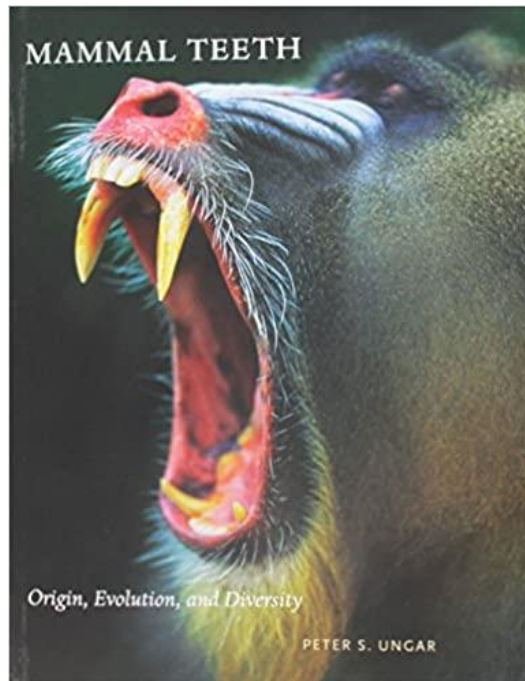
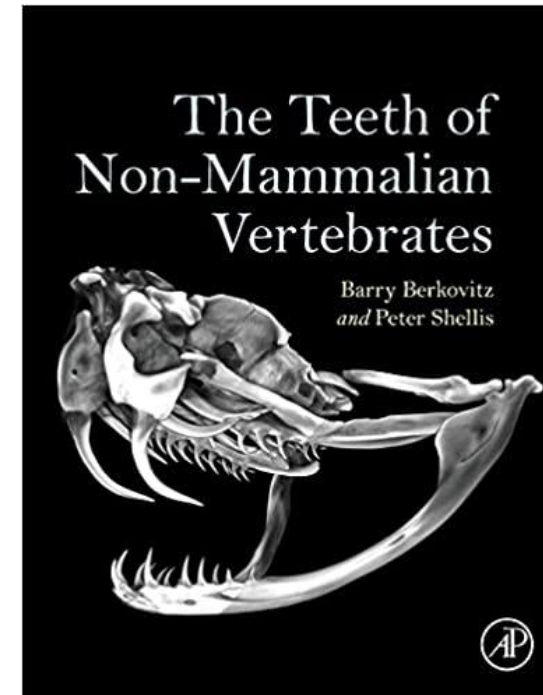


Mammaliologie

2. potrava



Ungar P.S. 2010 **Mammal Teeth: Origin, Evolution, and Diversity**



Berkovitz B.K.B. 2018 **The Teeth of Non-Mammalian Vertebrates**

Potravní variabilita je určována:

Trávicí soustavou

Lokomočními dispozicemi

Energetickou bilancí

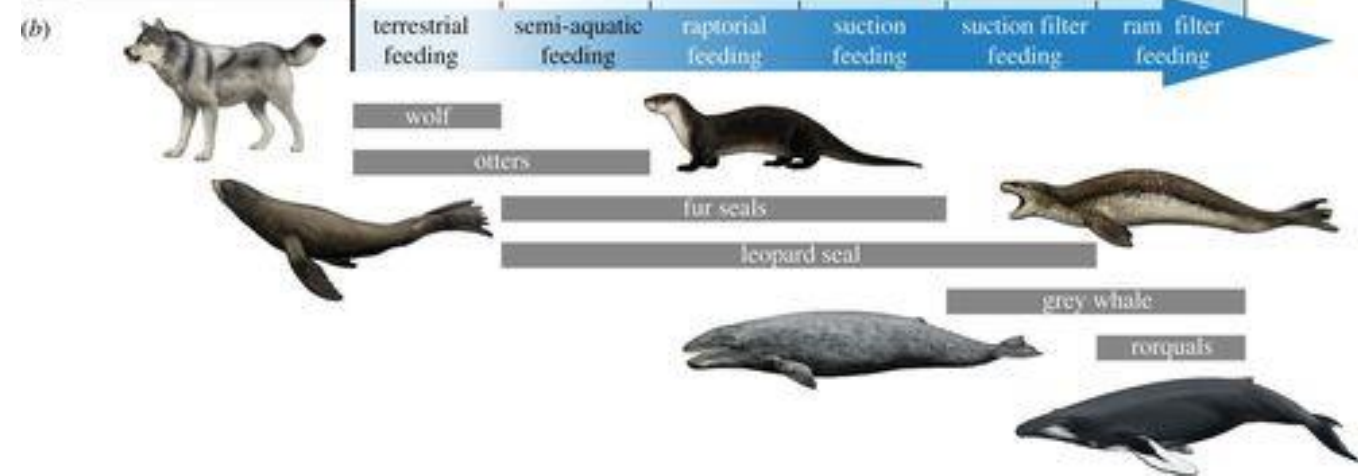
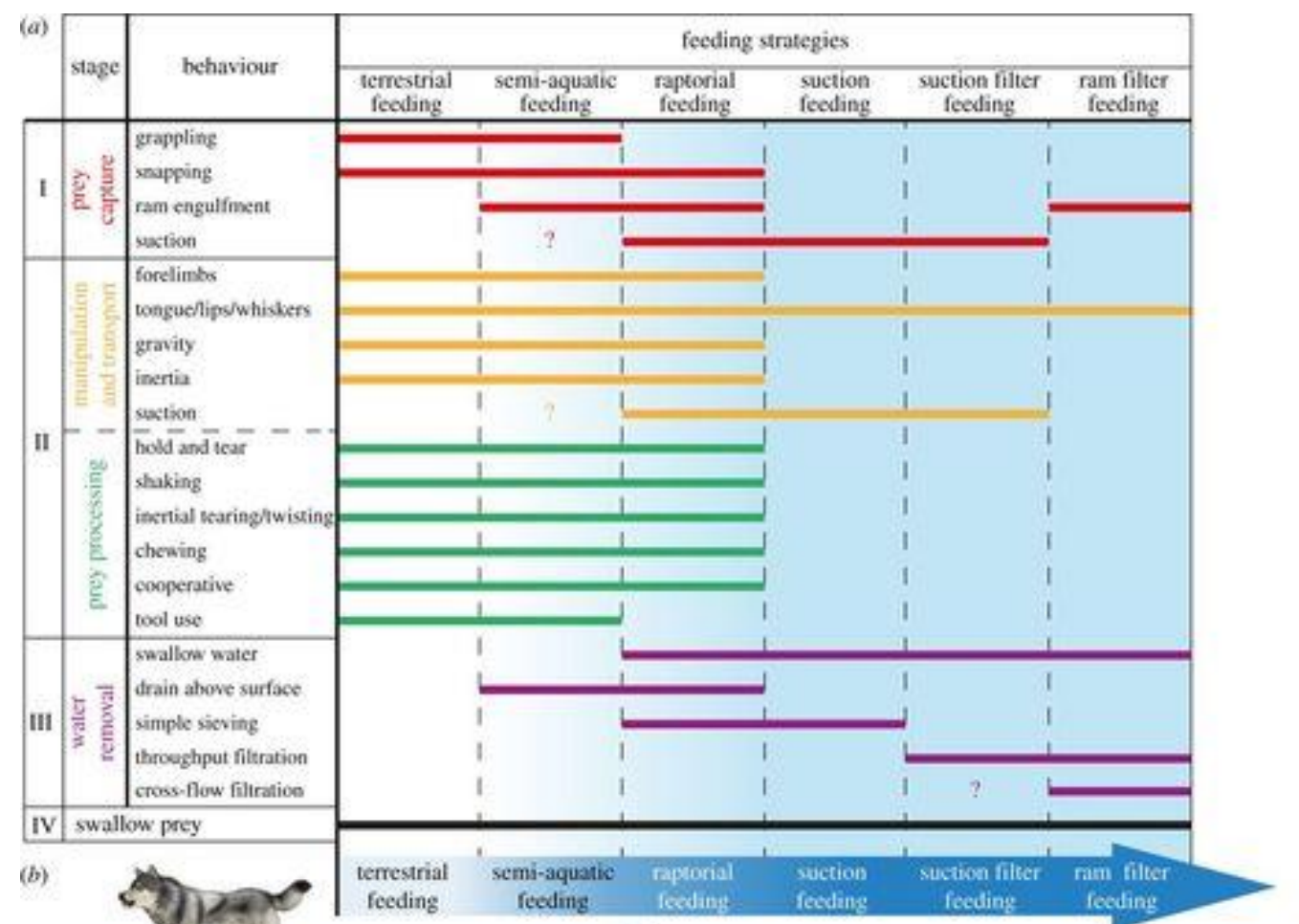
Denticí

Zdravá stolice.cz

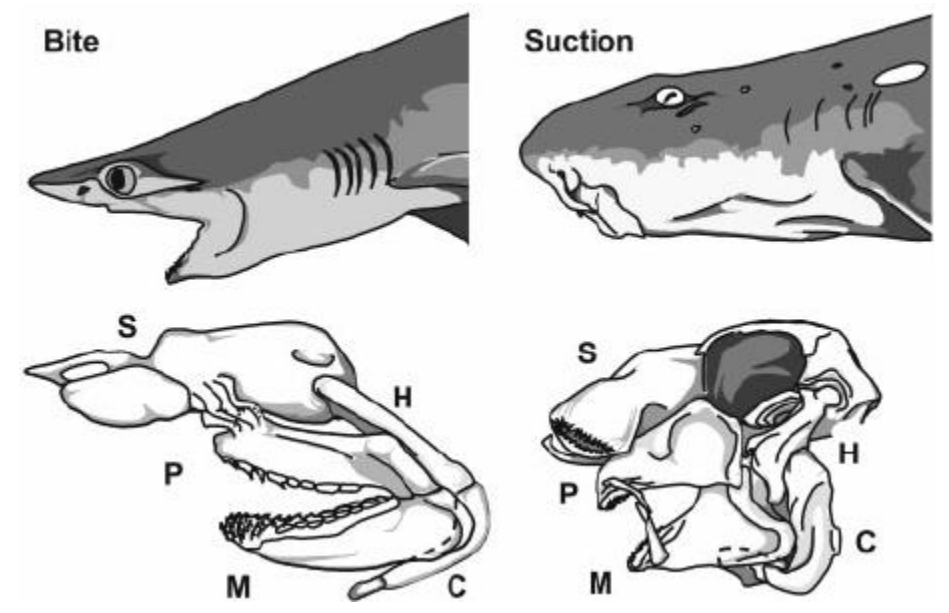
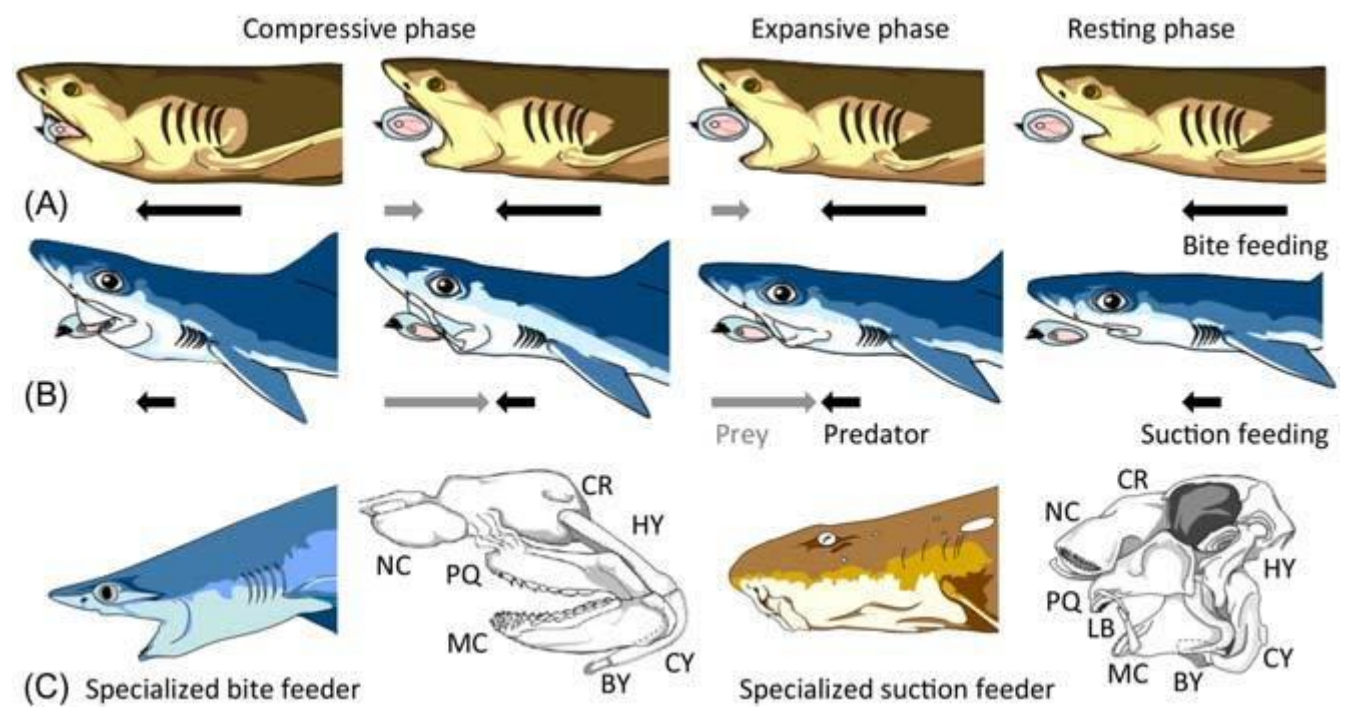
Dostupnost potravy

