



TANATOLOGIA E TAFONOMIA

Indagine e analisi dei resti umani scheletrici -

Seminari di approfondimento in Antropologia

Alba Pasini | alba.pasini@unife.it



STUDIO DEI FENOMENI POST-MORTALI

Tanatologia

θάνατος + λόγος, studio degli eventi che seguono la morte (intrinseci)

Processi precoci (putrefazione) e processi conservativi

Tafonomia e Diagenesi

τάφος + νόμος studio degli eventi che seguono il seppellimento (estrinseci).

Temperatura, umidità, fattori di bioturbazione ecc.



TANATOLOGIA

Oggetto dello studio tanatologico

- ▶ Le modificazioni che si verificano nell'organismo durante il passaggio tra la vita e la morte, e che consentono di accertare la realtà del decesso (*diagnosi di morte*)
- ▶ Le alterazioni chimico-fisiche (morfologiche), in riferimento ai diversi fattori in grado di influenzarne l'evoluzione e ai relativi tempi di estrinsecazione e di apprezzabilità (*tanatocronologia*)

Diagnosi di morte

Legge 29/12/1993 n. 578, Art. 1 (norme per l'accertamento e la certificazione di morte): **"la morte si identifica con la cessazione irreversibile di tutte le funzioni dell'encefalo"**.

La morte dell'encefalo a tutti gli effetti garantisce l'irreversibile disgregazione funzionale del **tripode vitale di Bichat** (sussistenza di funzionalità respiratoria, cardiocircolatoria e del sistema nervoso centrale).

MORTE

Perdita totale ed irreversibile delle capacità dell'organismo di mantenere autonomamente la propria unità funzionale

(Comitato Nazionale di Bioetica, 1991)



