

Aspetti antropologici forensi in una scena d'incendio

Ing. Marcello Mangione

Dott. Morgan Azzoni

L'abstract

Attraverso l'analisi osteologica è possibile stabilire se il processo di combustione ha coinvolto un cadavere o un individuo già scheletrizzato. Queste informazioni, fondamentali ai fini delle indagini forensi, permettono di distinguere i tentativi di occultamento di un cadavere attraverso l'uso del fuoco dai casi di combustione accidentale. Dall'analisi osteologica di resti umani combusti è possibile ricostruire il profilo biologico dell'individuo, determinandone il sesso e l'età al momento della morte e talvolta anche le lesioni che hanno portato l'individuo alla morte. Inoltre, la valutazione delle variazioni cromatiche dei distretti scheletrici combusti, fornisce informazioni utili sulla posizione del cadavere: le zone dello scheletro che manifestano una colorazione più chiara (sottoposte a temperature elevate) sono quelle più vicine alla fonte di calore, mentre le zone con una colorazione più scura, rappresentano le aree raggiunte dal calore in maniera indiretta, nelle quali c'è stato un rallentamento del processo di combustione (1).

In un corpo sottoposto a combustione, i primi a bruciare sono i tessuti dermici e i capelli, gradualmente avviene la distruzione dei tessuti molli fino a evidenziare lo scheletro. I legamenti e il cervello sono gli ultimi a bruciare, mentre le ossa, non distrutte dal calore, modificano la loro struttura e la loro composizione. L'umidità presente viene espulsa e la componente organica bruciata, lasciando solo la porzione minerale dell'osso (2).

Recentemente, a supporto dell'analisi antropologica di resti combusti, è stata introdotta la microtomografia computerizzata, una delle tecnologie più avanzate in questo ambito. È utilizzata per ottenere più informazioni morfologiche possibili senza dover sezionare meccanicamente l'osso combusto e di conseguenza distruggere il reperto in modo permanente.

Introduzione

Il profano ha l'errata impressione che un corpo umano possa essere facilmente distrutto e ridotto in cenere, e di conseguenza non essere recuperato in una scena di incendio.

Tuttavia, chi è del campo, sa che non è così.

A volte, agli antropologi forensi viene chiesto di recuperare e analizzare i resti umani provenienti da

una scena di incendio. Oltre alla competenza nel recupero di resti combusti, l'antropologo forense deve conoscere come un corpo brucia e gli effetti che questo avrà sui vari tessuti del corpo.

La combustione in un corpo procede in modo regolare e i tessuti subiscono vari gradi di combustione, i quali hanno parametri diagnostici ben definiti (3). Tuttavia, nei resti è possibile vedere tutti e quattro i

Ing. Marcello Mangione, PhD

Laurea e dottorato di ricerca in Ingegneria Strutturale, ricopre il ruolo di Ufficiale Tecnico dell'Arma dei Carabinieri. Progettista antincendio su strutture a destinazione civile e militare e variegate docenze, anche universitarie, nel settore della progettazione e dell'investigazione prestazionale sugli incendi. Attualmente si occupa di Ingegneria Forense, svolgendo diversi incarichi per varie Procure in qualità CTU quali: tragedia della discoteca di Corinaldo, incendio stabilimento Tontarelli, omicidio con incendio su autovettura a Benevento, ecc.

Dott. Morgan Azzoni

Laureato in Scienze Naturali presso l'Università degli Studi di Bologna con tesi in antropologia fisica e applicazioni entomologiche forensi. Attualmente specializzando in Antropologia Applicata presso l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata". All'attivo ha numerose partecipazioni a corsi di formazione e congressi in scienze forensi, anche con presentazioni orali e di poster.

Antropologia forense in una scena d'incendio

gradi presenti. Questo, aiuta l'antropologo ed il fire investigator a valutare la temperatura, l'ubicazione e la durata della combustione. Anche la posizione del corpo è una considerazione importante. I gradi di combustione dei tessuti sono definiti clinicamente e si basano sull'intensità e sulla durata dell'esposizione alla fonte di calore. Questi gradi, oltre che ad essere usati per descrivere

le ustioni in un individuo intra-vitam, fungono da indicatore anche nel processo di combustione e sono:

- ▶ **ustioni di primo grado** (sono le più superficiali. Lo strato esterno della pelle è danneggiato ed è caratterizzato da rossore e gonfiore. Né è un esempio la scottatura solare);
- ▶ **ustioni di secondo grado** (si ha la distruzione degli strati superficiali della pelle. Il segno distintivo di ▶

The Crow-Glassman Scale for Burn Injury to Human Remains (compiled from Glassman and Crow, 1996)

