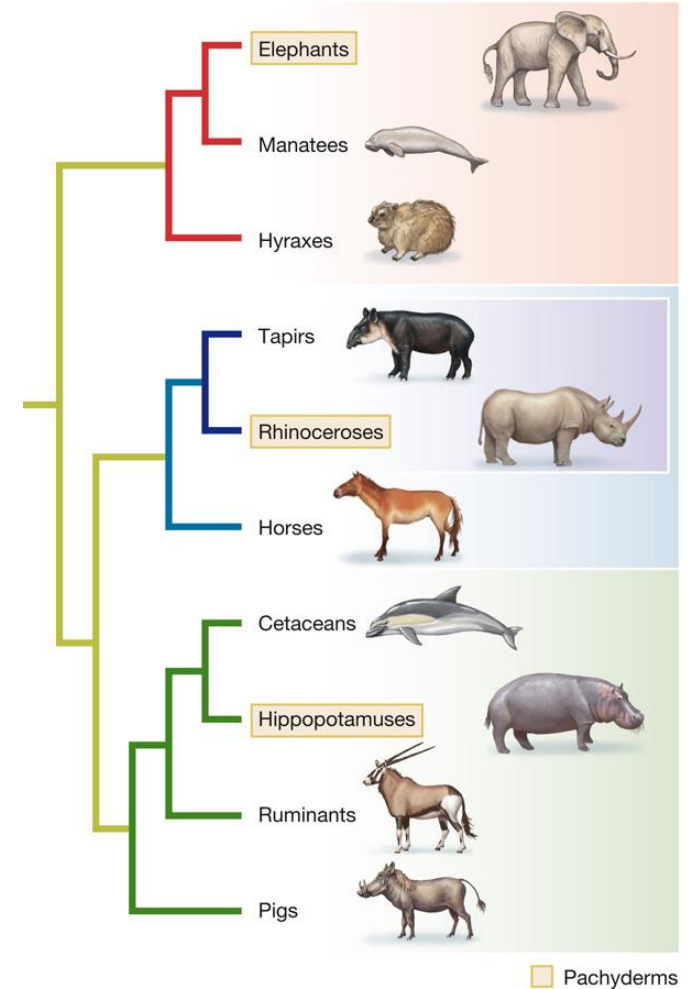
- ❖ En çarpıcı örnek, bütün diğer tetrapodlardaki, çene eklemlenmesine yarayan **artiküler** ve **kuadrat** kemikleridir.
- ❖ Bu kemiklerden memelilerin **ses ileten orta kulak kemikleri** olmuştur.
- ❖ 130 milyon yıldan daha uzun bir sürede, **sinapsidlerden evrimleşen memelilerin** evrimi **dereceli** olmuştur.



Balinaların kökeni

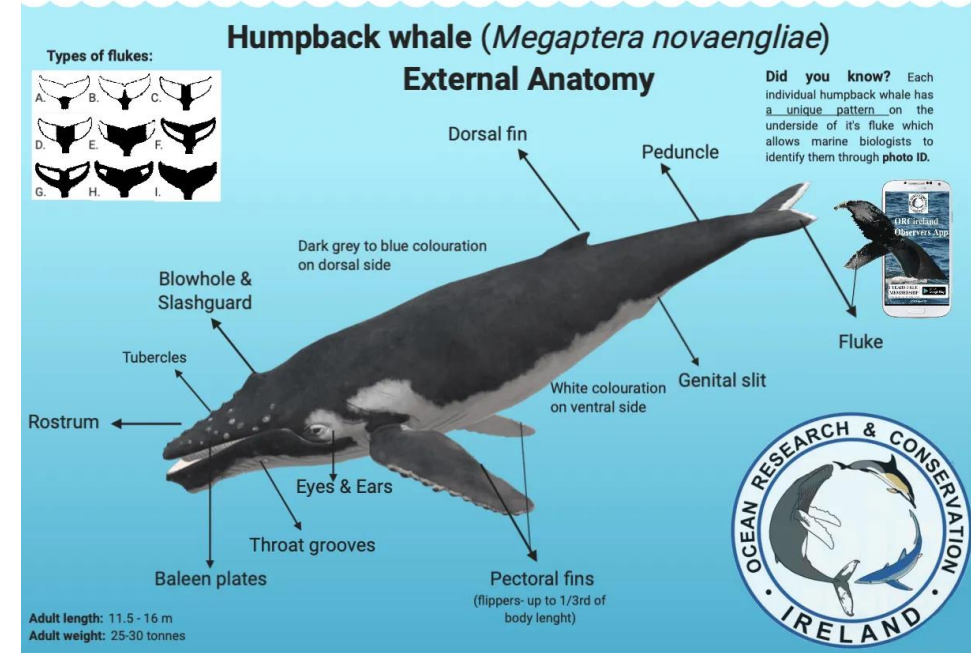
En yakın akrabaları hipopotamlar mı?

- ❖ Geleneksel olarak Cetacea takımı olarak tanımlanan balina ve yunuslar, **karasal atalarından evrimleşmişlerdir**.
- ❖ Yaşayan memeliler arasında, onların **en yakın akrabaları**, moleküler filogenetik analizlere dayanarak, **su aygırları** (hippopotamus) olarak görünür.
- ❖ Böylece, **develer, domuzlar** ve örneğin **sığır** ve **antiloplar** gibi geviş getiren hayvanlarla (**çift parmaklı toynaklı memeliler**) birlikte **Artiodactil takımı içinde** sınıflandırılırlar.



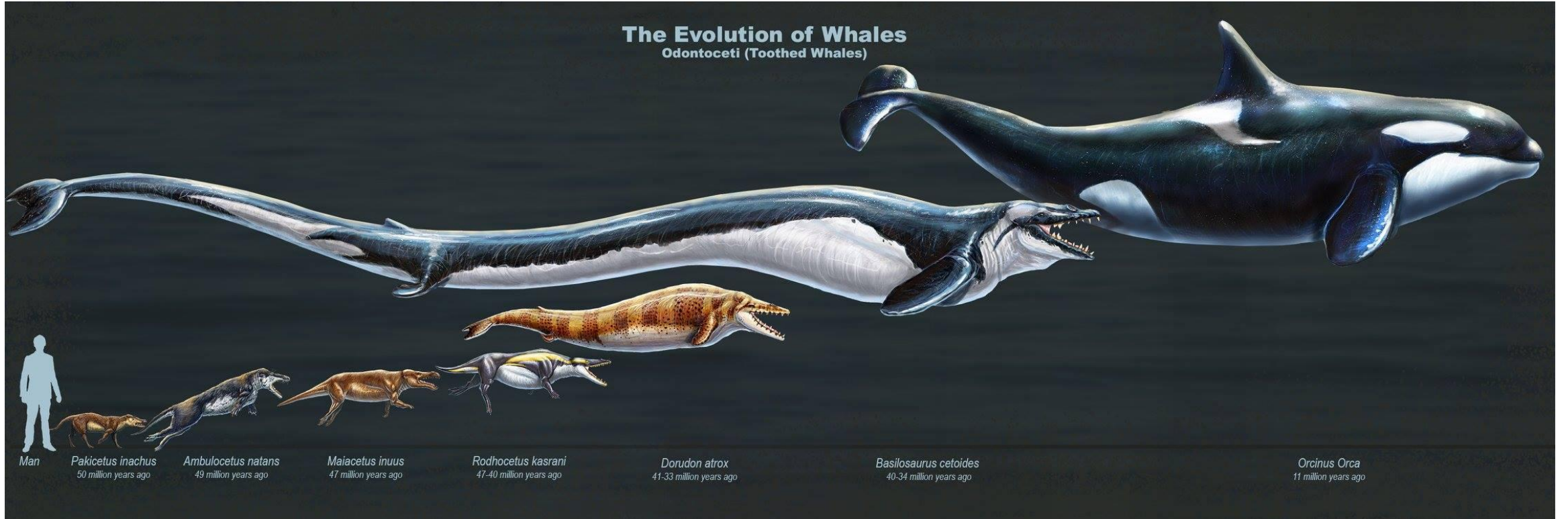
Balinalarda karadan denize geçişte uyum özellikleri

- ❖ Günümüzde yaşayan balinaların **sucul yaşama uyum** sağlamak için **çok büyük değişimlere** uğradıkları anlaşılmaktadır.
 - ❖ kafatasının üst kısmının arka tarafındaki **burun açıklığı**
 - ❖ bütünüyle kapanmış **küreğe benzer yüzgeçler**
 - ❖ karasal memelilerde bulunan, kaynaşmış, **kuyruk sokumu** (arka alt) omurlarının **eksikliği**



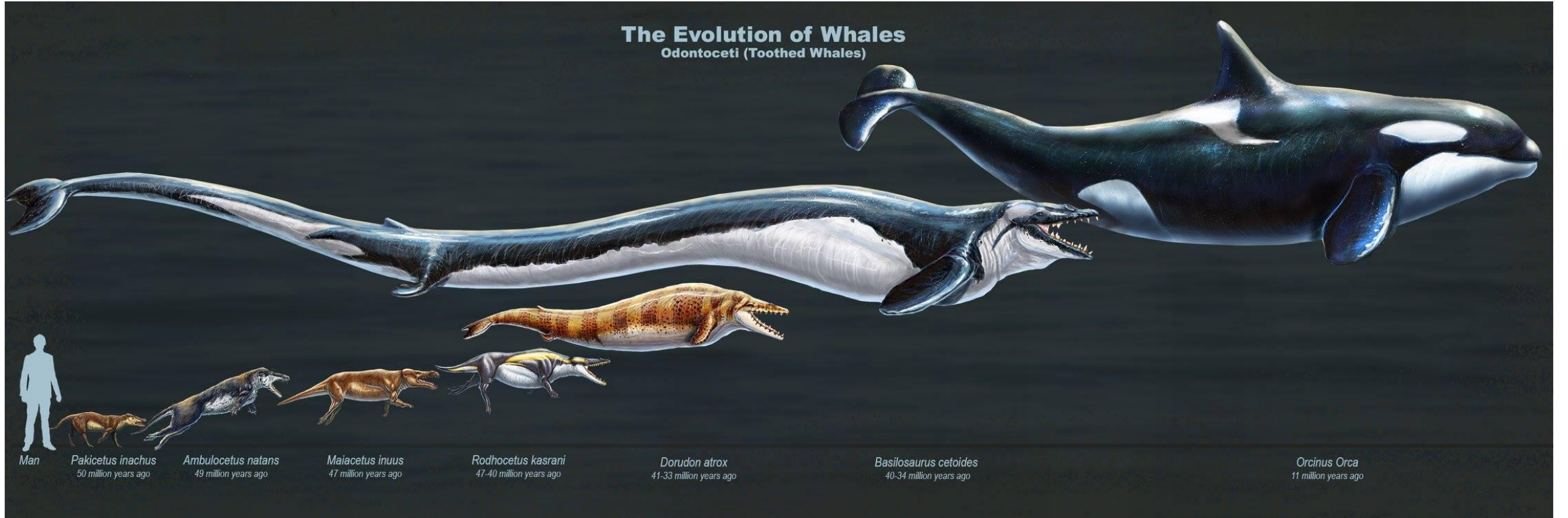
Eosen döneminden balina atası fosilleri

- ❖ Bulunan fosil örneklerinin en yaşlısı, **Pakicetus** (53-48 MYÖ), belirgin **balina orta kulak kemiği** olan **karasal** (belki de **yarı sucul**) hayvanlardı.



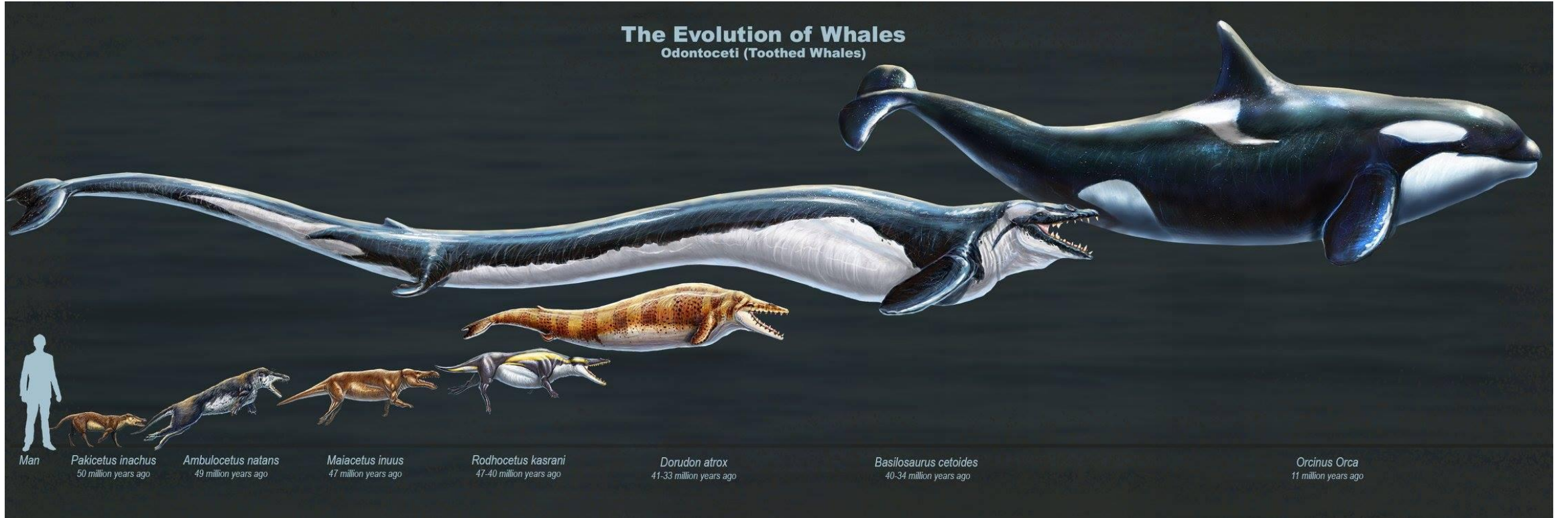
Eosen döneminden balina atası fosilleri

- ❖ Biraz daha genç olan **Ambulocetus** (48-47 MYÖ) **kıyusal sığ sulara uyum** sağlamıştı.



