



**Záznam a analýza digitálních dat  
v antropologii  
Bi3307 (jaro 2016)**

## Co vás dnes čeká:

- *Úvod do studia stresu*
- *Hodnocení stresu na kostře člověka*
- *Úvod do digitální mikrofotografie*
- *Využití a zpracování mikrofotografie zubů se zaměřením na hodnocení stresových faktorů a věkových změn*
- *Praktické cvičení*

## Doporučená literatura:

*Zemanová, M., & Králík, M. (2016). Projevy stresu na kostře člověka. Brno: Masarykova univerzita.*

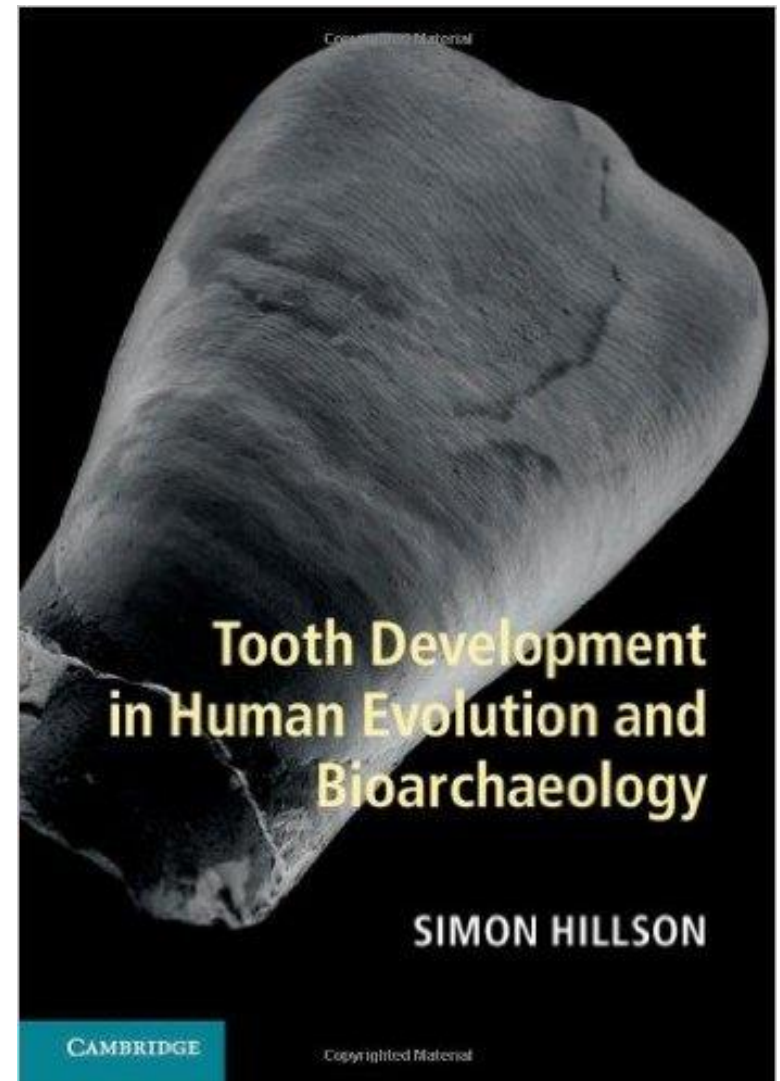
*Hupková, A., & Králík (2015). Mikrostruktura tvrdých zubních tkání. Brno: Masarykova univerzita.*

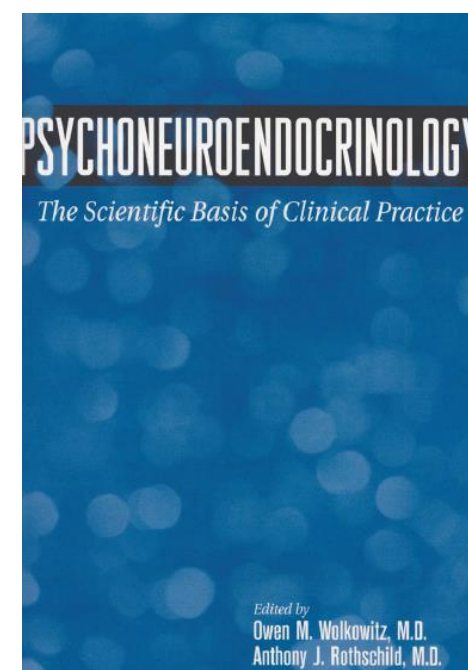
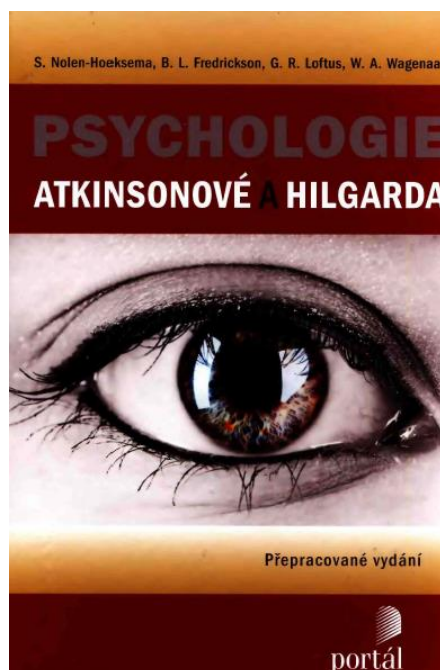
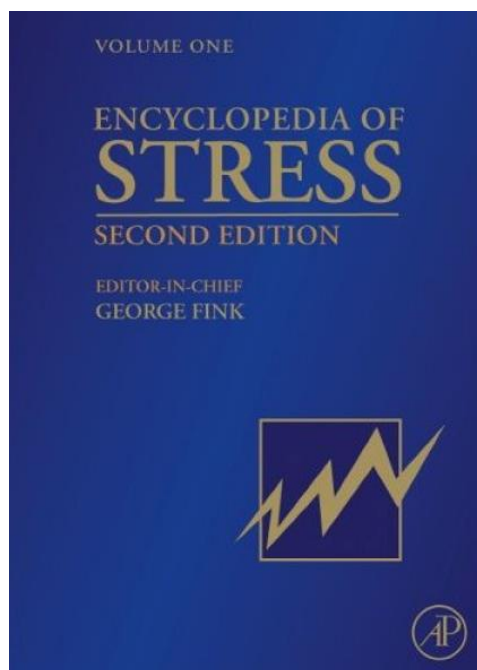
*Hillson, S. (2014). Tooth Development in Human Evolution and Bioarchaeology. New York: Cambridge University Press.*

## Mikrostruktura tvrdých zubních tkání

Výukový atlas a metodická příručka pro antropology

Adela Hupková - Miroslav Králik

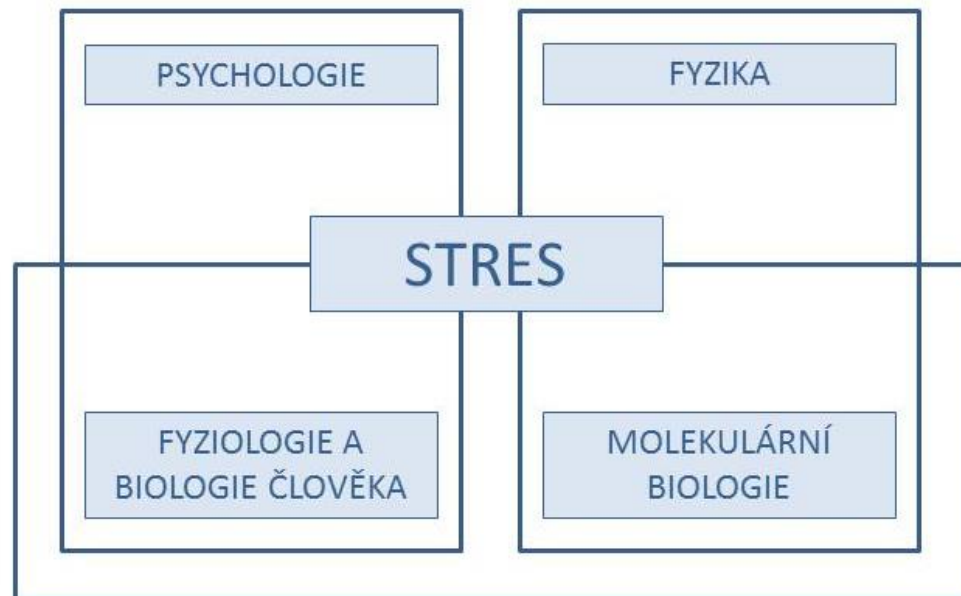




# Úvod do studia stresu

# Člověk a stres

- *Stres (z angličtiny: stress, "tíseň; nesnáž; tlak; důkaz; přízvuk")*
- *Stres = souhrn psycho-fyziologických událostí v organismu*



# Psychologický stres

- *stres je vztahován k událostem ohrožujícím tělesnou, ale především duševní/psychickou pohodu člověka*
- *Stresové faktory = stresory (krátkodobé x dlouhodobé)*
- *Stresová reakce – adaptativní x maladaptivní*



# Příklady stresových událostí

- *traumatické události přesahující obvyklý rámec lidských zkušeností*
- *nekontrolovatelné a nepředvídatelné události*
- *události představující zásadní změnu životních podmínek*
- *události vyvolávající vnitřní konflikty*

## Vnímání stresové události

- *vnímání stresové události určuje míra, do jaké můžeme danou událost ovlivnit*
- *čím méně je situace ovlivnitelná, tím více ji považujeme za stresovou*
- *je-li stresová událost předvídatelná, dokážeme na ni lépe reagovat, připravit se na ni*



# Reakce na stresovou událost

- *POPLACHOVÁ REAKCE*
- *FÁZE RESISTENCE*
- *FÁZE VYČERPÁNÍ*



Je stres pouze špatný?

*STRES*



## Eustres a distres

**Eustres** = *optimální hladina stresu působící jako tvůrčí a motivační síla, která vede člověka k dosahování lepších výkonů a cílů*