CGS Level	Description
1	Burn injuries characteristic of typical smoke death. The body may exhibit blistering of the epidermis and singeing of the head and facial hair. Recovery of the body is similar to that for other victims not involving burn injury. The body is recognizable for identification at this level.
2	The body may be recognizable, but most often it exhibits varying degrees of charring. Further destruction of the body is limited to the absence of elements of the hands and/or feet, and possibly, the genitalia and ears. Additional searching near the body is warranted for recovery of disarticulated elements. Identification is made, most often, by the collaboration of the medical examiner and a forensic odontologist.
3	Further destruction of the body is demonstrated by missing major portions of the arms and/or legs. The head is present at this level although identity is not evident. The search area for associated disarticulated remains should be widened. A forensic anthropologist should be included to facilitate successful search and recovery procedures at the death scene. Identification is coordinated by a medical examiner who may require the aid of a forensic odontologist. If needed, a forensic anthropologist may be called on to determine sex, age, race, etc. from the skeleton.
4	The skull has fragmented and is absent from the body. Some portions of the arms and/or legs may still remain articulated to the charred body. Search and recovery should be aided by a forensic anthropologist using systematic bioarchaeological methods including screening procedures to locate small body fragments and dental elements. Identification is coordinated by a medical examiner using a forensic anthropologist and an odontologist as consultants as needed.
5	The body has been cremated and little or no tissue is present. The remains are highly fragmentary, scattered, and incomplete. A forensic anthropologist should be an on-site consultant for the identification and recovery of cremains. Personal identification is most difficult at this level and a forensic anthropologist may be best trained to interpret cremains for identifying physical attributes of the deceased. Recovery of dental elements will require the expertise of a forensic odontologist. As with all fire deaths, a medical examiner is, most likely, designated to coordinate consultant activities.

Tabella 1 | Scala Crow-Glassman (Fairgrieve, 2008)

queste ustioni è la formazione di vesciche sulla zona interessata);

► **ustioni di terzo grado** (il calore agisce su tutto lo spessore del derma e procede verso l'ipoderma. Questo tipo di ustione provoca la distruzione delle terminazioni nervose);

► **ustioni di quarto grado** (si ha la distruzione di tutti gli strati della pelle e dei tessuti sottostanti, inclusi muscoli, tendini e ossa).

Non solo l'azione del fuoco provoca gradi diversi in uno stesso distretto osseo, ma anche l'utilizzo di acceleranti come benzina o cherosene, utilizzati spesso in casi di occultamento di cadavere, provocano una distribuzione irregolare della carbonizzazione con gradi di combustione variabili. Gli acceleranti impiegati tendono a non bruciare

“ Anche l'utilizzo di acceleranti come benzina o cherosene, utilizzati spesso in casi di occultamento di cadavere, provocano una distribuzione irregolare della carbonizzazione con gradi di combustione variabili ”

completamente e i loro residui possono essere rilevati negli indumenti della vittima, qualora siano ancora presenti e nel terreno sottostante (3).

Per descrivere l'entità delle ustioni sui resti di una vittima di un incendio, Crow e Glassman nel 1996 hanno ideato la "Scala di Crow-Glassman" (Tabella 1) con l'intento di standardizzare la descrizione di questi resti per scopi di reportistica (4).

Il fuoco è uno degli elementi più distruttivi che possono agire su un corpo umano e la combustione che si verifica è una reazione chimica che comporta l'ossidazione di un combustibile, rappresentato dal cadavere, che per mezzo dell'ossigeno presente nell'aria, sviluppa calore e radiazioni luminose. La durata della combustione dipende da diversi fattori:

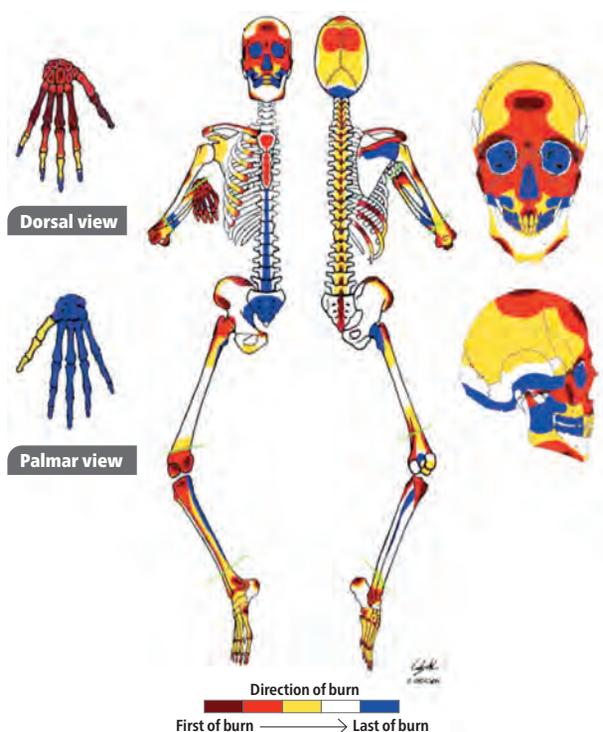


Figura 1a | Vista anteriore e posteriore dello scheletro in posizione pugilistica. La figura include anche la vista dorsale e palmare della mano e il cranio in norma frontale e laterale. Le linee verdi indicano le aree di frattura (Schmidt e Symes, 2015)



Figura 1b | Individuo femminile di 25 anni in postura pugilistica (Peranatham S. et al., Int. J. Res. Med. Sci. 2014)

- ▶ combustibile impiegato;
- ▶ agenti atmosferici, qualora avvenisse in ambiente aperto;
- ▶ durata dell'esposizione;
- ▶ dalla distanza alla fonte di calore;
- ▶ condizioni del corpo.