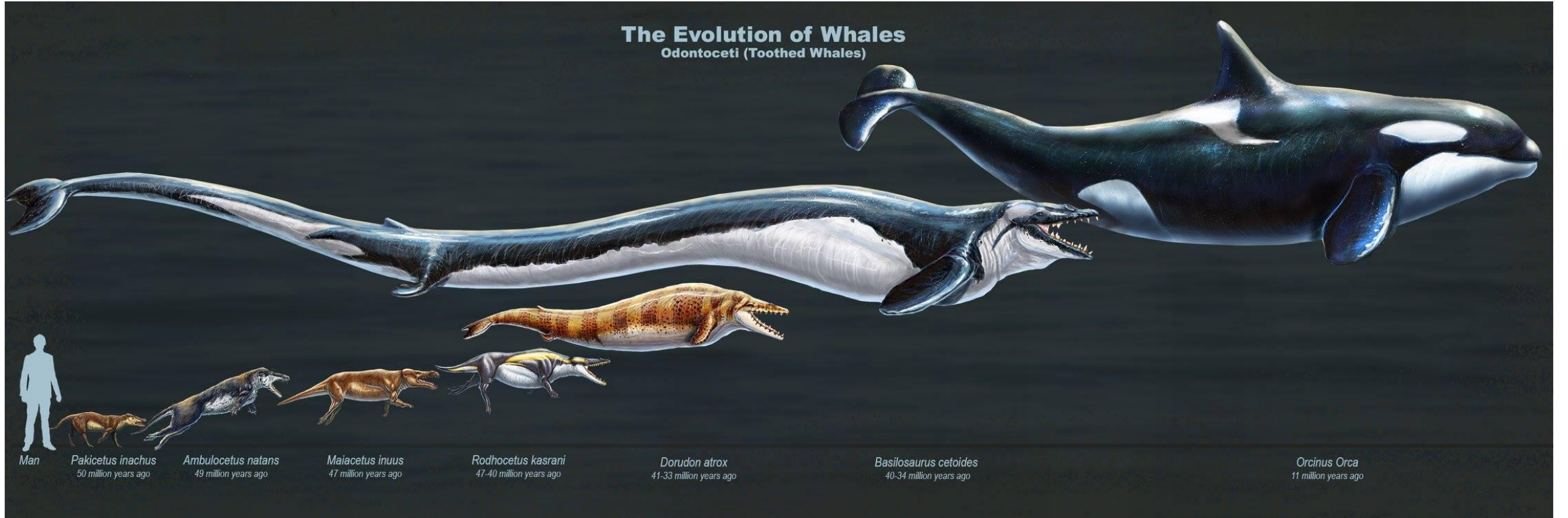
Eosen döneminden balina atası fosilleri

❖ **Kısa arka bacakları**, fakat, **küçük toynakları destekleyen parmakları** olan geniş ayaklı hayvanlardı.



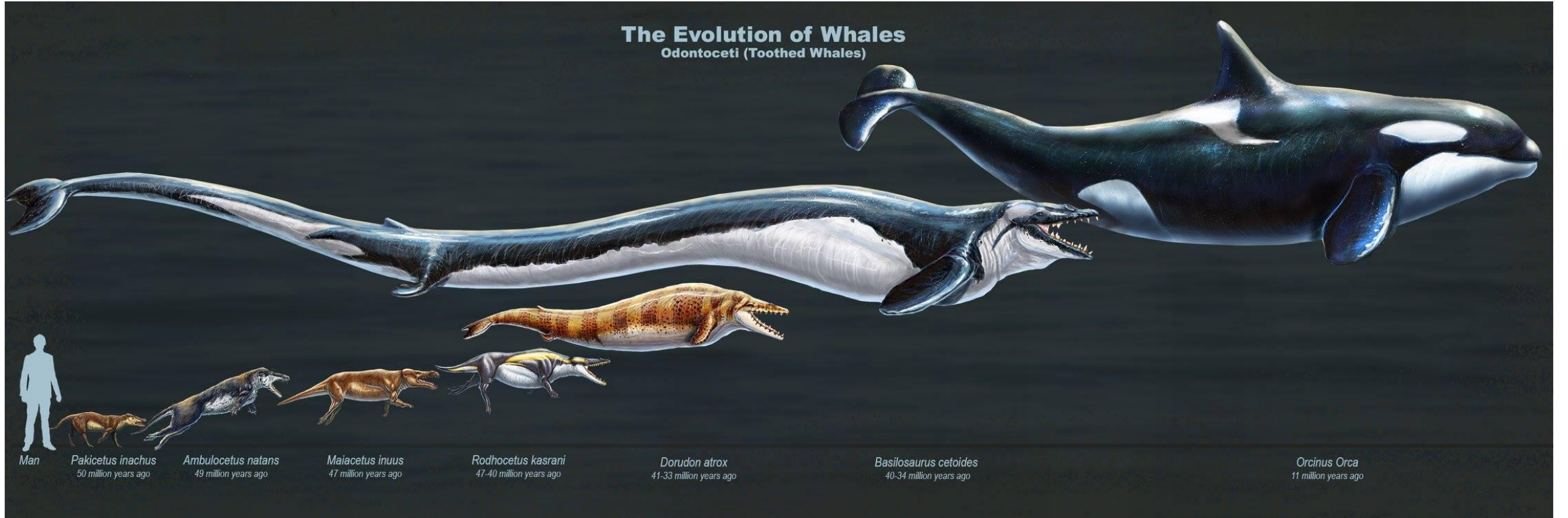
Eosen döneminden balina atası fosilleri

❖ **Alt çene açıklığı** Pakicetid'lerden **daha genişi** ve **boyutları** düzenli bir şekilde **artmaya başlamıştı**.



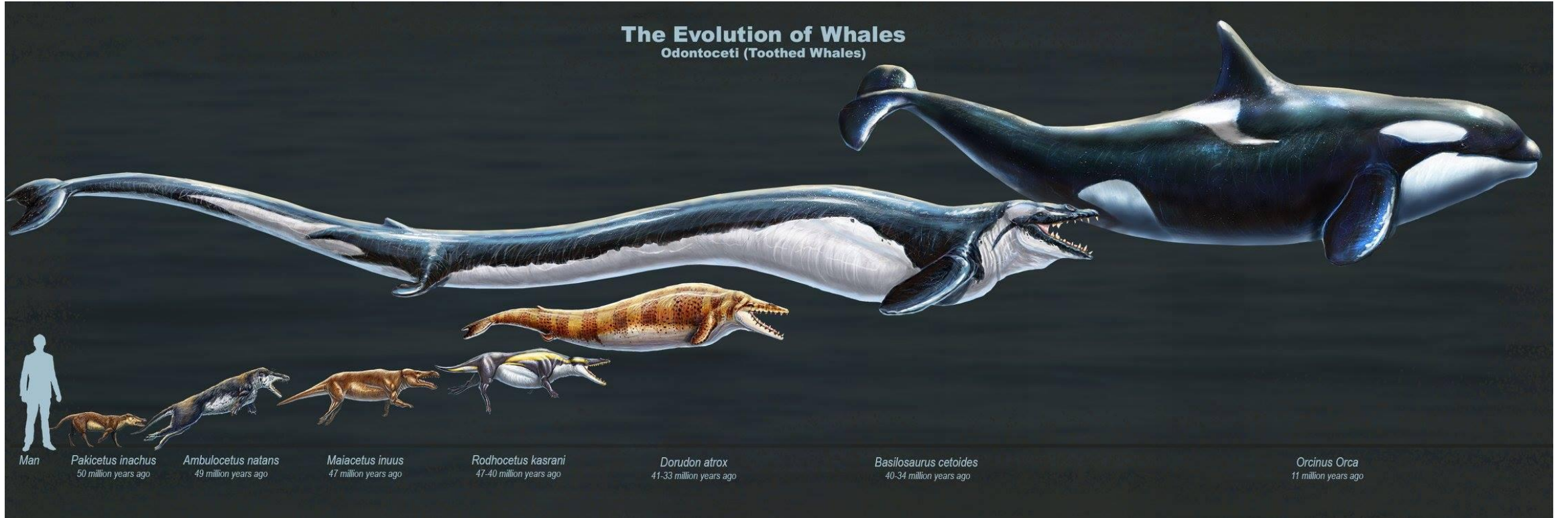
Eosen döneminden balina atası fosilleri

- ❖ Ambulocetus, **uzun çene** ve bir dereceye kadar **sivrilikleri azalmış dişlere** sahip yırtıcı bir hayvandı.



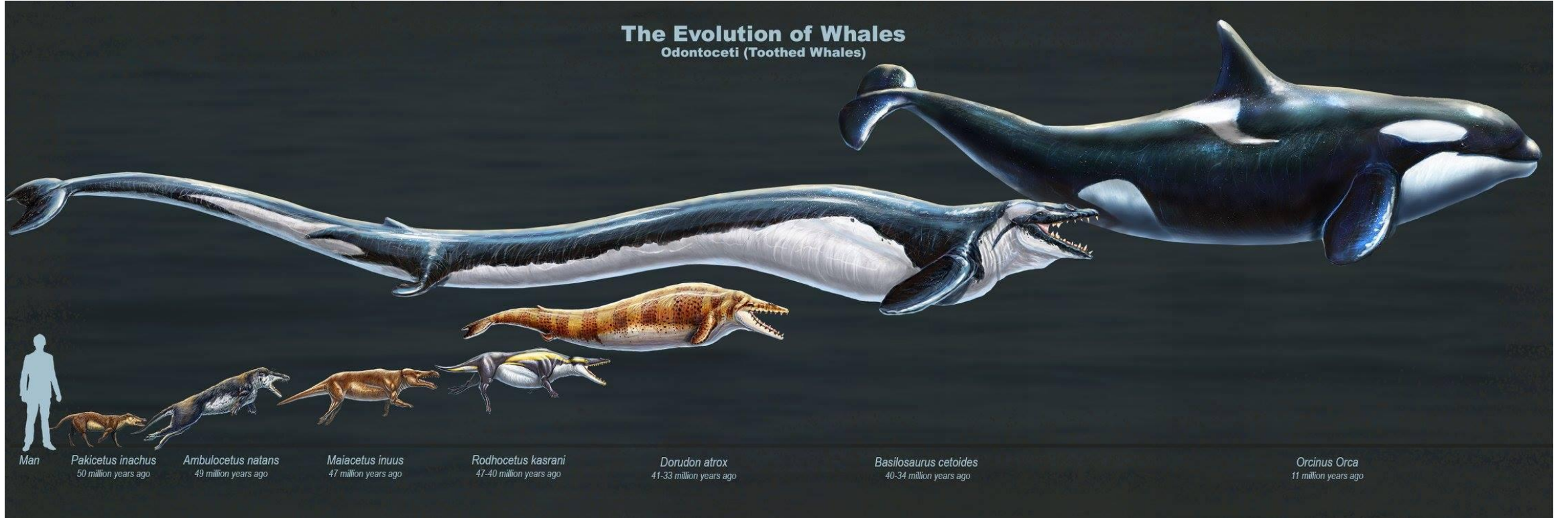
Eosen döneminden balina atası fosilleri

- ❖ **Rodhocetus'ta kuyruk sokumu omurları arasındaki kaynaşma azalmış, diş formu basitleşmiş, ve burun açıklığı burun ucundan geriye doğru uzaklaşmıştı.**



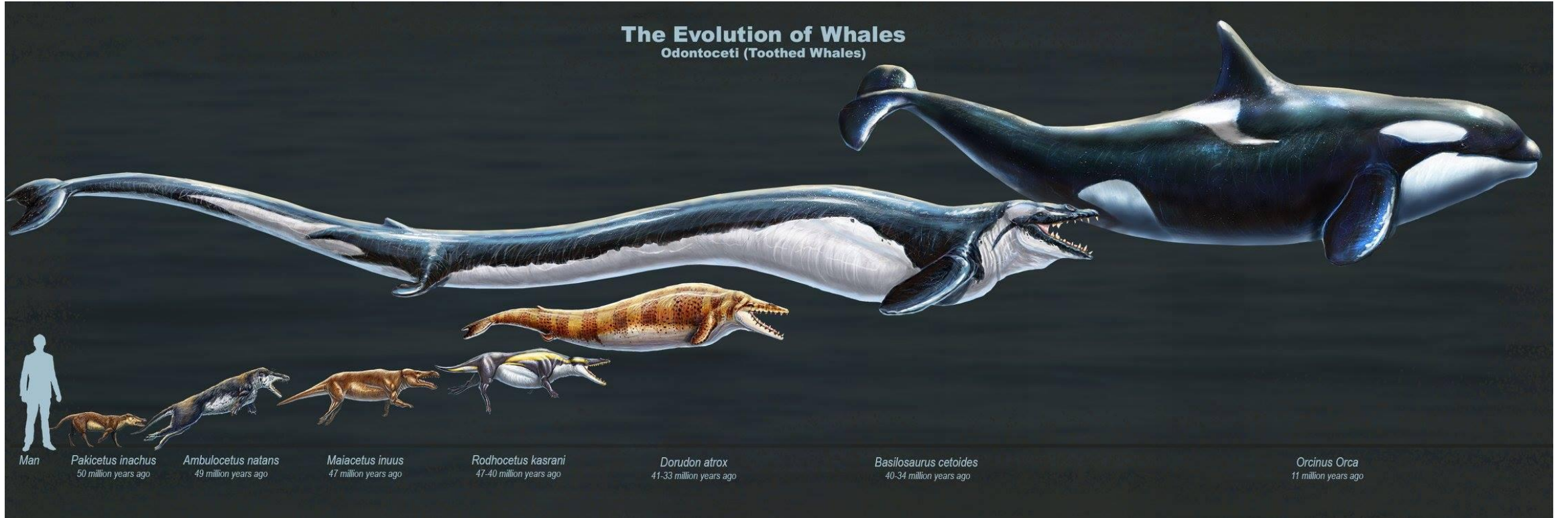
Eosen döneminden balina atası fosilleri

❖ **Su içindeki yaşama tamamen uyum**, yaklaşık 35 milyon yıl öncesine ait **Dorudon'da** görülmektedir.



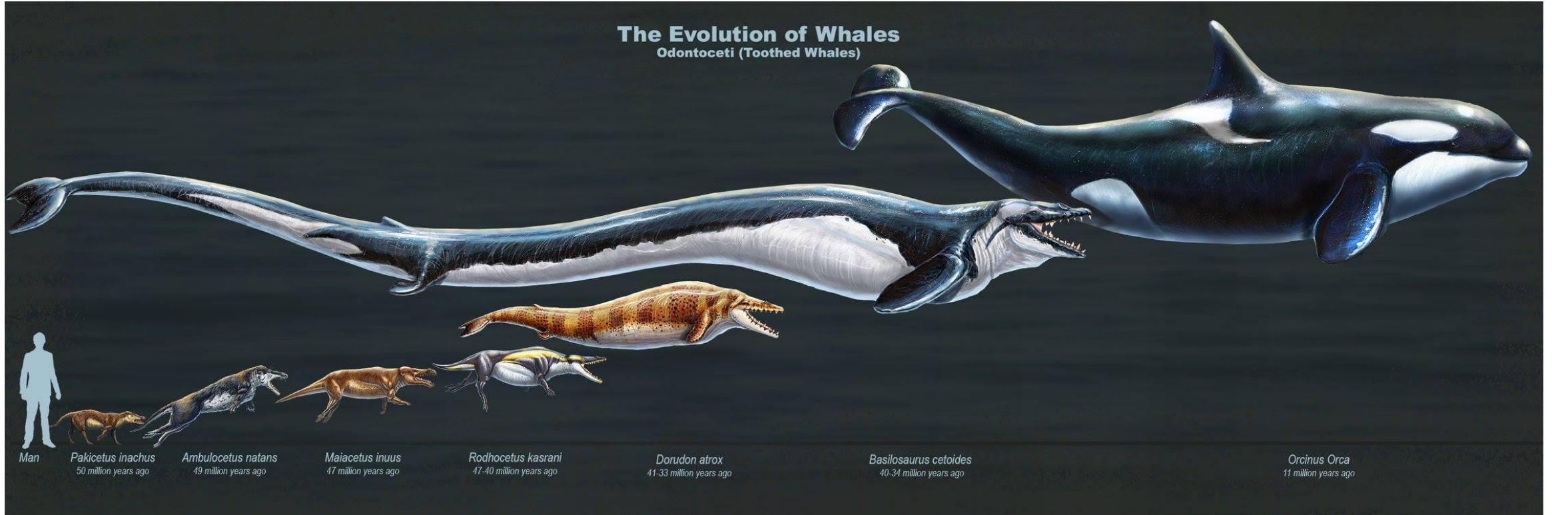
Eosen döneminden balina atası fosilleri

- ❖ **Dişleri** daha da **basitleşmiş**, **burun deliği** daha **geriye** gitmiş ve **ön bacakları**, hemen hemen hiç esnek olmayan el bileği ve dirsekle birlikte **palette dönüşmüştür**.