**Distres** = *chronický traumatický stres. Je destruktivního charakteru, poškozují psychické a tělesné zdraví*

## Test fyziologických, emocionálních a behaviorálních příznaků stresu pro mládež (Blahůtková, 2004):

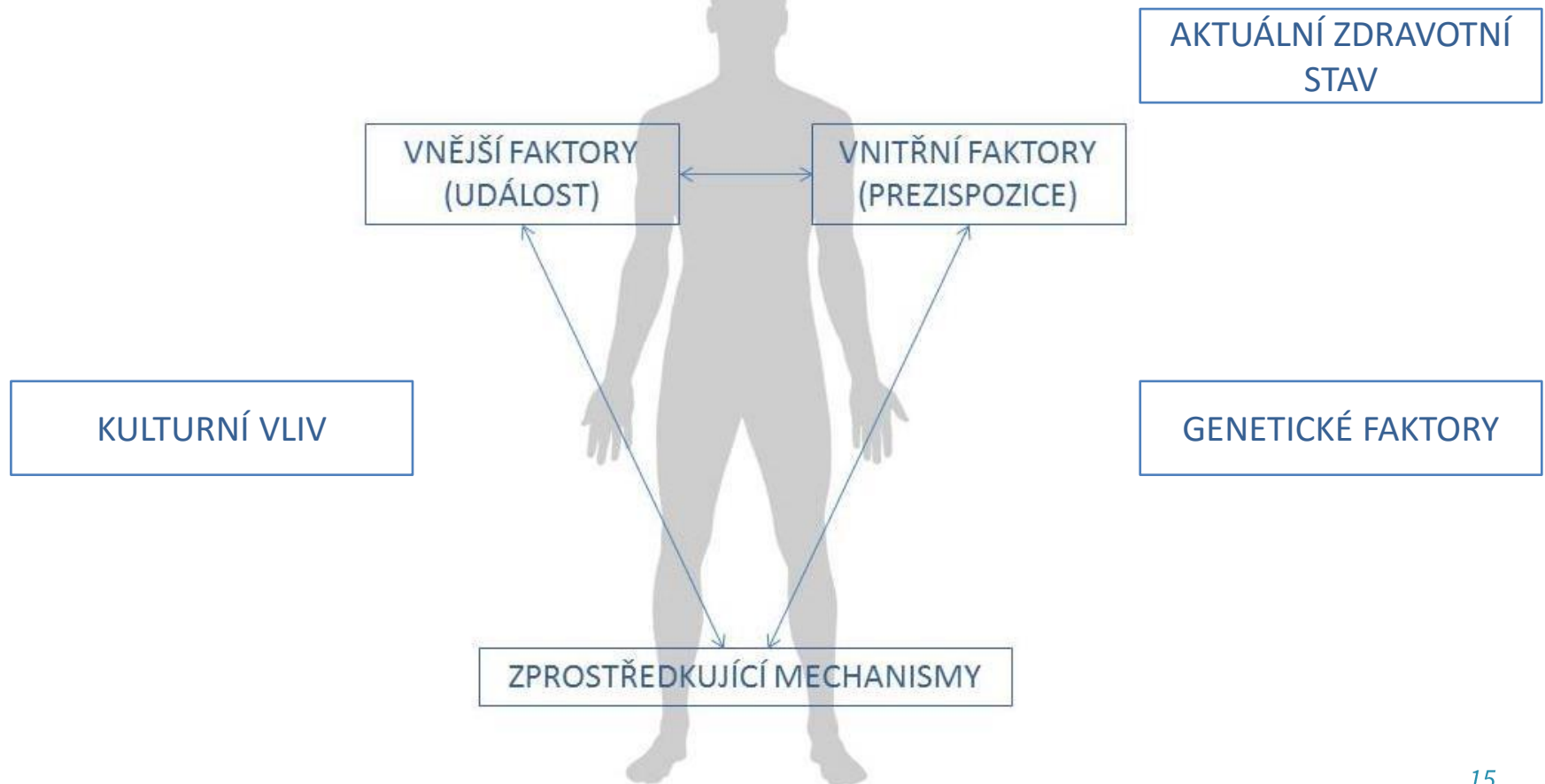
---

Hodnocení testu stresu	
Těžký stres	13 – 21 bodů
Stres	8 – 12 bodů
Mírný stres	1 – 7 bodů

Vyhodnocení: Kladné odpovědi „ANO“ na položky 1. – 5. jsou hodnoceny dvěma body. Kladné odpovědi na položky 6. – 16. jsou hodnoceny jedním bodem. Za odpovědi „NE“ se body nezapočítávají.

---

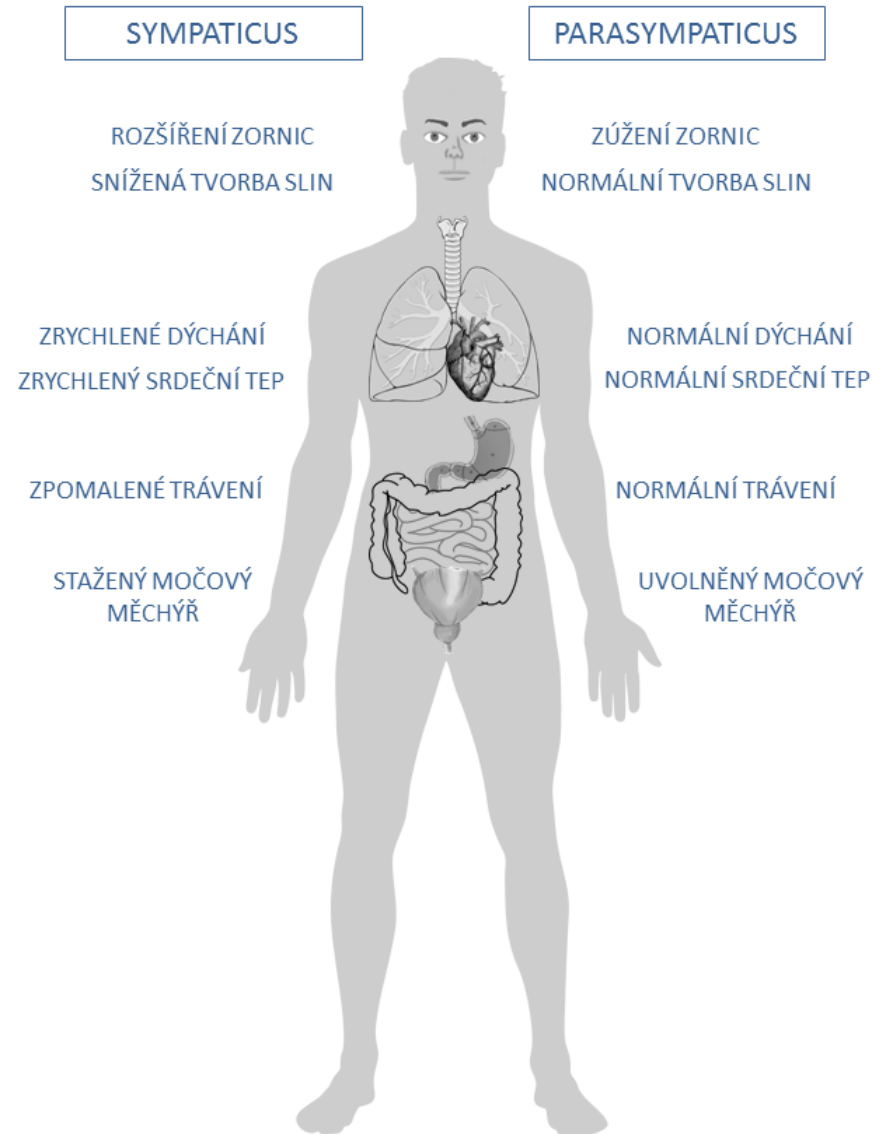
## Fyziologický stres (Physiological stress)



# Fyziologický stres

- *reakce organismu na stresor (faktor vnějšího a vnitřního prostředí).*
- *obranný mechanismus organismu jemu vlastní*
- *tělo na fyziologický stres reaguje aktivací sympatiku nervového systému, což vyvolává prvotní odpověď – boj nebo útěk*
- *posléze se aktivuje parasympatický nervový systém, čímž se organismus snaží nastolit homeostázu*
  
- *nezaměňovat s fyzickou zátěží (Physical stress) – pracovní zátěž*





# Hlavní regulované veličiny

- **chemické a fyzikálně chemické** (*pH, koncentrace minerálů a organických látek, krevní plyny, osmotický tlak, teplota, aj.*)
- **hemodynamické** (*krevní tlak, objem extracelulární tekutiny*)
- **metabolické**
- **humorální** (*koncentrace hormonů a dalších řídících látek*)

# Stresové události

*Podle časového průběhu:*

- *kumulativní stres (Cumulative stress)*
- *epizodický stres (Episodic stress)*
- *stres vyvolaný specifickým onemocněním*  
*(indicators of stress associated with specific diseases)*
  
- *akutní (acute)*
- *chronické (chronic)*

# Původ stresové události

- **fyzikální**
  - *teplo, chlad, tlak, vibrace, záření, el. proud*
- **chemický**
  - *jedy, toxiny, aj.*
- **biologický**
  - *patologické onemocnění, nedostatek a nevyváženost potravy, infekce*

## Je správné kategorizování stresů?

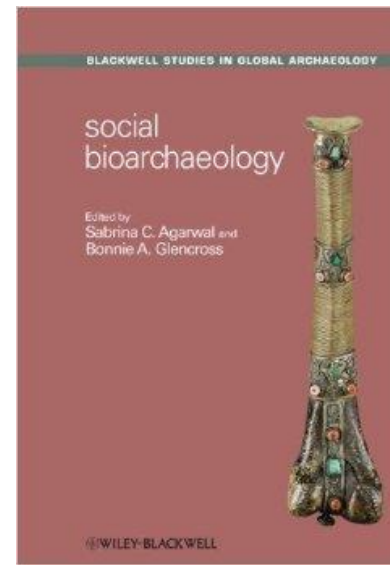
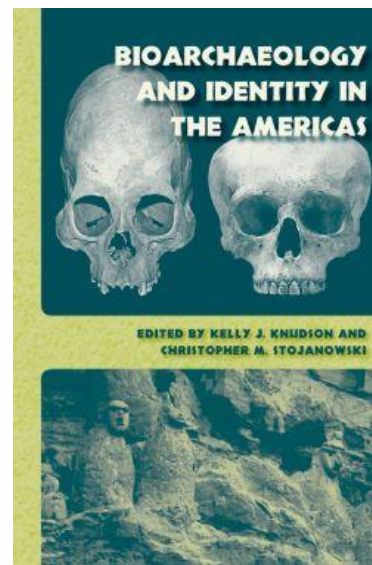
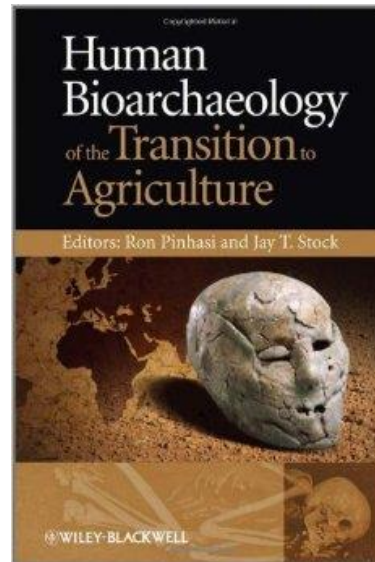
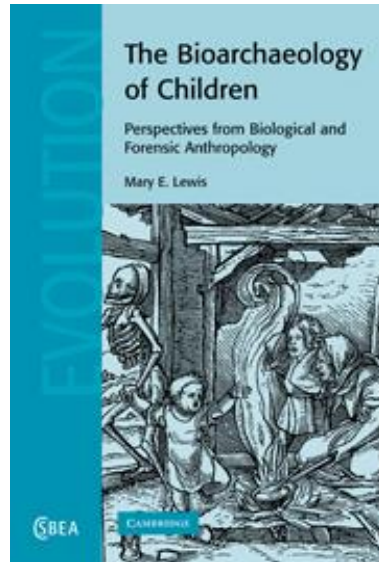
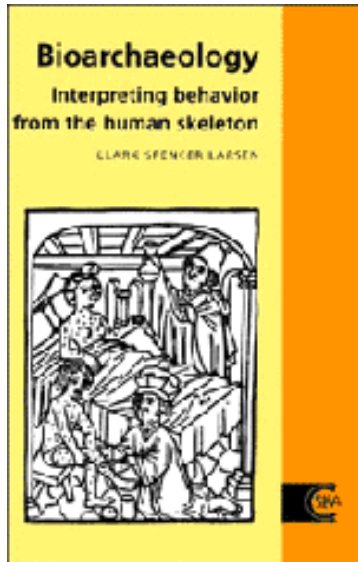
*ANO*

*NE*



# Bioarcheologie

- *Multidisciplinární vědní obor zahrnující poznatky z oborů:*
  - *Antropologie*
  - *Biologie*
  - *Chemie*
  - *Fyziky*
  - *Geologie*