Questi, influiscono il grado di combustione che può essere: parziale, incompleta o completa.

La combustione completa in un individuo maschile lascia circa 3 kg di ossa, mentre in un individuo femminile, ne lascia 2 kg (7). Dall'analisi osteologica di resti umani combusti è possibile ricostruire il profilo biologico dell'individuo, determinandone il sesso e l'età al momento della morte e talvolta anche le lesioni che hanno portato l'individuo alla morte.

Il processo di combustione genera modificazioni differenti a seconda dello stato del cadavere "fresco" o scheletrizzato.

Nel cadavere fresco, ossia in presenza di tessuti

moli, l'elevata temperatura di combustione provoca la rapida perdita di acqua; l'evaporazione avviene intorno ai 300°C, inducendo una contrazione muscolare e tendinea provocando la flessione degli arti sia superiori sia inferiori, facendo assumere al corpo la "**postura pugilistica di guardia**" favorendo l'esposizione di alcune aree anatomiche rispetto ad altre (6,8) (Figura 1a e 1b).

La rigidità del corpo è dovuta alla denaturazione delle proteine muscolari (9). Le braccia tendono ad essere sollevate sopra le spalle, con gomiti flessi e le dita piegate quasi a pugno (Figura 1b).

La testa è estesa (guarda in alto) a causa della contrazione della massa muscolare presente nella parte posteriore del collo. Le cosce sono flesse con una marcata flessione delle ginocchia; anche i piedi sono flessi e le dita sono arriciate. Questa posizione non deve essere confusa con la rigidità post-mortem o con il rigor-mortis.



Per comprendere al meglio gli effetti del fuoco su un corpo umano, sono stati condotti studi sistematici: secondo *Bohnert et al.*, 1998 (10), la postura pugilistica avverrebbe già dieci minuti dopo l'inizio della combustione e l'incinerazione completa dopo 2-3 ore a una temperatura tra i 670° C e gli 810° C.

Durante una combustione di lunga durata, le temperature portano alla vaporizzazione dei fluidi del cranio, facendo aumentare la pressione intracranica portando il cranio a esplodere. I primi elementi a bruciare sono i tessuti dermici e i capelli, gradualmente avviene la distruzione dei tessuti molli fino ad arrivare a evidenziare lo scheletro.

Il cervello e i legamenti sono gli ultimi ad essere bruciati, mentre le ossa non vengono distrutte dal calore, ma cambiano la loro struttura e la loro composizione. L'umidità viene espulsa e la componente organica bruciata, lasciando solo la porzione minerale dell'osso (2).

Inoltre, il calore in un cadavere fresco provoca delle fratture e delle deformazioni tipiche (*twisting*) con vari pattern di alterazione macroscopica (6), mentre in un cadavere già scheletrizzato, la combustione provoca delle fessure senza deformare l'osso, il quale manterrà la sua forma originaria.

I danni che si registrano sulle ossa, non sempre sono riconducibili all'azione del calore durante la combustione, ma possono essere dovuti anche dalla soppressione del fuoco, raffreddamenti improvvisi o getti di acqua causano fratture alle ossa calde, in modo particolare quando queste sono state scaldate fino al punto di calcinazione (6).

Le modalità di carbonizzazione possono indicare la posizione del cadavere: ad esempio, la posizione supina è riconoscibile dal grado di combustione del cranio (*con pattern stabilito: prima si spongono gli alveoli, le orbite e i denti anteriori, secondariamente le porzioni più posteriori e più protette*) e delle ossa lunghe, mentre diversi pattern consentono di dedurre una posizione diversa (8,11).

Esistono, inoltre, delle differenze individuali tra i

due sessi e soprattutto tra l'età infantile e quella adulta; in genere le ossa immature e quelle di individui femminili, bruciano più rapidamente e più completamente in quanto sono di minore spessore e consistenza, le ossa craniche dei neonati sono più bianche e calcinate e presentano un aspetto simile al guscio d'uovo e producono, alle percussioni, un particolare suono metallico.

Alterazioni termiche nell'osso

Il tessuto osseo è un tessuto connettivo specializzato, con funzione di sostegno, plastica e dinamica; modula la propria struttura in seguito a stimoli organici e meccanici.

È formato da una componente organica e una inorganica. La componente organica è rappresentata da:

- ▶ cellule proprie del tessuto osseo ovvero osteoprogenitrici (produzione), osteoblasti e osteociti (*accrescimento*) e osteoclasti (*riassorbimento*);
- ▶ matrice extracellulare, composta da sostanza fondamentale, fibre collagene di tipo I° e altre proteine, tra cui l'osseina, responsabile dell'elasticità ossea.

La componente inorganica, invece, è costituita da sali minerali come fosfato di calcio, magnesio e citrati di sodio, manganese e potassio.

