

FORENZNÍ TAFONOMIE

*Posmrtné chemické změny; faktory
ovlivňující rychlost rozkladu, forenzní
entomologie, problematika spálených
pozůstatků člověka*

Kritéria mozkové smrti dle WHO

- Hluboké bezvědomí
- Svalová atonie
- Areflexie nad C1 = nosič, atlas (míšní reflexy mohou být zachovány)
- Vymizení spontánního dýchání
- Ani při druhé mozkové panangiografii po 30 minutách kontrastní látka neproniká dále než k bazi mozkové. nedojde k naplnění cév nad bází lební
- Transplantace

Smrt

■ Smrt biologická

- definitivní, nezvratná

■ Sociální smrt

- člověk fyzicky ještě žije, ale je odtržen a vyvázan od všeho lidského, z mezilidských vztahů, nelze jej vrátit zpět do společnosti;

i u zdravého člověka.

■ Psychická smrt

- intenzivně prožívaná beznaděj, zoufalství, celková rezignace na život, napomáhá smrti biologické; ne vždy úzce souvisí se stavy před blížící se smrtí, sklony k sebevraždě.

Smrt, zánik org. (*Exitus letalis*)

■ a) Smrt přirozená

- nenásilná, z vnitřních chorobných příčin

■ b) Smrt násilná

- každá smrt podmíněna či spolu podmíněná vnějšími, nepříznivými vlivy (fyz. , chem.), jednání druhé osoby

■ c) Smrt klinická

- stav kdy přestane fungovat oběh, dýchání či obojí lze zvrátit resuscitací (KPCR)

Je osoba mrtvá?

- Zdánlivá smrt (vita minima)
 - po úrazu bleskem či elektrickým proudem
 - po tonutí, podchlazení
 - zombie

- • Klinická smrt, supravitální reakce
 - zástava dýchání a krevního oběhu
 - trvá 5 až 6 minut.
 - organismus může být za určitých podmínek oživen.

- Biologická smrt
 - odumření gangliových buněk centrálního nervového systému
 - mozková smrt pro transplantace

Je osoba mrtvá?

- EEG

- Tonelliho příznak

- pokud se stiskne oko dvěma prsty, je zornice oválná, pokud třemi, je trojhranná.
- hned po smrti a trvá asi 2 hodiny
- není u utopených, oběšených a u očního zákalu

- Balthazarova zkouška

- 1 ml éteru (obarveného eosinem) vstříknutého pod kůži živého se vstřebá
- pokud je člověk mrtev, po vytažení jehly vytryskne éter zpět.

Patolog pomáhá zodpovědět otázky

- Jde o smrt z chorobných příčin nebo o smrt násilnou?
- Mohla si zjištěná poranění způsobit nalezená osoba sama?
- Je možné usmrcení druhou osobou?
- Jaká byla přibližná doba smrti?
- Jaký byl mechanismus vzniku poranění?
- Byly rány způsobeny osobě živé nebo mrtvé?
- Jaký mohl být motiv zločinu?

Určení post mortem intervalu

- Algor mortis (chladnutí)
- Livor mortis - hypostáze
- Rigor mortis
- Změny očí
- Posmrtné srážení krve
- Autolýza
- Hmyz
- (Zesvětlení trávy pod mrtvolou,...)
- Skeletalizace, disartikulace, zvětrávání kosti
- Fosilizace

Chladnutí těla (algor mortis)

- Tělní teplota (do 18 h po smrti)
- Postupně chladne teplotní jádro (z 37°C)
- Platí při pokojové teplotě mezi 16°C a 20°C
- Měří se v řiti
- Po smrti
 - 6 h: 30°C až 34°C
 - 10 h: 28°C
 - 15 h: 24°C až 26°C
- • Vliv teploty vzduchu, vlhkosti, deště, oblečení, poměr objem/povrch těla, krvácení.

Posmrtné skvrny (livor mortis) vlivem hypostáze

■ Hypostasis

- usazování krve gravitační silou při snížení průtoku (soudně lékařsky)

■ smrtelná bledost, zsinalost

- Ne v místech tlaku
- Změnila se poloha mrtvoly?
- Uškrcení je podobné, ale má petechiae na očních víčkách (červené tečky na kůži - bodové prasklinky malých kapilár v kůži nebo mukózních membránách).

—

livor mortis



FIGURE 3.14 Patterned livor mortis. Since livor mortis can be cleared with pressure, objects pressing against the skin when livor forms can cause a pattern. This individual was lying on an “egg crate” foam mattress. The foam tips of the mattress touched the skin and cleared the livor, while the cups of the mattress allowed the livor to form.

Posmrtné skvrny

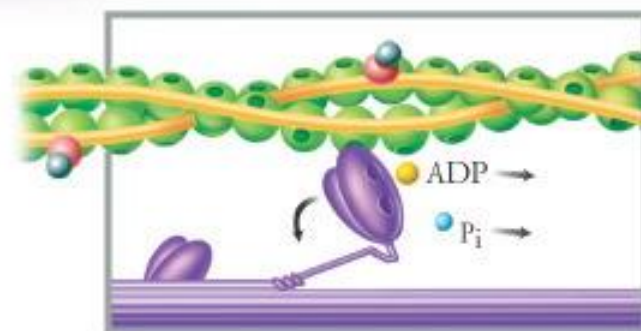
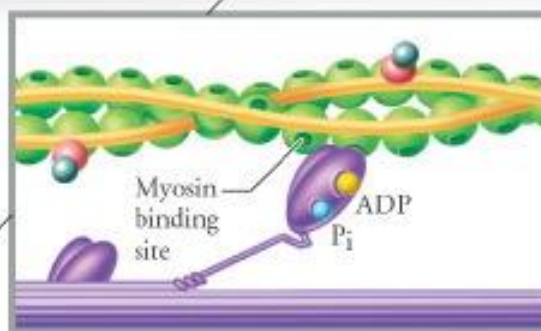
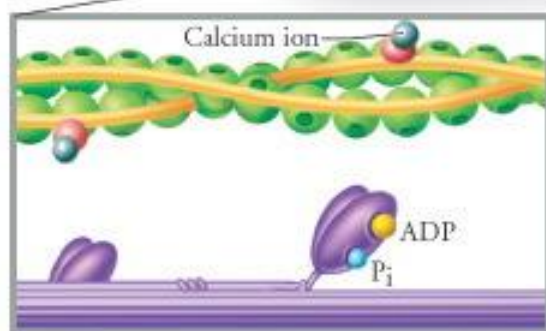
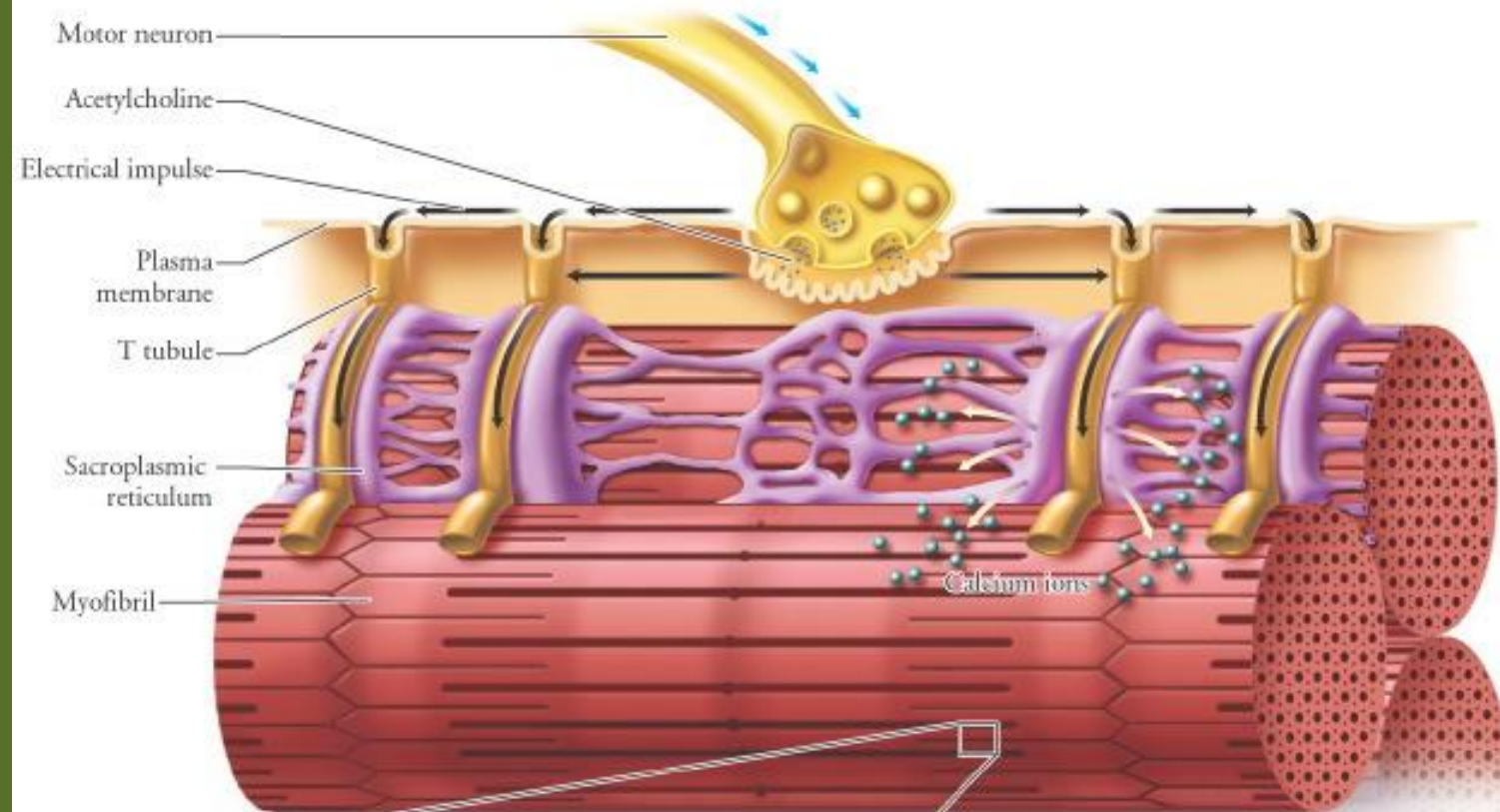
- Cyanóza - nafialovělé zbarvení kůže a sliznic, patrné zejména na akrálních částech těla (akrocyanóza) - rty, nos, boltce ušní, nehtová lůžka. Způsobuje ji neokysličená krev při dušení, chorobách plic, krevního oběhu a defektech
- Otrava CO – třešňově červená (sv. červená) barva místo modřinově fialové.
 - zbarvení je zp. červeným krev. barvivem obsazeným CO karbonylhemoglobinem (přes 60%).

Rigor mortis (do 72 h)

■ Posmrtná ztuhlost

- postupuje ve směru tvář-ústa-krk-ruce-tělo-nohy
 - kontrakce příčně pruhovaných a hladkých svalů (zúžení zornic)
 - (žvýkáci svaly- 2hod., za 6-7hod. – i prsty u nohou)
 - ze shora dolů !
-
- maximum po 12 h až 24 h
 - v teplém klimatu rychlejší
 - čím silnější a unavenější svaly, tím větší ztuhlost





Rigor mortis (do 72 h)

- Biochemické změny ve svaích
 - Membrány ve svalových buňkách začnou propouštět Ca^{2+} .
 - Vápník (za účasti acetylcholinu) zprostředkovává kontrakci svalu, přemostění aktinu a myosinu.
 - V živých buňkách je vápník pumpován ven z buněk za spotřeby ATP. U mrtvého těla je brzy ATP spotřebováno.
 - Mrtvé tělo zůstává strnulé, než se začne rozkládat – než se uvolní lyzozomální trávicí enzymy.
 - Uvolňování postupuje stejným směrem jako strnulost.

Kataleptická křeč

- Zvláštním případem posmrtné ztuhlosti
 - Jedná se o extrémní strach nebo tenzi před smrtí, mechanické trauma, zasažení bleskem
 - U sebevraždy nůž zůstane v ruce nebo ztuhnutí v neuvěřitelné poloze.
-
- U vysoce unaveného svalstva, zejména v případech kde byly přítomny křeče (tetanus, otrava strychninem, epileptický záchvat, apod.) vzniká rychle po smrti tzv. *rigor praecox* (TESAŘ 1985, 234).

Oční změny

- Tonelliho příznak
- Koncentrace draslíku ve sklivci
 - sítnice po smrti praská
 - draslík se po smrti uvolňuje do sklivce z vlásečnic v sítnici
- Zakalení zraku
 - krystalická struktura rohovky a čočky závisí na hydrataci
 - vysoušením oko zmatní (závisí na teplotě, vlhkosti, otevření/zavření očí).

Zasychání

- Zaschnutí rohovky i při zavřených očích
- Trojúhelníkové zaschnutí spojivky při otevřených očích
- Zaschnutí vlhkých a poškozených míst (rty, oděrky)
- Zdánlivý růst vousů a prodloužení nehtů.

Difúze plynů a tekutin

- Krevní tekutina prosakuje z cév
- Hemoglobin z hemolyzovaných krvinek zbarvuje stěnu cév (=imbibice)
- Sirovodík tvořený baktériemi se váže na hemoglobin za vzniku verdhemoglobinu (sulfhemoglobinu) a působí nazelenalé zabarvení střevní stěny (pseudomelanóza).

Posmrtné srážení krve

– cruor mortis

- Bez účasti krevních destiček
- Posmrtná koagula temně červená a drolivá
- Po udušení zůstává krev tekutá
 - vzrůstající pCO₂
 - pokles pH krve

macerace

- pronikání tekutiny z okolí přes kůži do tkání zemřelého
 - musí ležet ve vodě
- při nitroděl. odumření plodu
 - 3 stupně macerace :
 1. kůže plodu se olupuje v cárech
 2. rozvolnění měkkých tkání a orgánů
 3. volná pohyblivost v kloubech

Posmrtné chemické změny a jejich význam pro interpretaci pohřebního ritu

- *Fermentativní autolýza* – rozklad buněk jejich vlastními enzymy, prosakování krevní tekutiny do okolních tkání, zvýšení osmot. tlaku následkem štěpení bílkovin
- V každé buňce
 - jádro je svraštělé, malé a rozpadá se do hrudek, přestává se barvit
 - celá buňka se barví acidofilními barvivy, plazma se mění dočervena
 - ztráta buněčných organel (mitochondrií)
 - zánik buněčné membrány

Příčina smrti

- Nehoda, vražda, přirozená smrt, sebevražda, nemoc z povolání, zanedbání (lékařské) péče, mrtvě narozené dítě, potrat
- Nejčastější příčiny smrti: koma (mozek), synkopa (srdce), asfyxie (plíce)
- Méně časté příčiny smrti: udušení, utopení, rána nožem, střelná rána, výbuch, embolie, otrava...