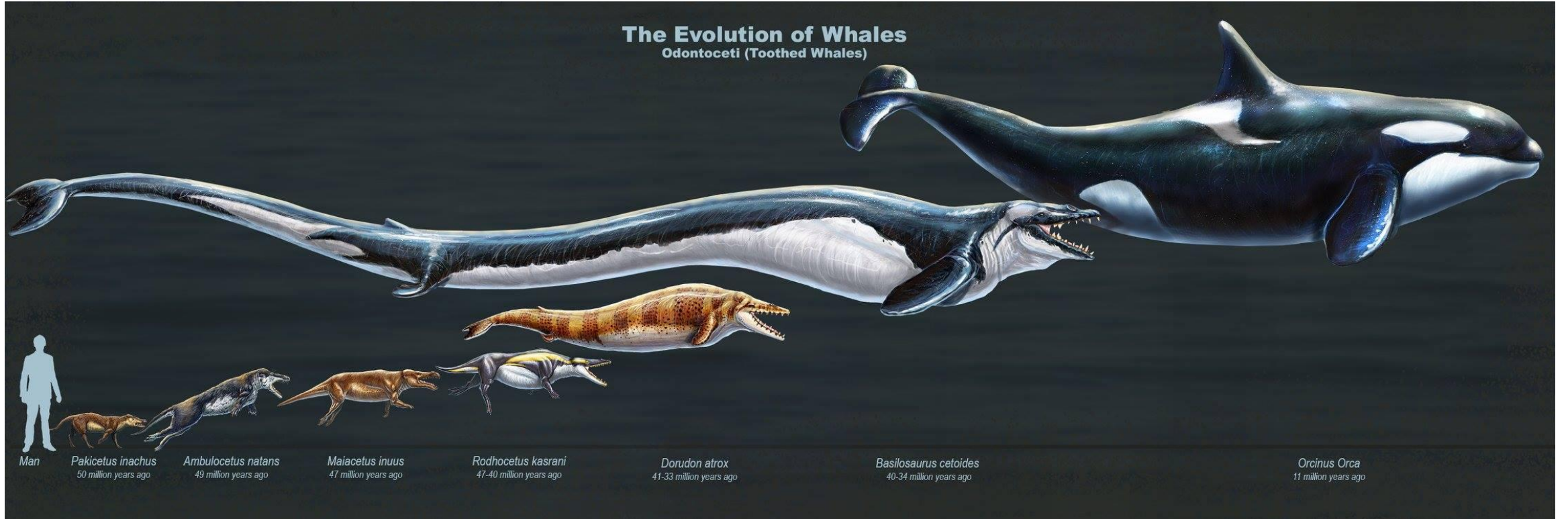
Eosen döneminden balina atası fosilleri

- ❖ **Pelvis** ve **arka bacaklar işlevlerini** tamamen **yitirmiş** ve küçülen **pelvis omurgadan ayrılmış** ve arka **ayakları** ve **bacakları** vücut yüzeyinden **dışarıya çok az çıkıntı** oluşturmuştur.



Eosen döneminden balina atası fosilleri

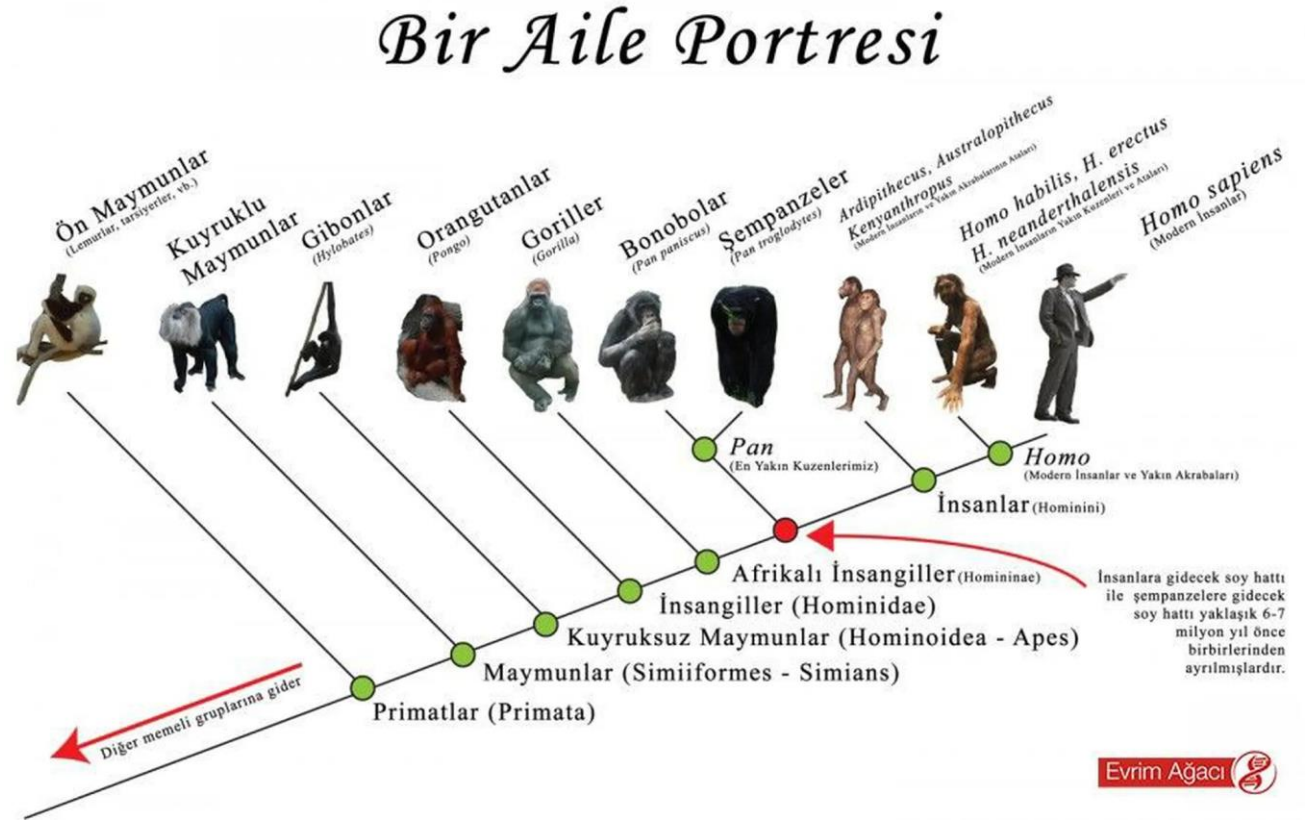
- ❖ Dorundontinler, büyük olasılıkla **yatay kuyruk yüzgecine** sahipti (fluke: balina kuyruğunun yassı yüzgeci), ve gerçekten, **günümüzde yaşayan balinalarla aralarında yalnızca küçük bir adım** vardı.



İnsansılara ait fosiller

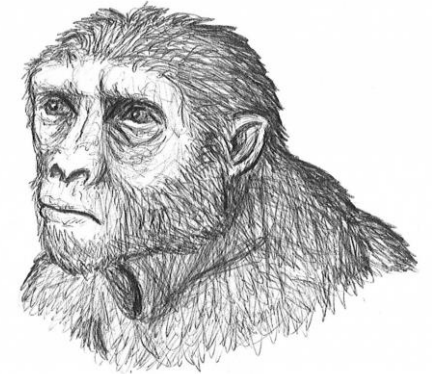
Çağdaş insanın kökeni

- ❖ **DNA dizisi** farklılığı, **şempanze** ve **insan** soyunun **5-6 milyon yıl önce** birbirinden ayrıldığını göstermektedir.
- ❖ **Şempanze fosili** hiç **bulunmamıştır**, ama **insansı** (hominin) fosilleri **geç Miyosene** (6-7 milyon yıl öncesi) kadar bilinmektedir.
- ❖ **Kafatası kapasitesi**, **beyin boyutunun ölçüsü** gibi özellikler göz önünde bulundurulduğunda, **çağdaş insanın**, birçok ara basamak boyunca, anatomik bakımdan **en çok maymun benzeri atalarından** evrimleştiği görülmektedir.



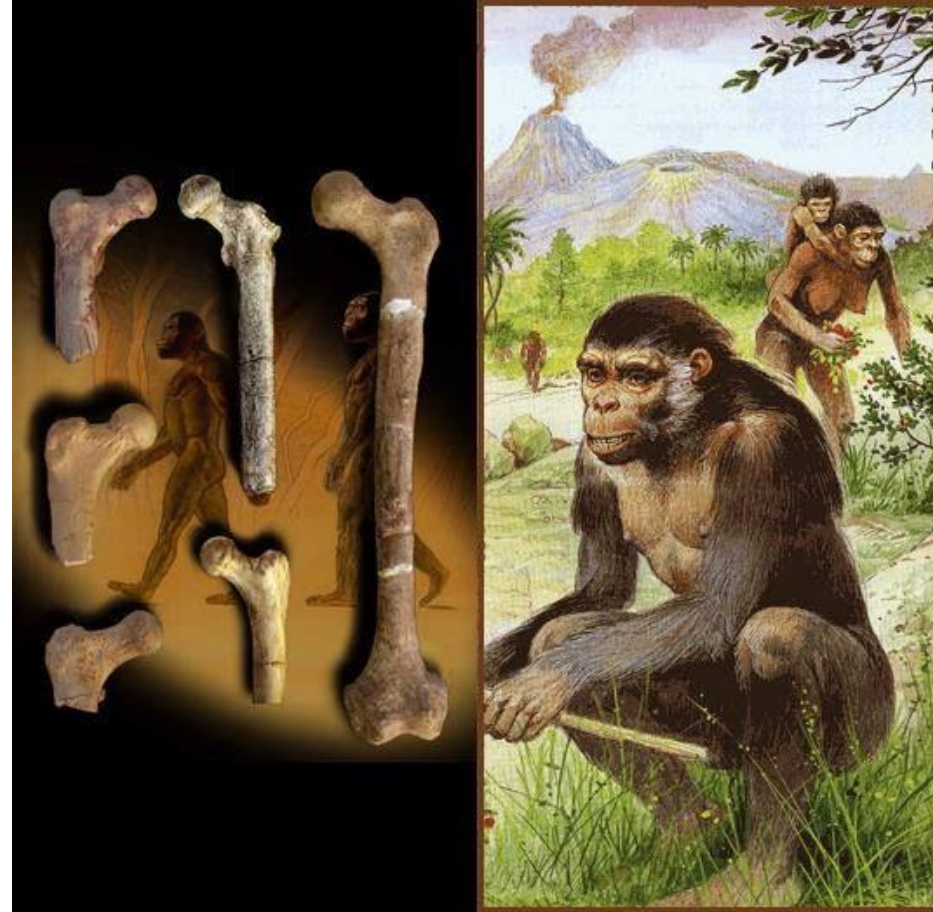
Hikaye Afrika'da başlıyor!

- ❖ Bütün ilkel insansılar **Afrika'da bulundu.**
- ❖ **En ilkel insansı fosili**, bir kafatası, yakın zamanda **batı Afrika'da Çat**'ta tanımlandı.
- ❖ **Sahelanthropus tchadensis** olarak adlandırılan bu fosilin, 6-7 milyon yıl öncesinde, **geç Miyosen'de yaşadığına** inanılıyor.
- ❖ **Küçük beyin** gibi özelliğiyle, bilinen **en ilkel insansıdır.**
- ❖ Fakat daha sonraki insansılarikilere benzer, **küçük köpek dişleri** ve oldukça **düz yüzü** gibi **türemiş özelliklere de sahiptir.**
- ❖ **Anatomik deliller**, bu türün **iki ayağı üzerinde yürüyebilecek yapıya** sahip olduğunu göstermektedir.

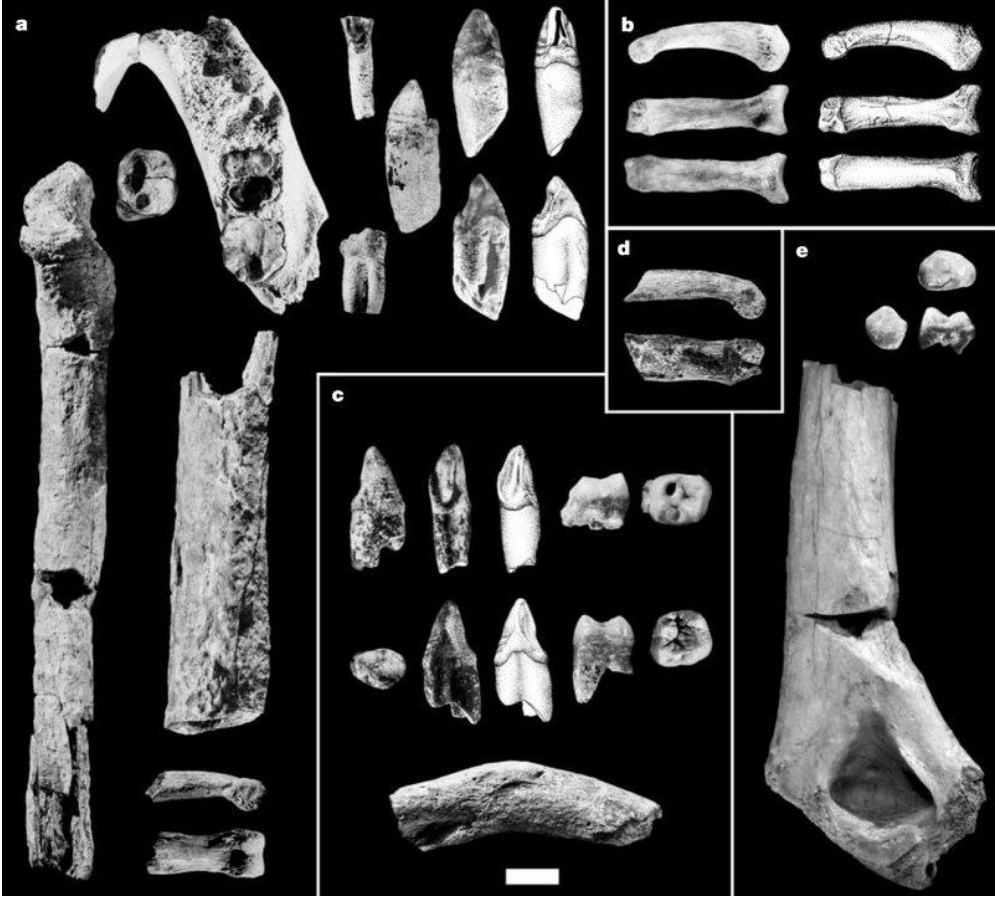
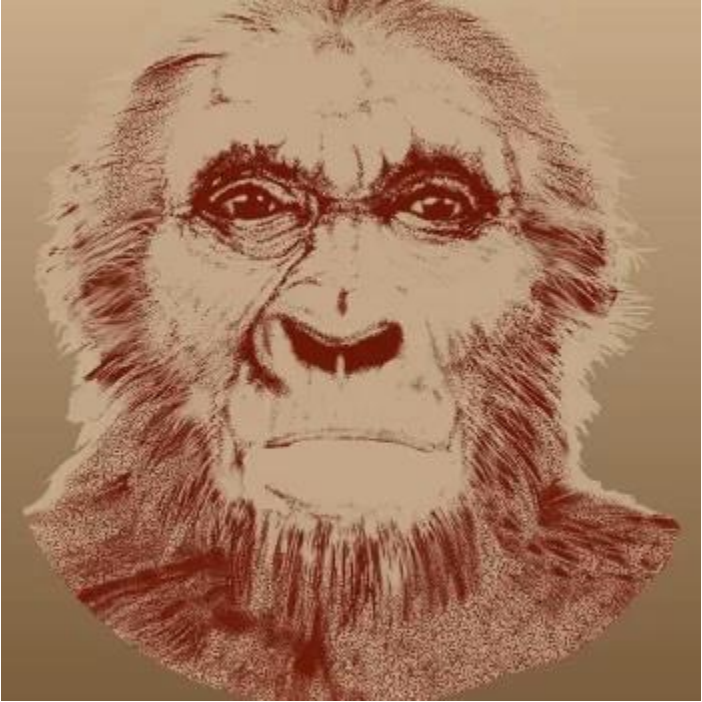


