

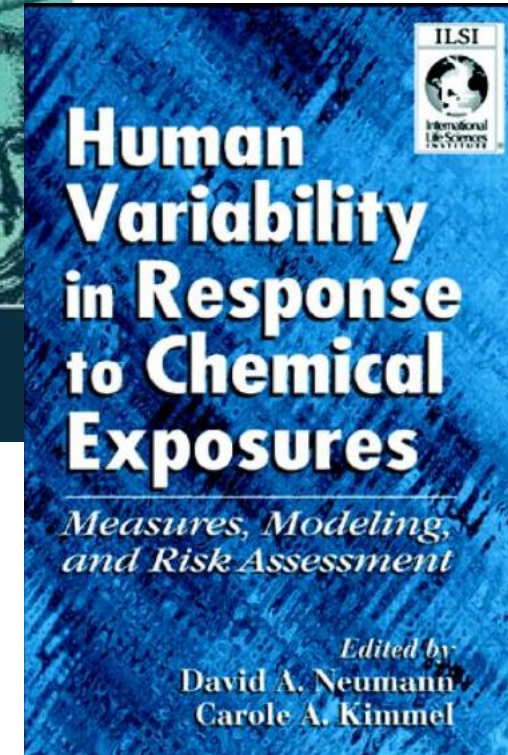
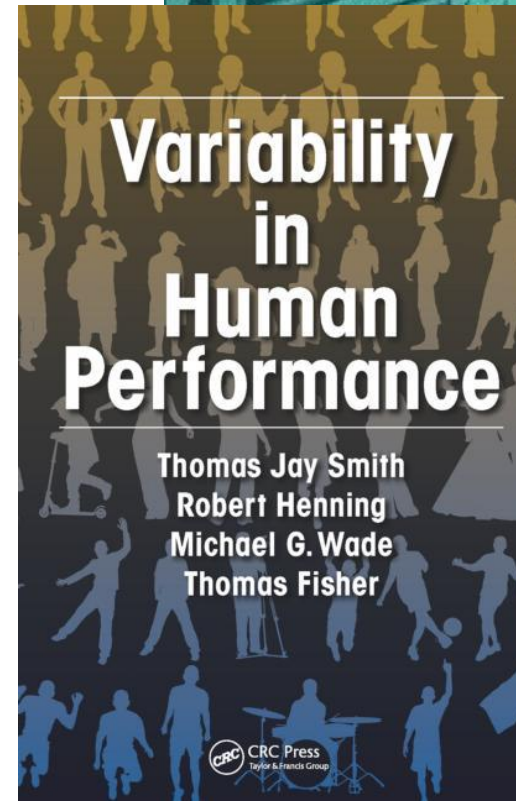
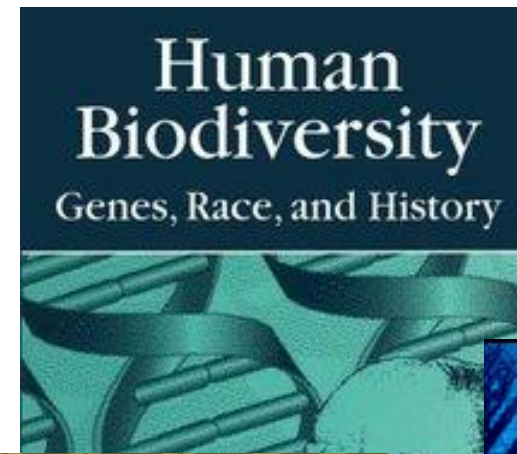
Variabilita člověka

Mgr. Mikoláš Jurda, Ph.D.

Význam studia lidské variability a diverzity

(KROMĚ AKADEMICKÉHO STUDIA PŮVODU ČLOVĚKA)

- medicína
- psychologie
- technika/průmysl/komerce
- sport...
- mezinárodní kontakty
- adaptace na podmínky civilizace
- (strava, pohyb, učení, komunikace, sociabilita, sexualita ...)
- Osídlení okolního vesmíru?



Základní pojmy

VARIABILITA

- vzájemná odlišnost, jednotlivé případy se nějak liší

DIVERZITA

- rozmanitost, ve smyslu **rozdílů mezi skupinami** (hodně ve smyslu kulturní rozmanitosti)
- v biologii jako diverzita životních forem (biodiverzita)

POLYMORFIZMUS

- výskyt dvou a více forem **genetických variant** v rámci populace
- genetická variabilita, kdy nejméně čttná alela dosahuje více než 1 % v populaci

ROZPTYL

- jedno z měřítek míry variability

Individuální vs. populační variability

- velikost těla je jedním z hlavních předmětů variability a faktorů adaptace
- protože ovlivňuje celou řadu jiných vlastností
- někdy těžko odlišitelné

mezipopulační



individuální



Josef Drásal (241 cm)

diachronní

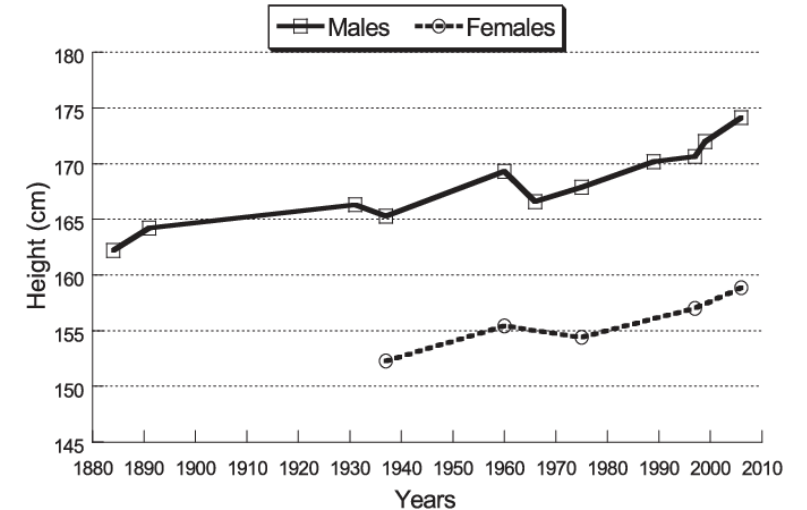


Figure 1. Secular change in the mean height (cm) of Turkish

FRANK LIVINGSTONE (1962)

On the non-existence of human races

- statický koncept rasy není slučitelný s přírodním výběrem
- termín rasa by měl být opuštěn – jen brzdí naše studium variability
- rozdíly EXISTUJÍ, ale neodpovídají jasně odděleným balíčkům
- antropologie by měla spíš popsat vznik těchto rozdílů
- nejsou to totiž rasy, ale klíny

Gaussova „normální“ křivka

HISTORIE PŘÍSTUPU K LIDSKÉ VARIABILITĚ

Galileo Galilei

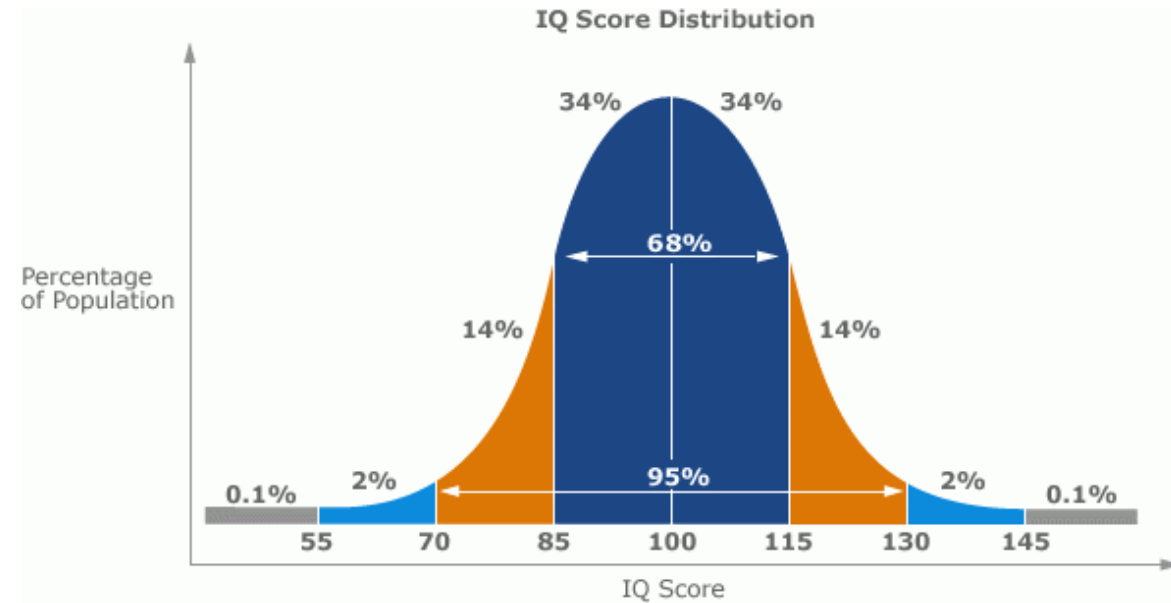
chyby při měření v astronomii myjí největší četnost někde uprostřed a na obě strany jejich četnost klesá

LAMBERT ADOLPHE JACQUES QUÉTELET (1796–1874)

Bůh si přeje/stvořil průměr, variabilita je důsledkem chyb při realizaci jeho plánu. Čím dále je případ od průměru, tím méně naplňuje Boží plán. Měli bychom se snažit o snížení odchylek od průměru.

FRANCIS GALTON (1822–1911)

Variabilita kolem průměru má biologický význam, nejde jen o chybu.



Fluktuální asymetrie

Zde pořád pohled na variabilitu jako na „nežádoucí“ odchylku.

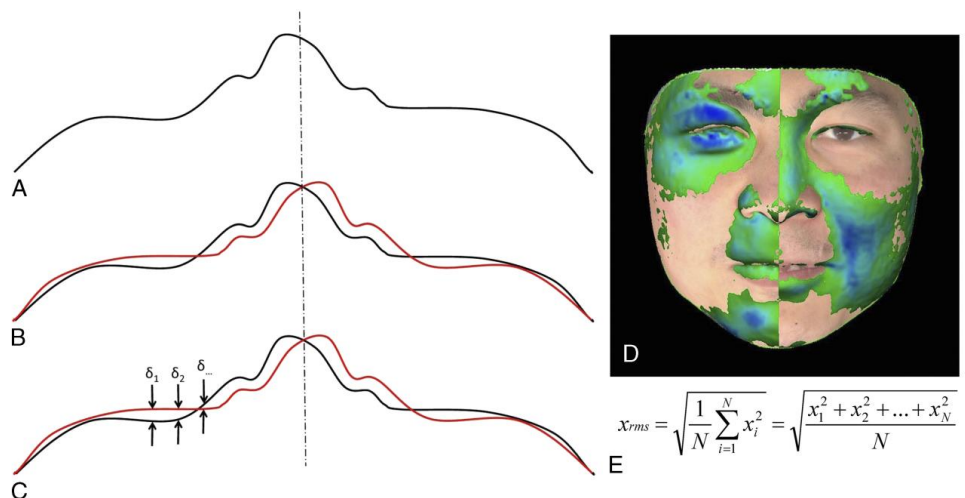
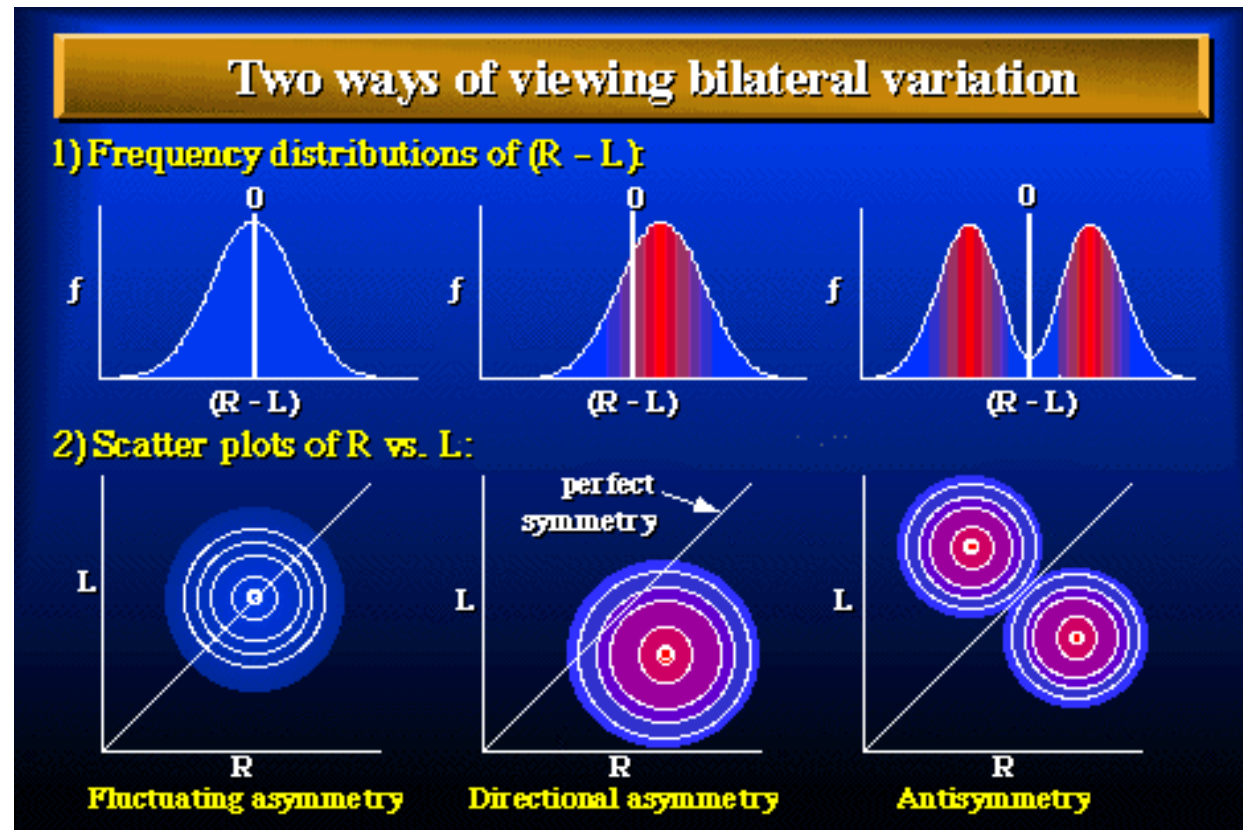


FIGURE 1. Explanation of symmetry calculations. Images of normative faces in repose were captured, and their facial surfaces were isolated for analysis. Rather than relying on a manually determined plane for rotation, a unique plane of maximum symmetry was determined by minimizing the RMSD between the native surface shown descriptively in black (a) and its reflection shown in red (b). By minimizing the differences between the 2 surfaces or maximizing the fit (c), a unique plane of maximum symmetry is determined. The facial surface is then reflected with this unique plane, and the differences between the native and reflected surfaces are calculated (d) according the equation for RMSD (e).

(Taylor et al. 2014)



Mechanismy vzniku variability

NÁHODNÉ

individuální

- mechanismy mendelovské genetiky – segregace, kombinace a rekombinace (nedokonalá vazba genů)
- mutace

populační

- migrace
- hrdlo lahve a efekt zakladatele
- genetický drift

NENÁHODNÉ - ADAPTAČNÍ

organismus je vystaven selekčnímu tlaku – přírodní a pohlavní výběr – na základě kterého jsou vybrány ty formy znaků, které jsou v daném prostředí nejvýhodnější (adaptace).

Mohou být ukotveny geneticky, ale především kvalitativní znaky se vytvářejí během ontogenetického vývoje (plasticita, rozdílné růstové křivky, heterochronie)

Segregace a kombinace

Naprosto základní mechanismus variability

MENDELOVSKÁ GENETIKA

- segregace párových alel
- nezávislá kombinace na různých chromozomech

+ crossing-over

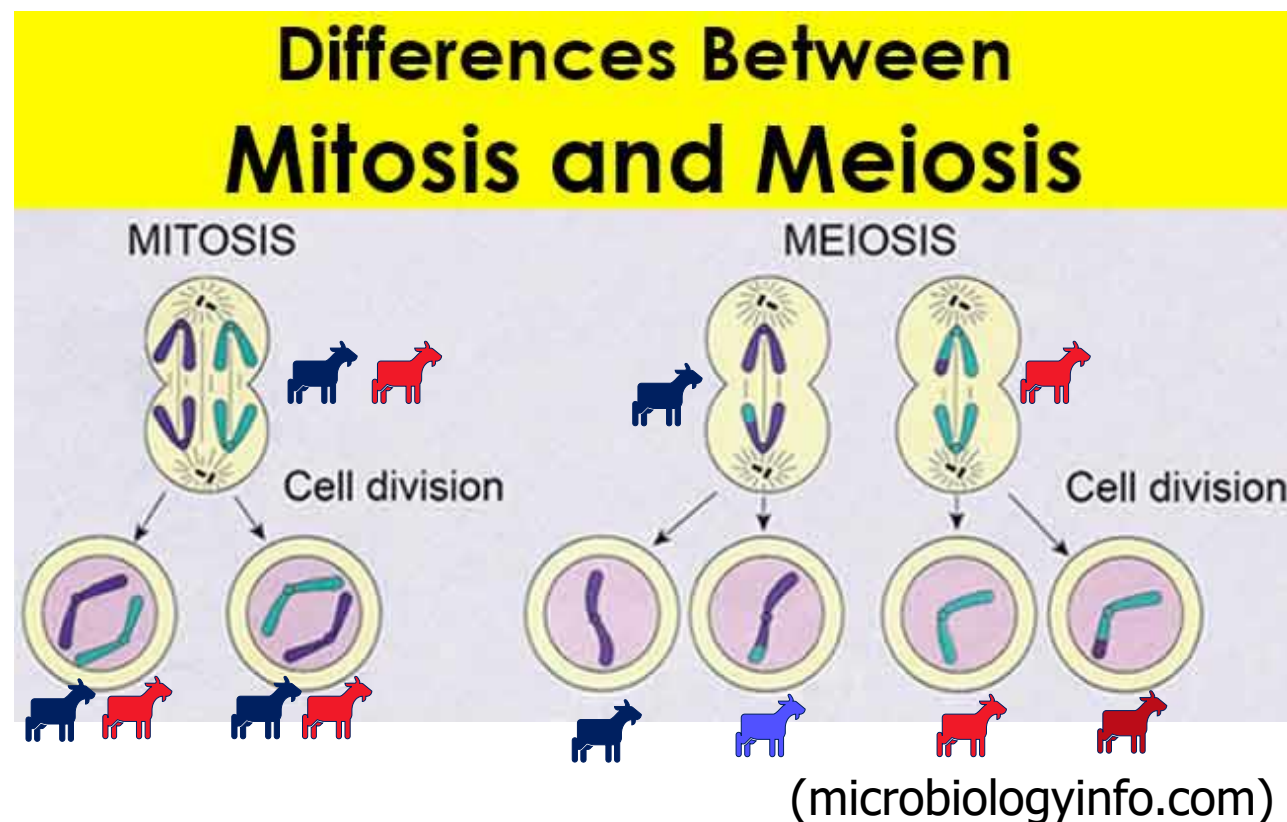
+ alely a gamety celé populace

+ náhodné oplození

nevznikají nové formy genů

nemění se genetická struktura

přesto $25.85202e+21$ teoretických gamet



Mutace

Jediný způsob vzniku skutečných změn v DNA!