+

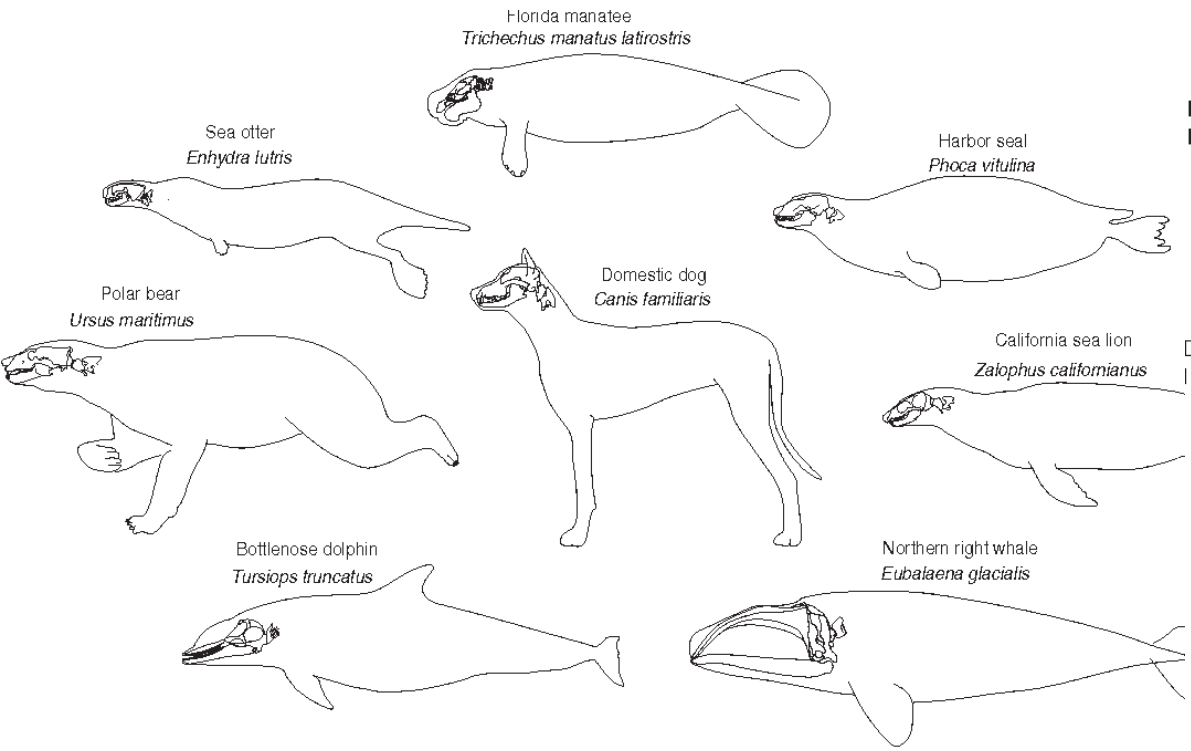
Vynaložené úsilí pro její získání



Bite suction, ram filter



Ungar 2014



Dental formula:
I 3/2, C1/1, P 3/3, M 1/2
Crushing molars

Dental formula:
I 0/0, C 0/0, Ck 5-8/5-8
Grinding cheek teeth

Dental formula:
I 3/2, C1/1, P 4/4, M 1/1
Shearing molars

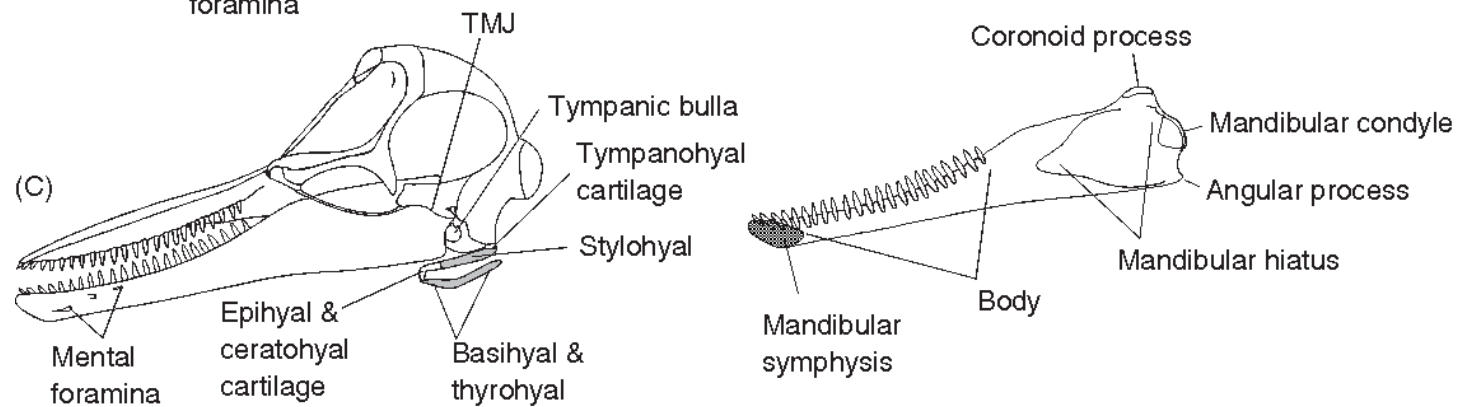
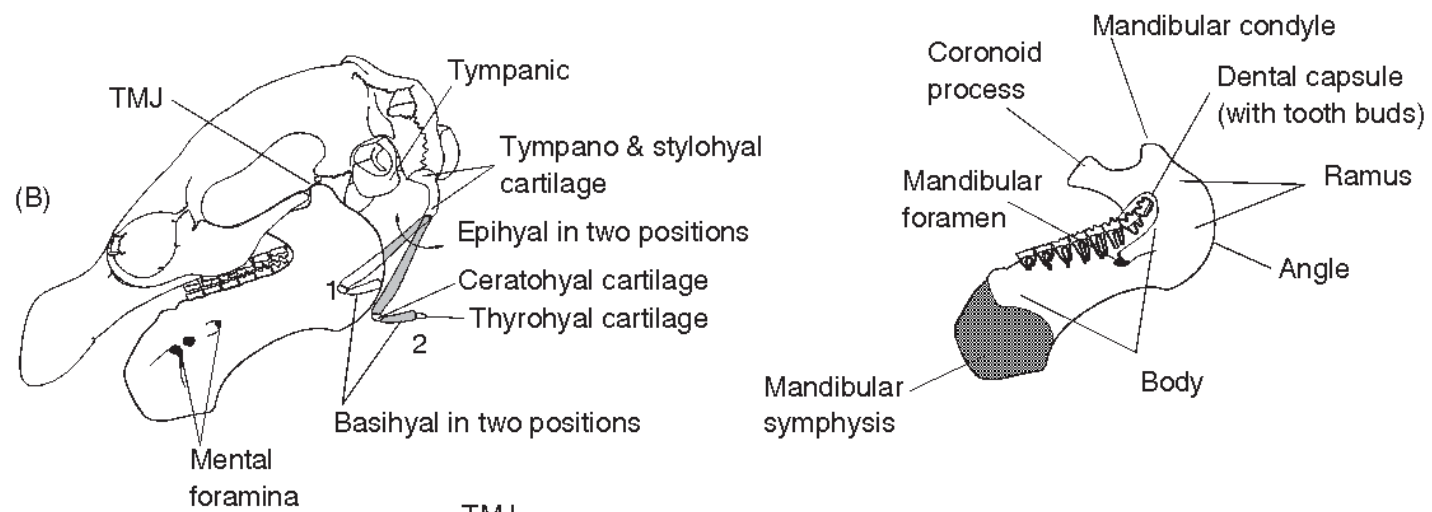
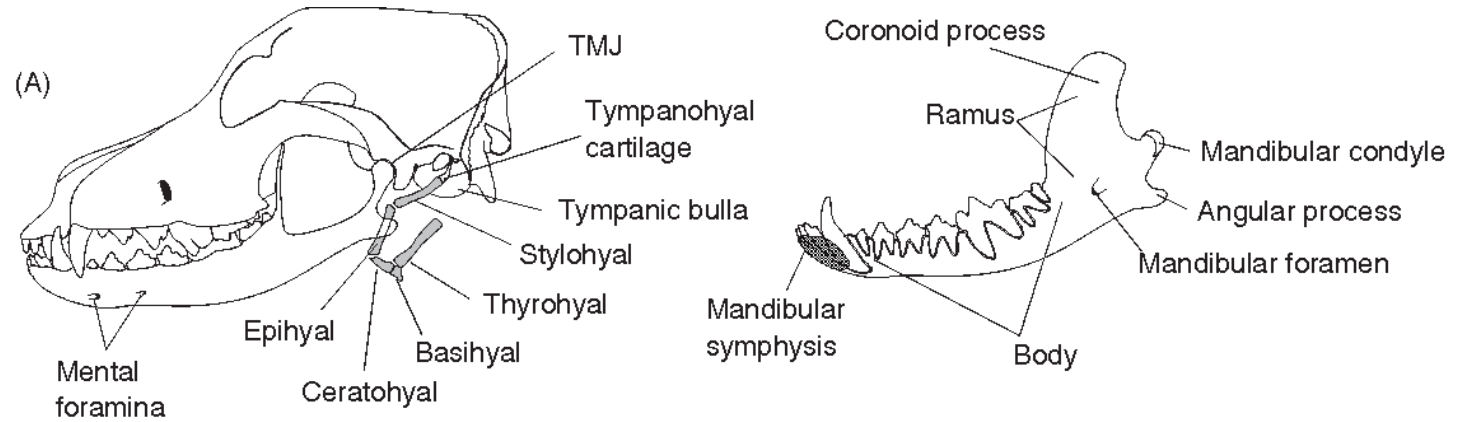
Dental formula:
I 3/3, C1/1, P 2-4/2-4, M 2/3
Shearing molars

Dental formula:
I 3/3, C1/1, P 4/4, M 2/3
Shearing molars

Dental formula:
I 3/2, C1/1, P 4/4, M 1-2/1
Shearing molars

All teeth similar
20-26 per upper quadrant
18-24 per lower quadrant
Grasping and/or piercing teeth

Sieving plates of baleen
(Baleen extends from upper jaw, medial and ventral to lower jaw)



pes(A), kapustňák(B), a delfín (C)

Změny ve viscerocraniu

Tvar dolní čelisti, změny polykání,

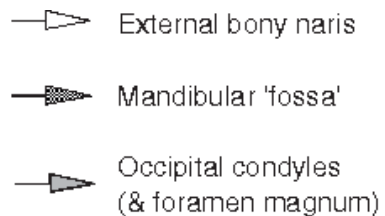
Kapustňák – mandibulární hiát

Delfín – hiát – intramandibulární těleso – zvukový

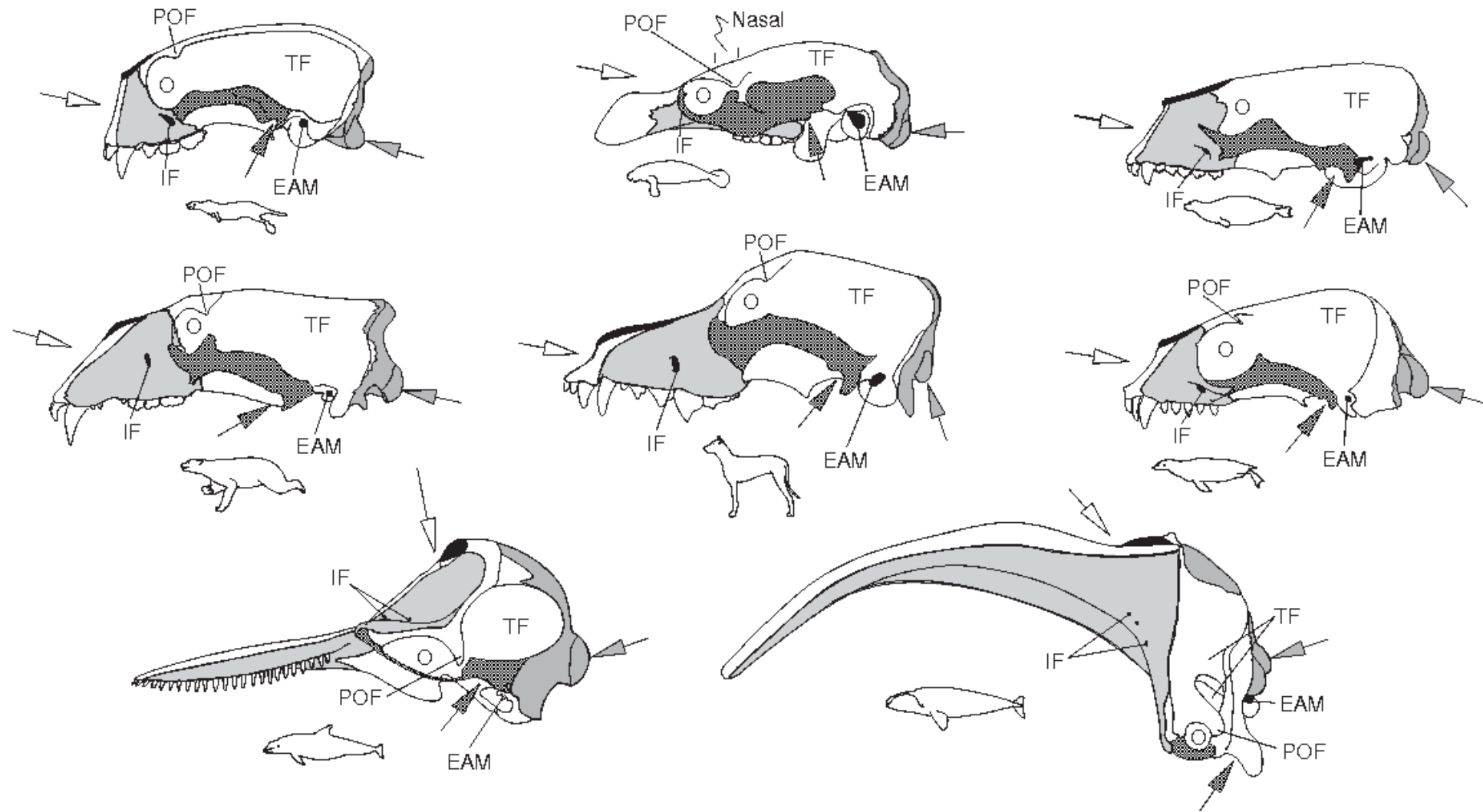
kanál k uchu, pro příjem zvuku.



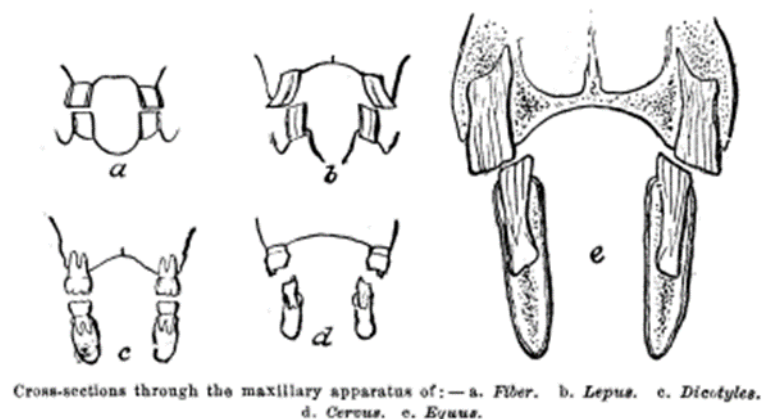
O – orbit, TF – temporal fossa, IF – infraorbital foramen, POF – postorbital process of the frontal, EAM - external acoustic meatus



Horní čelist, mezičelist
Šipky značí proudění vzduchu



- Jednou z oblastí zvláštního zájmu je opotřebení zubů. Struktura a chemie zubů se kombinují způsobem, který vede k opotřebení okluzní plochy, aby se zub mohl vyvíjet nebo udržet svou funkční účinnost.
- Opotřebení zubů, zejména na mikroskopických škálách, může u fosilních druhů sloužit jako ukazatel stravy, protože specifické druhy potravy zanechávají charakteristické vzory.
- J.A. Ryder, 1878, On the mechanical genesis of tooth-forms, Proc. Acad. Natl. Sci. Phila.30, 45–80.



P.M. Butler, 1983, Evolution and mammalian dental morphology, J.Biol.Buccale 11, 285–302.

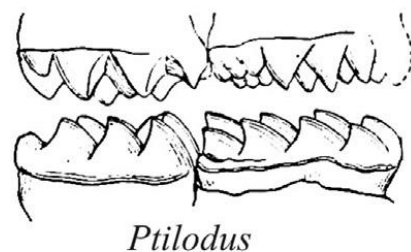
A.R. Evans, G.D.Sanson, 2006, Spatial and functional modelling of carnivore and insectivore molariform teeth, J. Morphol.267, 649–662.

G.G. Simpson 1926: Mesozoic Mammalia IV, Am.J.Sci.11, 228–250.

jak se dřívější mamuti stravovali zkoumáním - tvarů fosilních zubů a směrů škrábanců na nich.

+ multituberkuláti (Multituberculata), záhadná, ale velmi úspěšná skupina fosilních savců, 165 - 35 mil. let.

Zuby multituberkulátů mají dvě nebo tři řady až osm hran



Masožravci

“V-shaped” hrany, podél zuby zepředu dozadu

Trháky – bez drtících plošek, minimální pohyb do stran při žvýkání – dělba masa na menší kusy ke spolknutí

Býložravci

často zuby spíše čtvercového tvaru s širokými, ale složitými kousacími plochami - rovinami prořezanými řadami nízkých hřebenů nebo hřebínky spojujícími malé hroty.