Pitva

- Makroskopické a histologické vyšetření tkání zemřelého
- Nejdříve 2 hodiny po zjištění smrti lékařem (odejmutí orgánů pro transplantaci možno dříve)

Pitva

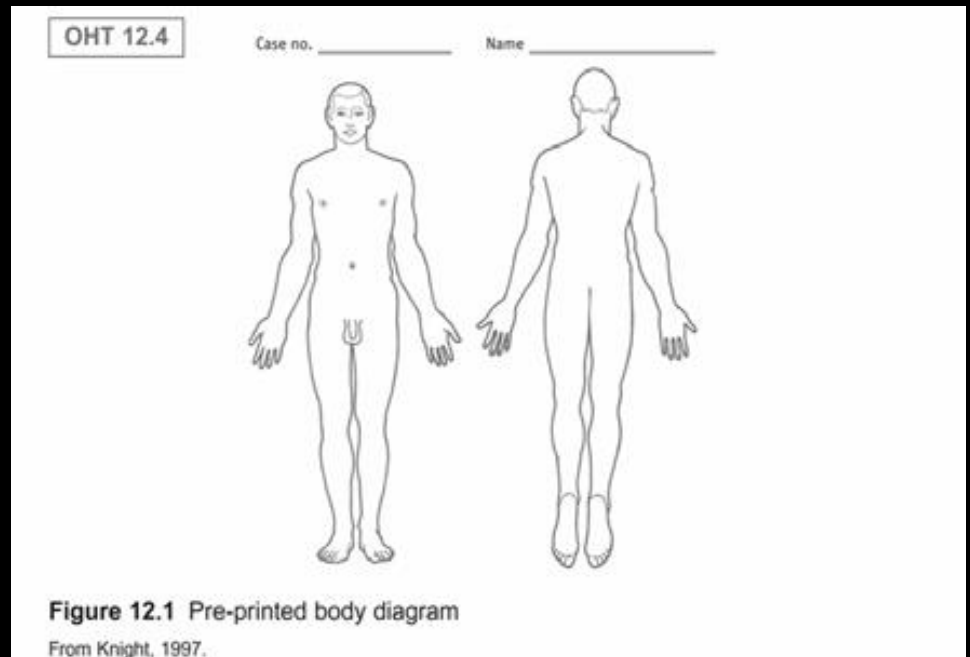
- Pitvy mrtvých se provádějí:
- pro vědeckovýzkumné a výukové účely (**anatomická**)
- k určení základní nemoci, komplikací, příčiny úmrtí a ověření diagnózy a léčebného postupu u osob zemřelých ve zdravotnických zařízeních (**klinická, patologickoanatomická**; na patologii=prosektuře)
- ke zjištění příčin úmrtí a objasnění dalších ze zdravotního hlediska závažných okolností a mechanismu úmrtí u osob zemřelých náhlým nebo násilným úmrtím včetně sebevraždy (vyjma vraždy; **zdravotní**; na Ústavu soudního lékařství); pokračuje buď klinickou nebo soudní pitvou
- při podezření, že úmrtí bylo způsobeno trestným činem (**soudní**; na Ústavu soudního lékařství, 2 soudní znalci)
- **vojenská**, dle zvláštních předpisů

Soudní (soudnělékařská) pitva

- Hradí orgány činné v trestním řízení
- Pokud u zdravotní pitvy dojde k podezření z vraždy, pitva se přeruší a nález oznámí policii s návrhem na soudní pitvu
- Dva patologové - znalci
- Po identifikaci příbuznými
- Patolog na místě činu
- Ohledání oblečení (proříznutí)
- Dokumentace jednotlivých kroků pitvy

Rozdíl v názvosloví

- Násilná smrt
 - Lékaři: náhoda, sebevražda, vražda
 - Policisté: vražda
- Označit poranění



Vnější pitevní ohledání

- Etnikum, pohlaví, věk
- Výška, váha
- Barva kůže (hypostáze), stopy na kůži (tetování, popáleniny, jizvy)
- Stupeň rigor mortis
- Přítomnost krve a moči
- Stav vnějších genitálií a konečníku
- Nedávná poranění (průstřel – rentgen).

Vnitřní pitevní ohledání

- Řez od hrtanu (larynxu) mimo pupek k ohanbí. U uškrcení řez ve tvaru Y (od uší, nad hrudníkem spojení linií)
- Všechny vnitřní orgány (játra pro toxikologii, mozek, plíce, srdce pro známky choroby)
- Moč, krev, mozkomíšní mok, obsah žaludku a střev
- Po prozkoumání sešít
- Protézy z drahých kovů nechat uvnitř
- Při podezření na přenosnou nemoc informovat hygienickou službu a zajistit prvotní protiepidemická opatření.

Pitevní protokol

- Osobní data zemřelé osoby
- Popis oblečení
- Popis cenností
- Zevní popis těla
- Pitva hlavy
- Pitva hrudi a břicha
- Pitva krčních a nitrohrudních orgánů
- Pitva břišních orgánů (Pitva zad a končetin)
- Laboratorně diagnostická dokumentace
- Zdravotnická dokumentace
- Fotodokumentace

Statistika pitev 2012 - činnost zdravotnických zařízení v oboru soudního lékařství

- Pitvy provádělo celkem 94% pracovišť.
- Celkový počet 14 183 pitev provedených na oddělení soudního lékařství
- 158 týkalo dětí a mládeže do 18 let.
- Ve srovnání s rokem předchozím se počet pitev celkem zvýšil o 137 případů.
- Z hlediska typu úmrtí se u necelých 70 % případů jednalo o osoby zemřelé náhlou přirozenou smrtí.
- Ve většině ostatních případů se jednalo o násilné úmrtí, z toho ve 39 % (celkem 1 643 případů) šlo o sebevraždu.
- Dále 255 pitvaných osob zemřelo na předávkování alkoholem či omamnými psychotropními látkami,

Statistika pitev 2012 - činnost zdravotnických zařízení v oboru soudního lékařství

8.2 Činnost oddělení soudního lékařství podle provedených pitev

Území, kraj	Počet provedených pitev					
	celkem	osob ve věku				mrtvě narození
		0–6 dní	7 dní až 1 rok	1–17 let	18 let a více	
Hl. m. Praha	3 760	1	5	14	3 740	-
Středočeský	-	-	-	-	-	-
Jihočeský	542	-	1	12	529	-
Plzeňský	803	1	2	2	798	-
Karlovarský	518	2	4	2	509	1
Ústecký	1 408	-	1	17	1 388	2
Liberecký	392	2	4	5	380	1
Královéhradecký	768	2	5	11	749	1
Pardubický	988	1	4	7	976	-
Vysočina	-	-	-	-	-	-
Jihomoravský	2 414	2	9	18	2 382	3
Olomoucký	1 464	-	4	9	1 451	-
Zlínský	-	-	-	-	-	-
Moravskoslezský	1 126	1	5	5	1 115	-
ČR	14 183	12	44	102	14 017	8

Členění statistiky pitev 2012

8.3 Pitvy na odděleních soudního lékařství

Území, kraj	Počet pitev osob zemřelých				
	náhle přirozeně	násilně		na předávkování ¹⁾	v souvislosti s požitím ¹⁾
		celkem	z toho sebevraždou		
Hl. m. Praha	2 669	987	347	43	183
Středočeský	-	-	-	-	-
Jihočeský	272	270	97	15	35
Plzeňský	550	249	98	19	-
Karlovarský	386	130	51	10	1
Ústecký	1 031	377	157	29	84
Liberecký	226	166	71	-	-
Královéhradecký	503	261	108	10	62
Pardubický	773	214	60	-	37
Vysočina	-	-	-	-	-
Jihomoravský	1 716	697	303	70	190
Olomoucký	1 023	441	152	35	166
Zlínský	-	-	-	-	-
Moravskoslezský	660	466	199	24	64
ČR	9 809	4 258	1 643	255	822

¹⁾ alkoholu a/nebo omamné a psychotropní látky podle zákona č. 167/98 Sb., v platném znění

Exhumace

- Nařízené nebo úředně povolené vykopání těla řádně pohřbené osoby ze země nebo z hrobky před uplynutím tlecí doby (10 let)
- Převoz ostatků na jiný hřbitov, dodatečné podezření, že smrt byla způsobena trestným činem
- Organické jedy - měsíce
- Léky – 3 roky
- Anorganické jedy (kovy) – neomezeně
- Kontrolní vzorky – negativní půda.

Definice tafonomie

- Studium okolností smrti, „zákonitosti doprovázející pohřbívání“ (Efremov, 1940)
- Studium osteologických nálezů z hlediska jejich modifikace a místa uložení (Bonnischen, 1989)
- Rekonstrukce života fosilie(í) podle indicií v čase úmrtí (Olsen, 1980) – tafonomie zahrnuje aspekty přechodu živ. organismu z biosféry do litosféry;

Klíčové cíle forenzní tafonomie:

- odhad času a okolností smrti
- odlišení antemortálních, perimortálních a postmortálních změn
- identifikovat faktory podílející se na dekompozici měkkých tkání i skeletizovaných lidských pozůstatků

!!! Forenzní kontra archeologická tafonomie

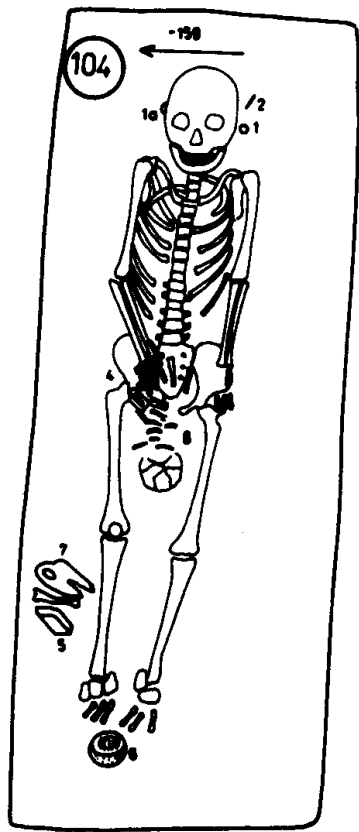
Forenzní tafonomie kontra tafonomie

- z tafonomického hlediska se **zabývají okolnostmi smrti**, perimortálním obdobím, postmortálním obdobím **v rozpětí hodin**, ... výj. několika roků, zatímco paleontolog zkoumá daleko dále v historii
- **zkoumají dekompozici měkkých tkání**
- **zkoumají většinou biologii individuí** – zjištění identity člověka, příčin a způsobu smrti (arch. tafonomové zkoumají chování a ekologii populací a jedinců v minulosti)

Posmrtné chemické změny a jejich význam pro interpretaci pohřebního ritu

- *Tlení* je oxidační proces dekompozice bílkovin (přítomnost O₂)
- *Hnití (Putrefaction, Fäulnis)* - začíná v tlustém střevě; Hnilobné bakterie jsou většinou anaerobní grampozitivní tyčinky, štěpící proteiny a glukózu za tvorby páchnoucích plynů (H₂S, CO₂, CH₄, NH₃, SO₂, H₂), Vzniká ***mrtvolný emfyzém***.

mrtvolný emfyzém – „porod v rakvi“



Doklady „porodu v rakvi“ ze slovansko-avarského pohřebiště v Šebastovcích (A) (BUDINSKÝ-KRIČKA – TOČÍK 1991) a z forenzní praxe (C) (MUELLER 1975).

Posmrtný rozklad těla

- Posmrtný rozklad těla - putrefakce (hniloba)
- Baktérie, houby, autolýza, hmyz
- Na zemském povrchu
 - **zelenání kůže od břicha** (rozklad hemoglobinu střevními bakteriemi) - po dvou dnech
 - **otékání** (tvorba rozkladných plynů, hlavně tvář, genitálie, břicho) - po dalších třech dnech
 - **mramorování** – nazelenalé nebo načervenalé zvýraznění žilek pod kůží, při norm. teplotě se rozšíří zelené zbarvení těla za 1 týden
 - **puchýřování** – puchýře naplněné plynem nebo tekutinou, odpadávání pokožky – poč. 2. týdne
 - **výtok** hnilobné tekutiny z úst a nosu, napuchnutí jazyka, zkapalnění očních bulv
 - **výbuch** břišní a hrudní dutiny, měknutí, kapalnění, rozklad tkání - po měsíci.

Hniloba



Hniloba



Posmrtný rozklad těla

- Po 2-3 měsících vymizení tělesných tekutin, pomalé vysychání, v této části **převládá tlení**, účast aerobních bakterií a plísní
- Tlení celkový proces rozkladu ukončí:
- Za 6-12 měsíců rozklad kůže a měkkých částí
- Po 1-2 letech obličejové dutiny zejí, kosti shora obnaženy, chrupavky rozrušeny
- V našich podmínkách skeletalizace za 10 let

Casperovo pravidlo:

1 týden vzduch = 2 týdny voda = 8 týdnů hrob v zemi

Tlení



Rozklad těla: měkké tkáně

- **Autolýza** je postmortální proces kvašení, který probíhá bez působení bakterií, ale díky intra a extracelulárním lytickým enzymům – dochází k selhání obnovy hmoty a selhání udržení iontových pump na povrchu buněk.
- **Tlení** je oxidační proces dekompozice bílkovin (přítomnost O_2)
- **Hniloba** je mikrobiálně a enzymaticky indukovaná redukce a zkapalnění tkání. V měkkých tkáních se mění proteinová, karbohydrátová i tuková složka.

variabilní rychlost rozpadu

faktory: teplota, déšť, oblečení, typ pohřbu, hloubka hrobu, míra ohryzu a disartikulace, rozsah perimortálních traumat, tělesná váha, hlavní přírodní podmínky

- suché prostředí – rychlé proudění vzduchu – mumifikace (např. jižní Arizóna)
- tropické oblasti – skeletalizace i během 2 týdnů
- zmrznutí a roztání
- adipocere

Tuk

- **Tuk** se rozkládá dvěma typy reakcí, hydrolýzou a oxidací. Tělesný neutrální tuk (glycidy, lipidy a glykolipidy) jsou vlastními lipázami rozkládány na mastné kyseliny (olejová, stearová, ...).
- Oxidací mastných kyselin vznikají aldehydy, ketony, CO₂, ...
- Hydrolýza ve větším rozsahu - díky lipolytickým enzymům (Clostridia).