Nella matrice, il fosfato di calcio $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, interagendo con l'idrossido di calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ forma cristalli di idrossiapatite $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, i quali, a loro volta, incorporano altri sali di calcio e ioni come sodio, magnesio e fluoro, forniscono all'osso resistenza alla compressione. La combinazione tra le due componenti costituisce un'associazione proteina-cristallo con proprietà intermedie tra quelle del collagene e quelle dei cristalli minerali puri (12).

Quando un osso è esposto alle alte temperature, le sue proprietà chimiche si alterano e la sua integrità strutturale è compromessa o persa, ciò è dovuto all'evaporazione, alla degradazione della materia organica e alle trasformazioni della matrice inorganica. Il tempo di esposizione e la temperatura di

combustione, agiscono sul tessuto osseo provocando alterazioni cromatiche, fratturazioni, deformazioni e contrazioni (6).

In ossa secche, senza tessuti molli, il processo di combustione provoca fessure longitudinali o reticolari, mentre in ossa ancora fresche, con tessuti molli adesi, provoca fratture concoidi e deformazioni tipiche dette "twisting" con vari pattern di alterazione macroscopica, tra cui:

- ▶ **effetto U** a colpo d'unghia. Linee di frattura arrotondate con una estremità concava e una convessa; tipiche delle coste e delle diafisi delle ossa lunghe (Figura 2);
- ▶ **effetto S** a sandwich. Rappresentato da due zone di colore biancastro che racchiudono una zona di colore nero-bluastro. Effetto tipico del cranio, in cui le zone chiare corrispondono ai tavolati esterno e interno, mentre la zona scura alla diploe e ai residui di sostanza organica;
- ▶ **a occhio di bue** fratture trasversali curve. Questo tipo di deformazione è osservabile in aree dello scheletro dove i muscoli non formano un fascio ma una guaina di tessuti molli, ad esempio nella volta cranica dove si osserva un restringimento dei tessuti protettivi e vicino alle articolazioni (*epifisi o metafisi*) (Figura 3).

Durante la combustione, come citato sopra, le ossa perdono peso a causa della vaporizzazione dell'acqua e della combustione della matrice organi-



Figura 2 | Fratture concoidi su una diafisi femorale (effetto a U). La freccia indica l'azione progressiva del fuoco sull'arto inferiore (Schmidt e Symes, 2015).



Figura 3 | Fratture trasversali e curve a livello della metafisi femorale (pattern a occhio di bue) (Schmidt e Symes, 2015)



AF 475: SOFTWARE PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO ESPLOSIONE



Il software gestisce:

- la **localizzazione** delle emissioni
- la **classificazione** delle zone
- la **valutazione degli effetti**
- la **valutazione del rischio**
- l'emissione, dei **documenti obbligatori**

Ed inoltre:

- **diagrammi sovrappressione-tempo** dell'esplosione;
- **diagrammi temperatura-tempo** dell'esplosione;
- **database** creato da ATECOS srl, espandibile



- ✓ **Priorità di adeguamento**
- ✓ **Attrezzature**
- ✓ **Distanze di danno e bersagli**
- ✓ **Piani di emergenza**

info@atecos.com • www.atecos.com • www.atexrpm.it • tel. 011-3032127

Antropologia forense in una scena d'incendio

ca, la quale rilascia carbonio sotto forma di anidride carbonica.

La riduzione di peso in ossa combuste è stata dimostrata attraverso diversi studi sperimentali, i quali hanno monitorato la riduzione di peso durante la combustione, la quale si verifica fino a 400°C, per poi ad arrivare a un plateau a circa 700°C. *Fredericks et al*, per monitorare la riduzione di collagene e di conseguenza la perdita di peso, misurando il rapporto amide-fosfato, hanno eseguito sulla polvere di ossa combuste, la spettroscopia a infrarossi in trasformata di Fourier dimostrando una drastica perdita di collagene a temperature comprese fra i 200 e i 400°C fino ad arrivare nella fase di plateau a 700°C, fase in cui il collagene non è più rilevabile (13).

Oltre che ad una perdita di peso, l'osso subisce anche una riduzione di volume, che in contrasto con il peso, non cambia fino a 600°C.

Al di sopra di questa temperatura fino ad arrivare a 1100°C, il volume diminuisce notevolmente fino a dimezzarsi (7).

Alterazioni termiche nell'osso

La variazione del colore dell'osso è dovuta alla mo-

dificazione della composizione chimica dello stesso, a causa del calore. Queste variazioni cromatiche indicano il progressivo danneggiamento dell'osso. Le ossa possono mostrare diverse gradazioni di colore in base alla temperatura di combustione e il riconoscimento del colore è indicativo dell'intervallo di temperature alle quali l'osso è stato sottoposto (6,14,15) (Tabella 2).

L'ambiente in cui avviene la combustione è molto importante, poiché l'ossigeno è la variabile che influenza maggiormente il processo di combustione. Le ossa, generalmente, bruciano dall'esterno verso l'interno, ma in nessun caso è uniformemente allo stesso tempo (Figura 4).

