

# 조상 이야기 2

- 생명의 기원을 찾아서

이한음 번역, 까치(2005)



일시: 2010년 7월 6일

장소: 인천백북스

발표자: 손호선

# 목 차

## 1. 기본지식

- 진화란 무엇인가
- 지질시대
- 대륙이동설
- 용어

## 2. 본론: 랑데부 10 ~ 23

## 3. 토론

# 진화 해석의 딜레마

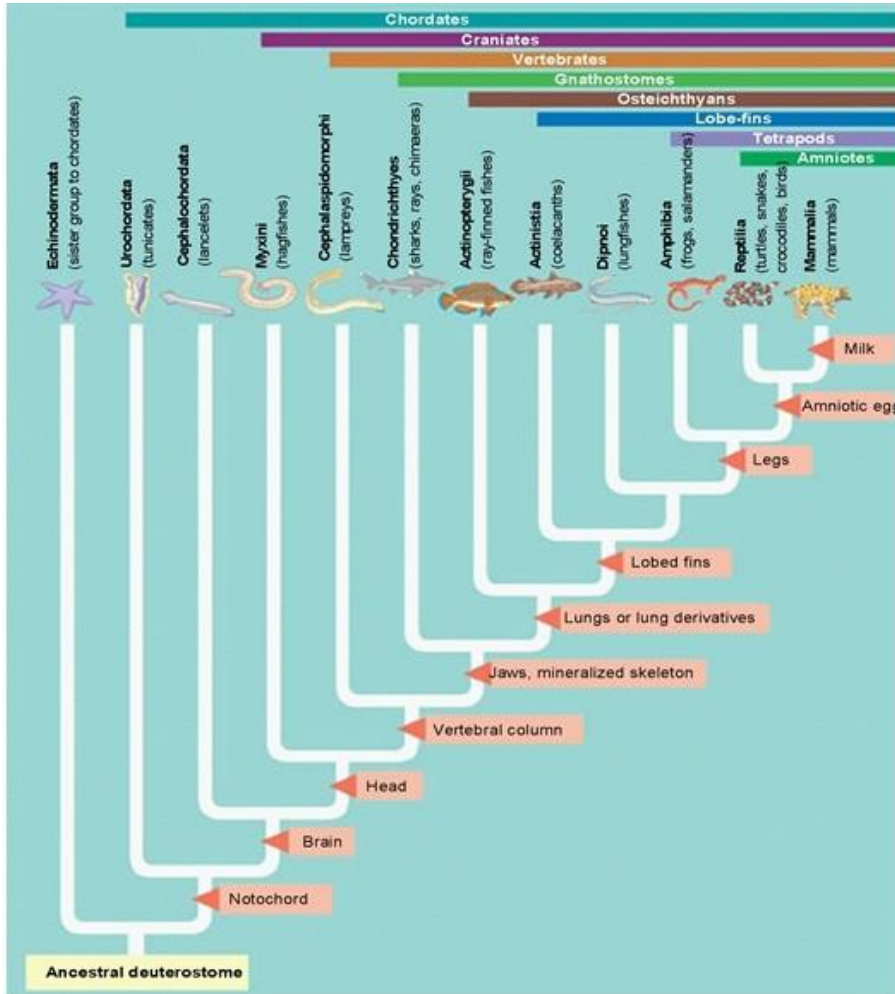
**'높은 코는 안경을 쓰기 위해 있다'**

- 칸디드 by 볼테르

그럴 리가 없지요 ^^;

하지만 진화를 이해하기 위해서는 이 말이 불합리 하다는 것을 깨달아야 합니다.

# 진화란 무엇인가?



1. 우리의 몸과 마음은 40억년 진화의 산물이다.
2. 생물은 진화경로에서 새로운 형질을 획득하거나 잃어버린다.
3. 가까운 공통 조상(MRCA)을 가진 생물은 많은 공유형질을 가진다.

# 지질시대와 화석의 절대연대

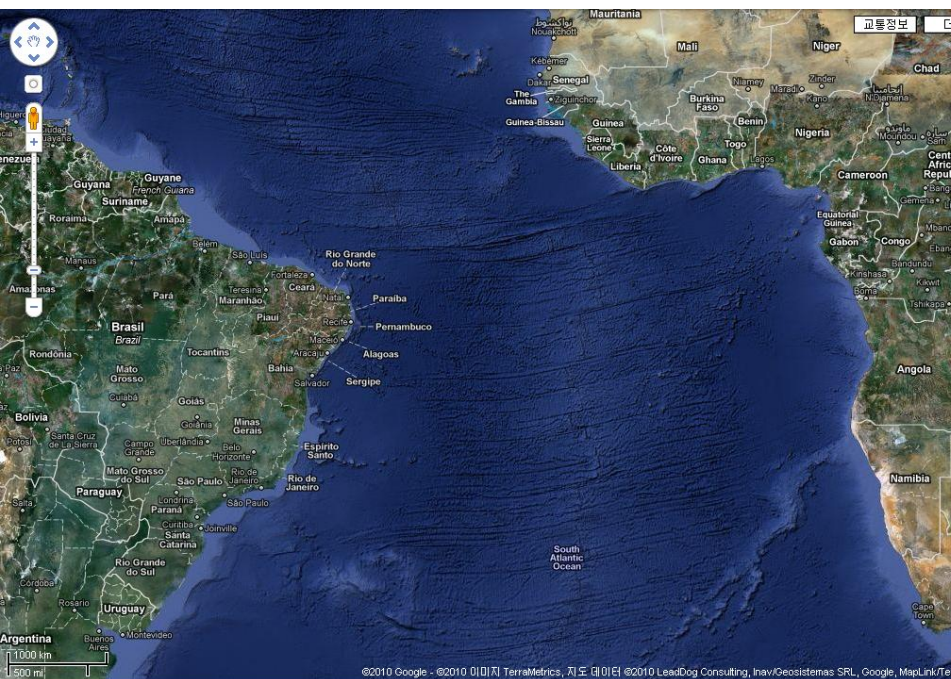
대	기	세	절대연대(백만년전)
신생대	제4기	홀로세	~0.01
		플라이스토세	~1.6
	제3기 (고+신)	플라이오세	~5.3
		마이오세	~23
		올리고세	~34
		에오세	~56
		팔레오세	~65
중생대	백악기		~145
	쥐라기		~200
	트라이아스기		~251
고생대	페름기		~299
	석탄기		~359
	데본기		~416
	실루리아기		~444
	오르도비스기		~488
	캄브리아기		~542
원생대	(선캄브리아기)		~2500
시생대	(선캄브리아기)		~

←백악기 멸종

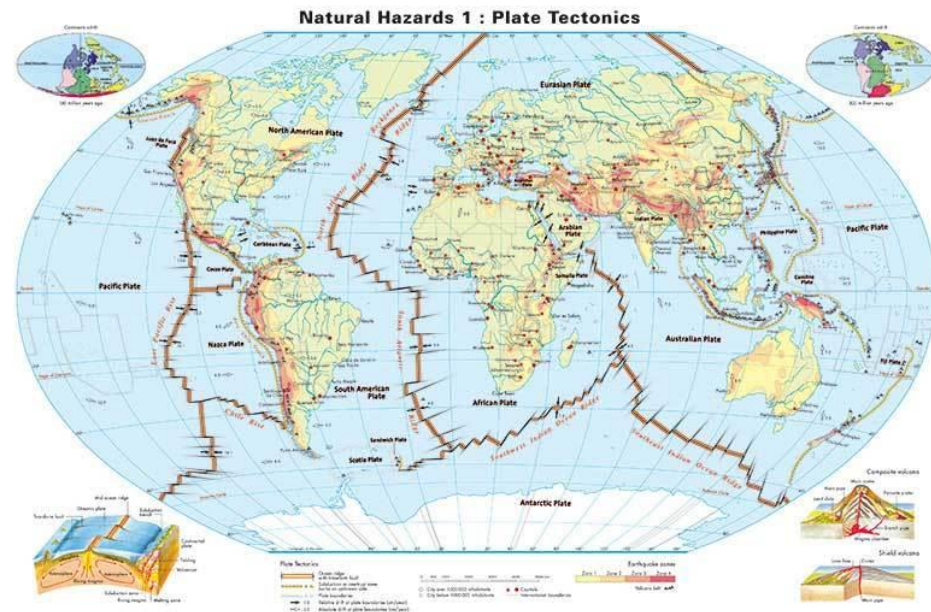
←페름기 대멸종

# 대륙이동

1. 해안선 모양이 일치
2. 해저산맥(해령)에서 새로운 지각이 생성된다. -> 구글지도
3. 해저산맥에 가까울수록 최근에 생성되었다.
4. 지자기의 역전 (액체상태의 용암이 굳으면서)



출처: 구글지도



출처: <http://img5.imageshack.us/img5/7871/platetectonics.jpg>

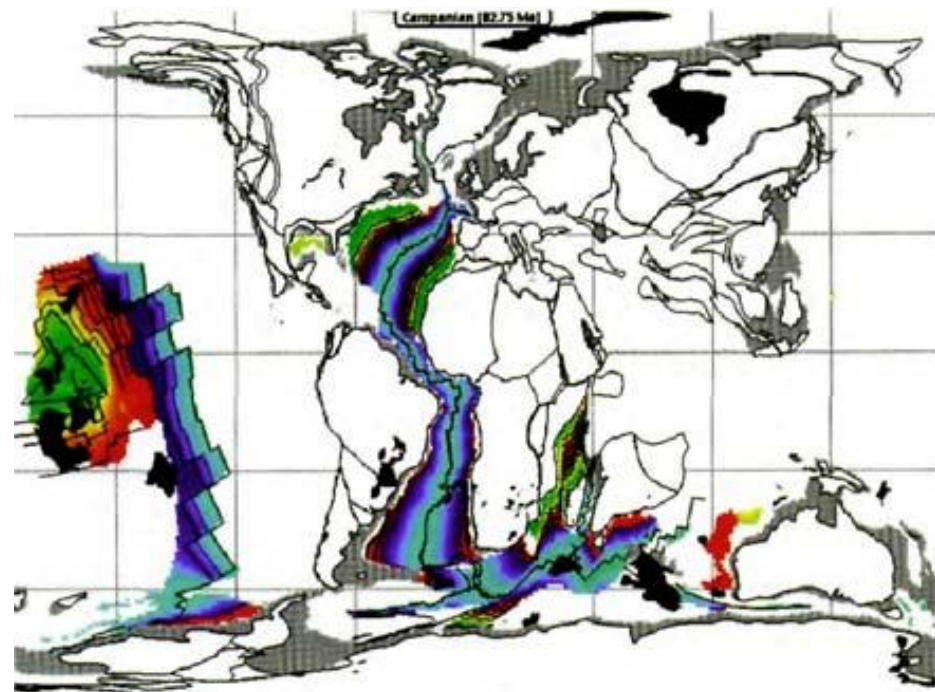




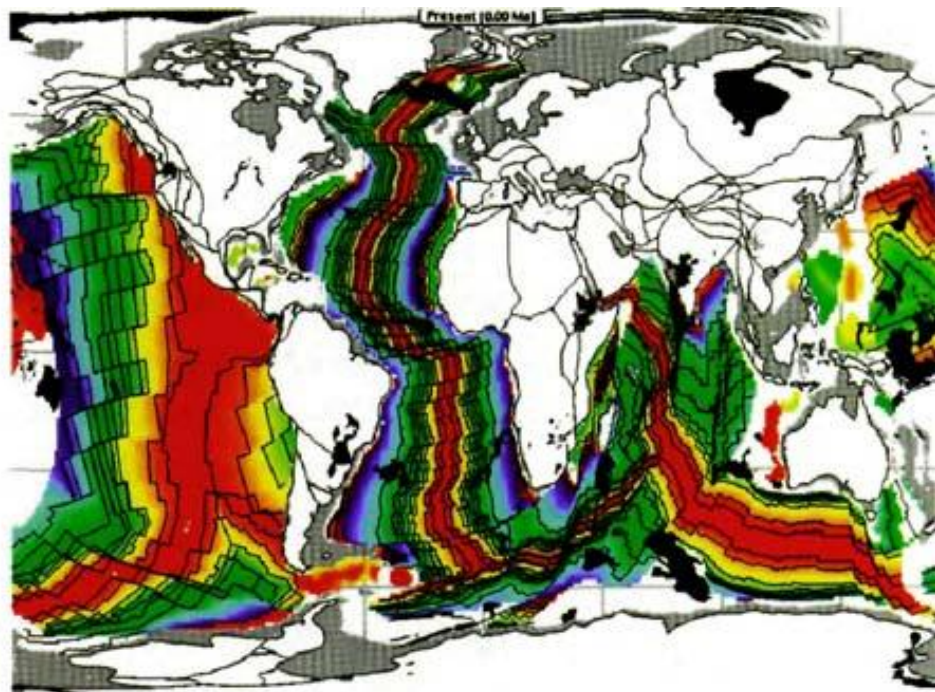
출처: 구글지도



# 대륙이동



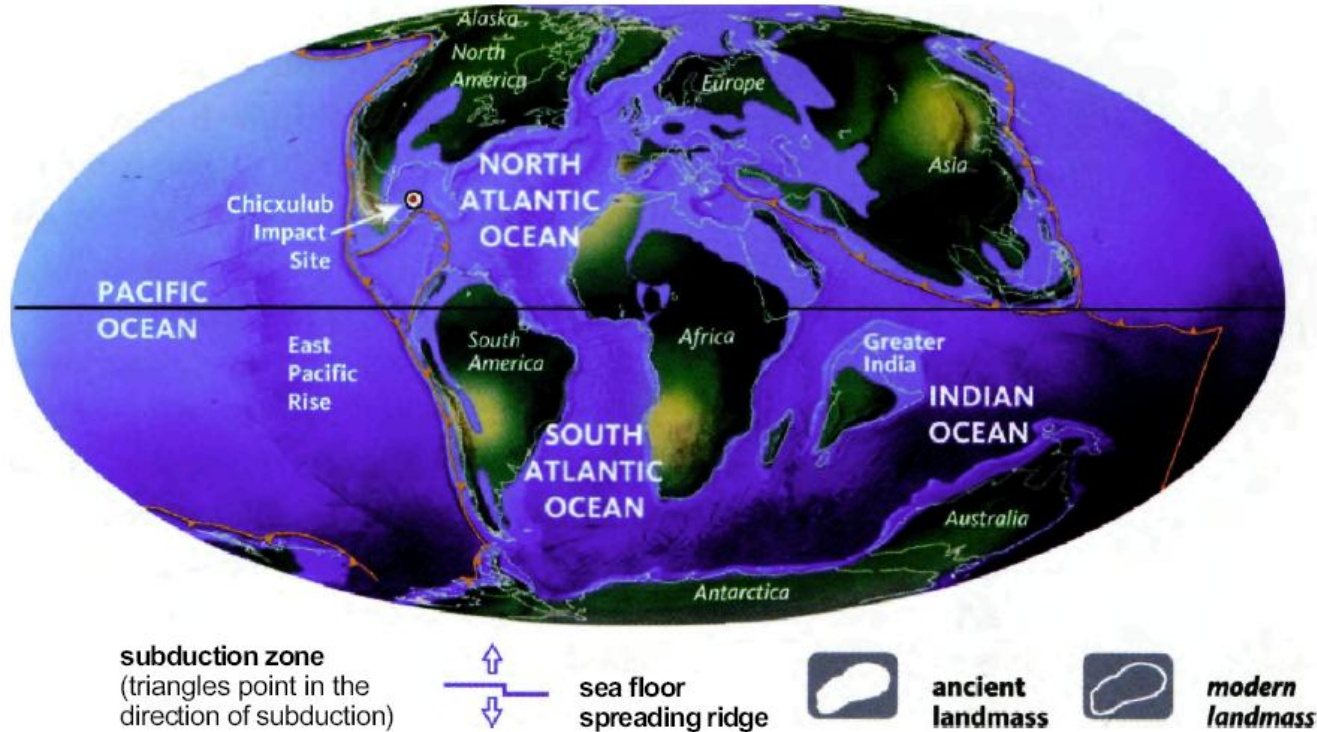
6,800만년전 (백악기 말)