SUBSTITUCE

(tiché mutace)

INSERCE, DELECE

(posun čtecího rámce)

REKOMBINACE

(přesun mutací k sobě nebo jejich odlučování)

TRANSLOKACE

(nondisjunkce chromozomů při meioze)

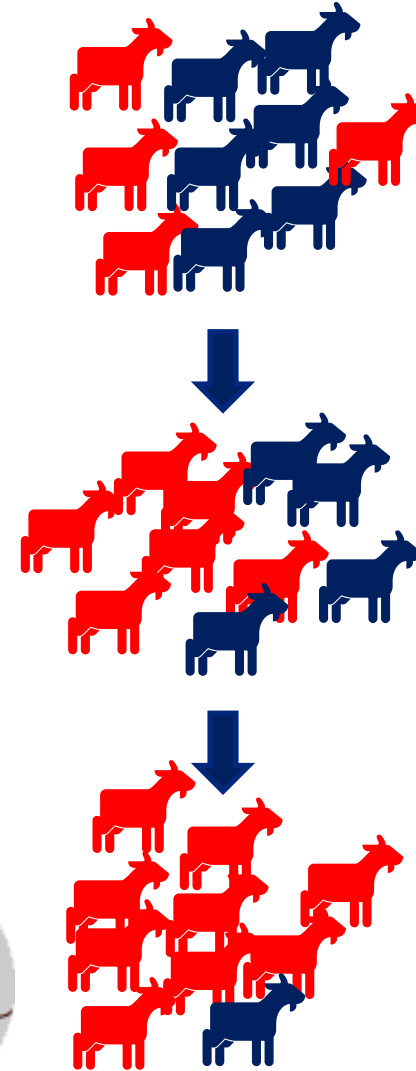
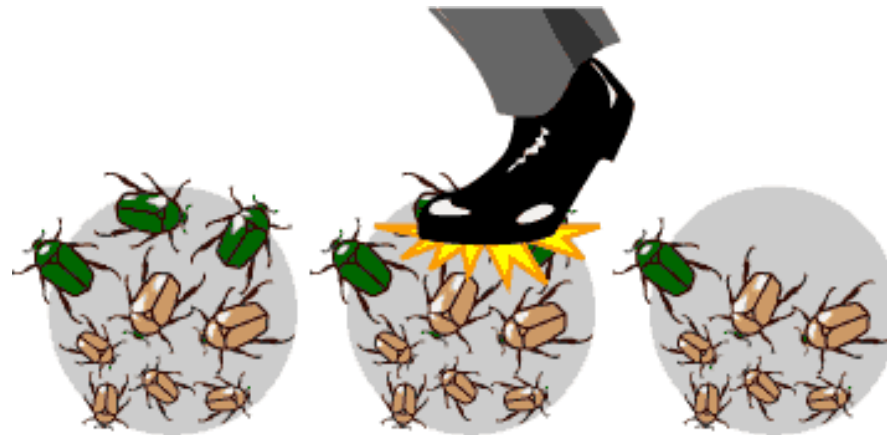
– v genomu jedince ca 110 mutací za generaci
(myšleno v průměru, v zárodečné linii)

Mutace jsou zdrojem genetické variability,
nikoliv evoluční síla pro populační změnu.

Genetický drift

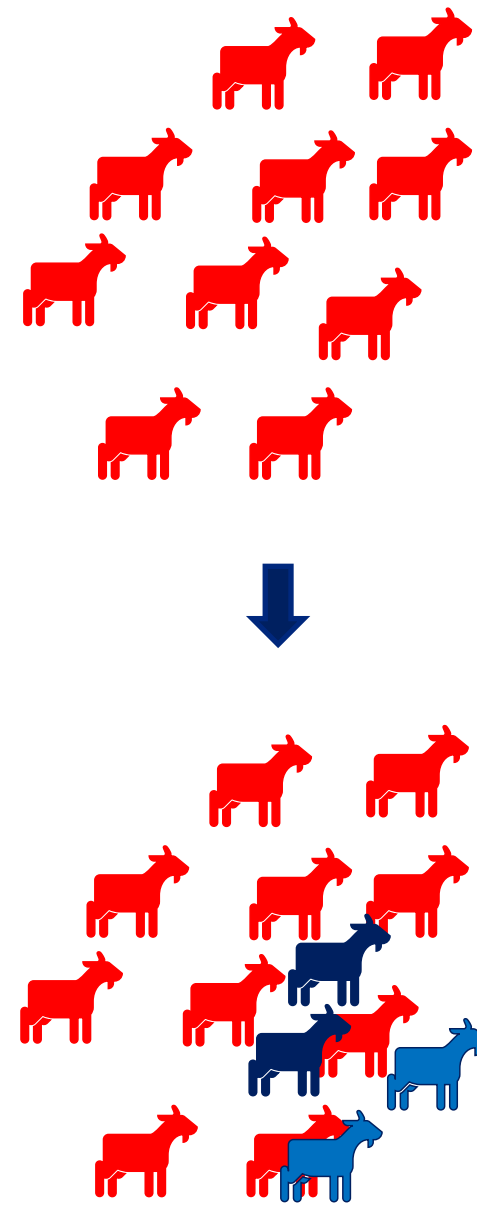
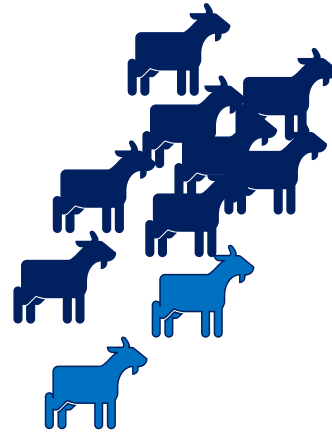
Na úrovni populací!

- náhodný posun ve frekvencích alel
- bez ohledu na fenotypový projev
- prakticky se uplatní jen pár gamet z teoreticky obrovského množství, tento náhodný výběr může posunout frekvence alel v populaci
- vede k fixaci nebo ztrátě alely, a to nevyhnutelně
- snižuje heterozygotnost



Genový tok

- pohyb alel mezi subpopulacemi
- spojené s migracemi, pokud se míchají.
- v cílové populaci může dojít ke zvýšení genetické variability, ve zdrojové pak ke snížení
- podstatně ovlivňuje variabilitu



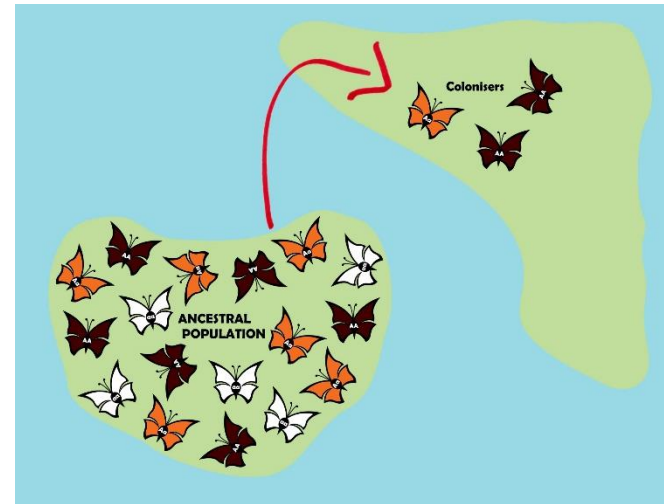
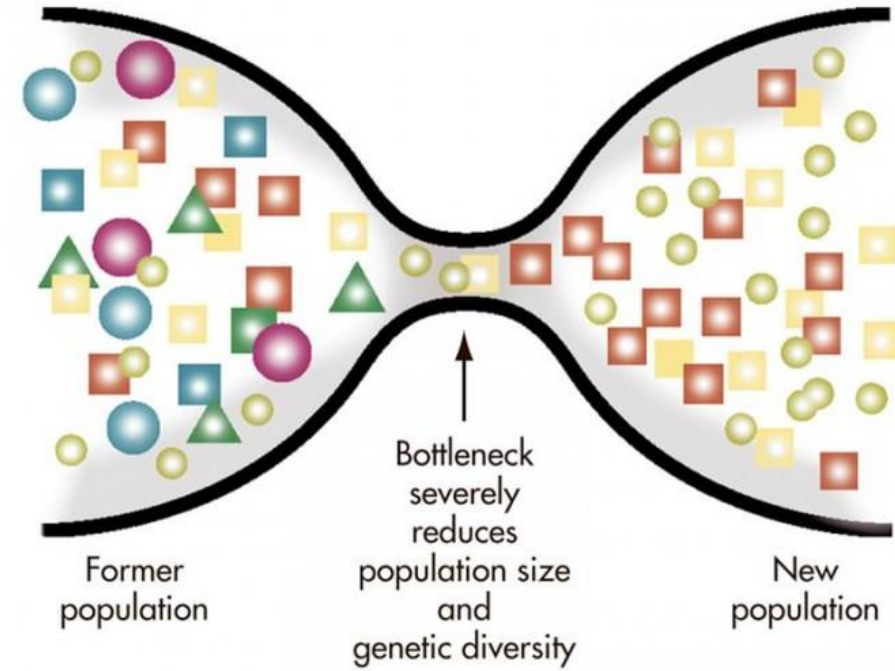
Tok genů

EXTRÉMNÍ FORMY TOKU GENŮ A DALŠÍCH PROCESŮ

- eliminace alel nebo snížení jejich četnosti v původní populaci
- zmenšení velikosti populace
 - efekt hrdla láhve
 - efekt zakladatele



(Robert Dodd)



Tok genů – Morava

Trvalejší osídlení

Paleolit

LBK a jiné

Keltové

Germáni

Slované

Maďaři

Slované

Chorvati

Habáni

Němci

Valaši

Dočasná vojska

Římané

Hunové

Avaři

Poláci

Švédové

Francouzi, Rusové

Němci

Rusové a Američané

Minority

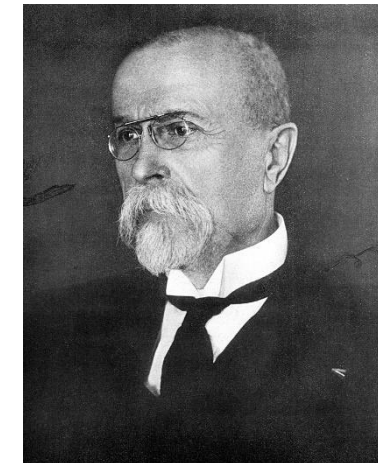
Romové

Židé

Řekové

Vietnamci

Sezónní pracovníci, studenti...



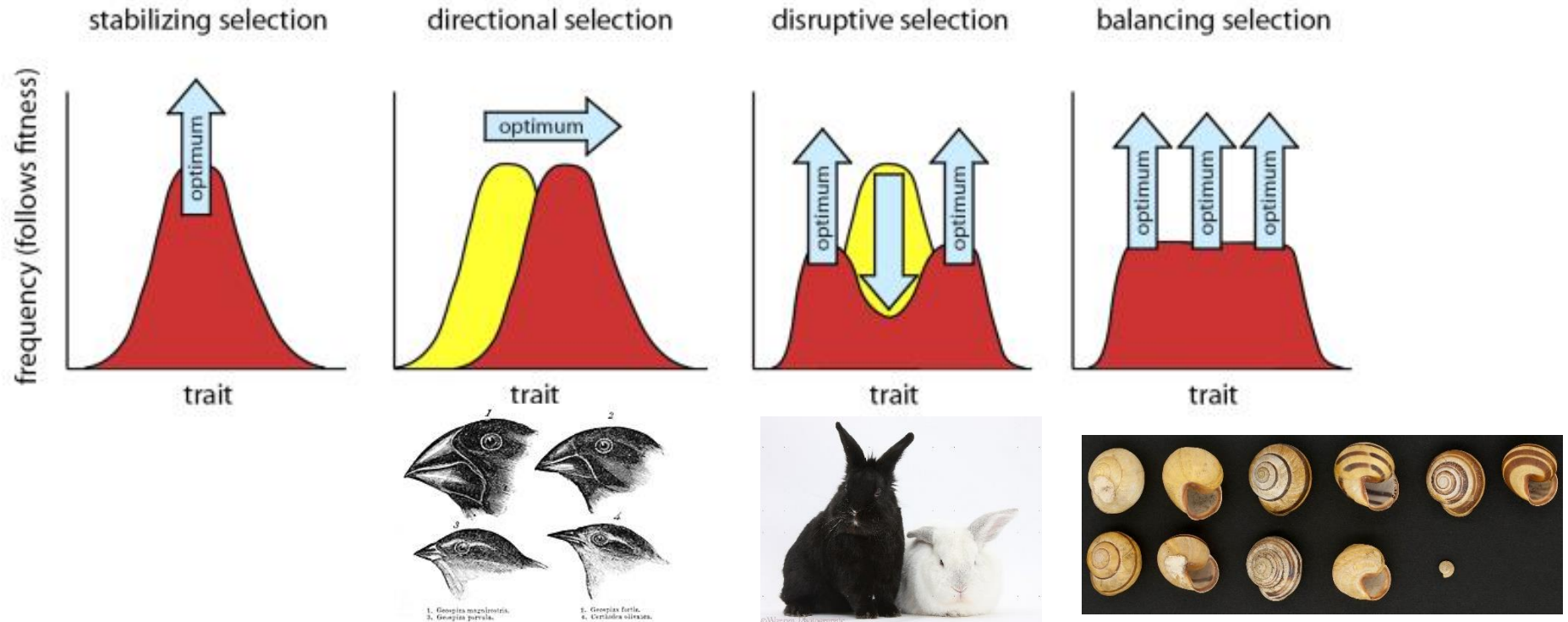
Ukrajinci

Slováci

Selekce

- změna frekvence alel prostřednictvím jejich výběrového přenosu do dalších generace na základě vlastností fenotypů, které podmiňují
- podmínkou je variabilita alel, která je způsobena mutacemi

Přírodní výběr
Pohlavní výběr



Adaptace

Proces, kterým získá organismus ve svém prostředí určitou výhodu

- platí pro jednotky od jedinců po populace
- dočasná nebo trvalá
- získaná během krátkého období nebo během života
- fyziologická, strukturální, behaviorální, kulturní změna, která zlepší výkon v daném prostředí
- evoluční/genetická – pokud má stres vliv na mortalitu nebo fertilitu

Dělení adaptací

A) ADAPTACE FYZICKÉ A FYZIOLOGICKÉ – KRÁTKODOBÉ A STŘEDNĚDOBÉ

Mechanismy: fyziologické, morfologické a jiné změny organismu v krátkém a středním časovém horizontu

Oblast zájmu: fyziologie, fyziologické antropologie, ergonomie, sportovní antropologie ...

B) ADAPTACE FYZICKÉ ONTOGENETICKÉ (VÝVOJOVÉ);

Mechanismy: vývojové prenatální a postnatální a růstové změny, nastavení metabolismu, učení imunitního systému, učení chování ...

Oblast zájmu: pediatrie, růstové antropologie, auxologie, vývojové psychologie ...

Dělení adaptací

C) ADAPTACE EVOLUČNÍ (GENETICKÉ)

Mechanismy: mutace a přírodní výběr - natural selection, pohlavní výběr sexual selection (jiné evoluční mechanismy: tok genů, genetický drift)

Oblast zájmu: populační genetiky, paleoantropologie, evoluční antropologie, behaviorální ekologie, evoluční psychologie ...

D) ADAPTACE BEHAVIORÁLNÍ/KULTURNÍ;

Mechanismy: změna chování, migrace populace, kulturní inovace, kulturní difuze ...

Oblast zájmu: etologie, sociální psychologie, demografie, sociální a kulturní antropologie ...

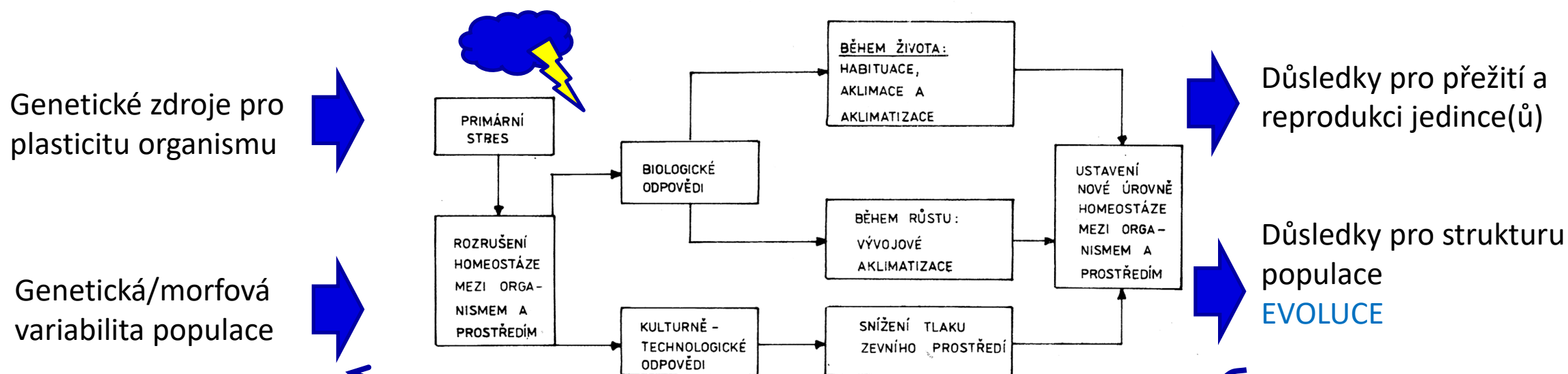
System adaptací

Základem všech životních funkcí je homeostáza na individuální úrovni (interaktor)

Primární stres - změna podmínek prostředí a porušení homeostázy

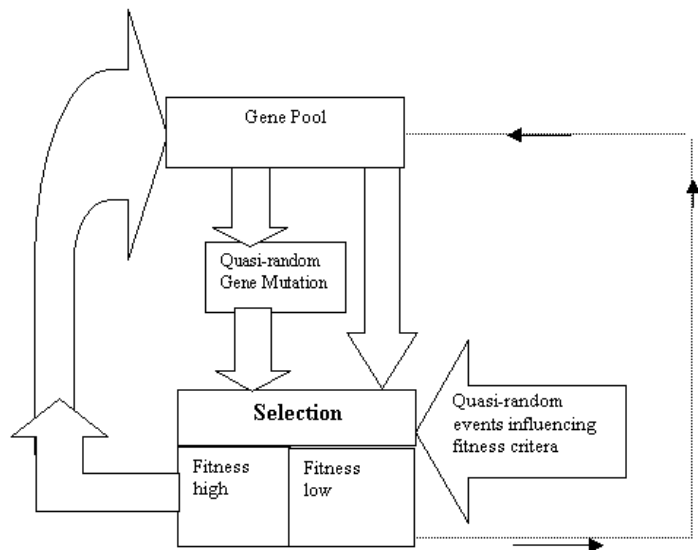
Odpověď biologická (fyziologické, aklimace, aklimatizace, vývojové adaptace až genetické/evoluční adaptace) a **kulturní** (technologická, sociální);

Obnovení homeostázy (v krátkodobé, střednědobém a dlouhodobém rozsahu).