TANATOLOGIA

Le danze macabre

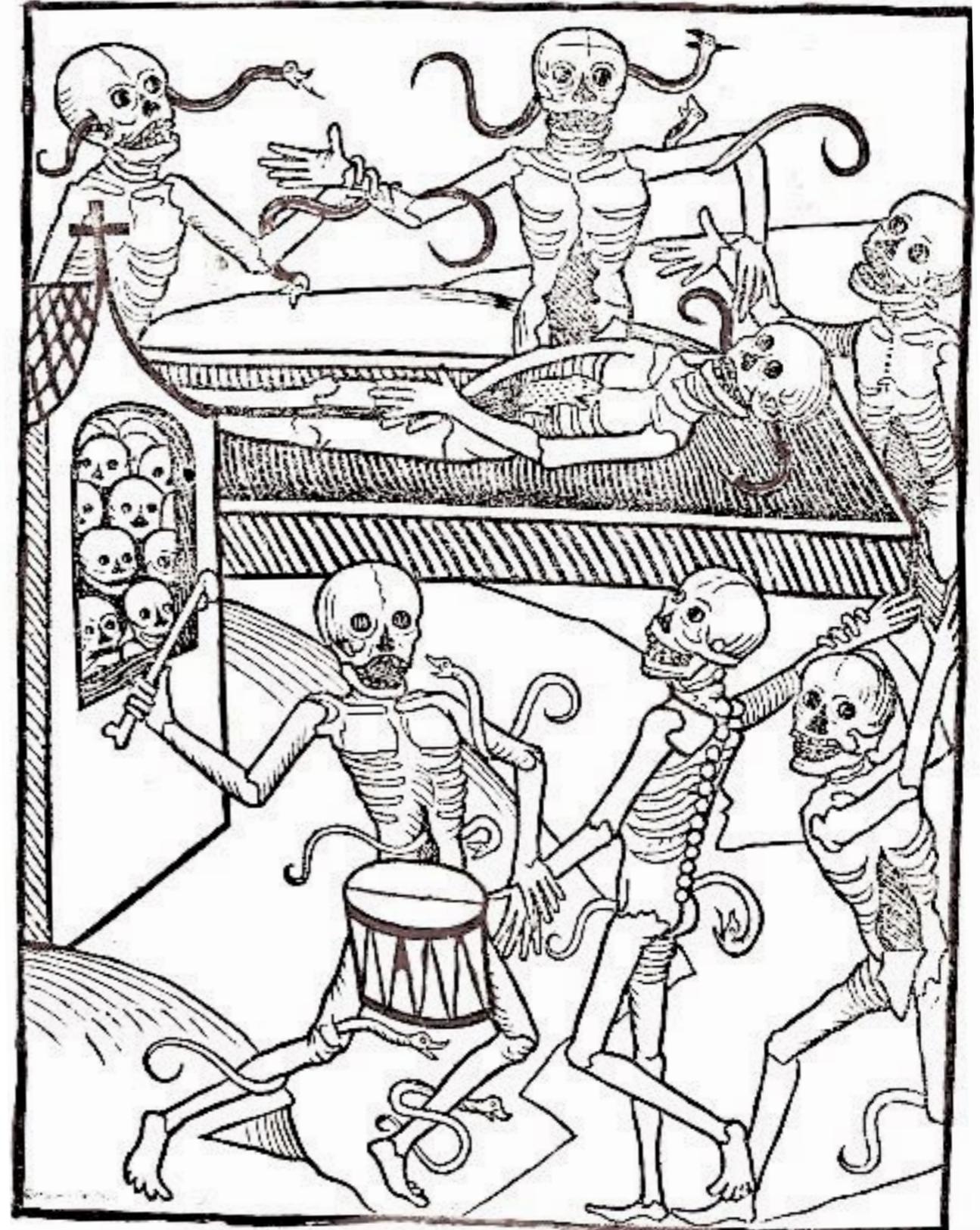


Clusone, 1465



Tallinn, ca. 1465

Heidelberger Totentanz, 1488



TANATOLOGIA

A seguito del decesso si manifestano diversi eventi:

Processi precoci

- ▶ **Fenomeni abiotici immediati (triade del Bichat)**
perdita di coscienza e di tutte le funzioni neurologiche, arresto della circolazione, arresto della respirazione.
- ▶ **Fenomeni abiotici consecutivi**
Disidratazione, raffreddamento, ipostasi, rigidità cadaverica, acidificazione dei tessuti (*algor mortis*, *livor mortis*, *rigor mortis*)

Processi tardivi

- ▶ **Processi trasformativi distruttivi**
Autolisi, autodigestione, putrefazione (stadio cromatico, enfisematoso, scheletrizzazione).
- ▶ **Processi trasformativi particolari**
Macerazione, mummificazione, corificazione, saponificazione.



Sacro Speco di Subiaco, L'Eremita S. Macario mostra a tre giovani cavalieri le diverse fasi di decomposizione del corpo umano, particolare (XIII sec.)

PROCESSI PRECOCI: FENOMENI ABIOTICI CONSECUTIVI

Algor mortis

Raffreddamento del cadavere rispetto alla temperatura ambientale

- ▶ **Periodo 1:** 3 ore; decremento termico di $0,5^{\circ}\text{C}/1\text{h}$
- ▶ **Periodo 2:** 6/8 ore; decremento termico di $1^{\circ}\text{C}/1\text{h}$
- ▶ **Periodo 3:** 11-30 ore; decremento termico di $0,75\text{-}5^{\circ}\text{C}/1\text{h}$

Fattori di influenza: costituzione corporea, temperatura interna/esterna, condizioni climatiche, indumenti, perdita di sostanza cutanea post-traumatica, sottigliezza della cute.