Mechanický pohled – pohyby mandibuly

- Vertikální směr
 - Elevace (addukce) = přiblížení dolní čelisti k horní
 - Deprese (abdukce) = oddálení dolní čelisti od horní
- Sagitální směr
 - Propulze (protrakce) = posun dolní čelisti vpřed
 - Retropulze (retrakce) = posun dolní čelisti vzad
- Transverzální směr
 - Lateropulze = posun čelisti do strany

Tvar čelistí a pozice čelistního kloubu

Dolní čelist:

v ose okluze:

největší efekt pákového pohybu (m. temporalis)

1) přenos síly do přední části dentice,

2) zkracování horizontálního ramene páky /

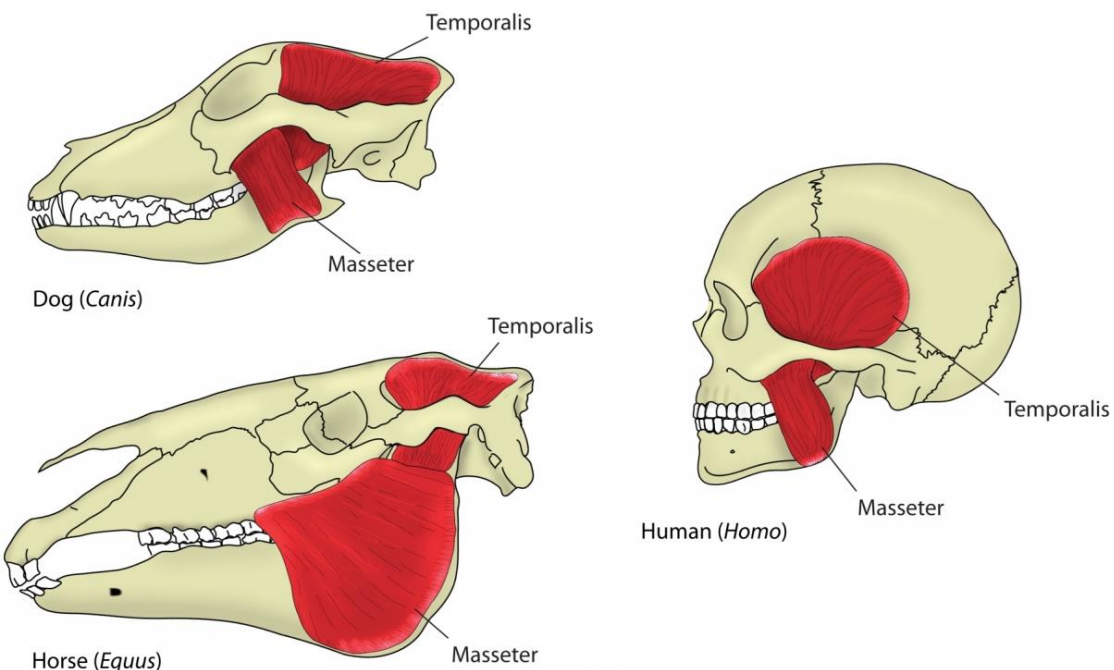
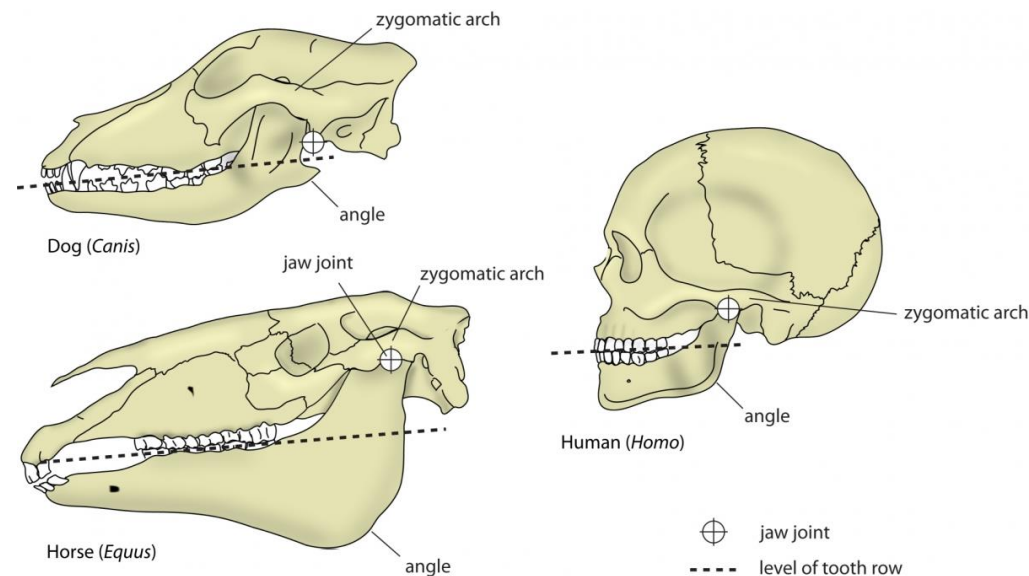
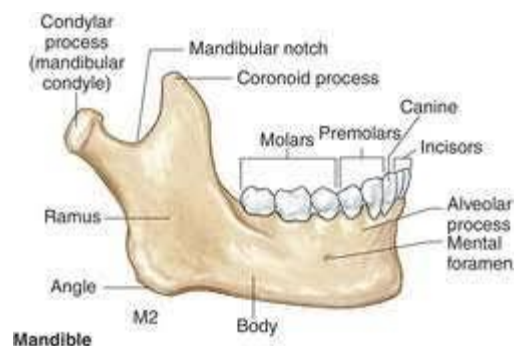
prodlužování vertikálního ramene (proc. coronoideus)

Horní čelist:

nad osou okluze:

maximalizace efektu závěsového pohybu (m. masseter) -

účinnosti silové addukce v molariformním okluzním prostoru



Simpson 1933 - Paleobiology of Jurassic mammals

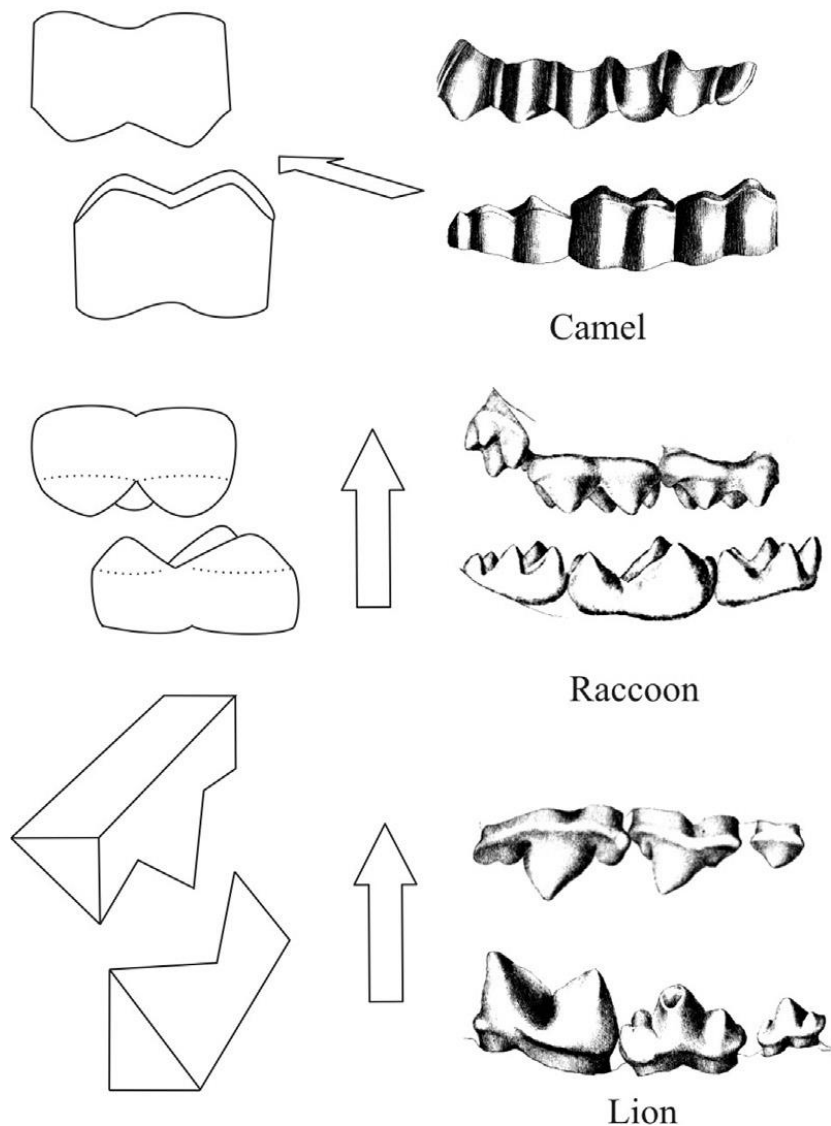
Model zahrnoval dva typy žvýkacích pohybů, horizontální a vertikální, a dva typy struktury zubní korunky, protilehlé hřebeny, a špičáky zapadající do pánviček. Kombinoval žvýkací pohyby a okluzní rysy, aby definoval tři typy zpracování potravy:

(1) stříhání/krájení, při němž se protilehlé hřebeny posouvají kolem sebe s vertikálními pohyby čelistí;

(2) opozice (nyní nazývaná drcení), při níž se hroty vertikálními pohyby vtlačují do jamek, a

(3) drcení, při němž se řezné hroty posouvají po jamkách horizontálními pohyby.

idealizované stoličky (vlevo) a horní a dolní stoličky (vpravo) velblouda (s bočním drtivým/mlecím pohybem); mývala (s vertikálním drtivým pohybem); lev (s vertikálním střížným/krájení pohybem).



Žvýkání – savčí fenomén
chybí u jiných obratlovců

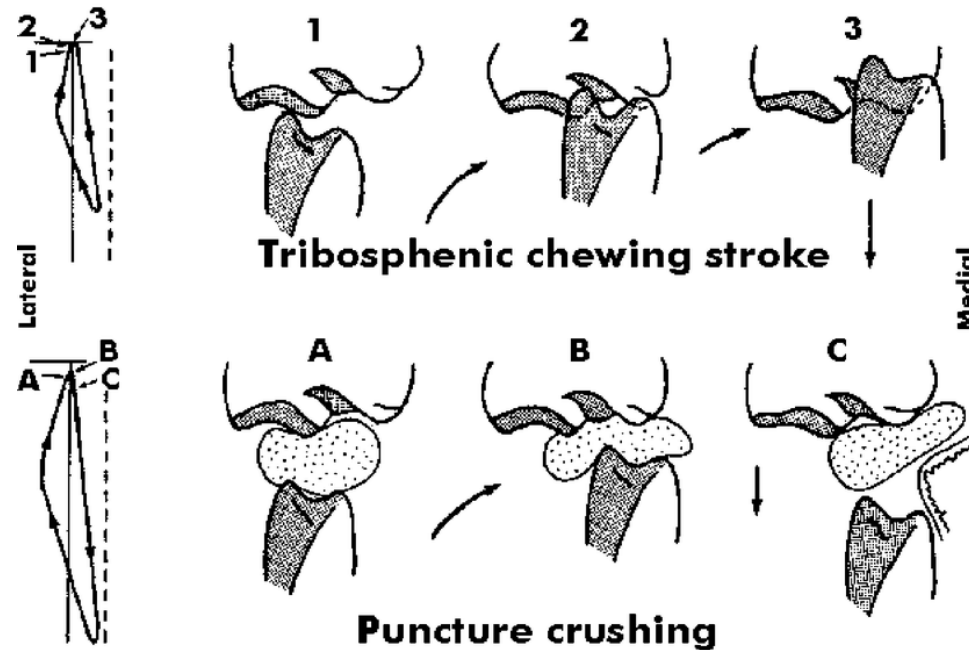
Butler 1952, Mills 1963

Butler - většina savců žvýkají vždy jen jednu stranu bez kontaktu mezi protilehlými stranami.

ano

Mills - žvýkají na jedné straně, ale že dochází ke kontaktu mezi horními a dolními zuby na protilehlé straně pro vyváženost napětí podél zubního oblouku.

ne



Práce svalů při žvýkání, vazba na oklusi

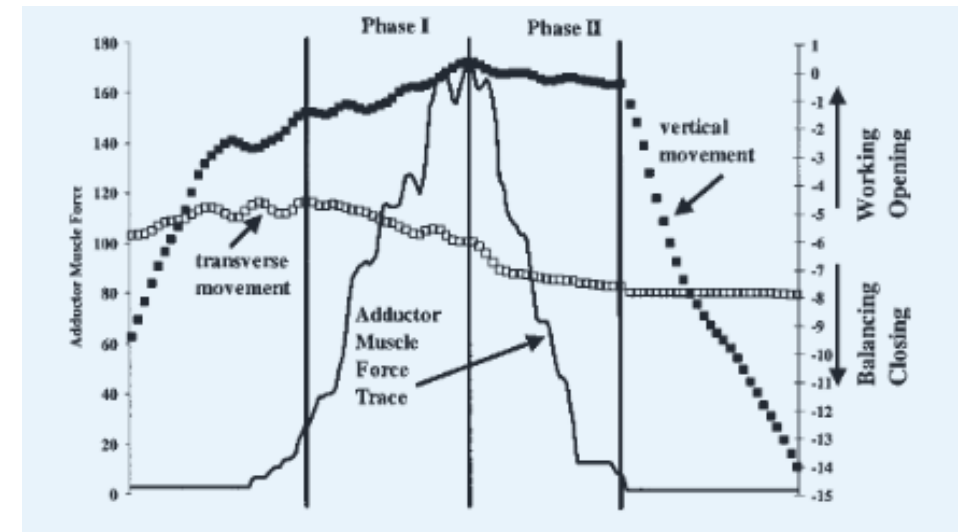
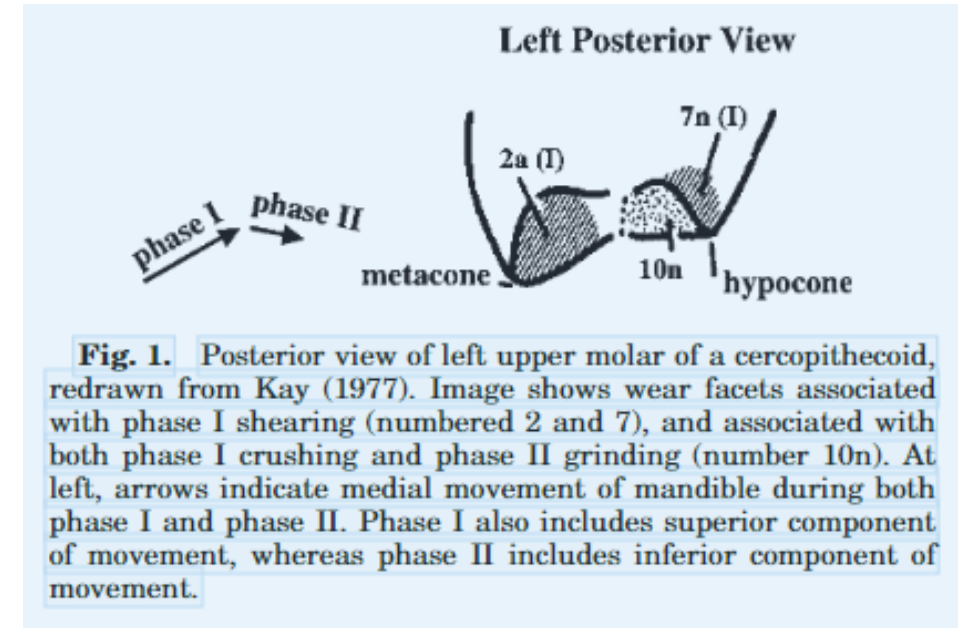
– 3 fáze: přípravná, výkonová a regenerační. Přípravný a zotavovací tah (ž. svalu) zvedá a spouští čelist před a po kontaktu zubů s potravou.