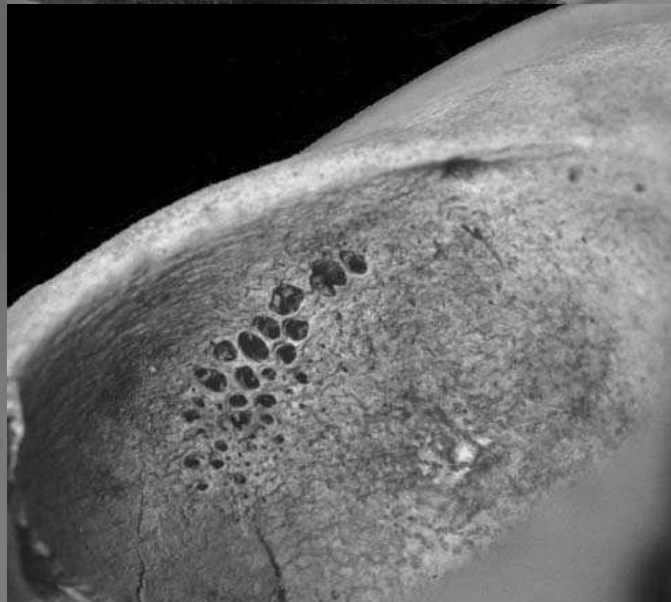


## Projevy stresu na kostře člověka

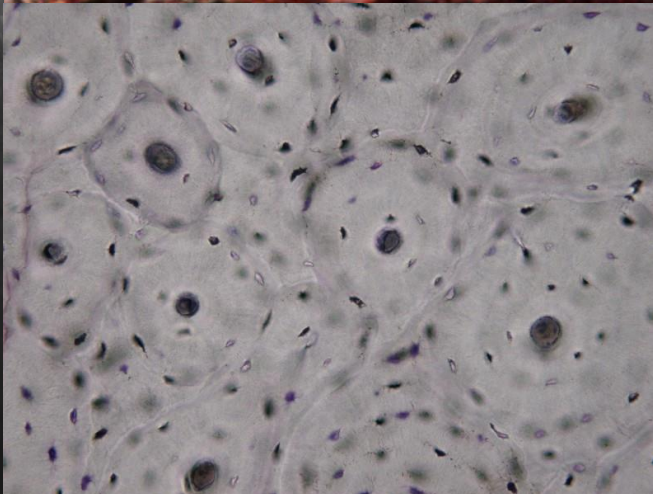
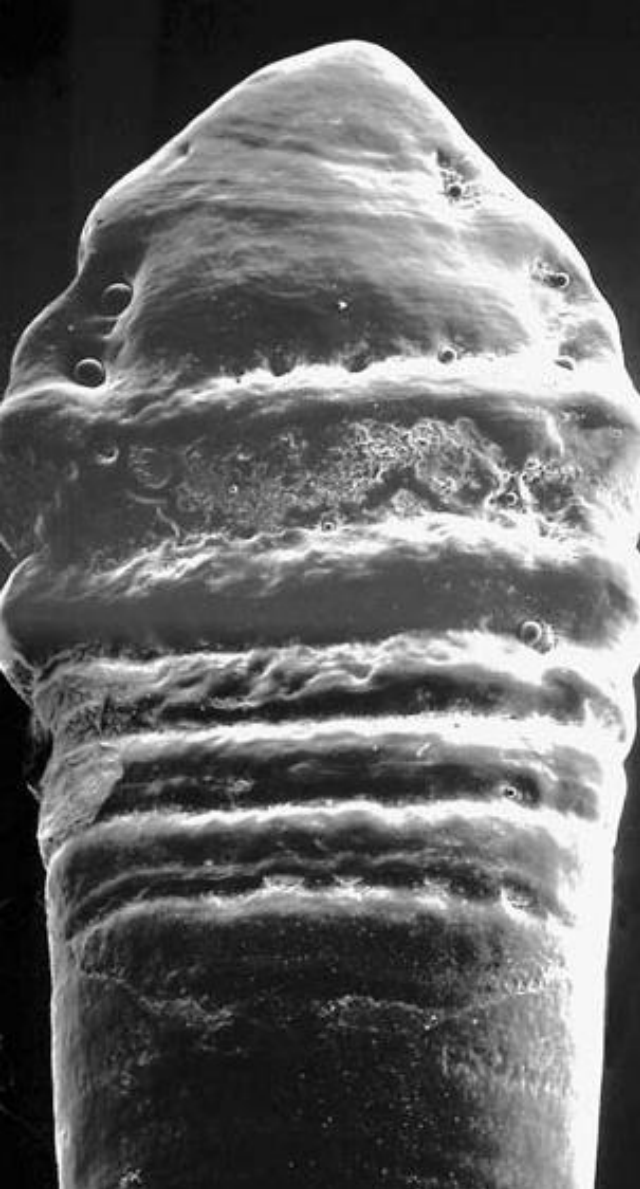
- *hodnocení kosterních a dentálních pozůstatků člověka z hlediska rekonstrukce zdravotního stavu historických populací*
- *studium životní historie (Human life history)*
- *působení stresu se může projevit proporcionálně, ve struktuře zubních a kostních tkání*
- *pozorujeme makroskopicky i mikroskopicky*



# LAMORFA



# LAMOURFA



## Projevy kumulativního stresu

- *multiplikační efekt*
- *zpomalení růstu kostí během vývoje*
- *dysplázie*
- *poruchy ve vývoji kostí v důsledku nedostatečné či nevyvážené stravy*

## Křivice (rachitis, anglická nemoc)

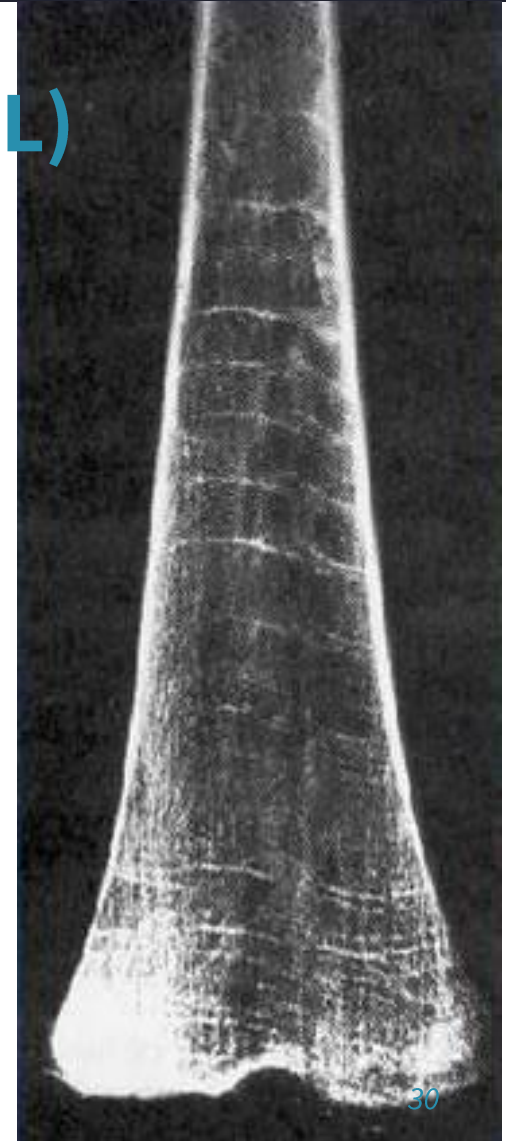


# Projevy episodického stresu

- *dočasná změna ve fyziologické rovnováze organismu*
- *Harrisovy linie*
- *makro defekty zubní skloviny*
- *mikro defekty zubní skloviny*

## Harrisovy linie (Harris lines, HL)

- **těž transversální linie (transverse lines, stress lines)**
- *typický indikátor stresu na kostře člověka*
- *poprvé byly popsány v roce 1903 (Ludloff)*
- *v roce 1921 je Settner označil za linie pozastaveného růstu ovlivněné výživovými faktory (growth arrest lines)*
- *v roce 1923 Harris prováděl výzkum u dětí postižených křivicí a jako první studoval transverzální linie na rentgenových snímcích*
- *etiologie byla popsána až v roce 1931 (H. A. Harris)*
- *mechanismus vzniku popsán až v roce 1953 (Park & Richter)*



# Harrisovy linie

- **HL jsou světlo nepropouštějící linie, které se táhnou pře dřevnou dutinu dlouhých kostí**
- *jsou viditelné na radiologických snímcích jako viditelné stíny*
- **představují oblasti se zvýšenou hustotou kosti vzniklé v důsledku narušení dlouhodobého růstu kostí (Ubelaker & Pap, 1998)**
- *důležité je nezaměnit s epifýzovými či diafýzovými jizvami*
- *využívány k hodnocení míry stresu v dětství, k výpočtu indexu nemocnosti, k hodnocení výživových problémů*

## Zachovalost HL

- *resistentní vůči erozním vlivům půdy*
- *k narušení dochází v případě narušení substance kosti*
- *zachovávají se i ve spálených kostech*
- *jsou náchylné k remodelaci*



## Definice HL na rentgenových snímcích

- **nejčastěji v distální části dlouhých kostí** (*tibia, femur, fibula, humerus, radius, ulna*)
- *linie musí být na rtg snímku (x-ray) viditelné pouhým okem a musí dosahovat alespoň do 1/2 šířky diafýzy (Garn et al., 1968; Gindhart, 1969)*
- *délky HL musí dosahovat 1/3 šířky diafýzy (Goodman & Clark, 1981)*
- *délka Hl musí být alespoň 30% z šířky diafýzy (Clark & Mack, 1988)*
- *úhel mezi liniemi a podélnou osou kosti by měl být v rozmezí 45° – 135°*

# Mechanismus růstu kosti

- *dlouhá kost roste do délky z chrupavek diafýzy*
- *proces prodlužování kostí konstantní rychlostí až do období dospívání, kdy nastává tzv. růstový spurt (growth spurt)*
- *kost přestává růst, jakmile se kostní buňky (osteocyty) přestanou dělit a osifikační centra splynou*
- *během fyziologického narušení organismu může být růst kosti narušen, dělení buněk chrupavky se zpomalí, avšak mineralizace kosti pokračuje.*
- *vytvoří se vrstva vysoce mineralizované kostní tkáně, která je viditelná na rtg snímcích jako rentgenokontrastní linie*

# Mechanismus vzniku HL

*[1] V důsledku působení akutního nebo chronického stresu během vývoje člověka dochází ke zpomalení intersticiálního růstu kosti. Omezí se dělení chondroblastů v růstové ploténce a novotvorba chrupavčité tkáně.*

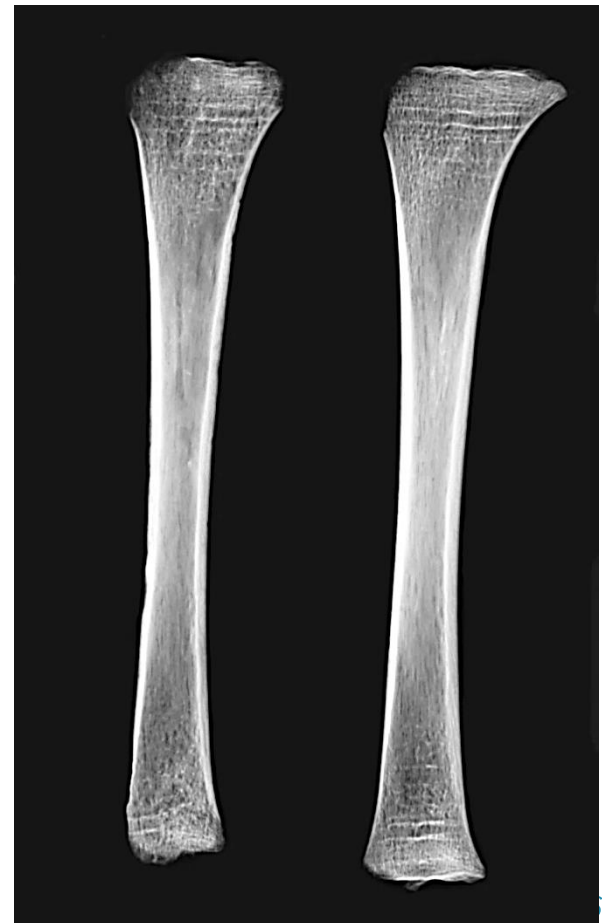
*[2] Osteoblasty reagují pomaleji na stres, přičemž po nějaký čas pokračuje ukládání nemineralizované kostní tkáně (osteoid) podél růstové ploténky (epifyzální ploténka). Během této fáze se vytváří tenká vrstva novotvořené kosti, která není viditelná na rentgenovém snímku.*

*[3] Jakmile dojde k obnovení normálního růstu, osteoblasty se zotaví rychleji než chondroblasty a opět dochází k produkci nemineralizované kostní hmoty (osteoidu) na povrchu růstové ploténky. V témže místě se začne produkovat také tenká mřížka kompaktní kosti (compact bone), která je již viditelná na rentgenovém snímku.*

*[4] Tento proces pokračuje, dokud není dokončen cyklus dozrávání chondroblastů a nedojde-li k uzavření epifyzální chrupavky. Transverzální linie jsou u jedinců viditelné až po ukončení působení fyziologického stresu, jakmile je obnoven normální růst kosti.*

## Možné příčiny vzniku HL

- *hladovění*
- *deficience vitamínu A, C, D*
- *vysoké horečky*
- *Septikémie*
- *Pneumonie*
- *intoxikace (otrava olovem)*
- *Křivice*
- *Spála*
- *Syfilis*
- *Kurděje*
- *infekční onemocnění*
- *silný emocionální stres*