Livor mortis

Decolorazione della salma a causa della stasi del sangue non più pompato dal cuore, che per gravità filtra lentamente verso il basso attraverso i tessuti

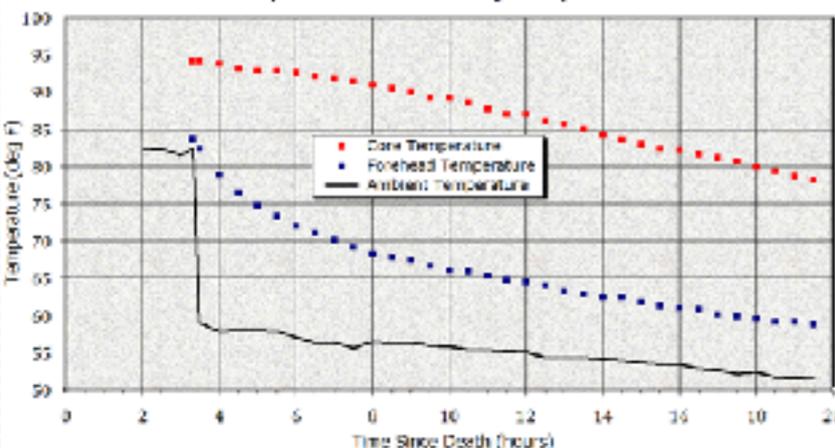
- ▶ Comparsa di **macchie ipostatiche** a partire da 2/3 ore (raccolte ematiche rossastre nelle zone declivi del corpo per percolazione del sangue).
- ▶ La compressione data dal peso del corpo impedisce l'afflusso di sangue nei vasi.
- ▶ **Migrazione totale:** ipostasi mobili, fino a 10-12 ore dal decesso. Rosso vinoso.
- ▶ **Migrazione parziale:** ipostasi semifisse, fino a 25/30-48 ore. Verdastro.
- ▶ **Fissità assoluta:** ipostasi fisse, oltre 48/72 ore. Bruno.

Rigor mortis

Rigidità cadaverica, per meccanismo di pseudo contrazione post mortale dell'apparato muscolare

- ▶ 3 ore dal decesso
- ▶ Massima rigidità dopo circa 36/48 ore
- ▶ Termina dopo 72 ore (flaccidità completa)
- ▶ Processo influenzato dalla temperatura ambientale (basse t =comparsa ritardata; alte t =risoluzione accelerata) e dalla condizione dell'individuo prima della morte (grado di sviluppo muscolare, natura della morte).

Sample Post-Mortem Body Temperatures



PROCESSI TARDIVI: PROCESSI TRASFORMATIVI DISTRUTTIVI

- ▶ **0-10 giorni:** autolisi e putrefazione; gli enzimi dell'organismo cominciano a distruggere la componente organica. Fattori: putrecina, cadaverina + insetti + enzimi digestivi + batteri.
- ▶ **4-10 giorni:** decomposizione anaerobica, batteri della specie *Clostridium* causano fermentazione, altri (es. *Bacillus sp.*) continuano i processi digestivi.
- ▶ **20-50 giorni:** decomposizione quasi completa dei tessuti organici.
- ▶ **50-365 giorni:** scheletrizzazione.



Parametri intrinseci

- ▶ Peso
- ▶ Muscolatura
- ▶ Stato di salute in vita

Parametri estrinseci

- ▶ Stagione
- ▶ Condizioni climatiche esterne (temperatura, ventilazione, umidità)
- ▶ Indumenti
- ▶ Presenza di fattori biodeteriogeni (insetti, microfauna, macrofauna, vegetali ecc.).

LE BODY FARMS



PUTREFAZIONE

Stadio cromatico

- ▶ Colorazione verdastra, a partire da una macchia putrefattiva nel quadrante addominale inferiore destro (valvola ileo-cecale), per l'elevata concentrazione di batteri anaerobi
- ▶ Può avere inizio anche in sedi di lesioni o raccolte ematiche.
- ▶ Fenomeno della **marmorizzazione**, il disegno del reticolo venoso sottocutaneo viene accentuato, formando una trama verdastra in particolari distretti somatici.



Emoglobina ➔ *Solfoematoglobina*
Idrogeno solforato

Colorazione violacea/verdastra

Comparsa del fenomeno

-Estate: entro le 20-25 ore

-Inverno: entro 2 giorni



PUTREFAZIONE

Stadio enfisematoso

- ▶ Formazione di gas, che si raccolgono in ogni spazio cavitario dei corpi, per effetto dei batteri anaerobi;
- ▶ La cute si tende, le labbra divengono tumide e i bulbi oculari protrudono (*facies negroide*).
- ▶ Si osservano bolle cutanee, effetto *degloving* su mani e piedi e distacco di peli e capelli.