Bone Temperature and Resulting Bone Color (compiled from Holden et al., 1995a)

Temperature (°C)	Color Effects
300	Black color of cortical bone
200-400	Ultrastructural orientation of collagen fibers is well preserved
600	Gray color indicates a leaching out of the organic portion
800	White color of bone

Tabella 2 | Correlazione tra temperatura e colore dell'osso (Holden et al, 1995a).

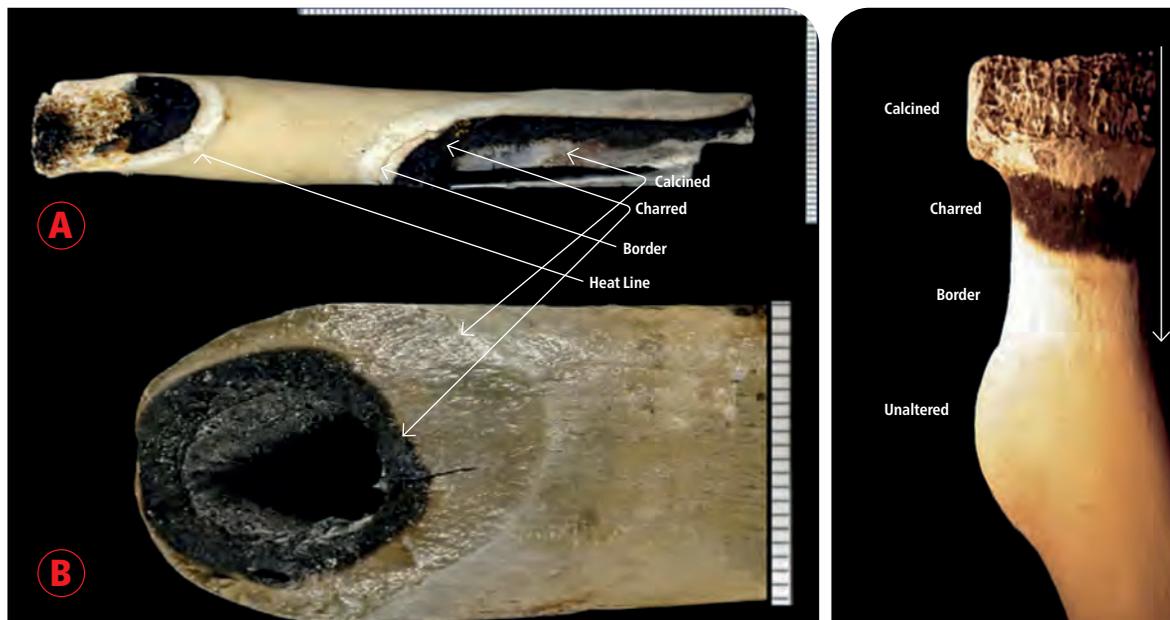


Figura 4 | Variazione di colore in tre ossa parzialmente combuste. In A e C, variazioni cromatiche nell'estremità prossimale del radio; in B la variazione cromatica tra l'interno e l'esterno di una diafisi omerale (Schmidt e Symes, 2015)



Figura 5 | Femore di maialino da latte parzialmente combusto (Foto di M. Azzoni, 2019)



Figura 6 | Porzione dell'arto anteriore sinistro del maialino da latte, dopo combustione. Si possono vedere le ossa dell'arto calcinate (Foto di M. Azzoni, 2019)

L'osso, inizialmente, mostra una superficie di colore ambra chiaro. In questa fase, i componenti organici non sono stati completamente eliminati, in quanto, il periostio potrebbe essere ancora intatto. Tuttavia, mentre il processo di combustione continua, l'osso inizia ad annerirsi (Figura 5).

In questa fase, il periostio è stato eliminato e le componenti inorganiche dell'osso vengono bruciate. Il colore nero indica che l'osso (corticale) ha raggiunto una temperatura di circa 300°C, questa è la temperatura dell'osso stesso e non dell'aria che lo circonda.

Nell'intervallo di temperatura di 200-400 °C, l'orientamento ultrastrutturale delle fibre di collagene è ben preservato, in modo particolare negli individui più anziani in quanto hanno ossa ben mineralizzate. L'osso che diventa grigio, ha raggiunto la temperatura di 600°C; questo colore è la prova che la parte organica (proteine, grassi e fibre di collagene) dell'osso è stata eliminata.

In questo caso l'osso mostra lo sviluppo di piccoli cristalli di tipo sferico, i quali come descritto da Hol-

“ Quando l'osso diventa grigio significa che ha raggiunto la temperatura di 600°C. Questo colore rappresenta la prova che la parte organica dello stesso è stata eliminata ”

den et al, del 1995a misurano circa $0,06 \pm 0,007 \mu\text{m}$ di diametro.

Man mano che il calore aumenta, l'osso assume un colore grigio-blua-stro per poi diventare bianco (calcinato). Il colore bianco indica che l'osso stesso o una parte di esso, ha raggiunto una temperatura di almeno 800 °C ed è il risultato estremo della ricristallizzazione ossea (Figura 6).

Naturalmente, l'osso può raggiungere temperature superiori a 800°C, ma il colore bianco rimane tale, in quanto è il risultato finale.