# Harrisovy linie

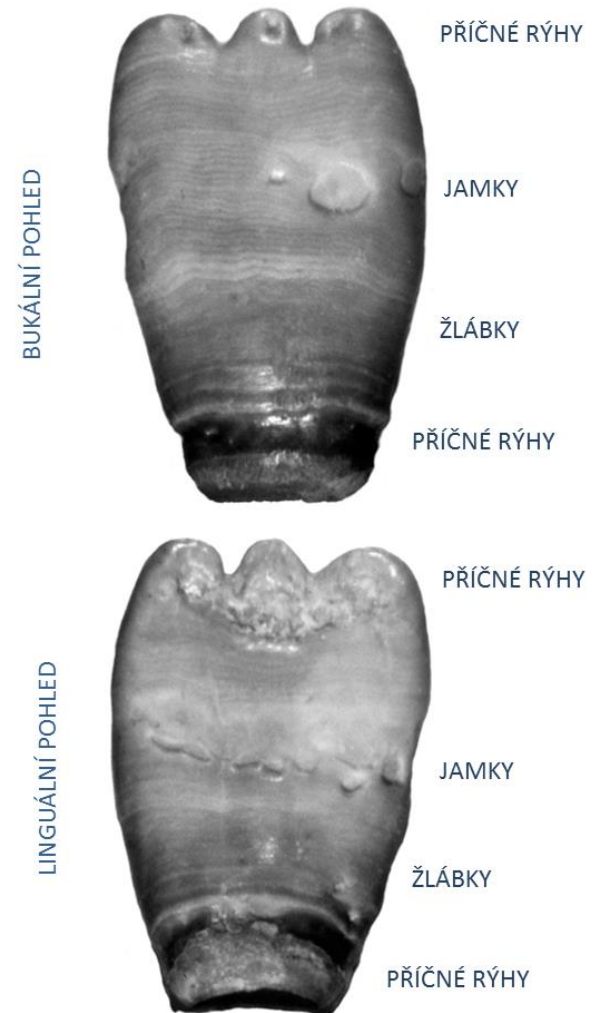
- *nejčastěji vznikají ve věku jednoho až tří let (přerušeni kojení)*
- *přítomnost HL informuje o prodělaných patologických změnách v organismu/stresových událostech, avšak nelze rozpoznat o jakou konkrétní patologii se jednalo*
- *frekvence HL v populaci je především u mladších věkových skupin, redukuje se s přibývajícím věkem*
- *průkaznost HL díky radiologické diagnostice, počítačové tomografii či magnetické resonanci*

# Projevy stresu na zubech

- *Z hlediska významnosti záznamu vývojových a stresových událostí vykazují zuby ve srovnání s kostmi několik specifických vlastností:*
  - *vyšší zachovalost v paleoantropologickém a archeologickém záznamu*
  - *stabilita po vytvoření – v průběhu života se sklovina nemění, změny v dentinu jsou minimální*
  - *cirkadiánní záznam ve vrstvené struktuře tvrdých zubních tkání*
- **makrodefekty zubní skloviny** (*hypoplázie, hypokalcifikace, amelogenesis imperfecta*)
- **mikrodefekty zubní skloviny** (*stresové linie*)

## Hypoplastické defekty

- **vývojová porucha zubní skloviny odrážející působení stresogenních faktorů**
- *termín poprvé zavedl Otta Zsigmondy v roce 1893*
- *definice: hypoplastické změny jsou definovány jakožto ostře ohraničené vodorovné linie v místě ztenčení enamelu, které probíhají po obvodu zubní korunky*
- *narušení zubní skloviny makroskopicky pozorované na jejím povrchu*
- *na rozdíl do amelogenesis imperfecta se defekty nemusí vyskytovat na celém chrupu*



LAMORFA





# Úvod do digitální mikrofotografie

## Světelná mikroskopie (optický mikroskop)

- *mikroskop je optický přístroj umožňující pozorování struktur/drobných objektů a jejich detailů při velkém zvětšení, které nejsou viditelné pouhým okem*
- *součástí je optická soustava, osvětlovací soustava a mechanické zařízení*
- *zvětšený obraz je vytvořen viditelným zářením*

# Hlavní komponenty mikroskopu

**Objektiv** = spojná soustava čoček umístěná blíže k pozorovanému předmětu. Ohnisková vzdálenost je 1,5 – 20 mm. Obraz předmětu je převrácený, skutečný, zvětšení (až 150x)

**Okulár** = spojná soustava čoček (lupa) umístěná blíže k oku pozorovatele. Soustava čoček obraz zvětšuje až 20x. Ohnisková vzdálenost je 10 – 50 mm. Konečný obraz předmětu je zvětšený, neskutečný, převrácený.

## Zvětšení mikroskopu:

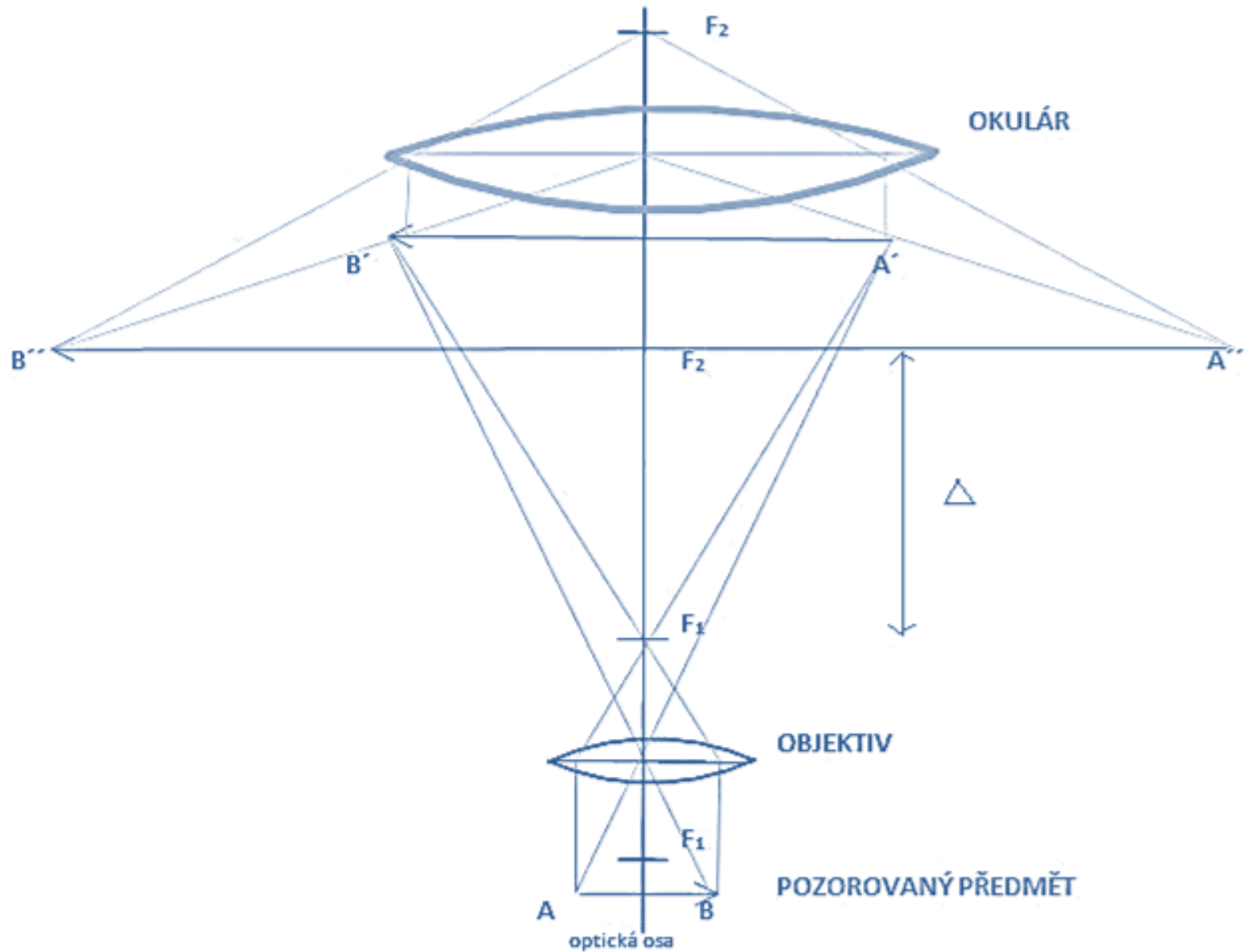
Celkové zvětšení mikroskopu je dáno násobkem příčného zvětšení objektivu a úhlového zvětšení okuláru. Hodnota 250 je konvenční zraková vzdálenost vyjádřená v mm. Úhlové zvětšení je definováno zvětšením zorného úhlu zprostředkovaného okulárem

## Zvětšení mikroskopu:

- *Celkové zvětšení mikroskopu je dáno násobkem příčného zvětšení objektivu a úhlového zvětšení okuláru. Hodnota 250 je konvenční zraková vzdálenost vyjádřená v mm. Úhlové zvětšení je definováno zvětšením zorného úhlu zprostředkovaného okulárem.*

$$\Gamma = Z_{\text{objektivu}} \cdot \beta_{\text{okuláru}} = \frac{\Delta}{F_{\text{objektivu}}} + \frac{250}{F_{\text{okuláru}}}$$

- $\Delta$  ... optický interval (15 – 20 cm) = vzdálenost obrazového ohniska první lámavé plochy F1 a předmětového ohniska druhé lámavé plochy F2



## Druhy mikroskopů

- *klasické mikroskopy (monokulární, bikulární, trinokulární)*
- *stereomikroskopy*
- *polarizační mikroskop*
- *fluorescenční mikroskop (pomocí soustavy filtrů propouští část světla vyvolávající fluorescenci)*
- *konfokální mikroskop (zdroj světla laser)*

## Stereomikroskop

- *speciální mikroskop určený pro pozorování třírozměrných objektů při menším zvětšení (přibližně 5x – 350x) s důrazem na prostorový vjem.*
- *pozorování v dopadajícím světle*
- *skládá se z dvou okulárů a jednoho objektivu s velkým poloměrem*
- *každé oko vytváří samostatný obraz objektu, ale mozek tyto rozdílné obrazy vyhodnotí jako celek (stereoskopické vidění)*



# Optický mikroskop

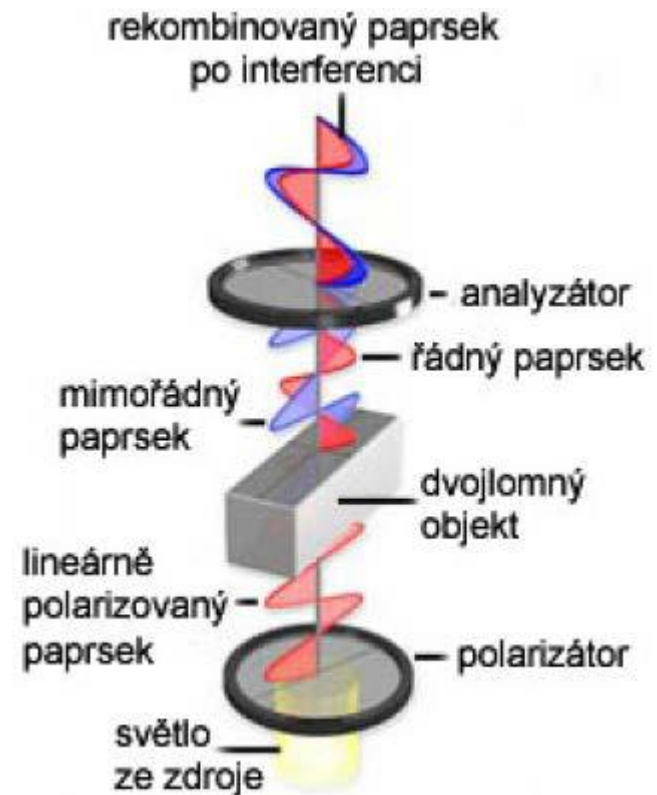
- *pozorování mikroskopických preparátů při velkém zvětšení = optický mikroskop s diaskopickým osvětlením (pozorování v procházejícím světle)*
- *základní optické prvky představují objektiv a okulár = centrované optické soustavy dvou složených spojných čoček, jejichž vrcholy leží na společné přímce (optická osa)*
- *u moderních optických mikroskopů představují obě čočky složité opticky korigované soustavy složené z více čočkových elementů*
- *dalšími optickými prvky jsou kondenzor, tubusová čočka, osvětlovací soustava*