Comparsa del fenomeno

-Estate: entro 3-6 giorni

-Inverno: entro 3-6 settimane

...▶ Coffin birth phenomenon



PUTREFAZIONE

Fase colliquativa

- ▶ Penultimo stadio
- ▶ **Diffusione batterica** sino alla cute
- ▶ Separazione dello strato corneo e i tessuti interni scoperti
- ▶ Grande proliferazione di colonie di microrganismi.
- ▶ Uscita di gas dalla salma
- ▶ **Colorito nerastro**
- ▶ Sostanza liquamosa e nera, costituita dai tessuti interni del corpo degradati, fuoriesce dal corpo
- ▶ Tipico odore di **ammoniaca**.



Comparsa del fenomeno

- Estate: entro 15 giorni
- Inverno: entro 1-2 mesi

PUTREFAZIONE

Scheletrizzazione parziale e completa



- ▶ Ultimo stadio putrefattivo
- ▶ Scomparsa dei tessuti molli dal cadavere.
- ▶ Fattori di influenza (velocità del processo): fenomeni di bioturbazione (larve, insetti saprofagi, fauna), profondità di inumazione, assenza o presenza di seppellimento, presenza di indumenti/materiali particolari.



Comparsa del fenomeno

- Estate: entro 2 mesi in superficie
- Inverno (clima freddo): entro 8-10 mesi

- ▶ NB: entro 2/5 anni per i resti inumati

PROCESSI CONSERVATIVI

Mummificazione

- ▶ Processo **naturale o artificiale**
- ▶ Rapida disidratazione in seguito a liofilizzazione delle cellule corporee che mantengono la loro integrità morfologica perdendo liquidi.
- ▶ La pelle assume colore brunoastro e la consistenza del cuoio.
- ▶ Ambiente secco in condizioni estreme di calore o di gelo.
- ▶ L'ambiente circostante deve permettere una **rapida evaporazione** dei liquidi corporei.



Comparsa del fenomeno

- Superficiale: entro 4-8 settimane**
- Totale: 6-12 mesi**

PROCESSI CONSERVATIVI

Corificazione

- ▶ Processo naturale
- ▶ Ambienti umidi con carenza di ossigeno (casce di zinco)
- ▶ Arresto dei fenomeni colliquativi e stabilizzazione delle strutture proteiche (processo di alterazione del connettivo cutaneo simile a quello della conciatura)
- ▶ Acquisizione dei caratteri del cuoio da parte della cute, che resta relativamente morbida, integra ed elastica
- ▶ Processi chimici di disidratazione e polimerizzazione, che provocano un' indefinita conservazione del corpo.
- ▶ La cute assume un colorito giallastro, più scuro nelle parti scoperte (testa e mani).
- ▶ Le articolazioni non sono rigide poiché nei tessuti rimane, talvolta, malleabilità.

Fenomeno completo entro 1-2 anni.



Christian Friedrich von Kahlbutz (1651-1702)

PROCESSI CONSERVATIVI

Bog burials

- ▶ Processo naturale
- ▶ Torbiere
- ▶ Azione di acidità del sedimento, temperature e condizioni anaerobiche



PROCESSI CONSERVATIVI

Saponificazione

- ▶ Contatto con materiale liquido in ambiente con scarso apporto di ossigeno (acque stagnanti, casse di zinco ecc.)
- ▶ L'alterazione dei grassi corporei fa sì che i tessuti assumano aspetto gelatinoso, per poi indurirsi fino a diventare coriacei.



L'**adipocera** è una sostanza organica simile alla cera (sale di calcio insolubile) formata dall'idrolisi da parte di batteri anaerobi del grasso contenuto nel corpo, in ambienti umidi e in presenza di sali di calcio. Nella sua formazione, la decomposizione viene rimpiazzata da una **struttura compatta e permanente dei tessuti grassi, organi interni e della faccia**. Ha colore bianco-grigiastro e compare entro un mese dalla morte.