En yaygın fosil örneğine
geçmeden önce birkaç ara form
görelim

Orrorin tugenensis



Ardipithecus kadabba



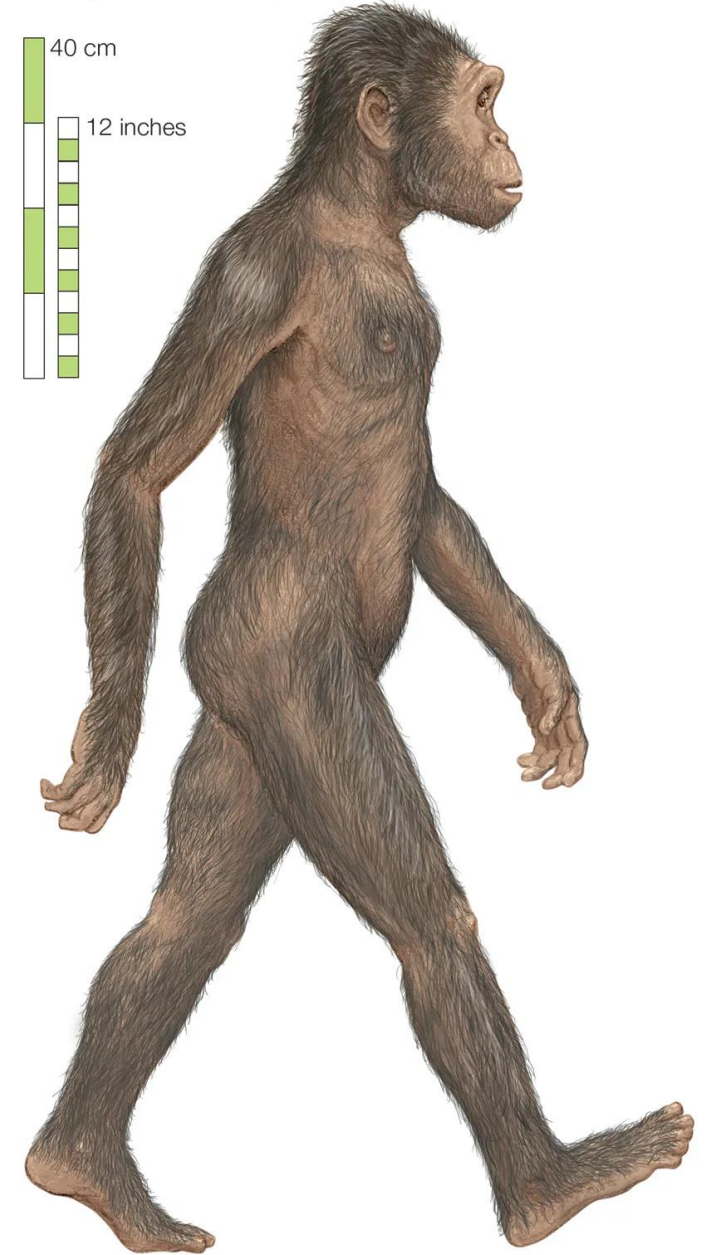
Ardipithecus ramidus



En yaygın ve bilgi verici fosil

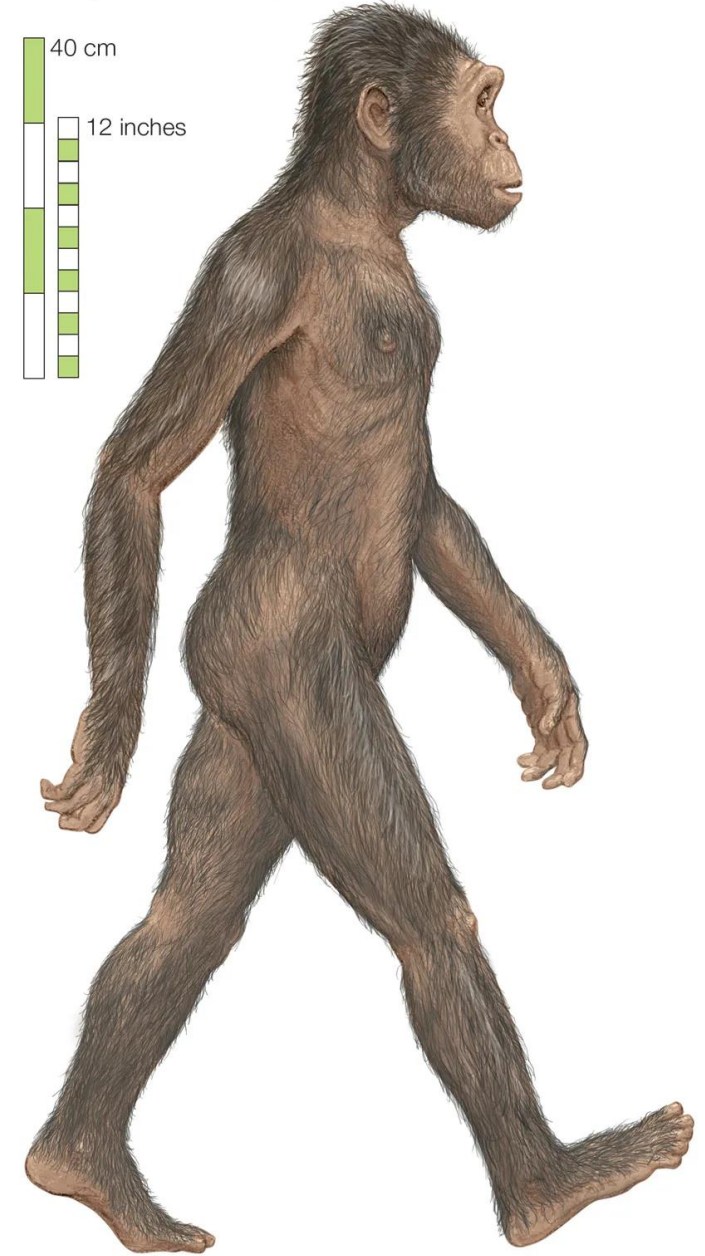
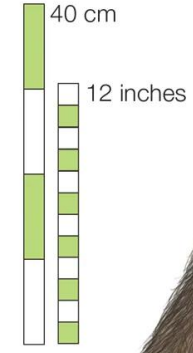
- ❖ **En yaygın ve bilgi verici**, en yaşlı **fosil materyali**, yaklaşık 3.5 MY yaşındaki **Australopithecus afarensis** olarak adlandırılmıştır.
- ❖ Birçok "ilkel" ya da **atasal özellikleri**, bu formların, insan ve **şempanzelerin ortak atalarından çok uzaklaşmadıklarını** gösterir.
- ❖ Gözler hariç daha ileri **uzamış alt yüze**, göreceli olarak **genişlemiş köpek dişlerine**, bacaklara göre daha **uzun kollara**, **küçük beyine** (yaklaşık 400cc), **el ve ayak parmaklarındaki kıvrık kemiklere** (ki onların ağaca tırmandığını gösterir) sahiptiler.

Australopithecus afarensis



En yaygın ve bilgi verici fosil

Australopithecus afarensis



- ❖ **Pelvisin yapısı** ve **arka bacak**, açıkça **iki ayaklı** olduğunu gösterir.
- ❖ **Tanzanya'da, afarensis'in bulunduğu yere yakın**, kayalaşmış volkan külleri arasında "**fosilleşmiş**" **ayak izleri** bulunmuştur.

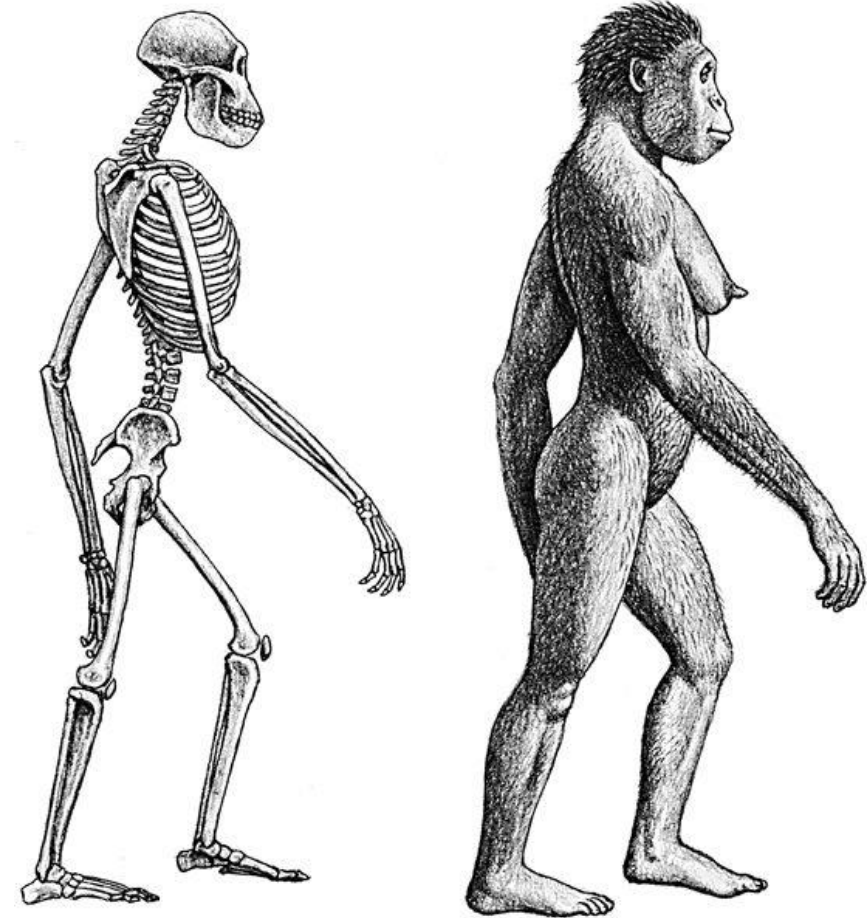


Australopithecus

- ❖ Bu türün, etkili çiğneme için uyarlanmış **geniş azı dişleri** ve **küçük azı dişleri** vardır.
- ❖ Büyük olasılıkla **yumru kök** ve **sert bitki malzemeleri** ile beslenmekteydiler.
- ❖ Tarihsel kanıtlar, 2.6-2.3 MY yaşında **taş aletler yapmış olabileceklerini** göstermektedir.

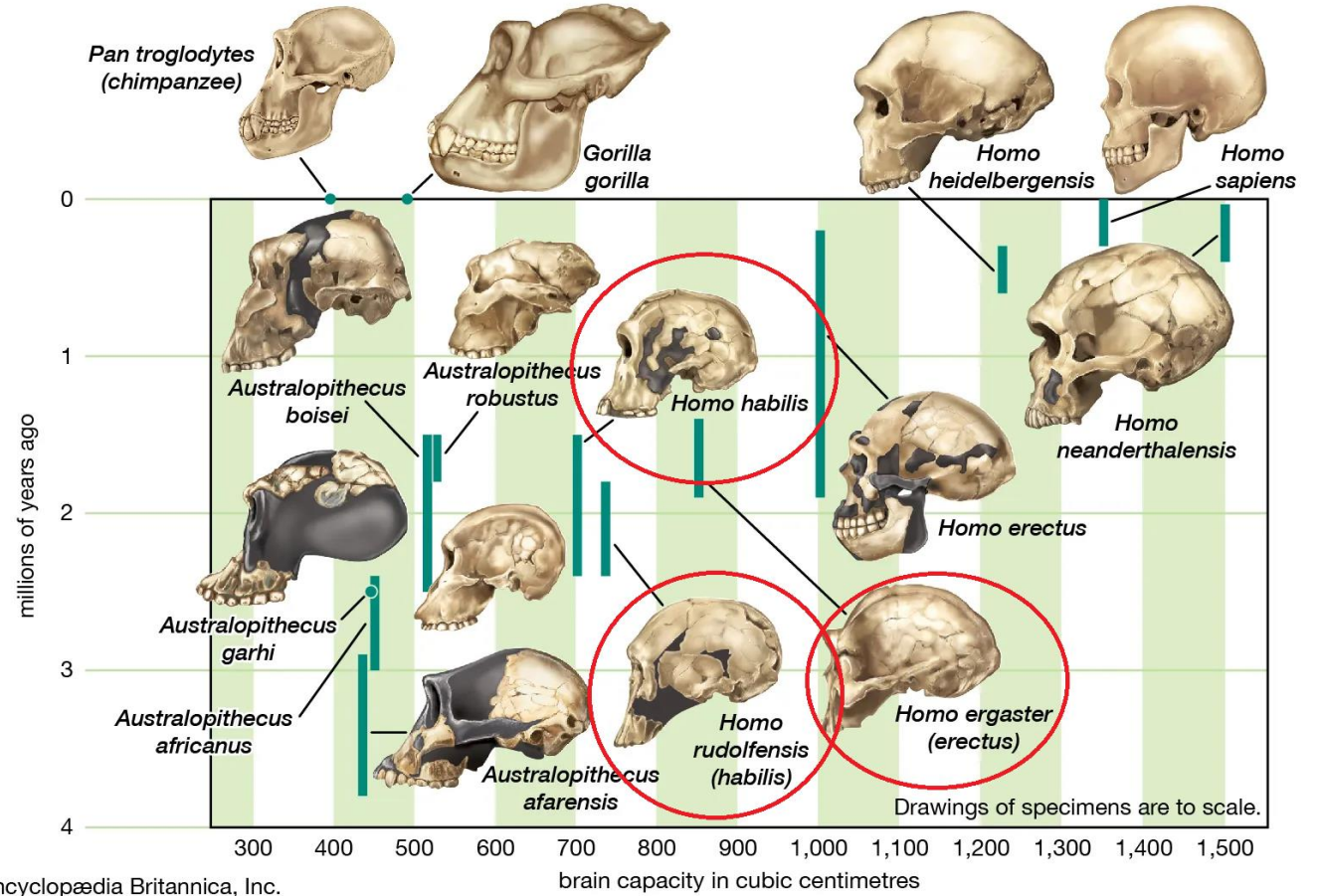
Australopithecus africanus

- ❖ **İnce, narin yapılı** bir formdur.
- ❖ **A. afarensis'ten türediği** düşünülür ama **daha büyük bir beyne** işaret eden **daha büyük kafatası** kapasitesine (yaklaşık 450cc) sahiptir.



