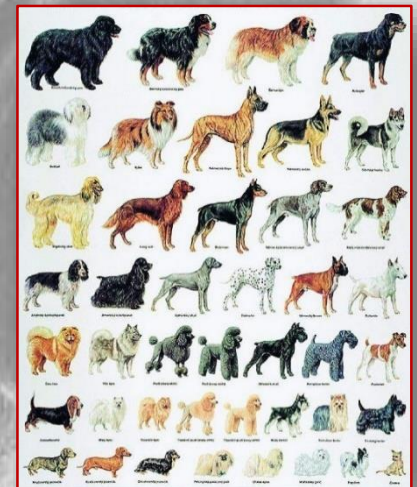
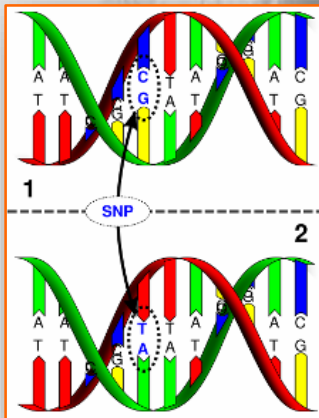


Co víme o původu psa na základě analýzy DNA

*RNDr. Pavel Lízal, Ph.D.
Přírodovědecká fakulta MU
Ústav experimentální biologie
Oddělení genetiky a molekulární biologie
lizal@sci.muni.cz*



Co víme o původu psa podle DNA?

- 1) Hypotéza o domestikaci
- 2) Analýza mtDNA u žijících psů
- 3) Analýza chromozomu Y u žijících psů
- 4) Rozšířená analýza o mtDNA pravěkých psů
- 5) Celogenomová analýza
- 6) Původ amerických psů
- 7) Původ psa Dingo a polynéských psů



Hypotéza – pes vzniknul zdomácněním vlka



Hypotéza – pes vzniknul zdomácněním vlka

- vlk obecný byl dominantním predátorem Eurasie a Severní Ameriky
- člověk s ním přichází do kontaktu po rozšíření z Afriky do Eurasie
- prvním společníkem člověka, jediný domestikovaný velký masožravec
- první fosilní nálezy ostatků podobných psovitým šelmám – Sibiř, stáří 33 000 let
- je to výsledek neúspěšné domestikace nebo už předek moderního psa?
- geografický původ psa – možná domestikační centra v jihovýchodní Asii, na Blízkém Východě a Evropě = souvisí domestikace se zemědělstvím?



Vlk obecný



Co víme o původu psa podle DNA?

- 1) Hypotéza o domestikaci
- 2) Analýza mtDNA u žijících psů
- 3) Analýza chromozomu Y u žijících psů
- 4) Rozšířená analýza o mtDNA pravěkých psů
- 5) Celogenomová analýza
- 6) Původ amerických psů
- 7) Původ psa Dingo a polynéských psů



Analýza mtDNA

2009

- zjištěno - **všichni psi sdílí společnou sestavu genů** = mají společnou historii
- popsáno **10 hlavních haploskupin** mtDNA
- **největší** genetická **rozmanitost** a všech 10 haploskupin pouze **v jihovýchodní Asii**, jižně od řeky Jang-c'-ťiang
- tato rozmanitost postupně **klesá směrem na západ**
např. **7** haploskupin ve **střední Číně**, **5** v **severní Číně** a **jihozápadní Asii** a **4** v **Evropě**



Analýza mtDNA

2009

- nejstaršího haplotyp - **5 400 až 16 300** let starý
- zakladatelkami bylo nejméně **51 vlčic**

Závěry

- pes má původ **v jižní Číně před** maximálně **16 300 lety** v populaci vlků čítající několik stovek jedinců
- místo i čas se shodují s místem vzniku zemědělství (především pěstování rýže)
- to naznačuje, že psi mohou mít **původ** buď v usednutých **populacích lovců a sběračů** nebo v populacích **prvních zemědělců**
- větší **množství zakladatelských linií** pak ukazuje, že zkrocení vlka mohlo být specifickým **kulturním znakem**
- datování společného předka ukazuje, že **ve stejnou dobu se Starým světem šířily tři skupiny psů**



Co víme o původu psa podle DNA?