Adaptace a variabilita

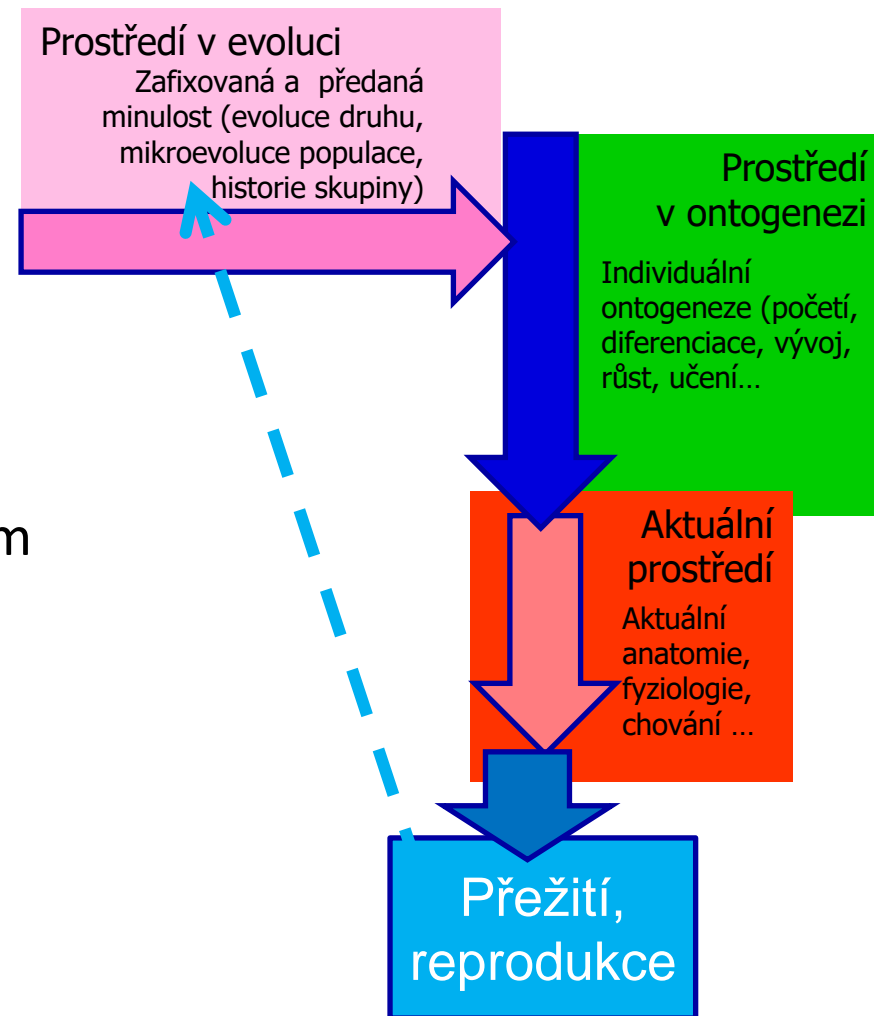
Konvenční mutačně selekční (neodarwinistický) model evoluce



Mutace není zdrojem evoluční změny – mutace není adaptací. Mutace je změnou na vlákně a mezi mutací a adaptací je spousta procesů

1. Náhodná mutace
2. Výhodný protein
3. Výhoda nějakého nositele – při konkrétním a výlučném mixu ostatních alel
4. Rozšíření mutace mezi potomky
5. Evoluční změna

Obecně – pozor na rétoriku **genocentrismu!**

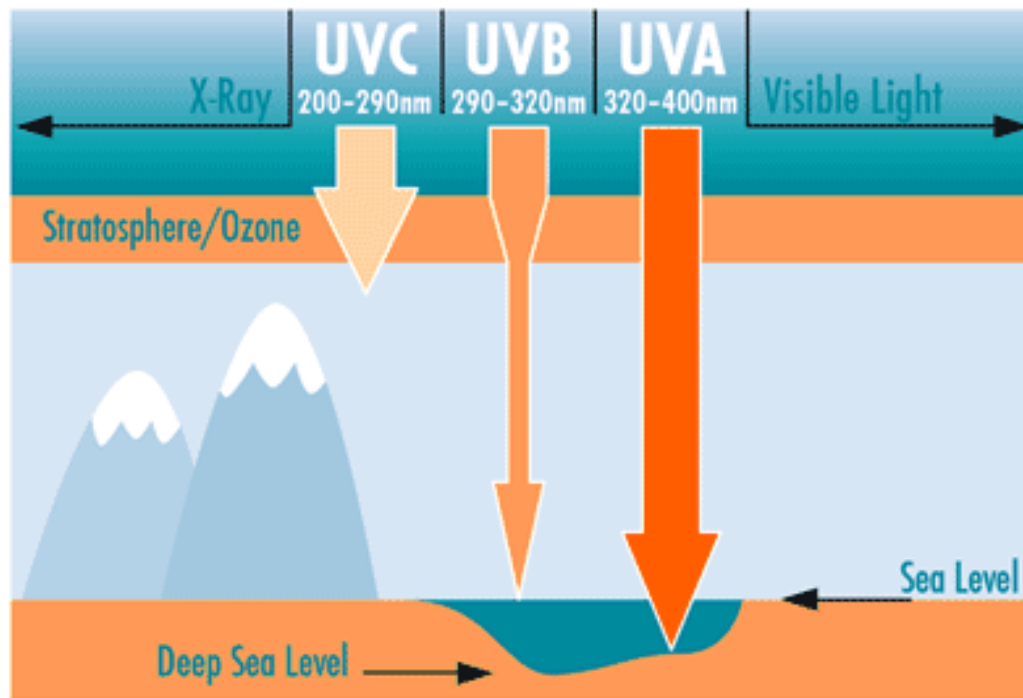




(National Geographic)

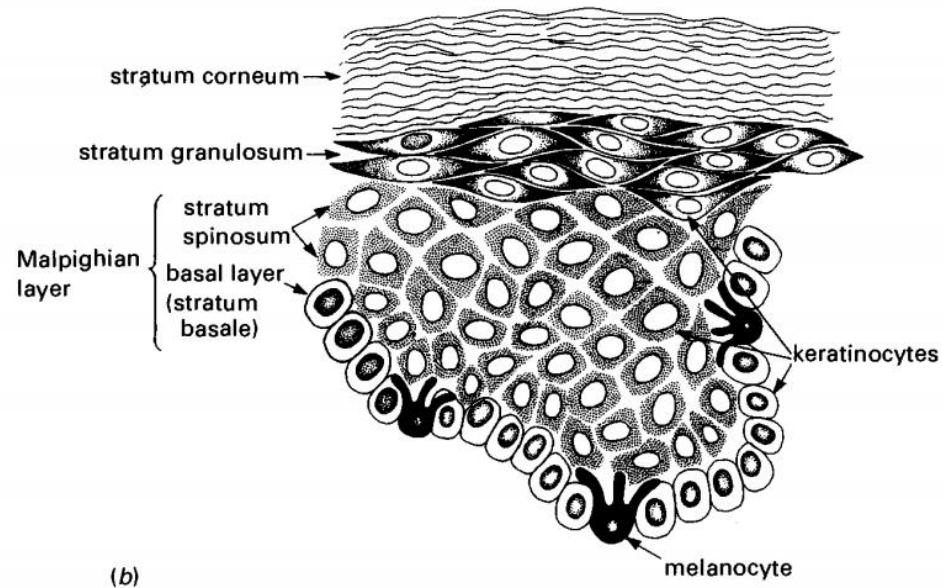
Melanin – fyziologický význam

- eumelanin má černou barvu – co to znamená?
- **pohlcuje vysoce energetické záření včetně ultrafialového a ionizujícího záření**
- **neutralizuje produkty interakce tohoto záření s buněčnými strukturami**



(sincareclub.wordpress.com)

Uložení melaninu v kůži



(b)

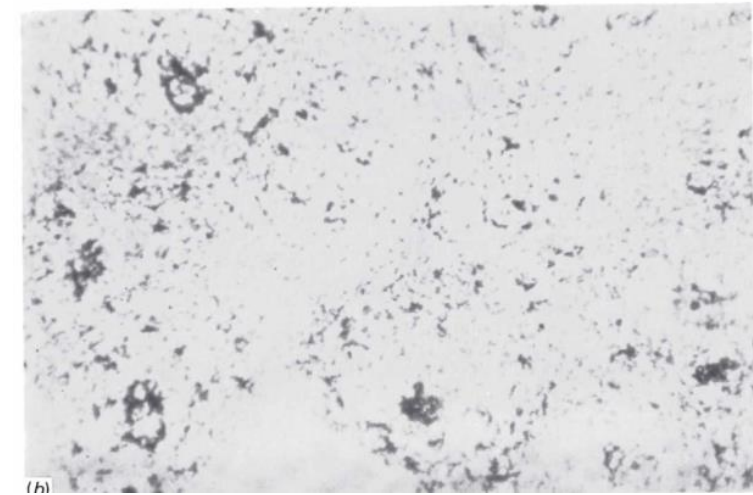
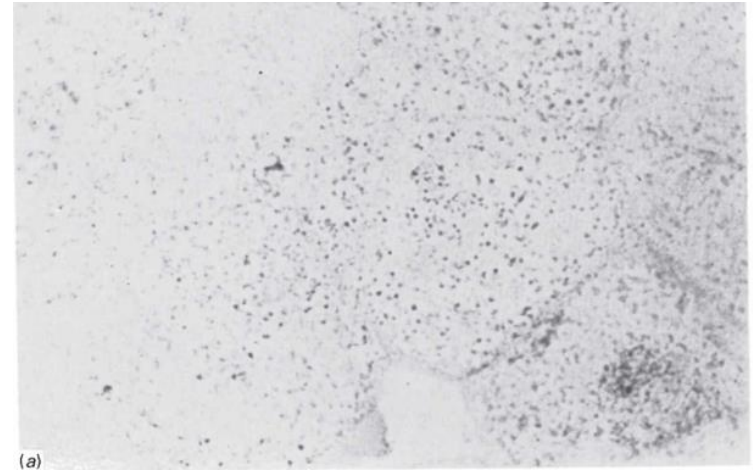
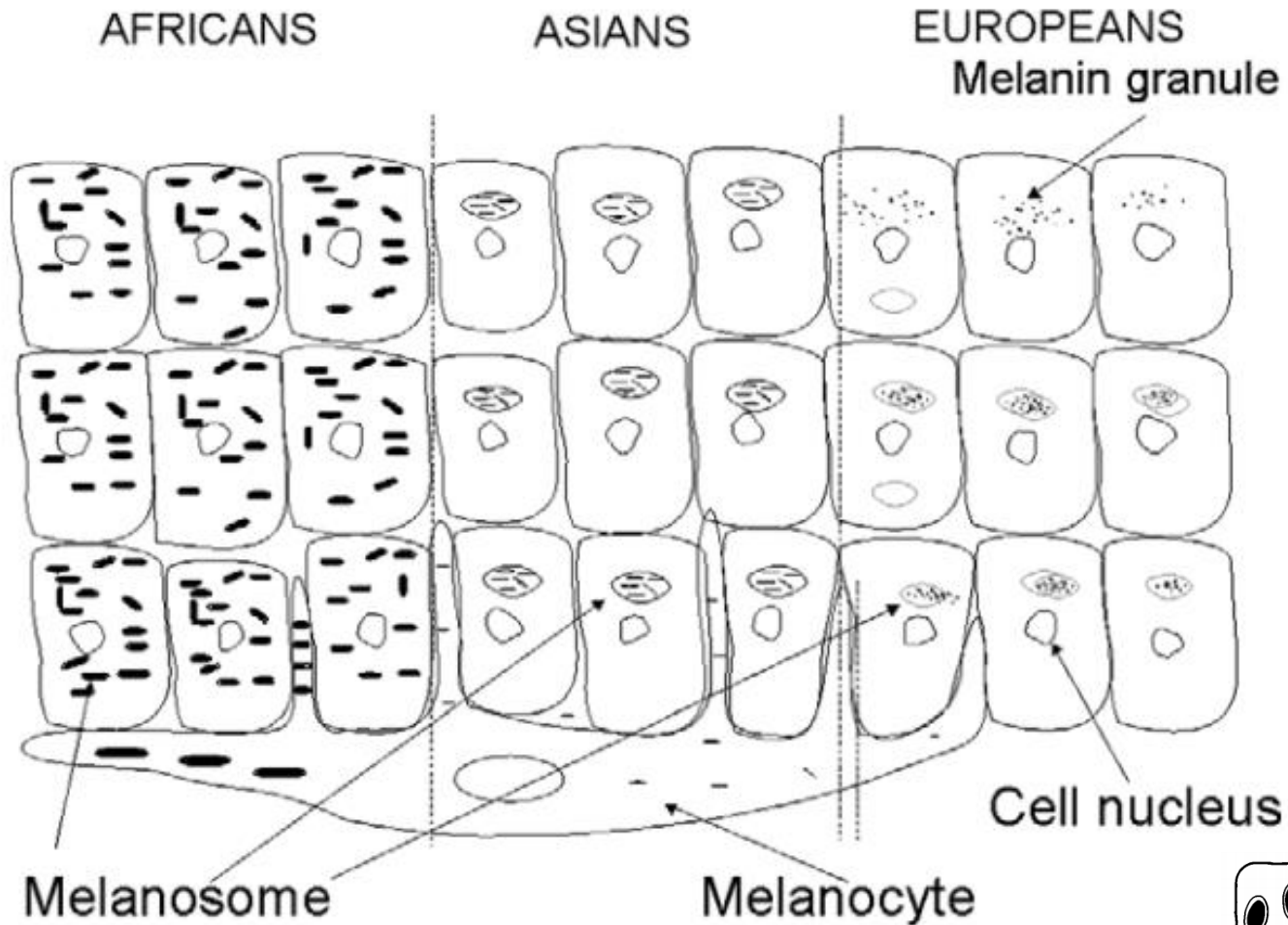


Melanocyty

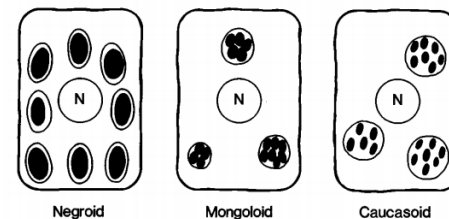
- uložené na rozhraní dermis a epidermis
- k bazální lamině připojeny hemidesmosomy
- migrují během nitroděložního vývoje z neurální lišty

Zdroje variability v populaci

- o nahloučené vs. rozptýlené



evropský vs. africký původ



Hodnocení zbarvení kůže

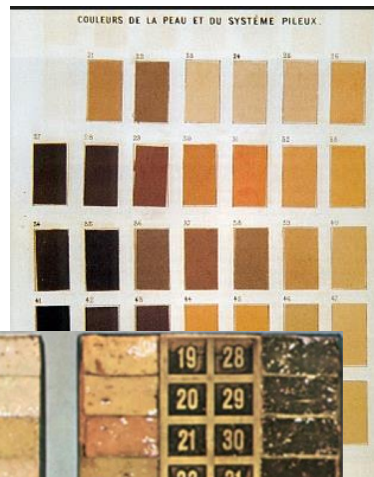
- **standardní** podmínky – např. z hlediska vnějších vlivů
- na **standardní** oblasti těla – **vnitřní strana paže** nad loktem, čelo, dorzální strana ruky – ve standardní poloze
- **standardními** postupy – reprodukovatelnými!

Slovní hodnocení

- světlá, střední, tmavá

Srovnávání s barevnou škálou

- subjektivní
- škálujeme – dělíme spojitou variabilitu do kategorií

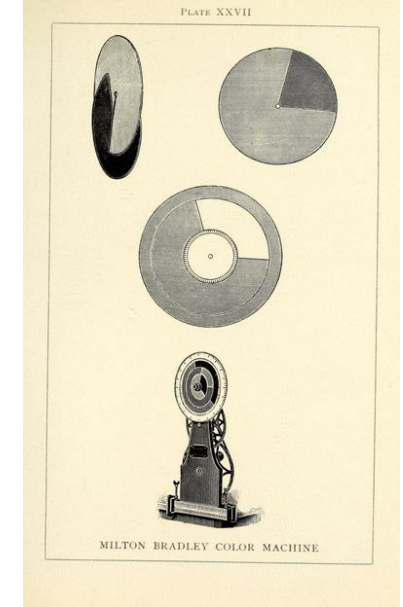


Brocova tabulka



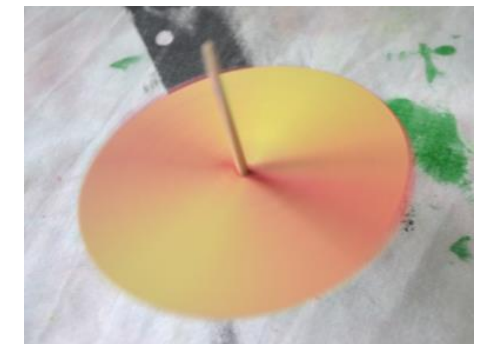
von Lushanova tabulka – 36

skleněných destiček



Bradleyho barevná káča (Maxvelovy disky)

- míchání barev – konečná barva dána proporcí jednotlivých barev – možnost numericky hodnotit



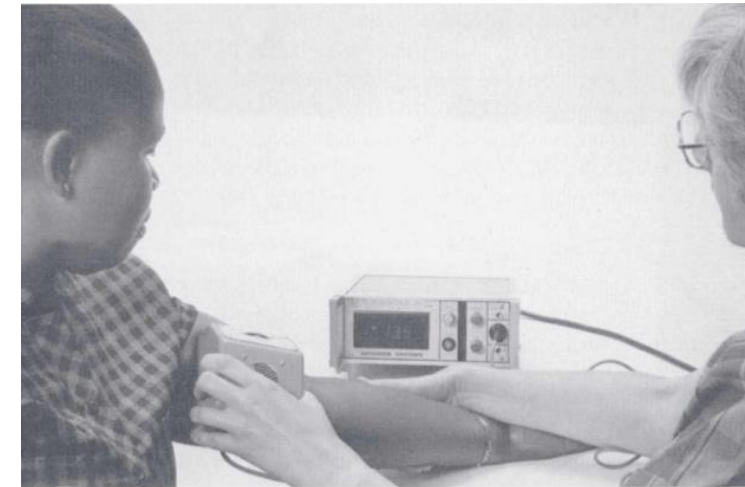
Hodnocení zbarvení kůže

Přenosný odrazový spektrofotometr (*reflectance spectrophotometry*; používán ca od 30. let; Edwards a Duntley 1939)

- původně měřil odraz od kůže na všech vlnových délkách – % odraženého světla

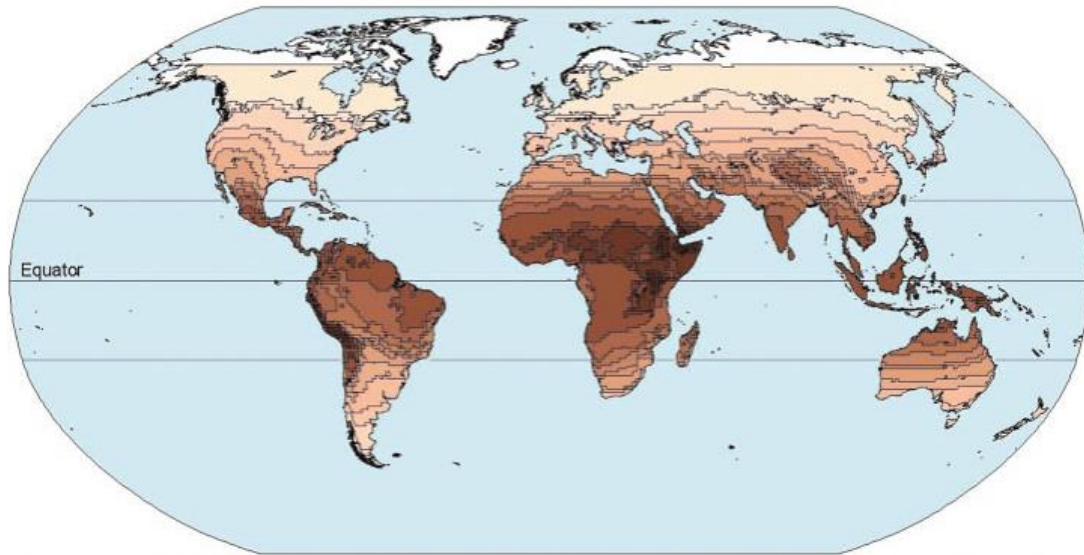
E.E.L. spektrofotometr (*Evans Electroelenium Limited*; nověji D.S.L.; poprvé Weiner 1951)

- světlo zaostřené do malého bodu je promítáno na povrch kůže pod 45° úhlem
- vlnová délka promítaného světla je upravena 9 filtry
- odraz je snímán fotobuňkou – je měřena intenzita odraženého světla vůči standardu (0–100)