A questo punto i cristalli non sono più sferici ma di tipo esagonale⁽³⁾. Quindi la progressione del cambiamento del colore è approssimativamente dal nero-grigio al bianco, anche se alcuni studi, hanno indicato che si verificano anche ulteriori colori, come i marroni e sfumature di rosso (16).

Alterazioni termiche nei denti

Durante la combustione, come spiegato precedentemente, avvengono dei cambiamenti termici, i quali, oltre che verificarsi a livello osseo, si verificano anche nei denti. >

The Effects of One Hour of Exposure at Specific Target Temperatures on Enamel at Macroscopic and Microscopic Levels (drawn from Harsányi, 1976)

Temperature	Macroscopic Observations	Microscopic Observations
200°C	Color changes	None
300°C	Dark grayish brown; small crevices; enamel starts to peel off via small crevices; carries are not narrowed	Small crevices; enamel intact from crevice to crevice
500°C	Gray enamel; longitudinal furrows	Divided by crevice network; multiangular plates
700°C	Light grayish-white; broken into fragments	Consists of line grained granules; original surface unrecognizable
900°C	Almost white (equal in color to cementum and dentine); enamel in smaller pieces	Enamel grains start to fuse-structure unrecognizable
1000°C	Enamel porcelain-white (equal in color to cementum and dentine)	"Structureless" smooth plates
1100°C	Small fragments, porcelain-white color	Same as at 1000°C
1300°C	Minute smooth porcelain-white fragments; glass-like surface	Inorganic salts are fused into round formations

Tabella 3 | Effetti della combustione sullo smalto dentinale (Fairgrieve, 2008)

Le modifiche che subiscono i denti non sono omogenee e questo è dovuto al diverso contenuto minerale dei tessuti che li compongono.

Ad esempio, alcuni denti possono mostrare smalto integro e dentina combusta con colorazione grigio nerastra, questo perché la dentina è composta da materiale non mineralizzato. Uno degli studi più importanti nel rilevamento degli effetti del calore sui tessuti dentali è quello di Harsányi (1975).

In questo studio, Harsányi ha esposto gli incisivi e i premolari intatti di cadaveri freschi di età compresa tra 35 e i 45 anni di entrambi i sessi, a una fonte di calore a una temperatura specifica. I dati ottenuti, sia a livello macroscopico sia microscopico, sono riassunti nelle tabelle 3, 4 e 5, rispettivamente per i tessuti che costituiscono il dente (*smalto, cemento e dentina*) (3).

Lo smalto subisce una serie di cambiamenti di colore che vanno da un marrone-grigio scuro a 300°C al bianco porcellana a 1.000°C.

Strutturalmente, lo smalto inizia a incrinarsi fino a rompersi in frammenti, separandosi dalla dentina sottostante.

Alla temperatura di 300°C, appaiono delle fessure microscopiche, le quali aumentano di dimensione

all'aumentare della temperatura. A 700°C, sulla superficie dello smalto, iniziano a formarsi dei granuli, mentre la fusione di questi ultimi avviene a 900°C. A 1.000 °C la microstruttura dello smalto è irriconoscibile (3).

Nel cemento, l'evaporazione dell'acqua che avviene a 300°C provoca un sollevamento di questo strato di tessuto dalla dentina sottostante.

In questa fase il cemento ha un colore "bruno-grigiastro scuro". A 500°C si conservano il canale radicolare e il forame apicale. A 700°C, il cemento assume un colore bianco-grigiastro con una superficie granulare fine a livello microscopico.

Al di sopra di questa temperatura, a circa 900°C, il colore del cemento è bianco e la radice si disintegra in grandi frammenti.

All'aumentare della temperatura il cemento diventa "bianco porcellana" e subisce una fusione di particelle superficiali producendo uno strato fuso sulla dentina (3). La dentina, invece, a temperature fino a 200°C non viene influenzata dal calore. Quando ci si avvicina a 300°C, assume un colore grigio-marrone chiaro, a causa del riscaldamento del materiale all'interno dei tubuli dentali.

Questo coincide con un'apertura dei tubuli. Tutta- ➤



MAZANTINI ADVERTISING

IL SISTEMA SCOBALIT

Apparecchi ed elementi per le coperture industriali



- evacuatori naturali/forzati di fumo e calore
- cupole e lucernari
- estrattori d'aria
- aeratori naturali
- basamenti in vetroresina

scobalit italia 

Scobalit Italia Srl - via G. Agnesi, 145 - 20832 Desio (MB) ITALY
tel. +39 0362.622001 fax +39 0362.300039 scobalit@scobalit.it www.scobalit.it



prodotti italiani



Antropologia forense in una scena d'incendio

The Effects of One Hour of Exposure at Specific Target Temperatures on Cementum at Macroscopic and Microscopic Levels (drawn from Harsanyi, 1976)