# Optický mikroskop s polarizací

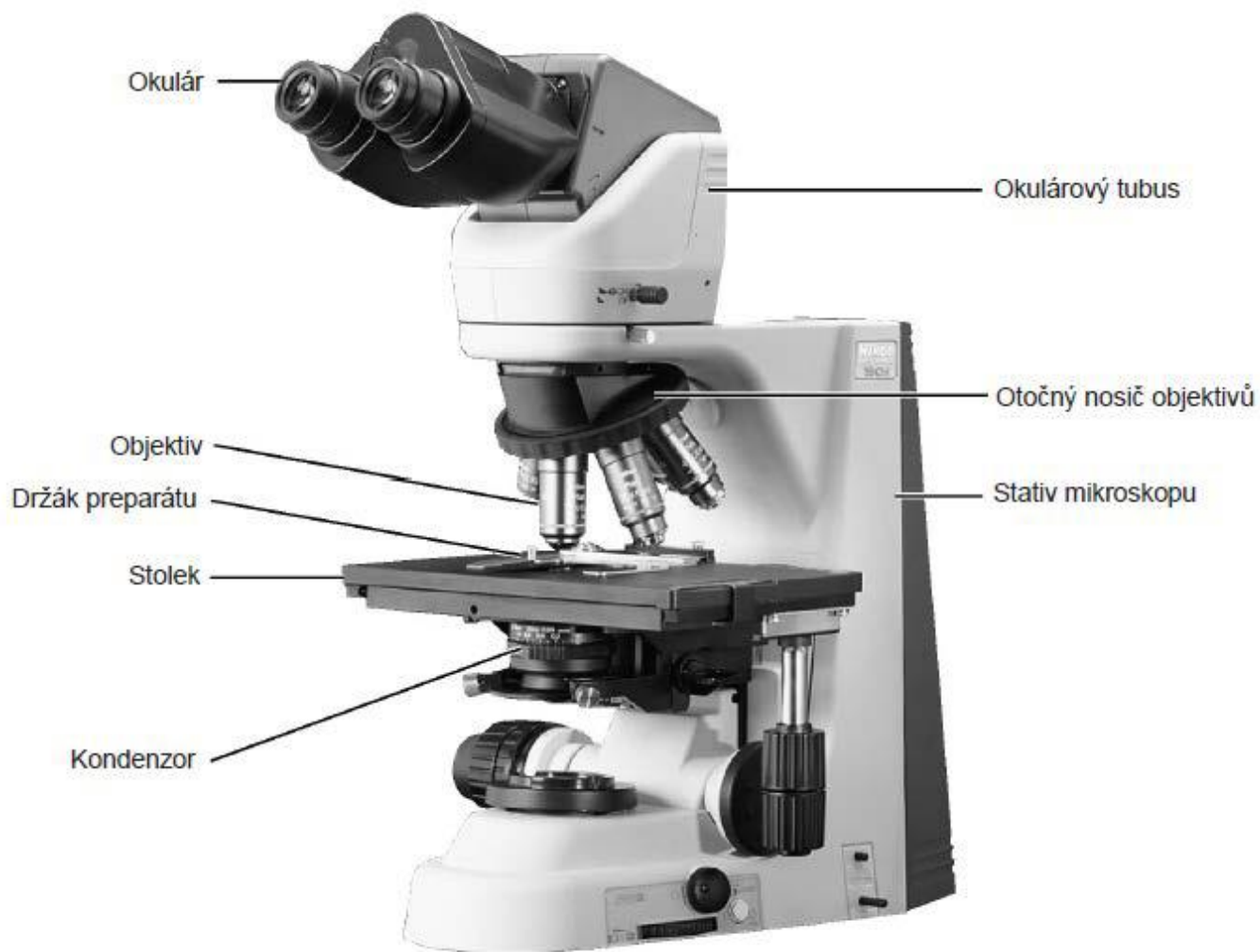
- *polarizace = prochází-li světelný paprsek anizotropní látkou (nemá ve všech směrech stejné optické vlastnosti), ze všech možných rovin, ve kterých světlo před průchodem kmitalo, převáží po průchodu jedna rovina a ostatní jsou potlačeny*
- *polarizační mikroskopie = využívá lineárně polarizované světlo získané pomocí polarizačních filtrů (polarizátor a analyzátor)*

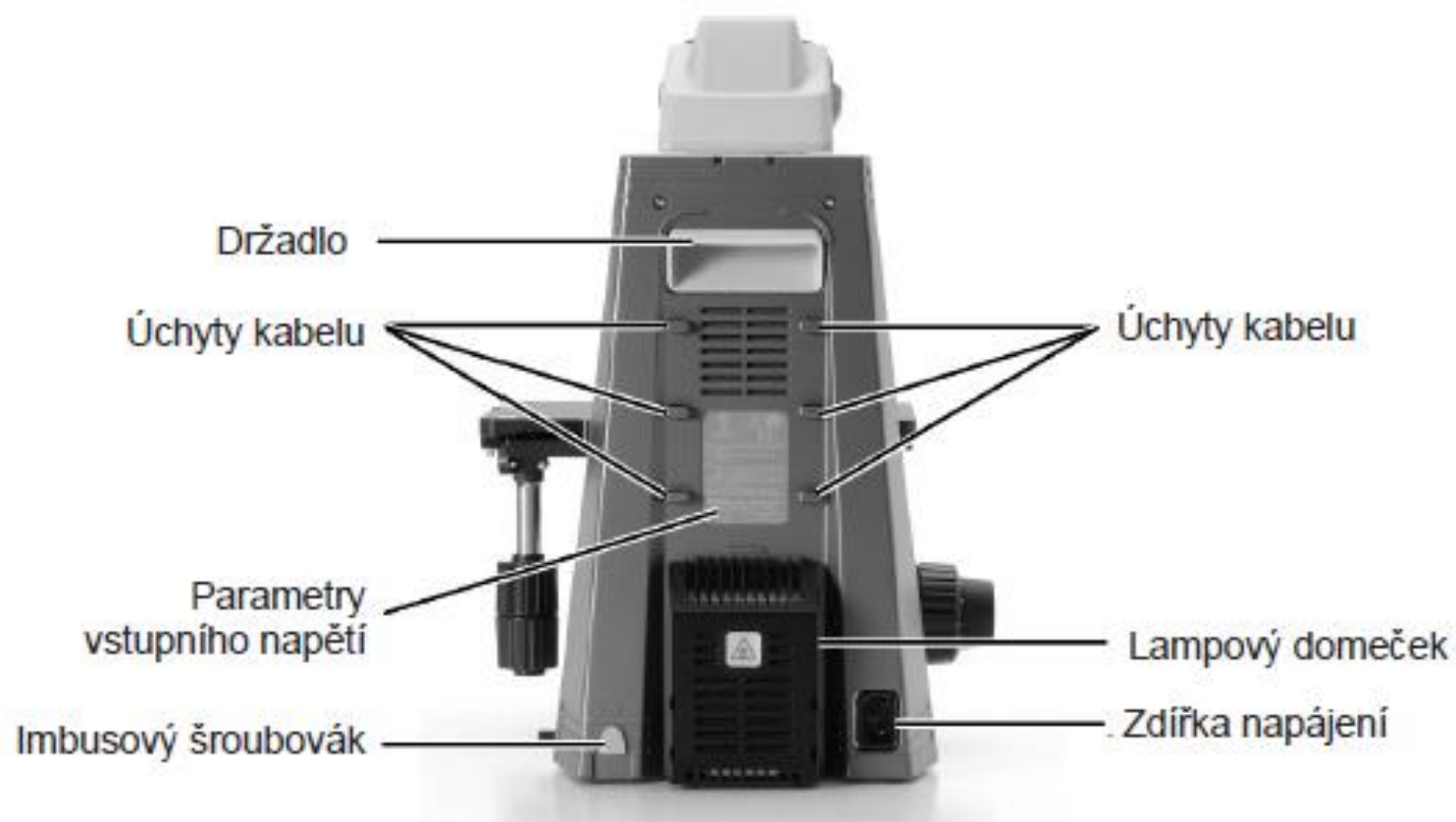


# Optický mikroskop s polarizací

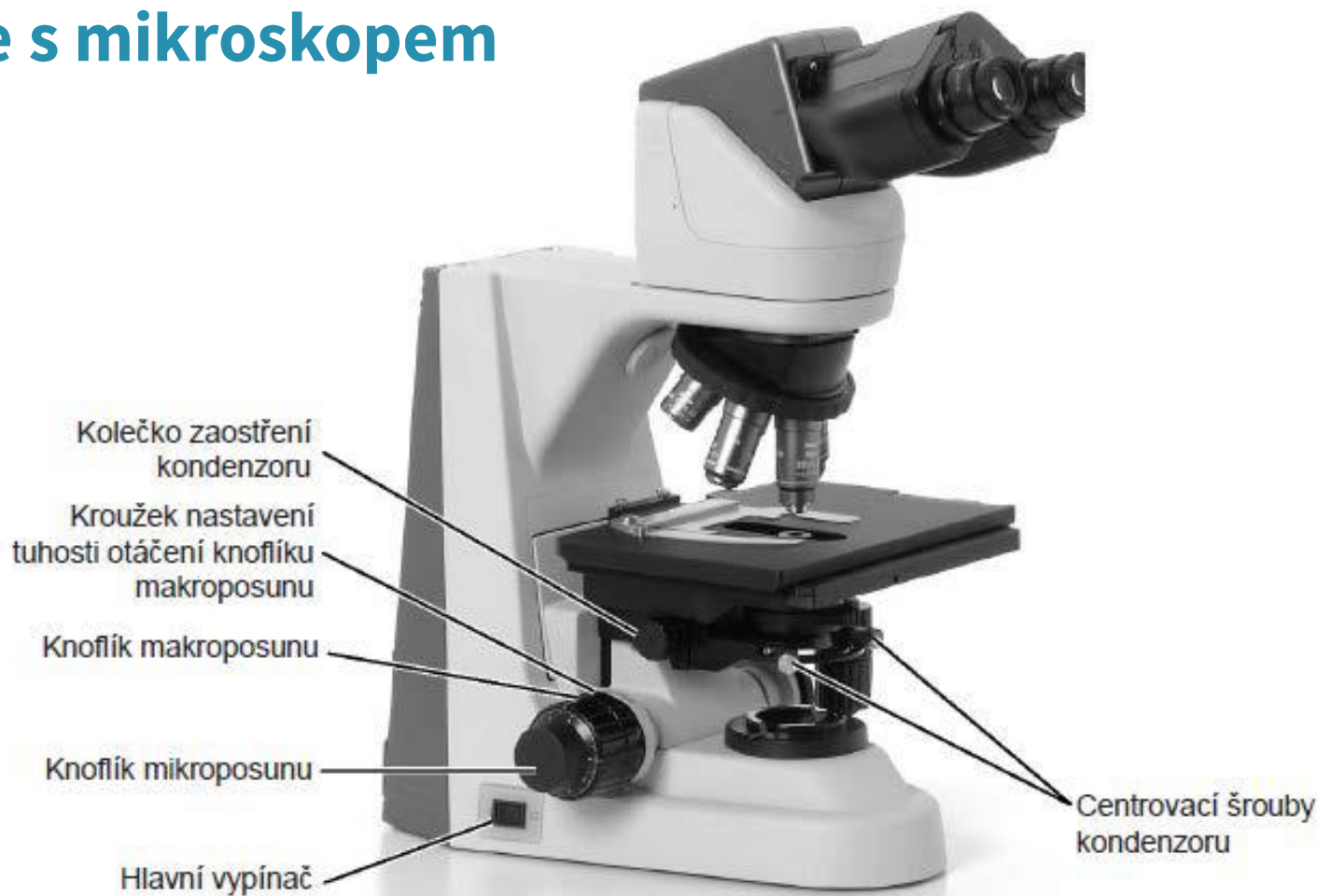
- *polarizační filtry mají v mikroskopu dvě základní polohy*
- *jsou-li roviny polarizace obou filtrů k sobě rovnoběžné, světlo jimi prochází jen s nepatrným omezením a zorné pole je světlé*
- *jsou-li obě roviny na sebe kolmé, žádné světlo neprojde a zorné pole je tmavé*
- *pokud jsou filtry nastaveny na největší jas a vložíme mezi ně anizotropní objekt, nastane zeslabení obrazu a změna jeho chromatičnosti*
- *toho lze využít při zobrazení struktur, které jsou při běžném pozorování neviditelné*