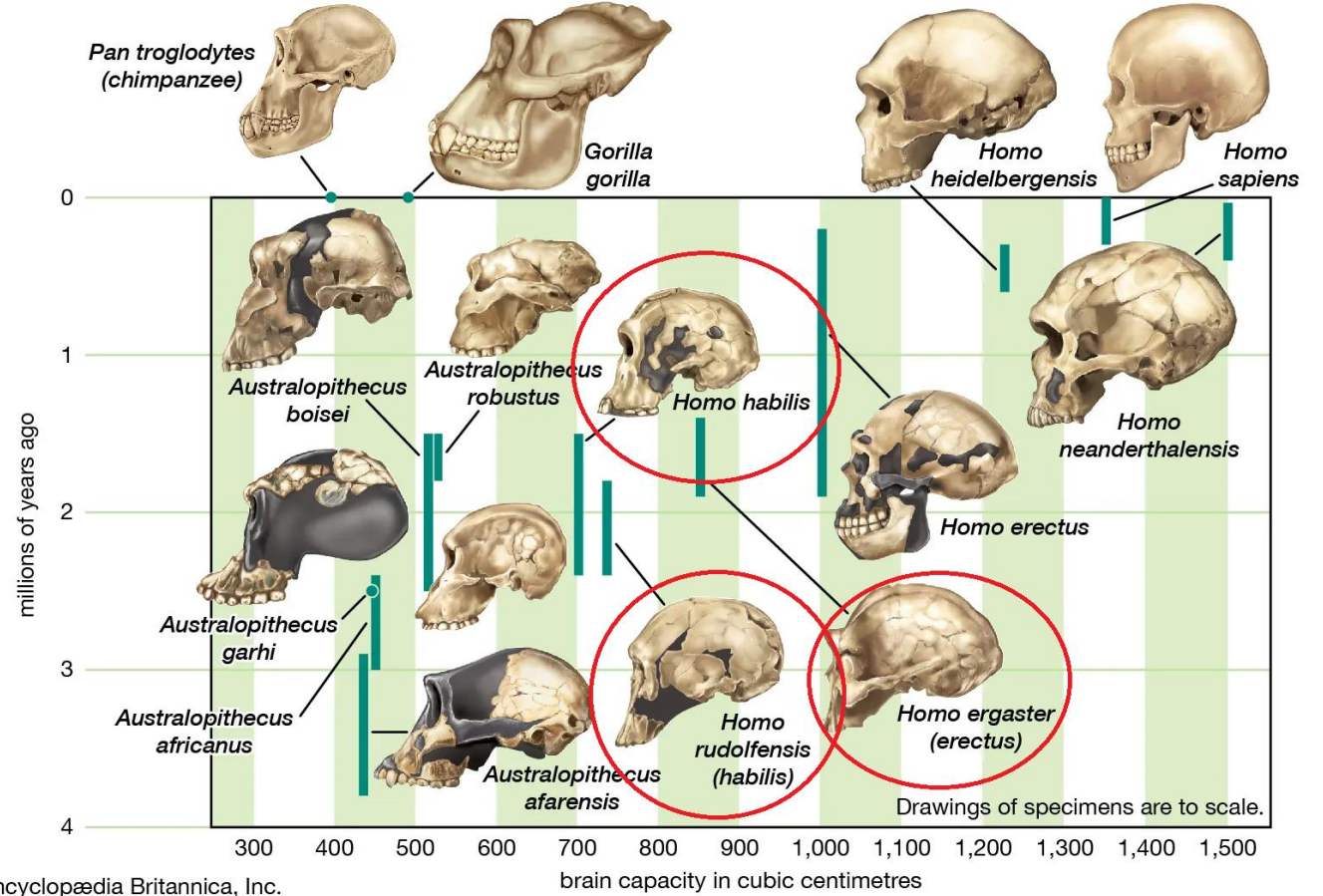
Homo cinsine ait fosiller

- ❖ Genellikle, Homo cinsine atfedilen **en eski fosiller**, yaklaşık **1.9 - 1.5 milyon yıl** (geç Pliosen ve erken Pleistosen) **arasında yaşamışlardır**.
- ❖ Başlangıçta, **Homo habilis** olarak adlandırılmış fosiller, bazı çalışmacılar tarafından iki hatta, **üç türe** (**H. habilis**, **H. ergaster** ve **H. rudolfensis**), ayrılabilir kadar çeşitliydi.



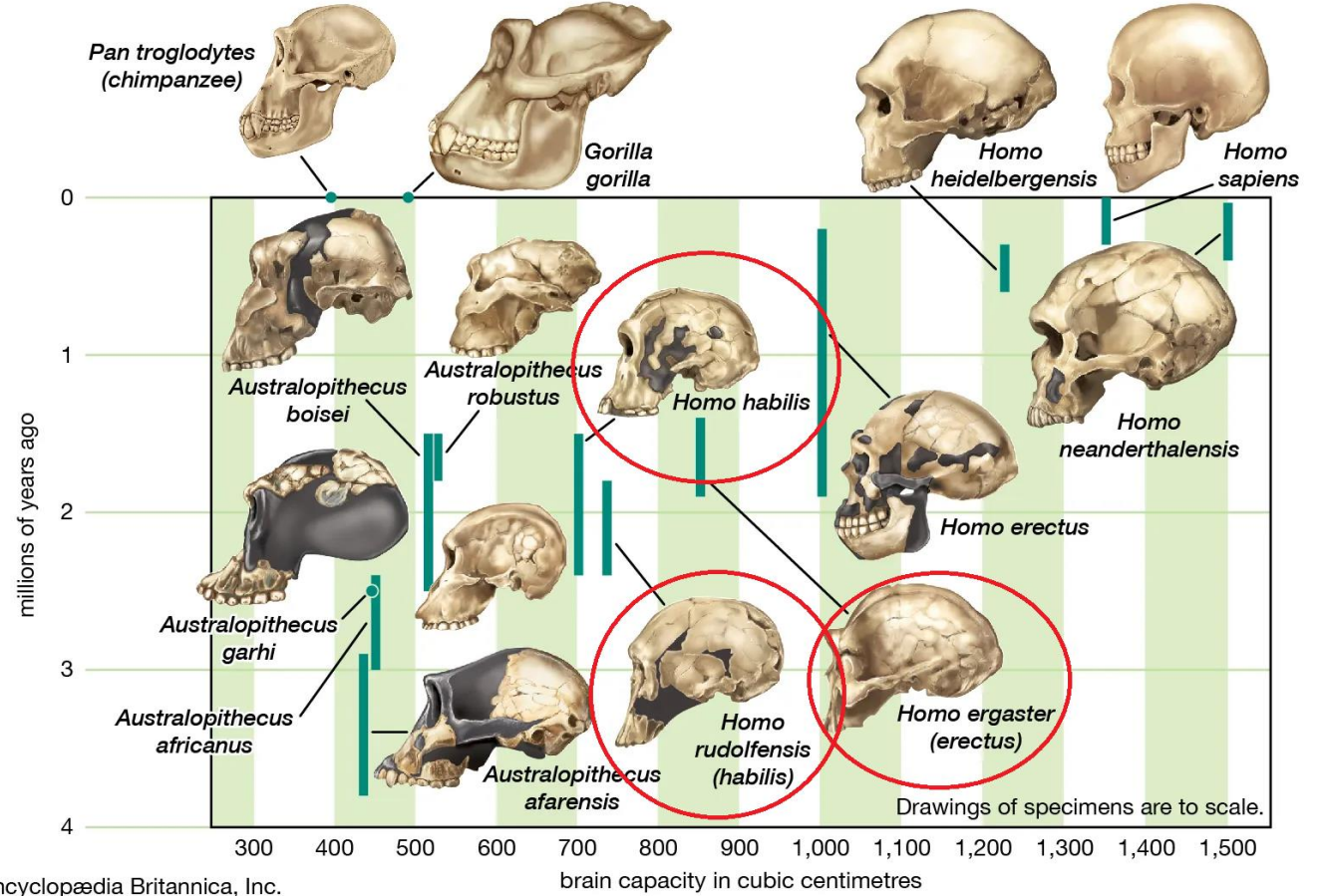
Homo cinsine ait fosiller

- ❖ En **eski** örnekler **Australopithecus africanus**'a çok benzer ve daha **genç** olanlar ise sonraki form **Homo erectus** içinde sınıflandırılırlar.
- ❖ Australopithecus ile karşılaştırıldığında, **Homo habilis** daha **büyük kafatası** kapasitesi (610 – 800 cc), daha **düzleşmiş yüzü**, ve daha **kısa diş sırası** ile çağdaş insana benzerlik gösterir.



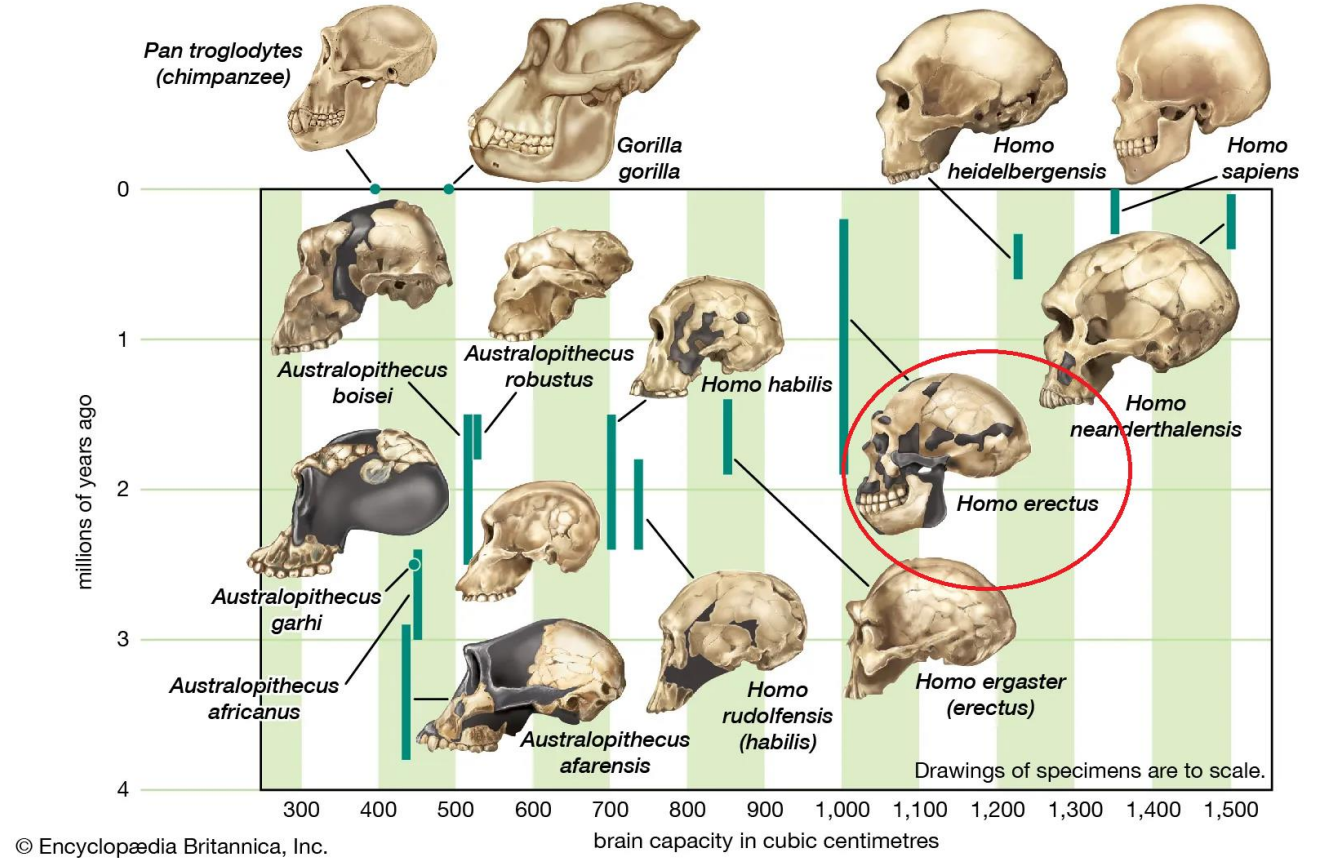
Homo cinsine ait fosiller

- ❖ **Bacak ve ayak yapısı**, iki ayak üzerinde yürüebilme yeteneğini gösteren **insana benzemektedir**.
- ❖ *Homo habilis*, **taş aletler** ve kesik izleri taşıyan **hayvan kemikleri** ve diğer insansı etkinliklerini gösteren **işaretler** ile birlikte bulunmuştur.