Comparsa del fenomeno

-Comparsa: 2-3 mesi

-Completamento: 1 anno

TAFONOMIA E DIAGENESI

La tafonomia ($\tau\acute{\alpha}\varphi\omicron\varsigma$ + $\nu\acute{o}\mu\omicron\varsigma$) è definita come lo studio dei processi attraverso i quali i resti organici passano dalla biosfera alla litosfera come risultato di processi biologici e geologici (Efremov, 1940), quindi dal momento della morte fino alla definitiva conservazione; in antropologia può essere considerata come lo studio del destino post-mortale dei resti umani.

Valutazione e interpretazione delle condizioni di conservazione, al fine di individuarne gli agenti e i processi di alterazione.



La tafonomia viene distinta in quattro fasi che si susseguono temporalmente:

- ▶ La morte dell'organismo
- ▶ Le vicende che subiscono i resti fino al loro seppellimento (biostratinomia)
- ▶ Il seppellimento definitivo nei sedimenti
- ▶ Le trasformazioni diagenetiche.

FATTORI DI ALTERAZIONE

Le ossa sono costituite da una componente organica (collagene) ed una inorganica (carbonato idrossiapatite).

Essendo fosfati, hanno un comportamento analogo ai materiali carbonatici.

Possono essere quindi soggette a processi di *soluzione*, più rapidi in ambienti asciutti e acidi (ALTERAZIONE CHIMICA), o ad esercitazioni di tipo *meccanico* (ALTERAZIONE MECCANICA).

La loro resistenza all'alterazione tende ad aumentare quando le ossa abbiano subito *combustione moderata*.

ALTERAZIONE

Tutti i processi che portano alla modificazione delle caratteristiche iniziali di un qualsiasi materiale sottoposto all'azione di agenti meteorici, fisici, chimici, biologici o antropici.



Molti agenti di alterazione producono sull'osso effetti macroscopicamente assimilabili a patologie, interventi antropici o altre evidenze importanti.

E' quindi di estrema importanza, ai fini dell'analisi antropologica, riconoscere tali evidenze.

FATTORI AMBIENTALI

Acqua

- ▶ Azione erosiva per dissoluzione della componente minerale;
- ▶ Variazioni cromatiche per concentrazione di minerali o sali.
- ▶ Buona conservazione in ambiente totalmente saturo d'acqua (anaerobico).
Ottima conservazione in acqua salata.

Terreno di sepoltura

- ▶ Azione chimica: natura chimica del terreno come principale causa di degrado dei resti umani inumati. Scarsa conservazione in suoli a pH acido (<6)
- ▶ Azione meccanica: pressione come causa di deformazioni significative

Fuoco e temperatura

- ▶ Alterazioni da combustione: burn patterns
- ▶ Fratture
- ▶ Variazioni cromatiche
- ▶ Cambiamenti dimensionali

Altri fattori

Esposizione alla luce solare, combustione, particolari condizioni di seppellimento (saponificazione, mummificazione, bog burial...)



TERRENO DI SEPOLTURA

Terreno ghiaioso

Terreno permeabile all'acqua; l'osso assume un colore biancastro e diventa friabile a seguito dell'azione batterica.

Terreno umido ed argilloso

Discrete condizioni di conservazione. Una volta recuperati ed esposti alle condizioni di superficie, possono comparire crepe e fratture per il processo di evaporazione dell'acqua accumulata nell'osso durante la giacitura.

Terreno sabbioso

Disgregazione superficiale e conseguente fragilità dell'osso.

Terreno salino

Sbiancamento della superficie dell'osso a causa dell'accumulo di sali.

Terreno in caverna

L'osso è esposto a fenomeni di mineralizzazione quali accumuli di carbonato di calcio sotto forma di concrezioni o variazioni cromatiche.

Terreno acido

Forte demineralizzazione dell'osso fino alla sua completa degradazione in suoli con pH inferiore a 6.