현재



# 6,500만년전 대륙분포 (백악기말)

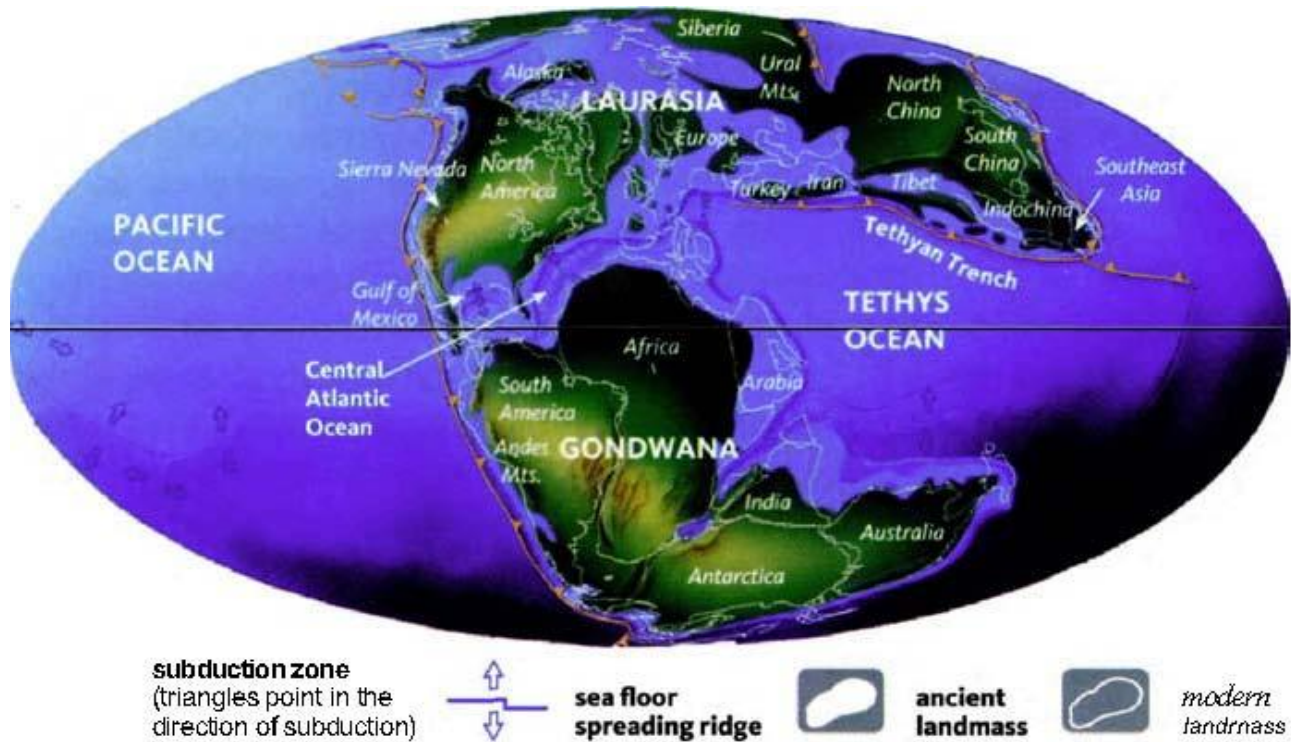


곤드와나의 분리 = 남미 + 아프리카 + 마다가스카르 + 인도 + 호주 + 남극

중생대 내내 따뜻하여 남극까지 생물이 살았다. - p196

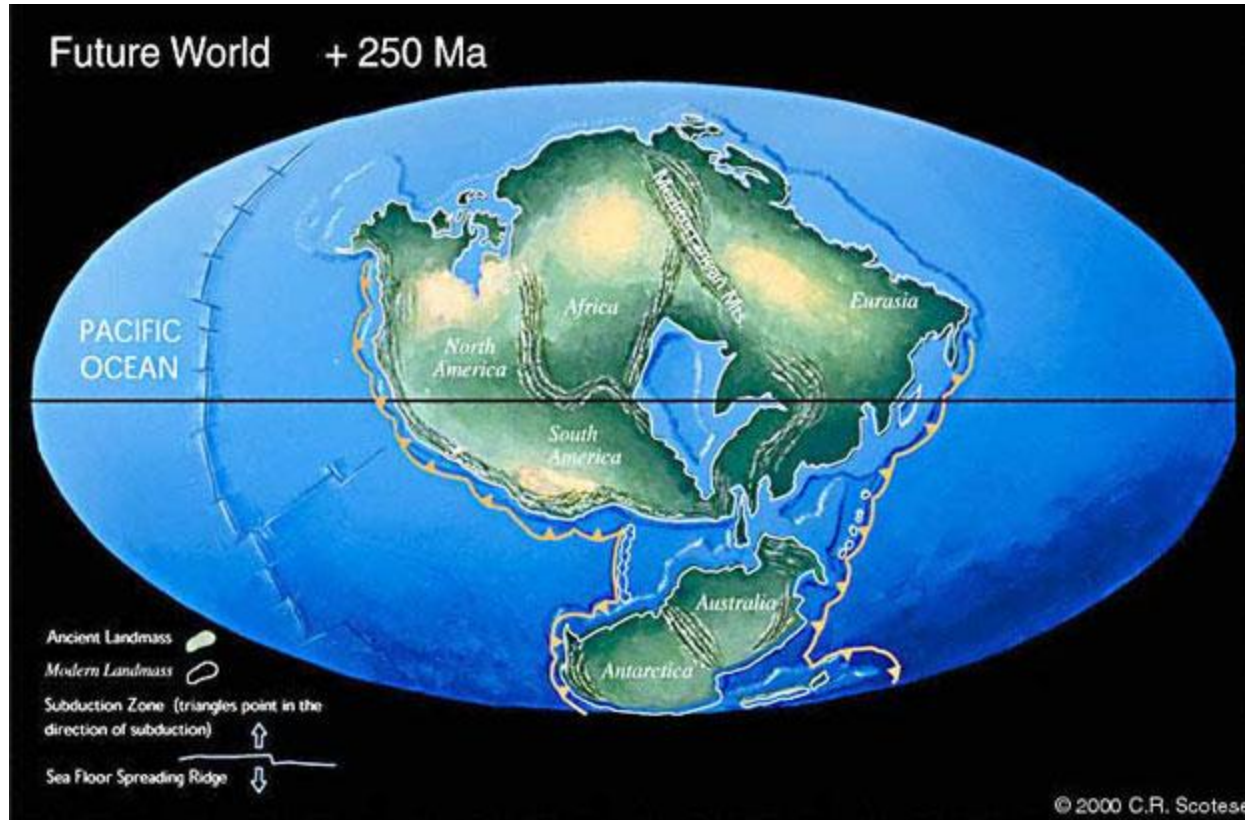
# 1억5천만년전 대륙분포 (쥐라기초)

로라시아 = 북미 + 유럽 + 아시아



곤드와나 = 남미 + 아프리카 + 인도 + 호주 + 남극

# 2억5천만년전 대륙분포 (페름기-삼첩기)



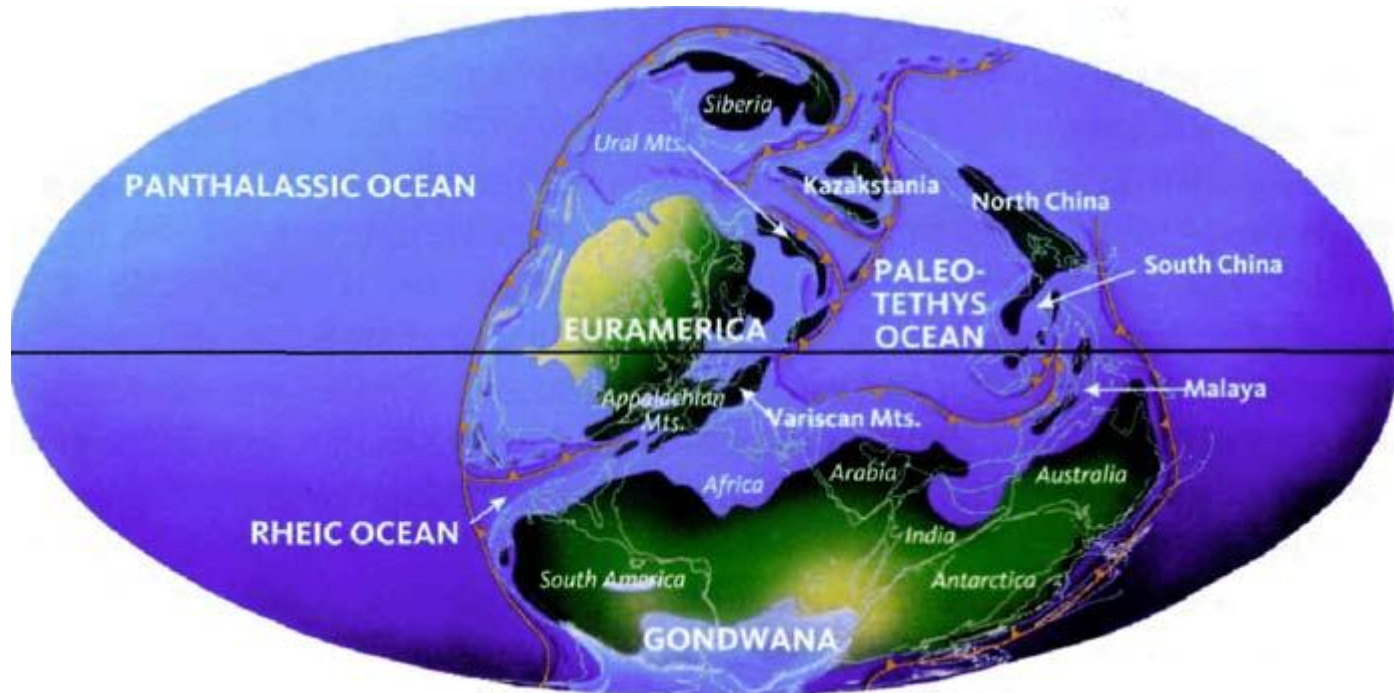
판게아 = 하나의 초대륙

- 본문에 없음



# 3억5천만년전 대륙분포 (석탄기초)

유라메리카 = 유럽 + 북아메리카

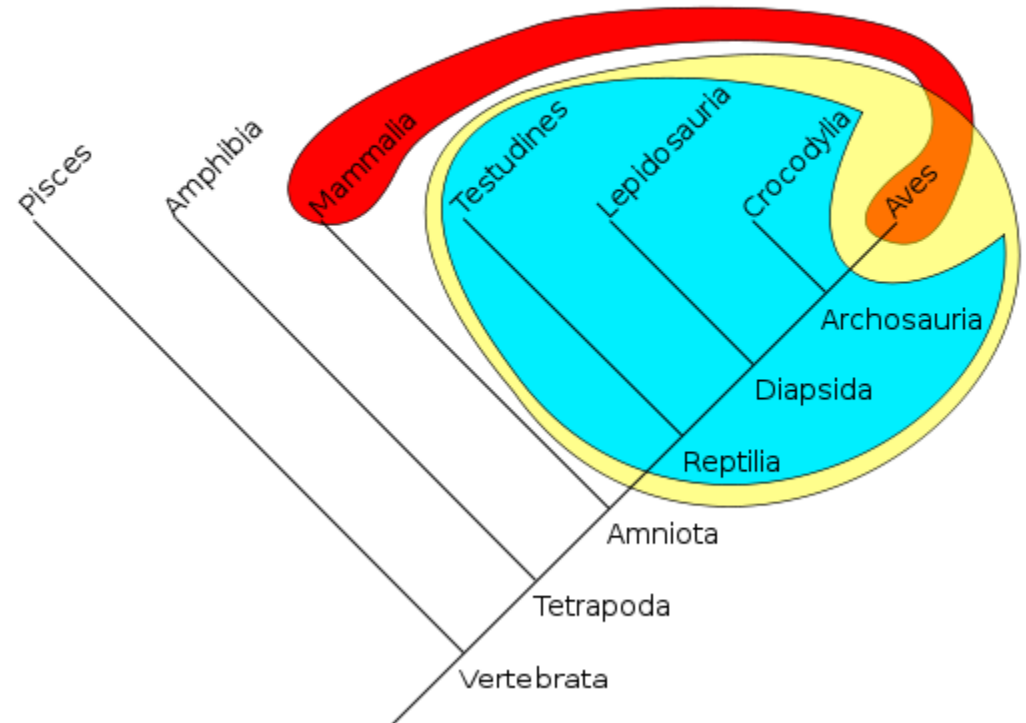


곤드와나 = 남미 + 아프리카 + 인도 + 호주 + 남극

# 계통나무 용어

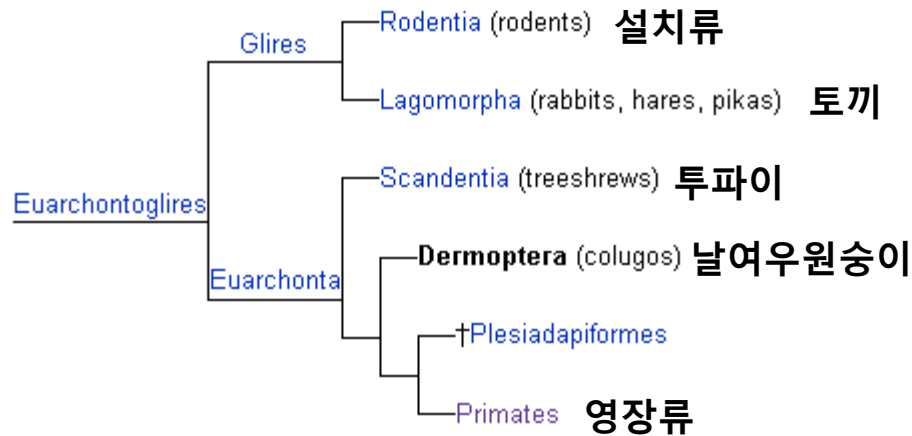
Monophyly  
Paraphyly  
Polyphyly

1. 단계통군  
(monophyly)
2. 측계통군  
(paraphyly)
3. 다계통군  
(polyphyly)



종-속-과-목-강-문-계의 분류군을 단계통군으로 설정하는 것이 바람직하다. 그러나 파충류와 어류의 경우는 측계통군에 해당한다는 것이 밝혀졌다. 다계통군은 허용되지 않는다.

# 랑데부 11: 설치류와 토끼류



실험동물의 조건은?

- 사람과 가까운 친척
- 한 세대가 짧고
- 키우기 쉽고
- 새끼를 많이 낳고
- 크기가 작다



BALB/c



C57BL/6



C3H



ICR



# 랑데부 12: 로라시아테리아

우제류 偶蹄類

Artiodactyla = 발굽이 짝수



하마

기제류 奇蹄類

Perissodactyla = 발굽이 홀수



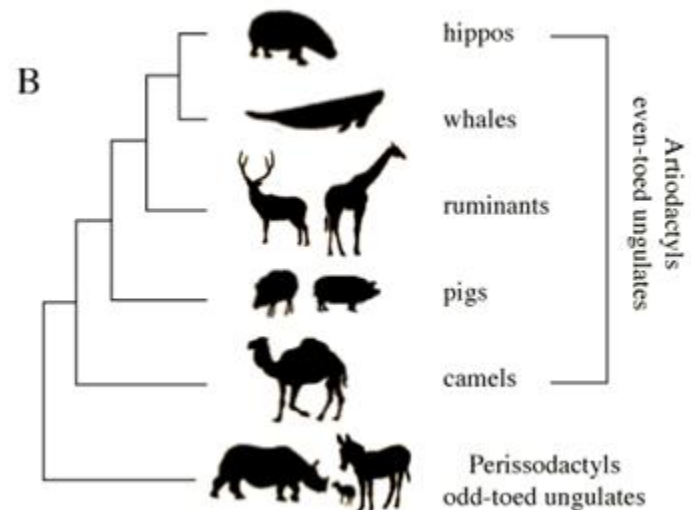
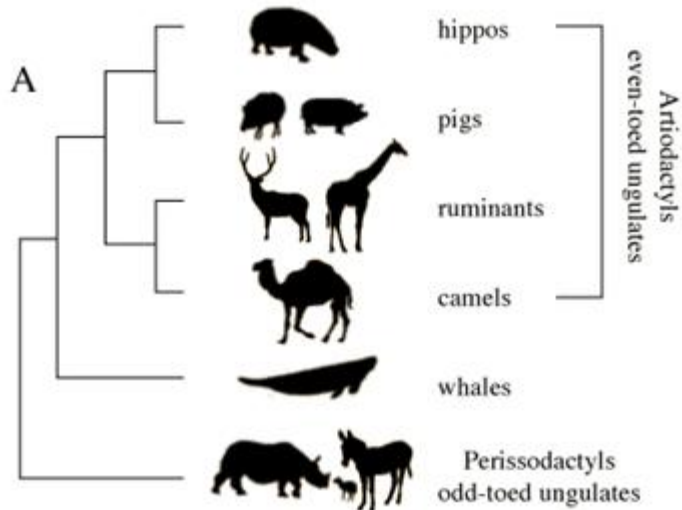
코뿔소



얼룩말

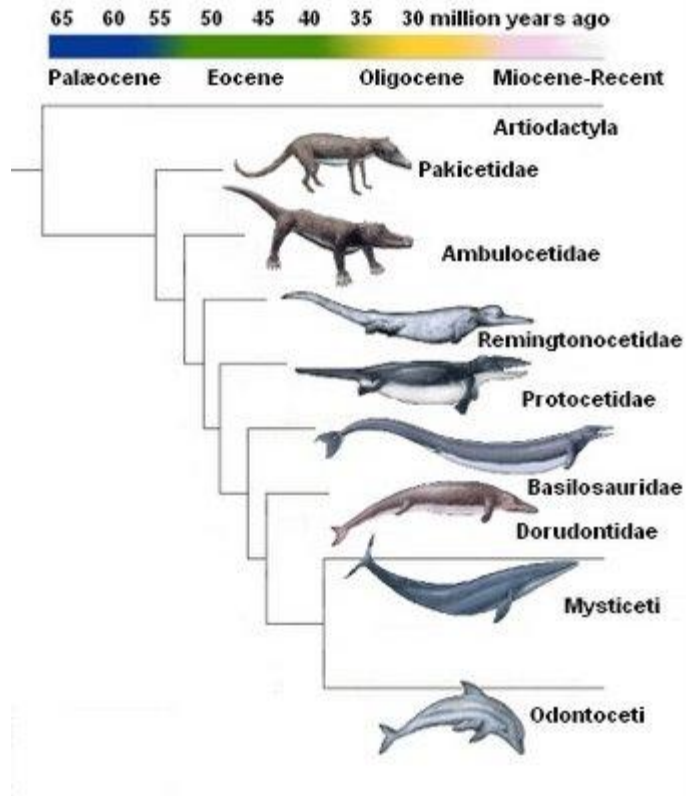
# 하마와 고래

질문. 어느 계통도가 더 그럴싸한가?



그러나 DNA는 B가 진실에 가깝다고 말한다.

# 하마와 고래



거대한 대양의 사냥꾼!