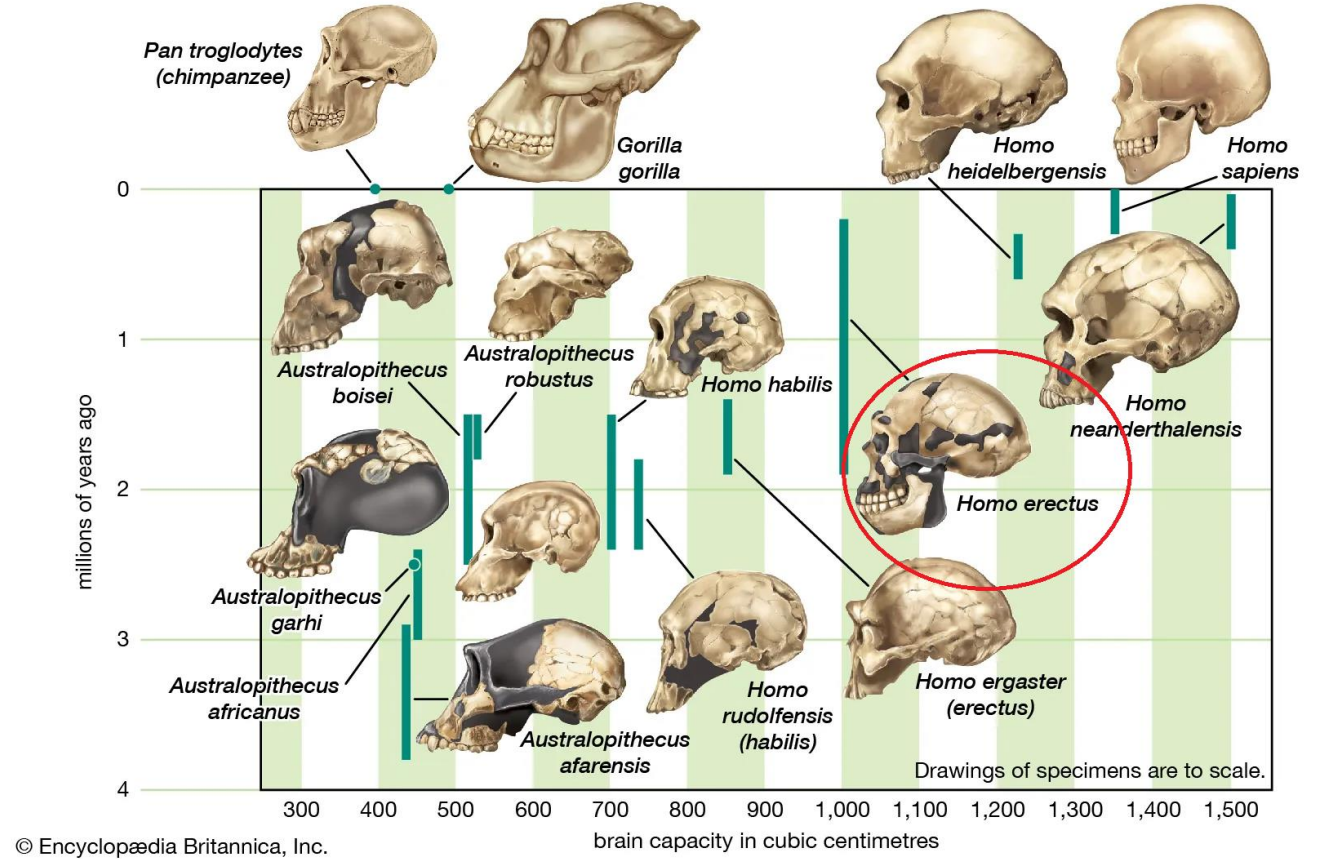
Homo erectus

- ❖ Yaklaşık 1.6 MY'dan 200.000 yıl öncesine kadar olan zamanda yaşamış daha sonraki insansılar **Homo erectus** olarak anılırlar.
- ❖ *H. habilis*, *H. erectus*'un, ve ***H. sapiens*'in tek bir evrimsel soy hattından** geldiğini düşünülür.
- ❖ Orta Pleistosen'den bu yana, *H. erectus*, **kafatası, anatomisi, ve davranış belirtileri** gibi **çağdaş insan özelliklerine sahiptir.**



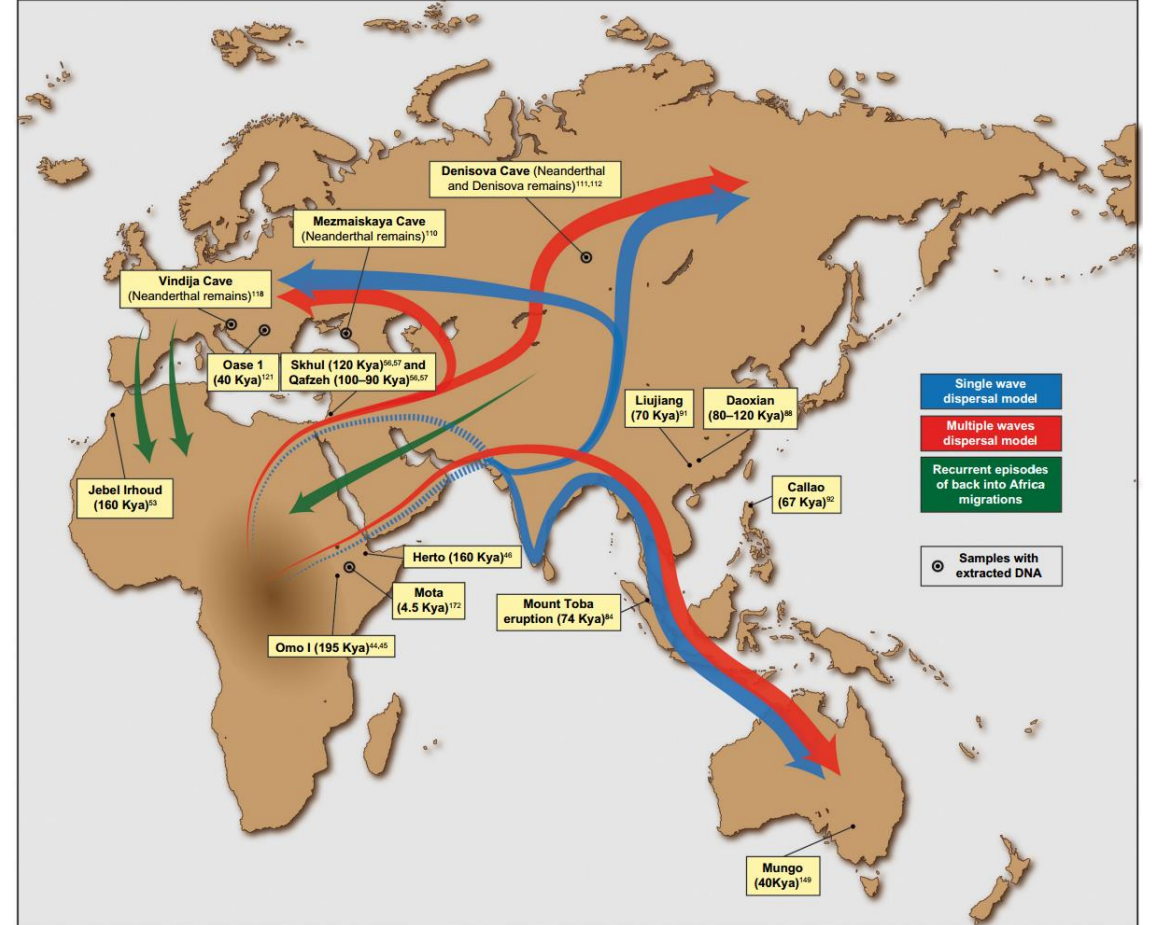
Homo erectus

- ❖ Kafatası **yuvarlaklaşmış**, **yüz** önceki formlara göre öne doğru **daha az çıkıntı** oluşturmuş, **dişler** daha **küçülmüş**, ve **kafatası kapasitesi** daha **genişlemiş** (ortalama 1000 cc) ve zamanla görülür bir biçimde **artış göstermiştir**.



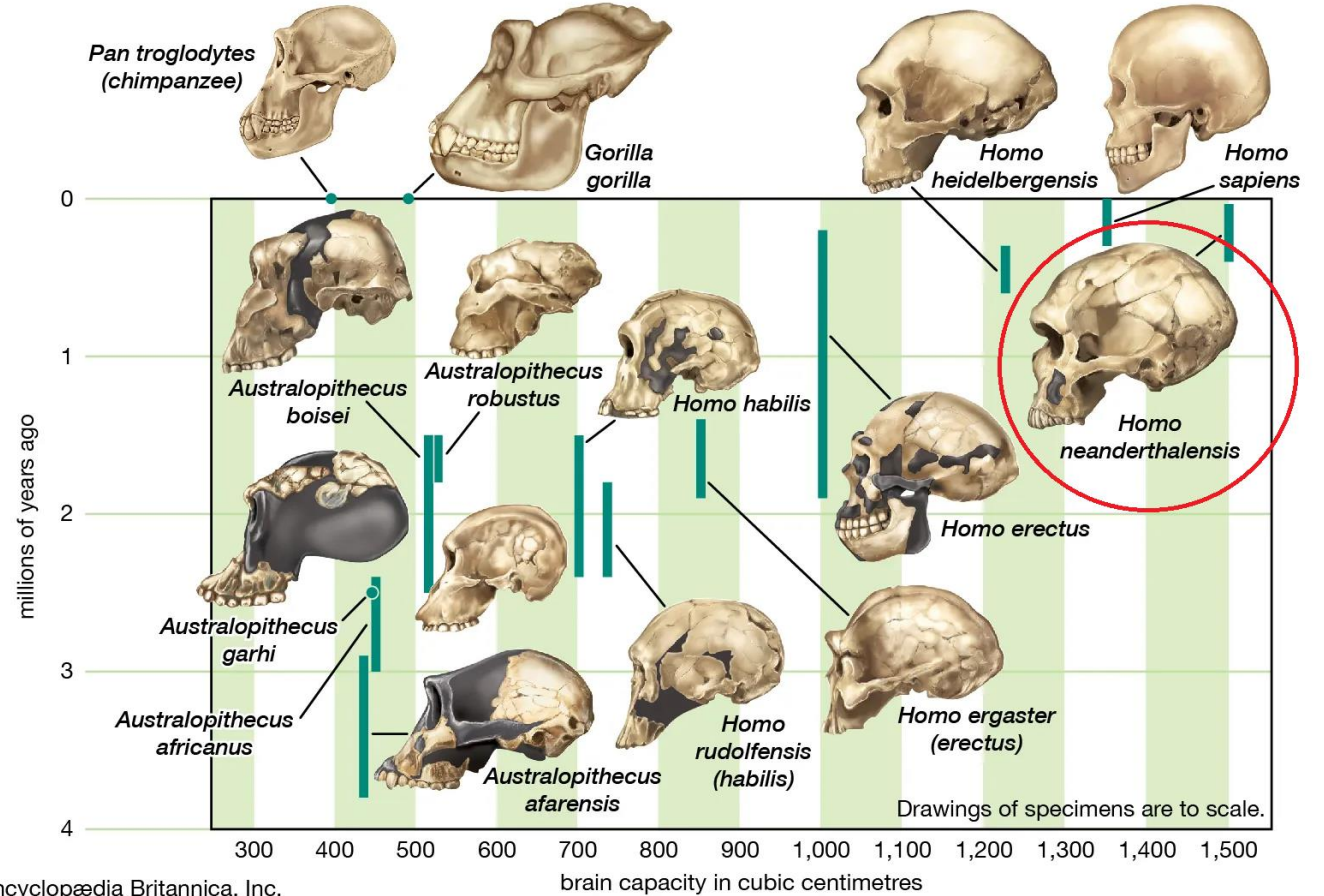
Homo erectus'un yayılışı

- ❖ En az 1 milyon yıl önce (belkide 1.7 MY'dan daha önce), *H. erectus*, **Afrika'dan Asya'ya**, doğuda **Çin'e** ve **Java'ya** kadar yayılmıştır.
- ❖ *H. erectus*, dağılımı boyunca **taş aletlerle** birlikte bulunmuştur.



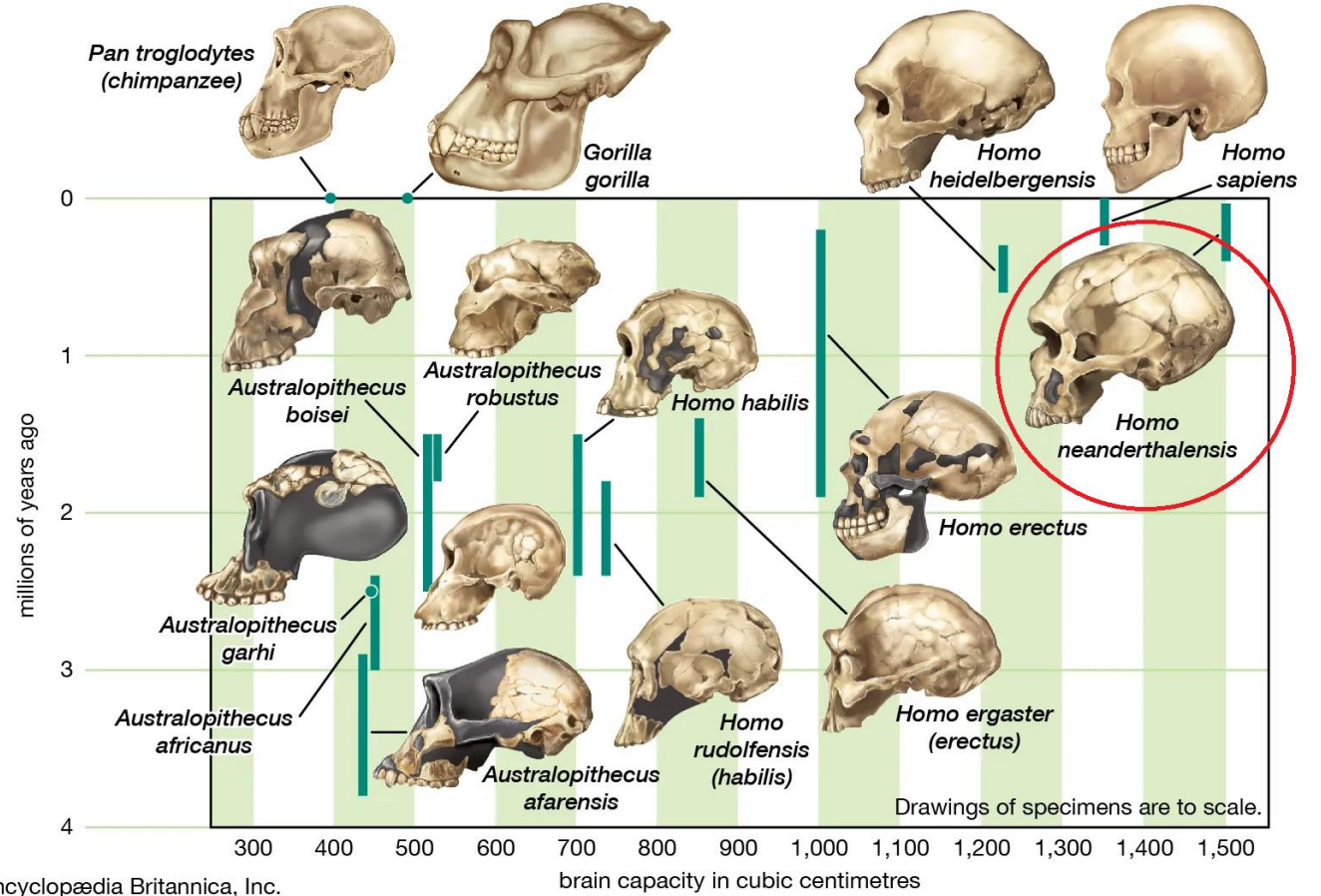
Homo neardethalensis

- ❖ Sapiens'lerin tarihi boyunca, ortalama **kafatası kapasitesi** 200 bin yılda yaklaşık **1175 cc'den**, ortalaması **1400cc** olan çağdaş insanınkine kadar **arttı**.
- ❖ En iyi bilinen eski *Homo sapiens* topluluğu, bazı çalışmacılar tarafından **H. neanderthalensis** olarak bilinen, **Avrupa** ve **güneybatı Asya Neandertalleridir**.