tah rozdělen na dvě části „fázi I“ před centrickou okluzí a "fáze II" po ní

Fáze I je spíše řezání jako protilehlé povrchy kloužou kolem sebe (míjení hran)

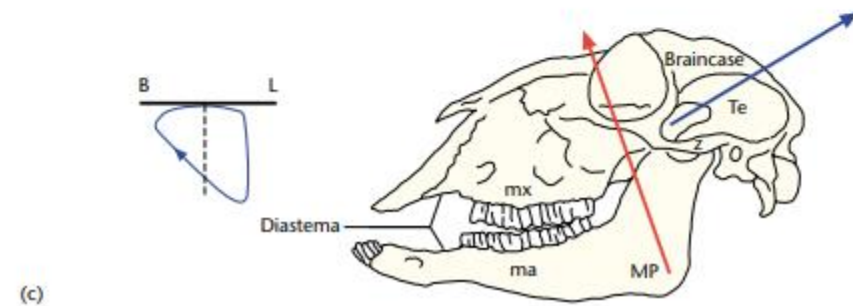
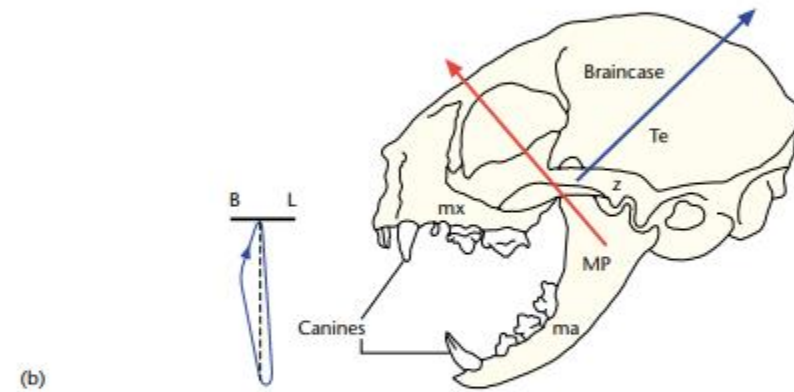
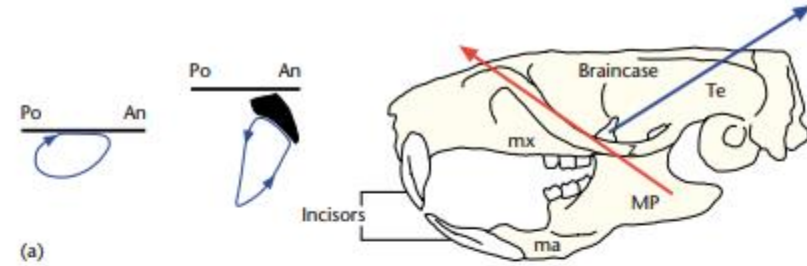
Fáze II je spíše o drcení nebo mletí, když se hroty pohybují po protilehlých jamkách.

Význam "fáze II" pro žvýkání zpochybněn, protože následuje až po centrické okluzi (někteří primáti). Svalová aktivita nebo namáhání čelistní kosti je minimální, stejně jako u některých kopytníků.



Žvýkáčský cyklus – centrická okluze

znázorněny přibližné směry tahu žvýkáčích a žvýkáčích svalů. a mediálního pterygoidního svalu (MP červeně) a směr tahu spánkového svalu (Te) je znázorněn modrou šipkou. Šipky na pohybových orbitách označují směr pohybu dolní čelisti. Jak se šipka blíží k vodorovné čáře, přibližují se zuby dolní čelisti k horním zubům a dochází k silovému tahu.

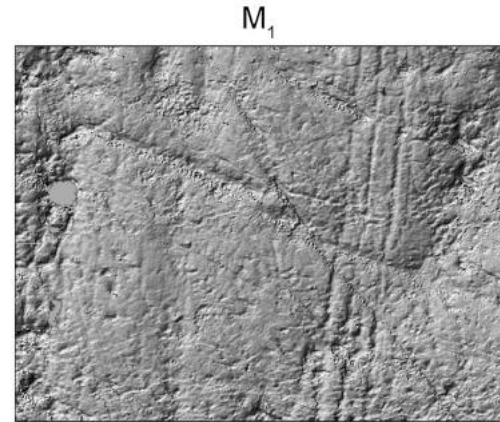


Analýza mikrostruktury zubů tudíž umožňuje zkoumat změny v potravním chování ještě dříve, než dojde k přestavbám lebky.

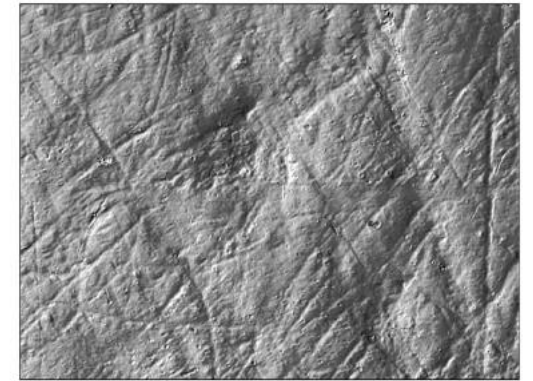


pes

A

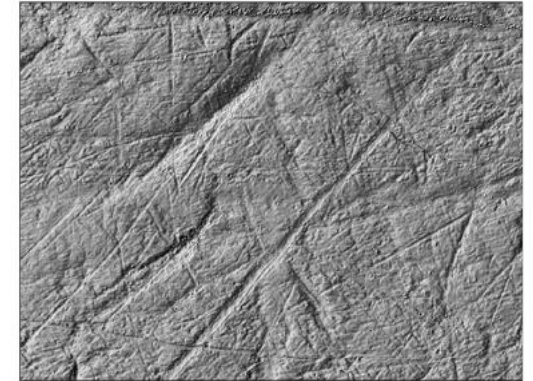
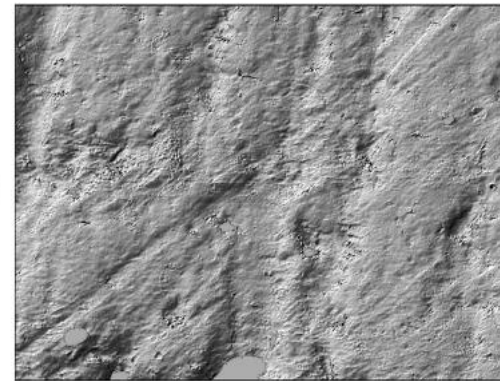


M₂



vlk

B



Ukázka dolních čelistí z naleziště Předmostí. Horní vzorek – jedinec určený jako pes; dolní vzorek – jedinec určený jako vlk.

Příjem potravy

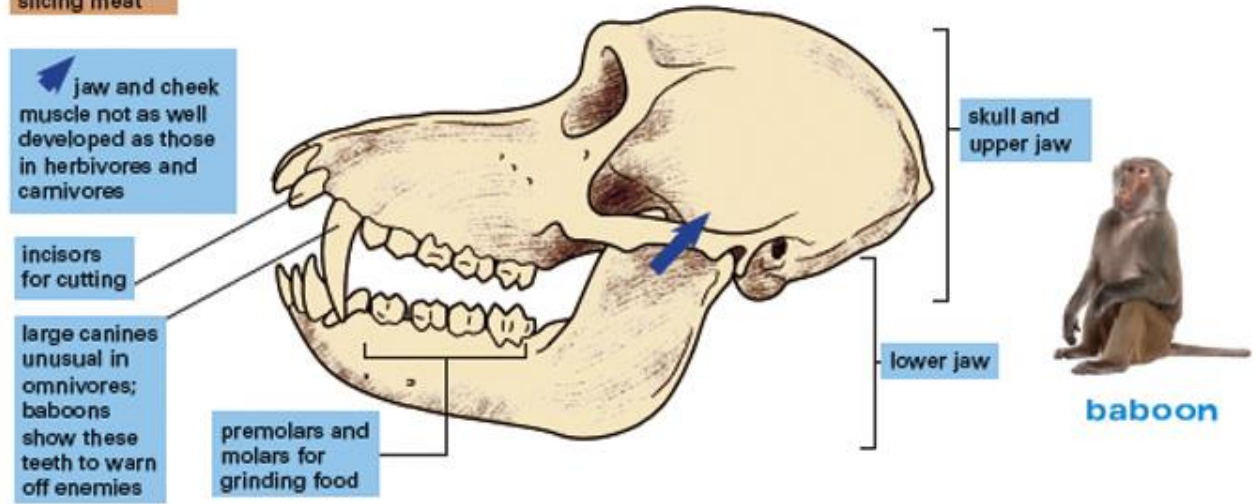
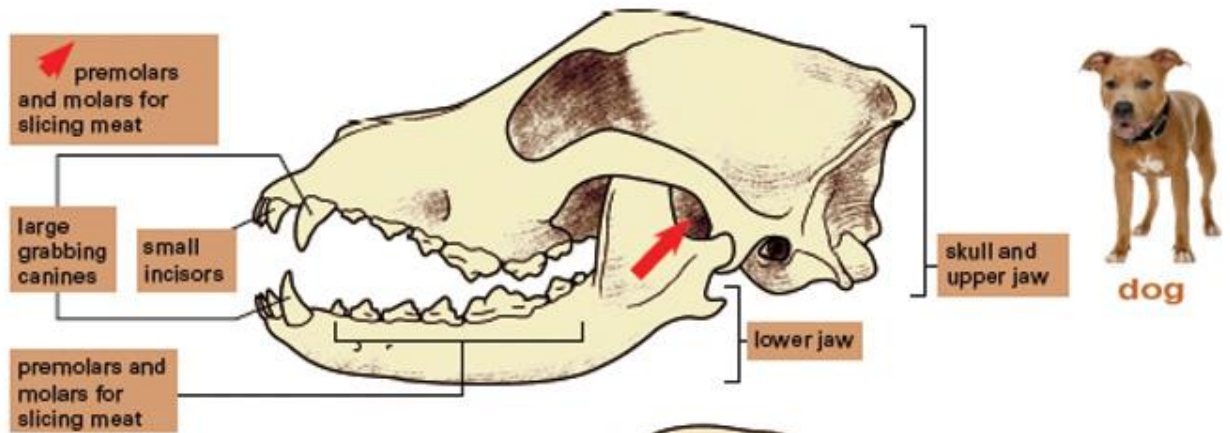
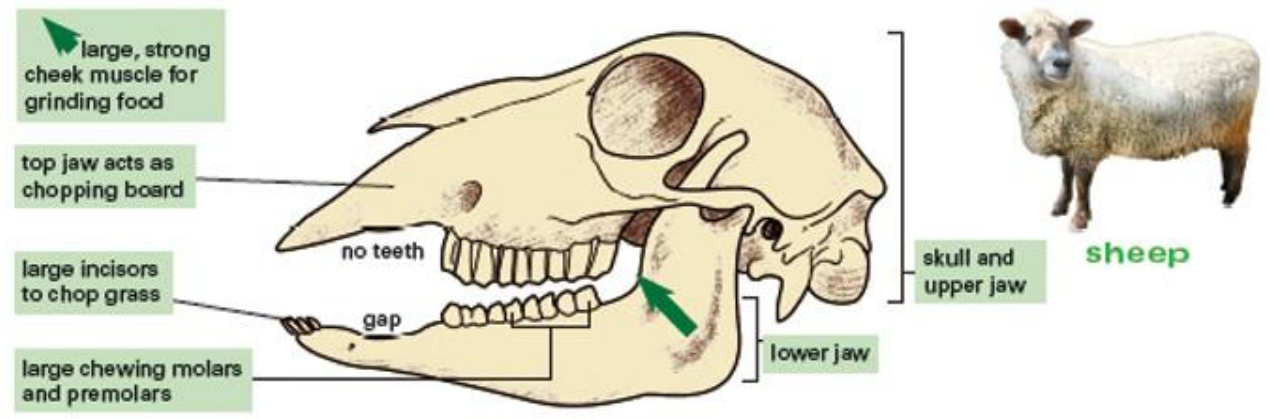
+

zpracování

herbivorie

karnivorie

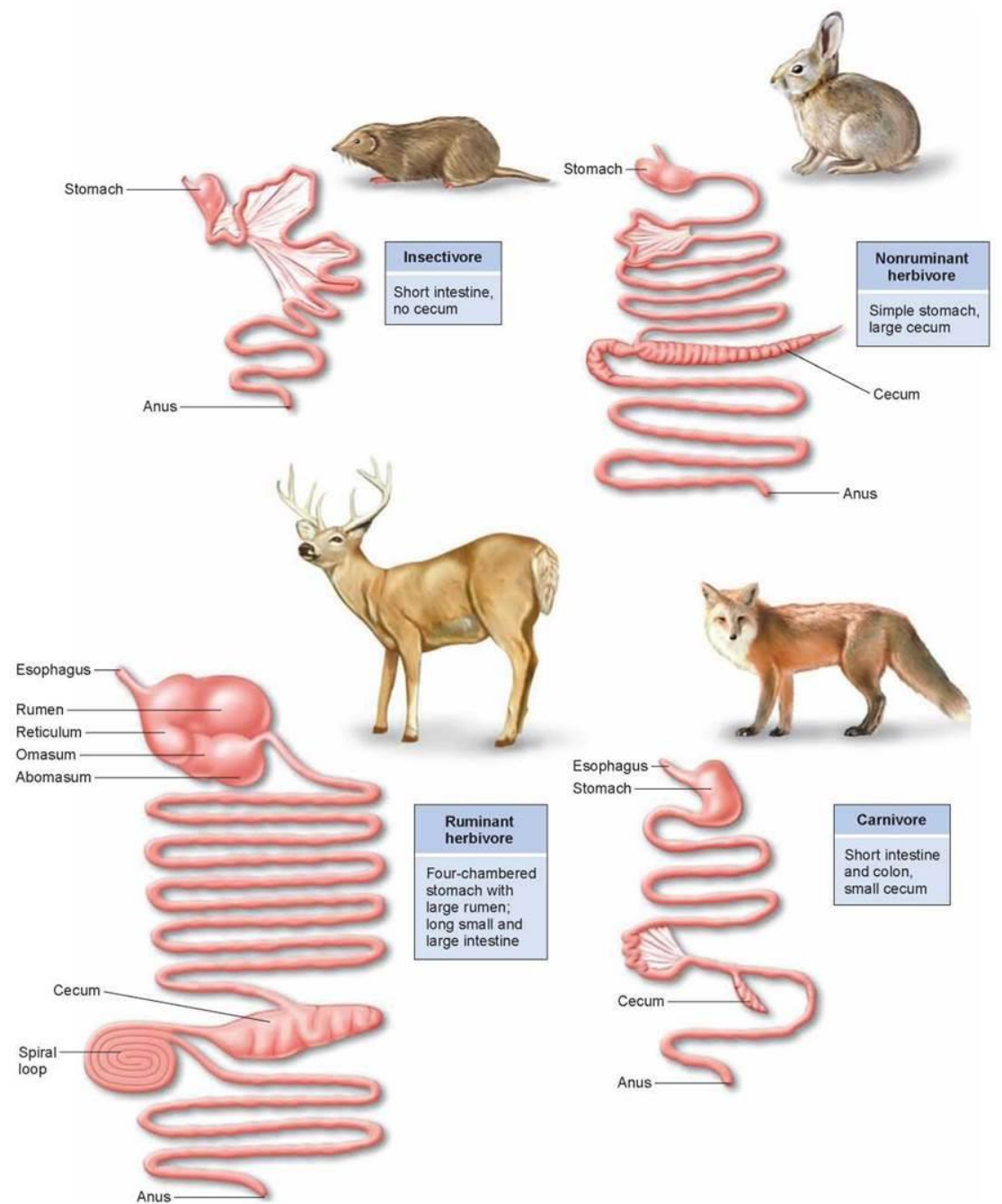
omnivorie



Trávicí žlázy

+

Doba zpracování



Výchozí stav

širokospektrá faunivorie
(insektivorie) + frugivorie
oportunistická predace



	Micromammals (<10 g)	Small mammals (10–999 g)	Medium-sized mammals (1–30 kg)	Large mammals (>30 kg)
Carnivore	0	0	4 (12.12%)	1 (11.11%)
Frugivore	0	9 (9.78%)	17 (51.52%)	2 (22.22%)
Fungivore	0	3 (3.26%)	0	0
Granivore	0	15 (16.30%)	1 (3.03%)	0
Gumivore	0	1 (1.02%)	0	0
Herbivore	1 (25%)	18 (19.57%)	5 (15.15%)	6 (66.67%)
Insectivore	3 (75%)	29 (31.53%)	4 (12.12%)	0
Generalists	1 (25%)	17 (18.49%)	2 (6.06%)	0