Adipocire (zmýdelnění)

- Pokud nedochází k dalším chemickým reakcím, dochází k zmýdelnění tuků, tzv saponifikaci, mastné kyseliny zůstávají jako **adipocere** (vosková substance – mrtvolný vosk, vznikající rozpadem mrtvých těl na vlhkých místech nebo pod vodou).
- Jde o hydrolýzu a hydrogenaci tělesného tuku – (nejen u těl ve vlhkém prostředí, ale bylo nalezeno i u těl v suchém prostředí – využití vlastní tělní vody).

Adipocire (zmýdelnění)

- Našedlá vosková struktura hydrolýzou tuku
 - tvorba mýdel z vyšších mastných kyselin a iontů Na, K, Mg, Ca
 - Adipocire postupuje z povrchu do hloubky
 - urychlení alkalickým prostředím
 - Vlhko – mokrá půda, voda, studny, jeskyně
 - Zachování obrysů těla po léta
 - Jan z Nepomuku
 - V jednom těle mohou probíhat rozdílné procesy (napůl pohřbené tělo).
-
- Relativně recentní adipocere – načervenalá až hnědá barva, později bílá až šedá, nejdříve měkká, později suchá až křehká hmota.
 - Rychlá dekompozice - vazba s Na – hrubý drobivý materiál
 - Pomalá dekompozice – vazba s K – jemný pastovitý materiál - špinavě šedivá barva



Adipocire (zmýdelnění)



Obr. 5.3 Mumifikácia vlhkom bez prístupu vzduchu – adipocere (západná Han dynastia, 167 pred n. l.) (Knussmann, 1988).

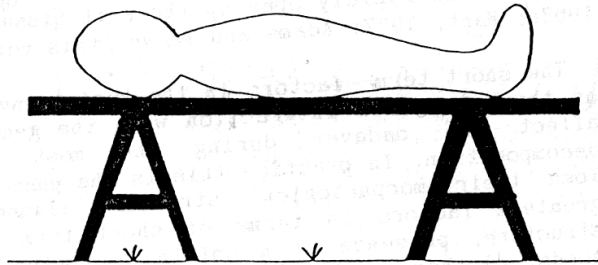


Adipocere po 3 letech ve vlhké zemi

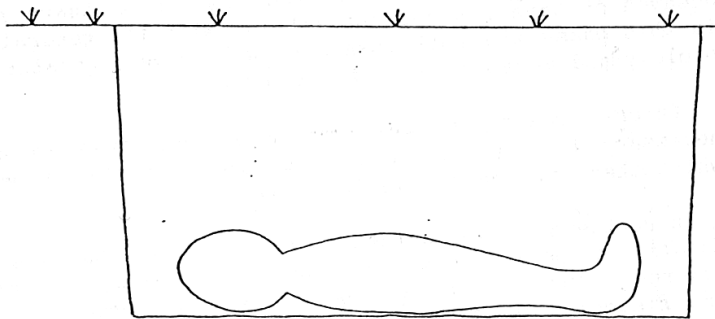
Karbohydráty a proteiny

- **Karbohydráty** se štěpí na neutrální cukry, kyselinu mléčnou, CO_2 a vodu. Oxidací cukrů vzniká sirovodík.
- **Degradace proteinů** - polypeptidy, aminokyseliny – proces zvaný proteolýza. Tkáně s vysokým obsahem kolagenu (ligamenta, šlachy, kosti) nepodléhají proteolýze.

Těla nepohřbená v zemi



Above ground: higher temperature, diurnal fluctuations, higher oxygen and lower carbon dioxide. Easy access by decomposer organisms, rats, dogs and flying insects



Below Ground: lower temperature, less diurnal fluctuations, lower oxygen, higher carbon dioxide due to limited gas exchange, burrowing soil invertebrates

– rozklad daleko rychlejší, neboť půda a rakev brání působení mikro a makroorganismů a volné difuzi plynů. Dokonce i ponechání mrtvoly určitou dobu před pohřbem stačí k urychlení rozkladu (hmyzí vajíčka a mikroorganismy, urychlující rozklad v zemi).

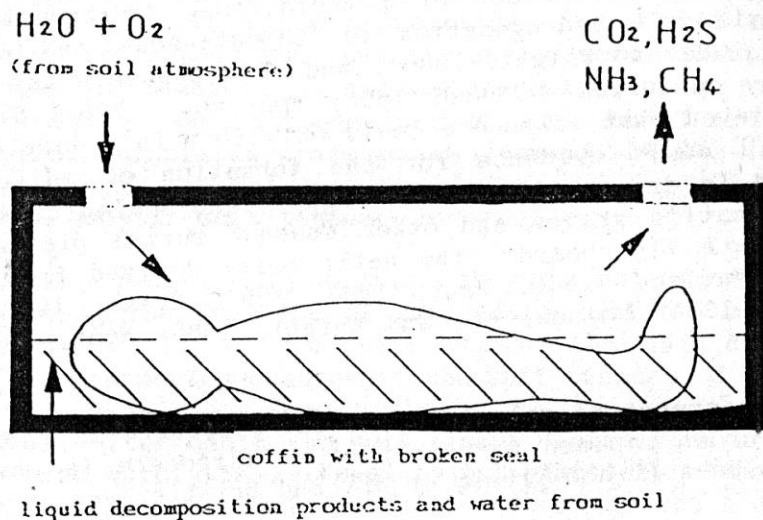


Figure 3.1

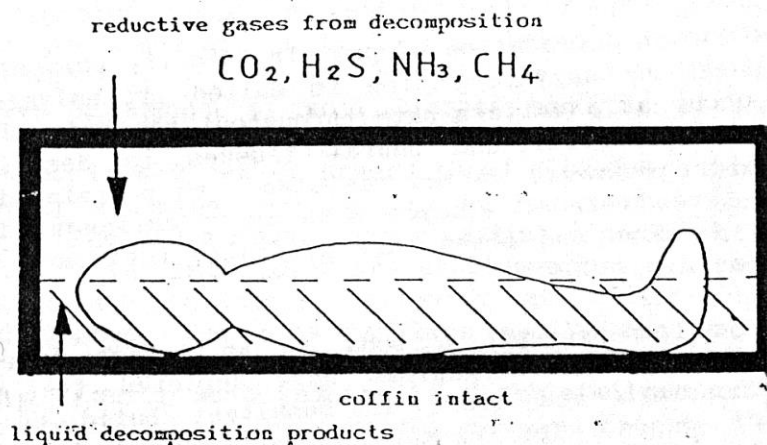
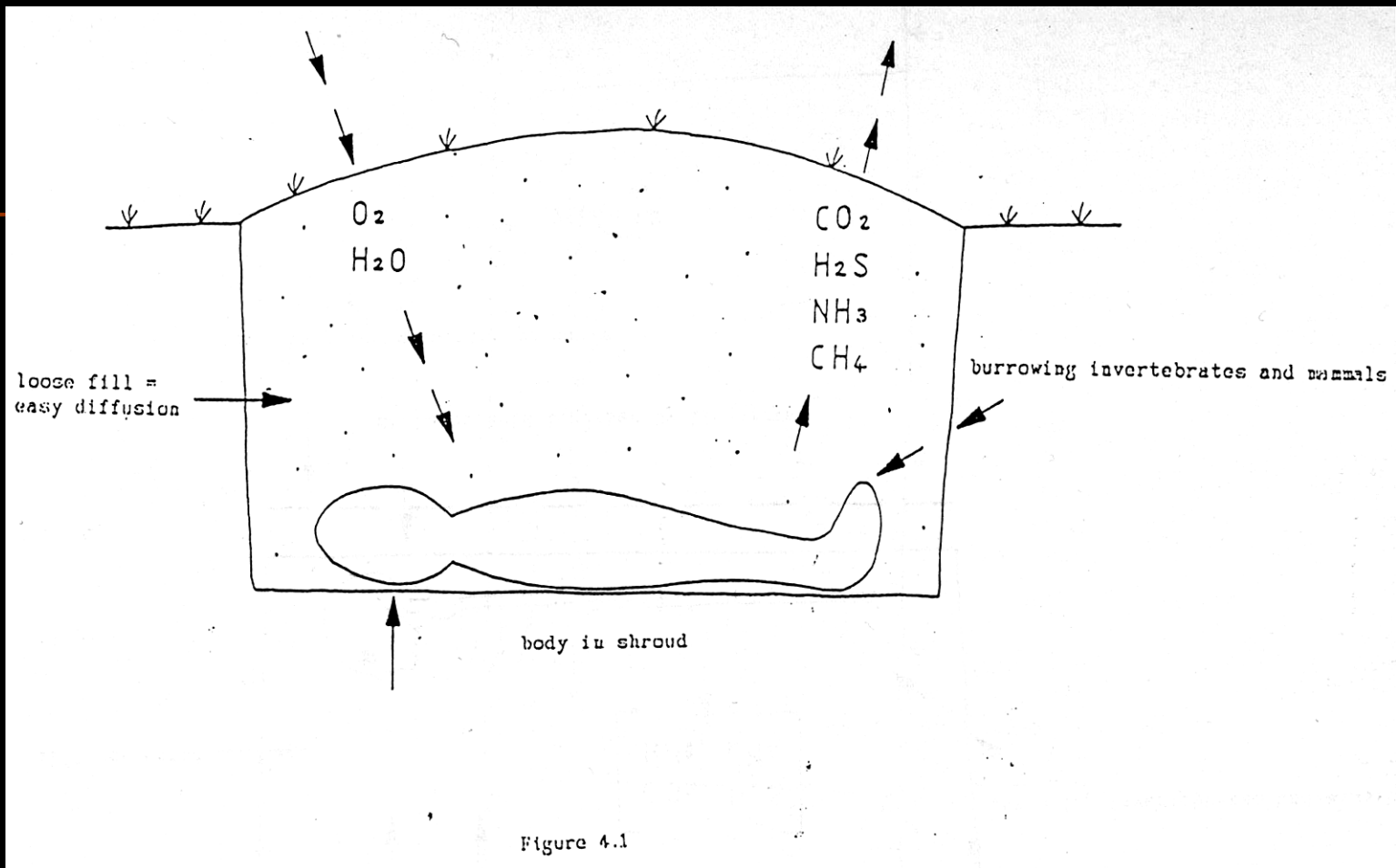


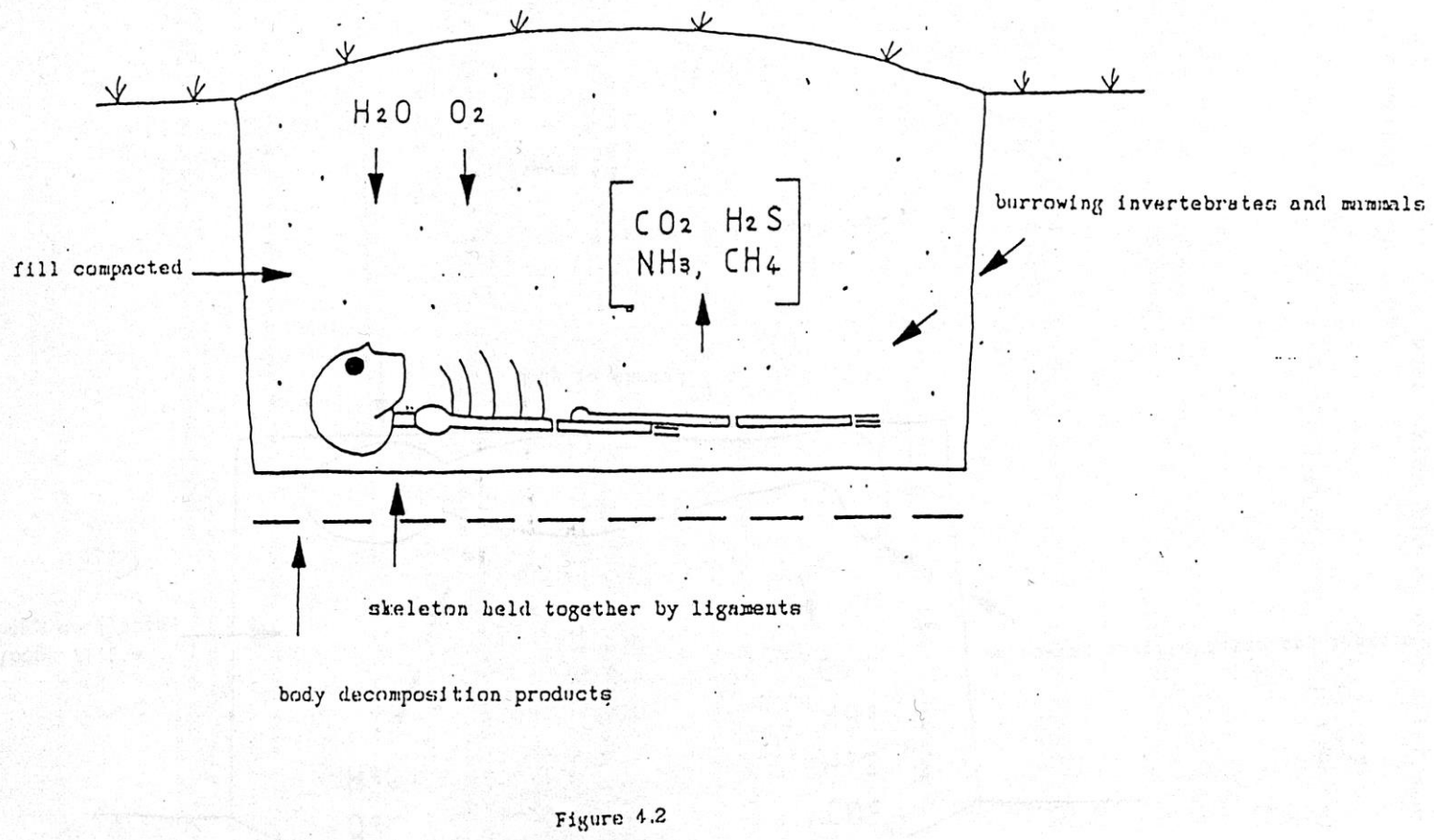
Figure 3.2

Aerobní mikroorganismy odčerpávají kyslík z rakve, jejich činností se vytváří H_2S , CO_2 , CO , NH_3 , CH_4 . Na dně rakve zůstává voda a hnilobná tekutina (obr. 3.1, 3.2) – když se rakev poruší, dochází k výměně plynů a tekutin z rakve a půdy – urychlení hnilobných procesů (obr. 3.1).