Terreno agricolo

Possibile alterazione chimica se presenti elevate concentrazioni di fertilizzanti e pesticidi nel suolo. Possibili frammentazioni, alterazioni meccaniche e distruzione dei resti ossei causate da azioni antropiche quali aratura

FATTORI DI BIOTURBAZIONE

RADICI

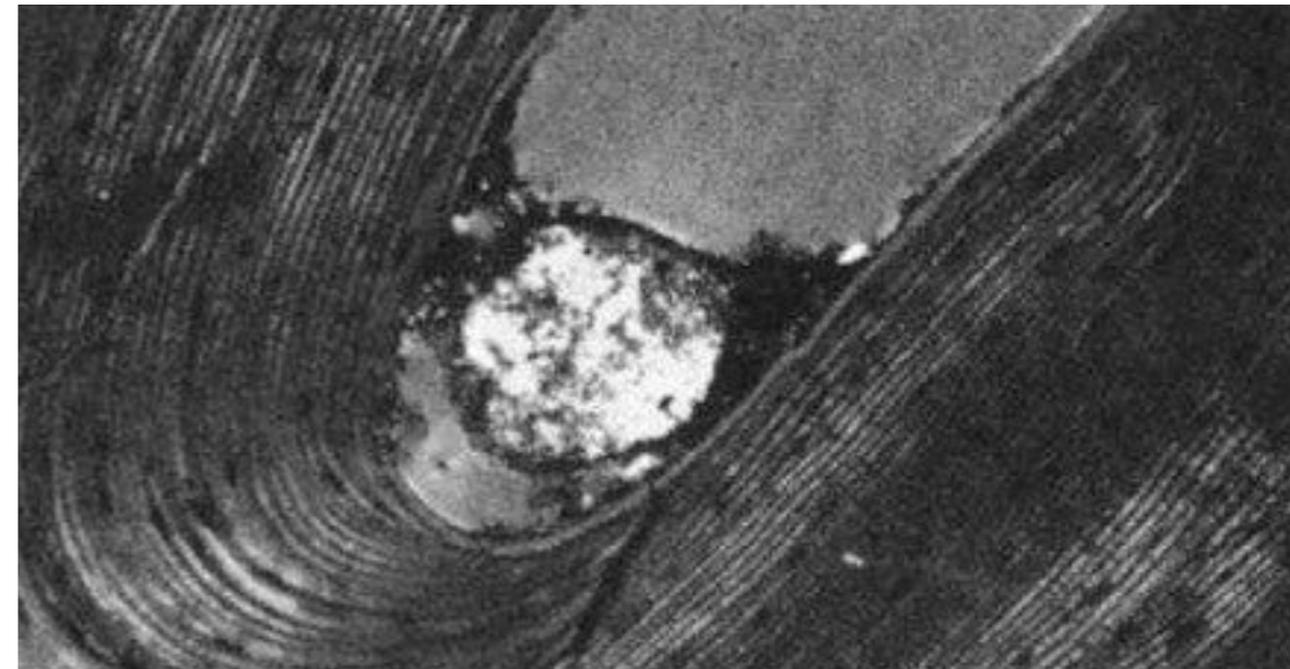
Dislocazione e impronte per secrezioni acide

FAUNA

Insetti, animali fossori, ungulati e carnivori
Fori, dislocazione, gnawing marks

MICROORGANISMI

Funghi, batteri
Solubilizzazione dell'apatite, marcata
friabilità e cambiamento cromatico



Dall'alto: effetti invasivi delle radici; gnawing marks di roditori ("effetto rotaia"); azione di dermestidi su osso lungo.