경이로운 고래,  
분출공은 사실 이마를 지나서 뒤통수 쪽에 나있는 콧구멍이다 ㅋㅋ



# 랑데부 13: 빈치류(Xenarthra)



나무늘보

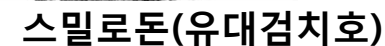
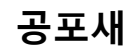
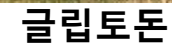


개미핥기



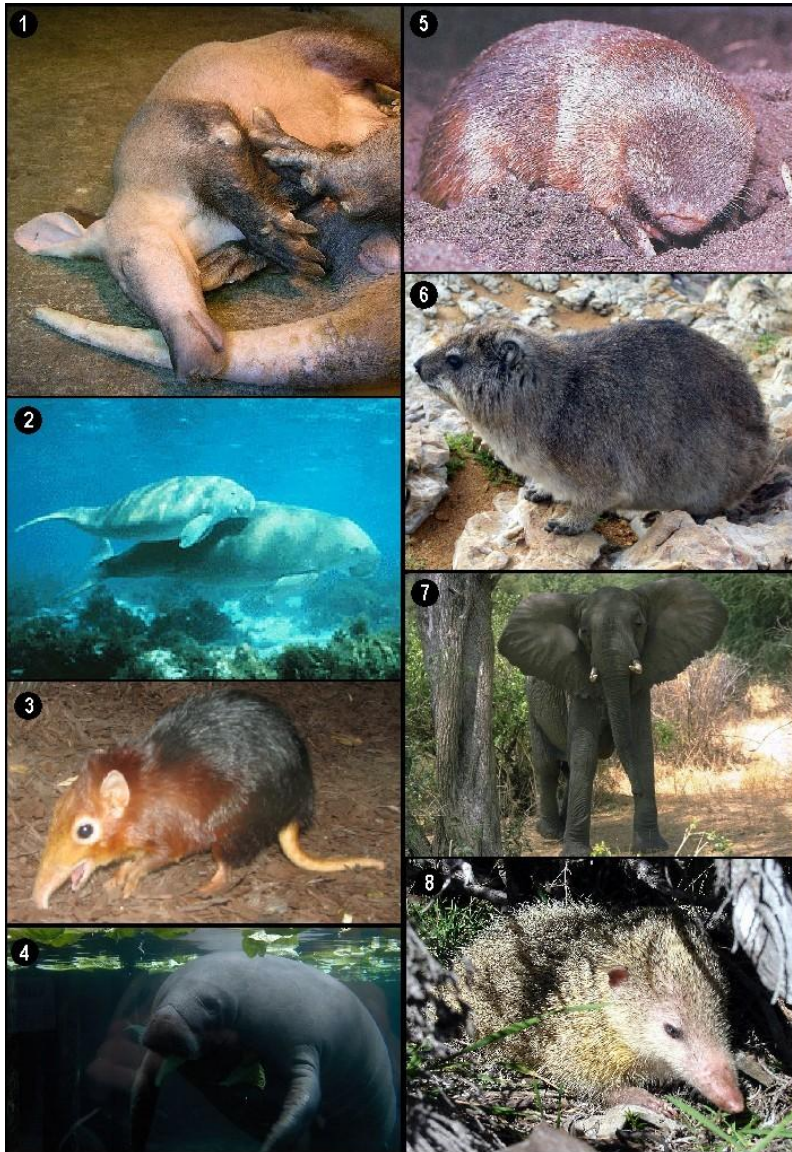
아르마딜로

# Great American Interchange





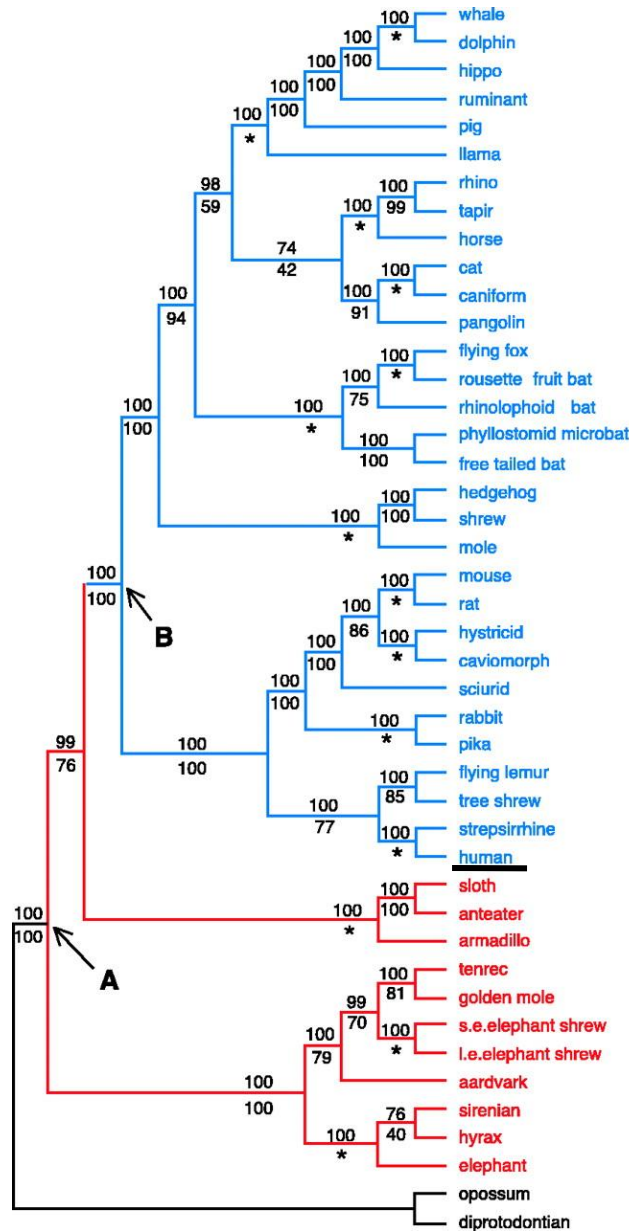
# 랑데부 14: 아프로테리아(Afrotheria)



1. 땅돼지
2. 듀공
3. 코끼리땃쥐
4. 매너티
5. 황금두더지
6. 바위너구리
7. 코끼리
8. 텐렉



# 태반포유류 전체



Cetartiodactyla

Perissodactyla

Carnivora

Pholidota

Chiroptera

Eulipotyphla

Rodentia

Lagomorpha

Dermoptera

Scandentia

Primates

Pilosa

Cingulata

Afrosoricida

Macroscelidea

Tubulidentata

Sirenia

Hyracoidea

Proboscidea

Laurasiatheria

Euarchontoglires

Xenarthra

Afrotheria

Marsupialia

우제류

기제류

식육목

박쥐목

고슴도치  
두더지

설치류

토끼류

영장류

빈치류

아프로테리아

유대류

로라시아테리아

# 랑데부 15: 유대류 (Marsupial)

유대류는 남미와 호주 등에 분포하는 포유류로, 태반이 없기 때문에 작은 새끼를 낳아 배에 있는 주머니에서 기른다.



코알라



캥거루

출처: 영문위키










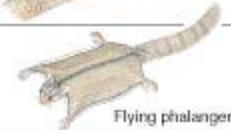






주머니쥐



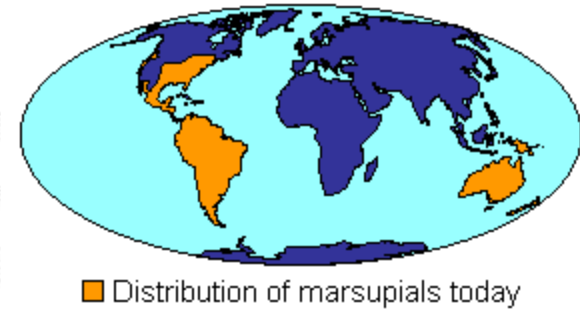
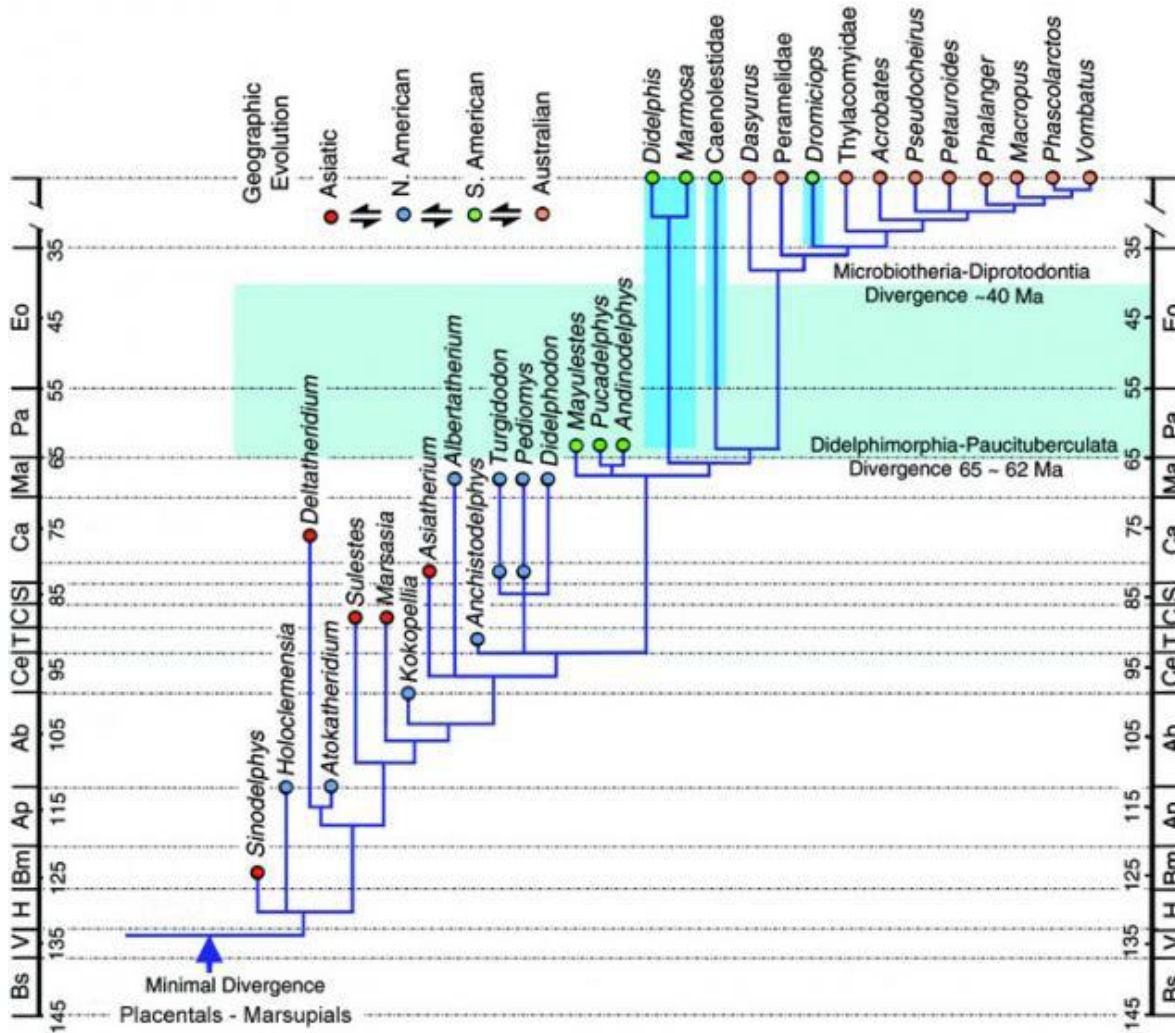
■ Distribution of marsupials today

# 수렴진화

Niche	Placental Mammals	Australian Marsupials
Burrower	Mole 	Marsupial mole 
Anteater	Anteater 	Numbat (anteater) 
Mouse	Mouse 	Marsupial mouse 
Climber	Lemur 	Spotted cuscus 
Glider	Flying squirrel 	Flying phalanger 
Cat	Bobcat 	Tasmanian "tiger cat" 
Wolf	Wolf 	Tasmanian wolf 

태반포유류와 호주 유대류의 수렴진화,  
같은 '직업'에 적응하여 닮은 몸을 갖게 되었다.

# 유대류는 어디에서 왔나?



유대류는 호주가 아니라  
남미에서 진화했다



# 랑데부 16: 단공류



오리너구리

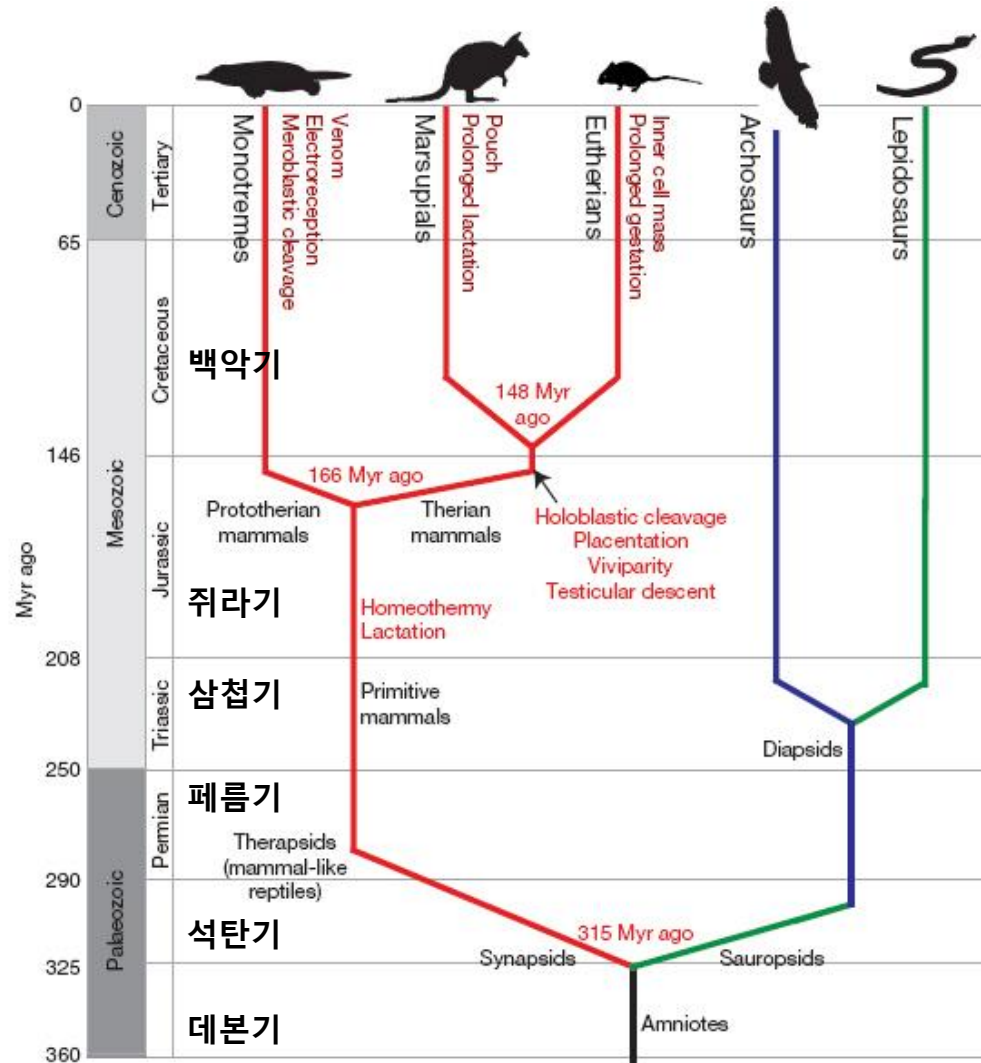


가시두더지

**단공류 (單孔類) Monostreme 구멍이 하나라는 뜻**

오리너구리는 11mm의 작은 알을 1-3개 낳는데, 수 정란은 약28일간 몸 속에서 발생하고, 몸밖에 나와서 약7~10일간 품어주면 알에서 깨어난다. 새끼는 3-4개월 동안 젖을 먹는데 어미는 젖샘은 있어도 젖꼭지는 따로 없다.

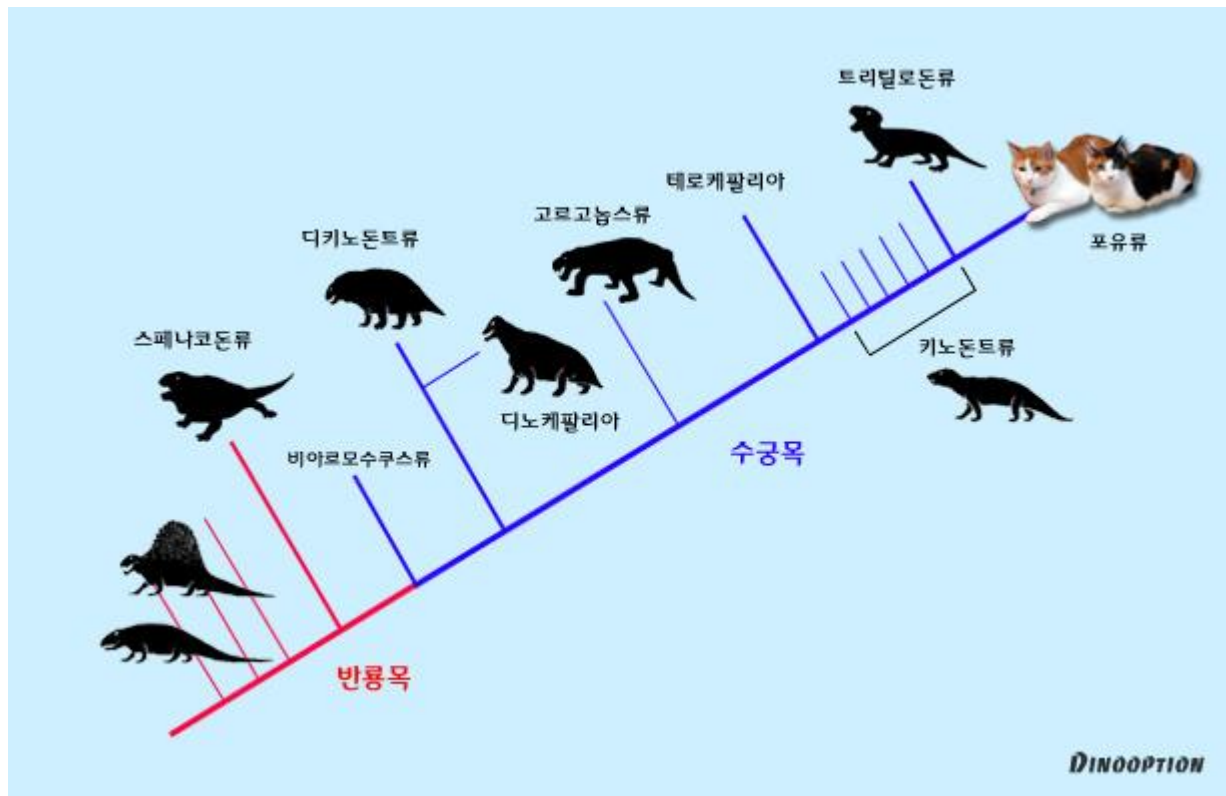
# 보충자료: 포유류의 계통진화도



# 포유류형 파충류

단궁류(시냅시드)