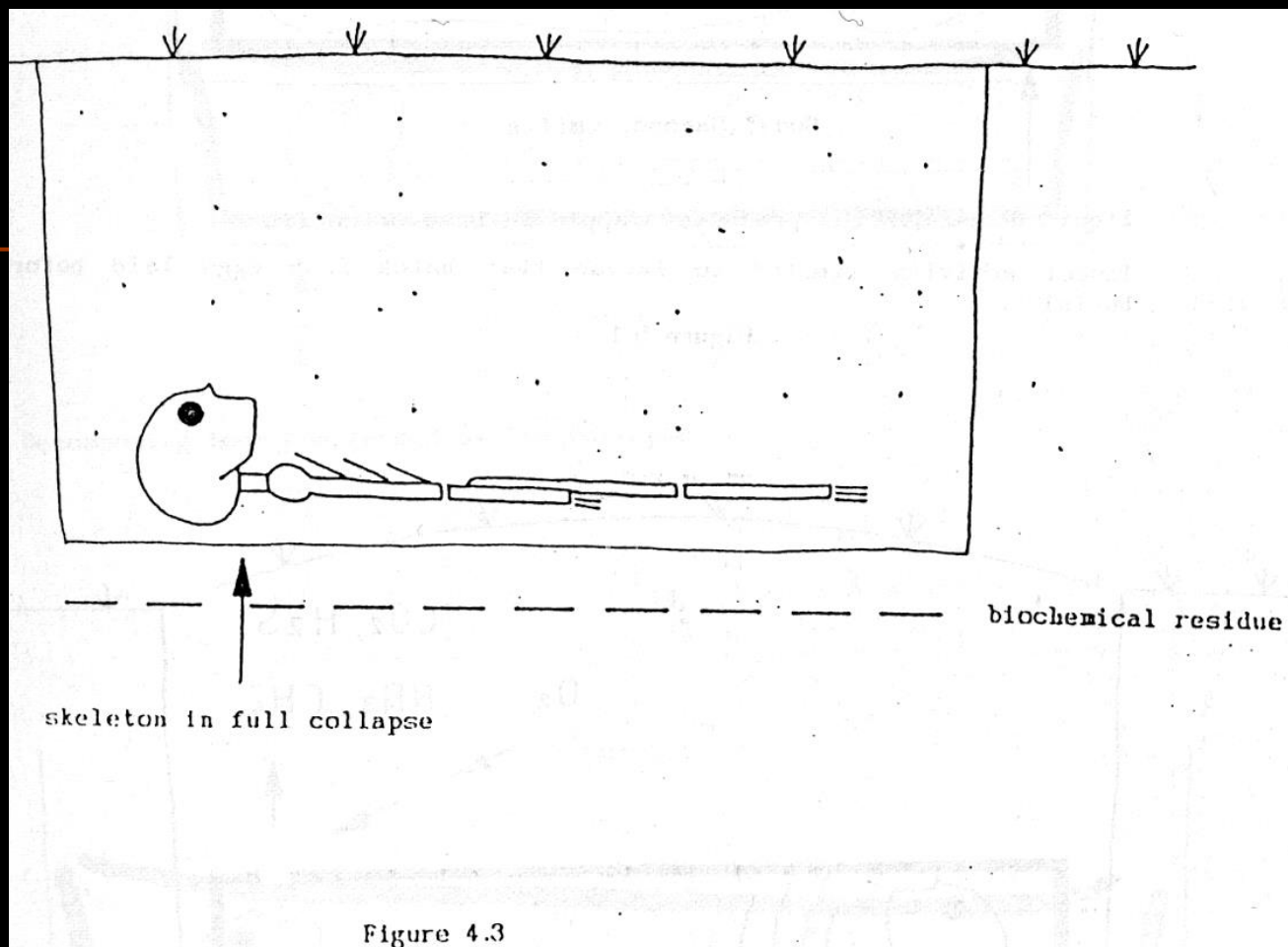
Při rozkladu se slabě zvyšuje kyselost, ale i pufrační (tlumící) kapacita – ve skutečnosti se pH nemění. Situace ale není tak jednoduchá, hrají zde roli předměty v rakvi (např. rozpad rakve – rozpad celulózy, snižování pH).



Jednoduchý model mělkého hrobu bez rakve (obr. 4.1.) – tělo zabaleno do rubáše – navršena kyprá vzdušná půda – volná difúze plynů a vody, volný přístup mikroorganismů a půdních bezobratlých i savců (brání jim při dekompozici oděv).



Obr. 4.2 Znázorňuje pozdější rozklad – zásyp kompaktní - redukováná výměna plynů, hnilobná masa je zkapalněna a prosakuje do země, dochází ke skeletalizaci, kosti spojeny ligamenty. Mikrobiální aktivita redukována pro nedostatek substrátu.



Obr 4.3. ukazuje pozůstatky člověka tak, jak je nacházejí archeologové: zásyp kompaktní, skelet disartikulován, měkké vrstvy reprezentovány jen chemickými rezidui v půdě.

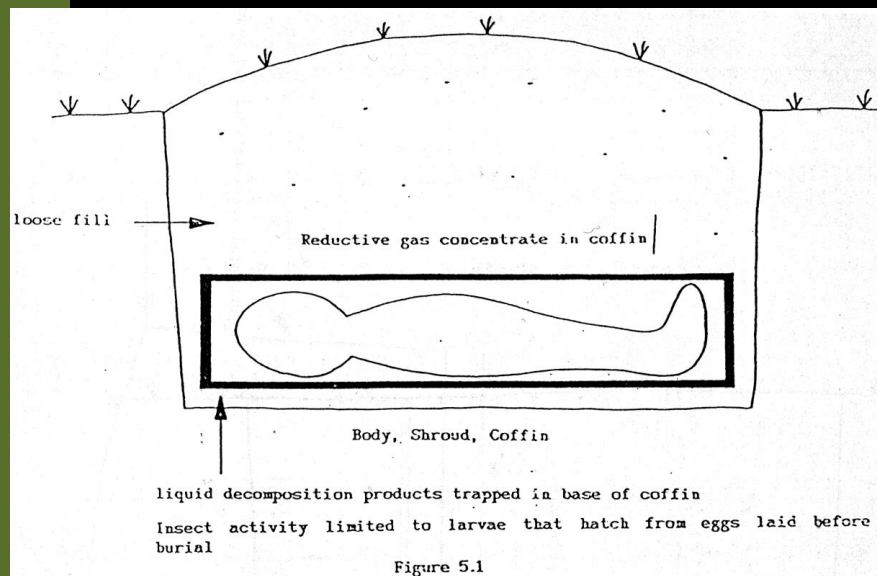


Figure 5.1

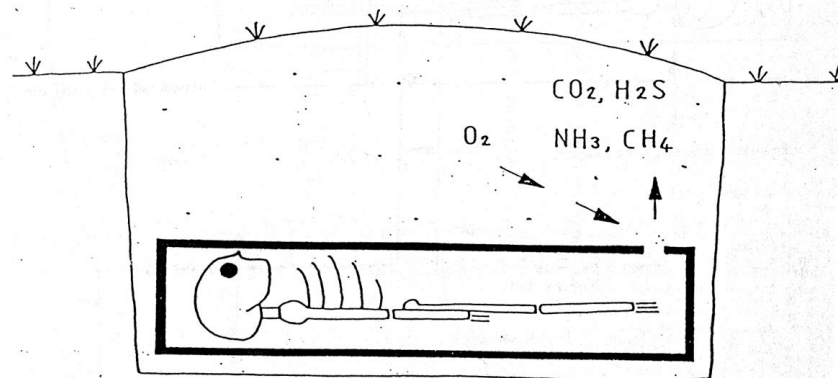


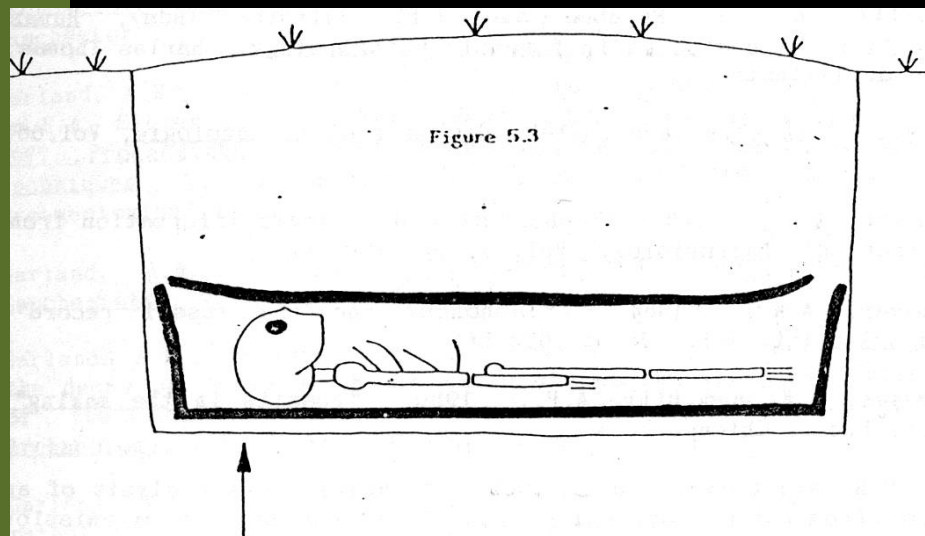
Figure 5.2

As coffin breaks down there is limited gas exchange

Liquid decomposition products trapped in coffin

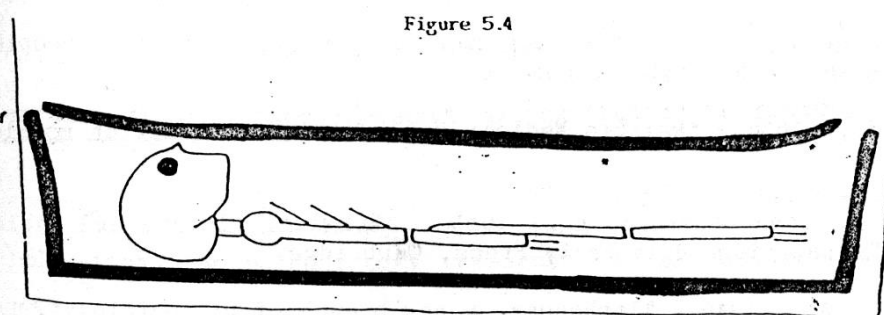
Obr. 5.1 ukazuje časný rozklad mrtvoly **pohřbené v rakvi**. Rozklad závisí na kvalitě rakve. Prostředí v rakvi se rychle stává anaerobním a plyny a hnilobná masa je uzavřena v rakvi. Aktivita zvířat redukována, pouze hmyz, jejichž vajíčka byla nakladena na mrtvolu před pohřbením.

Když se rakev začne rozpadat (obr. 5.2), stav skeletu při vykopávkách je determinován počasím, nebo když se víko rakve propadne, závisí na rozkladu mrtvoly v tomto okamžiku. Může docházet k interakci mezi materiálem rakve a tělem.



Decomposing body compressed by lid collapse.

OR



Skeletal collapse before lid

Výzkum na univerzitě
v Tennessee (**Wass et al., 1992**)
– vycházejí z faktu, že se při
dekompozici těla uvolňují
mastné kyseliny, anionty i
kationty – měření jejich
koncentrace pod mrtvolou

Existuje velká **variabilita**
v rozkladu těl i na jedné lokalitě
– např. v různých hrobech díky
různému způsobu pohřbívání
(železná rakev zachovává
vlhkost – člověk, který zemřel
před 113 lety – zápach a hniloba
jako nedávno zemřelý)

Skeletalizace

- Přeměna těla na kostru
- Ve středním pásmu dva roky, v tropech za 3 týdny
- Určení věku pomocí ^{90}Sr
 - poločas rozpadu 28 let
 - z atomových bomb a elektráren, štěpení uranu a plutonia (první 1945)
 - v kostech se usazuje místo vápníku.

Rekonstrukce vnějšího prostředí:

- zelené zabarvení (měď)
- hnědé zabarvení - rašelina
- zelené řasy – vlhko a stín
- vybělení povrchu kosti, sluneční expozice (i slaná voda)
- adipocere – vlhko bez vzduchu, měkké tkáně nehnijí

Mumifikace

- Konzervace těla vysušením v teplých suchých podmínkách
 - pohřbení v poušti, v místě s dobrou cirkulací vzduchu (pod podlahou, v seníku, na půdě), novorozeňata (nemají bakterie)
 - scvrknuté tělo, s vysušenou hnědou kůží
 - nelze provést pitva.