- 1) Hypotéza o domestikaci
- 2) Analýza mtDNA u žijících psů
- 3) Analýza chromozomu Y u žijících psů
- 4) Rozšířená analýza o mtDNA pravěkých psů
- 5) Celogenomová analýza
- 6) Původ amerických psů
- 7) Původ psa Dingo a polynéských psů



Analýza chromozomu Y

2011

- analyzována **část chromozomu Y** u 151 psů z celého světa
- nalezeno 28 haplotypů tvořících **5 haploskupin**
- z toho **2 haploskupiny** se vyskytují u 46 % všech psů
- **2 další** haploskupiny jsou **omezeny pouze na oblast východní Asie**
- jižně od řeky Jang-c'-ťiang nalezena také **největší genetická rozmanitost**
- původ zkoumaných psů - ve **13 až 24 vlčích zakladatelích**
- **nic nenasvědčuje postdomestikačnímu křížení vlka a psa**



mtDNA + chromozom Y

- **mtDNA** i **chromozom Y** podávají stejný obrázek o původu a historii psa
- všichni psi **sdílí** zhruba **50 % genofondu**
- **největší rozmanitost** je v **oblasti Asie jižně od řeky Jang-c'-t'iang**
- potvrzuje to předpoklad, že je to hlavní a možná jediný **region, kde došlo k mnoha domestikacím událostem vlka**
- následné **křížení mezi psem a vlkem nepřispělo do genového fondu psa nijak významným způsobem**



Co víme o původu psa podle DNA?

- 1) Hypotéza o domestikaci
- 2) Analýza mtDNA u žijících psů
- 3) Analýza chromozomu Y u žijících psů
- 4) Rozšířená analýza o mtDNA pravěkých psů
- 5) Celogenomová analýza
- 6) Původ amerických psů
- 7) Původ psa Dingo a polynéských psů



Rozšířená analýza o mtDNA pravěkých psů

2013

Potvrdí datování a místo domestikace ve východní Asii?

- analyzována částečná **mtDNA** 18 pravěkých psů
- porovnána s kompletní mtDNA
 - 49 současných vlků
 - 77 žijících psů (včetně odlišných plemen jako Basenjí a Dingo)
 - 4 sekvencemi **kojota**

Proč Basenji a Dingo?

- dvě geograficky oddělené linie = nedocházelo mezi nimi navzájem ke křížení a ani k prokřížení s vlky v nedávné minulosti
- Basenji zastupuje historii **loveckého psa** západní **Afriky**
- Dingo je volně žijícím polodivokým psem **Austrálie**



Basenji
(Afrika)



Dingo
(Austrálie)



Vlk



Kojot

Rozšířená analýza o mtDNA pravěkých psů

Analýza 1

- jednoznačně systematicky zařazené **pozůstatky pravěkého psa** se znaky domestikace pocházejí z **Blízkého Východu** a také **Východní Asie** – stáří zhruba **13 000 let**



Rozšířená analýza o mtDNA pravěkých psů

Analýza 2

- existují i **starší nálezy z Evropy a Sibiře**
- nelze je však jednoznačně označit za psy - avšak **mají již některé psí znaky** – archaická psovitá šelma, prapes, protopes

Evropa – jeskyně **Goyet** v Belgii, nalezeny pozůstatky staré **36 000 let**

Analýza mtDNA

- **patří do** vývojové linie psa
- jsou spíše **sesterskou skupinou** ke všem moderním psům i vlkům

Závěry

- **nejsou** tedy **přímým předkem** dnešních psů
- **domestikace** psa mohla začít **už mnohem dříve**
- **před asi 18 800 až 32 100 lety v Evropě**
- tato domestikální linie však **v čase zanikla**
- domestikace může být mnohem staršího data a mohla probíhat **na více místech**



Rozšířená analýza o mtDNA pravěkých psů

Analýza 3

Sibiř – nález **Razboinichya** z altajské jeskyně v Rusku - stáří **33 000 let**

Analýza mtDNA

- mají **geneticky mnohem blíže** k dnešním moderním psům a ostatním pravěkým nálezům
- **menší příbuznost** k současným vlkům
- **vysoká příbuznost** také k prehistorickým psovitým šelmám z Nového světa – souhlasí s poznatky o osídlení Ameriky lidmi