Potravní specializace vede k adaptacím v dentici

Vstupní pozice

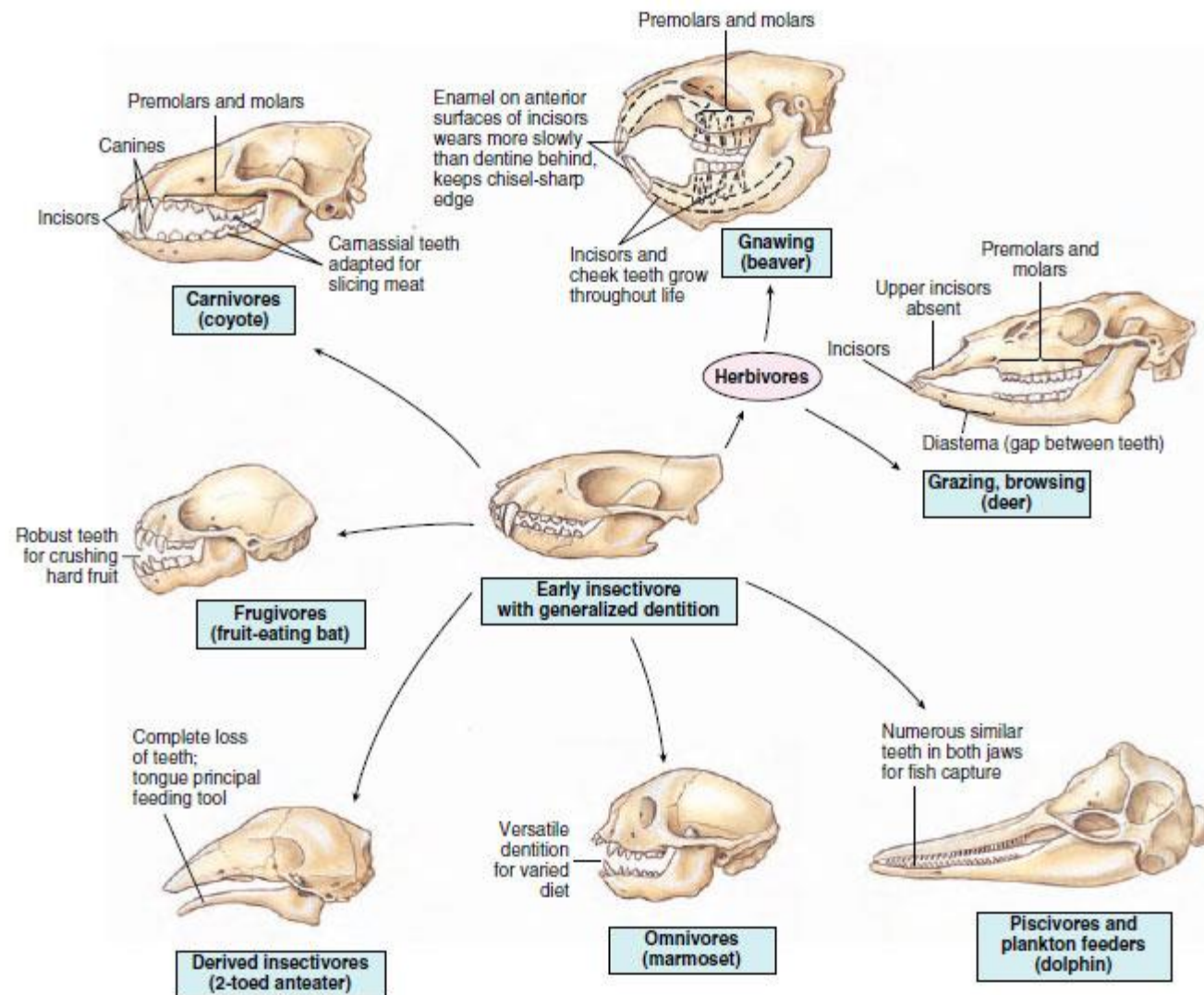
generalizovaná (mikro)faunivorie

Základní divergence

1) makrofaunivorie a odvozené typy (ichtyo/pisci fagie apod.)

2) mikrofaunivorní adaptace

3) herbivorie (frugivorie, nektarivorie, palynivorie, folioivorie, graminivorie)



Zásadní je ale úprava zubů a čelistí!

Chrup savců: apomorfie

- heterodontní
- difyodontní
- monofyodontní - více hrbolkaté stoličky
- dlouhá ontogeneze
- prismatická sklovina

(prismatická) sklovina

ektodermálního původu. Je produkována vnitřními ameloblasty sklovinného orgánu. Jedná se o nejtvrdší tkáň v lidském těle, nejvíce mineralizovaná tkáň v těle.

Hlavním minerálem je fluorohydroxyapatit.

Pojivová tkáň z buněk a mezibuněčné hmoty

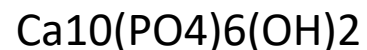
Buněčná složka zaniká po dokončení růstu vnějšího tvaru zubu

Mezibuněčná hmota vláknitá a amorfní.

Amorfní anorganická složka: voda, hydroxyapatit, a organickou složkou (glykosaminoglykany, proteoglykany, glykoproteiny).

Voda Hydroxapatit a další minerály Organické složky

11 % 87 % 2 %



Anorganický materiál je tvořen zejména hydroxyapatitem či jinými druhy fosforečnanu vápenatého. V menší míře je také tvořena uhličitanem vápenatým (CaCO_3), fluoridem vápenatým (CaF_2), uhličitanem hořečnatým (MgCO_3)

Sklovinné prizma

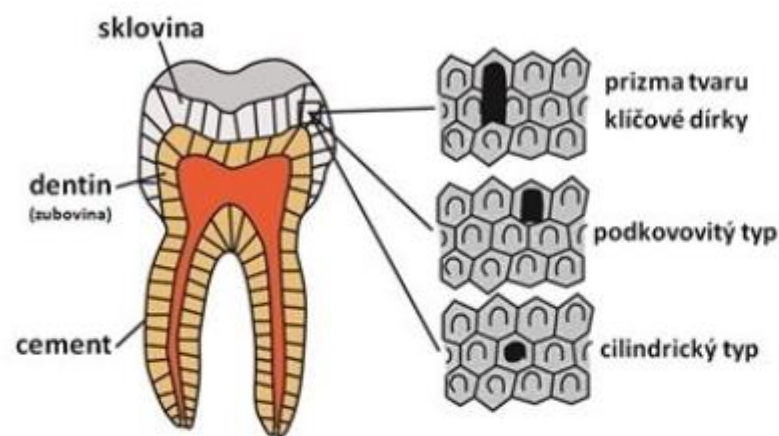
Krystaly $160 \times 40\text{--}70 \text{ nm}$, obal z proteinů a lipidů.

cca 100 krystalů se spojuje do sklovinného hranolu (tzv. sklovinné prizma).

Každé prizma je obklopeno tenkou membránou (*membrana prismatis*).

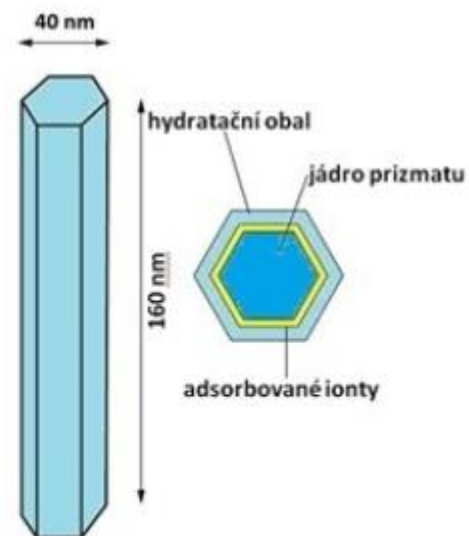
V prizmatech interprizmatická substance - méně mineralizovaná

Prizmata mají esovitý tvar – ochrana zubu, tlak nepoškozuje sklovinu a přenáší se na dentin.



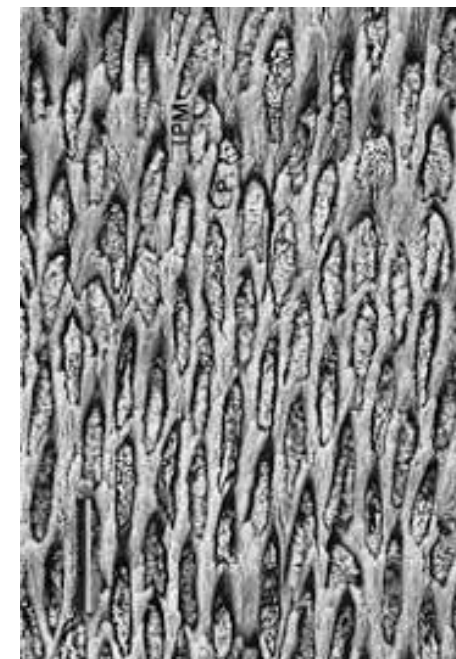
Obr. 2: Typy prizmat¹⁴

Prizmata probíhají od dentinosklovinné hranice k povrchu zubu. Na výbrusu se jeví nejčastěji jako útvary s profilem klíčové dírky, podkovy nebo válce.



Obr. 3: Popis prizmat¹⁵

Schéma krystalu hydroxylapatitu. Přibližně šestihorné prizma je obklopeno adsorbovanými ionty, proteiny a hydratačním obalem.

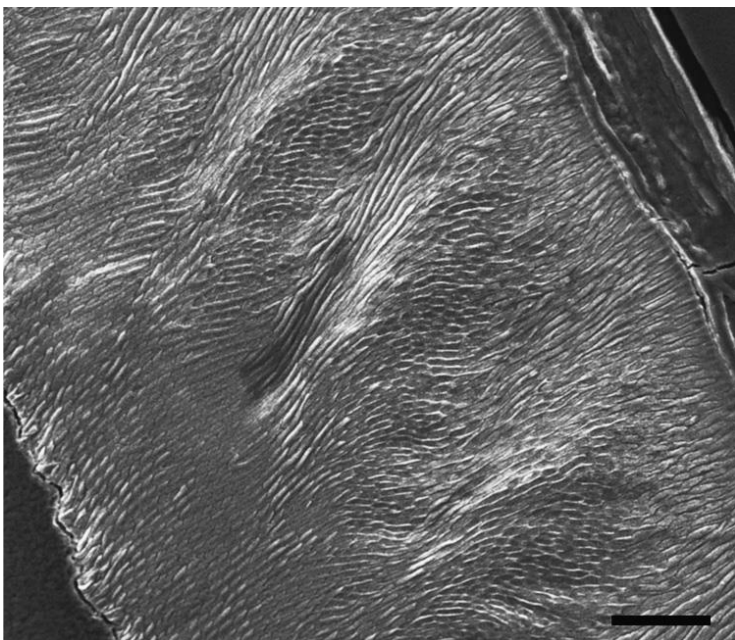


Regenerace zubů

Ostatní obratlovci – po poškození kompletní náhrada zubů
Savci většinou dvě generace zubů, zlomenina fatální - smrt

Velmi tvrdý materiál – odolat letitému velmi častému poškození, nesmí vzniknout trhlina, nic...

Podíl minerálů se ale mění s ohledem na pozici na zubu



Section of enamel through a sheep canine.
Note the decussation and Hunter–Schreger band layout.

Tloušťka skloviny je zesílená v místech vyšší abraze

- Znak po selekčním tlakem
- Vhodnější sledovat jemné struktury

Většina obratlovců má sklovinu odolnou proti poškození zubů, tvořenou dlouhými, tenkými krystaly, které vystupují směrem ven ze zubu.

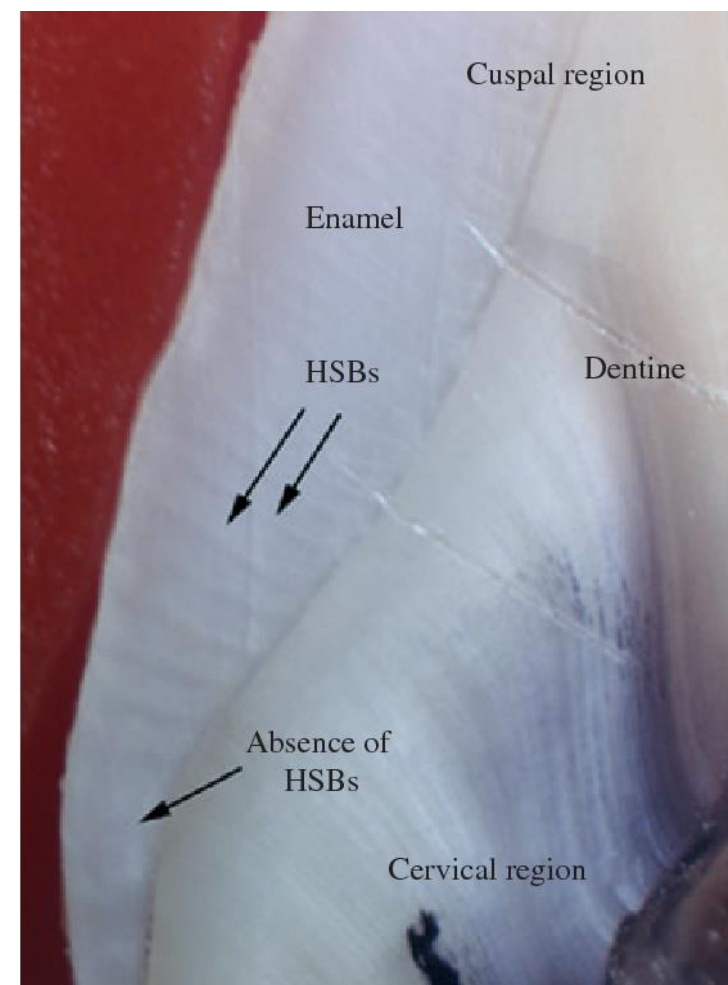
Drobné druhy radiální struktura

U druhů s větším tahem (skusem) – radiální pruhy

Někteří savci, včetně vačnatců a mnoha kopytníků, mají tlusté krystalické vrstvy mezi prismami, které se táhnou téměř po celé délce zubu kolmo na ty uvnitř = **dekuzace krystalitu** - zpevňuje korunku proti namáhání, jinak rozštěpení zubu podél řad tyčinek

Vznikají tak **Hunter – Schregerovy (H-S) pásy**

strategie je velmi účinná - odolávat zlomeninám i při velmi vysokém zatížení, druhově specifický tvar pásů



Tribosphenické stoličky mají šikmé hřebeny probíhající bukolinguálně přes korunku, ale také linguální hrot(= protokone), na horním moláru, který přiléhá do cesty, talonidní pánvičky, uzavřené hroty na zadní straně zubu dolního moláru.