폐름기와 삼척기에 번성했다



# 토론: 포유류의 생리적 진화

## 1. 번식방법의 진화

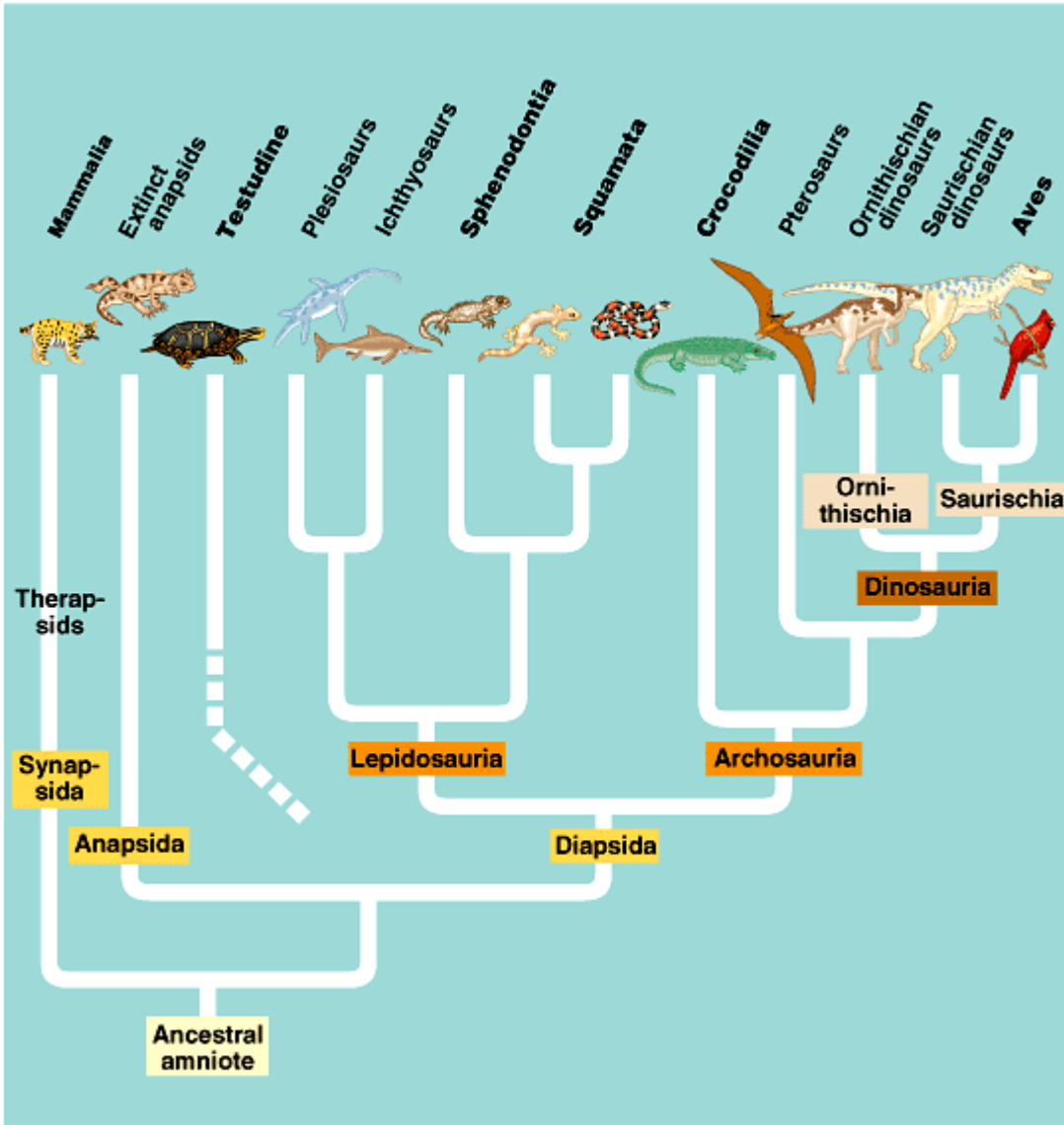
## 2. 젖먹이기의 진화

## 3. 체온의 진화

	번식방법	젖먹이기	체온
태반류	커다란 새끼	젖꼭지와 입술	37도
유대류	작은 새끼	젖꼭지와 입술	34도
단공류	부화직전의 알	피부와 부리	32도
파충류	알		변온 동물



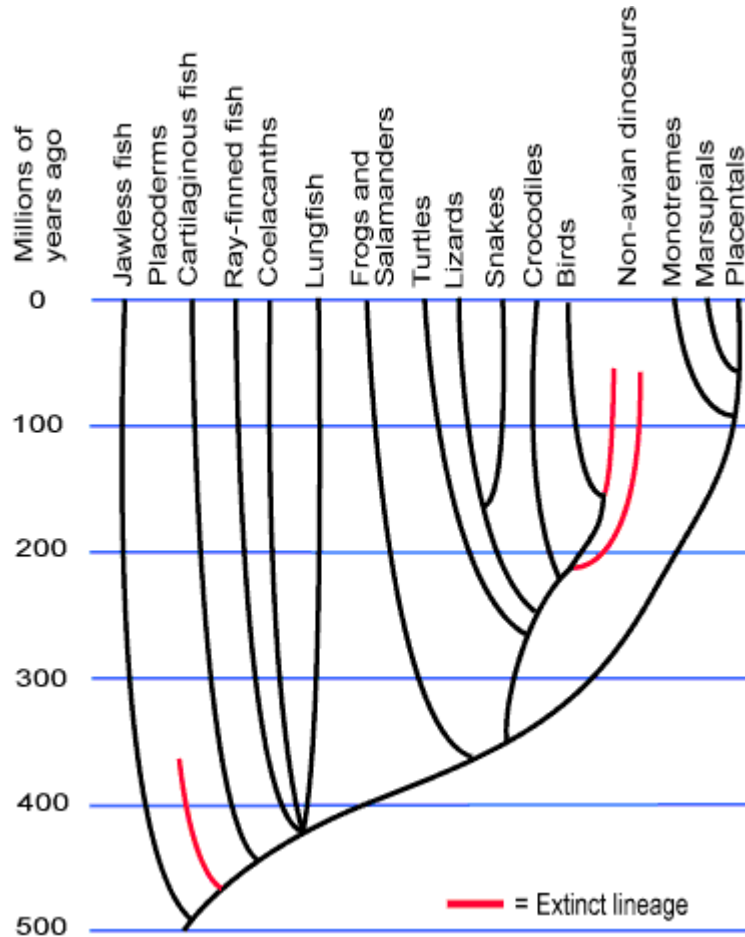
# 랑데부 17: 사우롭시드



사우롭시드는 파충류와 조류를 함께 지칭하는 말이다.

- 무궁류: 거북류
- 이궁류: 옛도마뱀, 도마뱀, 뱀, 악어, 새

# 랑데부 17: 사우롭시드



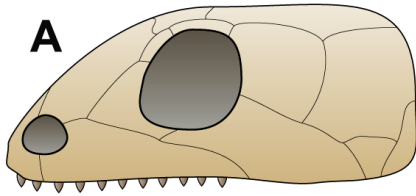
## 육상 척추동물의 양대산맥

### 1. 포유류

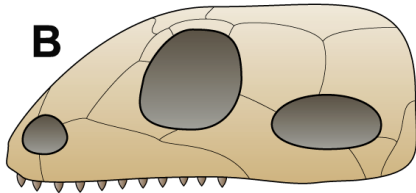
### 2. 파충류와 조류

새와 가장 가까운 친척은 악어다

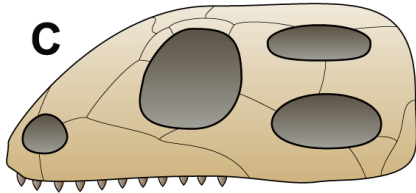
# 보충자료: 무궁류, 단궁류, 이궁류



파충류 이상의 육상 사지동물은 두개골에서 눈뒤의 구멍의 갯수에 따라 무궁류, 단궁류, 이궁류로 분류한다.



A. 무궁류 (Anapsids 아냅시드) : 구멍이 없다  
거북류



B. 단궁류 (Synapsids 시냅시드) : 구멍이 1개  
포유류형 파충류, 포유류  
C. 이궁류 (Diapsids 디압시드) : 구멍이 2개  
도마뱀과 뱀, 악어, 공룡, 새

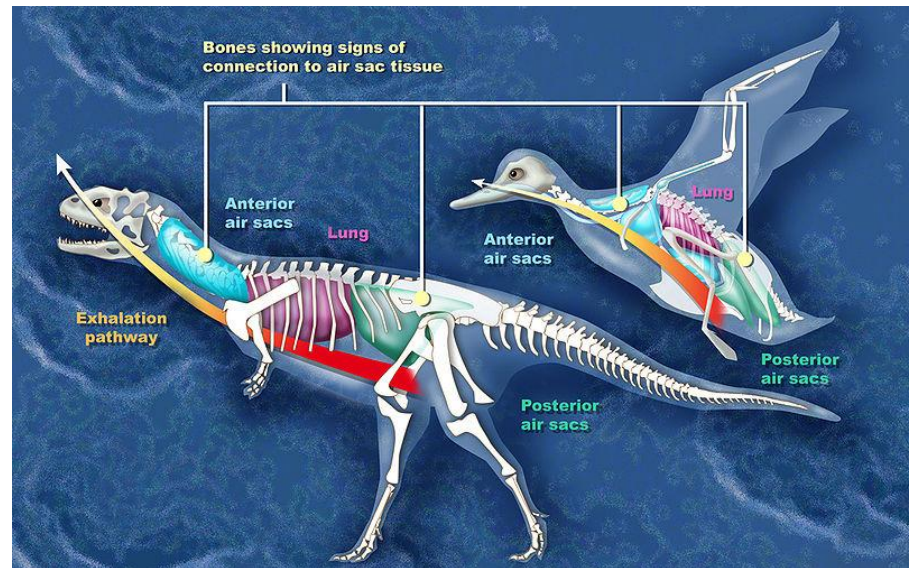
# 새의 진화: 전체 5천종 대표 167종의 DNA 분석





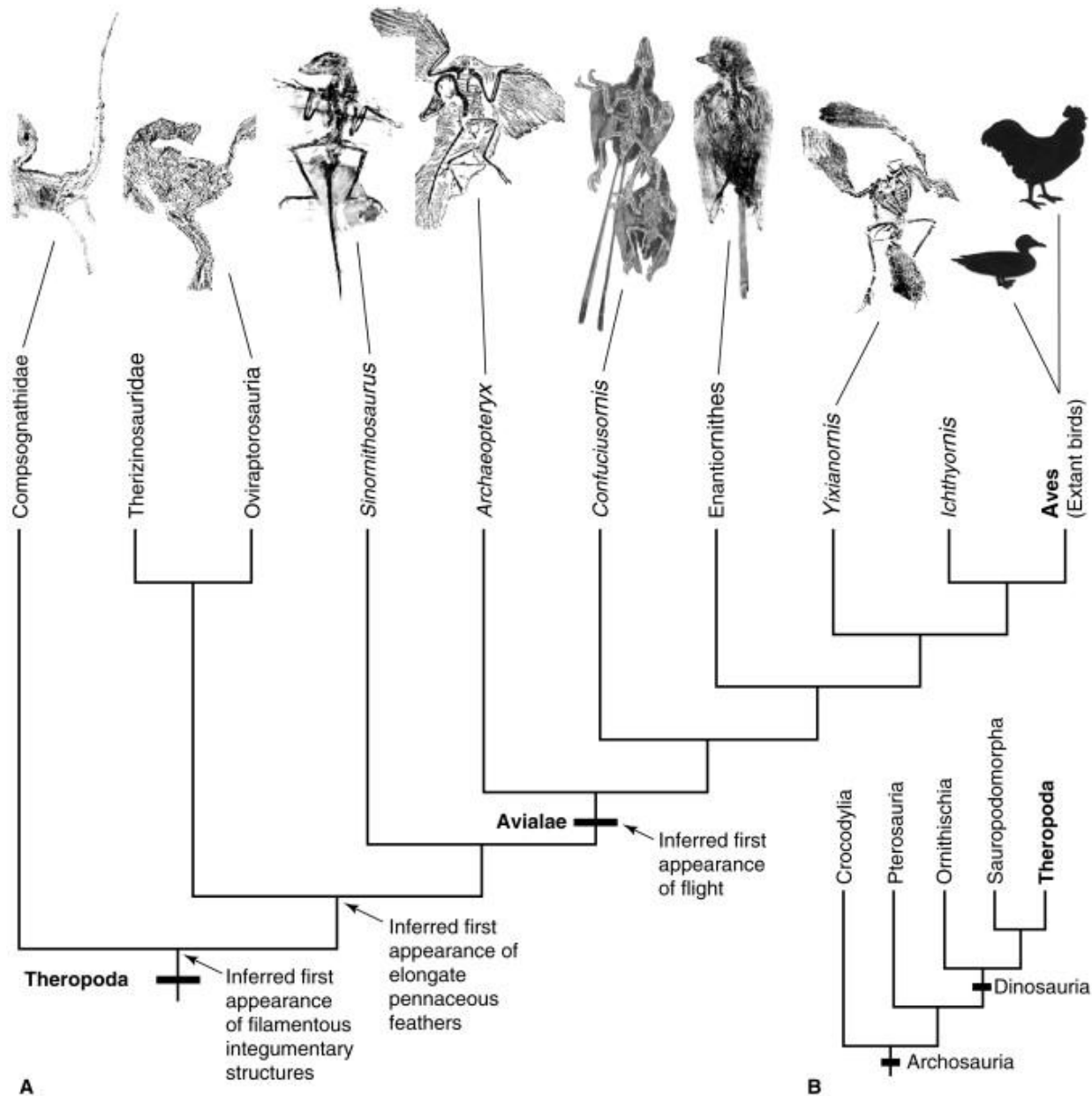
# 날기의 진화

1. 날개
2. 비대칭의 깃털
3. 체온(42도)
4. 허파와 기낭
5. 속이 빈 뼈

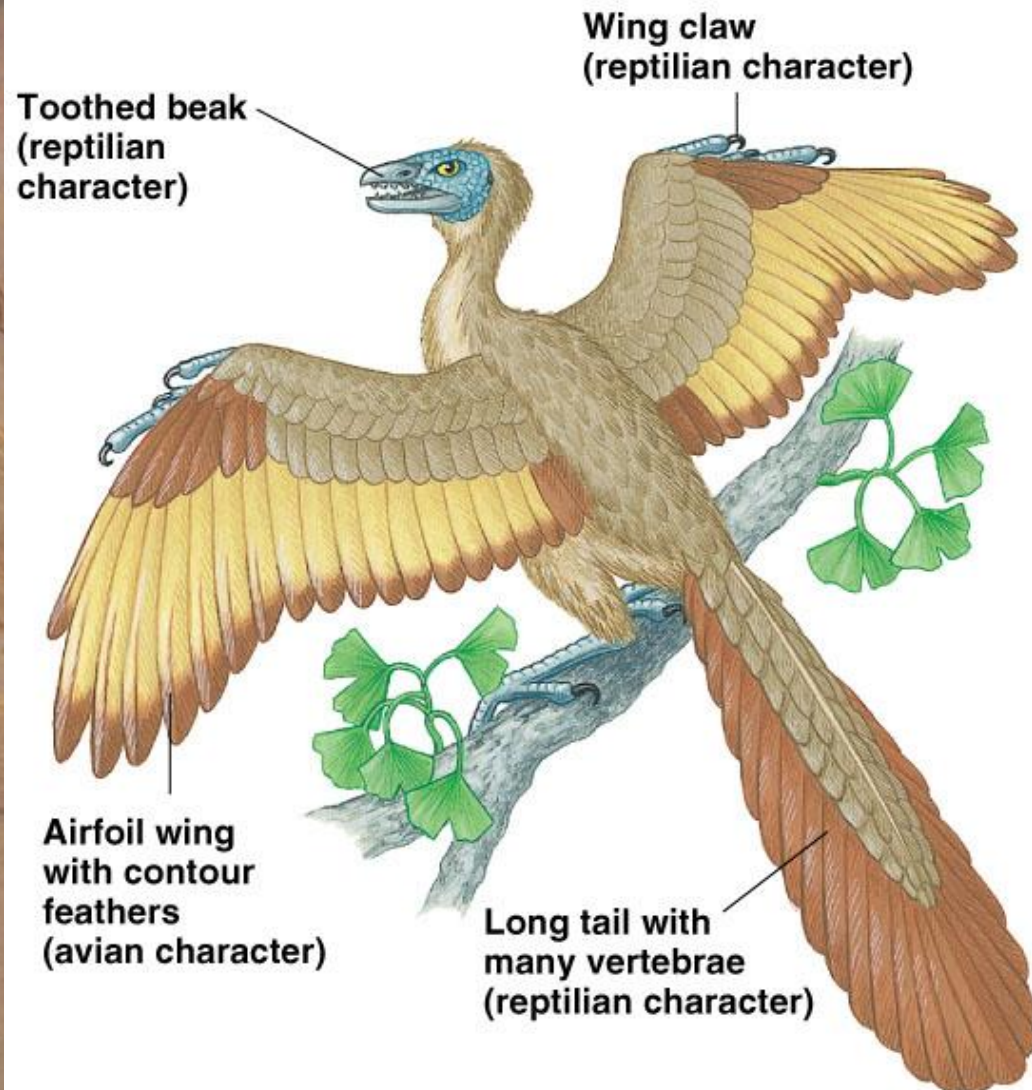


출처: [http://en.wikipedia.org/wiki/Origin\\_of\\_birds](http://en.wikipedia.org/wiki/Origin_of_birds)

# 다양한 깃털 공룡들

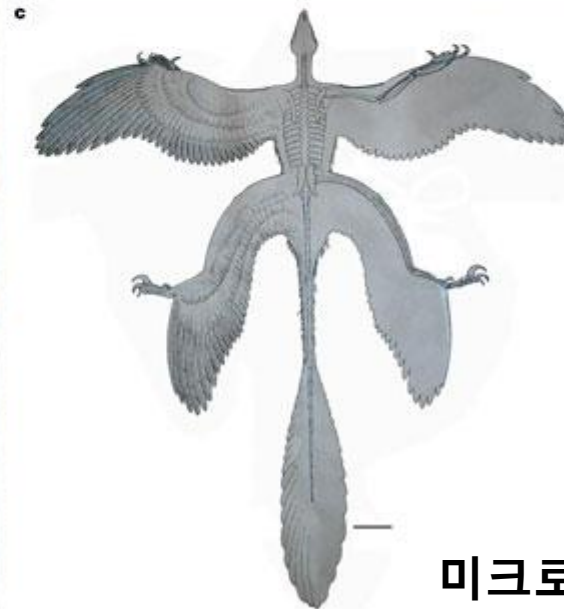
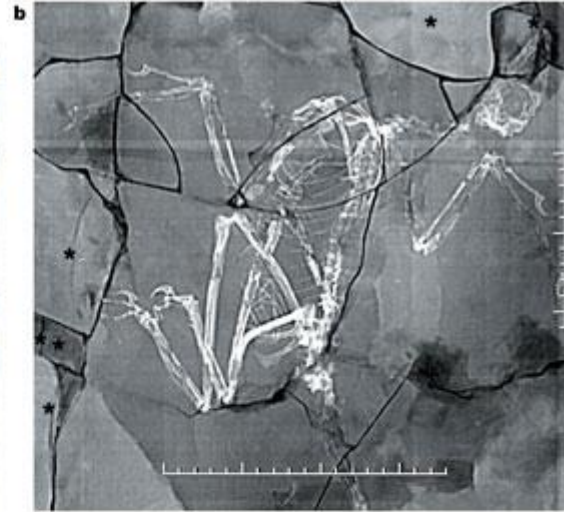