Rozšířená analýza o mtDNA pravěkých psů

Analýza 3

Sibiř – nález **Razboinichya** z altajské jeskyně v Rusku - stáří **33 000 let**



Závěry

- i v tomto případě se jedná o **zaniklou domestikaci událost**
- pravděpodobně **v důsledku klimatických a kulturních změn** v souvislosti s poslední velkou dobou ledovou (před 26 500 až 19 000 lety)

Rozšířená analýza o mtDNA pravěkých psů

Závěry

- obě naleziště jsou časově a hlavně vzdáleností několik tisíc kilometrů od sebe
- domestikace psa byla **multiregionální záležitostí**
- za **první domestikáční centrum** lze považovat **Evropu** (díky analýze pravěkých nálezů)
- avšak tato domestikace **nebyla pravděpodobně úspěšná** (více prozradí další nálezy)



Co víme o původu psa podle DNA?

- 1) Hypotéza o domestikaci
- 2) Analýza mtDNA u žijících psů
- 3) Analýza chromozomu Y u žijících psů
- 4) Rozšířená analýza o mtDNA pravěkých psů
- 5) Celogenomová analýza
- 6) Původ amerických psů
- 7) Původ psa Dingo a polynéských psů



Celogenomová analýza

2014

Analyzována DNA (celkem 10 milionů míst, tzv. SNP)

- **tří zástupců vlka obecného** (po jednom z každého předpokládaného centra domestikace)
 - Evropa (2013*) – Chorvatsko
 - Blízký Východ (2010) – Izrael
 - Východní/Jihovýchodní Asie (2009-2011) - Čína
- **dvou prastarých linií psa** - Basenji a Dingo (vs. moderní boxer)
- **šakala obecného** (jako kontrola, společný původ)



Basenji



Dingo



Vlk obecný



Šakal obecný

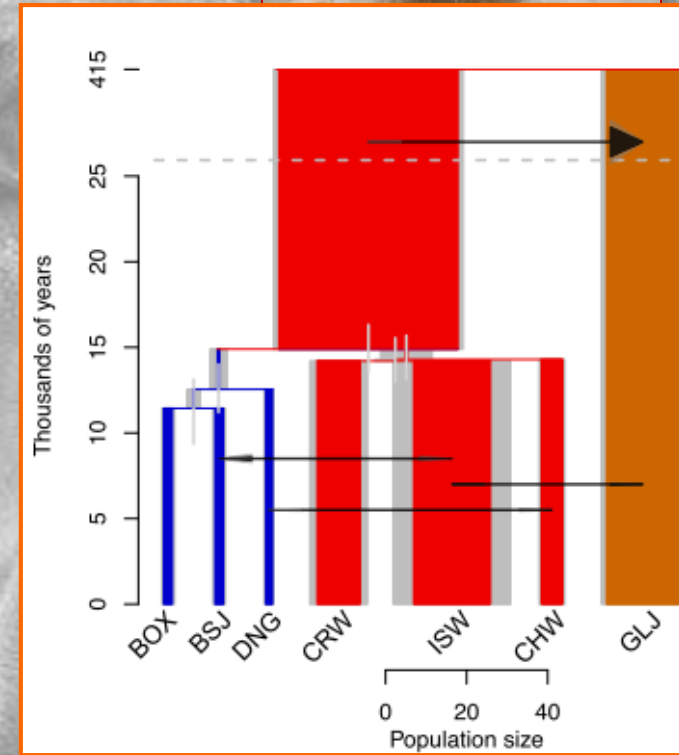
Celogenomová analýza

Výsledky:

- u vlka i psa došlo v minulosti k významnému zmenšení velikosti populace (tzv. **bottleneck**)
- liší se však **velikostí** bottlenecku a **dobou**, kdy nastal
 - u **psů** bottleneck **v průběhu domestikace**
 - u **vlka** bottleneck mnohem dříve, mnohem větší než ten pozdější u psa

Závěr:

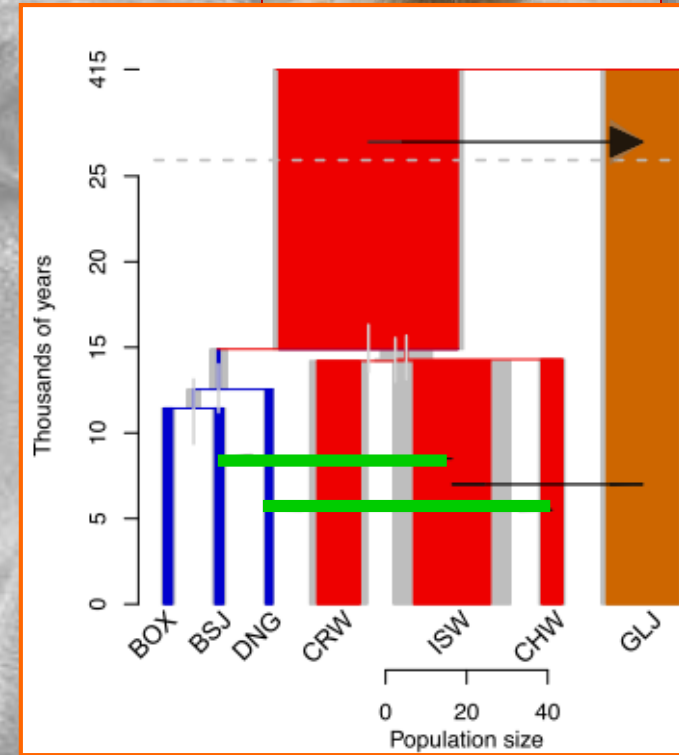
- vlk a současný pes **nesdíle společnou historii**



Celogenomová analýza

Výsledky:

- u vlka i psa došlo v minulosti k významnému zmenšení velikosti populace (tzv. **bottleneck**)
- liší se však velikostí bottlenecku a dobou, kdy nastal
 - u psů bottleneck v průběhu domestikace
 - u vlka bottleneck mnohem dříve, mnohem větší než ten pozdější u psa
- **genový tok** (křížení – viz zelené úsečky v grafu)
 - v době před nebo v průběhu domestikace (Basenji a Dingo žijí v oblastech, kde se vlk nevyskytuje a navzájem jsou odděleni geograficky – Afrika a Austrálie = křížení proběhlo již někde v Asii)

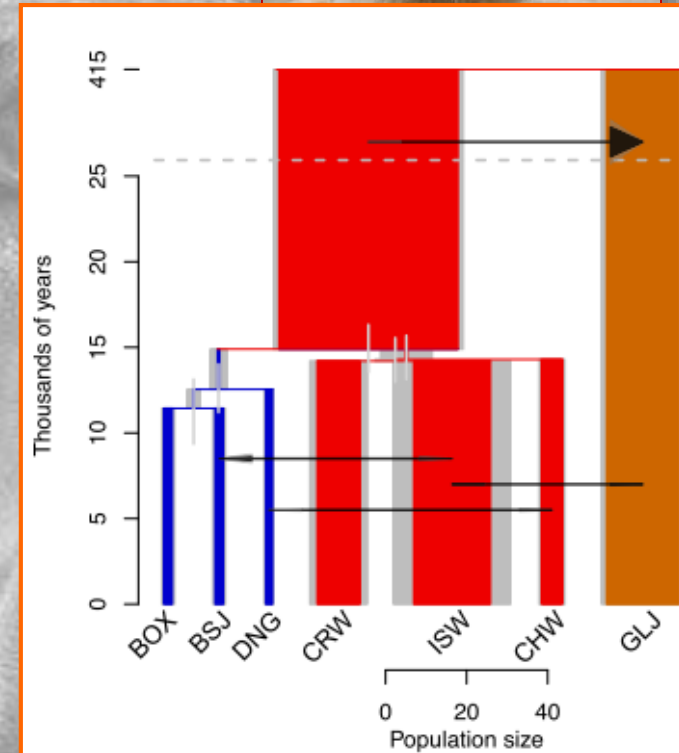


Závěry:**Celogenomová analýza**

- vlk a současný pes nesdílí společnou historii (viz bottlenecky)
- **pes vzniká** vedle linií vlka, **pravděpodobně domestikací společného předchůdce** dnešního vlka a moderního psa (viz genový tok)

mohla to být prastará linie vlka, která:

- **zanikla jako následek expanze člověka** do Eurasie
- může být **společným předkem** vlka a psa, z něhož **domestikací pes vzniká** (s domestikací zaniká = přemění se v psa a dnešního vlka)
- prokáží až **analýzy dalších kosterních pozůstatků pravěkých psů**