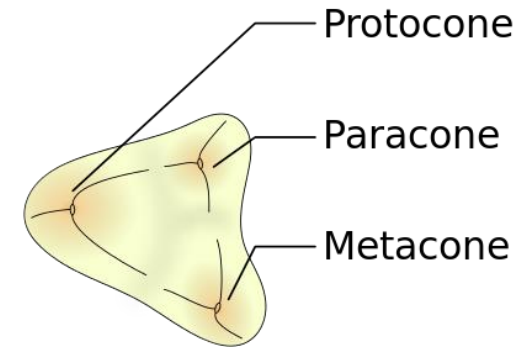
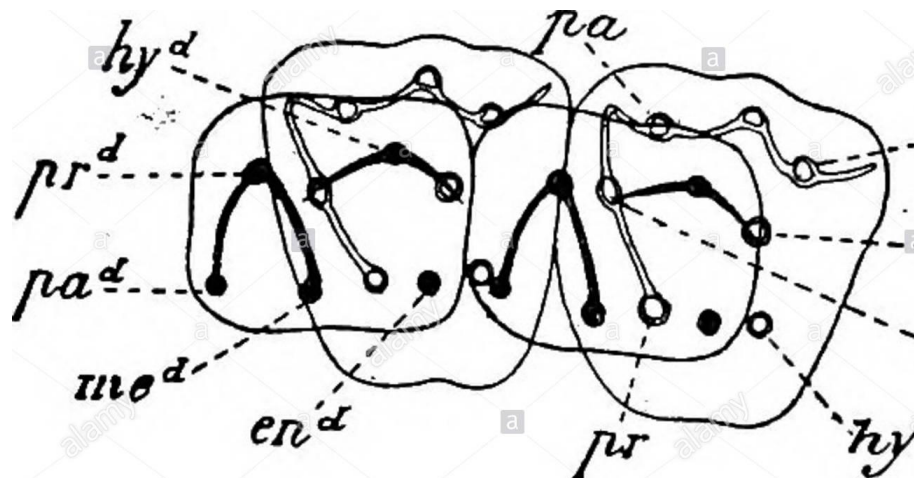
- vytváří skvělý univerzální nástroj, který drtí, rozmělnuje a rozděljuje potravu.



Tribosfénický zub – velmi efektivní, ale... vysoce riskantní

Charakteristické opuštění vzoru tribosfénické dentice vede k uvolnění jejích omezení

Adaptivní radiace



Adaptivní strategie vs. diferenciační potenciál dentice a jednotlivých zubů

- generalizmus nebo specializace ?
- výtěžnost potravy vs. náročnost potřebných přestaveb
- dostupnost potravy a spolehlivost strategie
- efektivita vs riziko adaptace
- generalizovaný stav + uvolnění limit tribosférie
- redukce počtu premolárů, změna v prostoru
- přesun špičáků (do I-řady)
- přestavba molárů

Typické adaptivní přestavby dentice

- sběr drobné kořisti z povrchu - kaninizace incisivů
- zabíjení, fixace velké kořisti - špičáky
- trhání potravy - trháky
- konzumace fragmentované potravy bez tlakového zpracovávání - redukce molariformní řady
- transport objemné či tekuté potravy – prodloužení premolárového sektoru dentice (často s redukcí zubů - diastema)
- tlakové zpracování objemné potravy - zvětšení plochy
- molariformní řady (zestejnění oklusní plochy zubů, počtu zubů - molarizace premolárů)

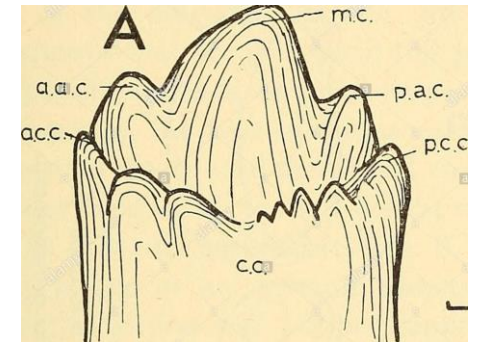
Adaptace a přestavby stoliček

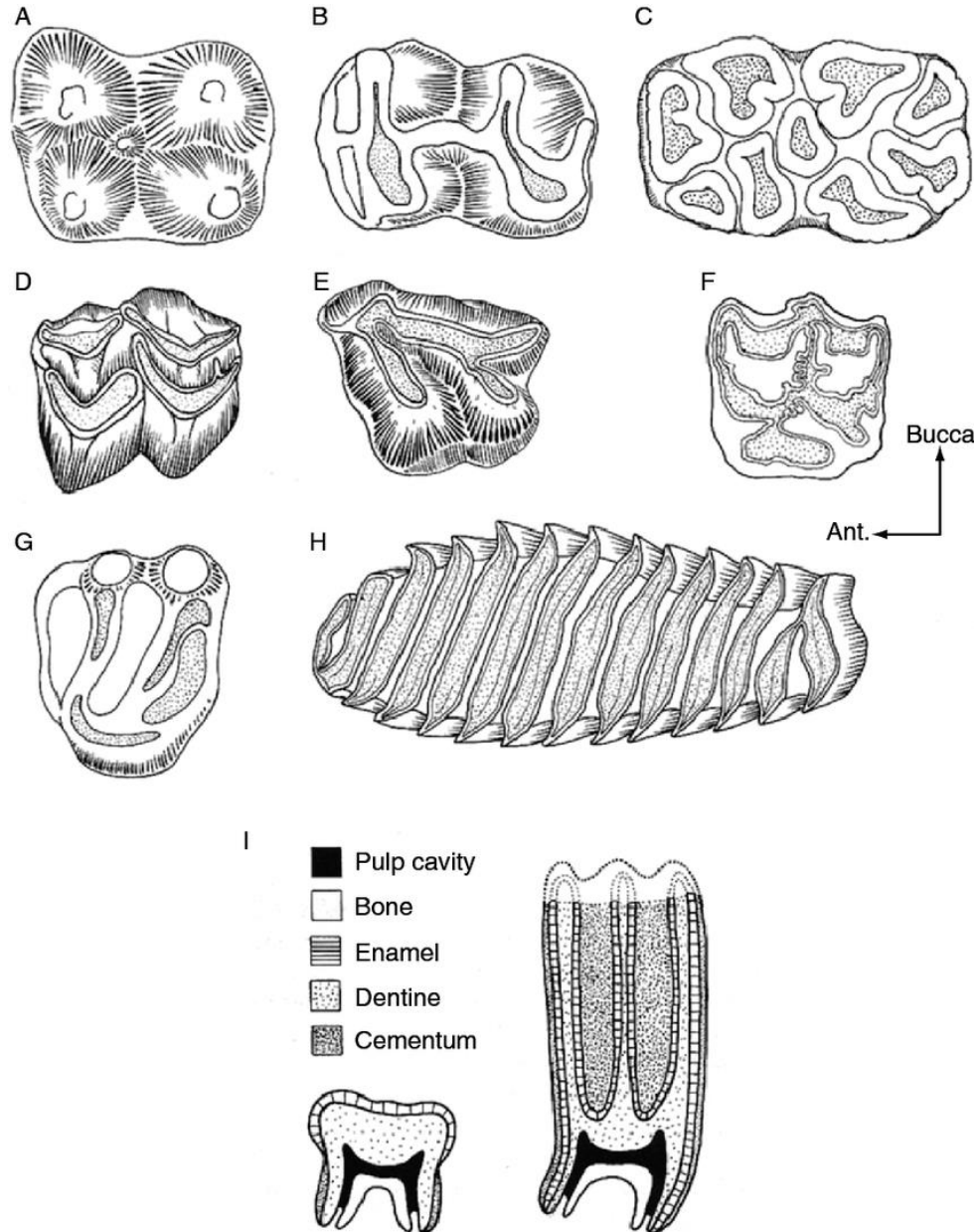
- rozšíření tribosfénického plánu

1) doplnění o hypoconus – 4 vrcholy - čtyřúhelníkové plochy

2) (pokroč.: včetně vyhrocení cingulárních cuspidů etc.)

- sekodontní typ - zesílení střižné hrany – zvýšení a prodloužení hřebenů
- bunodontní typ - redukce hřebenů, plošné zesílení skloviny
- lofodontní typ - spojení hrbolků do příčných korunkových lišt
- hypsodontie - zvýšení korunky (až hypselodontie - neukončený růst)
- plagiodontní /loxodontní typ - zmnožení lišt v rámci jednoho zubu (většinou v kombinaci s hypsodoncií)
- selenodontní zub - kompartmentizace oklusní plochy, zvýšení hřebenů



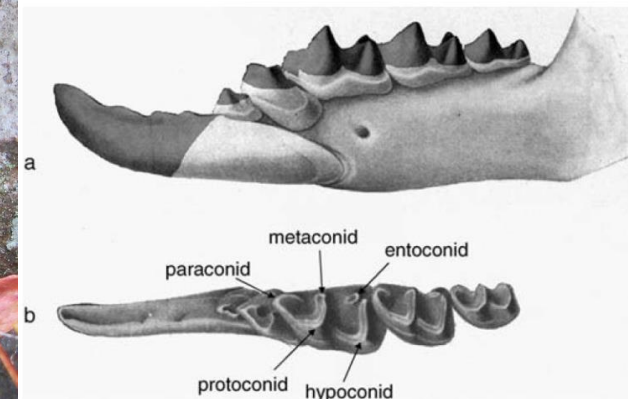


Typy stoliček u býložravců

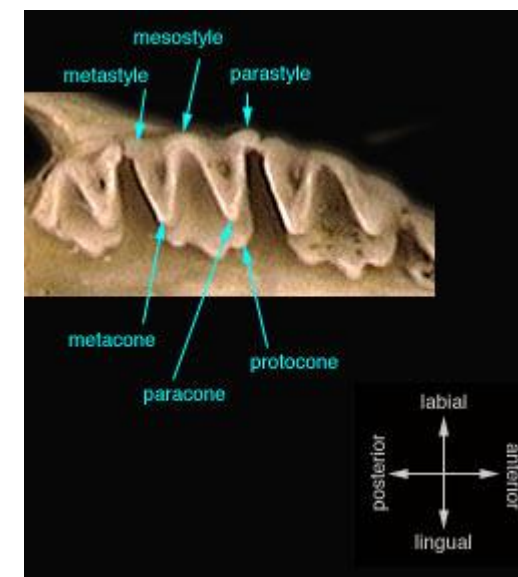
- A. Bunodont (pekari).
- B. Bilophodont (klokan).
- C. Columnar (prase savanové).
- D. Selenodont (jelen).
- E. Lophodont (nosorožec).
- F. Plagiolophodont (kůň).
- G. Bunolophodont (hlodavci - svišť).
- H. Multilophed (hlodavci - kapybara).
- I. Longitudinal sections of molars, showing **brachydont** (human) form on the left and **hypsoodont** (horse) form on the right.

Potravní adaptace

- pozemská insektivorie
- tribosfénické moláry (dilambdodontní W-bércouni; zalamdodontní V-tenreci, bodlíni)
absence specifických adaptací trávicí soustavy (malý žaludek, krátké střevo) - výjimka: neurotoxin (gl. submandibularis) - *Neomys*, *Blarina*, *Solenodon* (štětinatec)



chybí jařmový oblouk
řada jednohrotých zubů
řezáky s více hroty



vzdušná inaktivorie

dilamodontní W

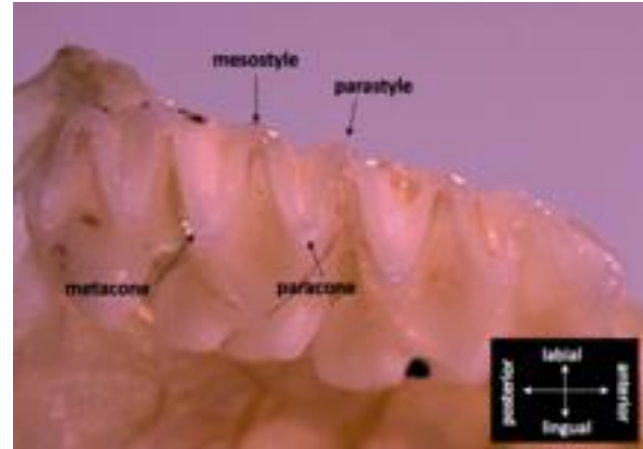
Chiroptera - karnivorie

Megadermatidae

Phyllostomatidae

Nycteridae

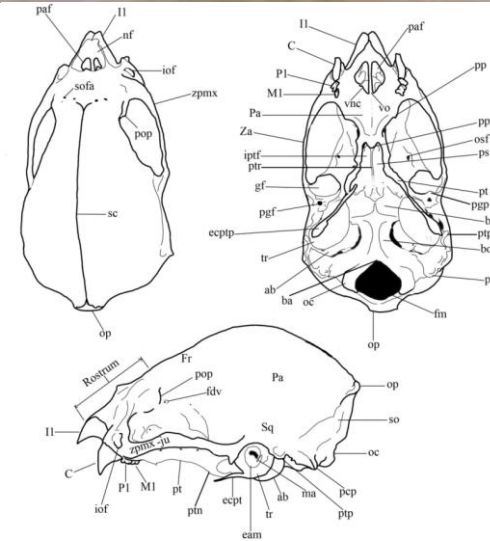
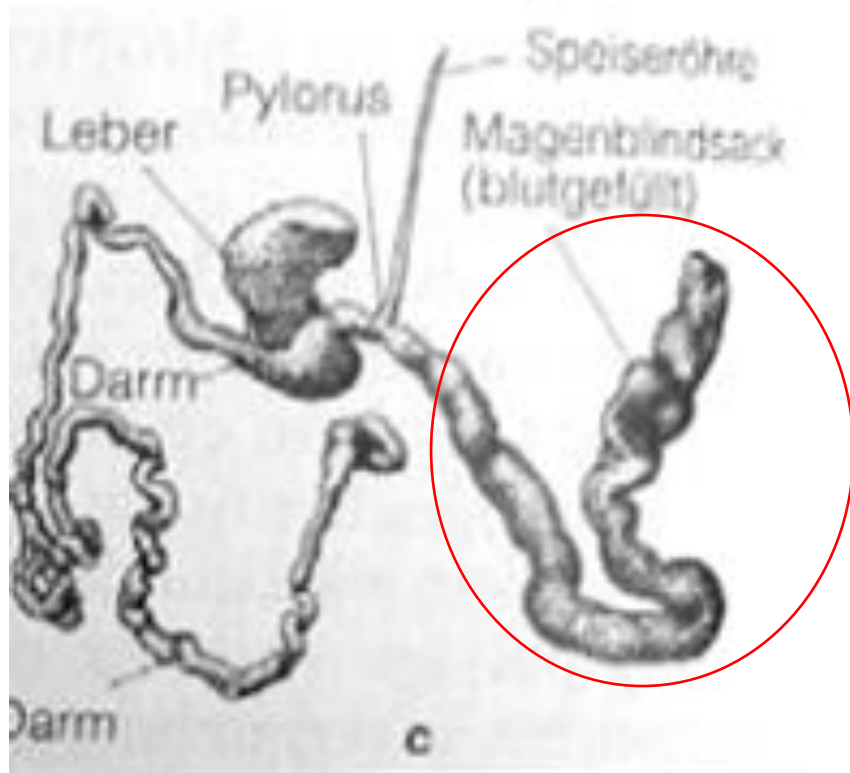
Vespertilionidae – *Otonycteris*, lov štírů



Krvežravost – sanguivorie

Phyllostomatidae, Desmodontinae

Prodloužený pylorus, **caecum**
– vak na hromadění krve



Myrmekovorie – mravenčožravost

konvergentně u řady skupin: redukce dentice, prodloužení čelistí, jazyka, zvětšení slinných žláz, hrabavé nohy (drápy), pasivní ochrana (bodliny, pancíře, šupiny).