Variabilita pigmentace kůže – geografie

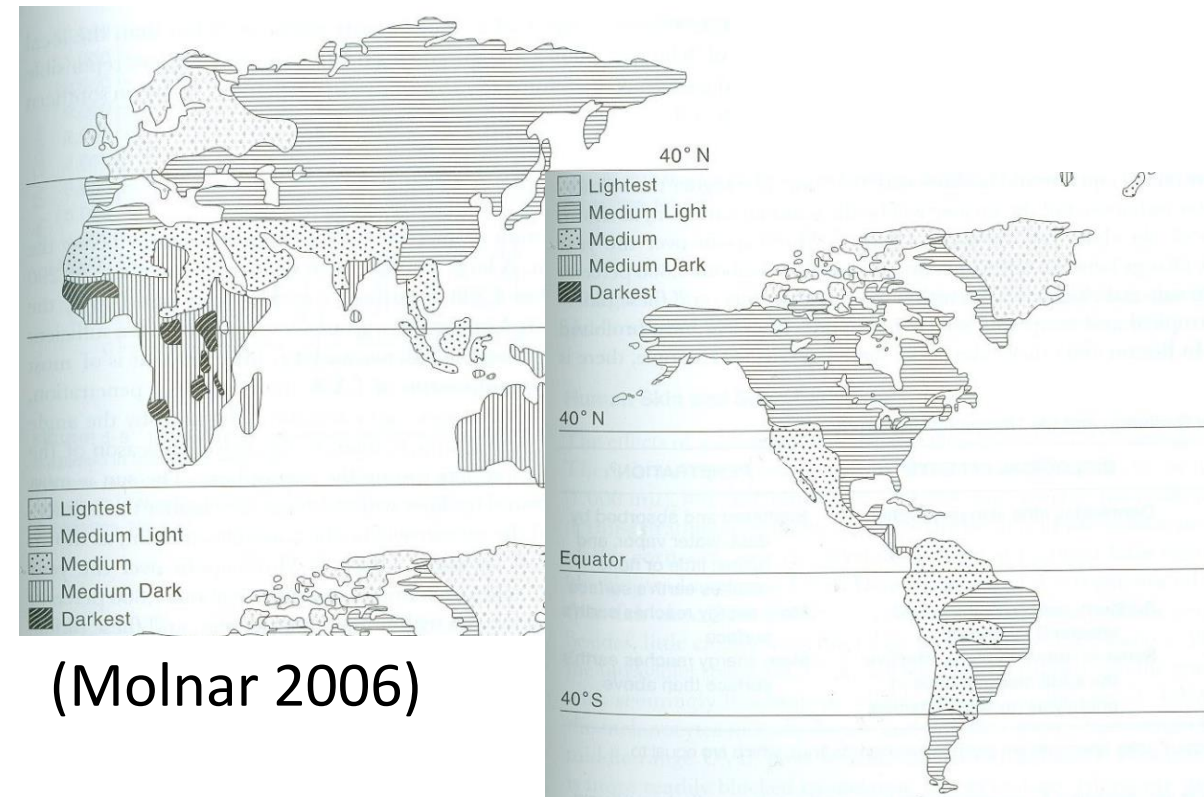
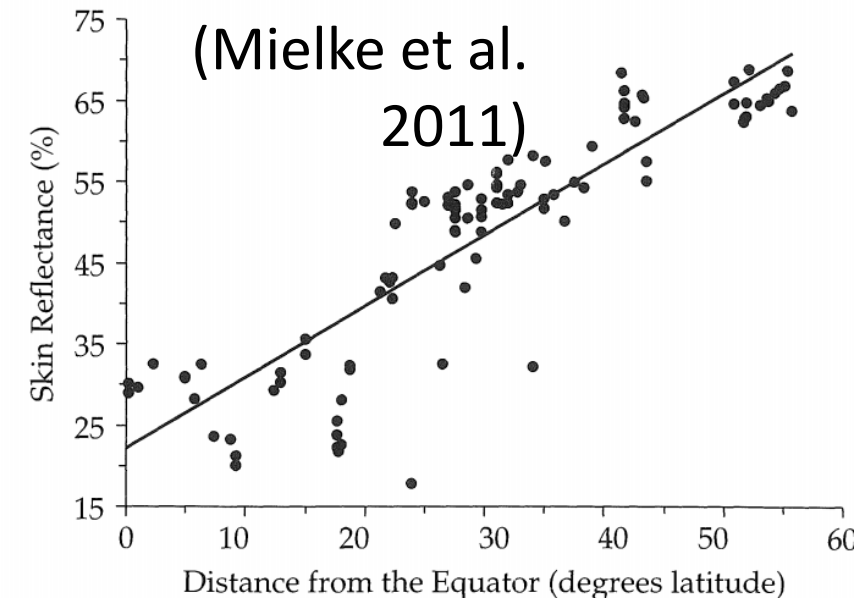
- koreluje jak se zeměpisnou šířkou, tak s **intenzitou UV záření** na základě satelitního mapování ozónové vrstvy (Jablonski, Chaplin 2000)
- 77 % proměnlivosti vysvětleno zeměpisnou šířkou
- **nejvíce podzimního (dominuje UVA; Chaplin 2001 a 2004) – $r = -0,93$**



Map of skin color reflectance predicted from multiple regression. Map is generalized to reduce number of polygons

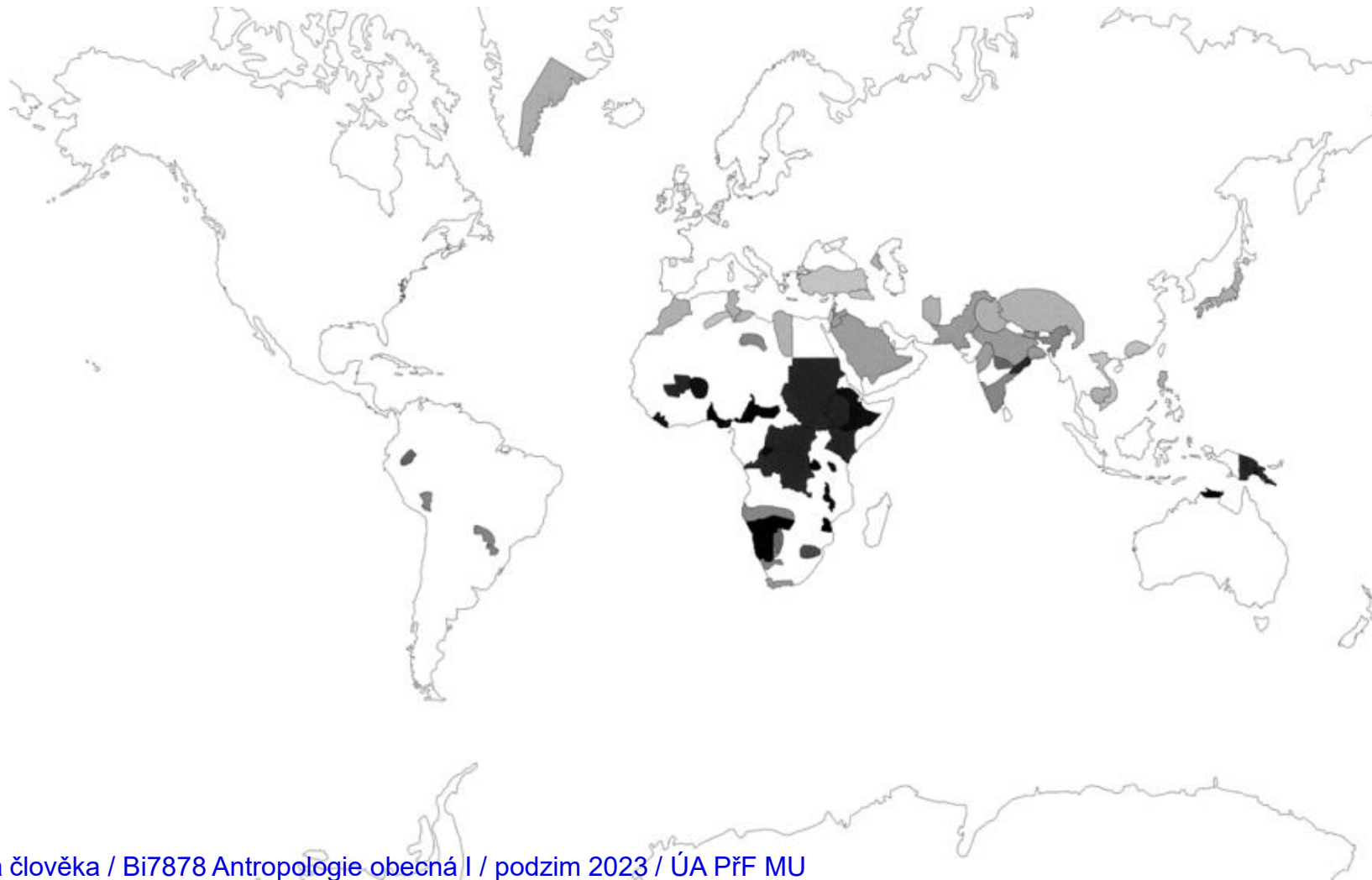
27 Variabilita člověka / Bi7878 Antropologie obecná / podzim 2023 / ÚJ PŘF MU
102 populaci, mužů, E.E.L. 609 (Chaplin 2004)

Lighter skin
↑
↓
Darker skin



(Molnar 2006)

Variabilita pigmentace kůže – geografie



mraky

- zadržují víc IR než UV!

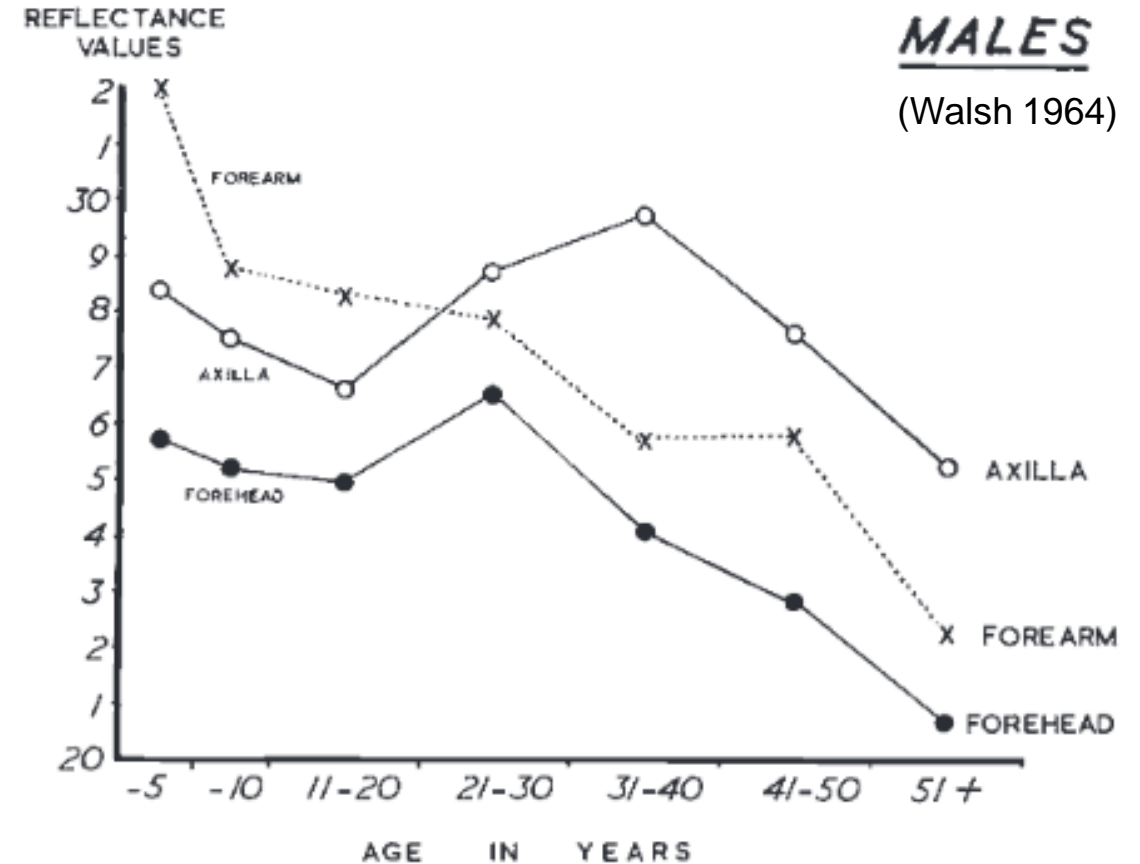
zeměpisná šířka

- na rovníku za rok 300 x více než na 50. rovnoběžce (290 nm)

Variabilita pigmentace kůže - ontogeneze

- **děti zpravidla světlejší než dospělí**
- do 32. týdne nitroděložního vývoje nejsou mezi populacemi rozdíly (Post et al. 1976)
- již při narození ustavena variabilita mezi exponovanými a neexponovanými oblastmi (Post et al. 1976; Walsh 1964)

- **muži zpravidla tmavší než ženy** – pravděpodobně různé množství melaninu (Jablonski & Chaplin 2000; Frost 1988)
- v průměru je rozdíl 3–4 %
- **exponované oblasti** – bez výjimky
- „**neexponované**“ **oblasti** – výjimkou jsou Dánové, Belgičané a **Kurumbové**



Evoluce pigmentace

Období posledních ca 6 milionů let

Původní stav?

Balík adaptací na život a aktivní pohyb v savaně – **ztráta ochlupení, zvětšení počtu potních žláz** (Jablonski a Chaplin 2000)



nové fyziologické nároky na kůži – ochrana proti UV (2 mil. BP?)



růst pigmentace

(mimo jiné silná selekce MC1R; Rogers 2004)

a světlání kůže při rozšiřování
populací do mírnějších pásem
dále od rovníku



Evoluce pigmentace

Období posledních ca 6 milionů let

- ke ztrátě pigmentu pravděpodobně došlo několikrát, nezávisle na sobě tak, jak probíhaly různé rozptyly z Afriky (H. erectus, H. heidelbergensis, H. sapiens)
- variabilita u moderního člověka je pravděpodobně otázkou posledních 50 000 let

aDNA neandrtálce – bodová mutace MC1R (A 319 G, argini → glycin) znamenající světlou kůži a zrzavé vlasy

nikdy se u moderního člověka nenašla, ale jiné bodové mutace podmiňující zrzavé vlasy ano

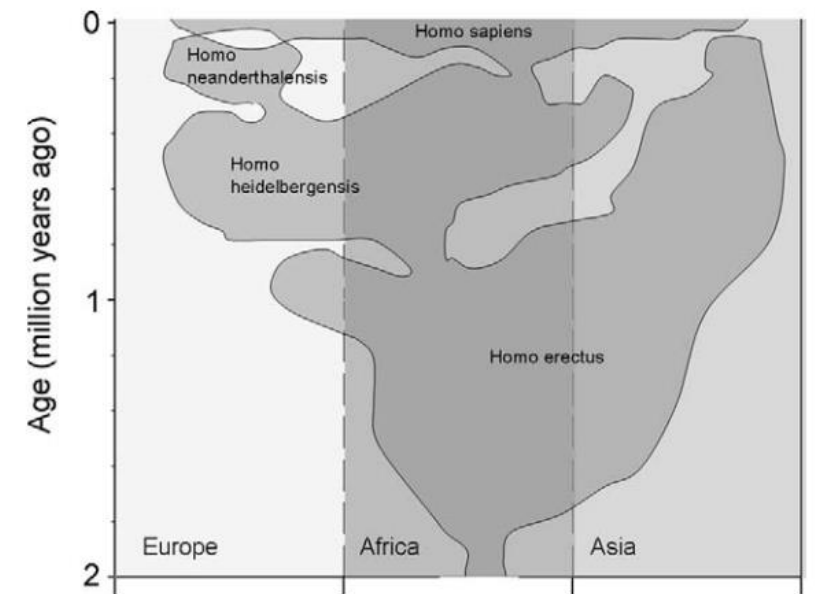


Fig. 1. One possible model of the origin of our species (adapted from Ref. [16]).

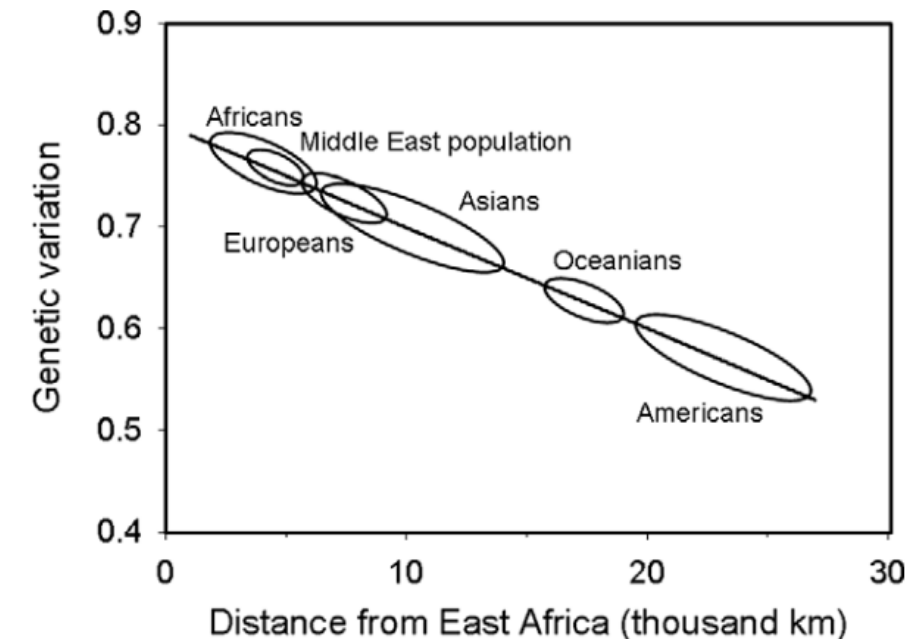


Fig. 2. Genetic variation versus distance from East Africa [17].

Evoluce pigmentace – proč tmavnutí

Prevence popálenin ze slunce? (Byard 1981)

- UV záření těžce poškozuje kůži
- přetěžuje kapiláry, může poškodit kožní žlázy (poruchy termoregulace) a buňky imunitní obrany (Langerhansovy buňky), způsobit otoky – odlupování epidermis → otevřené rány; destrukce kolagenu
- + při přechodu do savan měli tmavší jedinci výhodu
- **jistě nepříjemné, ale samotné neohrožují na životě a nejsou důkazy, že by snižovaly fitness**
- **snížení schopnosti pocení není kritické**



Karcinom kůže? (Rees & Flanagan 1999)

- poškození genů UV zářením – skutečně více radikálů a porušení molekul v světle pigmentovaných buňkách (cyklobutan pyrimidin) a snad ještě více v buňkách obsahujících pheomelanin
- + incidence nádorů kůže se se zeměpisnou šířkou skutečně snižuje, u světleji zbarvené populace je výskyt nádorů vyšší než u tmavěji zbarvené (5:100 000 vs 113:100000)

ale

- **poškození buněk UV zářením spojeno s typy nádorů postihujícími starší jedince**
- **před 1970 velmi malá mortalita (slabý faktor)**

Evoluce pigmentace – proč tmavnutí

Toxicita vitaminu D? (Loomis 1967)

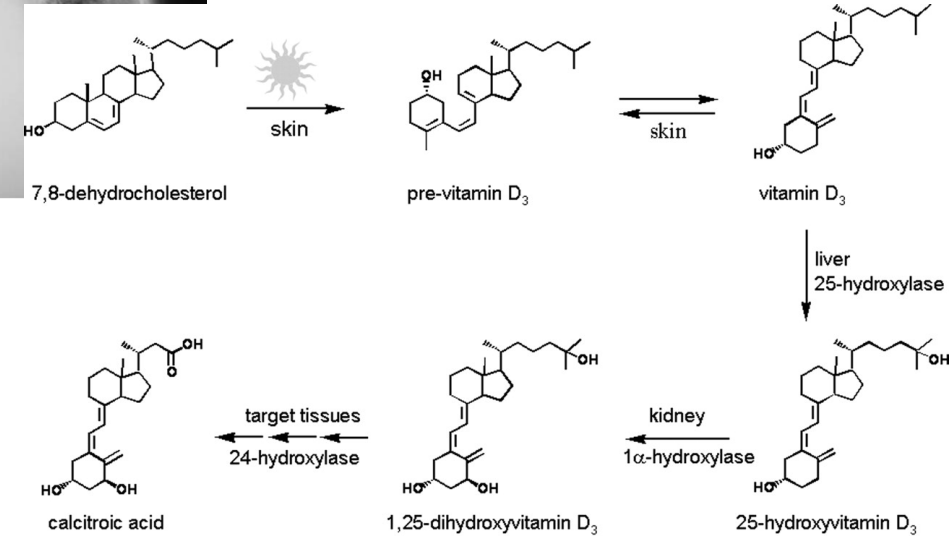
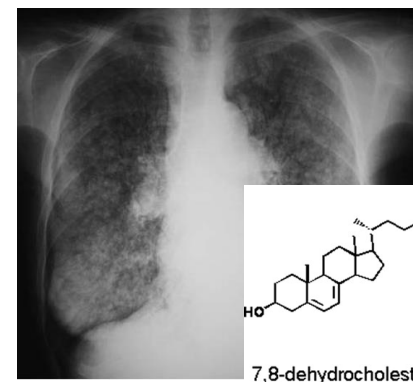
- + vysoké dávky mohou působit toxicky (nadměrná absorpce vápníku, selhání ledvin, smrt)
- ztmavnutí mělo zabránit hypervitaminóze
- je **daná maximální tvorba v kůži**, dál už pak množství vit. D neroste

Maskování

- počítalo s prostředím s nízkým jasem, jako je tropický prales (Morison 1985), k evoluci ale docházelo v savanách