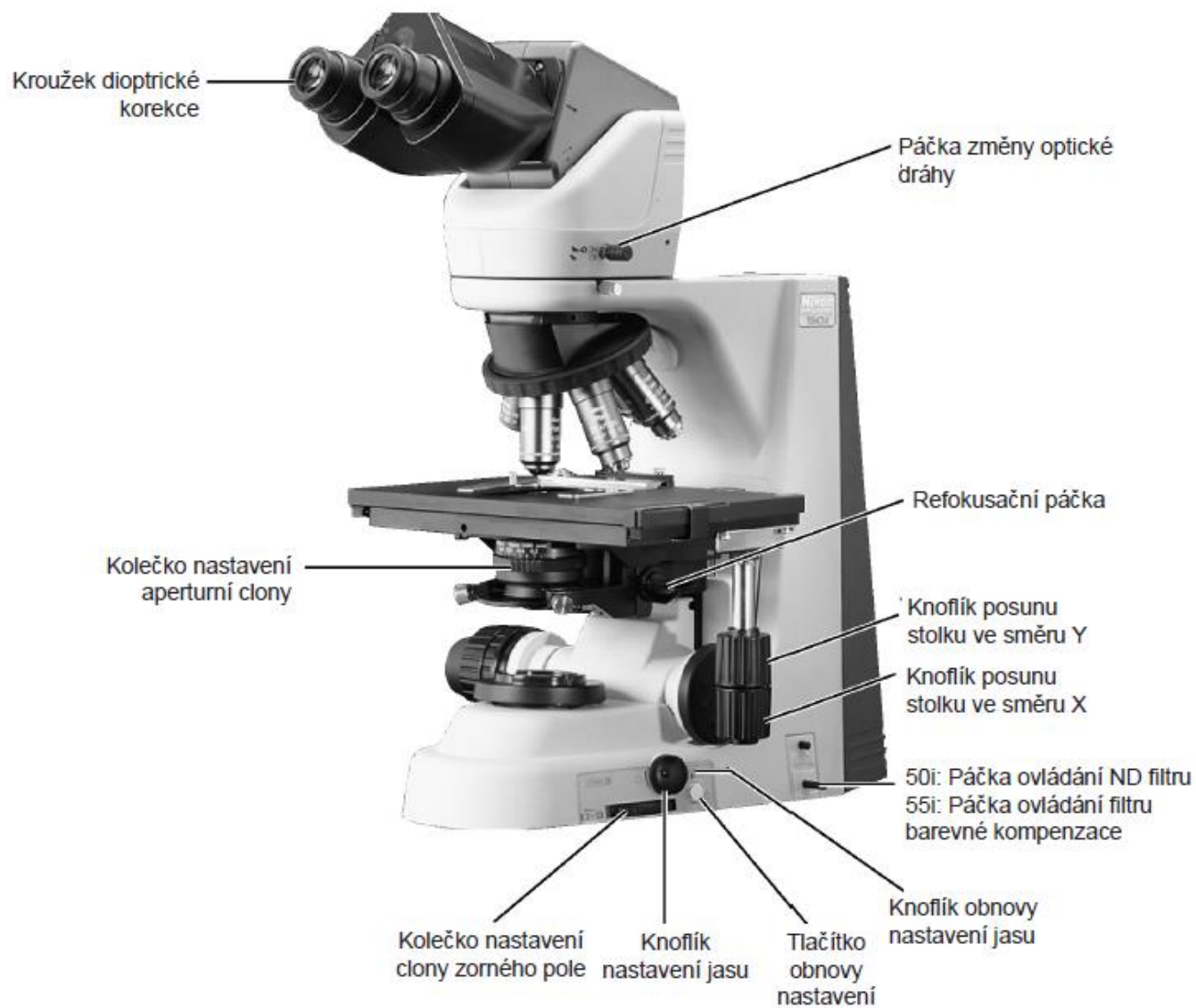
## Součásti mikroskopu





## Práce s mikroskopem





# Digitální mikrofotografie

*Většina velkých výrobců mikroskopů nabízí kompletní opticko-digitální řešení, zahrnující základní programové vybavení pro zaznamenání, ukládání, archivování a zpracování fotografií*

- **digitální obraz** = reprezentace skutečného objektu v počítači
- **digitalizace** = záznam obrazových elementů, pixelů (vzorkování) a jejich barev (kvantifikace barvy)
- **rozlišení obrázku** = vztah mezi reálním rozměrem (mm, cm) a počtem obrazových elementů (pixely); udává se v jednotkách PPI (pixel per inch)
- **kalibrace velikosti** = využití digitální mikroskopie pro měření vzdáleností a rozměrů

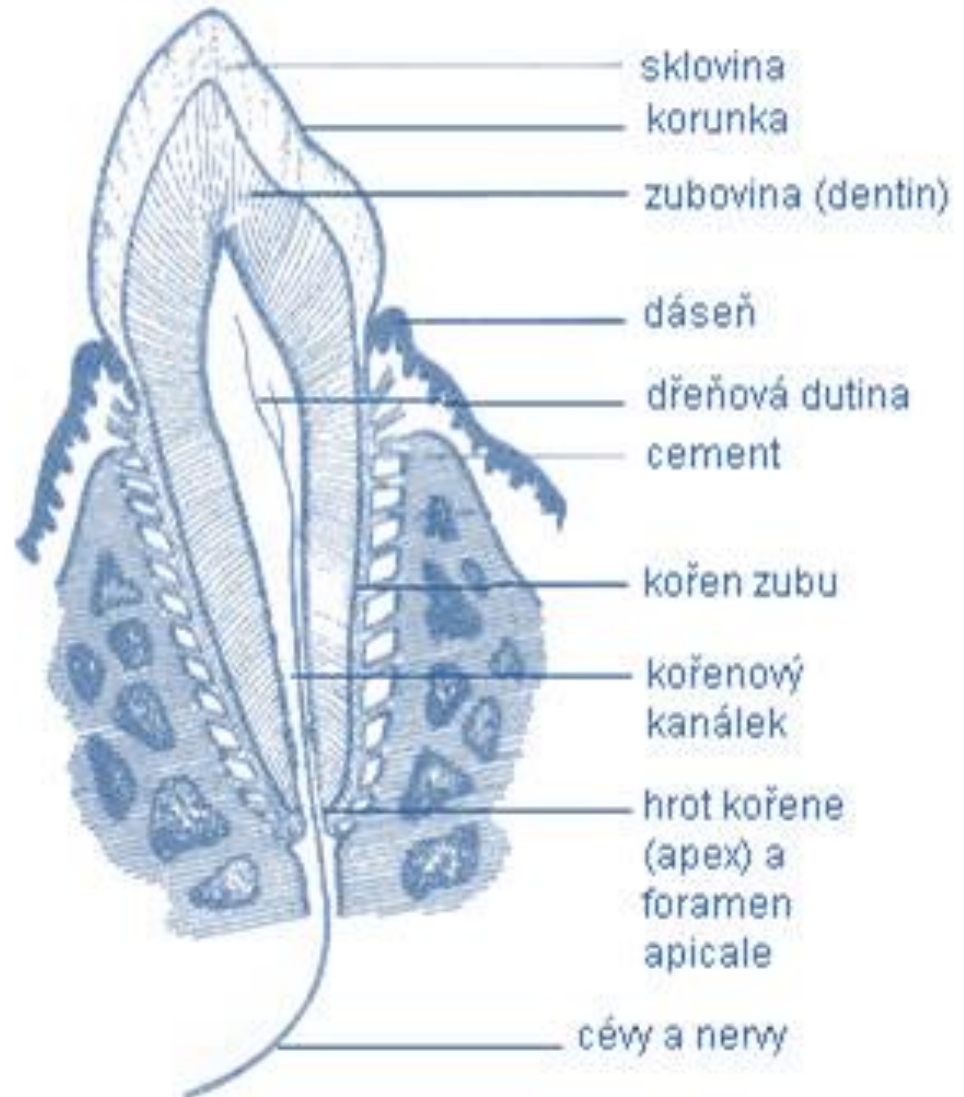
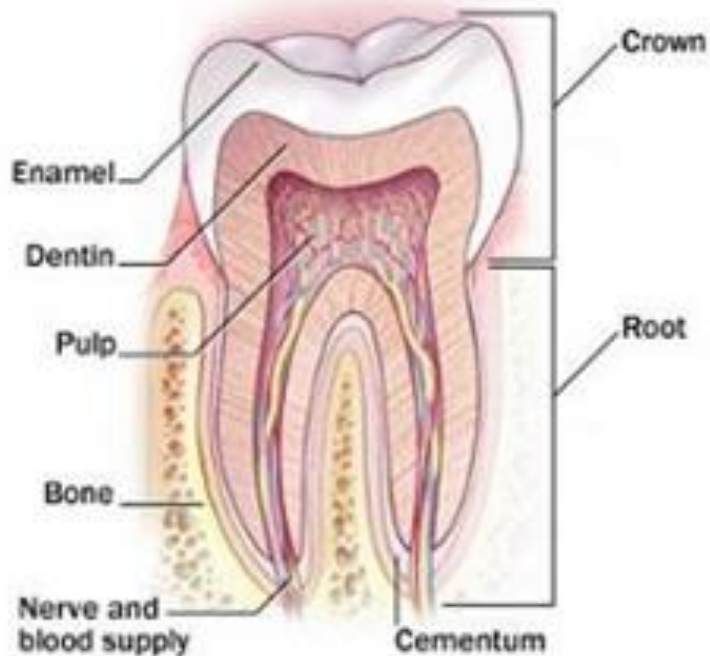
## Mikroskopie tvrdých zubních tkání

- *studium zubů z kosterních nálezů představuje významný zdroj informací, poskytující řadu cenných poznání i prakticky aplikovatelných výsledků*
- *jejich studium nám v kontextu paleoantropologických nálezů umožňuje poznávat evoluci lidského druhu a v kontextu archeologických nálezů a historických údajů nepřímo rekonstruovat životní podmínky minulých populací a tak nahlédnout do života v tehdejší společnosti*