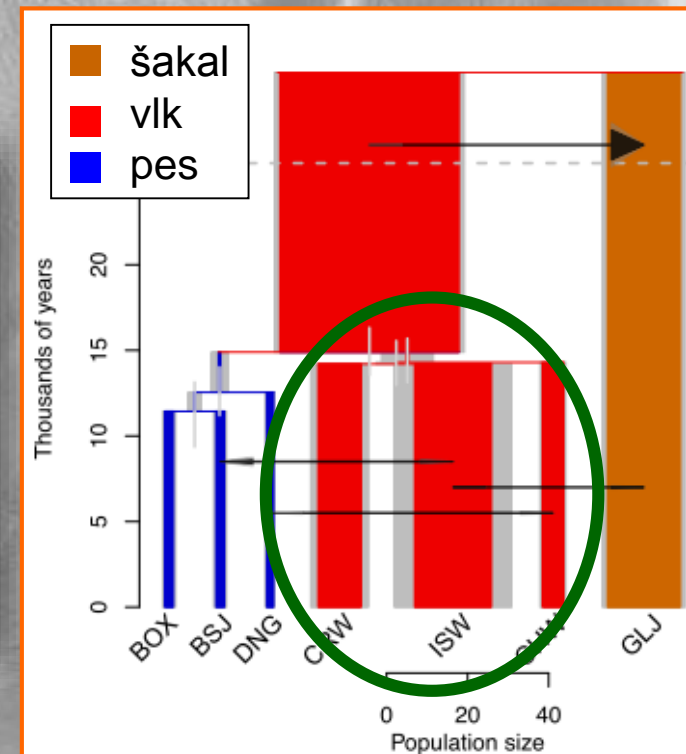


■ šakal
■ vlk
■ pes

Celogenomová analýza

Další závěry:

- žádná z existujících linií vlka z domnělých domestikčních center není více příbuzná se psem = **nelze stanovit domestikční centrum**
- navíc **všechny 3 analyzované linie vlka jsou** z genetického hlediska **samostatné genetické linie** (v „sesterském“ vztahu)



Celogenomová analýza

Další výsledky a závěry:

- počátek **domestikace** – **před 11 000 až 16 000 lety** (dle molekulárních hodin)
- zasahuje do období před zemědělstvím = **pes už v době lovců-sběračů**
- **potvrzuje i gen pro amylázu**
 - souvisí s adaptací na stravu bohatou na škrob
 - **adaptace se nevyskytuje** u psů z nezemědělských oblastí např. **Dingo** nebo **Husky**



Co víme o původu psa podle DNA?

- 1) Hypotéza o domestikaci
- 2) Analýza mtDNA u žijících psů
- 3) Analýza chromozomu Y u žijících psů
- 4) Rozšířená analýza o mtDNA pravěkých psů
- 5) Celogenomová analýza
- 6) Původ amerických psů
- 7) Původ psa Dingo a polynéských psů



Původ amerických psů

- **psi se v Americe** vyskytovali již v předkolumbovském období - pravděpodobně přišli s prvními migranty moderního člověka z Asie
- nejstarší **archeologické důkazy** první přítomnost psa před 10 000 až 8 500 lety
- dřívější studie **volně žijících a pouličních psů** však ukázala na téměř úplné nahrazení těchto původních psů psy z Evropy
- **pozdější analýza** původu psích plemen Severní a Jižní Ameriky a arktických oblastí - **původ amerických psů** je mnohem složitější



Původ amerických psů

- analyzována a porovnána byla mtDNA:
 - arktických plemen psů Inuitů, Eskymáků a obyvatel Grónska
 - plemen psů jako je Aljašský malamut, Čivava, xoloitzcuintli (Mexický naháč) a Perro si'n pelo del Peru (Peruánský naháč)
 - psů východní Asie, Evropy
 - vymřelých předkolumbovských linií



Původ amerických psů

Výsledky a závěry:

Předkolumbovský původ

- psí plemena původních obyvatel Ameriky
 - mají **především předkolumbovskou mtDNA**
- naproti tomu dnešní volně žijící psi z venkovských oblastí **a pouliční psi**
 - **malý nebo žádný předkolumbovský původ**
 - avšak i u nich existují **některé populace s přetrvávajícím předkolumbovským domorodým původem**



psi indiánů = předkolumbovský původ



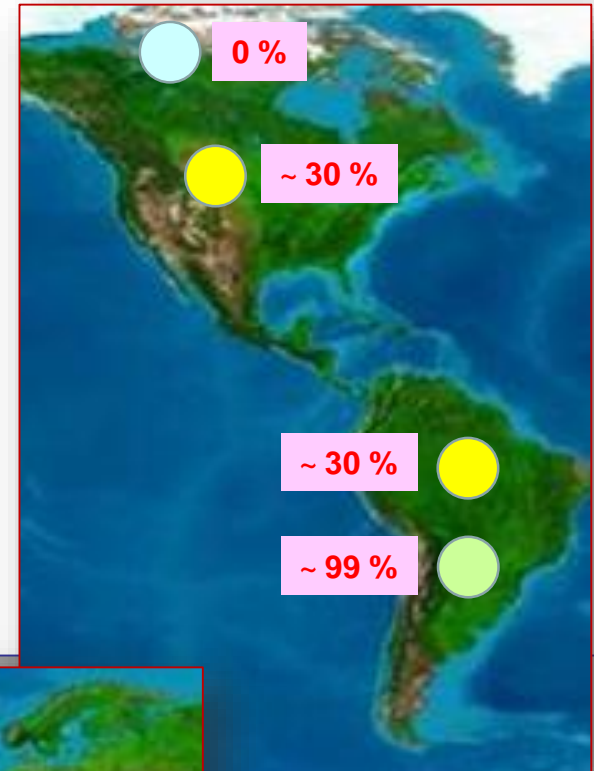
ostatní = malý nebo žádný
předkolumbovský původ

Původ amerických psů

Výsledky a závěry:

Evropská příměs

- jako **důsledek prokřížení se psy z Evropy** přivezenými v post-kolumbovském období
- u **plemen psů původních** obyvatel Severní a především Jižní Ameriky - **zhruba 30%** příměs evropských samičích linií mtDNA v jejich genofondu
- u **volně žijících** psů **Jižní Ameriky** - původ **téměř zcela evropský** = jsou potomky psů (fen) přivezených z Evropy (možná s malou příměsí původních amerických psů)
- u **arktických plemen** psů Inuitů, Eskymáků a grónských psů – příměs **nenalezena**



Původ amerických psů

Výsledky a závěry:

Pozoruhodná Čivava a Dingo

- mexická Čivava je:
 - geneticky propojena se starověkými mexickými plemeny - má tedy prastarý původ
 - geneticky spřízněna s Peruánským naháčem
 - a dokonce i se sibiřskými psy
- **americký Dingo**, který je volně žijícím americkým psem, má starobylý asijský původ



Původ amerických psů

Výsledky a závěry:

Původ amerických arktických psů

- pravděpodobně představují **dvě vývojově** oddělené genetické **linie**

První linie – zástupcem je **Aljašský malamut**

- je geneticky **propojen s asijskými psy** (východoasijskými psy, sibiřským Husky a tažným čukčijským psem)
 - to ukazuje na významné genetické propojení mezi východní Asií, Sibiří a arktickou Amerikou
- geneticky je také **spojen s archaickými pozůstatky z Aljašky**
 - to naznačuje starobylý předkolumbovský původ Aljašského malamuta