Zlepšená imunita

- eumelanin jako zbraň ze proti tropickým onemocněním (MacKintosh



Evoluce pigmentace – proč tmavnutí

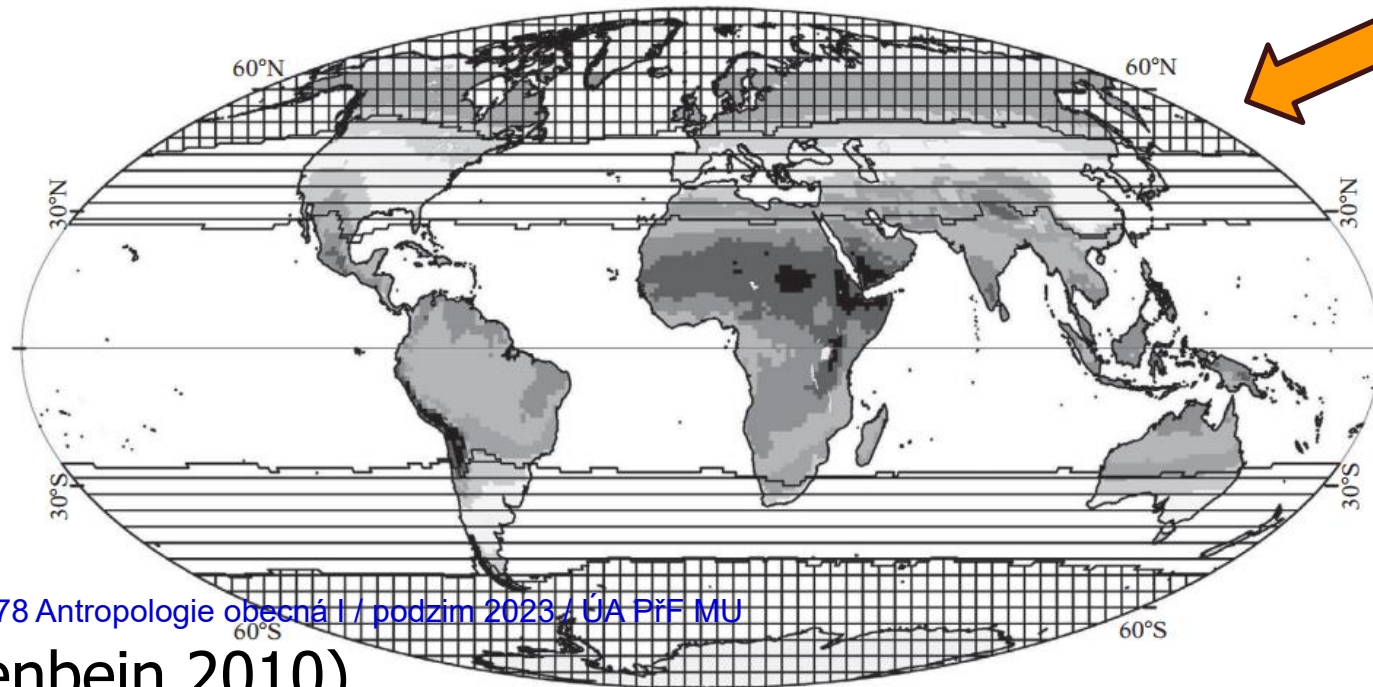
Prevence fotolýzy folátu (Branda & Eaton 1979) a dalších fotosenzitivních látek (Jablonski a Chaplin 2000) vlivem **UVA!!!**

- i při krátkodobé expozici UVA dochází ke snížení koncentrace kys. listové v séru
- deficiencie u matek vede k vývojovým vadám a degenerativním onemocněním (Lucock et al. 2003) – vývoj nervové trubice, potraty, spermatogeneze
- pacienti s vitiligem mají nižší hladinu kyseliny listové
- Afroameričané skutečně mají nižší frekvenci deficiencie folátu a také vrozených defektů nervové trubice
- **snad nejvýznamnější faktor**

Evoluce pigmentace – proč světlání

Deficience vitamínu D? (Loomis 1967)

- potřeba reagovat na prudké snižování UVB (290–315 nm) dávky směrem k pólům
- UVA negeneruje, ale může už vytvořený vit. D rozložit
- tmavá musí být vystavena UV až šestkrát déle než kůže světlá

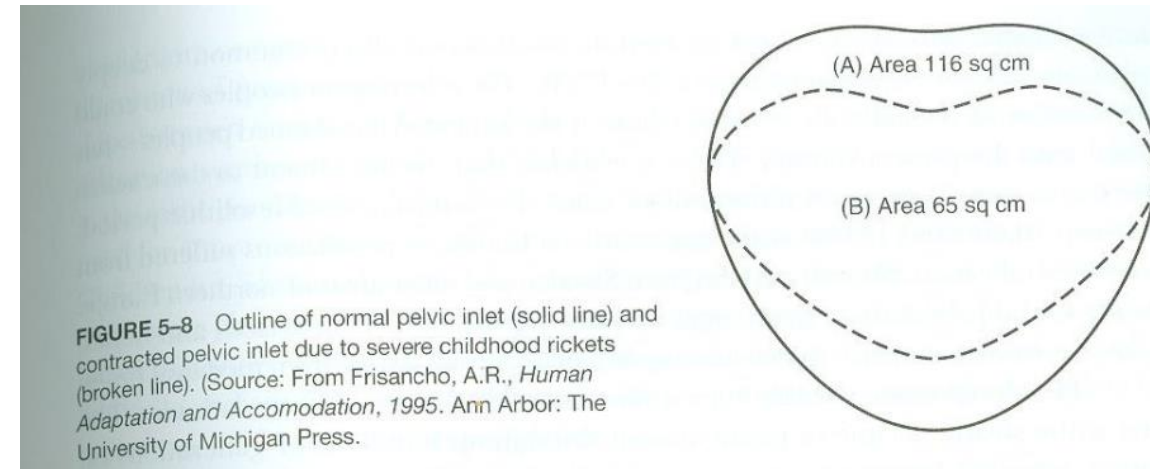


pouze ve
vrcholném létě a
ne celoroční
spotřebu

jeden měsíc v
roce

Evolve pigmentace – proč světlání

- křivice (rachitis) může ve vážnější formě poškodit životaschopnost postižených (lovecká zdatnost...), méně závažná forma pak může **vést například ke zmenšení porodního kanálu**
- **rakovina, imunitní systém**



- + před podáváním vit. D měly afroameričanky 15 % výskyt deformace pánevních kostí (Ev. 2%)
- + - **křivice není tak častá**, zejména ve venkovských oblastech, stále zvládají vyrobit dost vit. D. Navíc v archeologickém záznamu je vzácná – aby to byl hlavní faktor, musela by být častější
- **ALE** selekční tlaky nemusejí být velké a tmavá kůže skutečně dál od rovníku souvisí s nižší

Chladové poranění?

- Post et al. 1975 – pigmentovaná kůže je náchylnější k poškození chladem – pigmentovaní vojáci byli 6x častěji postiženi omrzlinami než vojáci světlé pleti
- tmavé fleky morčat postiženy více než světlá kůže
- zde tedy vztah s průměrnou roční teplotou
- podle oponentů mohou výsledky Post et al. 1975 **odrážet také rozdíly v distribuci tuku a pojivové tkáně a také rozdíly ve výbavě vojáků různé barvy pleti**

Neutrální mutace (Brace 1963)?

- nastřádání neutrálních mutací v genech **souvisejících s tmavým zbarvením po odstranění tlaku UV**

+

Pohlavní výběr? (Aoki 2002)

- snížení potřeby ochrany proti UV umožnilo zapojení preference světlejší kůže
- **47 z 51** společností (Berghe & Frost 1986)
- preference fekundity?

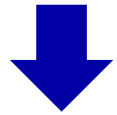
- **výsledkem by velmi pravděpodobně byla mnohem nahodilejší distribuce**
- moderní analýza MC1R (Harding et al. 2000) - silná selekce v Africe, ale nedostatek důkazů pro selekci u evropských populací. Diverzita MC1R v Evropě odpovídá neutralitě změn
- jiné analýzy MC1R (Rana et al. 1999) a SLC24A5, MATP a TYR (Norton et al. 2006) podporují **selektivní výhodu zesvětlení kůže v Evropě – klinální charakter i v Amerikách**

Přenos tepla

- přenosem z teplejšího do chladnějšího, změnou skupenství
- **vedení tepla** (kondukce) – na vzduchu **malý význam, 3 % tepelné výměny** – převod kinetické energie kmitavého pohybu přímým stykem; míra je dána tepelnou vodivostí (vzduch 0,03; voda 0,63).
- **proudění tepla** (konvence) – předání do okolního vzduchu vedením a následné odvedení pohybem vzduchu (to samé pro vodu)
- **sálání** (radiace) – až **60 % tepelné výměny** – jediné bezkontaktní – elektromagnetické záření rovné rozdílu čtvrté mocniny povrchové teploty **organismu a objektů v jeho okolí**
- **odpařování** (evaporace) – 22 % odvedeného tepla – odpařování vody z pokožky a sliznice úst a dýchacích cest. Denně se odpaří ca 600 ml vody. Se vzrůstající teplotou okolí a těla nabývá na důležitosti.

Termoregulace

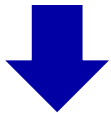
nervová zakončení v kůži (důležitá je tvář, *scrotum*) a tělním jádru (hypotalamus, mícha, prodloužená mícha)



nervová propojení

CNS (přední a zadní lalok hypotalamu)

sympato-adrenomedulární systém, sympatikus a další



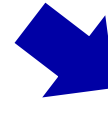
chování



vasokonstrikce a
vasodilatace



aktivace potních
žláz



svalová aktivita



ovlivnění metabolismu přes
endokrinní žlázy

- teplo produkováno buňkami (které zároveň musejí udržovat svoji homeostázu) a předáváno dál vedením a prouděním tepla v rámci organismu

Modely termoregulace – příklad regulačního modelu

- CNS vyhodnotí rozdíl informace z kůže a tělesného jádra
- výstupem je efektorům zbavování se nebo produkce tepla
- pravá komora a plíce jsou teplotní směšovač, krev, která je opouští působí na receptory jádra dochází ke zpětnovazebné kontrole
- nový stav je vyhodnocen pomocí porovnání teploty krve (zastupující celkovou teplotu) s referencí

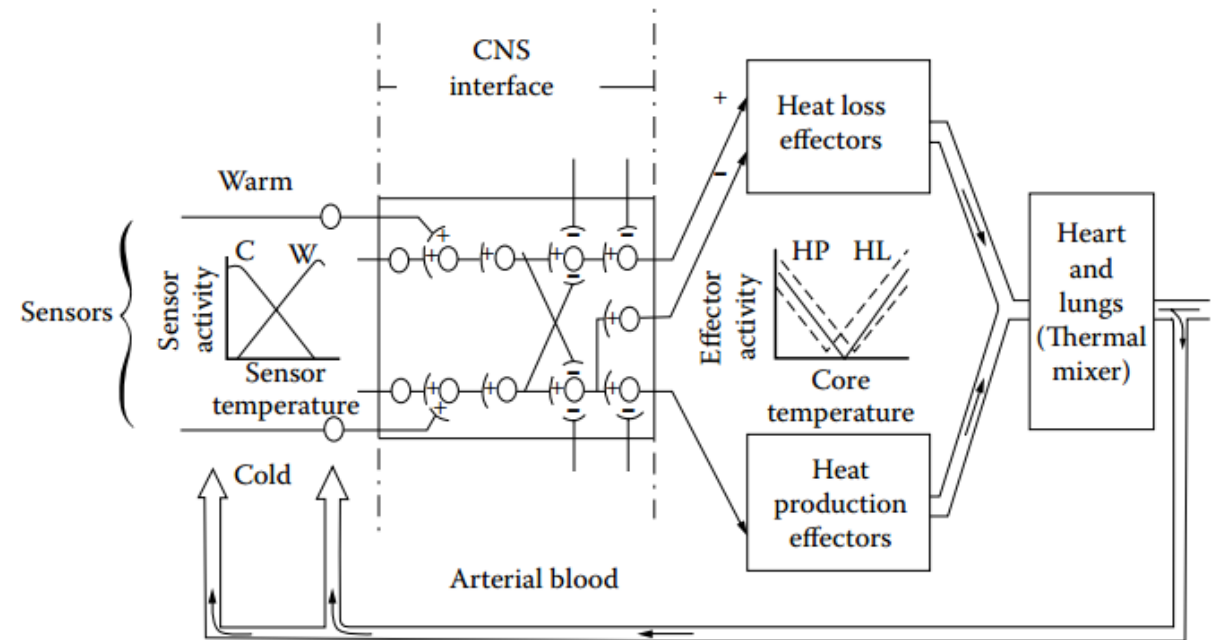


FIGURE 3.3 Diagrammatic representation of a thermoregulatory system adapted to give expression to the concepts of how the afferent pathways from the thermosensors might relate centrally to the efferent effectors. (Adapted from Bligh, J., *Heat Transfer in Medicine and Biology—Analysis and Applications*, Shitzer, A. and Eberhart, R.C. (eds), Plenum Press, New York, 1985.)

Udržení homeostáze



Pasivní (izolace)

podkožní tuk a srst
svaly
tvar těla



Behaviorální

oblečení izolující povrch těla
přístřeší
ohně
spaní ve skupinách blízko ohně
(Austrálci)
kulturní zvyky a individuální
dovednosti

Pokles pod práh



Fyziologické změny

omezení průtoku
periferními cévami

piloerekce

generování tepla
metabolizmem

(Stinson 2012)



Působení chladu

Vyšší mortalita

- sušší vzduch
- respirační potíže
- náledí
- zhoršené světelné podmínky
- vysoký rozsah teplot
- nejvyšší jsou rozdíly v teplejších oblastech

Stěhování US seniorů za teplem může přispívat 4–7 % ke střední délce života (Deschenes a Moretti 2009)

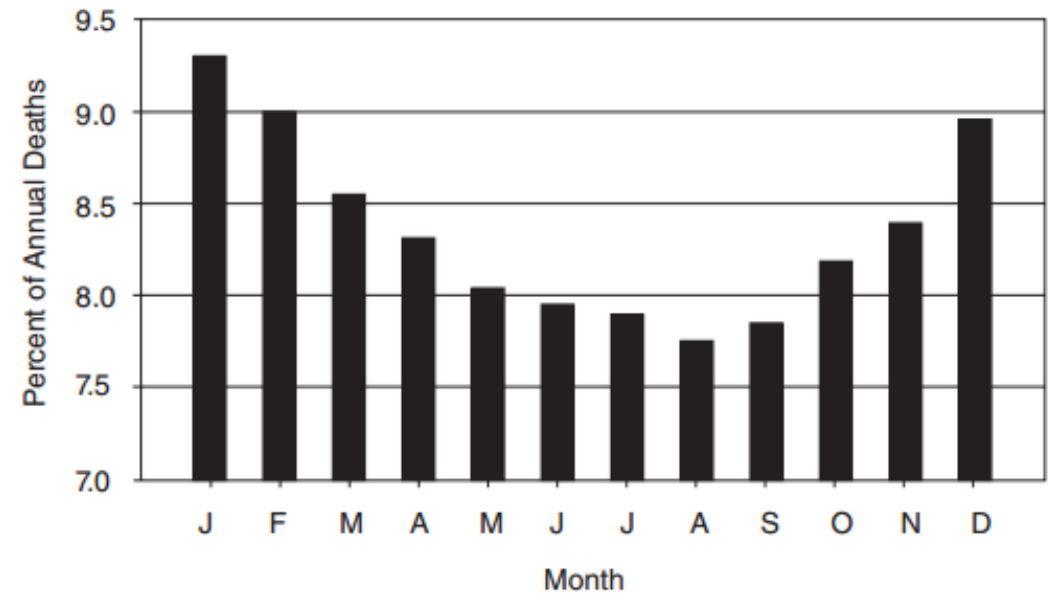


Figure 6.4 Gross mortality (in percentage of annual deaths) for 12 cities across the United States, 1975–1998. Reprinted with permission of the American Meteorological Society. Dixon et al. 2005. BAMS 86:939.

(Stinson 2012)

TABLE 6.2 World War I Military Cold Injuries, 1914–1918, Resulting from Trench Foot^a, Frostbite, and Hypothermia

Country	# Injured
France	79,465
Britain	115,584
Italy	38,000

^a Trench foot is now called “nonfreezing cold injury.” Pandolf and Burr (2001) reviewed a broad range of cold injuries.

(Stinson 2012)

Reakce na chlad

Vasokonstrikce

- brání rychlému vychladnutí jádra
- zpětný ohřev
- vystavuje povrch **riziku poškození chladem**



CIVD (cold-induced vasodilation; Lewis 1930)

- uvolnění povrchových cév po minutách stažení a prohřátí periferie
- snad dáno zchlazením sympatických nervů v periferní tkáni
- při hypotermii chybí

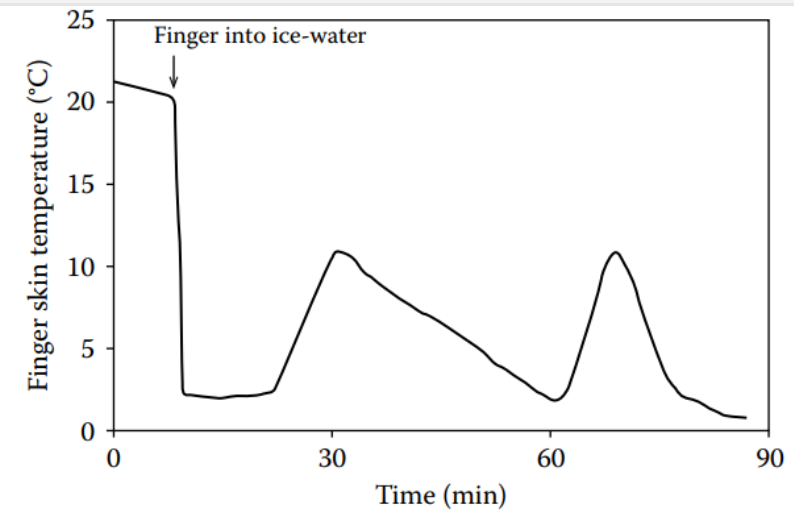


FIGURE 15.1 The effects of cold-induced vasodilation (CIVD) on finger skin temperature, measured with a thermocouple under adhesive tape. (Adapted from Lewis, T., *Heart*, 15, 177–208, 1930.)