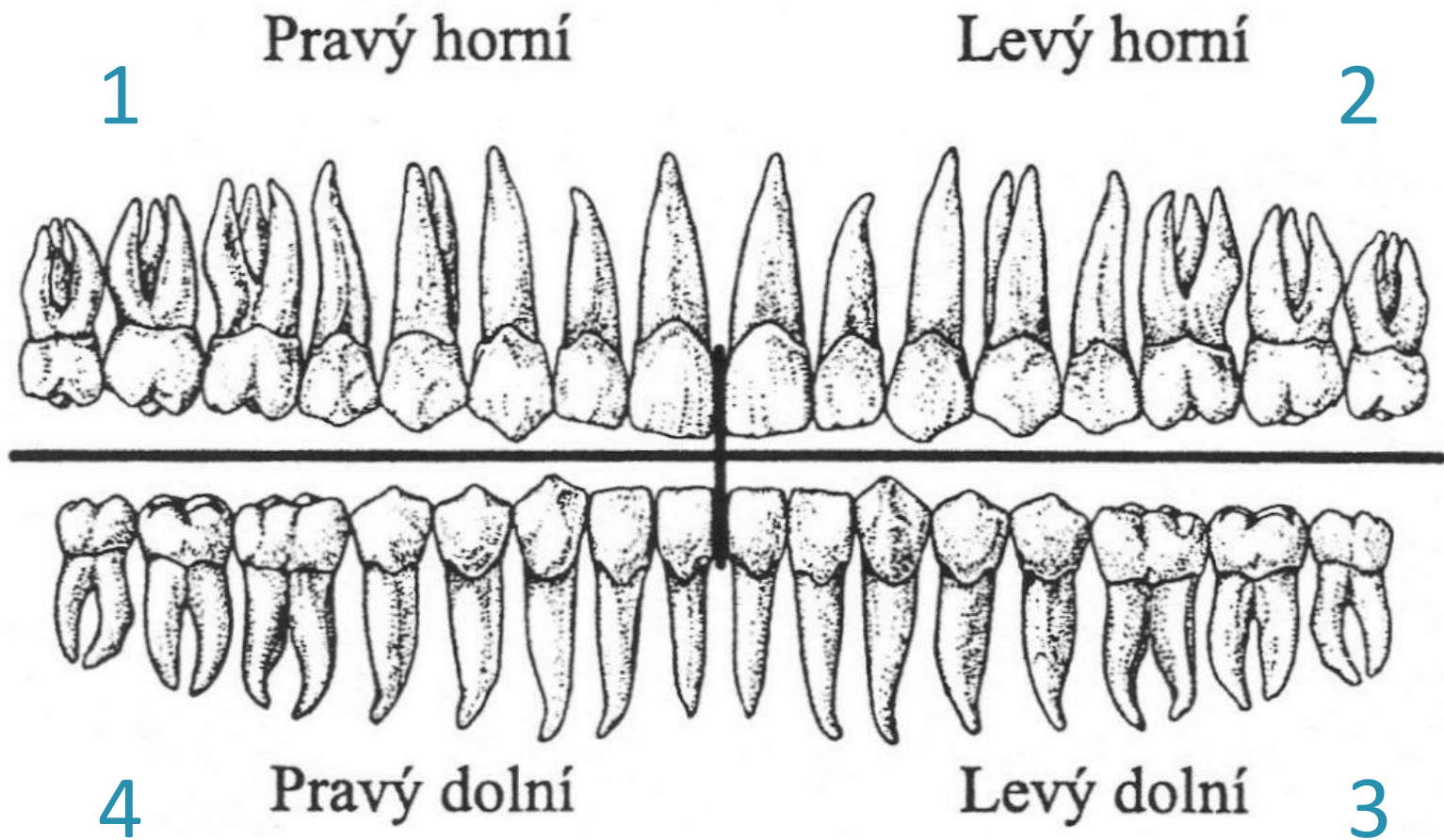


## Stavba zuby

- Na stavbě zuby se podílí sklovina, dentin, cement

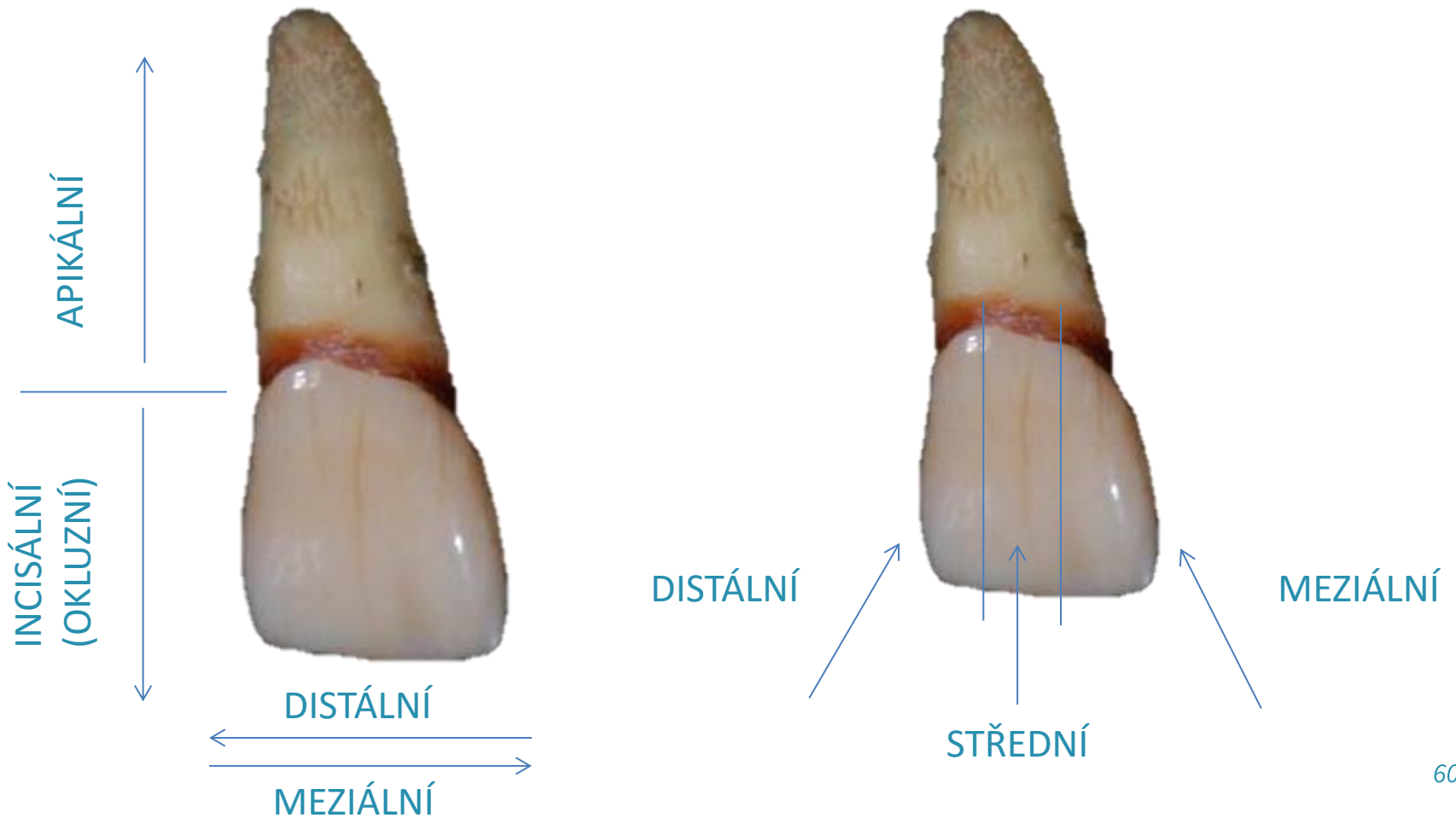


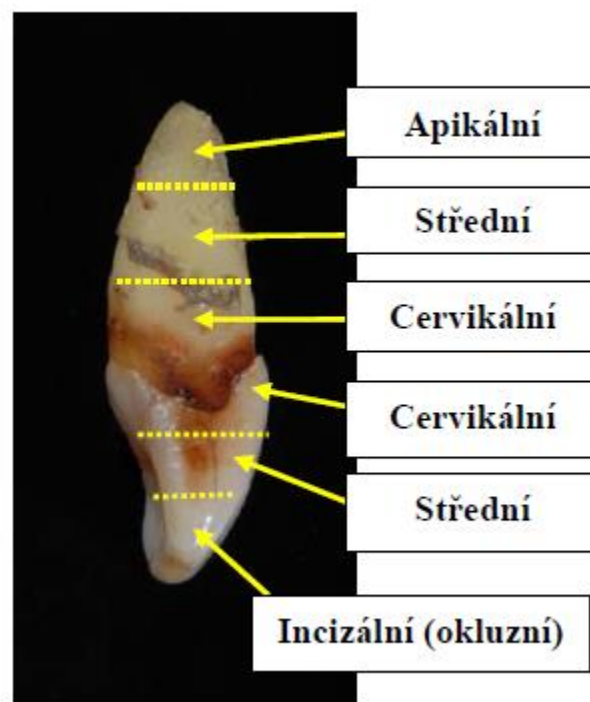
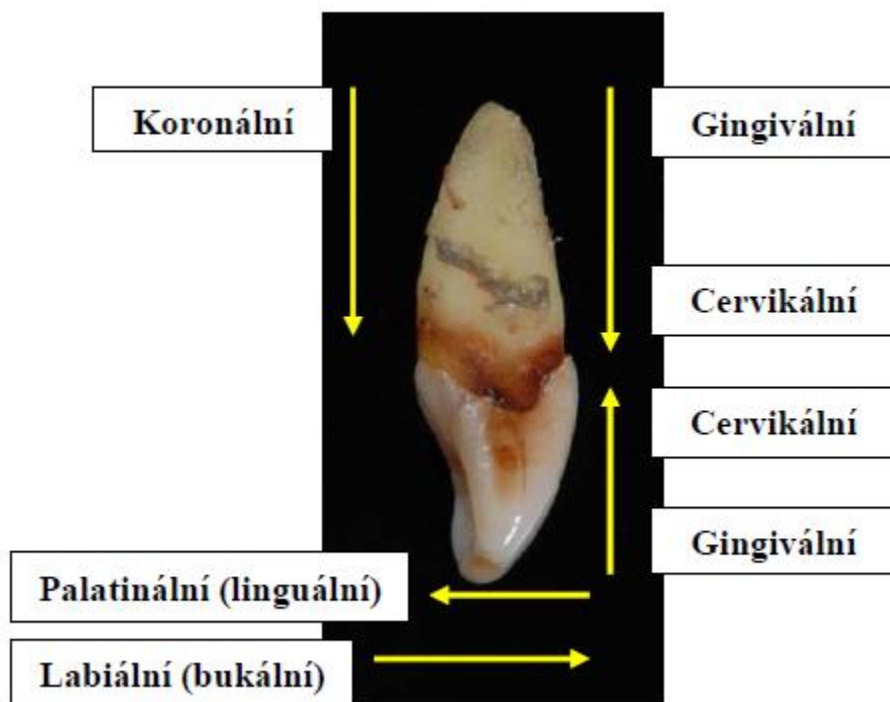
# Popis zubů