(Ortner, 2003)

ALTERAZIONI MECCANICHE



Deformazione pressoria data dal terreno di giacitura

Fratture post-deposizionali: margini netti, diversità cromatica



Deformazione analoga al rachitismo data dalla esposizione in suoli acidi con scarso drenaggio

ALTERAZIONE CHIMICA

PSEUDO TREPONEMATOSI



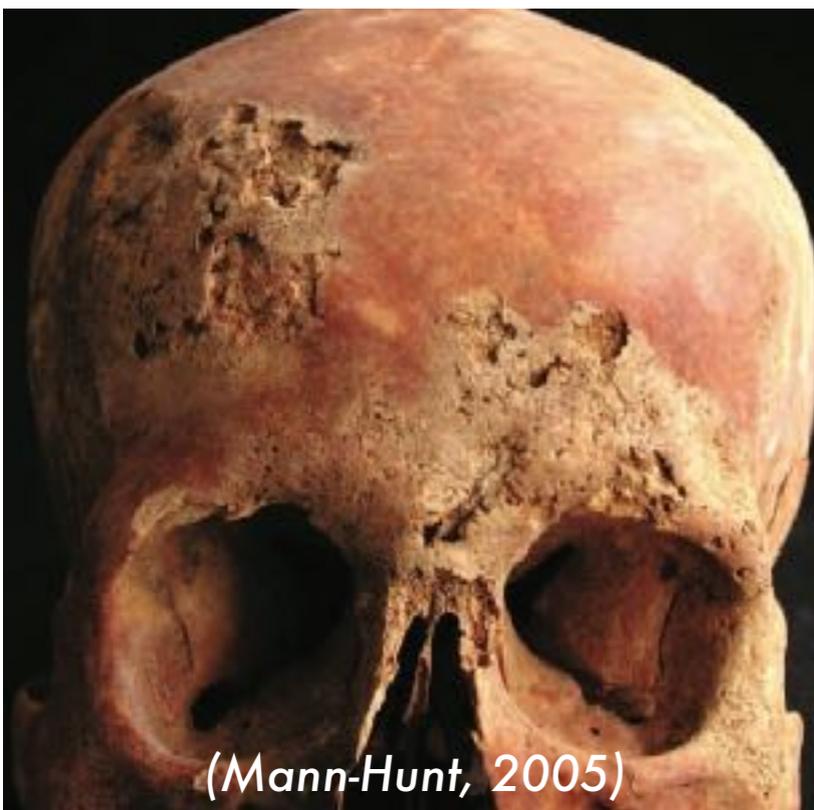
PSEUDO OSTEOLISI



PSEUDO MASTOIDITE



TREPONEMATOSI



OSTEOLISI DA EMANGIOMA



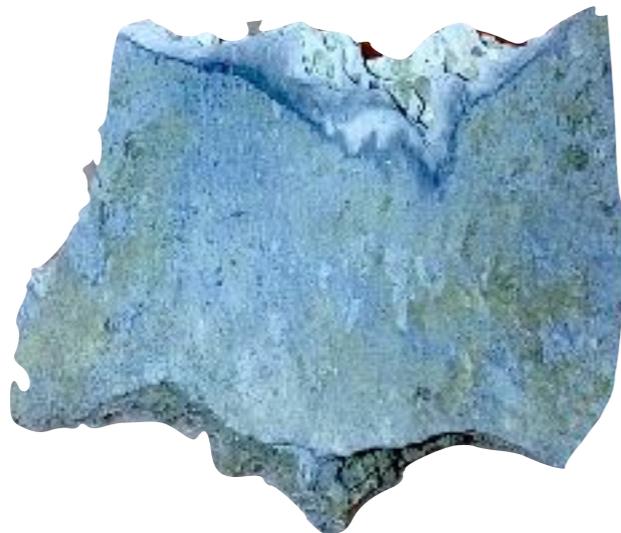
MASTOIDITE



CASO PARTICOLARE - GLI EFFETTI DEL FUOCO

Alterazioni meccaniche: fratturazione

Deformazioni e shrinkage



Effetto S

Effetto U

Effetto LD



GLI EFFETTI DEL FUOCO

Alterazioni cromatiche



Temperatura (°C)	Colore
100-200	Alterazioni non significative
300	Marrone
400	Nero, blu
500	Grigiastro
600-700	Grigio chiaro
>800	Bianco
Altri colori	Verde, rosa, rosso, giallo