Piloerekce

- napřímení vlasu/chlupu pilomotorickými svaly
- může být významný – při třesu, v bezvětrí a snad v kombinaci s oblečením

Třes

zvýšení tonu a asynchronní kontrakce flexorů a extenzorů

- třes až **zpětinásobuje** produkci tepla oproti klidové fázi
- zároveň ale zvyšuje výdej do okolí

Volní cvičení

- až desetinásobné navýšení metabolické aktivity (udržitelné 3–4násobek)
- vysoký podíl svalové hmoty u současných i minulých populací z chladných oblastí

(Holliday 1997)



Reakce na chlad – mezipopulační rozdíly v překonávání chladu

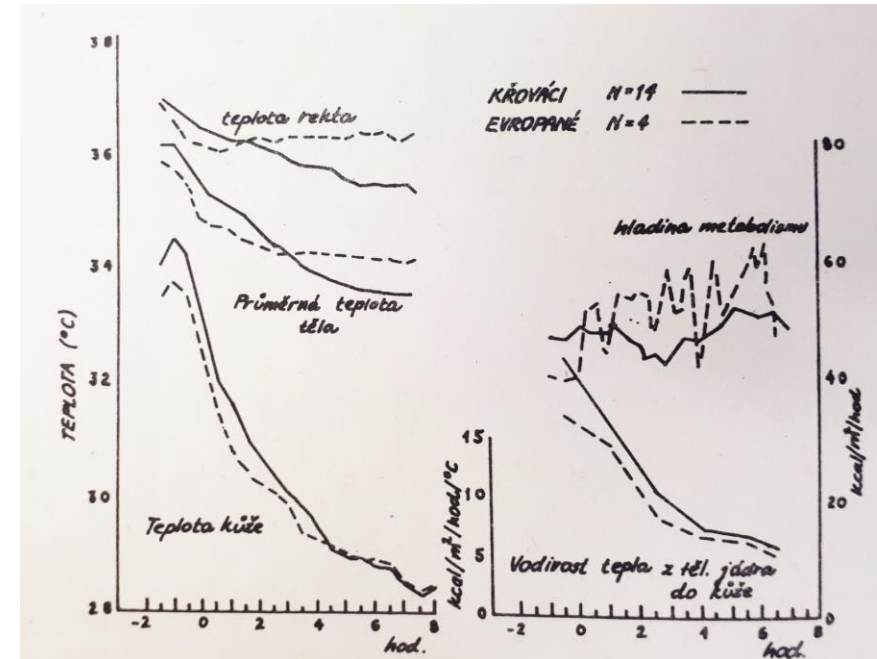
Typ I

- zvýšení metabolismu a produkce tepla (arktičtí indiáni, Kečuové, Eskymáci, nepřizpůsobení Evropané)
- spojeno s vysoce energetickou potravou, bohatou na tuky

Typ II (energeticky úsporný)

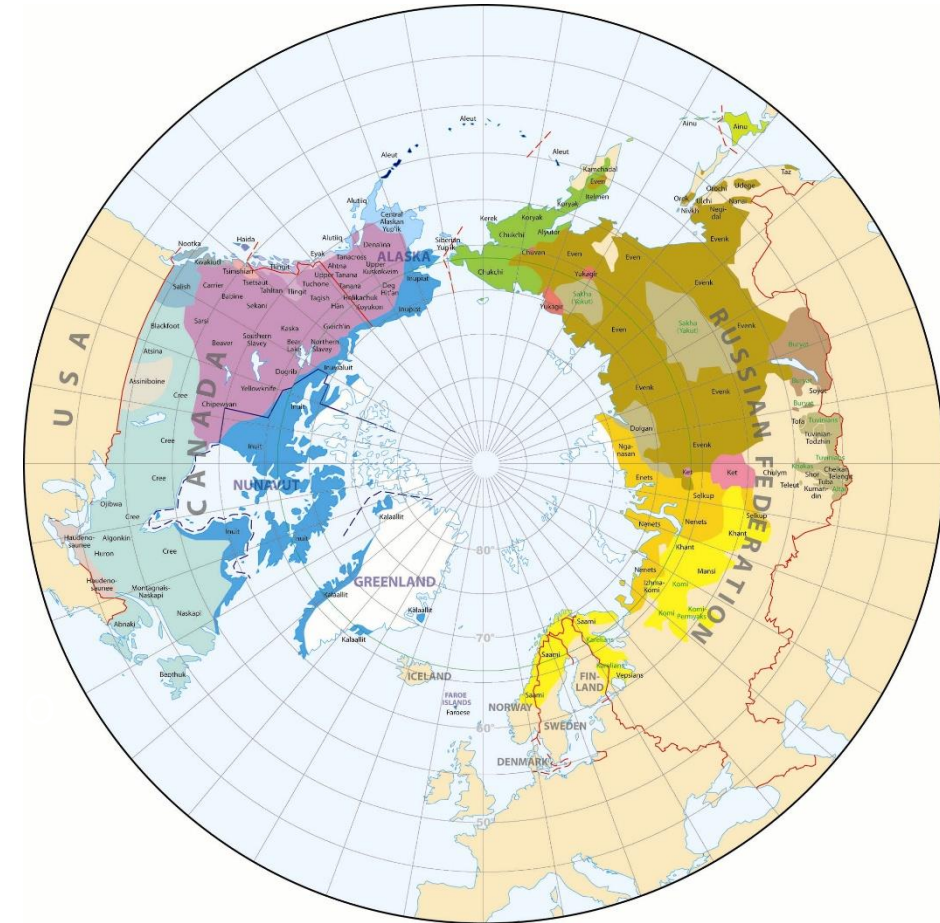
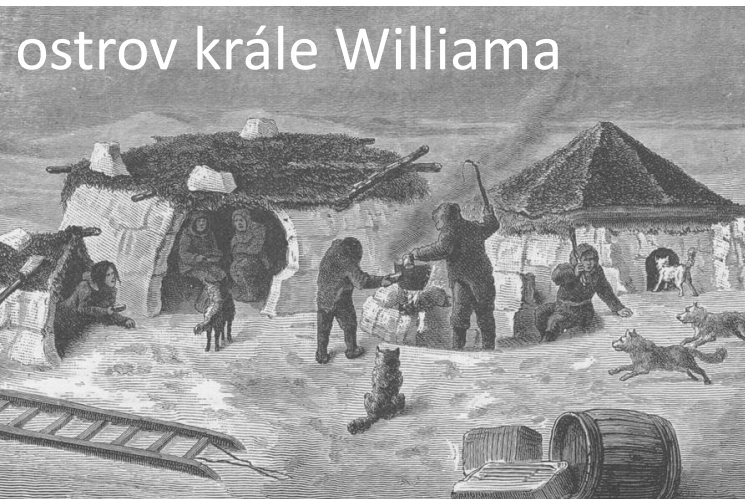
tolerance přechodných nízkých hodnot bez zvýšení metabolismu

se zvyšujícím se chladem se snižuje metabolismus (Austrálci, Alakalufové, Kungové z Kalahari)



Arktické populace

- 5 000 mil, skrz současné hranice
- do 110 000 lidí
- kulturně homogenní
- s výraznými lokálními adaptacemi reagujícími na rozdílné podmínky



Indigenous peoples of the Arctic countries

Subdivision according to language families

Na'Dene family	Eskimo-Aleut family
Athabaskan branch	Inuit group of Eskimo branch
Eyak branch	Yupik group of Eskimo branch
Tlingit branch	Aleut group
Haida branch	Uralic-Yukagirian family
Penutian family	Finno-Ugric branch
Macro-Algonkian family	Samodic branch
Algonkian branch	Yukagirian branch
Salish branch	Altaic family
Macro-Siouan family	Turkic branch
Sioux branch	Mongolic branch
Iroquois branch	Tunguso-Manchurian branch
Indo-European family	Chukotko-Kamchatkan family
Germanic branch	Ket (isolated language)
	Nivkh (isolated language)
	Ainu (isolated language)

Notes:

For the USA, only peoples in the State of Alaska are shown. For the Russian Federation, only peoples of the North, Siberia and Far East are shown.

Majority populations of independent states are not shown, even when they form minorities in adjacent countries (e.g. Finns in Norway).

Areas show colours according to the original languages of the respective indigenous peoples, even if they do not speak these languages today.

Overlapping populations are not shown. The map does not claim to show exact boundaries between the individual groups.

In the Russian Federation, indigenous peoples have a special status only when numbering less than 50,000. Names of larger indigenous peoples are written in green.

- silná závislost na mořské a říční fauně coby zdroji potravy i lovci sobů (centrální kanadská oblast)



Somatické a fyziologické adaptace

Čistě biologická adaptace de novo v podstatě nemožná

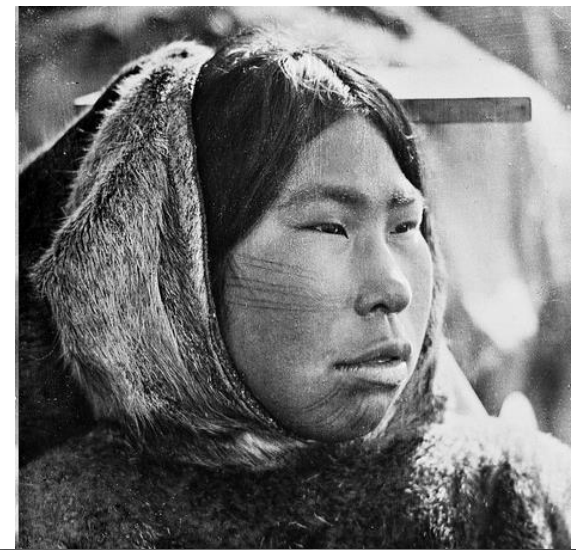
- preadaptace z mírnějších pásem
- místní adaptace **umožněné** kulturními adaptacemi

Balík somatických adaptací

- zavalitá postava s krátkými končetinami
- velký obsah tuku ve tvářích a očnicích, úzké oční štěrbiny, mongolská řasa a komplikovaná stavba dutiny nosní

Balík fyziologických adaptací – viz výše

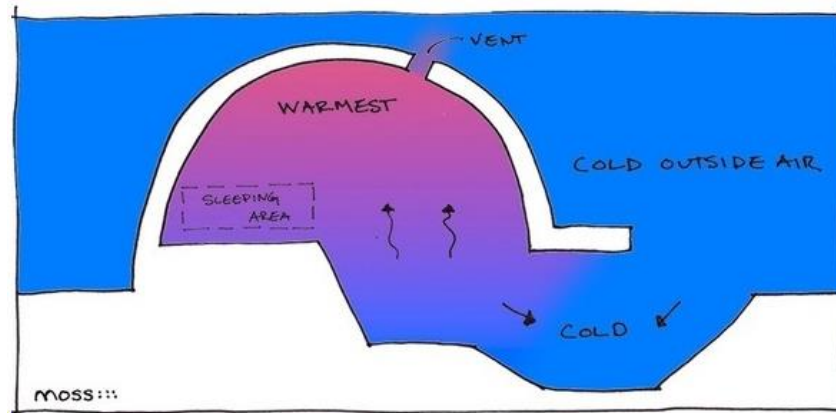
- snížení teploty, při které tělo produkuje teplo
- svalový třes nahrazen hormonálním zvýšením metabolismu a odbourávání zásobních tuků
- pokles reflexní vasokonstrikce – udržení citlivosti v končetinách
- obličej relativně teplý (prokrvený) – ochrana před omrzlinami



Kulturní adaptace



King William Island

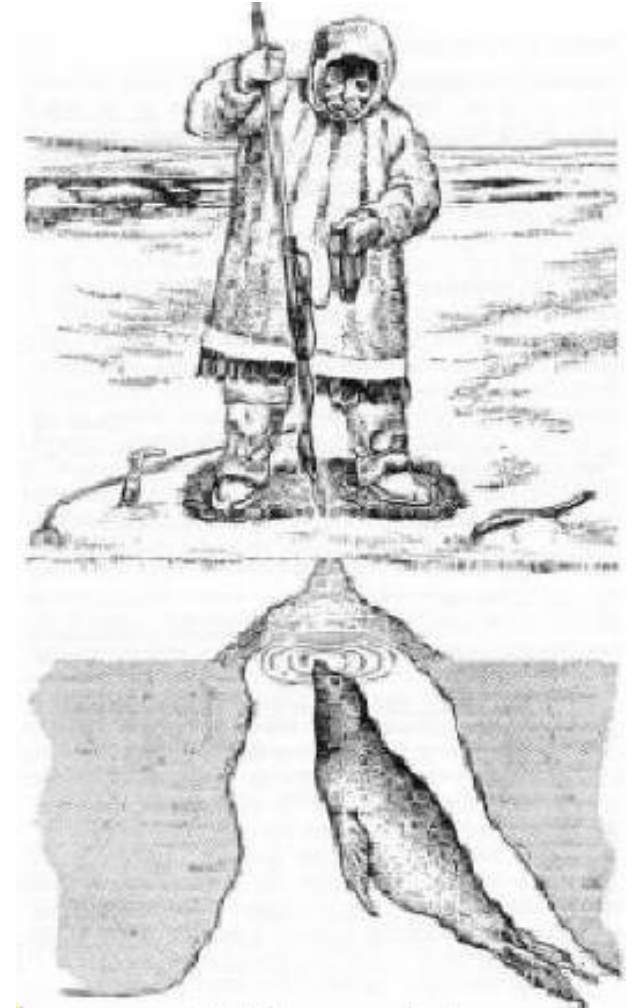


Balík kulturních adaptací

- redukce děděného a osobního majetku, žádný politický systém vycházející z nároku na území, volné uspořádání skupin (největší společenské jednotky mají 60–300 lidí; menší tábor nebo osada)
- základní jednotkou rodina
- základním vztahem partnerství – eliminace cizinců
- výměna manželek – stylizované, formální upevnění partnerství (pro upevnění a rozšiřování společenských vazeb, výjimečně vyrovnání neshod/nevěry), kterého nebylo snadné dosáhnout (Hennigh 1970)

(pro interpretaci „ztraceného ráje“ příliš svázaná pravidly)

- v extrémních podmínkách usmrcování děvčat a ponechání starších osob svému osudu



Reakce na působení tepla

- cílem je především efektivnější zbavování se tepla

udržení homeostáze



pasivní (izolace)

podkožní tuk a srst
svaly
tvar těla

behaviorální

oblečení izolující povrch těla
přístřeší
klimatizace
kulturní zvyky a individuální dovednosti

růst nad práh



dilatace kožních cév



zvýšení průtoku
zvýšení pocení

1) Přehřívání organismu s kompletní plejádou reakcí (vazodilatace, nadměrné pocení)



ztráta minerálů

ztráty vody není kompenzována příjmem (odvodňování organismu, 3–5 % tělesné hmotnosti)

zvýšení viskozity krve -> nedostatečné zásobování kyslíkem a zvýšení srdečního výdeje

+

hydromeióza



Aklimatizace na teplo



7 dní, plně 30 dní

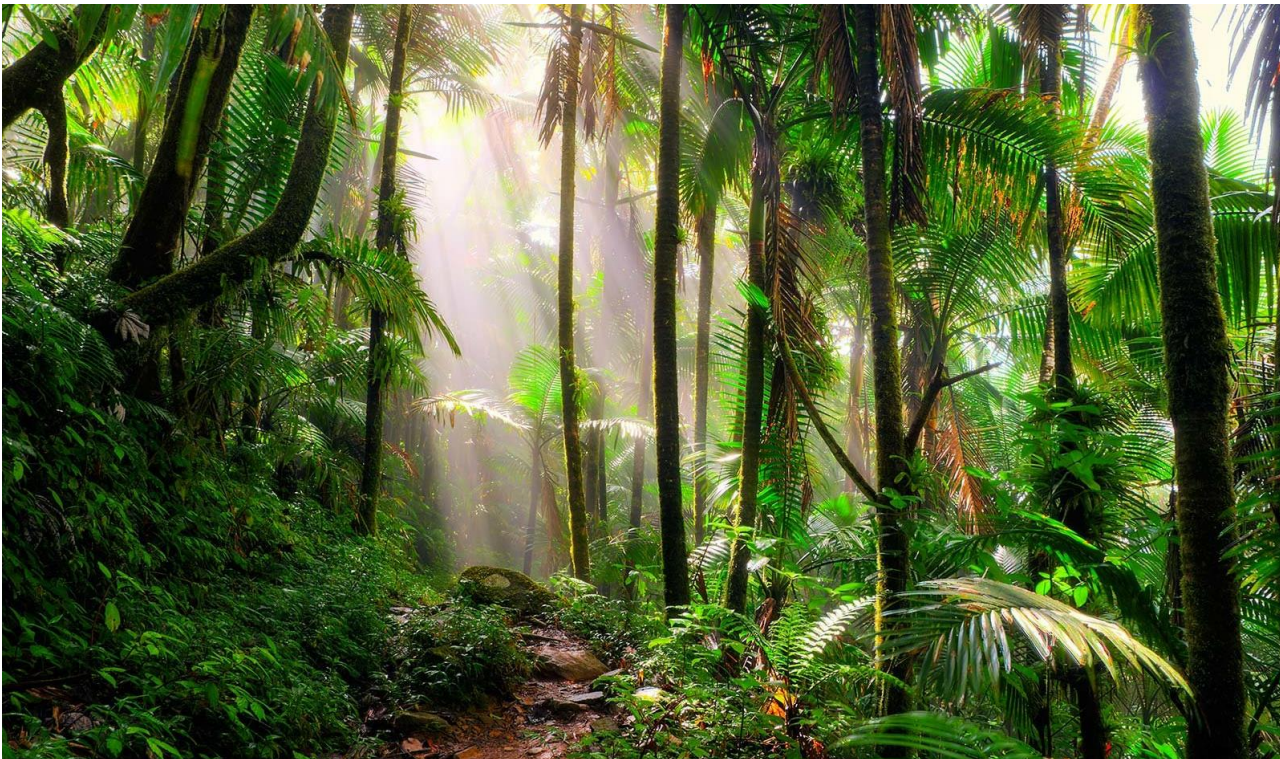
2) Přizpůsobení se

- snížení teploty tělního jádra a povrchu
- rychlejší nástup pocení, při nižší teplotě jádra
- distribuce potu na končetiny
- snížení obsahu sodíku v potu (ze 4 g/l na 1 g/l)
- snížení tepu
- zvýšení objemu plazmy
- zvýšení tolerance

Závislé na :

- věku
- množství podkožního tuku
- pohlaví (ženy méně tolerantní)
- zdravotním stavu
- **populační příslušnosti**

Suché a vlhké teplo



Vlhké teplo



Suché teplo

Mezipopulační rozdíly

- všechny populace **reagují na hypertermii obdobně**
- množství potních žláz a jejich distribuce se liší **jen mírně** (pravděpodobně funkčně zásadní)

významně variabilní je rychlost aktivace žláz a množství produkovaného potu (australští domorodci 13,6 ml/kg/h; přizpůsobení Evropané 6,5, ml/kg/h; J a Z Afrika – až 4 litry potu/hodinu)

- úbytek vody kompenzují jejím rychlejším příjmem (pijí litr za 17 sek. , Ev. 100 s) – strmé zvýšení extracelulární vody

Mezipopulační rozdíly

- významně variabilní je také relativní schopnost se tepla pocením zbavovat, závislá na tvaru těla (Marino et al. 2004; Shvartz et al. 1973)



- trénovaní a menší Afroameričané se mohou potit více, ale potí se méně
- produkují relativně méně tepla než kavkazoidní sportovci



pokud je limitem teplo, běží rychleji



nižší rychlost běhu může být ochranou před hypertermií



J Appl Physiol 96: 124–130, 2004.
First published August 29, 2003; 10.1152/jappphysiol.00582.2003.

Superior performance of African runners in warm humid but not in cool environmental conditions

Frank E. Marino,¹ Mike I. Lambert,² and Timothy D. Noakes²

¹School of Human Movement Studies, Charles Sturt University, Bathurst NSW 2795, Australia; and ²MRC/UCT Research Unit for Exercise Science and Sports Medicine, Department of Human Biology, Faculty of Health Sciences, University of Cape Town 7725, South Africa

Submitted 5 June 2003; accepted in final form 27 August 2003

TABLE 6.4 Physiological Responses after 2 Hours of Exercise in 34.9°C (94.8°F) Heat in Men from Three Ethnic Groups All Born and Raised in Tropical Malaysia

Ethnic Group	Malay	East Indian	Chinese
Heart rate, beats/minute	137.8	150.3	155.0
Core temperature, in °C	38.4	38.4	38.7
Sweat loss, mL/h/m ² body surface	322	335	380

Data are from Duncan and Horvath (1988).