Mumifikace



Balzamování

- Balzamační roztok má nejčastěji toto složení: 3 l vody, 1 l formolu, 1 l glycerolu, 1 l alkoholického roztoku sublimátu a případně 25 g kysličníku arzenitého
- Dospělý – 10-15l roztoku
- Po pitvě se orgány rozkrájí na drobné kousky a napustí roztokem, pak se napustí roztokem tkáně pomocí injekčních vstříků
- Tělo zemřelého je rovněž možno určitou dobu uchovat konzervací parami fixačních látek

Faktory ovlivňující rychlost a charakter rozkladu

- Rozhodujícím faktorem je **přístup kyslíku**, bez něj se rozklad značně zpomaluje.
- 1 týden vzduch = 2 týdny voda = 8 týdnů hrob v zemi (Casperovo pravidlo)
- Významná **ztráta krve** zbavuje organismus vody a dochází ke zpomalení rozkladu.
- Jsou-li periferní části odděleny od těla, jejich hnití se zpožďuje (TESAŘ, 1985).
- Také otrava některými **jedy** (např. arzenikem) způsobuje zpomalení rozkladu

Faktory ovlivňující rychlost a charakter rozkladu

- **Časový úsek mezi úmrtím a pohřbem** (rozklad už 36 hodin po smrti, za nižších teplot než pokojová později, při -5 °C se rozklad zastavuje).
- **Oděv** - hniloba oděných částí pomalejší, Textilie brání přístupu hmyzu, absorbují a zadržují vlhkost (podpora tvorby adipocere)
- **Rakev** – k mnohem intenzivnějšímu rozkladu těla v kontaktu s organickým materiálem
- **Hloubka hrobu** - mělce, asi 40 – 50 cm (urychlení hmyzem), Obtížnost kopání jámy zhruba roste v posloupnosti: písek, štěrk → spraš → slínovitá půda → zvětralá skála

Faktory ovlivňující rychlost a charakter rozkladu

- **Hromadné hroby** -zpravidla lepší zachovalost, obzvlášť v centrální části, častější výskyt adipocire u mrtvol ze spodních vrstev
- **Spodní voda** – adipocere, dislokace, vymývání prvků z kostí může urychlit rozklad kostry
- **Teplota** – počasí versus podnebí, zvýšením teploty o 10°C se rychlost rozkladu zvýší na dvojnásobek (nejoptimálněji 30 – 40°C)
 - při teplotách 0 – 1°C a 50 – 60°C se proces hnití značně zpomaluje
- **Propustnost půdy** –intenzita rozkladu klesá k jílovitým půdám, intenzita rozkladu kostí ubývá od hrubých písků k jílům, v kamenitých půdách mohou kosti podléhat mechanické destrukci

Faktory ovlivňující rychlost a charakter rozkladu

- **Kyselost půdy** - na počátku rozkladu těla v zemi dochází ke zvýšení pH půdy (zvýšený obsah NH_4^+ , celkového organického C a celkového N),
 - vysoký obsah S_2 (rozpuštěného v alkáliích) indikuje redukční podmínky v hrobě
 - k tvorbě acidobazické rovnováhy mezi kostí a půdním prostředím dochází až později, po kompletním rozkladu měkkých tkání.

Rozklad těla a hrobová výbava

- Ke **tvorbě rovnováhy** mezi půdním prostředím a artefaktem dochází až později, po kompletním rozkladu organické fáze
- **Kovy** - koroze kovových artefaktů v zemi závisí na množství různých faktorů vlhkosti, porositě a kyselosti půdy, přítomnosti rozpustných solí a teplotě.
- **Dřevo** – dřevokazné houby

Model zvětrávání kostí

Jedná se o proces bezprostředního působení prostředí na kosti (půda, slunce, ...)
– celkem 6 stádií (Behrensmeyer, 1978):

stádium 0 – povrch kostí bez prasklin a odlupování, kost je mastná, dřeňová dutina nenarušená, výskyt ligament a svalů

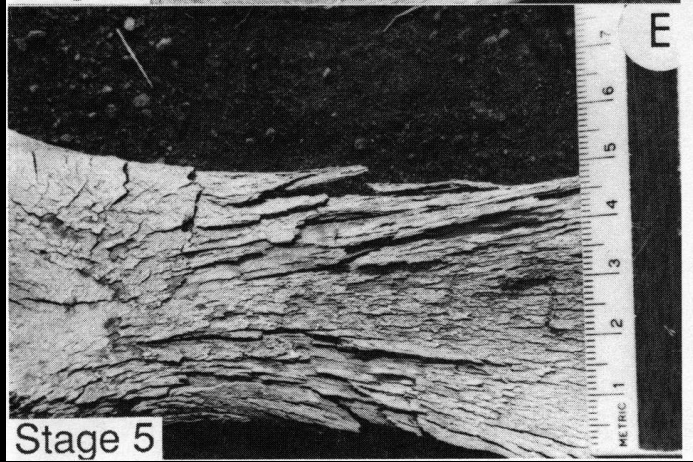
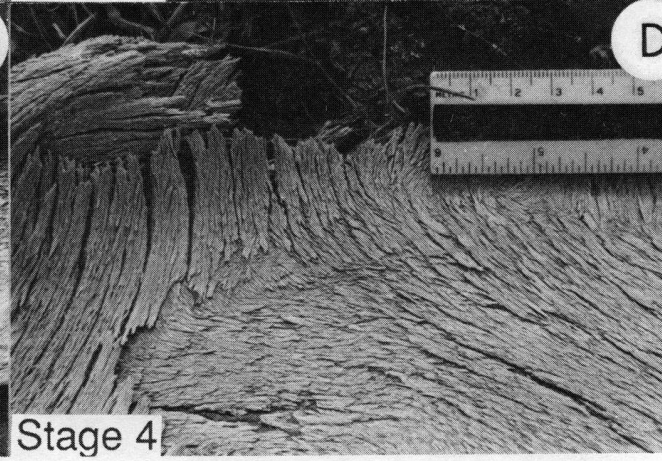
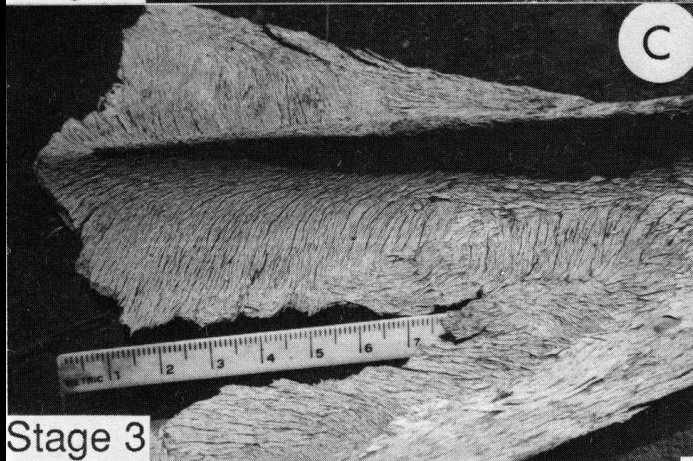
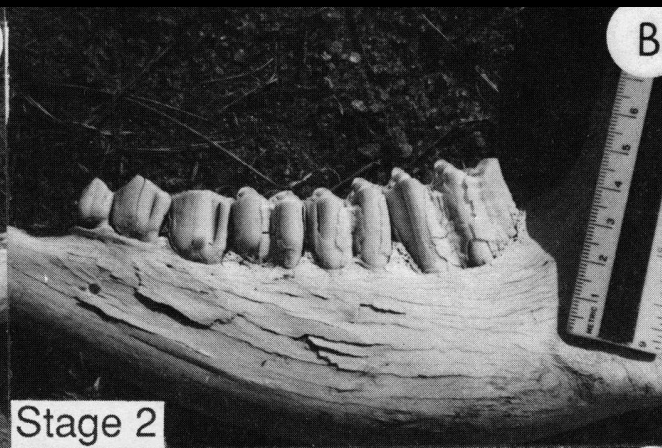
stádium 1 – tenké koncentrické vrstvy s náznakem odpadávání, většinou spojeno s trhlinami; tuk, kůže; svaly a ligamenta mohou být i nemusí

stádium 2 – odlupování koncentrických vrstev, trhliny na hranách kostí – tendence odpadávat, odlupování i podlouhlých vrstev – hlubší reliéf, zbytky šlach, ...

stádium 3 – hrubý povrch kosti, fibrózní struktura, zvětrávání nebývá hlubší než 1-1,5 mm, praskliny i napříč kostí, měkké tkáně vzácné

Stádium 4 – hrubá struktura, odpadávání kousků kostí – zvětrávání až do dřeně, otevřené trhliny

stádium 5 – rozpadávající se kost, fragmentální, původní tvar kostí je těžce rozeznatelný

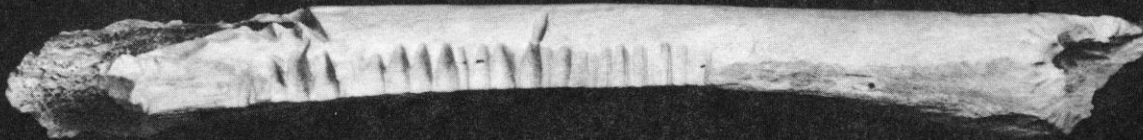


Modely poškození kostí zvířaty

modely ohryzu kostí –
každé zanechává jiné stopy

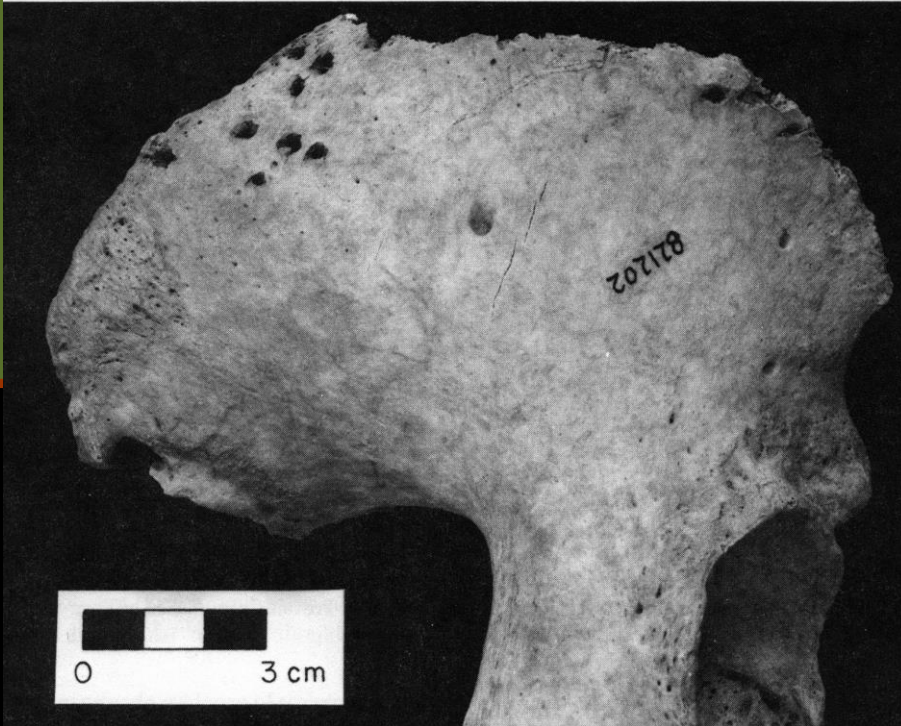
Haynes (1938) – studoval
pozůstatky bizonů a losů –
5% spirální zlomeniny, 8%
aktivity šelem; menší
živočichové – až 50%
takových zlomenin

Spirální zlomeniny
archeologové i forenzní
antropologové často
interpretují jako důkaz
lidské aktivity



Ohryz kostí hlodavci

Výzkum Haglanda et al. (1989) – 5 stádií ohryzu mrtvol vlkem:



1. nic
2. ventrální thorax a obě horní končetiny
3. oddělení dolních končetin
4. pouze páteř pohromadě
5. totální disartikulace

Zářezy – důkaz
skalpování nebo
preparace za účelem
rituálu.

Zářezy za účelem
odstranění měkkých
vrstev – většinou shluk
zářezů kolem specifické
anatomické struktury
(odstranění šlach a
ligament). Nedávné
řezné plochy – světlejší
(vznik např. během
vykopávek).

Ostré nástroje (kovové či
kamenné) V tvar, tupé
nástroje – široké stopy

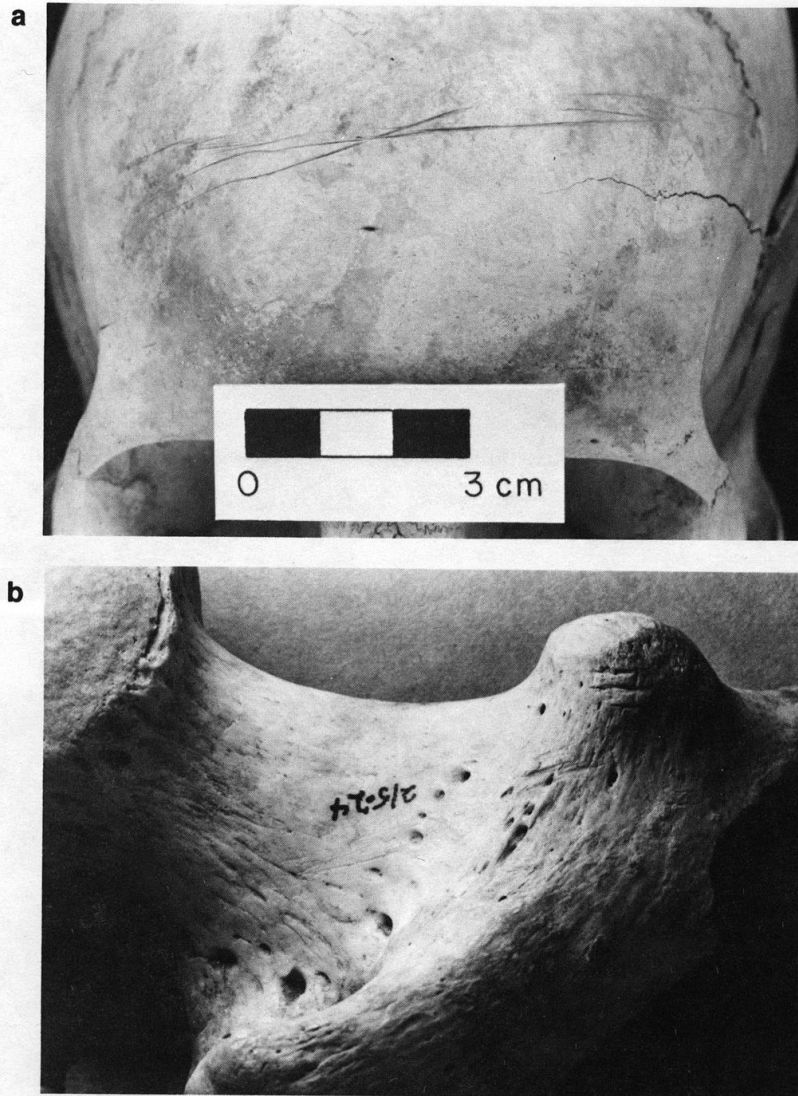


Figure 71a-b. Cutmarks. a) Cutmarks on frontal bone (probably indicative of scalping). Specimen from Burial 72, Norris Farms 36, central Illinois. Previously published as Figure 2 in *American Antiquity* 56(1991):581-603. Courtesy of G.R. Milner and the Society for American Archaeology. b) Cutmarks on posterior surface of greater trochanter and neck of a right femur. Specimen from Burnt Mesa, northwest New Mexico. Courtesy of C.G. Turner II.