Homo neardethalensis

- ❖ Neandertaller **yoğun kemiklere, kalın kafatasına** ve öne doğru **çıkıntı yapan alın** kemiklerine sahiptiler.
- ❖ **Tamamen dik** olarak yürüyen bir tür olduğu bilinmektedir.
- ❖ Bizimki kadar, hatta **bizimkinden büyük** (1500 cc'ye kadar) **beyine** sahiplerdi.



Homo neardethalensis

- ❖ Çeşitli **taş aletleri** kullanabiliyorlardı.
- ❖ Büyük olasılıkla **ölülerini dini törenlerle** gömüyorlardı.



Çağdaş sapiens

- ❖ Çağdaş insan, **Orta Doğu'da** Neandertaller tarihinin çoğu kısmında **Neandertallerle birlikte** bulunmuştur.
- ❖ Fakat yaklaşık **40.000 yıl önce** ansızın **Avrupa'da onların yerine geçmiştir**.
- ❖ 12.000 yıl öncesinden beri, çağdaş insan, kuzeydoğu Asya'dan **Bering karasal köprüsünü** geçerek **Kuzey Amerika'nın kuzeybatısına** yayılmıştır.

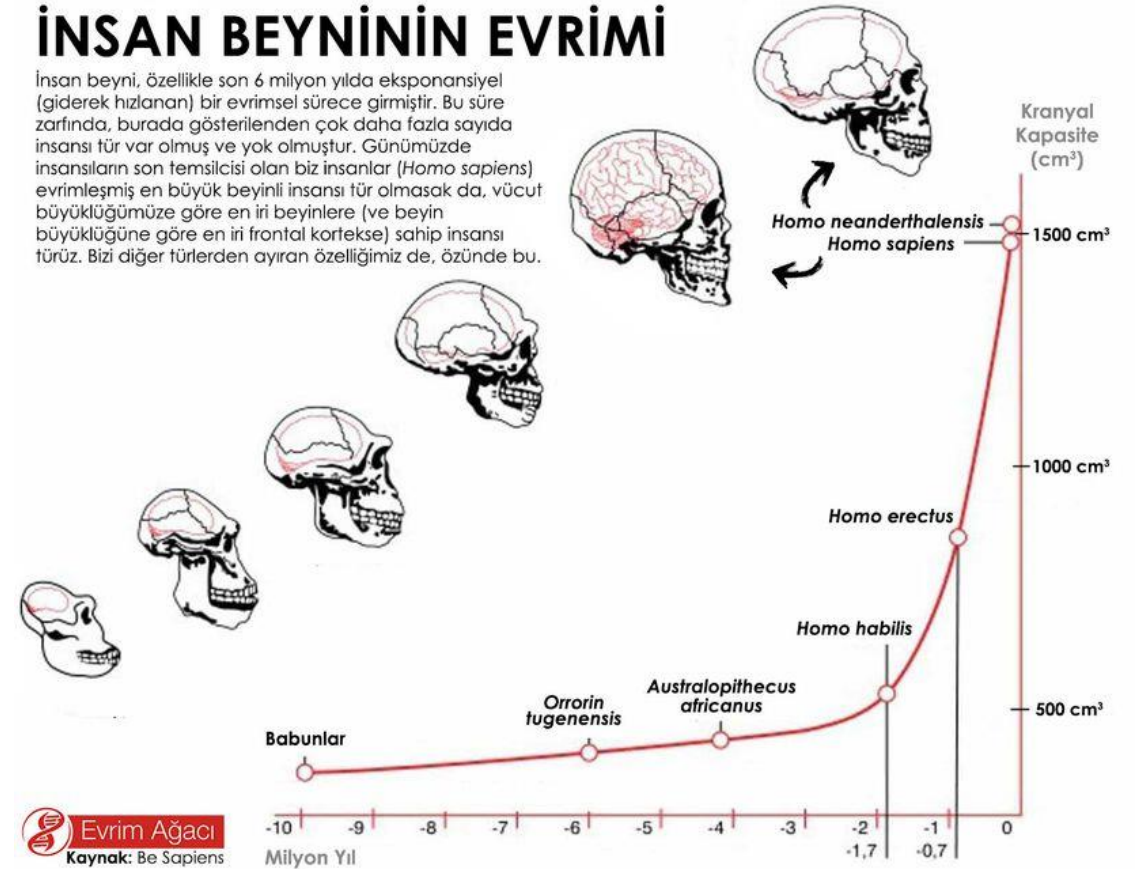


İnsansı özelliklerinin evrimleşmesi

- ❖ İnsansı evriminin her kısmında, **farklı insansı özellikleri farklı hızlarda** evrimleşmiştir (**mozaik evrim**).
- ❖ **Beynin boyutları** (kafatası kapasitesi) insansı tarihi boyunca **artmıştır**.
- ❖ **Dişlerde, yüzde, pelviste, ellerde, ve ayaklarda** **afarensis**'len **africanus**'a, **erectus**'a, **sapiens**'e kadar ilerleyen değişimler olmuştur.

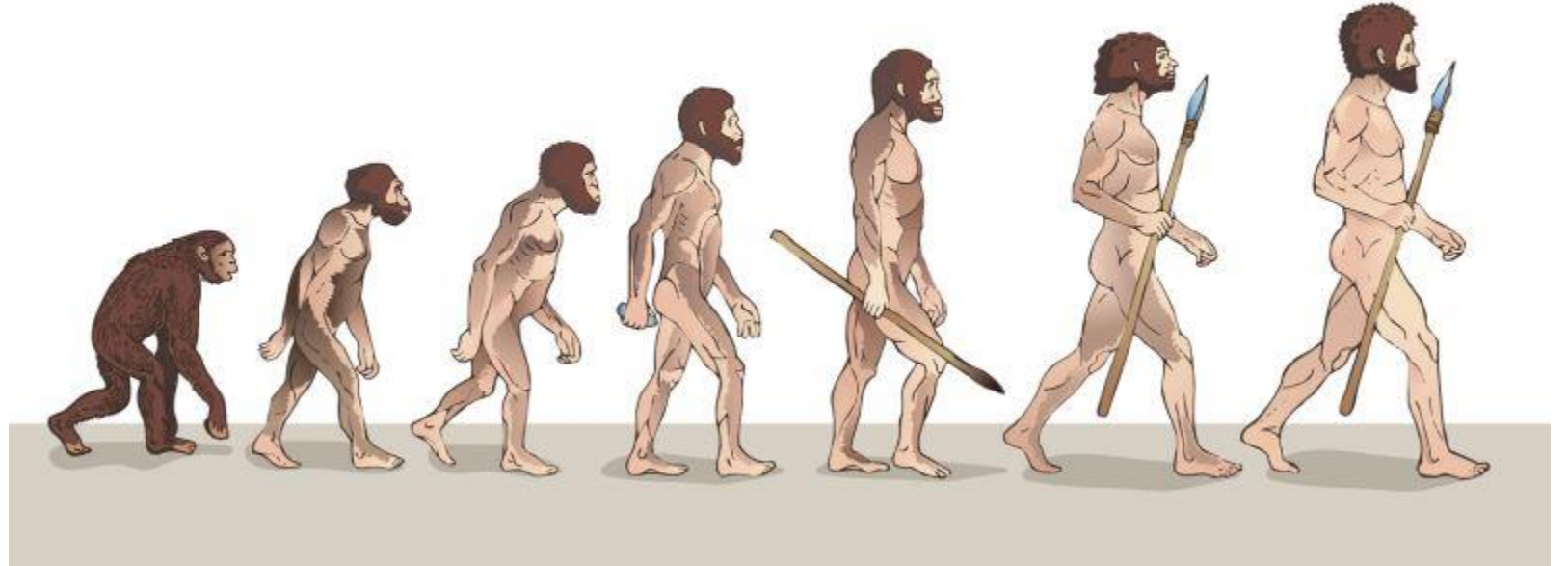
İNSAN BEYNİNİN EVRİMİ

İnsan beyni, özellikle son 6 milyon yılda eksponansiyel (giderek hızlanan) bir evrimsel sürece girmiştir. Bu süre zarfında, burada gösterilenden çok daha fazla sayıda insansı tür var olmuş ve yok olmuştur. Günümüzde insansılardan son temsilcisi olan biz insanlar (*Homo sapiens*) evrimleşmiş en büyük beyinli insansı tür olmasak da, vücut büyüklüğümüze göre en iri beyinlere (ve beyin büyüklüğüne göre en iri frontal kortekse) sahip insansı türüz. Bizi diğer türlerden ayıran özelliğimiz de, özünde bu.



İki ayak üzerinde durma ihtiyacı neden doğdu?

- ❖ **Dik duruş** ve **iki ayak üzerinde hareketlilik**, insana doğru **ilk temel** belgelenmiş **değişiklik**dir.
- ❖ Akla yakın bir hipoteze göre, bu yeteneğin nedeni, **bireyin eşine ve yavrularına yiyecek taşımak için kollarının serbest** kalışıdır.



Basit araçların kullanımı

- ❖ Şempazeler, **fındık kırmak için** taştan ve odundan **ekiler** ve **beyaz karıncaları yuvalarından çıkarıp** yemek için **ince dallardan kancalar** gibi çeşitli basit araçlar kullanırlar.

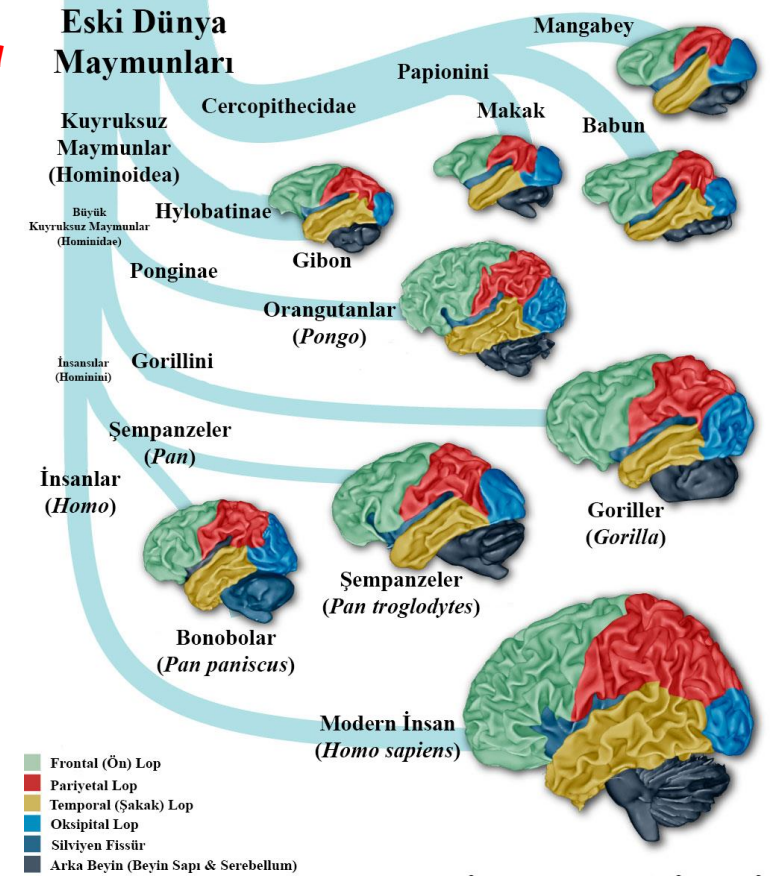


Zamanla beyin gelişiminin nedeni artan ihtiyaçlardır!

❖ Çeşitli **araçlar kullanmakla** kazanılan yararlar, **daha üstün zeka** ve **daha büyük beyin** seçilimine neden olmuş olabilir.

- ❖ Gelişimi tetikleyen diğer olaylar arasında
- ❖ Anne-babanın ilgisini sağlamayı öğrenmek
- ❖ Diğer grup üyeleri ile işbirliğine dayalı ilişkiyi kurmak
- ❖ Sosyal değiş tokuşla dolandırıcıları belirlemek
- ❖ Kaynaklar için grup içinde ve gruplar arasında çekişmek

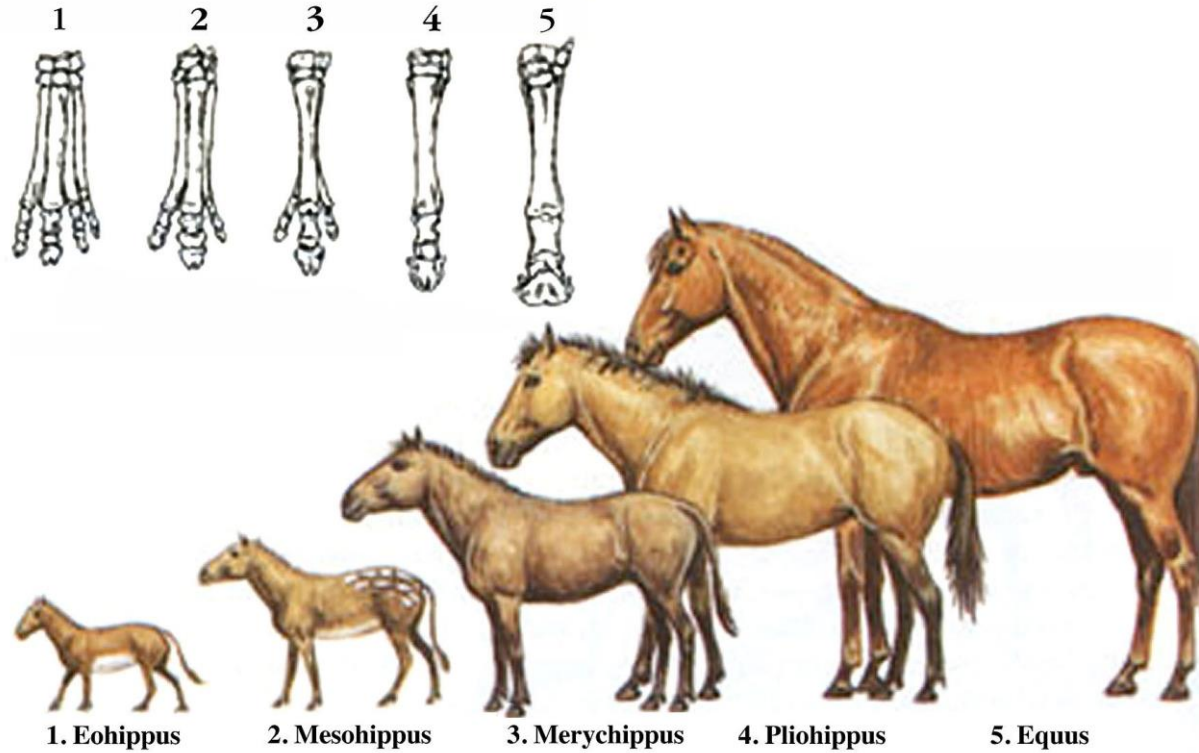
sayılabilir.