(data z Duncan a Horvath 1988)

Kulturní adaptace na teplo

- přesun denní aktivity do brzkých ranních hodin a mimo nejteplejší části dne (např. siesta)
- oblečení izolující povrch těla ve slunečných oblastech (suché teplo), jinde redukováno
- obydlí, ventilace, nástroje, příbuzenské vztahy, sociální struktura, organizace denních aktivit
- vysoký obsah sacharidů v potravě a nízká energetická bohatost
- komplexní obchodní trasy obchodu se solí (Nová Guinea, střední Afrika)
- u obyvatel pouští minimálně abnormálního hemoglobinu HbS, nejsou zde ani nositelé krevní skupin MN – při ztrátě většího množství vody nezahušťují moč





Přizpůsobení se vysoké nadmořské výšce

Vysoká nadmořská výška

- nízký atmosférický tlak – **hypobarická hypoxie** (frakční koncentrace je stále stejná)

+

- vysoká intenzita UV záření
- mráz a vysoká rychlost větru
- omezené množství potravy
- nízká hustota obyvatelstva (sociální omezení)

Specifická v tom, že populace **nemají žádnou kulturní nebo behaviorální odpověď na stres**, kromě sestoupení do nižších nadmořských výšek a dýchacích přístrojů.

pokles SaO₂



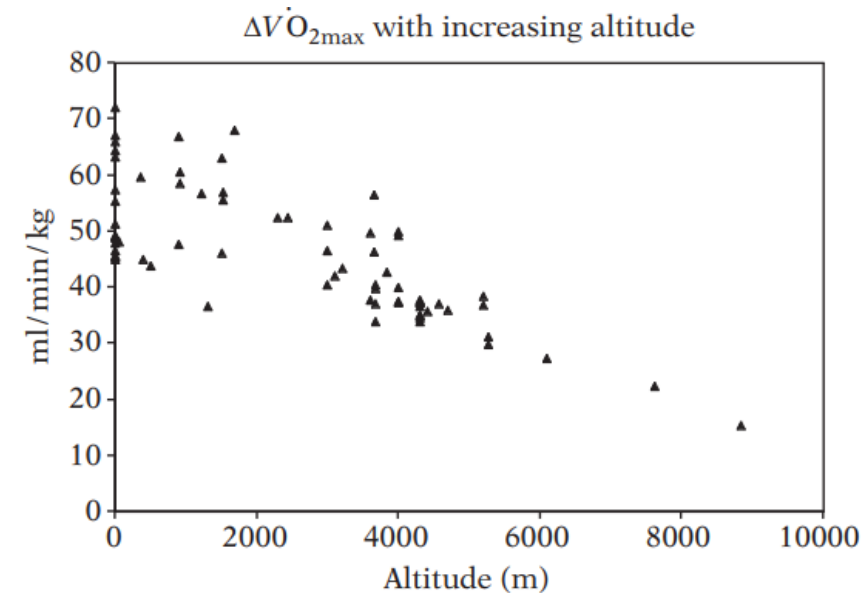
hyperventilace (pro zvýšení minutového objemu plic)
redukce plazmy (relativní zvýšení obsahu hemoglobinu)



zvýšení činnosti srdce (výdej stoupá až o 30%) a
využití neaktivních kapilár

zvýšení bazálního metabolismu z důvodu hyperventilace a
vyšší tepové frekvence (Butterfield et al. 1992), ale
výrazné snížení maximálního výdeje hypoxií (10 % na
každých 100m)

(glomus caroticum a
aorticum P(O₂) a P(CO₂) a
centrální chemosenzory v
medulla oblongata)



11.2. $\dot{V}O_{2\max}$ decreases with altitude, approximately 10% per 1000 meters after 1500 meters. Data points are updated from Buskirk et al. (1967) and represent mean $\dot{V}O_{2\max}$ values from studies of lowland native males who were exposed to hypobaric hypoxia. The length of exposure varies between studies (from acute exposure to several weeks of exposure), but $\dot{V}O_{2\max}$ does not change much with ventilatory acclimatization to altitude (Bender et al., 1989). Some of the studies represented, particularly those at extreme altitude, were carried out in a hypobaric chamber.

(Muehlenbein 2010)

hypoxická pulmonální vasokonstrikce

- zvýšení krevního tlaku v plicích -> HAPE

pokles CO_2 -> **respirační alkalóza** (v důsledku zvýšeného vylučování CO_2), zvyšování pH (alkalóza)



kompensace – snížení vylučování H^+ iontů a zvýšení vylučování bikarbonátů ledvinami – tvorba alkalické moči



stabilizace $PaCO_2$ a pH, ne však zvýšením PaO_2 na nížinnou úroveň

Adaptace nížinných populací

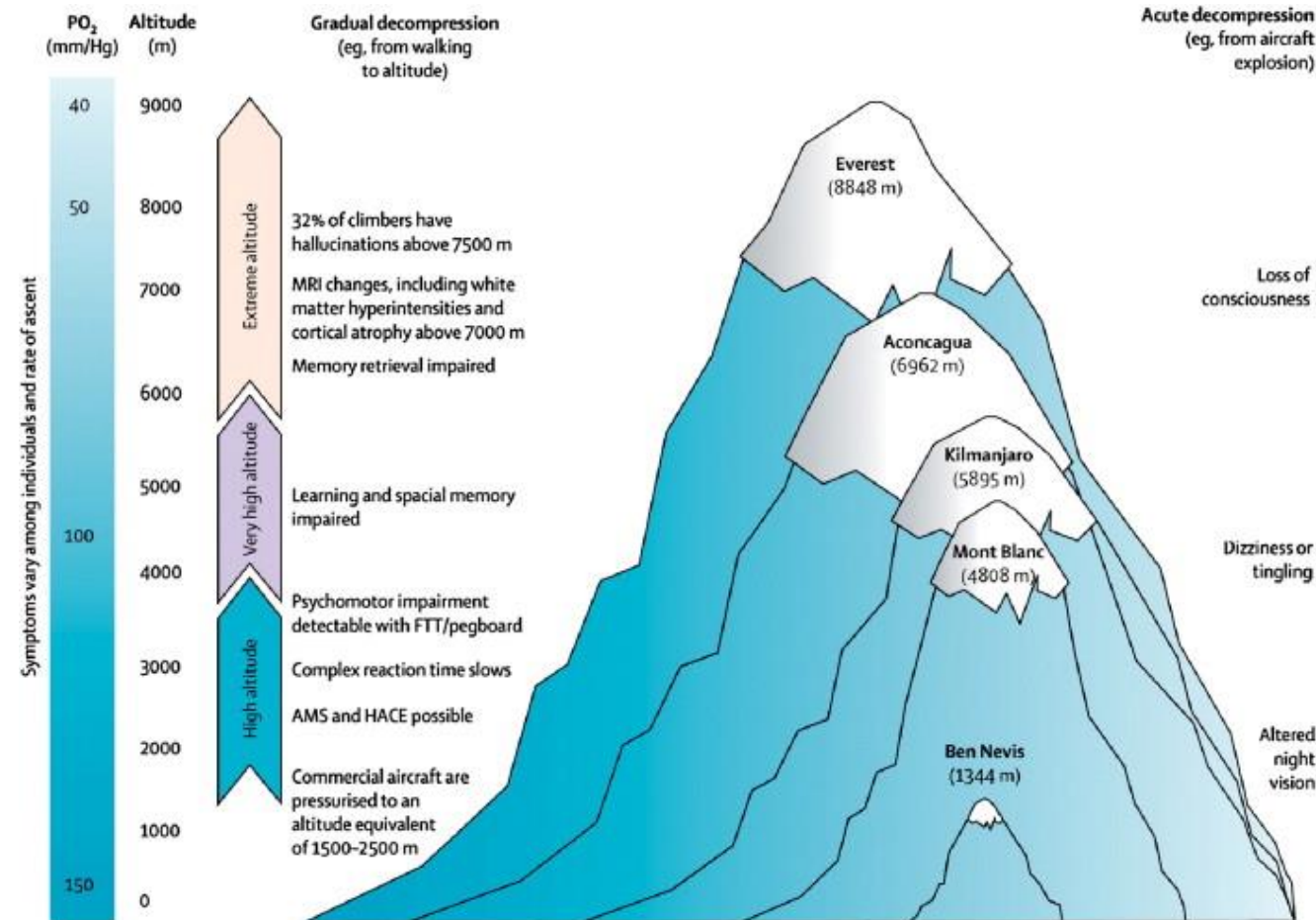
(2–3 týdny; Reeves et al. 1993)

- zvýšení hematokritu a obsahu hemoglobinu na 144 % normy (nad 3–4 tisíce metrů)
-> **zvýšení SaO₂**, ale ne na úroveň na hladině moře
- při neměnném objemu plazmy zahušťování krve
-> rozšiřování a zprůchodňování kapilár
- zvýšení podílu mitochondrií a zvýšení aktivity enzymů

Není to samozřejmé – z neznámých důvodů se někdo neadaptuje a musí se vrátit

Akutní horská nemoc (AMS)

- bolesti hlavy, zrychlený tep, modráni horních končetin, potenciálně bezvědomí a smrt
- edém plic (HAPE)
- otok mozku (HACE) – dilatace cévek snahou zvýšit průtok méně okysličené krve
- prevalence závisí na výšce – 2850 m n. m. u 9 % lidí



Adaptace nížinných populací

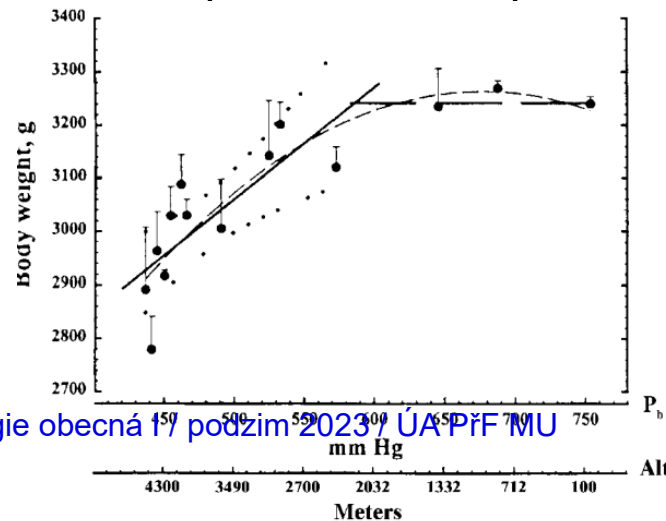
Řada vlastností se ale nedostane na úroveň hladiny moře a ani se nevyrovná vysokohorským populacím

→ neschopnost se adaptovat

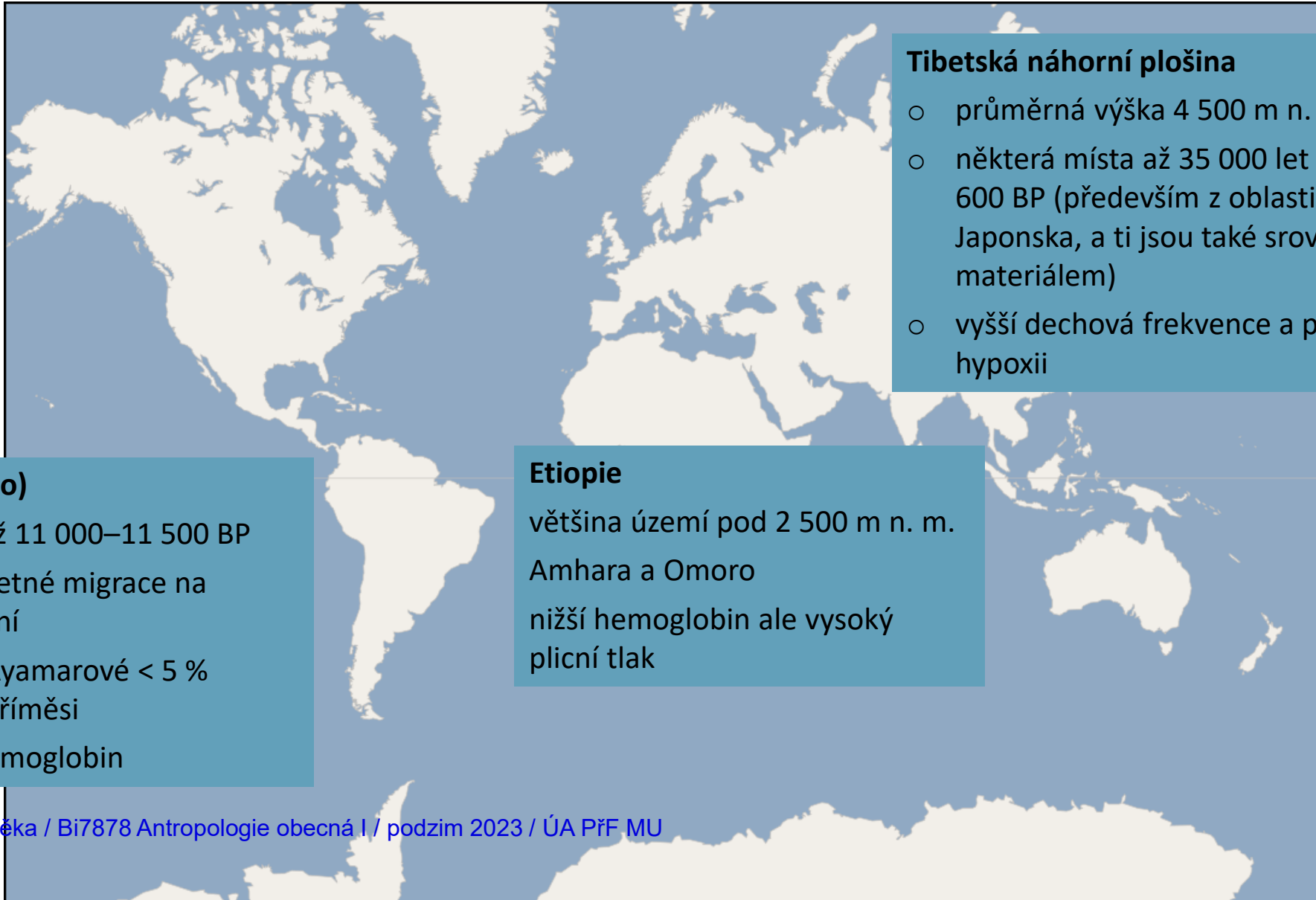
→ snížená fertilita

Potosí (Bolívie) – nejvýše položené město na světě (4 090 m n. m.) – uplynulo 53 let, než se Španělce podařilo otěhotnět

Nižší porodní váha v **Coloradu** (Moore 2003)



Vývojové a evoluční adaptace – vysoká nadmořská výška



Andy (Altiplano)

- ne déle než 11 000–11 500 BP
- doloženy četné migrace na plošinu i z ní
- Kečuové, Ayamarové < 5 % evropské příměsi
- nejvyšší hemoglobin

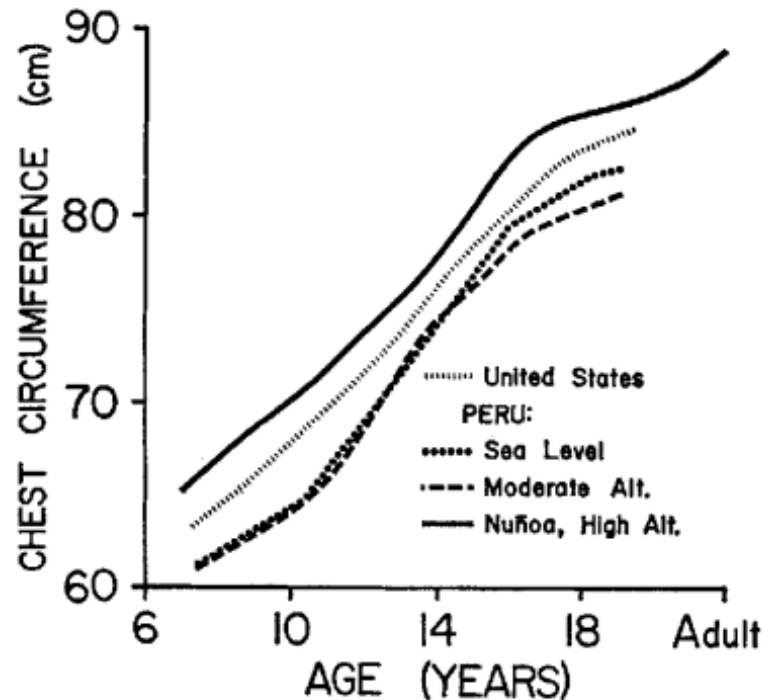
Etiopie

většina území pod 2 500 m n. m.
Amhara a Omoro
nižší hemoglobin ale vysoký plicní tlak

Tibetská náhorní plošina

- průměrná výška 4 500 m n. m.
- některá místa až 35 000 let BP, stálé 5 900–5 600 BP (především z oblasti Číny, ale také Japonska, a ti jsou také srovnávacím materiálem)
- vyšší dechová frekvence a prudší reakce na hypoxii

Morfologické adaptace – menší postava (nedostatek kyslíku prodlužuje vývoj a pohlavní zrání), proporcčně velký soudkovitý hrudník, **větší kapacita plic** (o ca 25 %) a srdce (pravá komora větší než levá),



Obvod hrudníku u dětí z Nuñoa (4 000 m.n.m.; Frisancho & Baker 1970)

Ke zvýšení dochází i u dětí některých populací, které se do těchto podmínek přistěhují (Greksa 1988)

Fig. 8 Comparison of chest circumference of Nuñoa males and Peruvian samples from sea level and moderate altitude of 2300 m. The Nuñoa high-altitude boys, despite their delay in stature, exhibit a rapid growth in chest size.

Kulturní adaptace

Chování

omezení doby pohybu
na horách

reprodukce v nížinách

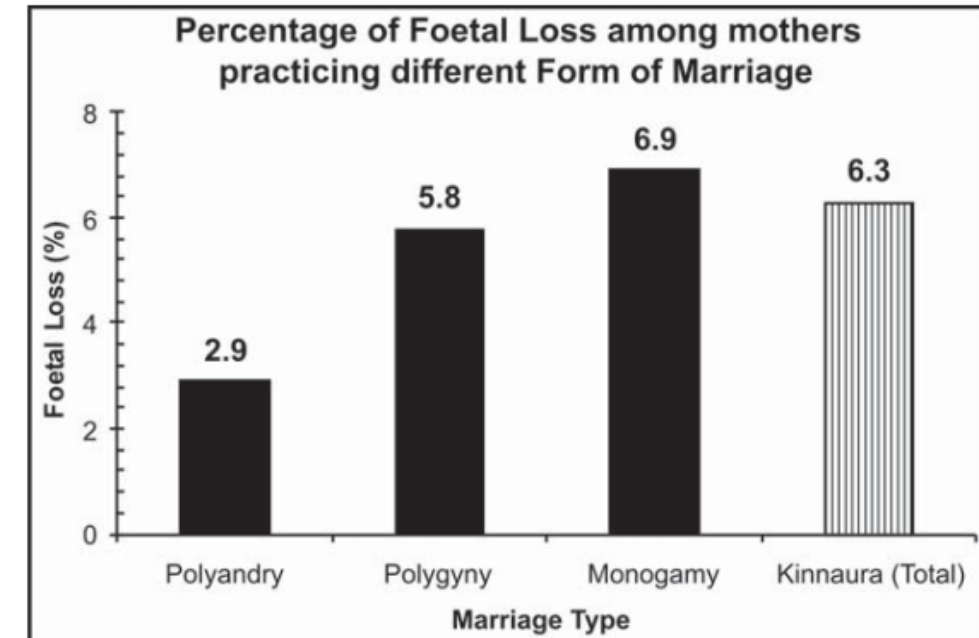
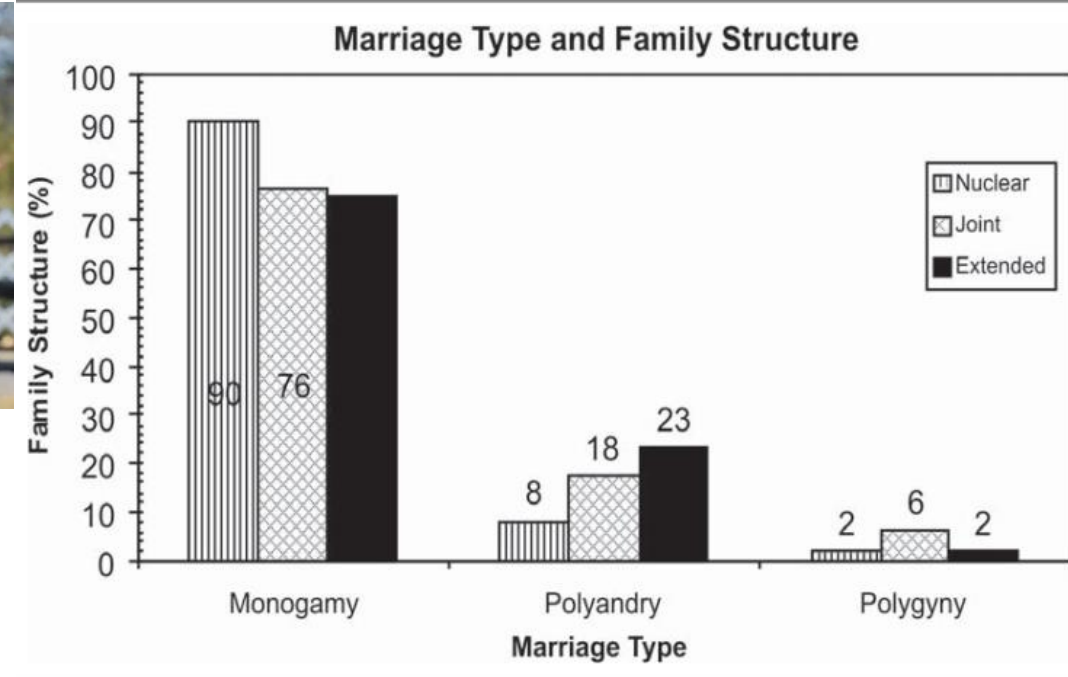
fraterální polyandrie v
Tibetu

základní tábory
horolezeckých výprav

kyslíkové masky

oděv a obuv

koncentrovaná strava



(Kinnaurové, Gautam a

Potravní variabilita – složení jídelníčku

Lidské populace se velmi liší ve složení stravy (ekologické, ekonomické, kulturní důvody).