Temperature	Macroscopic Observations	Microscopic Observations
200°C	Color changes	None
300°C	Dark grayish brown	Evaporating water lifts cementum from dentine, "vesicles" with disrupted walls are formed; denuded surface exhibits tubular orifices
500°C	Light brownish-gray; root canal is preserved	Aggregated into large plates, divided by deep furrows; single plates are multiangular and are 30 to 60 μm in diameter
700°C	Light grayish-white; root canal narrowed but recognizable	Finely granular surface; original structure no longer visible
900°C	Light, almost white color; root broken into large pieces	Granular surface penetrated by deep and wide crevices; original structure is decomposed
1000°C	Porcelain-white color	Covers dentine as a homogeneous, melted unconnected layer; some open orifices of dentine tubules are visible
1100°C	Porcelain-white color	No change
1300°C	Minute smooth porcelain-white fragments	Structure is decomposed; round formations of various sizes

Tabella 4 | Effetti della combustione sul cemento dentinale (Fairgrieve, 2008)

via, la morfologia complessiva non viene influenzata. La cavità pulpare rimane intatta fino a 500°C. A circa 700°C la maggior parte delle sostanze organiche presenti all'interno della dentina, come dimostrato dal colore grigio, vengono eliminate. Al

raggiungimento di circa 900°C la dentina, come gli altri tessuti dentali, diventa bianca.

A temperature superiori di 1.000°C, la dentina diventa di colore bianco porcellana con una camera pulpare ristretta (3). >

The Effects of One Hour of Exposure at Specific Target Temperatures on Dentine at Macroscopic and Microscopic Levels (drawn from Harsanyi, 1976)

Temperature	Macroscopic Observations	Microscopic Observations
200°C	Color changes	None
300°C	Light grayish-brown	Structure preserved; tubules opened horizontally or longitudinally; morphology unaffected
500°C	Dark grayish-black; pulp chamber and root canal are preserved and not narrow	Preserved-open dentinal canalicules, without narrowing
700°C	Pale gray color; parts of pulp chamber and root canal recognizable but narrow	Tubules are narrowed but visible; peritubular zone is heat-resistant relative to intertubular dentine, which contains more organics and water
900°C	Almost white; large pieces with root	Narrowed dentine tubules 1.5 to 1.7 μm in diameter; anastomoses between tubules cannot be seen
1000°C	Porcelain-white; narrow pulp chamber; root canal slightly distinguishable	Tubular structure preserved; minute "pearls" of material connected (0.1-0.2 μm) in a string formation
1100°C	Root is porcelain-white; narrow pulp chamber and root canal can be observed	Tubular structure preserved; narrow portions and anastomoses are not observable; round plates and granules of varying sizes are formed
1300°C	Minute smooth porcelain-white fragments; remains of narrowed pulp chamber and root canal may be observed	Structures have decomposed and fused into granules of varying size

Tabella 5 | Effetti della combustione sulla dentina (Fairgrieve, 2008)

Domiamo il fuoco, con eleganza.

30 anni di innovazione e design Made in Italy.
Sofisticate tecnologie antincendio
per la protezione degli spazi, anche i più ricercati.

 **tema sistemi**
FIRE TECHNOLOGY

30
YEARS

TEMASISTEMI SpA | ITALY

TEMASISTEMI.COM

INFO@TEMASISTEMI.COM



Figura 7 | Fratture trasversali di una radice (Schmidt e Symes, 2015)

Come per i distretti scheletrici, anche i denti subiscono delle fratture. Le corone tendono a fratturarsi lungo i margini delle cuspidi dove sono più sottili, mentre le radici si fratturano trasversalmente (Figura 7).

La modalità di fratturazione dei denti premolari e molari è abbastanza prevedibile: durante il processo termico, le varie cuspidi si staccano lungo i solchi che si formano a causa del calore, la corona si divide longitudinalmente o trasversalmente e a volte la divisione avviene in quadranti oppure in due parti. Rispetto ai denti permanenti, quelli immaturi e decidui sono più soggetti a subire cambiamenti termici a causa dell'alta percentuale di materia organica di cui sono composti.

Microtomografia computerizzata (micro-CT)