# 시조새 (Archaeopteryx)





# 날개가 4개인 깃털 공룡



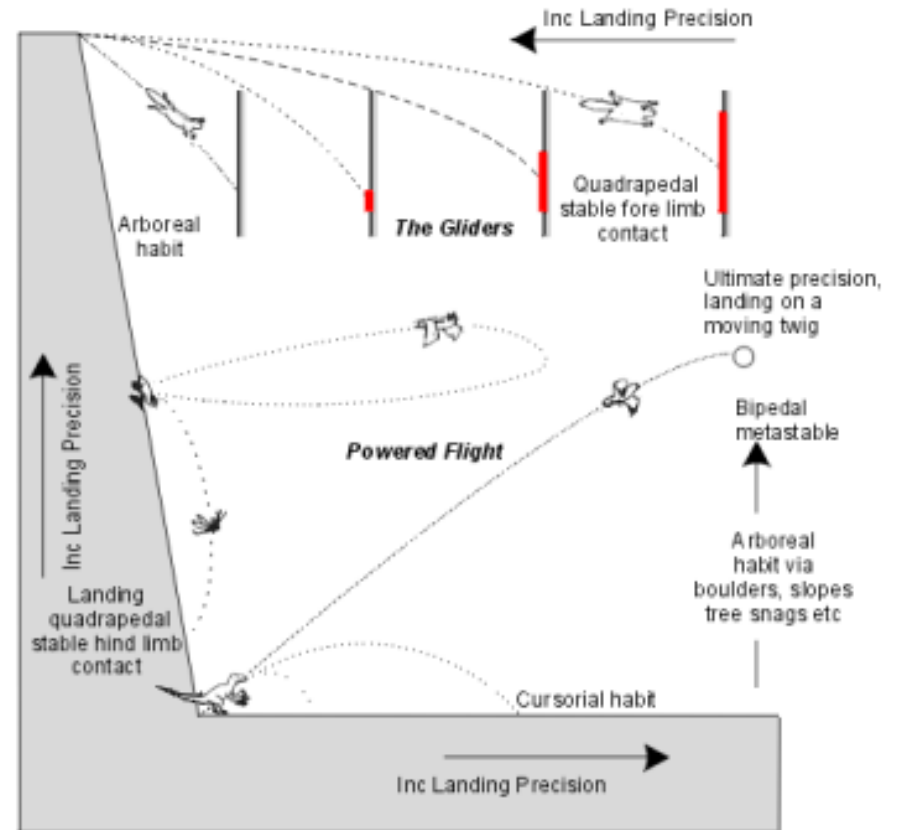
미크로랩토르 구이



# 날기의 기원

- Tree-Down 가설

- Ground-Up 가설



# 평흉류(平胸類) : 날지 못하는 새들?



Emu



Moa:  
extinct

## Who are the Paleognathae?

10 + 45 tinamou



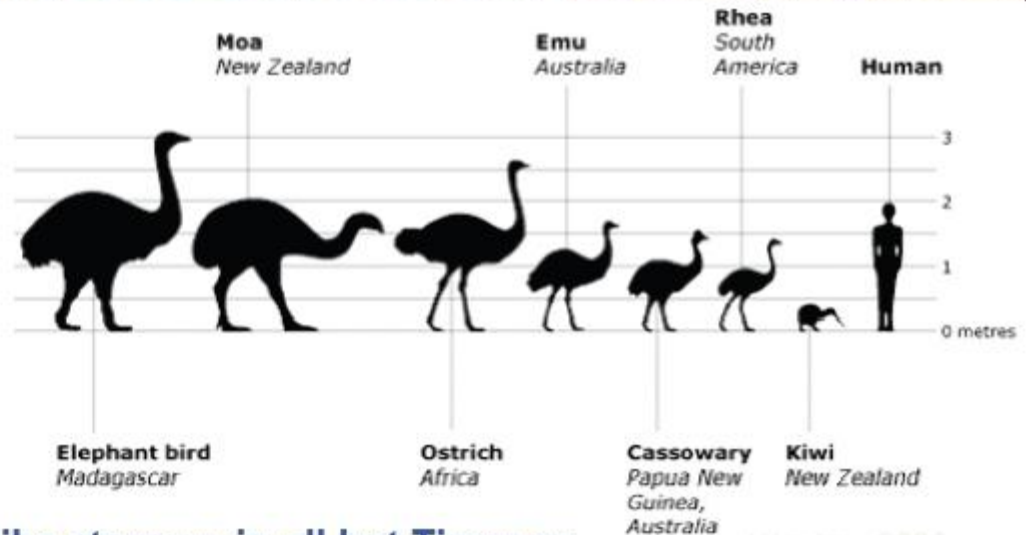
Hackett, et. al. 2008.



Kiwi



Tinamou



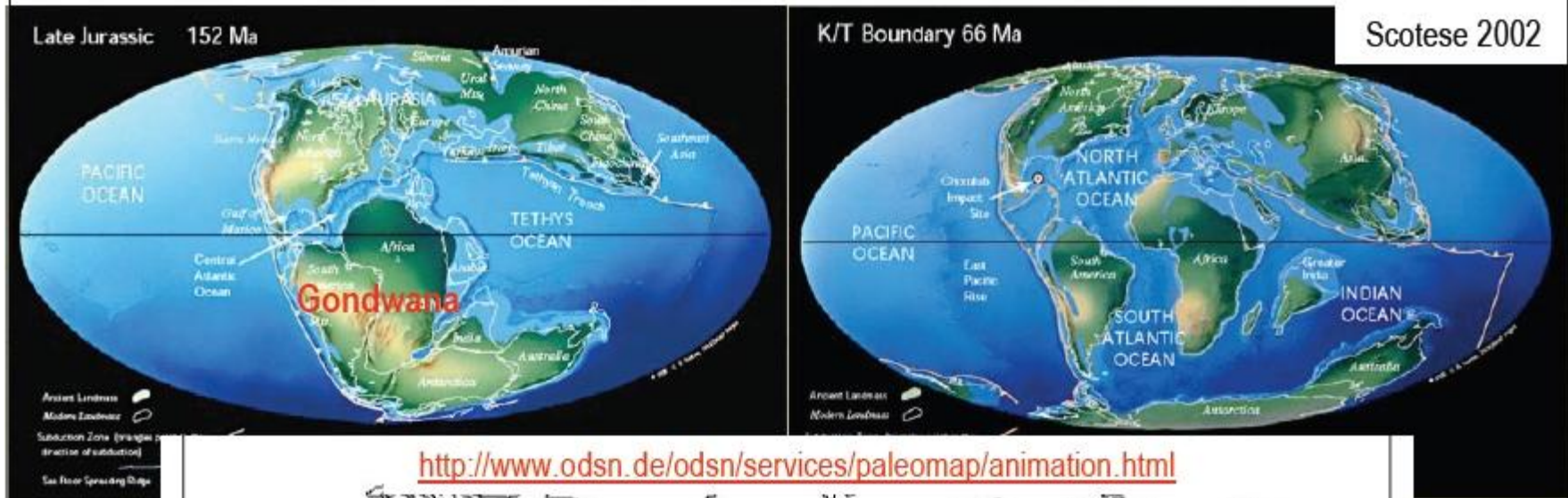
“Ratite” or raft-like sternum in all but Tinamou

Worthy, 2008.

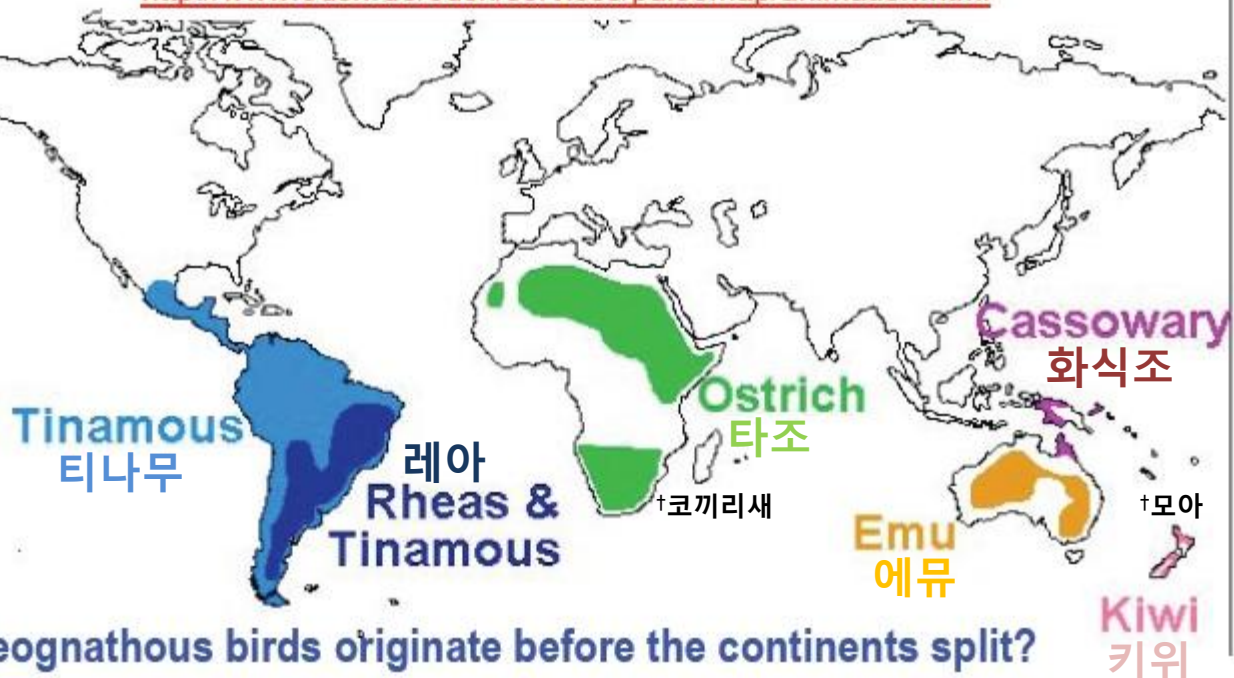


# 평흉류: 날지 못하는 새들?

## Are the Paleognathae monophyletic?



Do these birds share a common distribution?



Did the Paleognathous birds originate before the continents split?

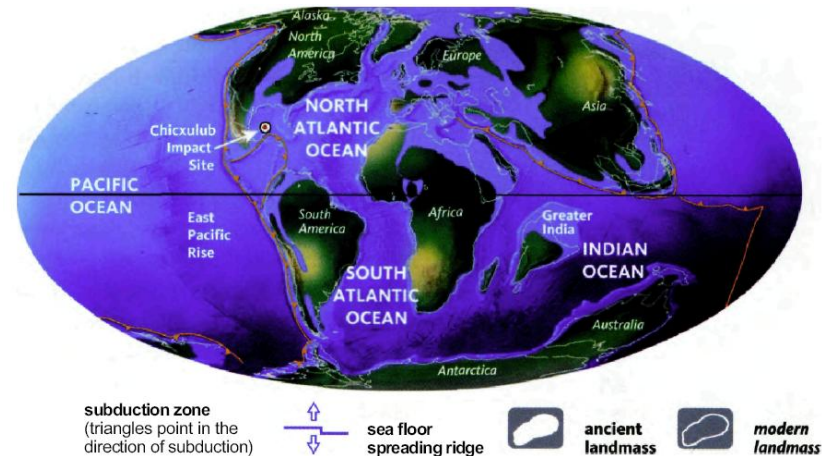
# 두 가지 해석

가설1. 걸어서 들어갔다.

- 도킨스 해석

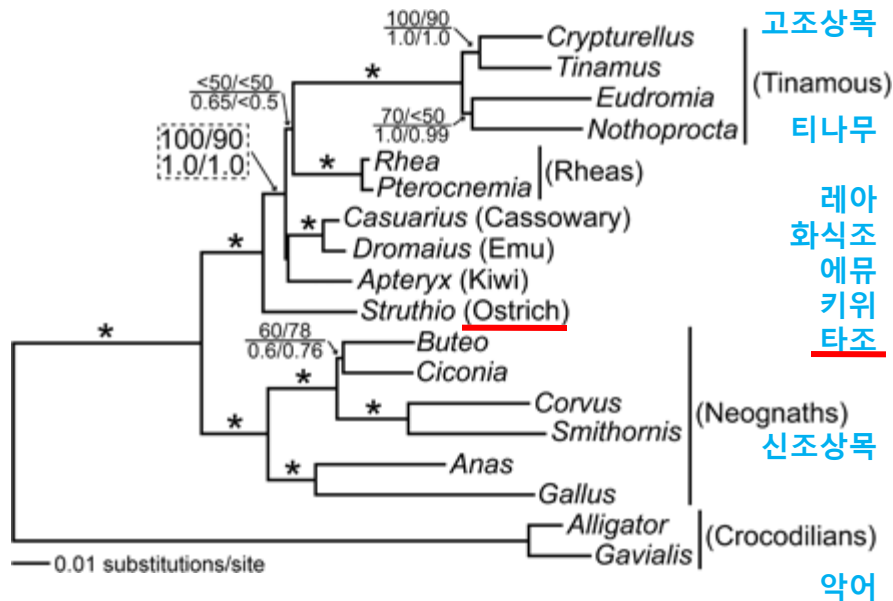
가설2. 날아서 들어갔다.

- 새로운 해석

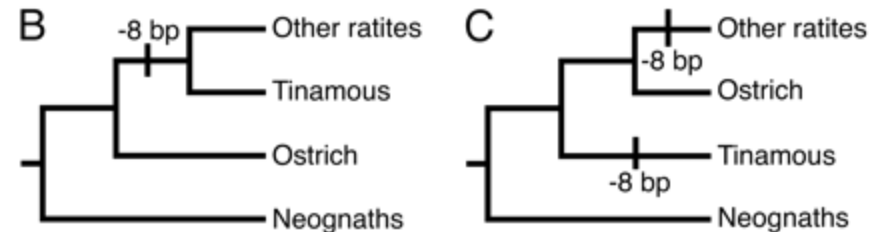




# 평흉류: 날지 못하는 새들?



A	<i>Apteryx</i>	CAGCACTC-AGCTTCT-----TC-CCTCCTTATT	Other ratites	Paleognaths
	<i>Casuarius</i>	CAGCACTC-AGCTTCT-----TCCCCTTTTATT		
	<i>Dromaius</i>	CAGCACTC-AGCTTCT-----TCCCCTCTTTATT		
	<i>Rhea</i>	CAGCACTC-AGCTTCT-----TCCTCTCCTTATT		
	<i>Pterocnemia</i>	CAGCACTC-AGCTTCT-----TCCTCTCCTTATT	Tinamous	
	<i>Crypturellus</i>	CAGCACTC-AGCTTCT-----ACCCTTTGCTATT		
	<i>Eudromia</i>	CAGCACTC-AGCGTCT-----TCCCTTTCTTATT		
	<i>Nothoprocta</i>	CAGCACTC-AGCTTCT-----TCCCTTCCTTACT		
	<i>Tinamus</i>	CAGCACTC-AGCTTCT-----TTTCTTCCGTATT		
	<i>Struthio</i>	CAGCACTC-AGCTTCTAAGCCTTATTTTCCCCTCACT	Ostrich	
	<i>Anas</i>	GAGCGCCCCAGTTTCTAAGTCTGAGGTCTCTTTCTT		
	<i>Gallus</i>	GAGCAACC-TATTTCTAAGTCTTGAGGACTCTGTCTT	Neognaths	
	<i>Buteo</i>	AAGCACTT-----AAGCCTCGAAACCTTTTCTT		
	<i>Ciconia</i>	GAGCACTC-----TCTGAACCTCAAACCTCTTTCTT		
<i>Corvus</i>	GAACACTC-TGTTTCTAAGCCTTGAAACCTCTGTCTT			
<i>Smithornis</i>	AAGCACTC-CATTTCTAAGCCTCAAATCCT--TTCTT			



평흉류(平胸類)는 타조목의 가슴근육이 퇴화되어 날지 못하는 새.

그러나, 티나무를 포함하여 고조상목(Paleognathe)이 적절한 용어임.

# 새 (Birds)

공룡은 멸종하지 않았다.

수많은 날개 달린 깃털 공룡들이 살아있지 않은가?

공룡고기의 맛이 궁금하다면 치킨이나 타조를 먹어보면 된다.

새대가리, 닭대가리 무시하지 말라.

가방 크다고 공부 잘하는가?

그들은 작은 뇌를 효율적으로 사용할 뿐이다.

그들은 우월한 허파와 가볍고 강한 뼈와 뛰어난 눈을 가졌다.

그들은 한 때, 지상을 지배했던 명문가, 공룡의 후손이다.

주) 전통적 '공룡' 개념은 진화적 관점에서 '새를 제외한 공룡(non-avian dinosaurs)'이라 불러야 마땅하다.

# 랑데부 18: 양서류



개구리, 두꺼비류



*Dermophis mexicanus*

무족영원류



도롱뇽, 영원류

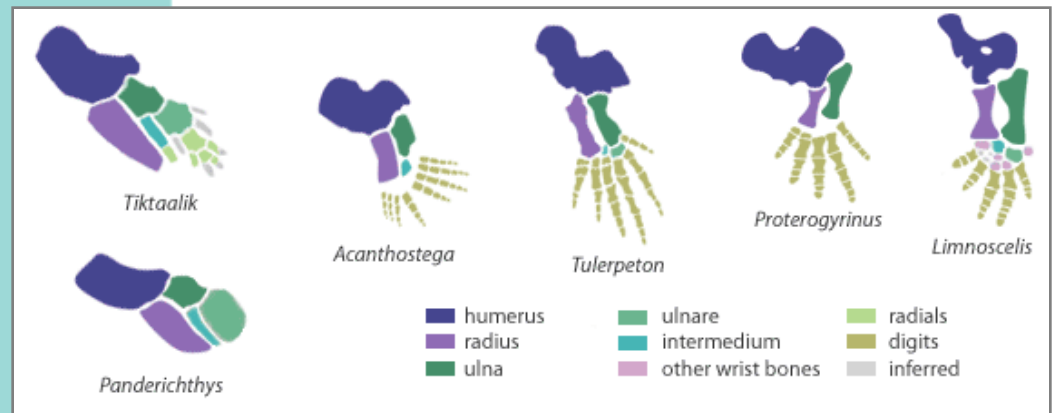
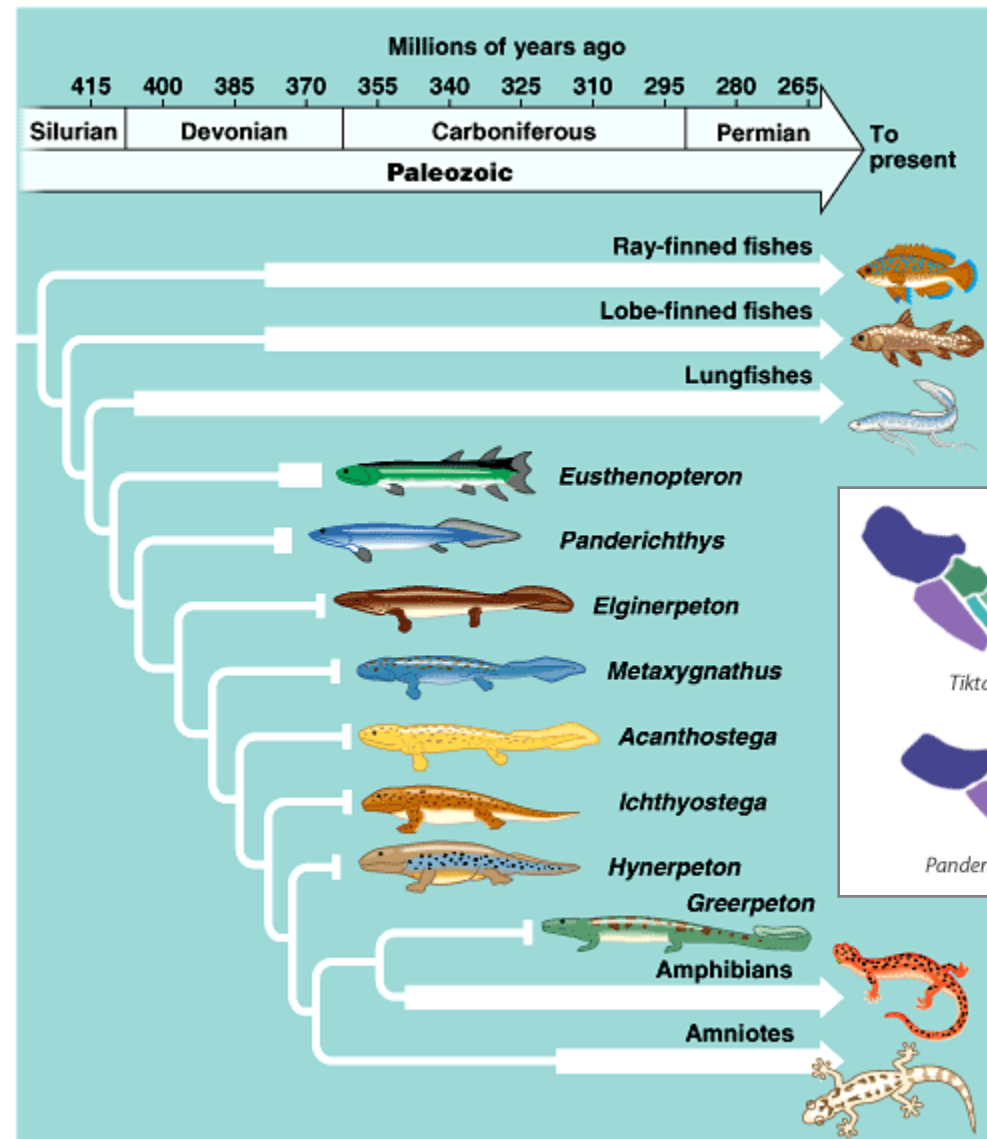
바닷물에 사는 양서류는 없다!