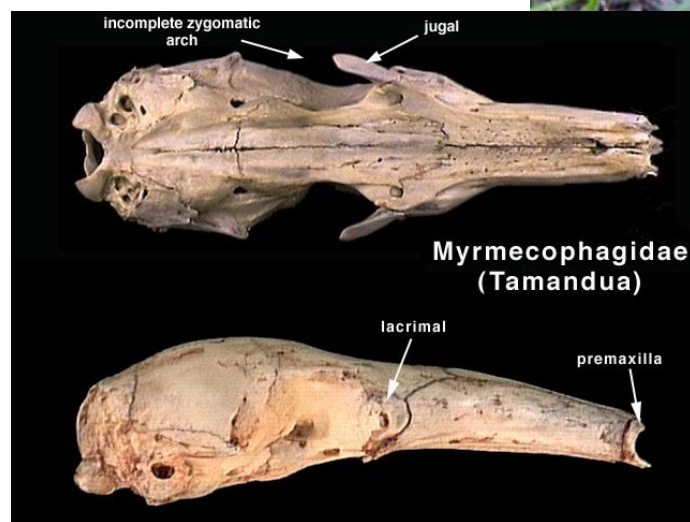
Monotremata: *Tachyglossus*, *Zaglossus*

Xenarthra: *Dasypus*, *Cyclopes*, *Myrmecophaga*, *Tamandua*

Pholidota: *Manis*

Tubulidentata: *Orycteropus*

Carnivora: *Proteles*, *Otocyon*



Xenarthra - chudozubí

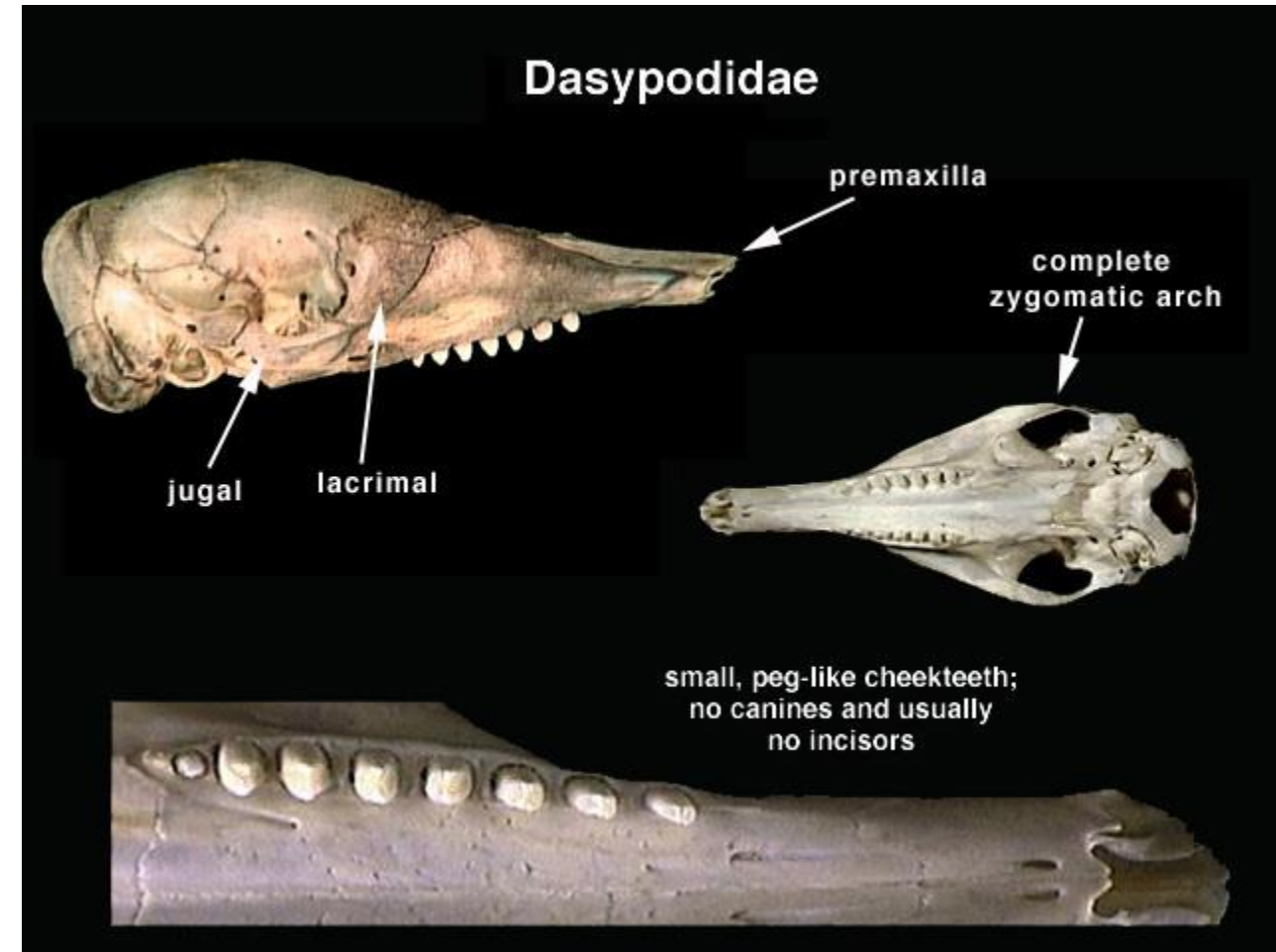
4 čeledi

Bradypodidae – lenochod tříprstý

Megalonychidae – lenochod dvouprstý

Dasypodidae - pásovcovití

Myrmecophagidae - mravenečnickovití



Dasypus - nahoře 5, dole 4 molariformní zuby, chybí I a C

Tubulidentata - *Orycteropus*



Hyaenidae

Proteles
aardwolf



Crocuta
spotted hyaena



Karnivorie

řada pohybových a sociálních adaptací

Carnivora – Feliformia a Caniformia

některé druhy - Marsupialia (Didelphomorpha,
Dasyuromorpha)

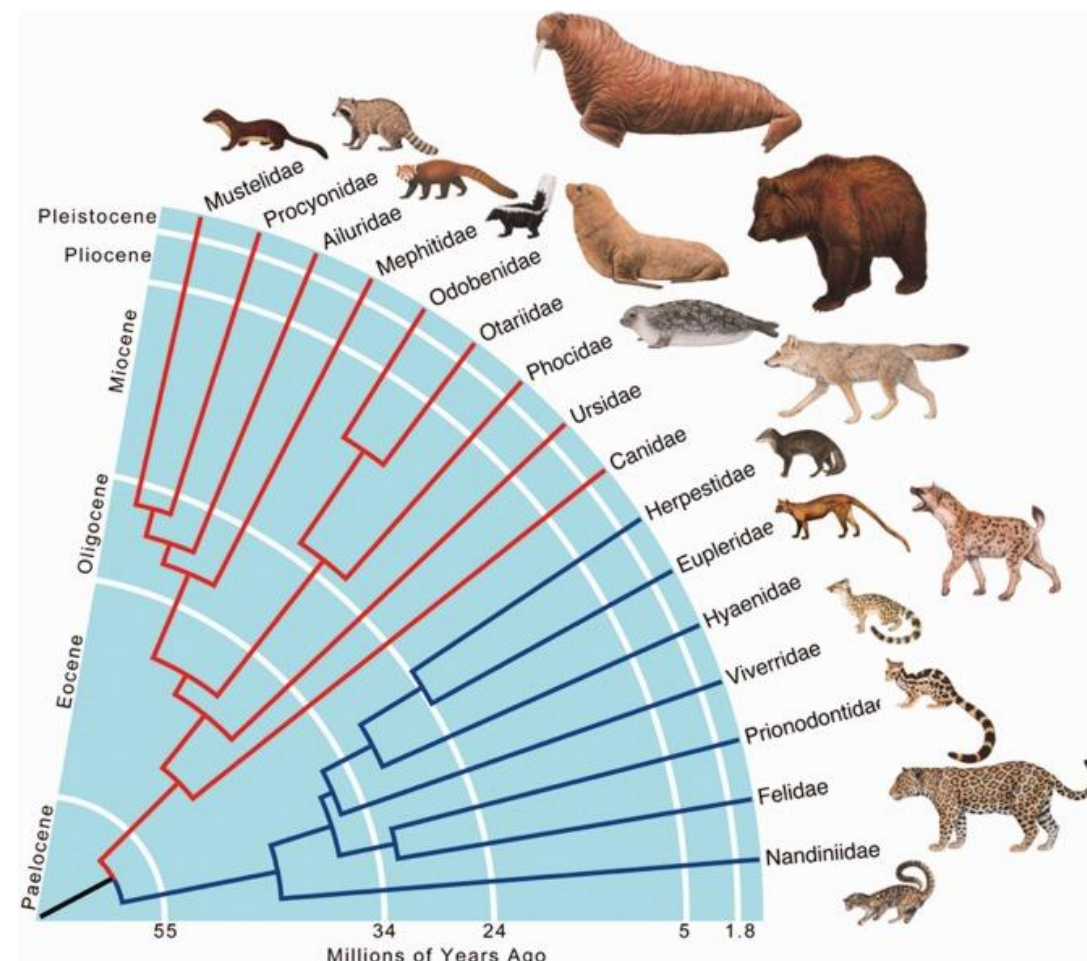
Placentalia: Insectivora, Chiroptera, Rodentia (kanibalismus),
Primates, Scandetia,

Cetartiodactyla (Suidae, *Orcinus*)

Uchopení, fixace, zabití velké kořisti

kaninizace, masivní rozvoj m. temporalis

redukce stoliček, frontální postavení očí (Feliformia)



dentice sekodontní

trháky (M_1 a P^4)

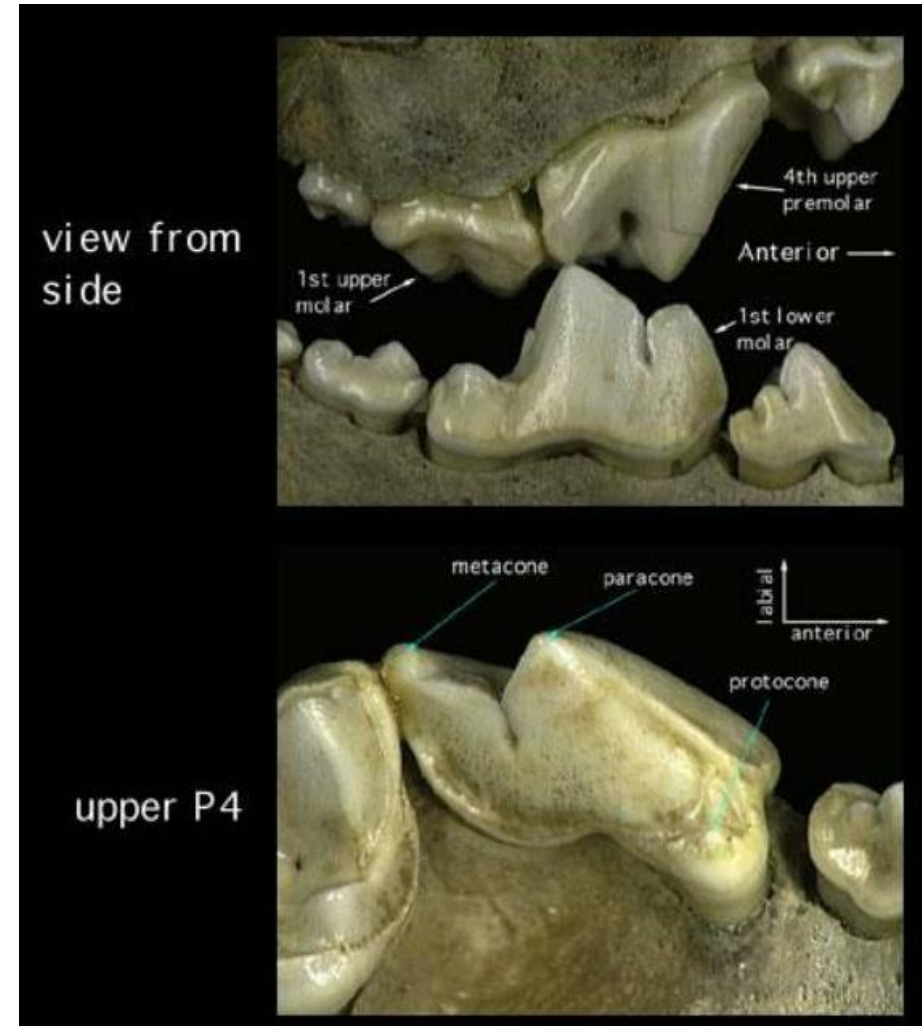
Hyperkarnivorie -

Konvergetně u Feliformia a Marsupialia

Obecná selekce na zvětšování velikosti těla u masožravců (Copeho pravidlo) vede k potravní specializaci = hypercarnivory a ke snadnému vyhynutí. Evoluční neúspěch skupiny



Smilodon, šavlozubost, NA



Piscivorie - rybožravost

Didelphidae: *Chironectes* – vačice vydří

Afrosoricida: *Limnogale*, *Potamogale* (tenrek, vydřík)

Eulipotyphla: *Neomys*, *Galemys*, *Desmana* (rejsek, vychuchol)

Chiroptera: Noctilionidae, *Myotis vivesi*, *Megaderma*

Carnivora: Viverridae (cibetkovití) – *Cynogale* (mampalon), *Lutreola*, Lutrinae, Phocidae

Otariidae, Odobenidae

Cetartiodactyla: Cetacea: Odontoceti (ozubení)

Rodentia: Cricetidae: *Ichtyomys*, *Hydromys*



Mlžožravost: *Odoabaenus*, *Enhydra* (v. mořská), *Hydromys* (myš bobří)

Planktonovorie (korýši a spol.)

Mysticeti, Phocidae: *Lobodon* (t. krabožravý), *Ommatophoca* (t. Rossův)



Frugivorie – plodožravost

Specializovaná frugivorie:

Primates, Carnivora: Procyonidae: *Potos* (kynkažu)

Viverridae: *Paradoxurus* (ovíječ).