Od téměř výlučných masožravců (Eskymáci) po téměř výlučné býložravce (Indie, ahinsá), resp. vegetariány.

Podle všeho syrová strava rostlinného původu nedovoluje člověku dlouhodobě zcela saturovat energetické potřeby organismu.

Syrová strava živočišného původu?

TABLE 7.11 Comparison of Daily Energy Intake (kcal/day) and Percent of Dietary Energy Derived from Animal Foods (%) for Subsistence-Level and Industrial Societies

Population	Energy Intake (kcal/day)	Percent Energy from Animal Foods (%)	References
Hunter-gatherers			
!Kung (Botswana)	2100 (M/F)	33	Lee (1979); Jenike (2001)
Ache (Paraguay)	3827 (M/F)	56	Hill et al. (1984)
Hiwi (Venezuela)	2043 (M/F)	68	Hurtado and Hill (1990)
Inuit (Canada)	2754 (M) 1945 (F)	96	Nobmann et al. (1992); Gaulin and Konner (1979)
Pastoralists			
Turkana (Kenya)	1840 (M) 981 (F)	80	Galvin (1985)
Evenki (Russia)	2962 (M) 2676 (F)	31	Leonard et al. (1996, 2002a)
Agriculturalists			
Quechua (Peru)	2113 (M) 1819 (F)	5	Leonard and Thomas (1988)
Tsimane' (Bolivia)	2912 (M/F)	17	Godoy et al. (2005)
Tukanoan (Colombia)	3176 (M) 2405 (F)	9	Dufour (1983, 1992)
Industrial societies			
United States	2638 (M) 1785 (F)	26	USDA Agriculture Research Service (2008); Hiza et al. (2008)
USDA Guidelines	—	Up to 40–45%	USDA (2005)



Potravní variabilita – složení jídelníčku

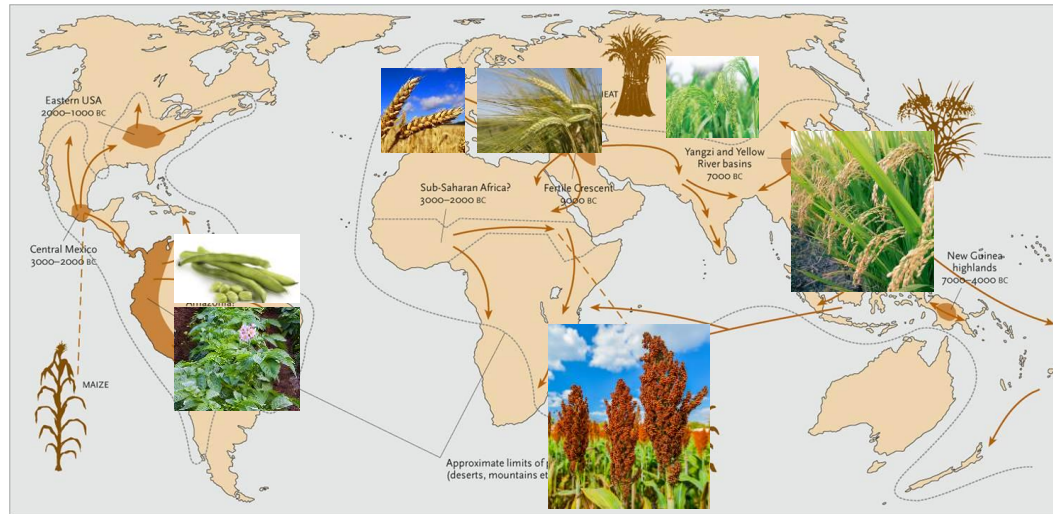
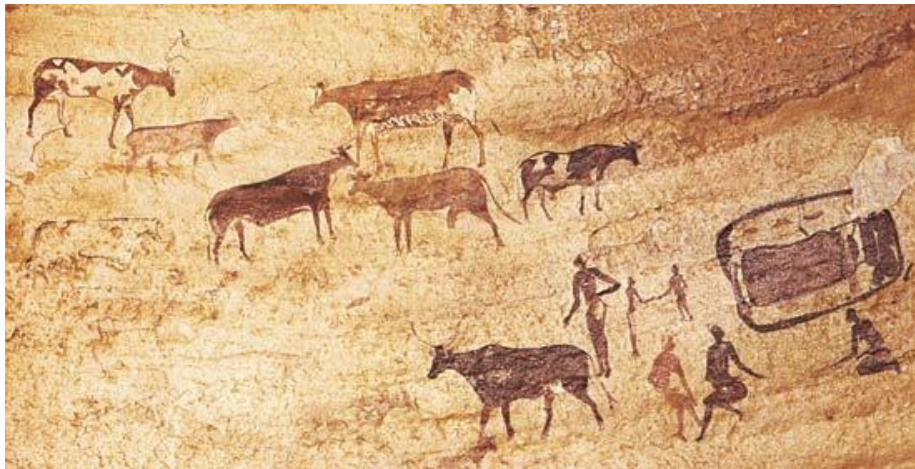
- negativní korelace mezi BMR a průměrnou roční teplotou
- není jasné, zda (do jaké míry jde) jde o genetické predispozice nebo funkční adaptaci
- pokud není zohledněno, pak tabulky pro výživu nadhodnocují kalorie pro rovníkové populace a naopak

zvýšení nutričních nároků v arktických oblastech – energetické nároky spojené s termoregulací, sezónní změny cirkadiánních rytmů (chemická termogeneze)



Potrava – kulturní přizpůsobení – zemědělská revoluce

- nezávisle na sobě minimálně v sedmi centrech – JZ Asie, Čína, Střední Amerika, Andy, Jihovýchod Spojených států, Subsaharská Afrika, Nová Guinea



(Tassili-n-Ajjer, Algeria – už 10000 BP)

(www.lewishistoricalsociety.com)

tlak na větší množství zdrojů – intenzifikace výroby

růst populace

populační stres

změna prostředí

(často nenávratná)

(Ditlevsen et al. 2006)



teosinta

HSS a neolitický balíček



broušená industrie (archeo3D.com)



tkaní
(<http://www.lynngrayross.co.uk/>)



keramika
(wikipedia.cz)



74 Variabilita člověka / BI7878 Antropologie obecná I / podzim 2023 / ÚAFM MV
budování stálých sídel (Çatal Hüyük)



chov zvířat cílené pěstování
kulturních rostlin



Haidové – usedlí lovci a s

HSS a cílené pěstování a chov

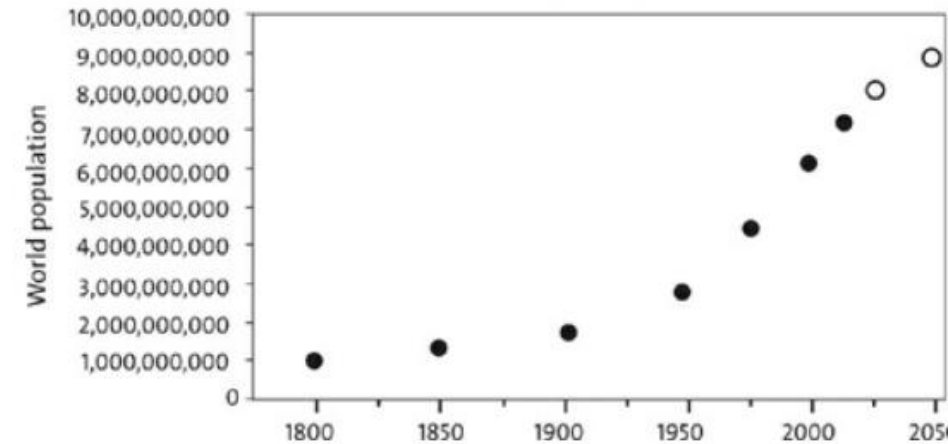
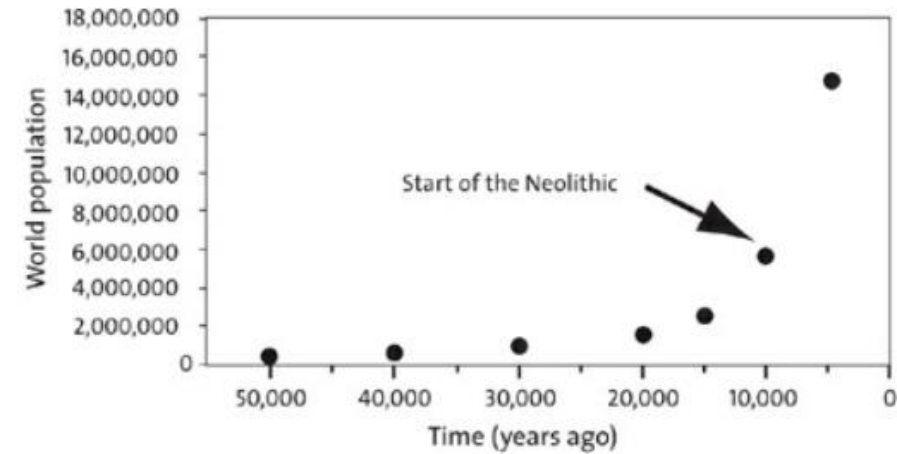
Proč se rozšířilo?

- lovec sběrač ca 3 000–6 000 kalorií za den (Marlowe 2005)
- domácnost neolitického farmáře 12 800 kalorií za den – dost pro šestičlennou rodinu

Posun v *live-history*

- možnost dřívějšího odstavu dětí (v 1–2 letech), přírůstek 0,03 % za rok
→ růst populace 2x za 2000 let, 32 x za 10 000 let (Bocquet-Appel 2011)

průměrná zdravá lovkyně-sběračka 6–7 dětí, 3 se dožívají dospělosti -> extrémně nízký přírůstek ca 0,015 %/rok (Panter-Brick et al. 2001; **zdvojnásobení** populace během 5 000 let a **zčtyřnásobení** za 10 000 let)



- děti jsou také v zemědělství výhodou



HSS a cílené pěstování a chov

Proč se nemuselo rozšířit?

- monotónnější strava s menším obsahem vitamínů, minerálů a také živočišných bílkovin (Eaton et al. 1997)

pellarga

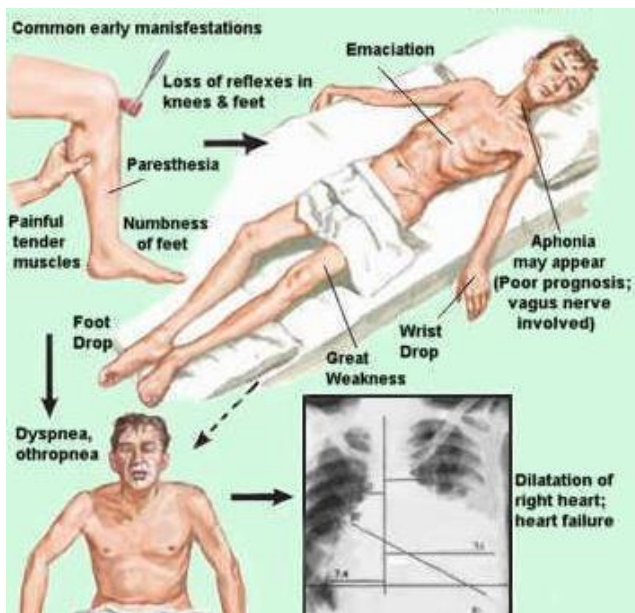
struma

křivice

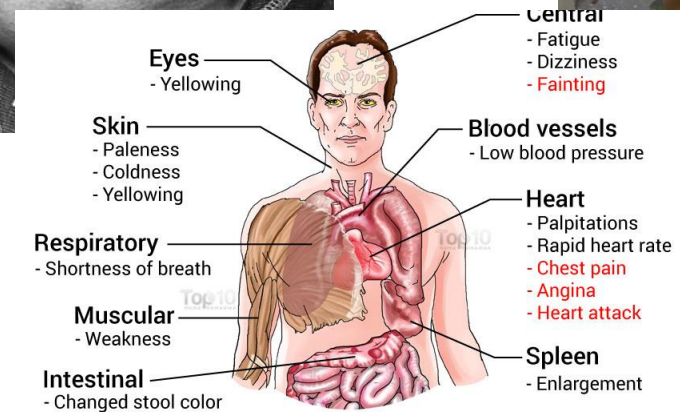
anémie

beriberi

kurděje



C



nedostatek
thiaminu (B1)

nedostatek
niacinu (B3)

nedostatek
železa

nedostatek
vit. C

nedostatek
vit. D

nedostatek
jódu



HSS a cílené pěstování a chov

Proč se nemuselo rozšířit?

- větší ohrožení silnými výpadky potravy – u farmářů tělesná váha výrazně osciluje, stačí pak jeden cyklus neúrody a zásoby se těžce doplňují

Lovci a sběrači mohou místo toho přejít na jinou potravu

- potřeba déle skladovat potraviny – ohrožení toxiny



Potrava – kulturní přizpůsobení

Lock-and-key strategie (Katz 1987) - model vztahu mezi zdroji potravy a jejich úpravou
- kulturní adaptace. První úpravy se nejspíše vyvinuly v místech původní domestikace plodin.

Američtí Indiáni KUKUŘICE

- **chudá na AK lysin a tryptofan a niacin (vitamín B) -> riziko podvýživy dětí**
- původní Američané vaří a připravují kukuřici s alkalickými přísadami (popel, vápnem), což výrazně zvyšuje koncentraci niacinu i zmíněných aminokyselin.

-> menší efektivita mimo původní kulturní okruh



BRAMBORY – Andy (Kečuové a Aymarové v Peru a Bolívii – až 40 % kalorického příjmu)

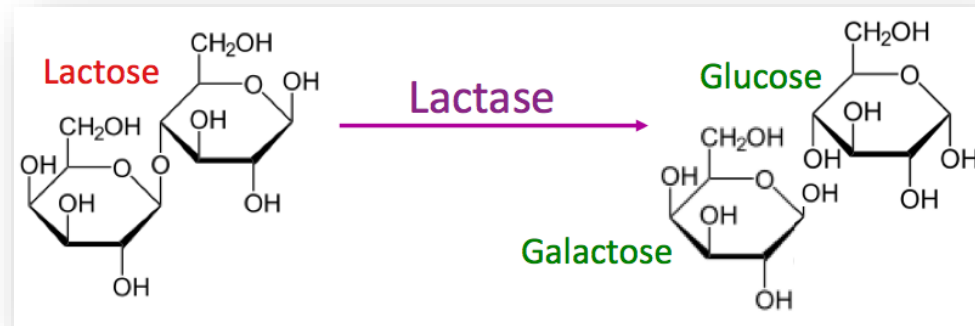
- ve vyšších nadmořských výškách obsahují glykoalkaloidy (hořké látky), především solanin,
- bohužel jsou brambory jednou z mála plodin, které v takto nehostinných podmínkách vůbec rostou
- opakované projití mrazem a vysušení na slunci (chuño) – třikrát koncentrovaná výživa, skladovatelná donekonečna
- + macerování ve vodě k odplavení alkaloidů (chuño blanco) – 3 % původního obsahu alkaloidů
- konzumace čerstvých brambor s jíly a vápencovou pastou (v polévkách a omáčkách), které alkaloidy navážou



Potrava – laktózová tolerance

laktóza – mléčný cukr, disacharid

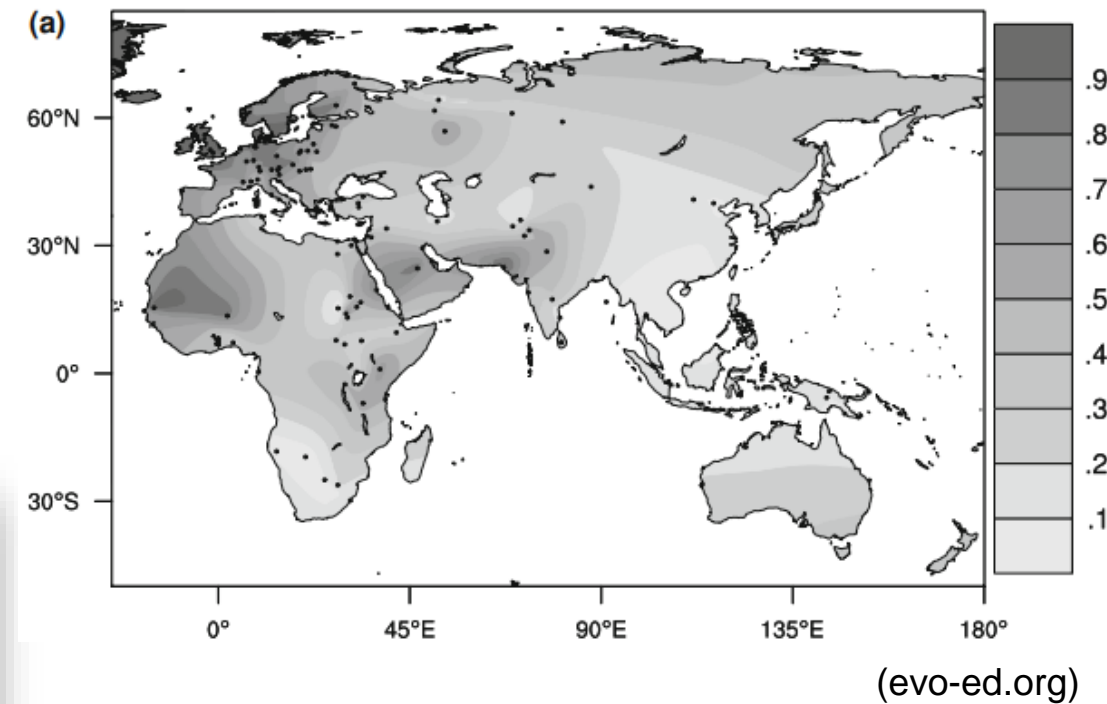
laktáza – enzym ve střevě, schopný štěpit laktózu – schopnost hydrolyzovat laktózu na D-glukózu a D-galaktózu



Běžný vzorec: **produkce u plodu** od 2. trimestru, krátce po odstavení pokles produkce **laktázy** na 5–20 % původní produkce (**laktózová intolerance, laktózová malabsorpce, laktázová deficience**)

Většina lidských populací odpovídá ostatním savcům.

Jiné však mají tzv. **laktózovou toleranci či laktázovou perzistenci** – jsou schopny štěpit laktózu na glukózu a galaktózu i po 3.–5. roce života.



A) Kulturně historická hypotéza (Simoons 1970; McCracken 1970)

Společnosti s tradiční úlohou **pastevectví** a konzumace mléka

Laktózová tolerance = původní stav u některých dospělých, který byl pod vlivem kulturně-selektivního prostředí zvýhodněn. Postupně v těchto populacích takoví jedinci převládli.

Svědčí pro to:

- silná geografická konkordance s pastevectvím - důkaz koevoluce kultury a genů, která formovala genetickou strukturu jak skotu (kapacita k produkci mléka), tak lidských populací
- genetická variabilita – nedávný vznik v Evropě a nezávislý vznik na různých místech světa

Jsou i četné výjimky – závislost na mléku, ale nízká tolerance – Dinkové a Nuerová v Sudánu, Somálci (u těch možná díky adaptaci bakterií; Ingram 2008)



B) Reverzní hypotéza:

- vysoké frekvence LTC*P alely byly již původně přítomny v lidských populacích, různé populace byly různě preadaptovány – tolerantní populace začlenily do své ekonomiky konzumaci mléka

C) Hypotéza nedostatku vitamínu D:

- oblasti se sníženým slunečním zářením (gradient v Evropě tomu nahrává – na jihu sýry)
- laktóza v čerstvém mléce zvyšuje vstřebávání vápníku ve střevě + vápník v mléce -> snížení deficitu vitamínu D v severnějších krajích

D) Hypotéza výhody v aridních oblastech:

- nedostatek vody (+ infekční onemocnění), výhoda schopnosti trávit mléko (a nejlépe velbloudí)

Nejlépe podpořená je pravděpodobně hypotéza (A) Kulturně historická. Srovnávací studie také naznačují (Holden, Mace 1997), že evoluce dobytka chovaného pro mléko předchází evoluci laktózové tolerance u člověka – **ale nedostatek D a výhoda v příjmu vody to mohou uspíšit za krizí!**