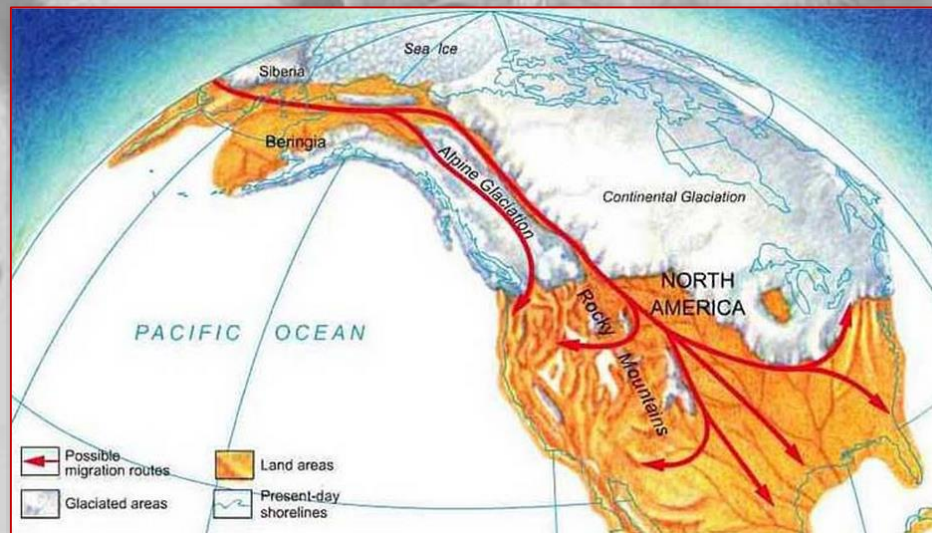
Druhá linie – **ostatní moderní arktičtí** psi Inuitů, Eskymáků a populací Grónska

- geneticky **spříznění s tažným psem předchůdců dnešních Inuitů**

Původ amerických psů

Výsledky a závěry:

- genetické údaje populací amerických psů
 - **podporují hypotézu o počáteční migraci moderního člověka** nejdříve na sever a dále na jih amerického kontinentu s následnými migračními vlnami do Arktických oblastí
 - **docházelo přitom ke křížení** mezi plemeny psů, které člověka provázely
- **historie amerických psů je jak vidno velmi složitá** a je **pravděpodobně výsledkem několika migračních vln z Asie** v předkolumbovské éře s následnou evropskou příměsí



Co víme o původu psa podle DNA?

- 1) Hypotéza o domestikaci
- 2) Analýza mtDNA u žijících psů
- 3) Analýza chromozomu Y u žijících psů
- 4) Rozšířená analýza o mtDNA pravěkých psů
- 5) Celogenomová analýza
- 6) Původ amerických psů
- 7) Původ psa Dingo a polynéských psů



Původ psa Dingo a polynéských psů

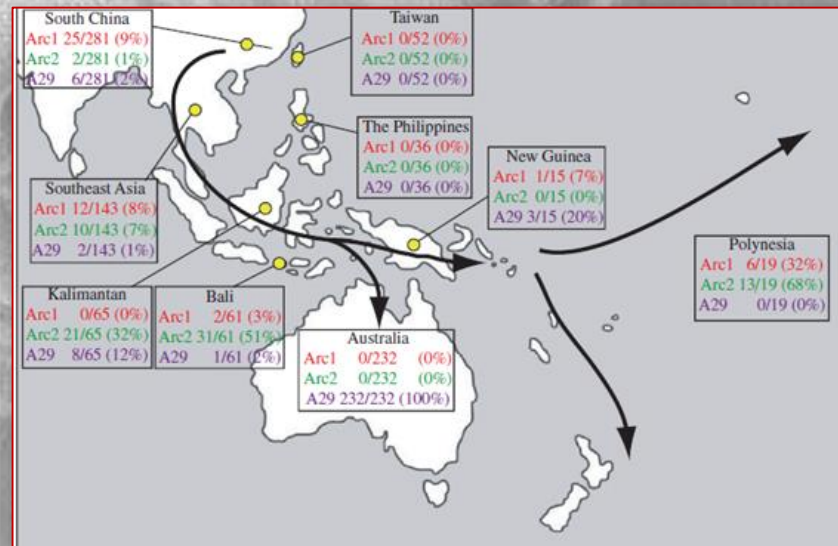
Porovnána byla část **mtDNA**:

- australských psů **Dingo**
- s mtDNA **psů** ze všech kontinentů
- s mtDNA euroasijských **vlků**
- a dále byl analyzován také úsek mtDNA z **prehistorických** pozůstatků **polynéských psů**