Chemické změny kostního minerálu

- **Homoionická / heteroionická substituce** – iontová výměna mezi kostí a vnějším prostředím – nelze ji zjistit
- **Isomorfní / heteromorfní** rekrystalizace hydroxyapatitu – vzniká minerál brushit – desintegrace kosti, neboť má větší krystaly, rozpustnost ve vodě
- **Kombinace heteroionické substituce a heteromorfní rekrystalizace** – rozpouštění kovu zevnitř rakve – Pb (pyromorfit), Fe (vivianit)
- **Siluety** / pseudomorfy (stíny, duchové) jsou posledním vizuálně rozeznatelným stupněm rozkladu (prvky P, Mn, Cu, Fe)

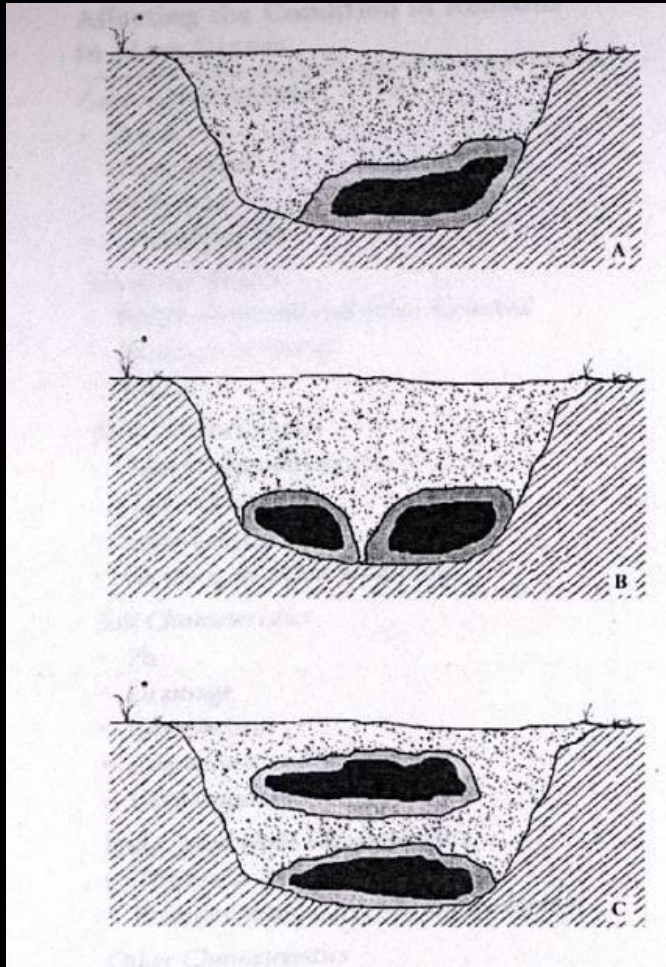


Identifikace lidských těl

■ Hromadná neštěstí

- – čím dřív, tím líp
- – **výška** (dlouhé kosti femur, fibula, tibia, humerus, radius, ulna), váha,
- barva očí, barva vlasů (množství a stříh), pigmentace kůže, tvář
- (fotosuperimpozice), profesionální otlaky
- – **věk** (červená Campbell de Morgan znaménka na kůži=třešňové
- angioma=senilní skvrny, šedivý kroužek arcus senilis kolem oční
- duhovky – falešně pozitivní u vysokého tlaku; opotřebenost zubů)
- – **kostní choroby** – Pagetova choroba (osteitis deformans), osteitis, fibrosa, osteomalacia, osteoporóza
- – **tetování, jizvy, mateřská znaménka, piercing, obřízka, amputace, implantáty**
- – rentgen čelisti, otisky prstů, **DNA** profilování.

Hromadné hroby



- Jedinci zde bývají v různém stavu rozkladu, častá jsou těla ležící na okraji.
- Pokud jsou v jednom hrobu dvě oddělené hromady těl, signalizuje to postupné pohřbívání těl (vedle sebe),
- někdy nad sebou a vrstva oblečení a hlíny mezi – velké zrychlení rozkladu.
- Satelitně umístěná těla – nejméně chráněná.
- Těla na povrchu skupiny těl se rozkládají rychleji než ta uvnitř.
- Někdy se vyskytuje mumifikace nekrytých částí těl povrchových vrstev.
- Těla v dolní vrstvě skupiny bez kontaktu s půdou – vlastní mikroprostředí - nejpomalejší rozklad

Masové hroby

Hugland et al., 2000 – neshoda mezi vědci, týkající se minimálního počtu individuů v masovém hrobu; definice závisí na profesi a zájmech autorů:

1. Mant (1987) – 2 a více těl, které jsou navzájem v kontaktu – rychlost a dekompozice těl ležících v kontaktu probíhá jiným způsobem
2. UN Special Reporter (1966) – 3 a více obětí nezákonných hromadných poprav – cíl zjistit, jak oběti zemřely
3. Skinner (1987) - nejméně půl tuctu individuů – funkční odlišení paralelně uložených těl či jednotlivých hrobů od masových

Proč exhumovat hromadné hroby?

- lidská práva
- sběr informací, umožňujících identifikaci
- vytvořit zprávu, ze které by bylo možné čerpat v případě revize nálezu
- varování před krutostí, prevence před podobnými událostmi
- pocta obětem a lidskému životu

Hmyz

- Soudní entomologie
 - post-mortem interval
 - okolnosti smrti
- Larvy bzučivek se nedostanou přes neporušenou kůži
 - změny polohy těla po smrti

Poškození kosti hmyzem

(HUCHET 1996, 301) je člení do 4 kategorií:

- Nekrofágové – mrtvé tělo je jejich potravou
- Nekrofilové – predátoři či parazité nekrofágů
- Omnivorové – široké trofické spektrum
- Oportunisté – kadávr je pouze útočiště či obydlí tohoto hmyzu

Životní cyklus holometabolní mouchy



- Vajíčko
- Larva
 - 1.instar
 - 2.instar
 - 3.instar
- Pupa (kukla)
- Imago (dospělá moucha)

Hmyz

■ Ekdyze

- Svlékání kůže (hadů)
- Svlékání kutikuly při přechodu z druhého instaru na třetí

■ Sukcese

- Ekologický termín pro časový sled zastoupení druhů na stanovišti
- Zde sled nekrosaprofágních druhů na mrtvole

Statistika zastoupení

- Nejvíc druhů: Coleoptera, Diptera
(Lepidoptera, Hymenoptera, mravenci, škvoři, roztoči, prvoci, bakterie, řasy, plísně, houby, obratlovci)
- Nejvíc jednotlivců: Diptera - mouchy

Kolonizace těla na zemském povrchu

- **Oči, ústa, nozdry, rány**
- 1.vlna (čerstvá mrtvola)
 - po několika minutách
 - Calliphoridae – bzučivky
- 2.vlna (nadmutá mrtvola)
 - během 1. týdne
 - Sarcophagidae – masařky
 - Muscidae - (velké) mouchy
 - Coleoptera – brouci (hrobařík, mrchožrout)
- 3.vlna (biochemicky aktivní mrtvola)
 - zmýdelnění tuků a vyvíjení kyseliny máselné
 - brouk kožojed
 - požírači larev much (drabčík, mršník)

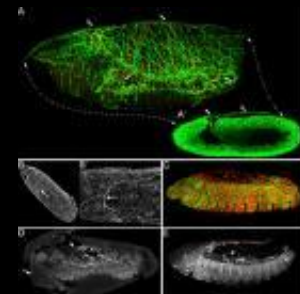


...kolonizace těla na zemském povrchu

- 4.vlna (biochemicky aktivní mrtvola)
 - fermentace proteinů (sýrová fermentace)
 - moucha sýrohlodka (se skákavými larvami) a octomilka



- 5.vlna (pokročilý rozklad)
 - čpavková fermentace
 - mušky hrbilky
 - ubývá „množství potravy“



- 6.vlna (vysychání)
 - mumifikace koncem 1.roku
 - roztoči



...kolonizace těla na zemském povrchu

- 7. vlna (zbytky mrtvoly)
 - skeletizace, zbytky kůže, vlasy
 - brouk kožojed a rušník
 - motýl mol



- 8. vlna (zbytky mrtvoly)
 - mrtvola starší než 3 roky
 - roztoči

- Dvoukřídlí i brouci mají parazity a predátory

Pod zemí a ve vodě

- ... je spektrum hmyzu jiné
- Po vynoření se do mrtvoly pustí hmyz 4.vlny (chybí předchozí stadia – velké mouchy)
- Na vzduchu je hnilobný rozklad dvakrát rychlejší než ve vodě a osmkrát rychlejší než pod zemí (Casperovo pravidlo)

Entomologická práce

■ Určení instaru

- okamžitě
- do 70-96% denaturovaného lihu (lepší než formaldehyd)
- rychlost vývoje hmyzu závisí na okolní teplotě (hromada larev ve 2. a 3. instaru vytváří mikroklima)

■ Určení druhu

- hledáme kukly v zemi v okolí těla (lože mrtvoly)
- necháme dorůst
- DNA.

Entomologická práce

■ Okolnosti smrti

- rány (kousance) ante mortem více krvácejí než post mortem
- myióza – infikování muší larvou zaživa (zanedbání péče a zneužívání nesvéprávných)
- toxikologická analýza
- DNA z larev hmyzu, když mrtvola zmizela

■ Změny polohy těla po smrti

- spektrum hmyzu neodpovídá místu nálezu těla

Artifciální skeletizace těla

- „*mos teutonicus*“ - těla byla zbavena vnitřností, rozřezána a maso odstraněno vařením těl ve vodě, víně či vinném octu.
 - Zatímco měkké části byly pohřbeny na místě, kosti byly na další cestu zabaleny do zvířecí kůže (Fridrich I., Lothara I., Habsburk Rudolf IV., ...)
- **Doklady po čtvrcení těla** byly zjištěny na skeletu z hrobu 92 z kostela sv. Jiří na Pražském hradě
- **Chemické změny kosterních pozůstatků způsobené vařením** – *kostní tkáň* je velmi pevná a těžká, povrch kostí je lesklý a hladký, zkracování kolagenových vláken, větší ztráta N vařením je u menších, křehkých a porézních kostí
 - metoda založená na sledování poměru D- a L- izomerů kyseliny asparágové v kosti

Modifikace kostí ohněm

- Analýza tzv. žárových pohřbů či ohořelých těl je vždy nesmírně složitá; nekompletní kremace představuje pro antropology ohromný problém (fragmentace kostí, změna barvy, smrštění (zmenšení) velikosti, ...)- komplikace s určením počtu jedinců, věku a sexu, životního způsobu, rasy, perimortálních podmínek, výživy, traumat (Krogman 1943, Wells 1960).
- Typické žárové pohřby pro určité časové období (d. bronzová, latén) i oblasti (severní Amerika a severní a střední Evropa).

Výzkum žárů se provádí na 3 hlavních úrovních:

- analýza skopických charakteristik
- analýza histologických charakteristik
- **demografická analýza** (odlišit od zvířecích, počet, sex, věk, původ)

Působení ohně na lidské pozůstatky a kremace

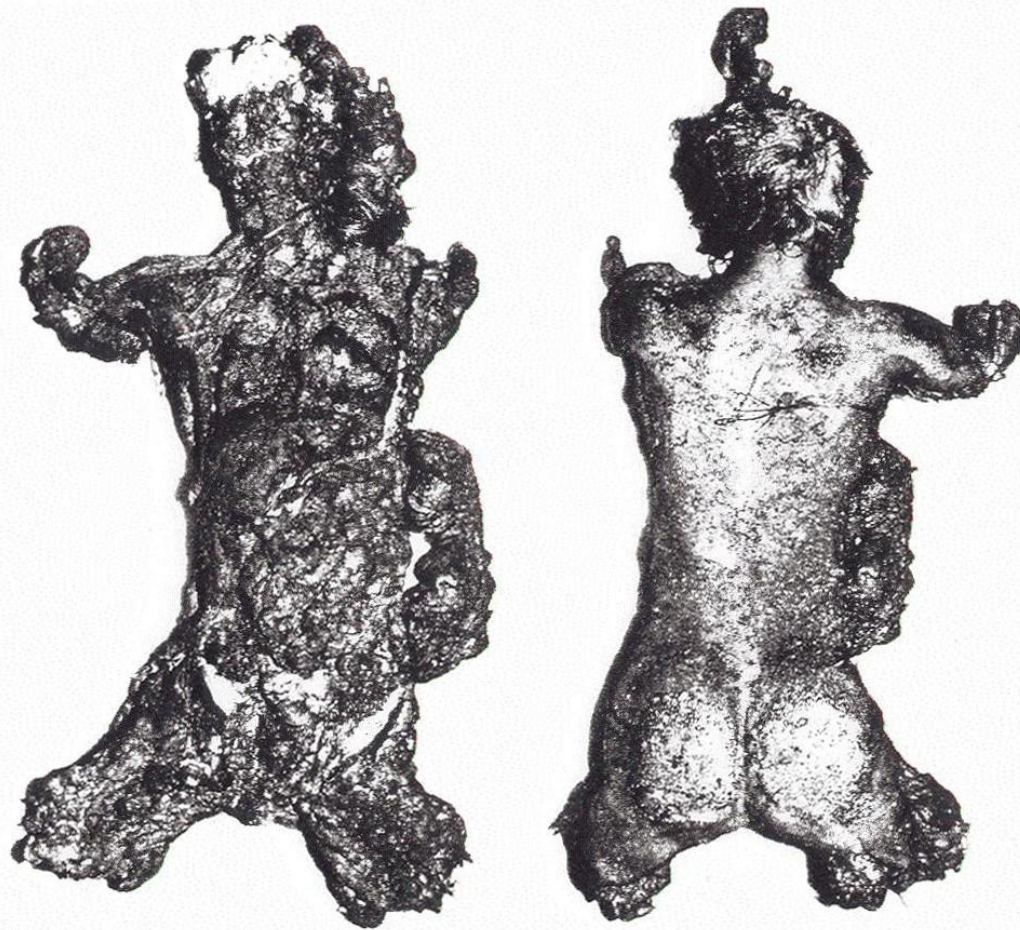
- **Proces hoření těla** se odvíjí od jeho složení
 $W = A + P + F + M$ (voda, proteiny, tuk, minerál)
- vznik sloučenin typu pyrrolu, pyrazinu,
piperazinu a imidazolu pyrolýzou proteinů