# 사지동물 - 물에서 땅으로

1. 허파 (공기호흡)
2. 팔다리 (육상이동)
3. 방수피부 (건조방지)
4. 체내수정 (물속이 아니라)



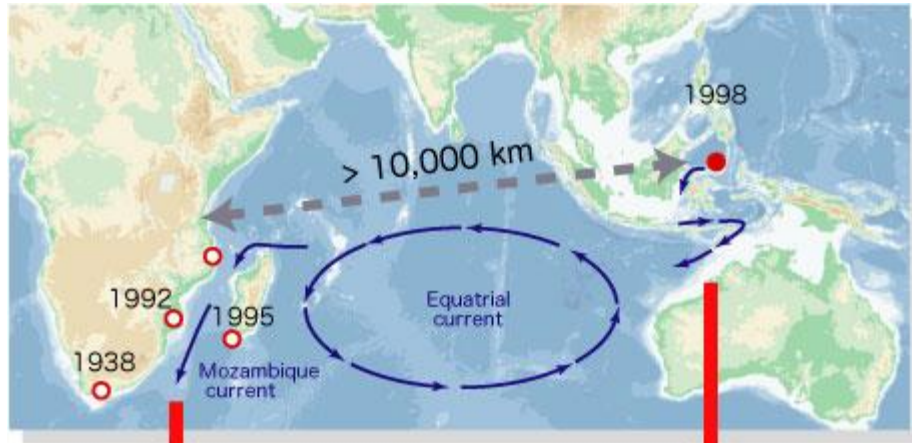
# 사지동물 - 물에서 땅으로



앞다리는 가슴지느러미,  
뒷다리는 배지느러미에 해당한다.

# 랑데부 20: 실러칸스

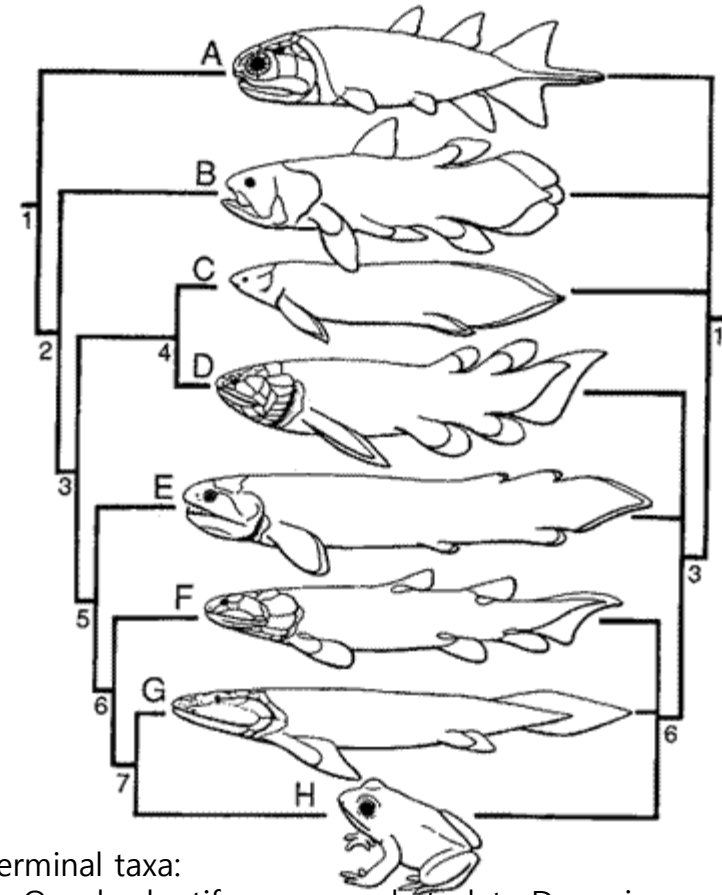
살아있는 화석?



○ *Latimeria chalumnae*



● *Latimeria menadoensis*

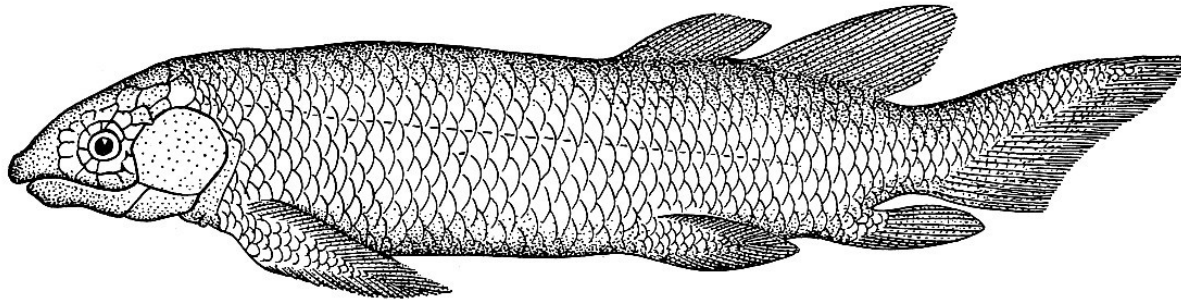


Terminal taxa:

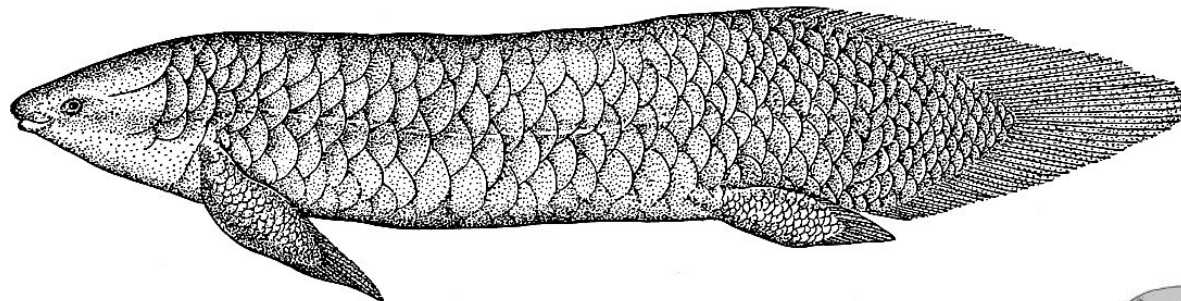
- A, Onychodontiformes - early to late Devonian
- B, Actinistia - middle Devonian to Recent
- C, Dipnoi - late Silurian or early Devonian to Recent
- D, Porolepiformes - early to late Devonian
- E Rhizodontiformes - late Devonian to Carboniferous
- F. Osteolepiformes - middle Devonian to early Permian
- G. Panderichthys - ?middle to late Devonian
- H. Tetrapoda - late Devonian to Recent

데본기 물고기들, 페어는 화석 C와 닮았고, 실러칸스는 화석 D와 닮았다.

# 랑데부 21: 폐어

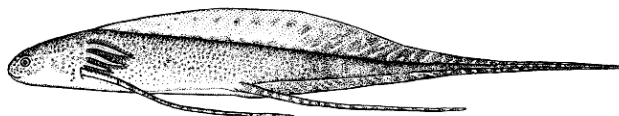


A, *Dipterus* 데본기 화석



B, *Epiceratodus* 호주 폐어

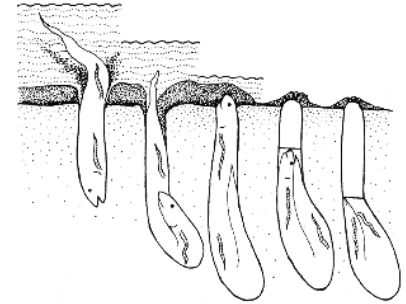
출처: <http://bill.snr.arizona.edu/classes/182/Lungfish.htm>



Juvenile lungfish, 32 mm TL.

유생의 아가미

## 건기에 적응



As the water level falls lungfish burrow into the bottom mud to form a cocoon and aestivate through the dry season.

## 지리적 분포

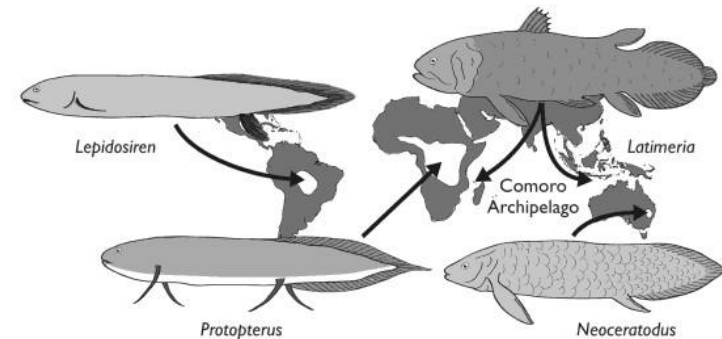
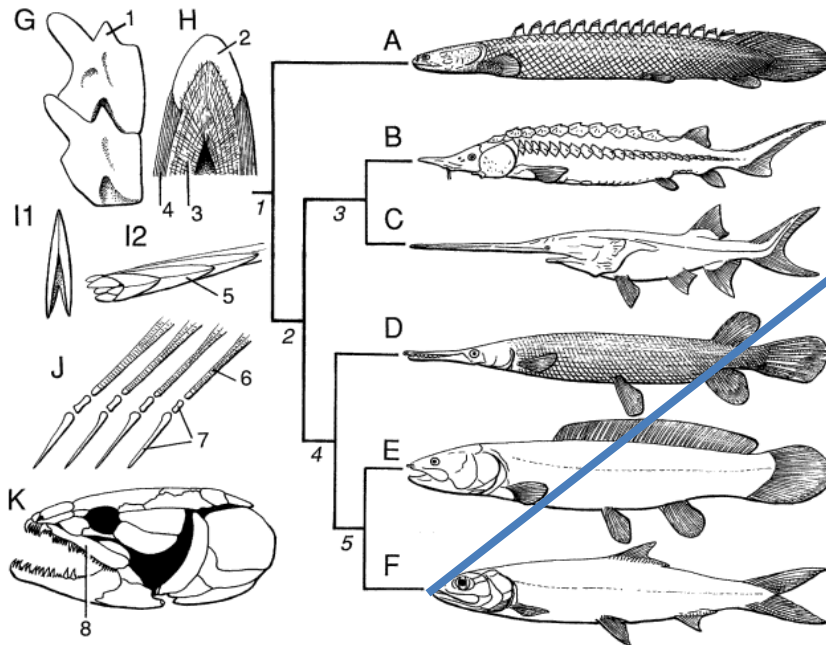


Figure 1.20 The distribution of living lungfish and *Latimeria*. After Norman and Greenwood (1975).

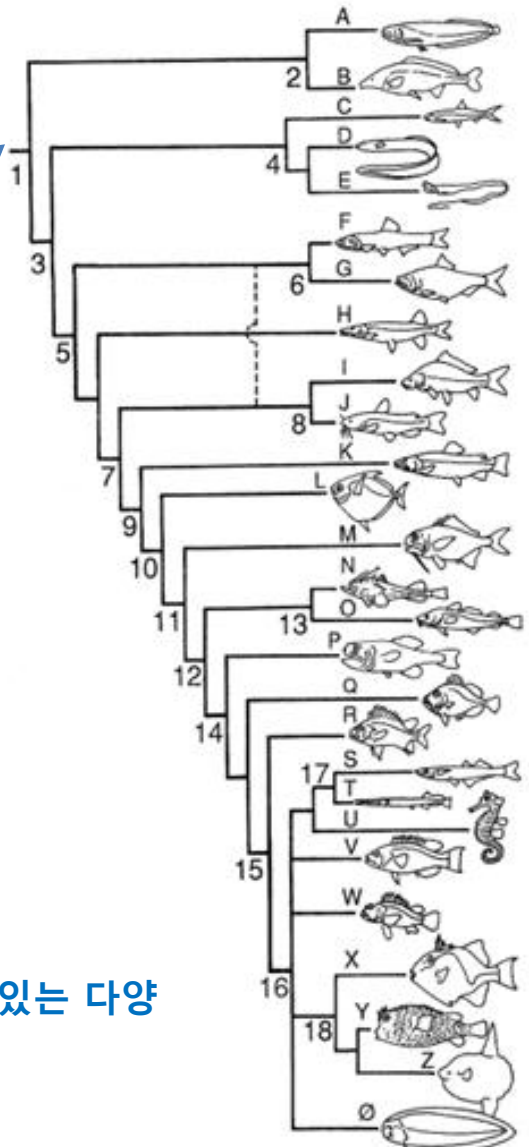
# 랑데부 20: 조기어류

72 A survey of extant vertebrates

Diversity and relationships of recent gnathostomes 69



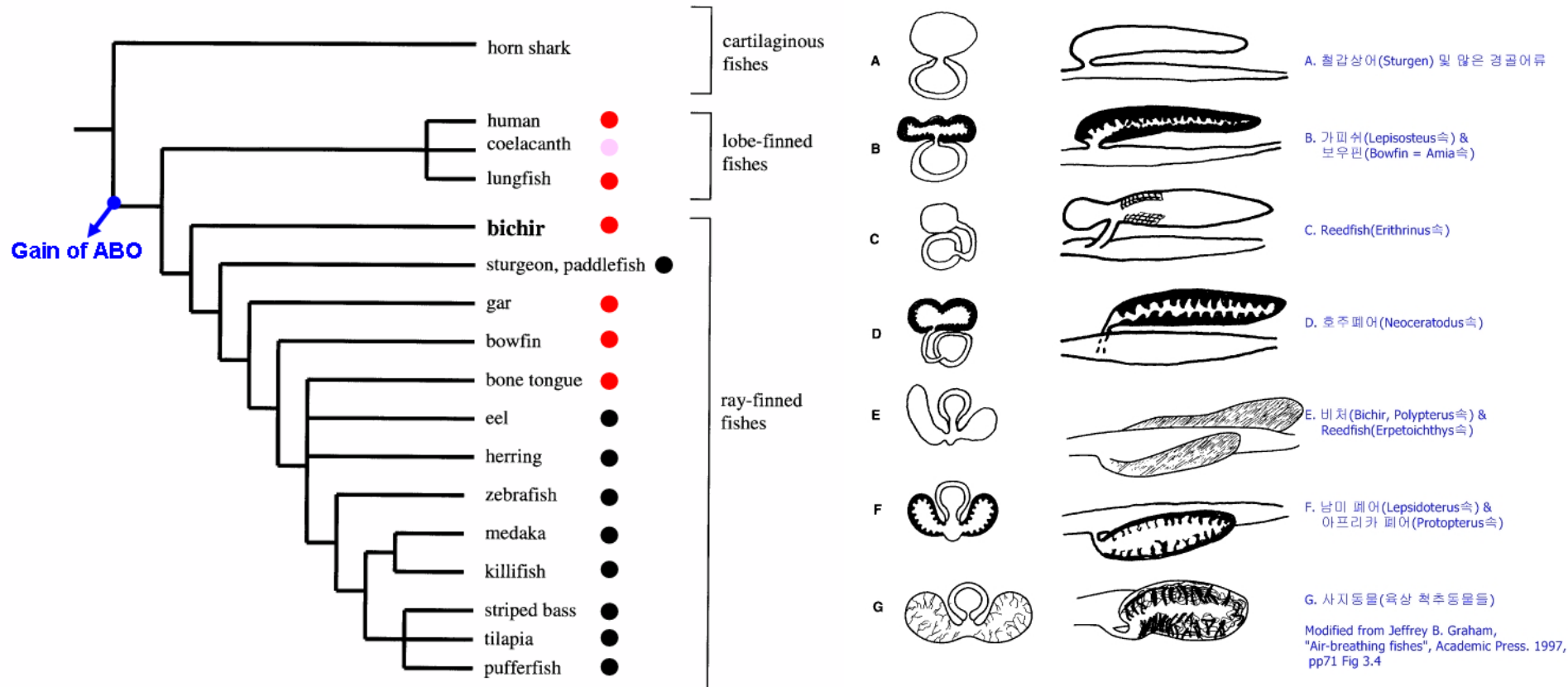
**Fig. 3.17.** Characters and interrelationships of the Actinopterygii (ray-finned fishes). A-F, interrelationships of recent actinopterygians; terminal taxa: A, Cladistia (*Polypterus*); B, Acipenseridae (*Acipenser*); C, Polyodontidae (*Polyodon*); D, Ginglymodi (*Lepisosteus*); E, Halecomorphi (*Amia*); F, Teleostei (*Elops*); nested taxa and selected synapomorphies: I, Actinopterygii (well-defined peg on diamond-shaped scales, ganoine, acrodine cap on teeth); 2, Actinopteri (fulcral scales on leading edge of all fins); 3, Chondrostei (loss of posterior myodome, anterior symphysis of palatoquadrate); 4, Neopterygii (dermal fin rays, or lepidotrichiae, equal in number to their supports in dorsal and anal fin); 5, Halecostomi (mobile maxilla, median neural spines). G, scales of *Polypterus* in internal view; H, actinopterygian tooth of in vertical section (about  $\times 10$ ); I, fulcrum of the pectoral fin of *Lepisosteus* in anterior view (I1) and in their natural position (I2); J, median fin supports and lepidotrichs in *Amia*; K, skull of *Amia* in lateral view. 1, dorsal peg; 2, acrodine cap; 3, dentine; 4, collar enamel; 5, fulcrum; 6, lepidotrichiae; 7, radials and fin supports; 8, maxilla. (A-E, K, based on Lauder and Liem (1983); G, from Pearson (1981); J, based on Jarvik (1980).)