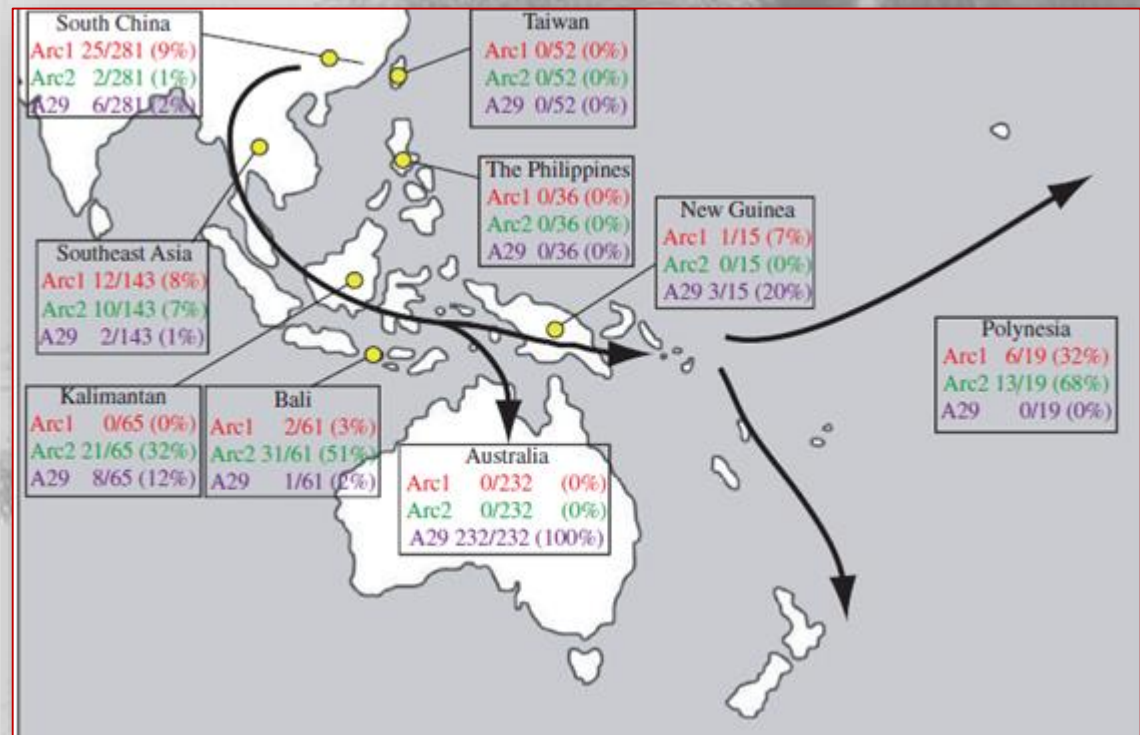
Původ psa Dingo a polynéských psů

- **Dingo** má jednoznačný **původ ve východní Asii** (v mtDNA vykazaly vysokou podobnost se zdomácnělými psy východní Asie a arktické Ameriky)
- mtDNA Dinga se od těchto populací začala odlišovat **před zhruba 5 000 lety**
- Dingo má tedy **původ v domestikovaných psech z východní Asie**
- a do Austrálie **se rozšířil v rámci druhé vlny osídlení Austrálie** přes ostrovy jihovýchodní Asie pravděpodobně pouze v jediné migrační vlně



Původ psa Dingo a polynéských psů

- analýza **mtDNA prastarých polynéských psů**
- nejen australský Dingo, ale i polynéští psi **migrovali do oblasti v době před 4 600 až 18 300 lety z Indonésie** přes jihovýchodní Asii a nikoliv z Tchaj-wanu, jak se předpokládalo



Shrnutí k původu psa

- k prvním domestikacím psa došlo už **v době lovecko-sběračských populací** dlouho před vznikem zemědělství **před více než 30 000** lety v Evropě a v Asii
- tyto **linie primitivních psů však zanikly** v důsledku klimatických změn mnohem dříve než se mohli vyvinout do podoby dnešních moderních psů
- **současní moderní psi** tak mají **původ mladší 11 000 až 16 000 let**
- jejich **domestikace však začala ještě před vznikem zemědělství**
- **předchůdcem** těchto současných psů **není vlk**, ale společný prapředek vlka a psa – **pravlk** - který již v současnosti také nežije
- pravděpodobně **v důsledku prokřížení nelze určit konkrétní domestikální centrum**, tedy kde domestikace současného psa začala
- **američtí psi** mají **prastarý asijský původ s** větší či menší **příměsí evropských sekvencí** = v souladu s poznatky o osídlení Ameriky lidmi
- **Dingo a polynéští psi** mají **původ v jihovýchodní Asii**