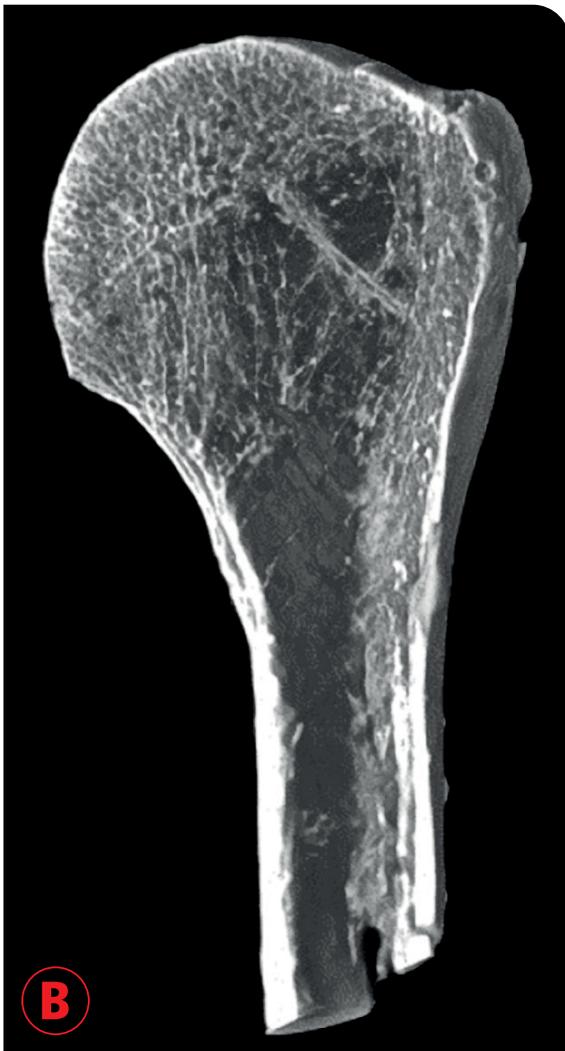
A supporto dell'analisi antropologica di resti combusti, è stata introdotta la microtomografia computerizzata (micro-CT), una delle tecnologie più avanzate in questo ambito. È una tecnica non distruttiva, utilizzata per ottenere più informazioni morfologiche possibili senza dover sezionare meccanicamente l'osso combusto e di conseguenza distruggere in modo permanente il reperto. Questa tecnica permette di ottenere sia immagini tridimensionali dello strato superficiale dell'osso sia sezioni dell'osso stesso (Figura 8). Il sistema di scansione micro-CT impiega due unità principali: una sorgente di raggi X microfocale e un rivelatore di raggi X ad alta riso-



luzione. I raggi X microfocali diffusi dalla sorgente, proiettano un'immagine ingrandita dell'oggetto sul rivelatore e il manipolatore ruota con precisione l'oggetto durante la scansione.

Attraverso l'acquisizione dell'immagine 3D e sezionando virtualmente il reperto, è possibile stimare l'età del soggetto, basandosi sulle strutture spugnose e trabecolari dell'osso confrontando i cambiamenti nella morfologia attraverso le varie fasi della vita. ♦

Figura 8 | Immagine tridimensionale dell'estremità prossimale di un omero combusto, ottenuta mediante micro-CT. In A, l'immagine prima del taglio virtuale e in B, la vista interna dell'omero dopo il taglio virtuale (Imaizumi, 2015)



Bibliografia

- [1] **Masotti S., Gualdi E.**, 2014. *Metodologie di identificazione da resti umani combusti*. In *Annali dell'Università di Ferrara, Museologia Scientifica e Naturalistica*. Volume 10/2.
- [2] **Mays S.**, 1998. *The Archaeology of Human Bones*. Routledge, London.
- [3] **Fairgrieve S.I.**, 2008. *Forensic Cremation. Recovery and Analysis*. CRC Press.
- [4] **Glassman D. M. and R. M. Crow**. 1996. *Standardization model for describing the extent of burn injury to human remains*. *Journal of Forensic Sciences* 41(1):152-154.
- [5] **Holck P.**, 1997. *Cremated bones 3 ED*. Antropologiske Skrifter nr. 1c. Anatomical Institute, University of Oslo.
- [6] **Schmidt C.W., Symes S.A.**, 2015. *The analysis of burned human remains*. Academic Press, Elsevier. Second Edition.
- [7] **Imaizumi K.**, 2015. *Forensic investigation of burnt human remains*. *Research and Reports in Forensic Medical Science* (5): 67-74.
- [8] **Cattaneo C., Grandi M.**, 2004. *Antropologia e Odontologia Forense-Guida allo studio dei resti umani*. Monduzzi Editore.
- [9] **Spitz W. U.** 1993. Thermal injuries. In: Spitz, W. U., editor. *Medicolegal Investigations of Death*, third edition. Springfield IL: Charles C. Thomas, p. 413-443
- [10] **Bohnert M., Rost T., Pollak S.**, 1998. *The degree of destruction of human bodies in relation to the duration of the fire*. *Forensic Science International*, 95, pp.11-21.
- [11] **Gualdi E., Russo P.**, 2012. *La scena del crimine – Ricerca e recupero di resti umani*. Libreria universitaria. it edizioni.
- [12] **Azzoni M.**, 2017. *Tesi di Laurea Triennale in Scienze Naturali: "Studio antropologico di resti scheletrici umani di individui subadulti della Collezione Osteologia Identificata (XIX-XX sec.) del cimitero "La Certosa" di Bologna con applicazioni Entomologiche Forensi"*.
- [13] **Fredericks J.D, Bennett P, Williams A, Rogers K.D.**, 2012. *FTIR spectroscopy: a new diagnostic tool to aid DNA analysis from heated bone*. *Forensic Sci Int Genet*. 6:375-380
- [14] **Haglund W.D., Sorg M.H.**, 1997. *Forensic Taphonomy – The Postmortem Fate of Human Remains*. CRC Press.
- [15] **Holden J.L., P.P. Phaky, and Clement J.G.**, 1995a. *Scanning electron microscope observations of incinerated human femoral bone: a case study*. *Forensic Science International* 74:17-28.
- [16] **Shipman, P., G. Foster, and M. Shoening**. 1984. *Burnt bones and teeth: an experimental study of color, morphology, crystal structure and shrinkage*. *Journal of Archaeological Science* 11:307-325.