Nektarivorie, Palinovorie

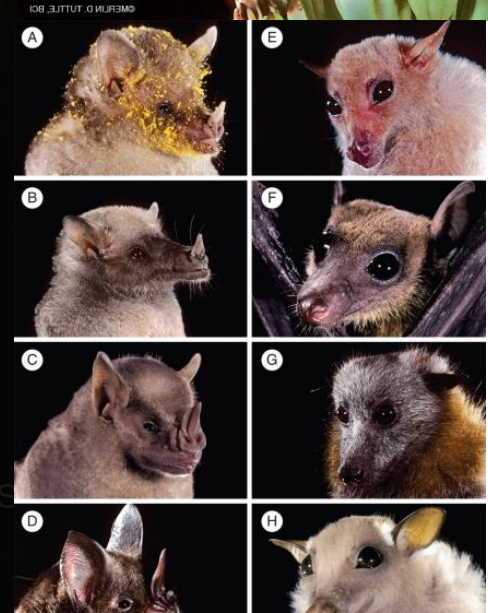
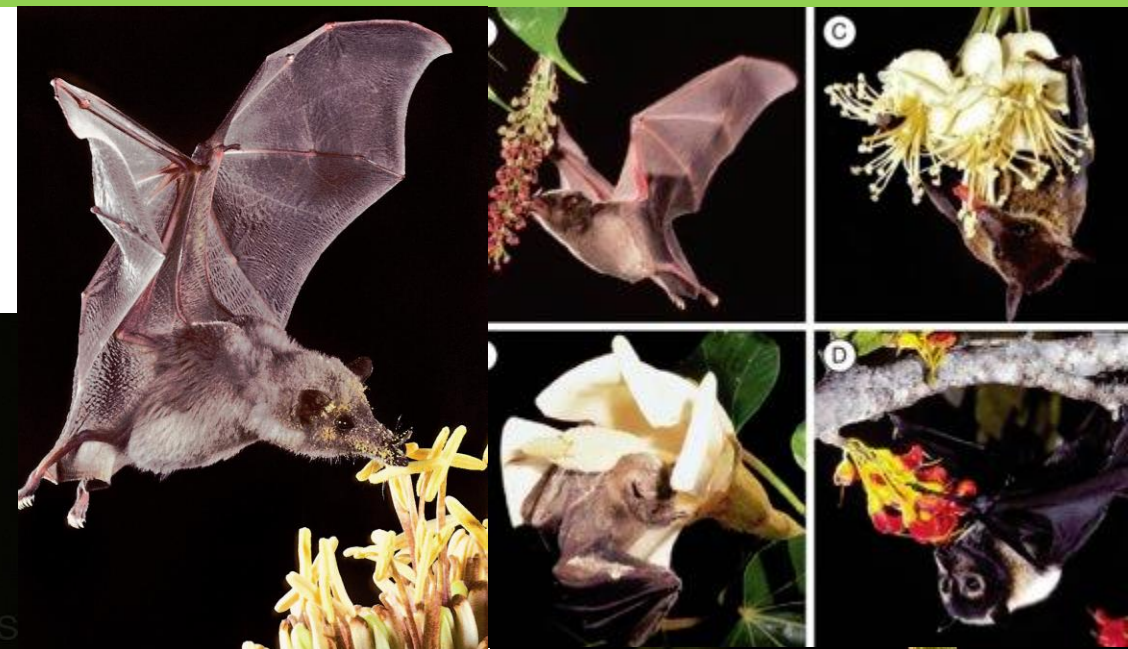
Marsupialia: Diprotodontia (dvojitozubci), *Tarsipes* (possum)

Chiroptera: Pteropodidae, Phyllostomidae (*Anoura*)

Primates



divoké druhy banánovníku *Musa* a *Agave*
jsou striktně chiropterofilní (opylování)
i chiropterochorní
(přenos semen)



Savci a rostliny

Frugivorie, nektarivorie, palynovorie

- **pozitivni interakce** – koevoluce vzájemných adaptací

x

Foliovorie, graminivorie (listo a semenožravost) – četné **obrané strategie** rostlin a odvozené adaptace savců

Listy a semena

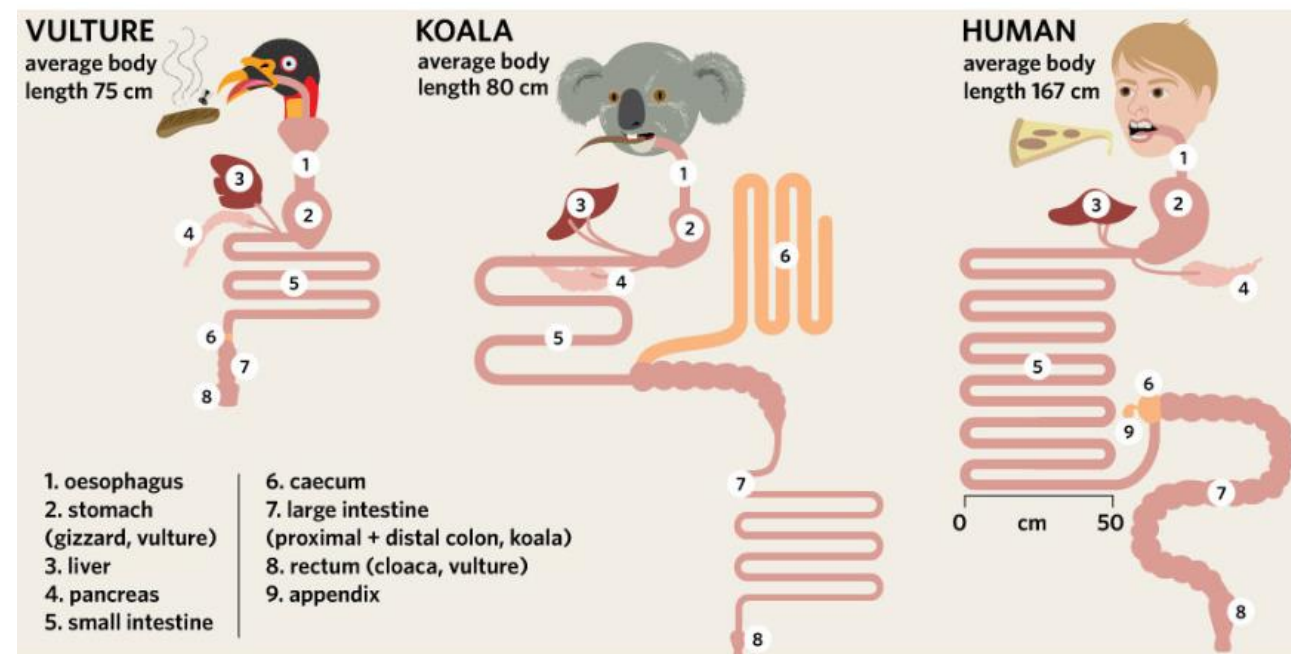
Široce dostupná potrava: velmi atraktivní strategie (zastoupeno u 18 savčích řádů), vysoká adaptace ale nese rizika (13 řádů vymřelých)

Chrup - selenodontní, lofodontní

Molarizace chrupu – hypsodontní zuby

Prostorný a dlouhý trávicí trakt, fermentace, cektotrofie

(Lagomorpha, Rodentia, Soricidae)



Velikost těla souvisí s objem zpracované potravy roste
S velikostí těla klesají metabolické náklady a rychlost metabolismu (doba fermentace)

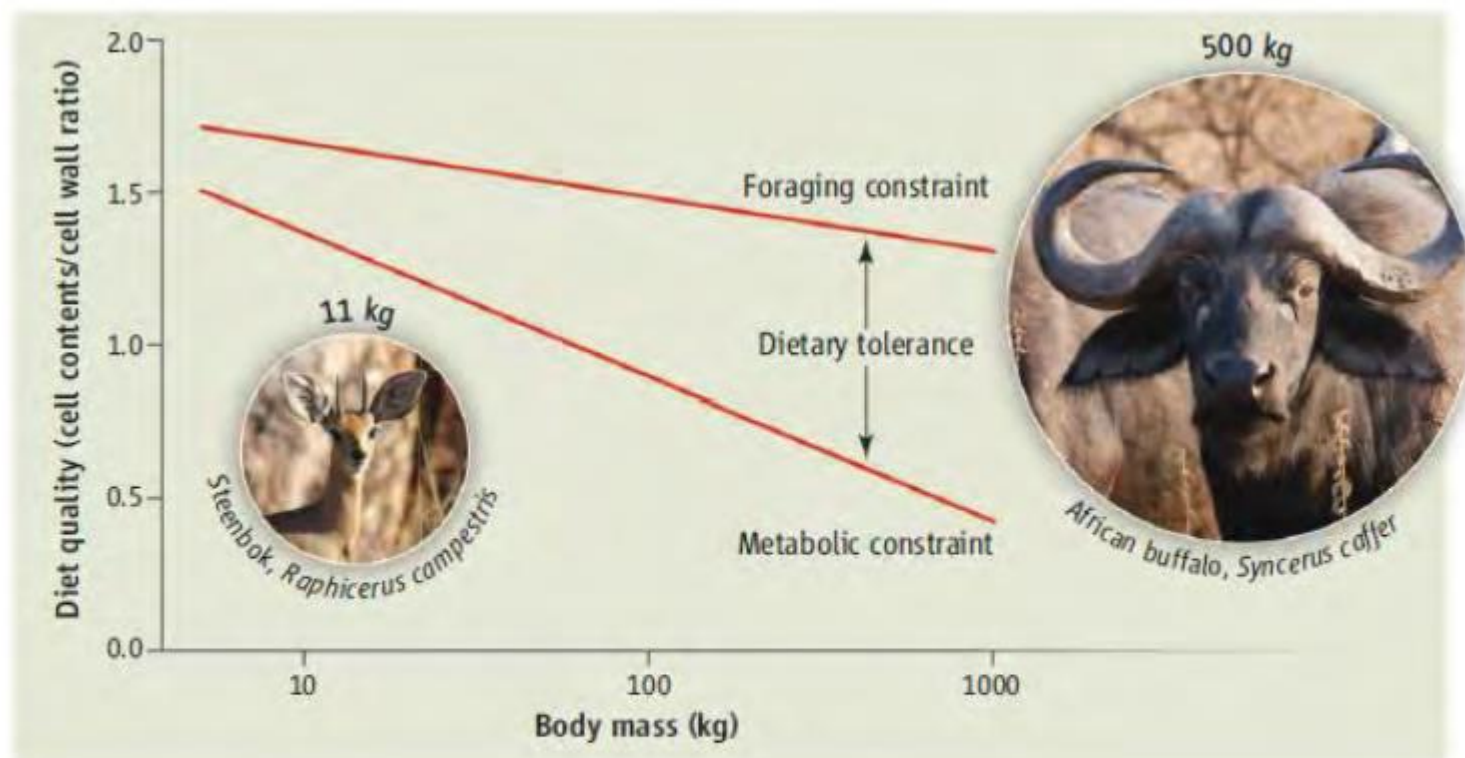


Figure 2. A graphical illustration of the Jarman-Bell Principle. Herbivores have an upper limit of what they can extract from the environment (foraging constraint) and a lower limit of what they need to survive (metabolic constraint). Along a body mass continuum, this represents dietary tolerance (du Toit 2011).

diferenciace nik

Diverzifikace

- a) Velikost těla,
- b) Trávicí soustavy a potravních adaptací

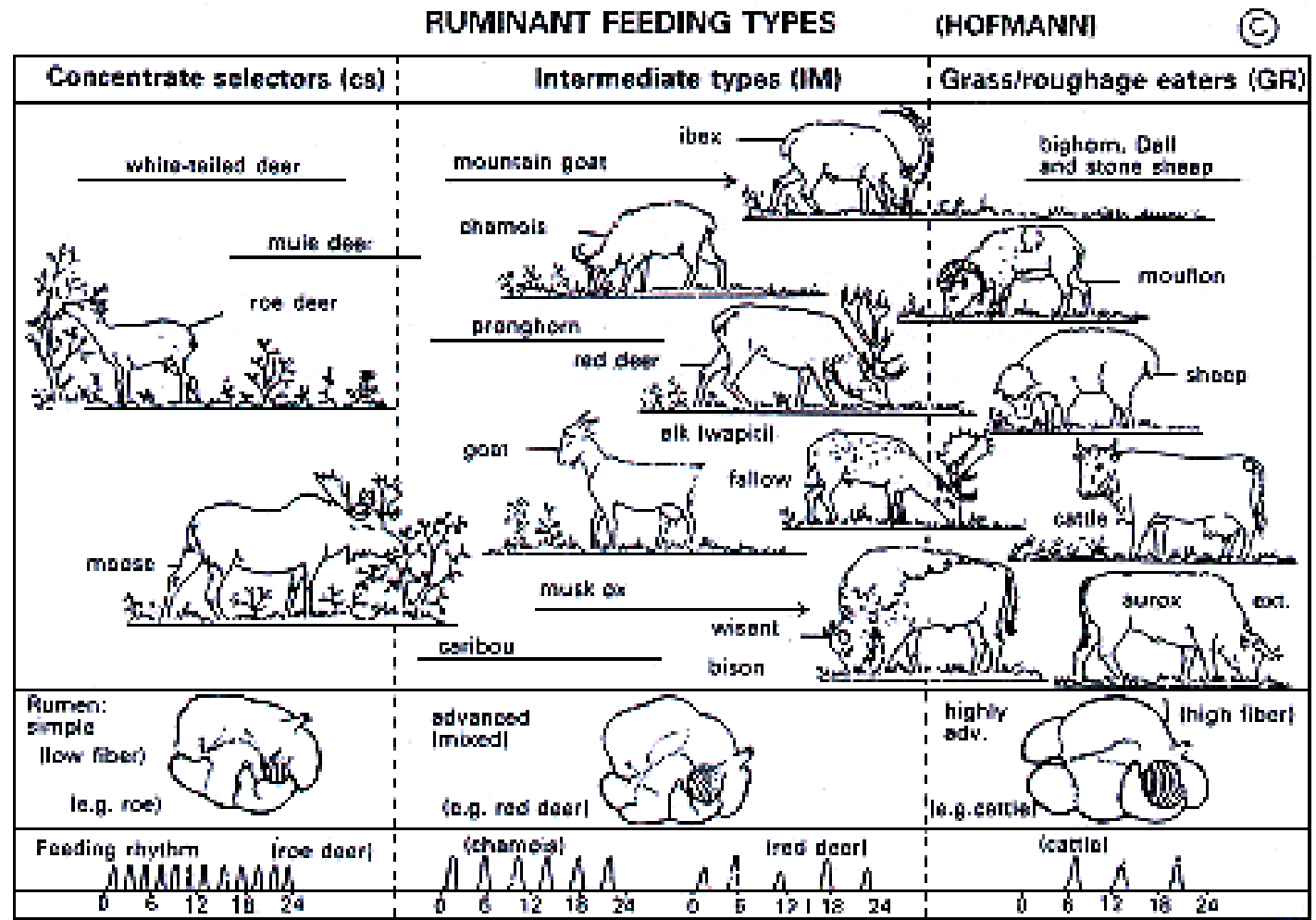


Figure 2-1. Position of European and North American ruminant species within the evolutionary system of morpho-physiological feeding type. The further the baseline of a species extends to the right, the greater its ability to digest fiber in the rumen, which has concurrently advanced. Selection for plant cell content implies shorter feeding intervals as the simple rumen of CS has fewer food passage delay structures than that of GR.

1) monogastrická fermentace (v slepém střevu)

Diprotodontia, Primates, Proboscidea, Hyracoidea, Perissodactyla: Tapiridae-Rhinocerotidae, Suidae – *Sus*, Sirenia, Rodentia (mnoho)

2) digastrická fermentace (v bachoru, tlustém střevu)

Macropodidae, Colobidae, Bradypodidae, Hippopotamidae, Suidae – babilusa, Tylopoda