Fáze transformace	Projev	Rozmezí teplot (°C)
dehydratace	Praskliny, ztráta hmotnosti	100 - 600
dekompozice	Změna barvy, ztráta hmotnosti, snížení mechanické pevnosti, změna porozity	300 - 800
inverze	Zvětšení rozměru krystalů	500 - 1000
fúze	Vzrůst mechanické pevnosti, redukce velikosti, zvětšení rozměru krystalů, změny porozity	> 700

Působení ohně na lidské pozůstatky a kremace

- **Lebka** - mozek až do teploty asi 400 – 500 °C prakticky zachován, postupně ovšem dochází v lebeční dutině k nárůstu tlaku (vodní pára a CO₂):
 - 1. lebka praská,
 - 2. lebka zůstává intaktní, přičemž přetlak uniká přirozenými otvory v lebce
- **Trup** - při spalování trupu hraje významnou roli obsah vody ve vnitřnostech
- Vysoká teplota, působící na vnější partie spalovaného těla, se neprojevuje uvnitř těla (tj. vzniká **teplotní gradient**),

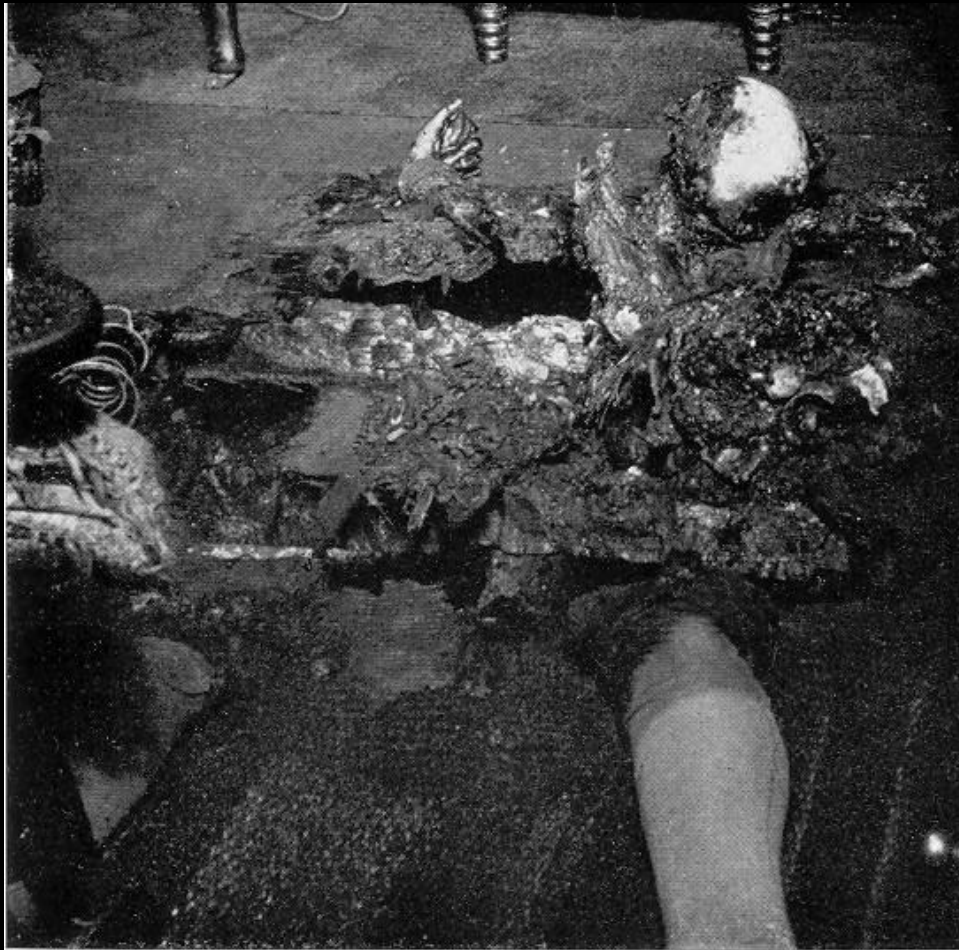
vlhkostní gradient



a

b

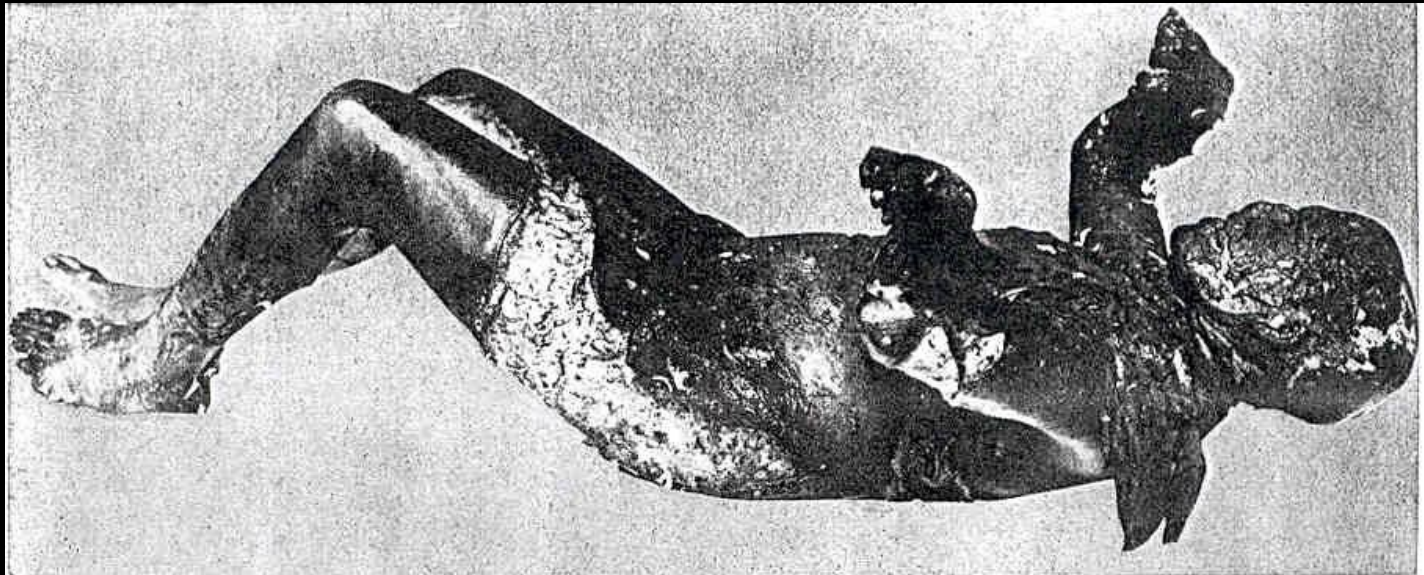
Podle **teorie „knotového efektu“** přednostně spalují části těla s vyšším obsahem tuku pokryté oděvem.



Rychlejší průběh spalování těla a větší míru poškození a deformace kostí u obézních jedinců, spalují se především partie bohaté na tuk (trup)

„Boxerská poloha“.

- horní končetiny jsou přitaženy k tělu a ohnuté v loktech a v zápěstích,
- rovněž dolní končetiny bývají lehce ohnuty v kyčelních a kolenních kloubech – mohutnější flexory mají převahu nad extenzory;
- vlivem smrštění zádového a šíjového svalstva bývá hlava zakloněna a hrudník vypjat vpřed



Pohřby neúplně spálených těl: Crow – Glassmanovy stupnice

- **CGS 1.** Poškození těla odpovídá spíše působení kouře, stopy ohně se nijak neprojeví na skeletu.
- **CGS 2.** Tělo vykazuje různé stupně spálení, mohou chybět některé části rukou a nohou.
- **CGS 3.** Převážná část končetin chybí, hlava je přítomna, ale je značně poškozena ohněm.
- **CGS 4.** Rozsáhlá destrukce ohněm, lebka je fragmentární a je oddělena od těla. Některé části paží a/nebo nohou mohou být stále připojeny k zuhelnatělému trupu.
- **CGS 5.** Kremace. Pozůstatky jsou vysoce fragmentární, roztroušené a neúplné. Přítomny jsou pouze nepatrné zbytky tkání, nebo tyto zcela chybí.

Vizuální charakteristiky

- Změna barvy – škála barev od černé, hnědé k šedomodré, šedobílé, křídově bílé, méně častými barvami jsou zelená, žlutá, růžová a červená (Dunlop, 1978).
- Barva souvisí s teplotou, které je kost vystaven a dobou jejího působení
- s organickým i anorganickým materiálem, spojeným s kostmi (hnědá – hemoglobin, sole; černá – karbonizace kosti hořící za nedostatku kyslíku; šedomodrá a šedá - rozklad látky za vysoké teploty; bílá- znamená kompletní ztrátu organické hmoty a vysrážení solí; zelená – měď, bronz, červená železo, ...
- 1 úlomek může mít mnoho barev – deformace, zlomy kostí, různé části povrchu mohou být vystaveny žáru různou dobu

Modifikace kostí ohněm

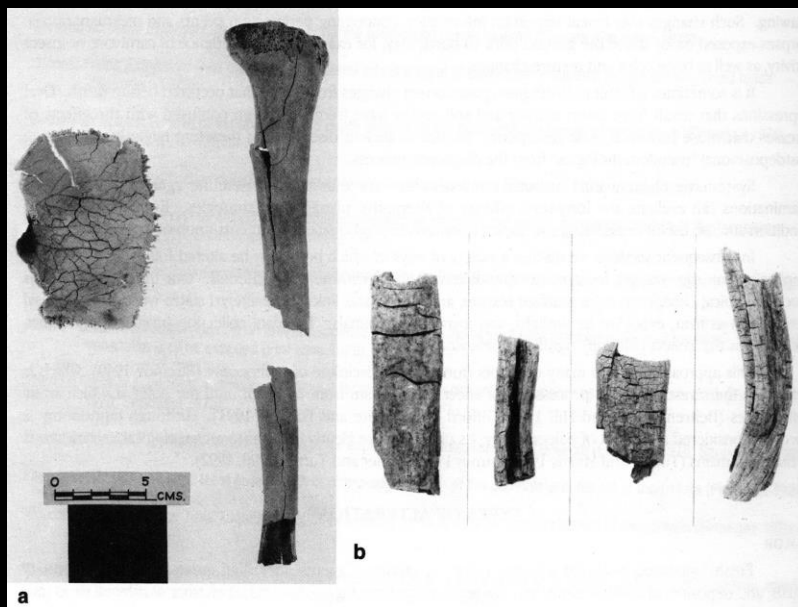


Figure 1: Colors generated using the average RGB color values of experimental bones samples cremated from 1-3 hours in a furnace while surrounded by air, diatomaceous earth, and topsoil

Cremation Temperature	Cremation Environment		
	Air	Diatom Earth	Topsoil
Unburned			
100°C			
200°C			
300°C			
400°C			
500°C			
600°C			
700°C			
800°C			
900°C			
1000°C			
1100°C			

Smrštění

- Závisí na typu kosti (kompakta, spongioza)
- na teplotě
- na mineralizaci kosti. Muži mají vyšší obsah minerálů a více se jim v žáru smrští kosti – mezipohlavní rozdíly. Může to způsobit, že jsou někteří muži nesprávně určeni jako ženy (do 800st jsou mezipohlavní rozdíly zanedbatelné)
- Kompilace více prací:
spongioza se zmenšuje o 12, kompakta o 5%
- při 1000 st. – proximodistální délka se redukuje o 5%, až 27% průměr kosti
- Při teplotě větší než 800 st. – těžká identifikace kostí, fraktury a deformace

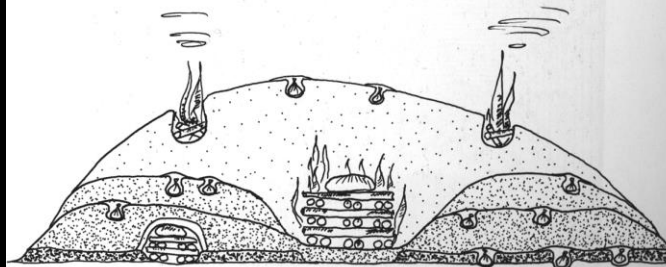
Zachovalost jednotlivých částí skeletu v žárových hrobech

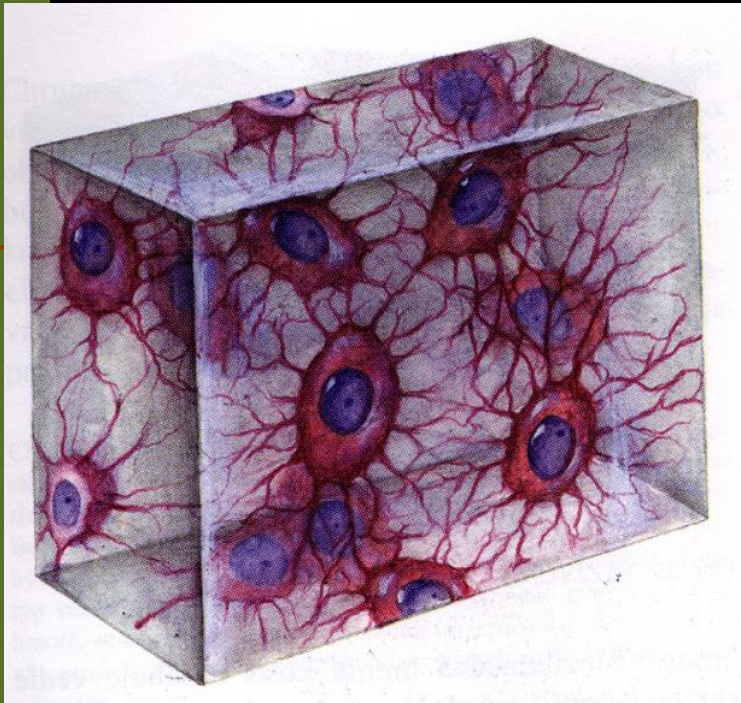
- Na vzhledu kostí se zpravidla projeví i to, zda byly spalovány se svalovinou, zda šlo o čerstvé kosti nebo o kosti suché
- *Lebka* - dokonale spálená lamina externa, neúplné spálení některých temporálních fragmentů (doklad temporálních svalů)
- kremační poloha, kdy hlava leží týlem na zemi a anteriorní a superiorní partie jsou více vystaveny kremačnímu ohni (více ohořelý obličej a čelo)