조기어류는 육기어류(실라칸스+페어)를 제외한, 왼쪽과 오른쪽 그림에 있는 다양한 경골어류를 말합니다.



# 허파의 진화는 선견지명인가?



**Figure 1** Overview of jawed-vertebrate phylogenetic relationships with focus on the ray-finned fishes (Actinopterygii; Patterson 1982; Nelson 1994; Bartsch and Britz 1997; Bemis et al. 1997).

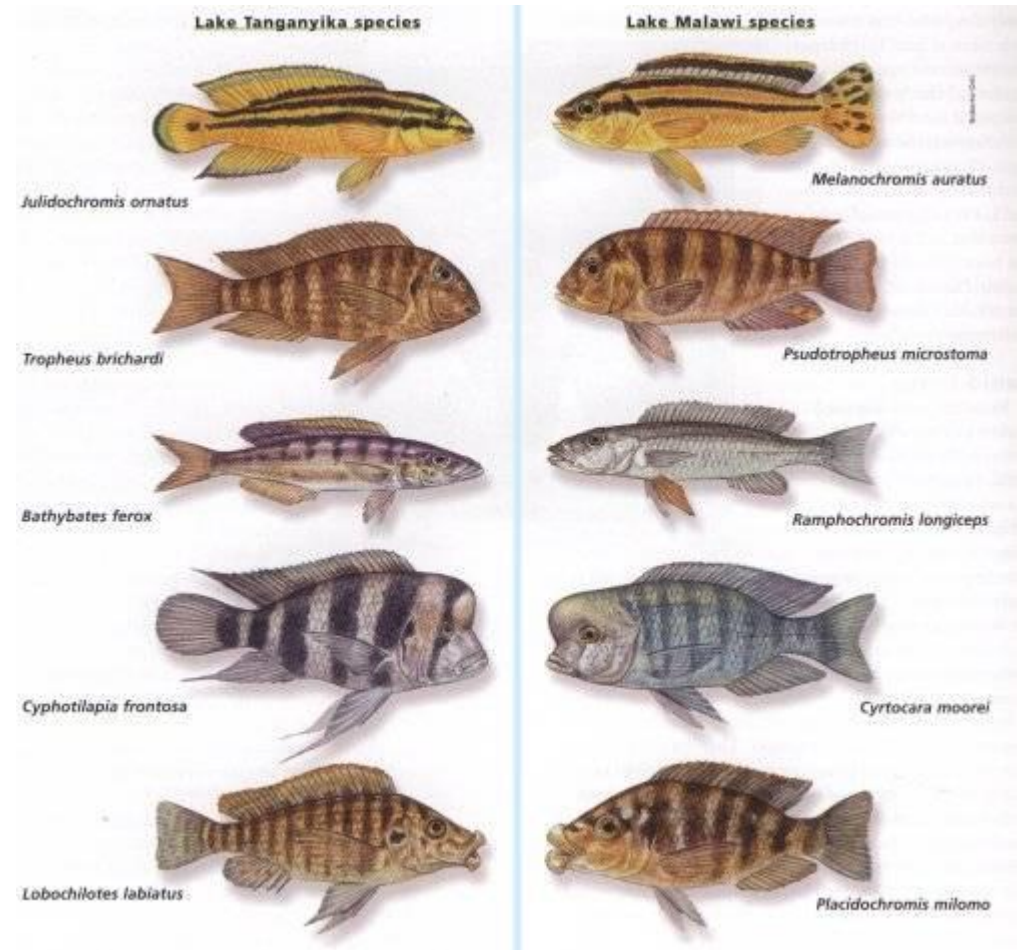
**아니다, 허파는 산소가 부족한 웅덩이에서 살던 민물고기의 유산이다!**

# 아프리카 시클리드 이야기

아프리카의 Great Rift Valley  
에 있는 민물호수들은 놀라운  
진화의 현장이다. 빅토리아호  
에서는 10만년에 450종, 말라  
위호는 100~ 200만년에 수백  
종, 탕가니카호는 1,200~1,400  
년에 수백종이 새로 생성되었  
다.

탕가니카와 말라위의 시클리  
드는 조상이 서로 다르지만 각  
각 닮은 형태를 진화시켰다.

조상이야기 p375~384

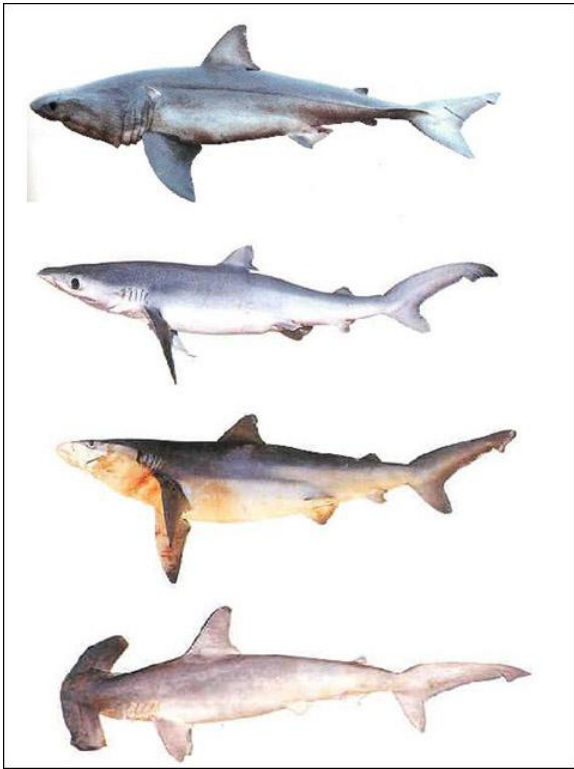


<http://www.accuracyingenesis.com/kind.html#cichlids>

# 랑데부 21: 연골어류 (상어, 가오리, 은상어)

부레가 없고, 지방간을 가졌다.

체내수정(난생, 난태생, 태생)



상어



가오리



NFRDI

은상어

## 랑데부 22: 무악어 (칠성장어와 먹장어)



칠성장어



먹장어 (꼼장어)

턱이 없는 척추동물,

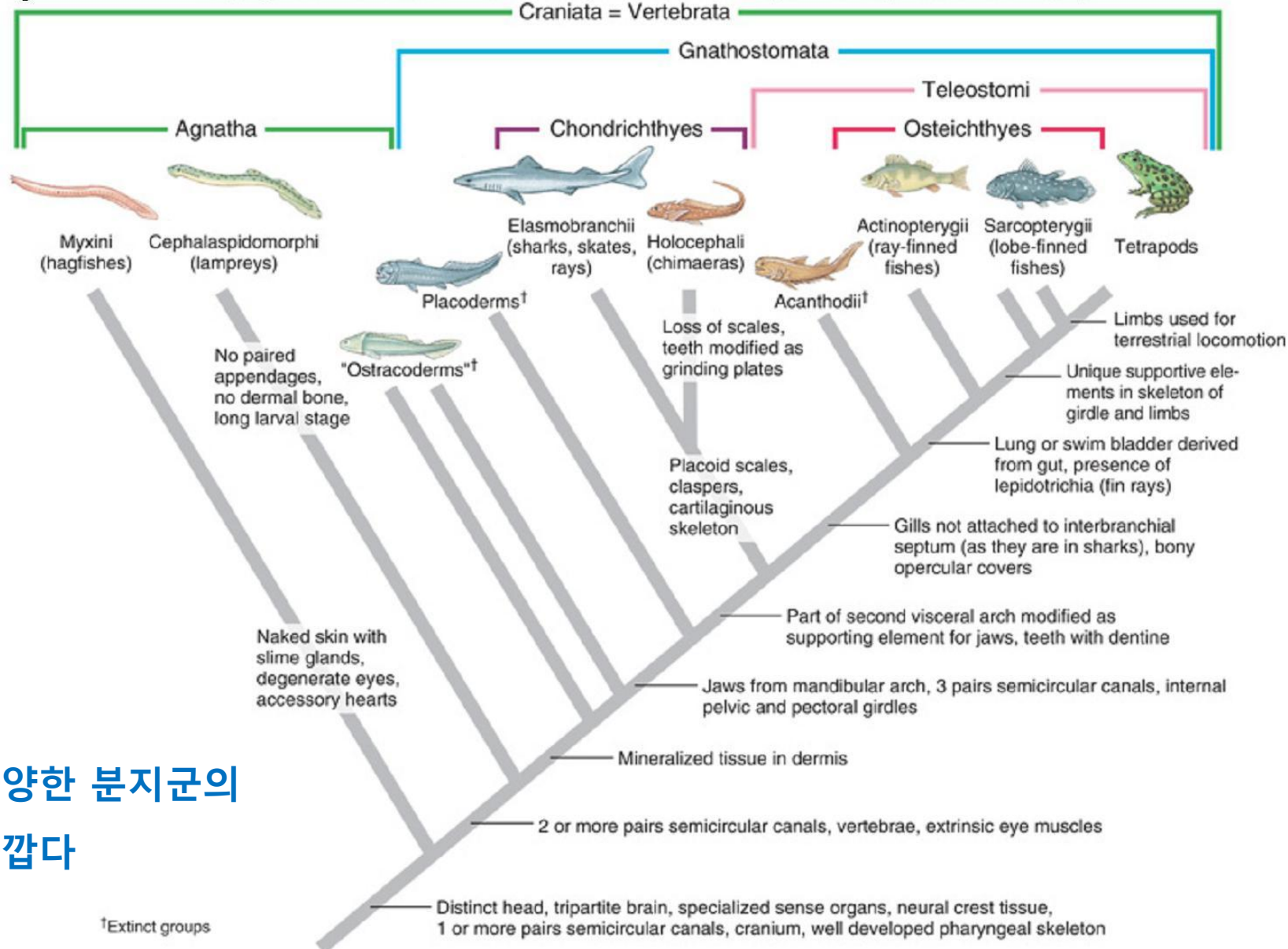
구우면 오그라지는 포장마차의 꼼장어의 맛을 기억하라.



# 어류는 존재하는가?

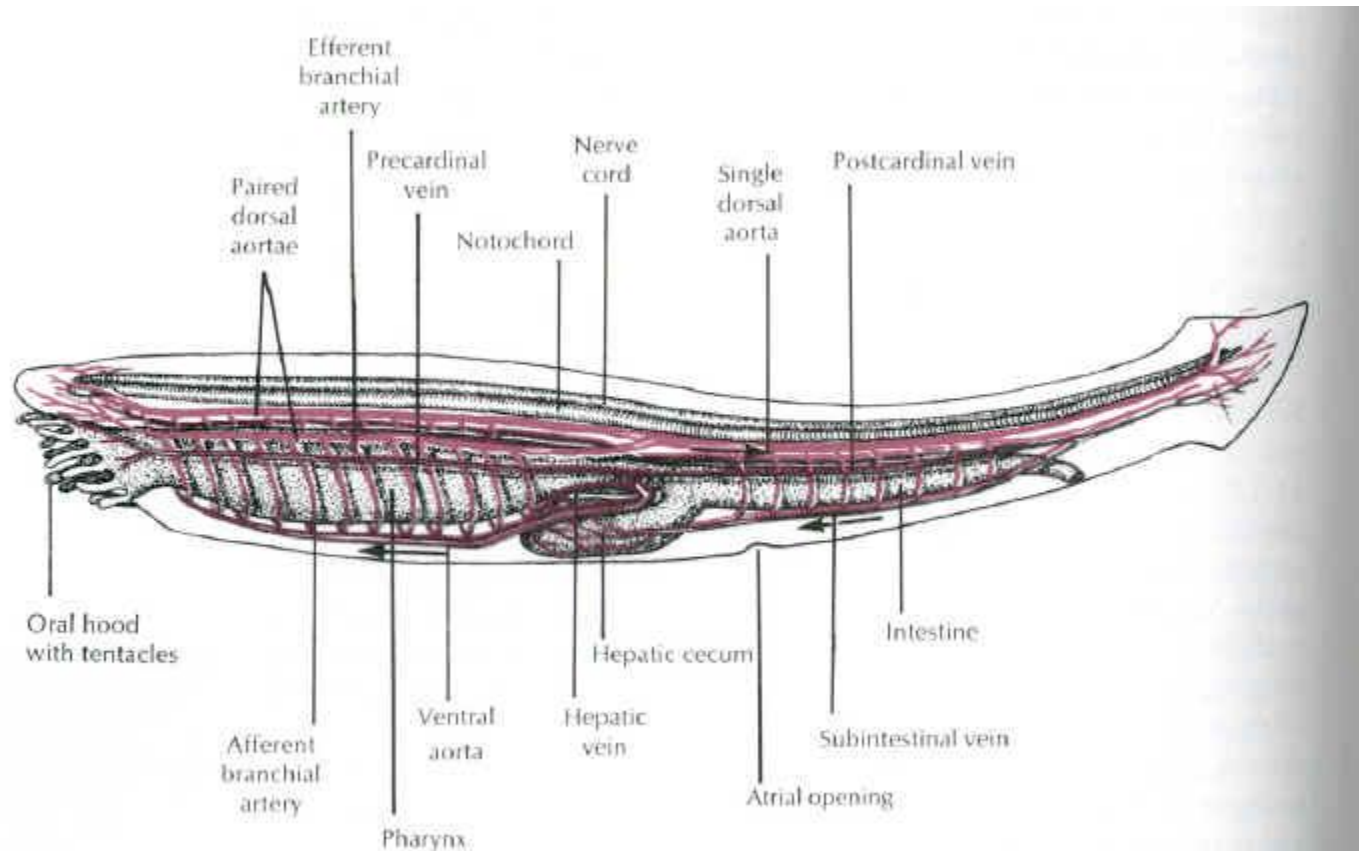
Figure 24.02

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



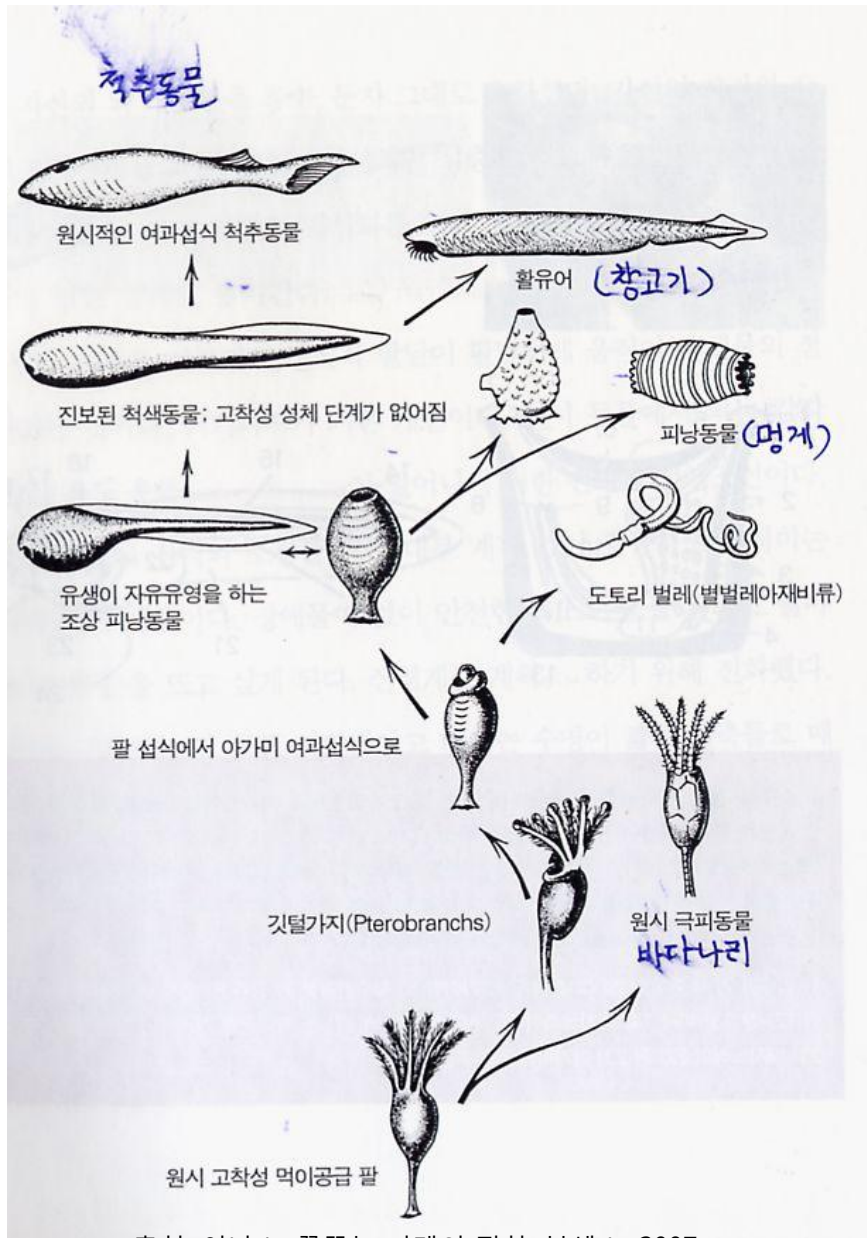
어류는 다양한 분지군의  
집합에 가깝다

# 랑데부 23: 창고기



아름다운 척추동물과 척색동물의 원형

# 랑데부 24: 멍게 (Tunicate)



멍게의 헤엄치는 유생은 척  
색과 뇌를 가지고 있다

<http://www.tunicates.com/>

# 랑데부 25: 암불크라리아 (Ambulacraria)

암불크라리아 (Ambulacraria)는 아래 3 그룹을 지칭한다.