Evrimsel eğilimler

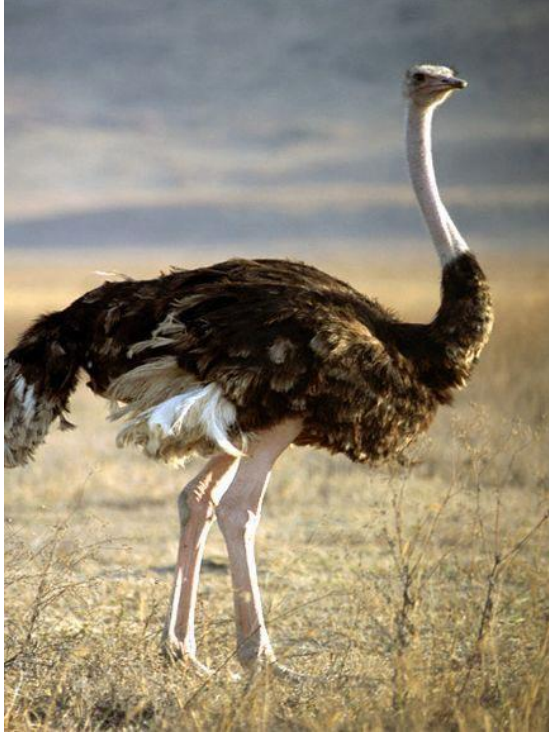
Atların vücut büyüklüğü artma eğilimindedir Cope's kanunu!

❖ **At ailesinin** (Equidae) üyeleri arasında, hemen hemen **50 milyon yıl içinde**, ortalama **vücut boyutu** sürekli bir şekilde **armıştır**.



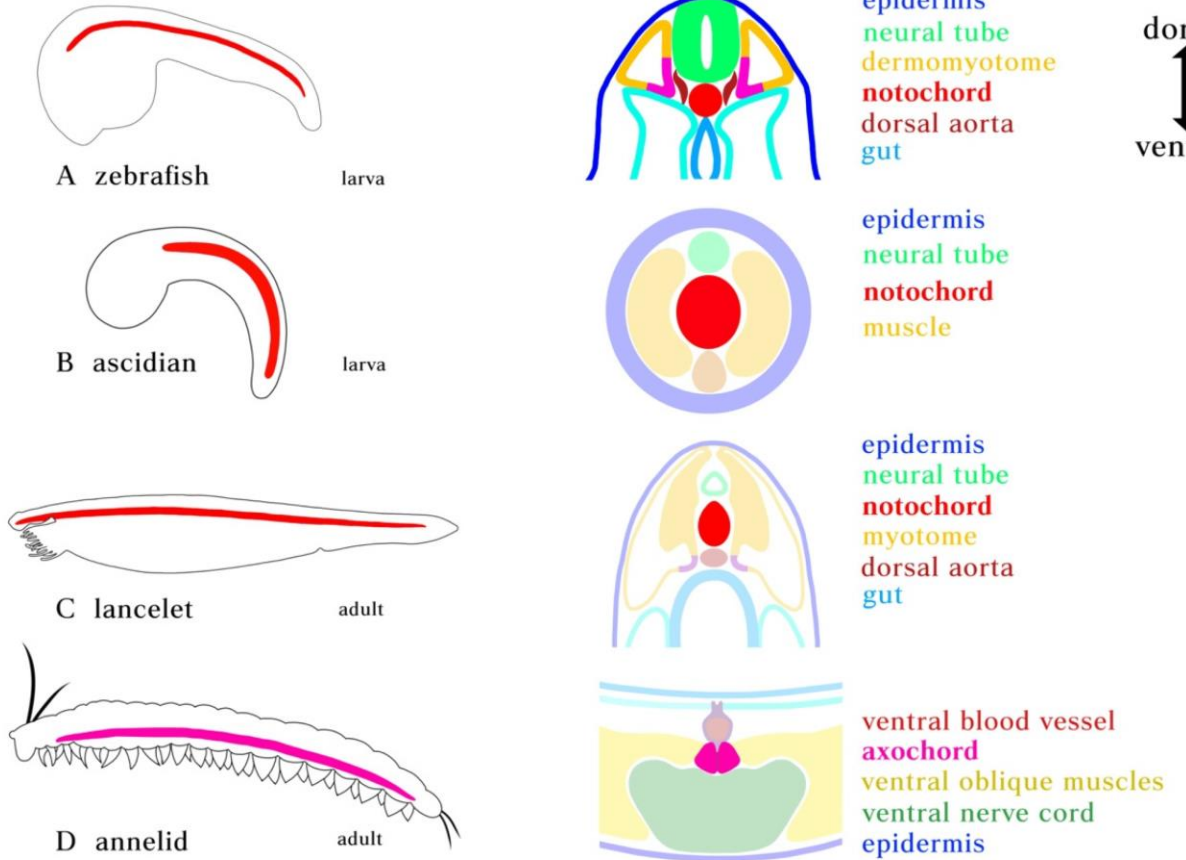
Uçamayan kuşlarda da tüy vardır

- ❖ **Devekuşları** ve **penguenler** gibi uçamayan kuşlar bile **tüylere sahiptirler**.
- ❖ Çünkü tüyler, **yalıtım sağlar** ve **üreme** ve **sosyal ilişkilerde** kullanılır.



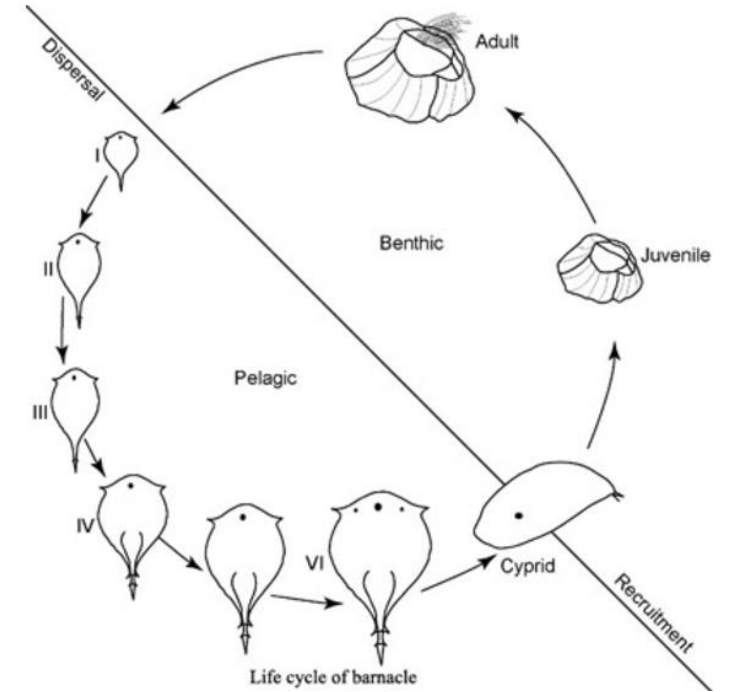
Bazı omurgalılarda notokordun kaybolması

- ❖ Birçok omurgalıda, sırt ipliği (notokord) **erken embriyo gelişiminde kendini gösterdikten sonra kaybolur.**
- ❖ Fakat **merkezi sinir sisteminin gelişmesine yardım** ettiği için **embriyoda yitirilmemiştir.**



Bir deniz kabuklusu olan *Balanus*'ta plaka sayısı azalma eğilimindedir!

- ❖ İlk olarak **Kretase'de** görünen, **üst üste gelmiş plakalardan** oluşan **konik biçimli iskelet** tarafından çevrelenen bir deniz hayvanı olan ***Balanus*, atasal olarak sekiz plakaları** vardır.
- ❖ Fakat **Senozoikte** bu hayvanlar çeşitlenirken, **sekiz plakalı** cinslerin oranı sürekli olarak **azalmış, az sayıda plakası** olanların oram ise **artmıştır**.
- ❖ Daha az plakalı kabuklarda, **avcı salyangozların** yararlanacağı **plakalar arasındaki geçişler azalmış**, bu da onlara daha büyük bir **koruma sağlamıştır**.



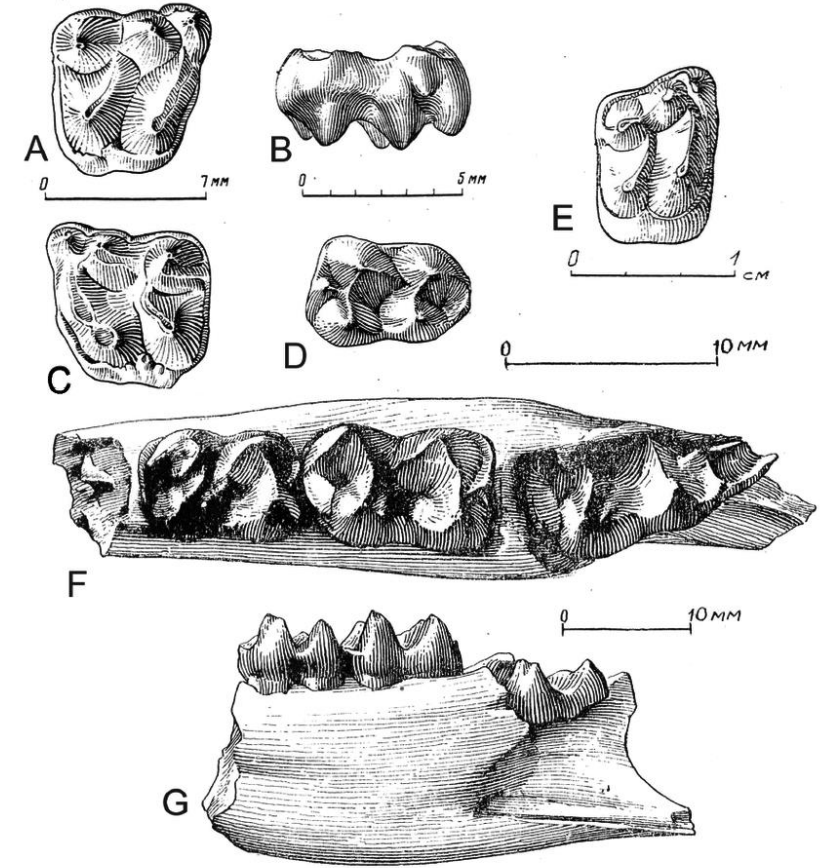
Evrimsel değişimin hızı

Evrimsel değişim hızı canlılar arasında değişkendir!

- ❖ Evrimsel değişimin hızı, evrimsel **soy hatları arasında** ve **aynı soy hattı içinde değişir**.
- ❖ Bir **atın dişinin yüksekliğindeki değişim**, her **bir milyon yılda birkaç milimetre** (mm) olarak tanımlanmaktadır.
- ❖ Eğer başlangıçta dişin yüksekliği, **50 mm değil** de **5 mm ise**, **1 mm'lik** artış çok daha **büyük bir değişimi** temsil eder.
- ❖ Çünkü 50 mm'de 1 mm'lik artış **% 2'ye** denk gelirken, 5 mm'de 1 mm'lik artış **% 20'ye** denk gelmektedir.
- ❖ Bundan dolayı **evrim hızı** mutlaktan ziyade **logaritmik ölçekle tanımlanır**.

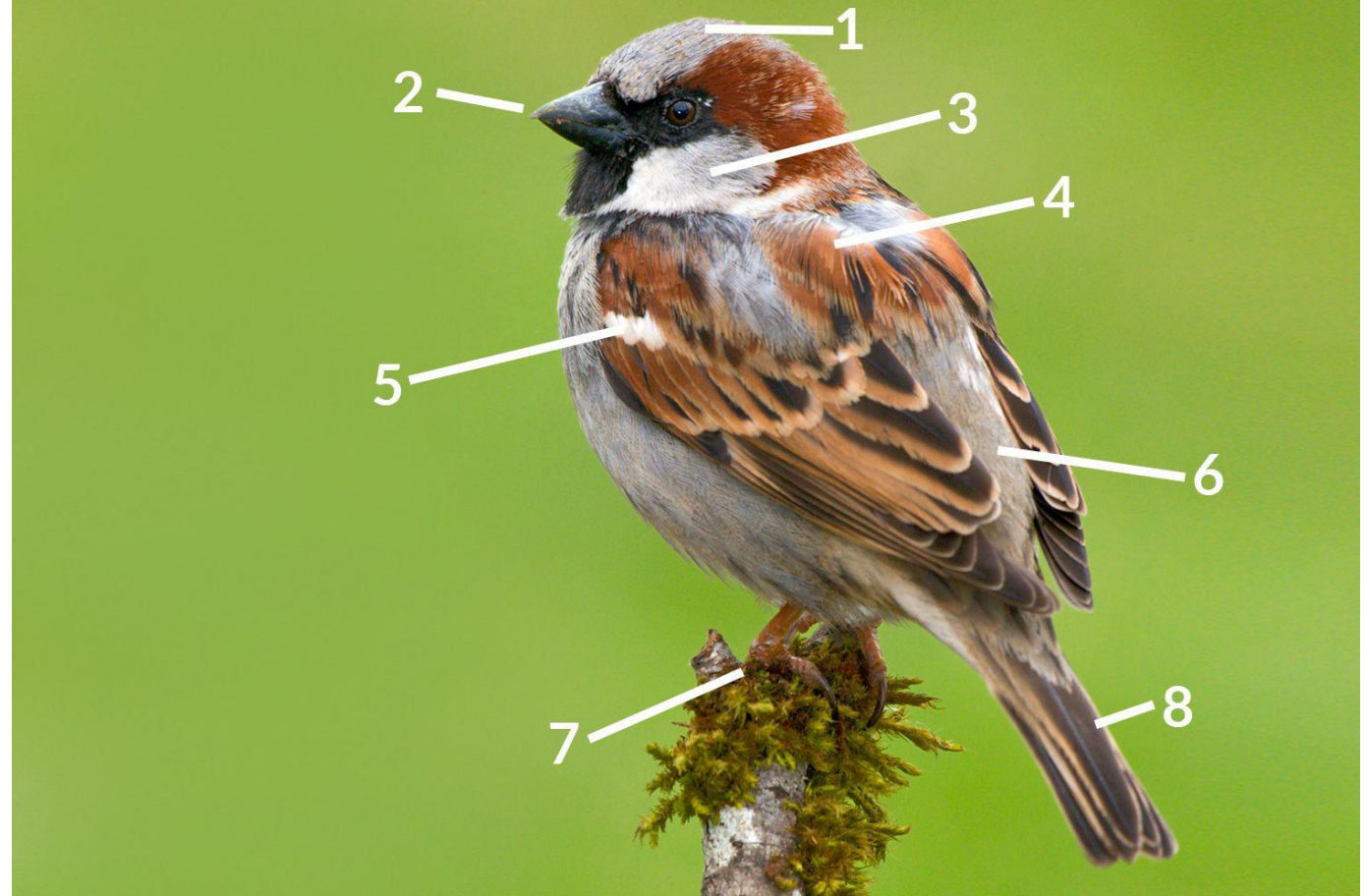
Bazı değişimler yavaştır!

- ❖ Eosen atı *Hyracotherium grangeri*'nin ilk *molar dişinin* boyutu 650.000 yılda genelde *çok az değişmiştir.*



Bazı değişimler hızlıdır!

- ❖ Kuzey Amerika'ya Avrupa'dan getirilen **ev serçelerinin kanat** ve **gaga** uzunluğu, yaklaşık **100 kuşak boyunca hızlı bir değişim** göstermiştir.



Sabrınız için teŝekkür ederim...

Prof. Dr. Bektaş TEPE

(Kaynak: Evrim - Douglas J. Futuyama)