Modifikace kostí ohněm

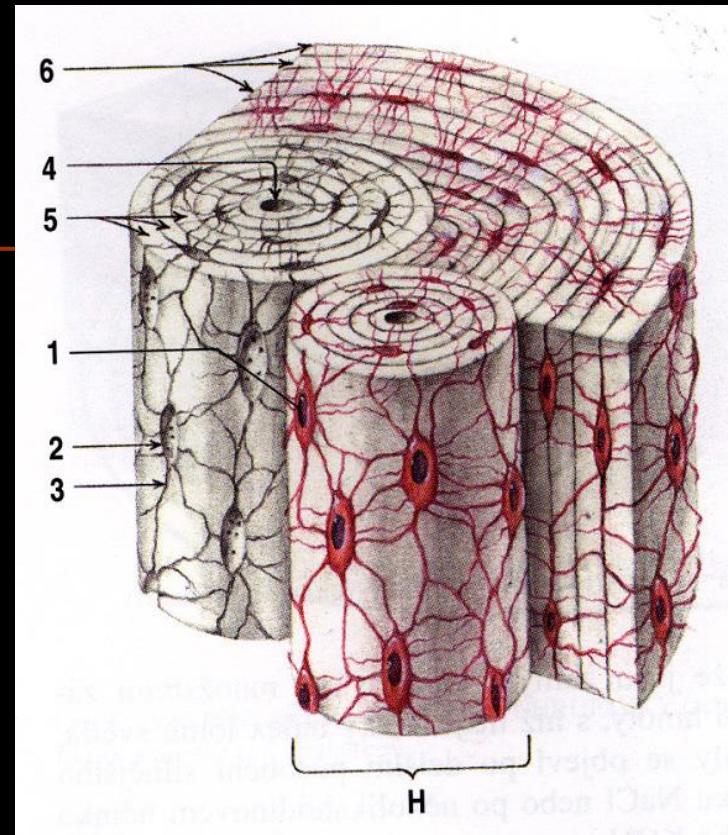
- Kost bez měkkých tkání – ostrý zlom, deformace
 - Kost ve svalech – po shoření fúze tkání dohromady – zakřivené struktury
 - Je těžké odlišit tepelně upravené kost (vaření, pečení) od zvětralých kostí
 - Histologie -? Je vzorek ohořelá kost (Haversův systém se zmenší, Haversovy kanálky zvětší)
1. fáze hoření – hoří org. látky (mukopolysacharidy, aminokyseliny, kolagen,...)
 2. fáze – ztráta org. látek v teplotě 500-600 st.
 3. fáze – karbonáty, minerální sole, dekompozice magnézia

Dohnal 1980; Dostál 1957; Dostál 1965; Dostál 1985; Galuška-Lutovský 1993; Charvát 1988; Junková 1956; Lutovský 1996; Měřinský 2002; Ohler 2001; Pauliny 1999; Smetánka 2003;

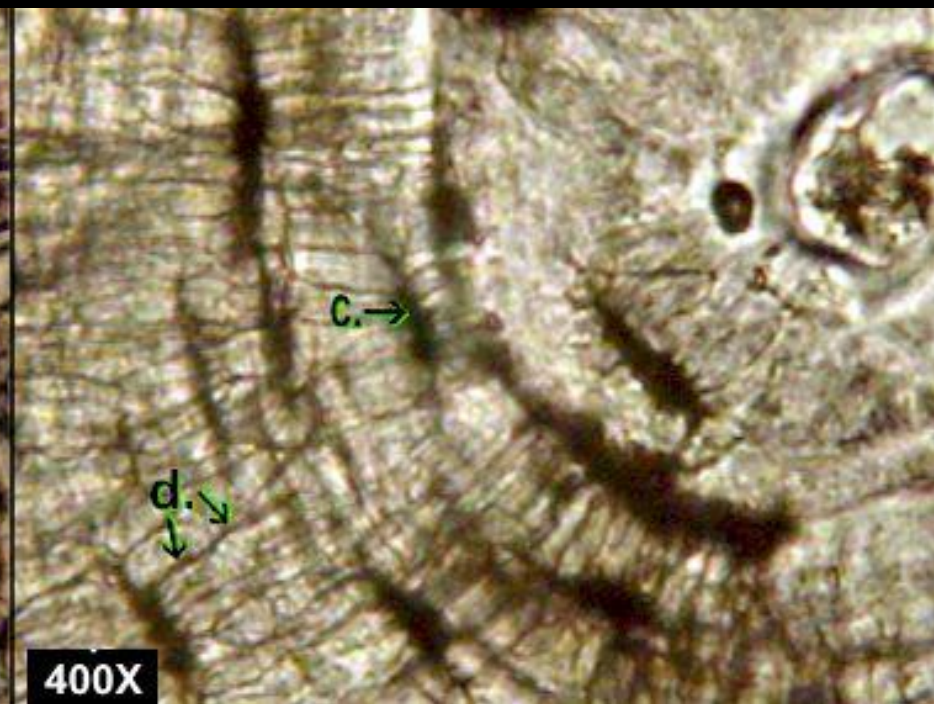
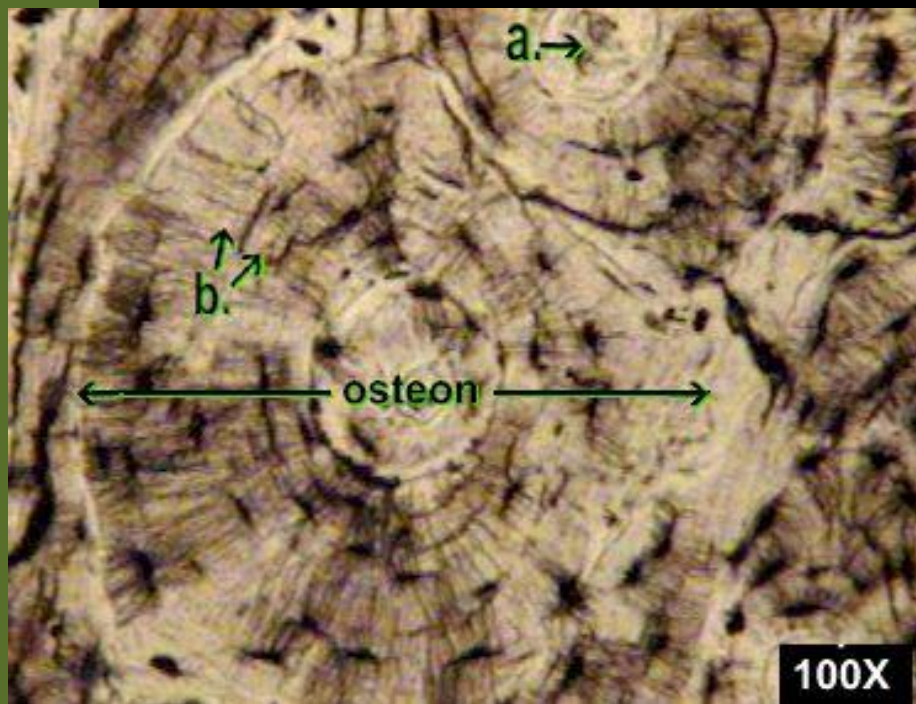




Fibrilární kost



Lamelózní kost



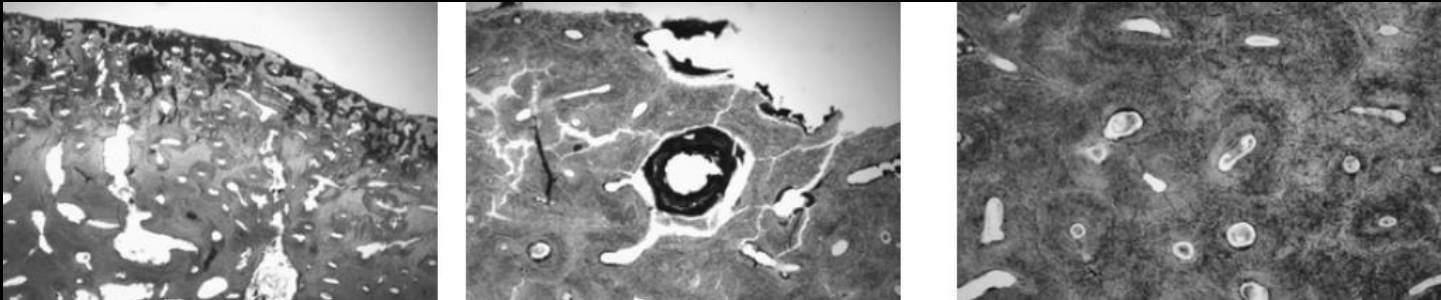
- a → central canal in the center of the osteon containing blood vessels
- b → concentric lamellae form concentric rings of bone tissue around the central canal
- c → lacunae with an osteocyte inside
- d → many canaliculi (spidery lines) act as a nutrient supply for the bone



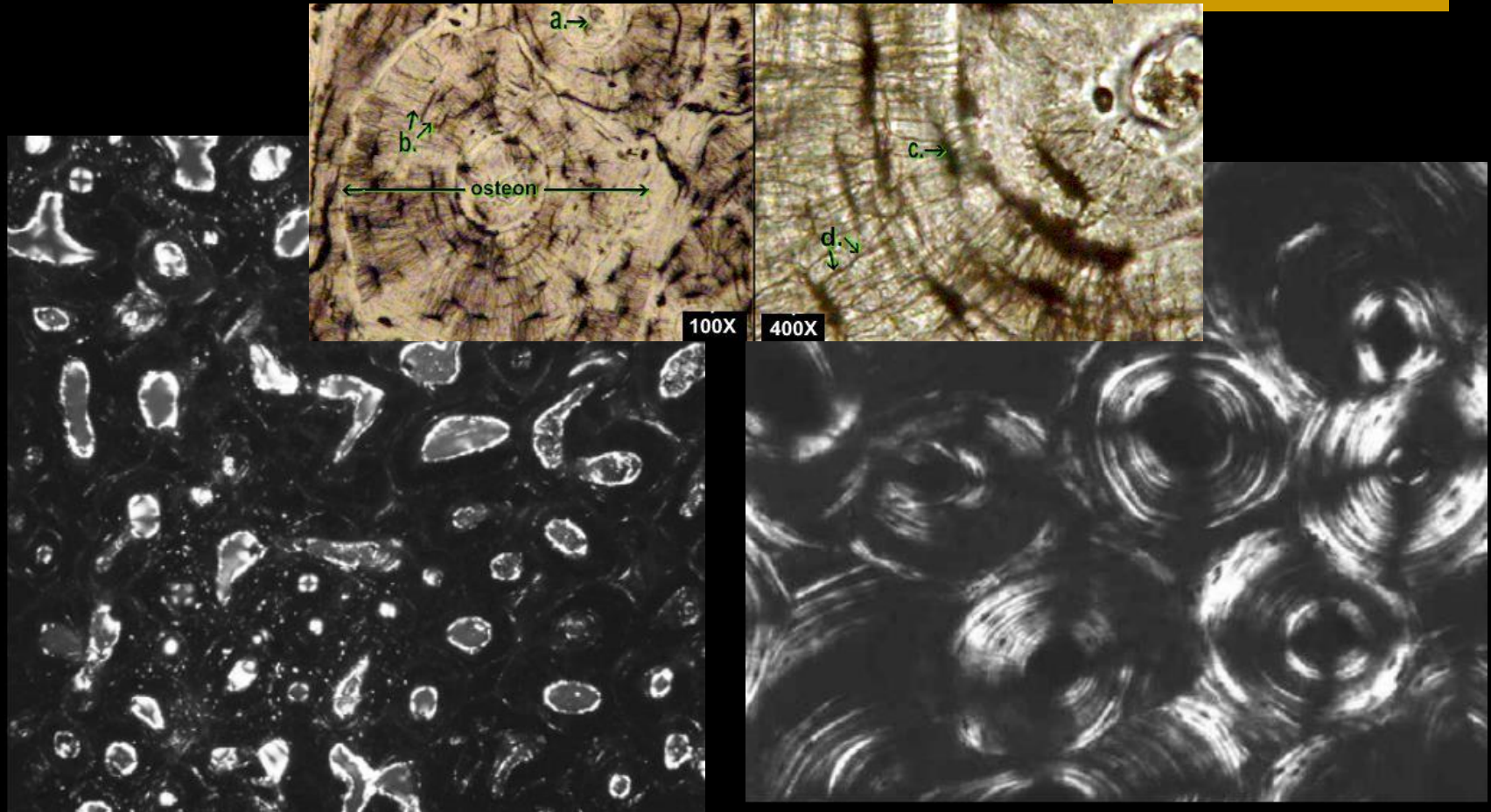
Spálená kost (800 st)

STRUKTURA SPÁLENÝCH KOSTÍ

- 1. v první fázi se struktura kosti nemění – zachovává se Haversův systém
- 2. zvýraznění kanálků, později kanálky mizí v procesu granulace,
- zhrubnutí lamel
- 3. lakuny osteocytů přestávají být patrné a představují pouze zamlžené obrysy
- 4. **osteony se zmenšují, Haversovy kanálky se však zvětšují** a jsou zanášeny sutinami
- 5. mezi osteony se objevují praskliny, nepravidelné v délce i průběhu, nejčastěji probíhají na periferii osteonu
- 6. při spalování se objevuje **úbytek osteonů, do 800 °C je tento úbytek nepodstatný**
- 7. úbytek významným až na teplotu 1 000 °C
- 8. kost spongiózní – podobné změny - lakuny a lamely zanikají, přetrvává pouze granulární matrix



Mikrostruktura kosti



ztráta dvojlomu v polarizovaném světle (dvojlom = výsledek průběhu vláken kolagenu)

Použité zdroje:

- <http://vnl.xf.cz/index-ant.php>
- http://www.dnabased.com/Forenzni_chemie/extdoc/11_Pitva_znalec_soubory/frame.htm#slide0100.htm
- Lubomír Prokeš, Posmrtné změny a jejich význam při interpretaci pohřebního ritu,