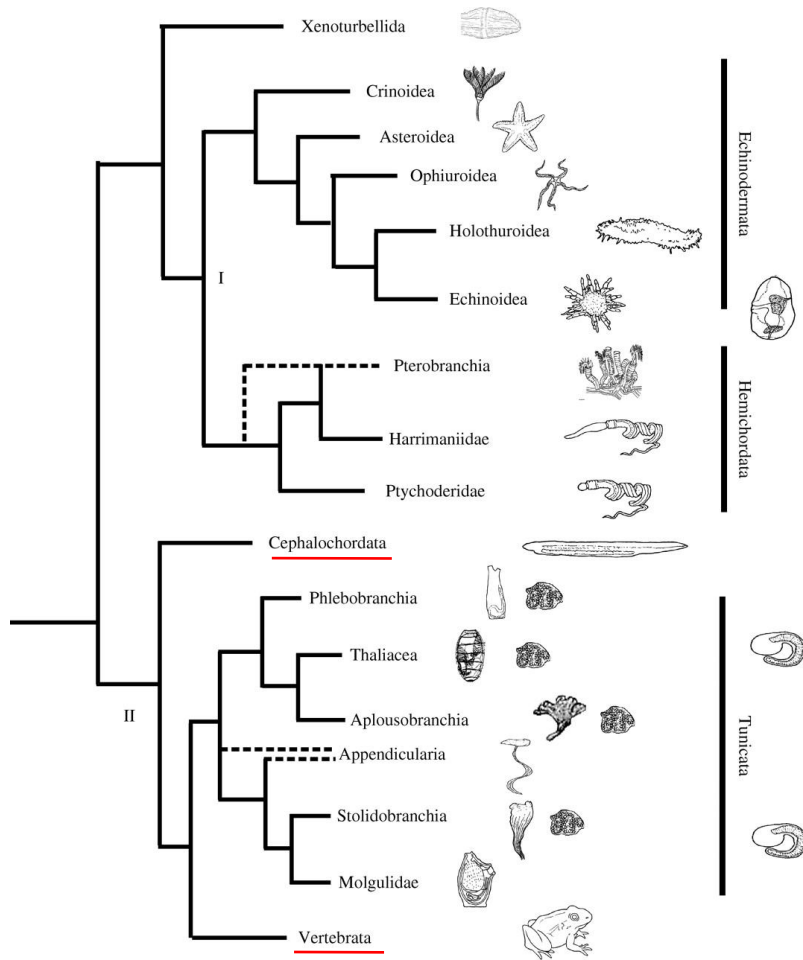
- 극피동물문 (Echinodermata) :

불가사리류와 성게류, 거미불가사리, 해삼, 바다나리 등

- 반삭동물문 (Hemichordata) :

장새류, 익새류, 필석류(筆石類, 화석)

- 진와충동물문 (Xenoturbellida) : 벌레 모양의 2종

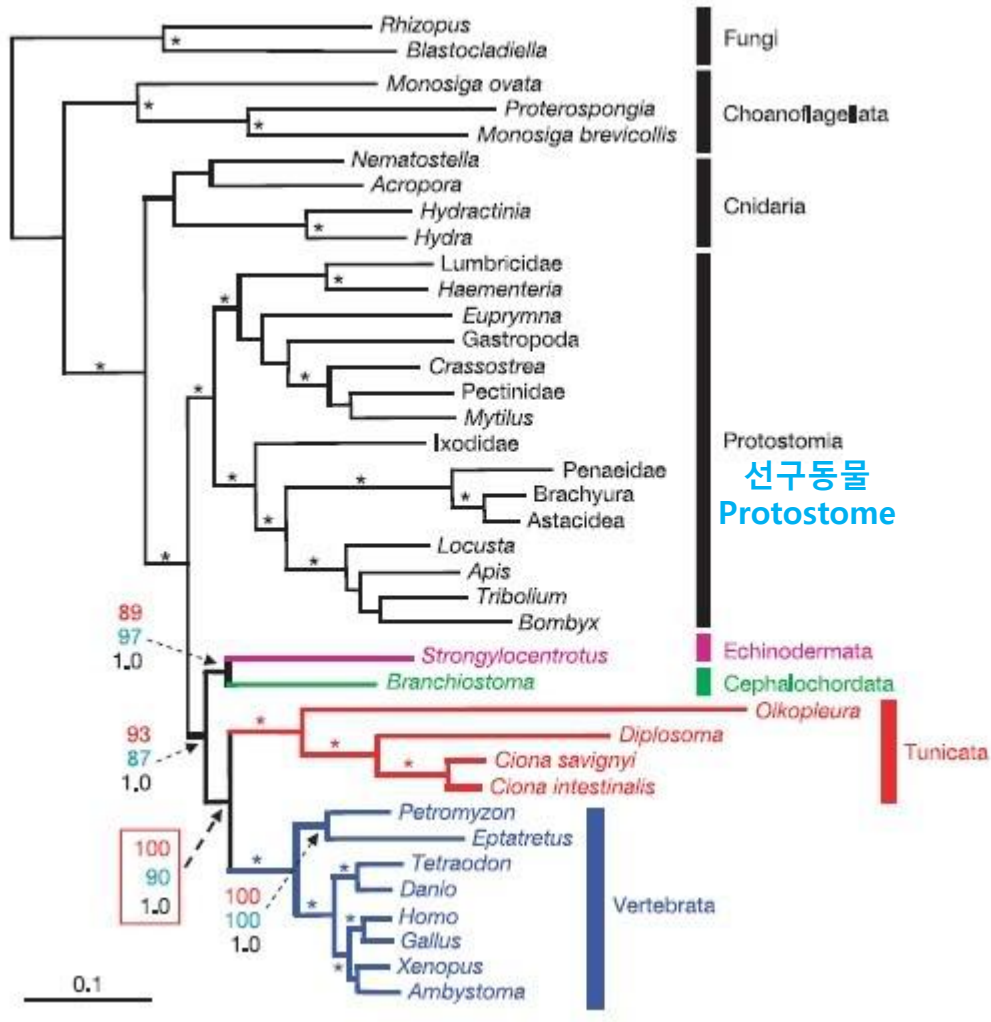


진정한 화성인이라 할 수 있는  
방사대칭의 극피동물(바다나리,  
불가사리, 해삼, 성게)은 도대체  
어디에서 왔는가?

척추동물, 창고기, 멍게의 순  
서는 아직 정해지지 않았다.



# 랑데부 26: 선구동물 (Protostome)

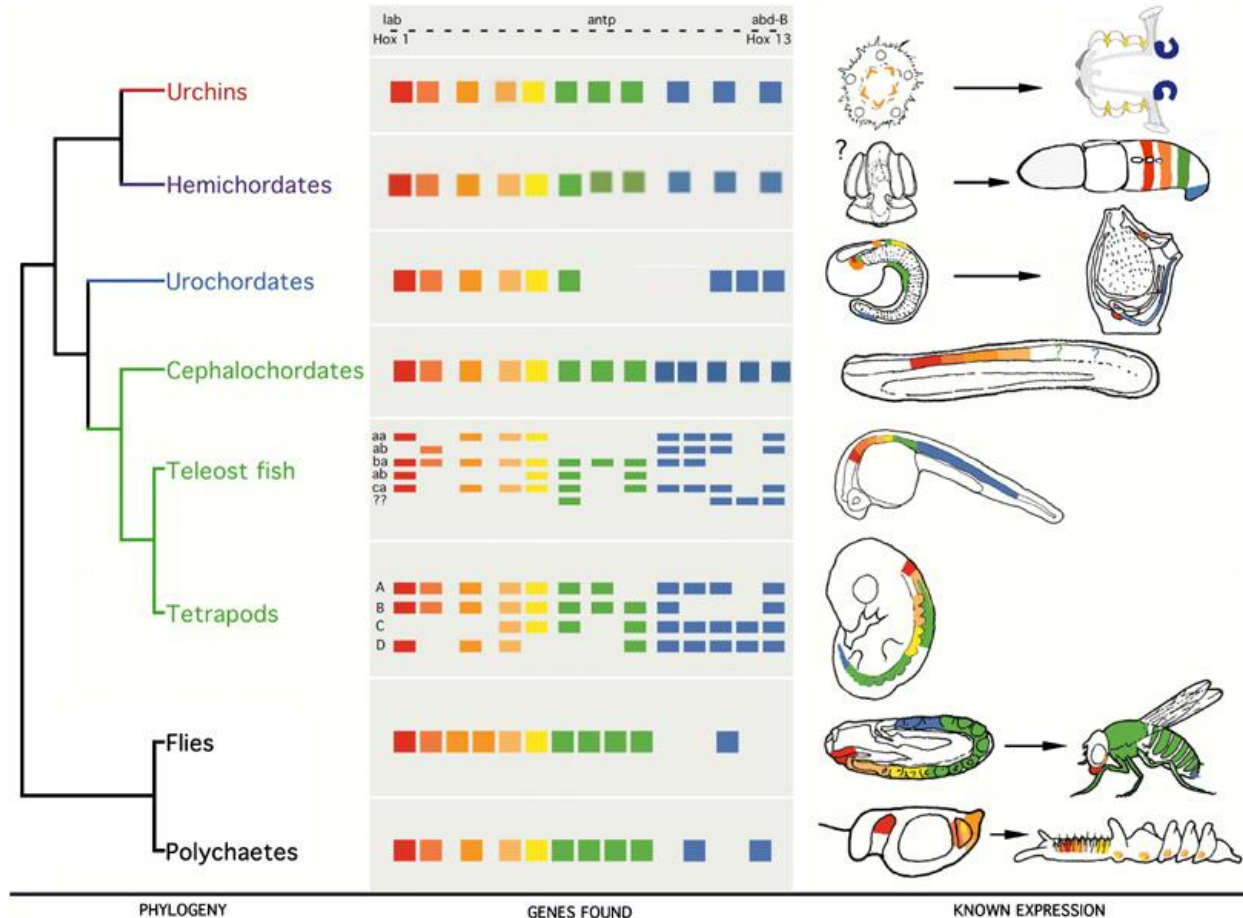


포배기에 함입된 원구가 항문이 되는 동물은 후구동물, 원구가 입이 되는 동물은 선구동물이다.

선구동물에는 절지동물, 연체동물, 환형동물 등 많은 다세포 동물이 포함된다.

후구동물  
Deuterostome

# 보충자료: Hox 유전자



<http://www.nature.com/hdy/journal/v97/n3/images/6800872f6.jpg>

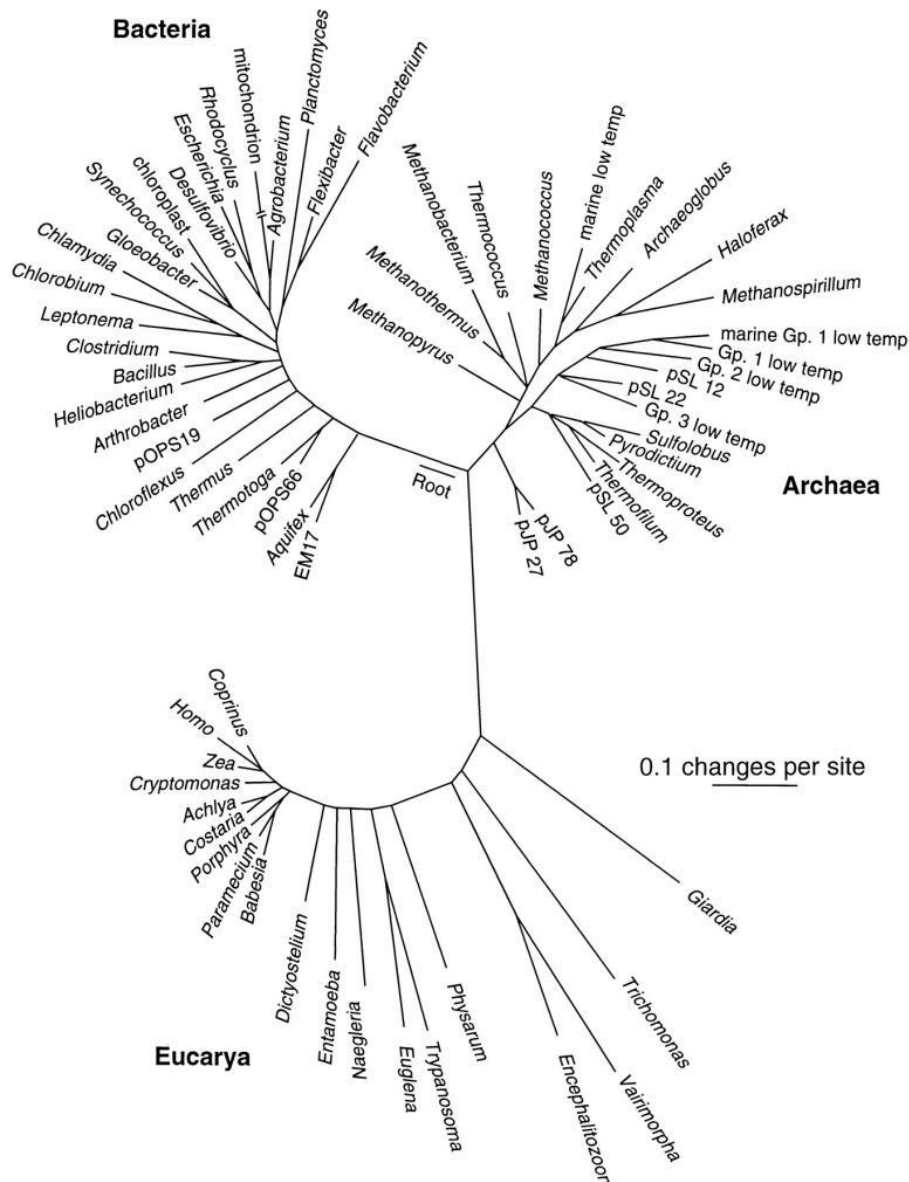
초파리에서 처음 발견된 hox 유전자는 배아 발생시 체절의 질서를 부여한다.  
 겉보기에는 이질적으로 보이는 생물도 hox 유전자의 배아에서 발현 패턴은 유사하다.

# 랑데부 28~38: 생략

내용이 너무 많아서  
감당하지 못하겠습니다.

π π

# 랑데부 38-39: 진정세균과 고세균 (rRNA)



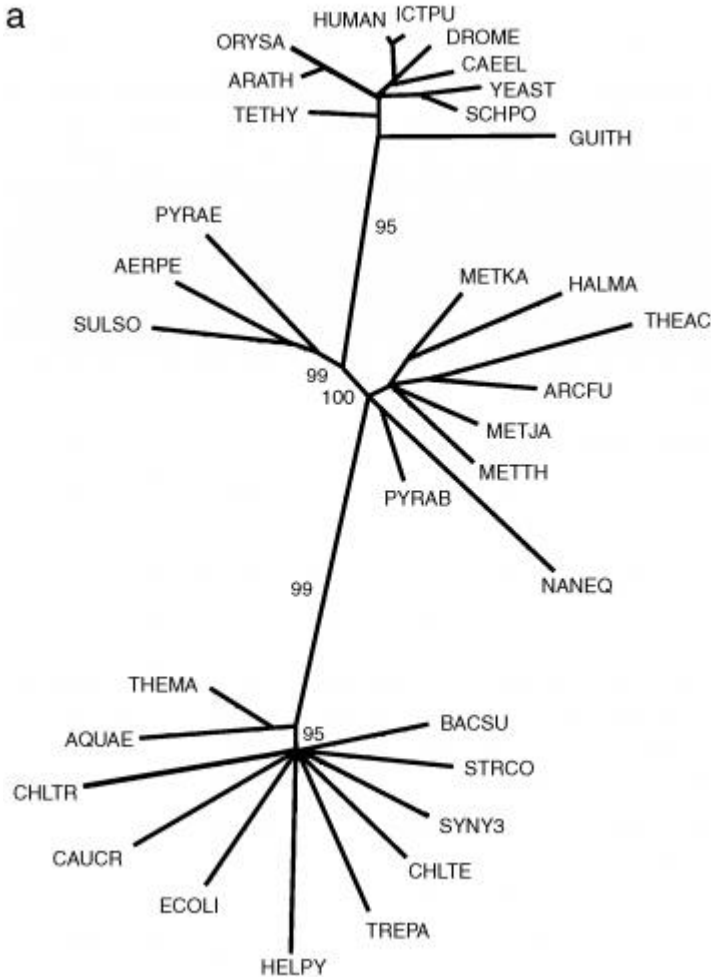
진핵생물, 고세균, 진정세균(박테리아)를 3개의 도메인(domain)이라고 한다. 이 그룹들의 출발점(root), 즉 모든 세포의 기원은 분명 존재할 것이다. 그러나 생명나무의 기원을 찾는 연구는 벽에 부딪히고 만다. 지금까지의 진화나무의 뿌리(root)는 외집단(out group)과 비교함으로써 기준을 정할 수 있었지만 여기에서는 더 이상 외집단이 없기 때문이다.

발표자의 짐작으로는 출발점이 고세균내에 존재할 가능성이 있다. 그 이유는 고세균들은 대부분 혐기성 생물로 증식이 매우 느리기 때문에 분자 시계도 느리다. 따라서 모든 말단에서 시간의 흐름을 거슬러 올라가면 고세균 도메인의 내부에서 만나게 될 수 있다.



# 랑데부 38-39: 진정세균과 고세균

a



이것은 리보솜을 이루는 단백질들의 서열을 기준으로 작성한 분지도. 위쪽은 진핵생물, 아랫쪽은 진정세균(박테리아), 가운데가 고세균이다. 이 분지도의 출발점이 고세균 그룹 내에 존재할 가능성이 많다.

# 보충자료: 공통 코드

		1st base					
		U	C	A	G		
2nd base	U	UUU Phenylalanine	UCU Serine	UAU Tyrosine	UGU Cysteine	U	3rd base
		UUC Phenylalanine	UCC Serine	UAC Tyrosine	UGC Cysteine	C	
		UUA Leucine	UCA Serine	UAA Stop	UGA Stop	A	
		UUG Leucine	UCG Serine	UAG Stop	UGG Tryptophan	G	
	C	CUU Leucine	CCU Proline	CAU Histidine	CGU Arginine	U	
		CUC Leucine	CCC Proline	CAC Histidine	CGC Arginine	C	
		CUA Leucine	CCA Proline	CAA Glutamine	CGA Arginine	A	
		CUG Leucine	CCG Proline	CAG Glutamine	CGG Arginine	G	
	A	AUU Isoleucine	ACU Threonine	AAU Asparagine	AGU Serine	U	
		AUC Isoleucine	ACC Threonine	AAC Asparagine	AGC Serine	C	
		AUA Isoleucine	ACA Threonine	AAA Lysine	AGA Arginine	A	
		AUG Methionine (Start)	ACG Threonine	AAG Lysine	AGG Arginine	G	
	G	GUU Valine	GCU Alanine	GAU Aspartic Acid	GGU Glycine	U	
		GUC Valine	GCC Alanine	GAC Aspartic Acid	GGC Glycine	C	
		GUA Valine	GCA Alanine	GAA Glutamic Acid	GGA Glycine	A	
		GUG Valine	GCG Alanine	GAG Glutamic Acid	GGG Glycine	G	

Nonpolar, aliphatic   Polar, uncharged   Aromatic   Positively charged   Negatively charged

모든 세포 생물의 만국공통어 !!!

G, A, T(U), C = 4

4 X 4 X 4 = 64

생명의 기원?

감사합니다.