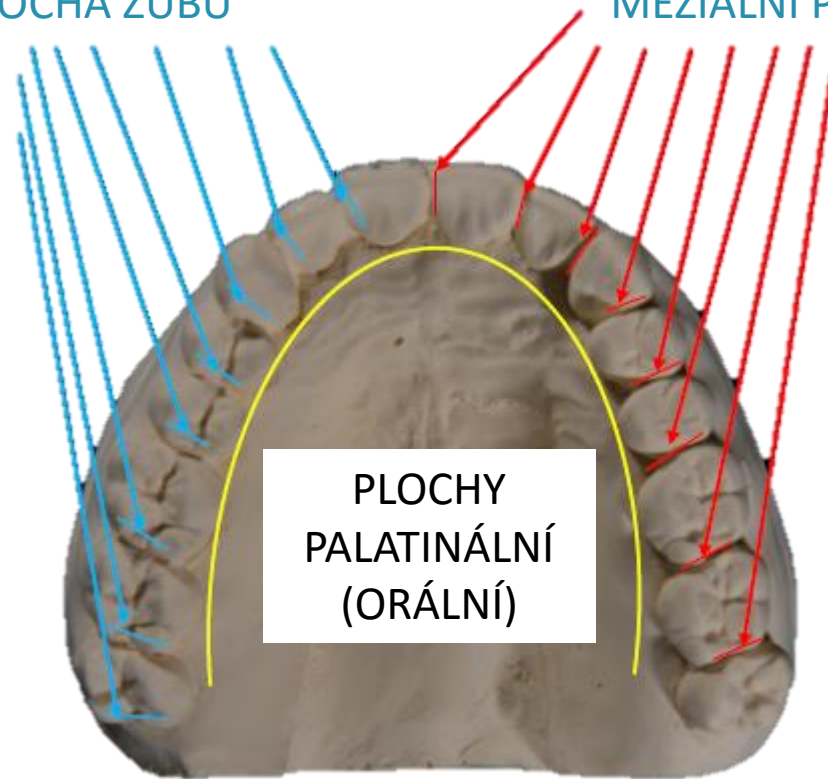
# Orientace směrů a ploch





DISTÁLNÍ PLOCHA ZUBU

MEZIÁLNÍ PLOCHA ZUBU

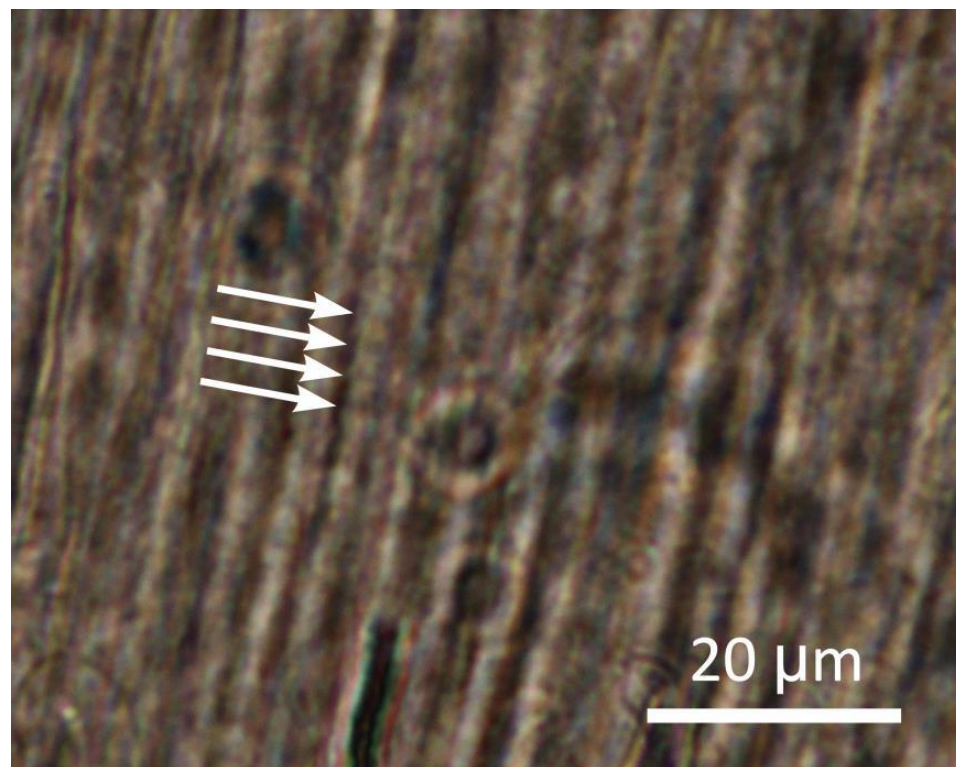
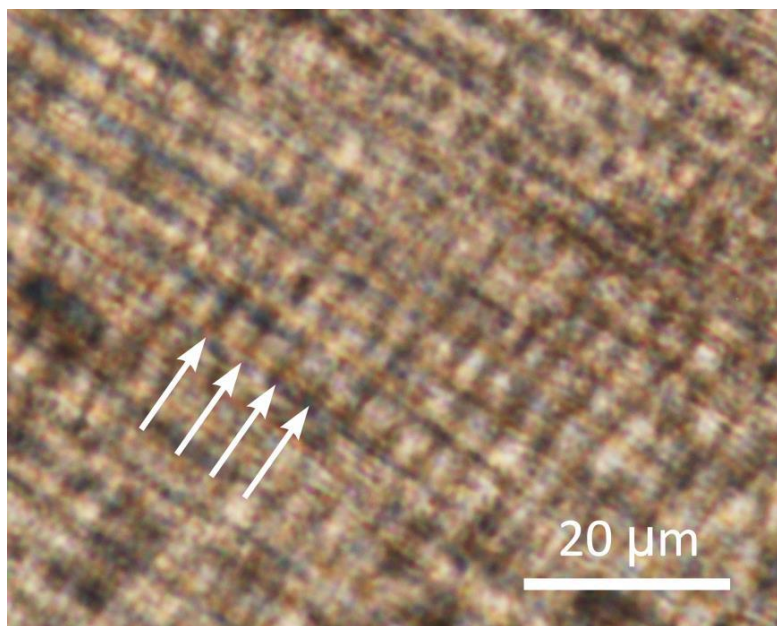


PLOCHY  
PALATINÁLNÍ  
(ORÁLNÍ)

# Růstové markery

- *formování tvrdých zubních tkání v průběhu vývoje probíhá rytmickým způsobem v periodicky se opakujících intervalech*
- *inkrementální struktury/linie*
  - **krátkodobé/denní přírůstky** (*short-period structures/lines*), vznikají v časovém intervalu 24 hodin
  - **dlouhodobé přírůstky** (*long-period structures /lines*)
- *struktury v zubní sklovině a dentinu si vzájemně odpovídají*
- *Inkrementální linie jsou lépe viditelné u dočasné dentice*
  
- *denní přírůstky v prizmatické sklovině označujeme jako **příčné linie** (*cross-striations*) a v dentinu jako von **Ebnerovy linie** (*von Ebner's lines*)*

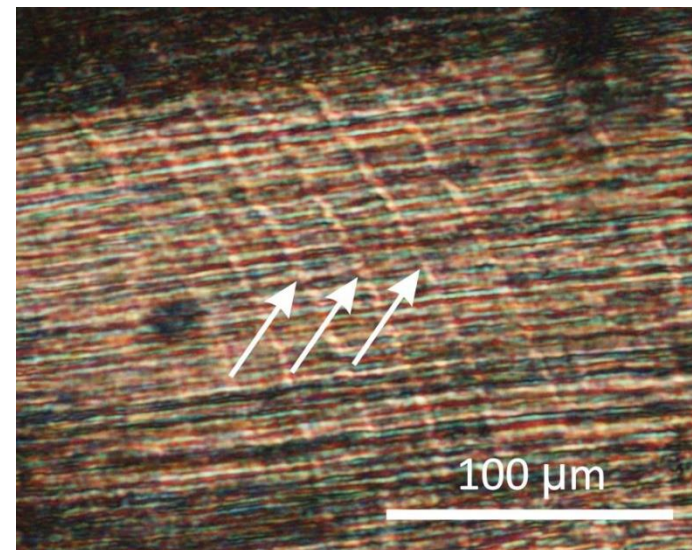
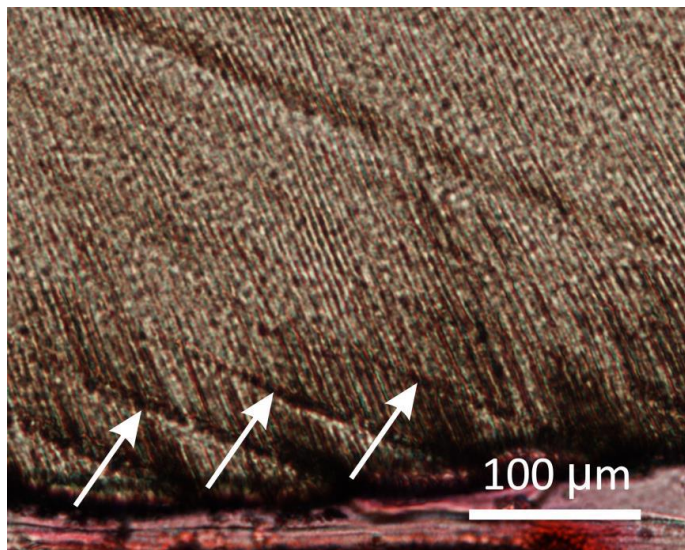
## Krátkodobé inkrementální struktury





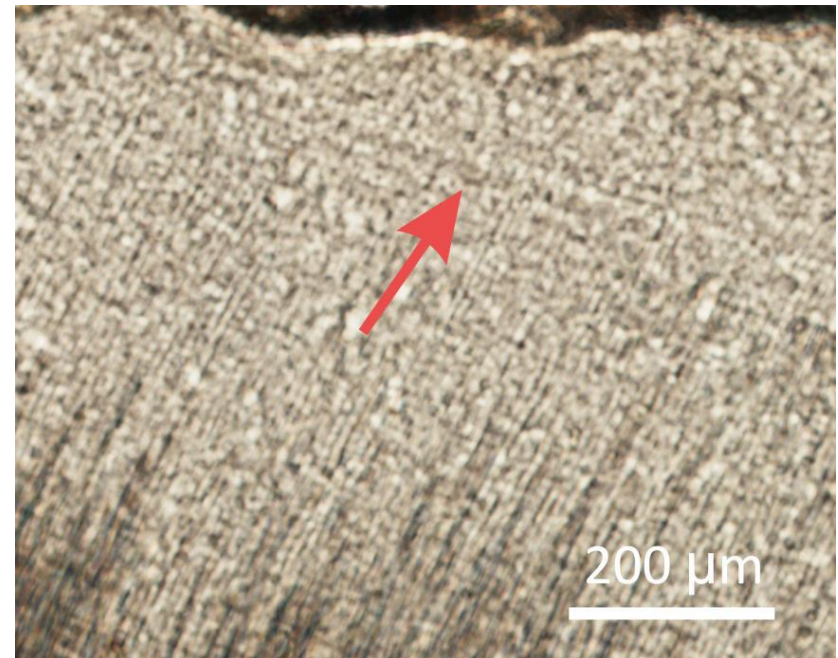
## Dlouhodobé přírůstky

- vznikají v delší periodě, s individuálně konzistentní, ale vnitro- a mezidruhově variabilní periodicitou (u člověka v rozpětí 6-12 dnů, nejčastěji 8 nebo 9 dnů)
- ve sklovině ozančované jako **Retziusovy linie** (brown striae of Retzius; perikymata na povrchu korunky) a v dentinu jako **Andersenovy linie** (Andersen lines; periradikulární proužky na povrchu kořene)



# Indikátory stresu na zubech

- *Akcentované linie (accentual lines, stress lines)*



## Neonatální linie

- *výjimku představuje jedna specifická, velmi výrazná akcentovaná linie vznikající při porodu*
- *pozorovatelná je u všech již prenatalně se vyvíjejících zubů, tj. ve všech zubech dočasného chrupu a většinou u 1. trvalé stoličky*
- *označuje událost narození a tak umožňuje rekonstrukci chronologie vývoje*
- *má velký význam v histologických metodách odhadu dožitého věku a časování vývojových událostí*



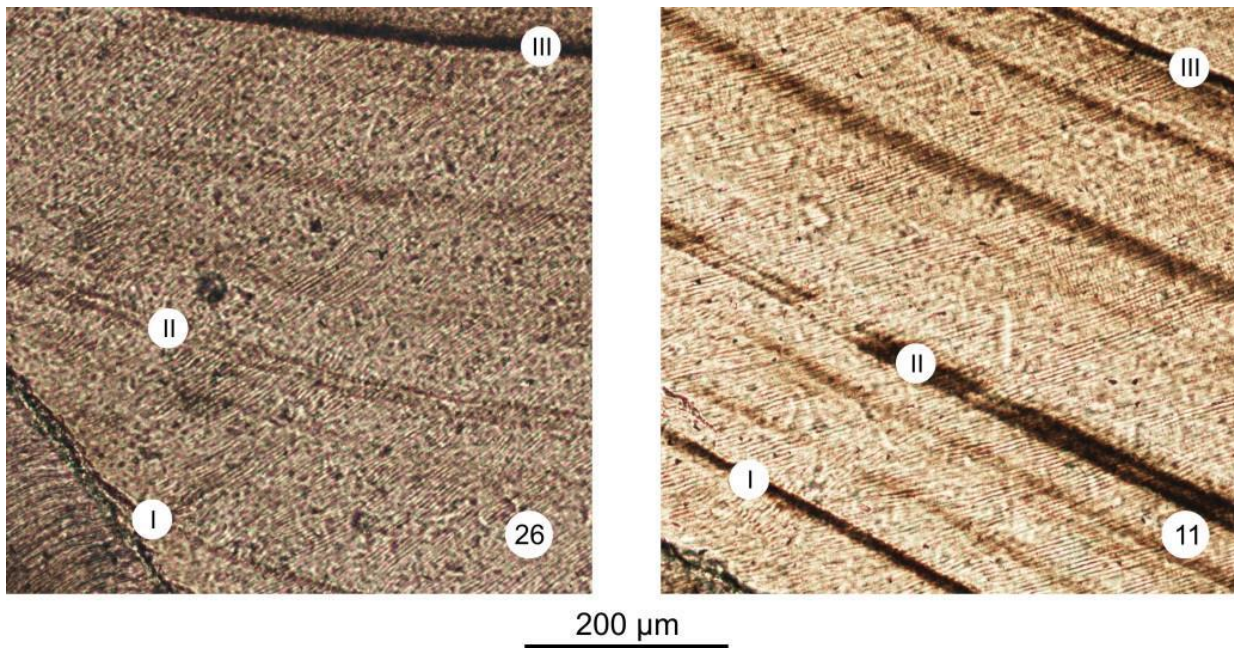
# Časový záznam ve vývoji

- *jelikož se stresové události objevují ve vývoji v určitém časovém bodu, jsou zaznamenány v mikrostruktuře všech zubů, které se v čase působení stresové události vyvíjely*



# Praktická část

## Hodnocení stresu pomocí moderních zobrazovacích metod



# Praktické cvičení

- *Doplnit úkoly* 😊

# Metoda odontochronologie

*Verčo doplň 😊*



