



Università degli Studi di Ferrara

**DOTTORATO DI RICERCA IN
BIOLOGIA EVOLUZIONISTICA E AMBIENTALE**

CICLO XXIV

COORDINATORE Prof. GUIDO BARBUJANI

**STUDIO ANTROPOLOGICO E PALEONUTRIZIONALE DEI RESTI OSSEI UMANI
CREMATI PROVENIENTI DALLA NECROPOLI ROMANA DELLA STAZIONE CENTRALE
DI BOLOGNA.**

Settore Scientifico Disciplinare BIO/O8

**Dottorando
Dott.ssa Masotti Sabrina**

**Tutore
Prof.ssa Gualdi Emanuela**

**Co-Tutore
Prof.ssa Vaccaro Carmela**

Anni 2009/2011

CAPITOLO I

L'ANALISI ANTROPOLOGICA

1.1 Introduzione

L'antropologia fisica o biologica si occupa degli aspetti "fisici" dell'uomo, andando dall'analisi biomolecolare dei resti scheletrici umani (DNA antico) a quella morfo-metrica condotta con tecniche macroscopiche sia sullo scheletro sia sul vivente.

I settori principali di studio dell'Antropologia sono i seguenti (Facchini, 1995; Cattaneo e Grandi, 2004; Fubini, 2009):

- Primatologia: studio biologico dei Primati non umani;
- Paleontologia umana: studio dei resti fossili delle prime specie umane;
- Antropologia fisica applicata all'archeologica: lo studio dei resti umani rinvenuti in siti archeologici;
- Antropologia molecolare e delle popolazioni: studio delle differenze genetiche e fenotipiche nelle popolazioni umane, più frequentemente in quelle viventi;
- Antropometria ed Ergonomia e Antropometria sportiva: studio applicativo per consentire di adattare l'ambiente di lavoro e gli oggetti utilizzati all'Uomo. Rientra in quest'ambito anche l'analisi delle caratteristiche dell'Atleta e gli effetti dell'allenamento.
- Antropologia forense: è l'applicazione pratica dell'antropologia fisica a specifici quesiti posti dall'Autorità Giudiziaria.

Lo studio dell'organismo umano permette di approfondire problematiche antropologiche, come le differenze tra organismi umani o non umani, tra soggetti di sesso e di età diversi, tra soggetti di popolazioni diverse o provenienti da aree geografiche differenti; permette inoltre di valutare l'effetto dell'ambiente sull'uomo, dall'influenza di specifiche occupazioni sullo stato fisico dell'organismo agli esiti delle malattie.

Le prime osservazioni antropologiche furono di carattere descrittivo e limitate alla conoscenza dell'uomo fisico e della sua cultura. Passi in avanti si ebbero con l'inizio delle grandi esplorazioni quando ci furono le prime osservazioni antropologiche di carattere scientifico, la determinazione di alcuni tipi etnici e la descrizione delle maggiori varietà somatiche. Con la nascita dell'antropometria, si cominceranno ad utilizzare anche i caratteri metrici in aggiunta a quelli morfologici per meglio individuare le caratteristiche dei tipi umani antichi e recenti.

Indipendentemente dalla sua applicazione sul vivente o su resti scheletrici, gli strumenti e i metodi di indagine di cui l'antropologia fisica fa uso sono molti: lo studio macroscopico delle strutture molli o dello scheletro comporta l'analisi della morfologia non quantificabile ossia attraverso l'osservazione (indagine qualitativa) e di quella quantificabile (indagine metrica) attraverso l'uso di strumenti che permettano di misurare determinati parametri.

Le conoscenze e le metodologie antropologiche forniscono una serie di informazioni utilissime all'archeologo; infatti se l'archeologia mira ad una ricostruzione più completa possibile dell'uomo del passato, del suo rapporto con l'ambiente e del suo comportamento, deve integrare le proprie informazioni con quelle dell'antropologia. L'antropologo oltre allo studio morfometrico del materiale osseo attraverso il quale ricava informazioni sul sesso, sull'età e sul numero di defunti, può fornire ulteriori contributi in un ambito multidisciplinare in cui rientrano anche le pratiche funerarie. Questo aspetto legato ai rituali funerari era, fino all'ultimo decennio, prerogativa dell'archeologia funeraria che però interpretava solamente le strutture tombali, le architetture funebri e i corredi d'accompagnamento, tralasciando spesso i contenuti biologici, cioè lo scheletro del defunto, che rappresenta invece la ragione d'essere della tomba.

1.2 L'analisi paleodemografica

L'antropologia assume un ruolo fondamentale nella ricerca paleodemografica, infatti essa permette di fornire le informazioni di base come il numero, il sesso e l'età alla morte dei soggetti. La paleodemografia cerca di ricostruire la struttura e la dinamica delle popolazioni antiche, di conoscerne le dimensioni, la distribuzione spaziale, i processi di costituzione, crescita e declino. I risultati dell'analisi antropologica soddisfano, perciò, i principali parametri demografici di un

determinato gruppo umano, quali la longevità media, la mortalità infantile, la mortalità differenziale per sessi e per età, i quali possono essere correlati con tutta una serie di aspetti biologici, socio-economici e culturali, come lo stato di salute e la capacità lavorativa, i rapporti tra etnie diverse, le modificazioni ambientali e le loro ripercussioni sulla struttura del gruppo.

In questo modo, discipline diverse come l'antropologia, l'archeologia e la demografia cooperano nell'intento di conoscere la composizione di un insediamento.

Per poter eseguire un'analisi paleodemografica valida è necessario possedere un campione rappresentativo della popolazione oggetto di studio. Lo scavo ideale per le finalità paleodemografiche è lo scavo totale e sistematico della necropoli presa in esame. Generalmente viene invece operata una selezione degli individui, soprattutto quando la necropoli è molto vasta; tutto questo, oltre a ridurre la consistenza numerica del campione, può condurre ad interpretazioni sbagliate nel caso, assai frequente, di una disposizione dei defunti in relazione al sesso, all'età, alle parentele, alle classi sociali (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993). Inoltre sarebbe necessario possedere informazioni sulla cronologia delle sepolture: la conoscenza del periodo di tempo durante il quale il cimitero è stato utilizzato può infatti permettere di stimare le dimensioni dell'insediamento; i dati sulla successione delle sepolture invece sono importanti per evidenziare una eventuale dinamica demografica interna alla popolazione. Quando non si è a conoscenza di ciò, la ricostruzione demografica può fornire solamente indicazioni medie per tutto il periodo d'uso.

Attraverso la determinazione del sesso e dell'età, che sono caratteristiche biologiche di primaria importanza, si cercherà di collocare l'individuo all'interno della struttura sociale. Ogni individuo verrà poi collocato all'interno di determinate classi di età, di ampiezza minore quanto è maggiore la precisione diagnostica. I risultati forniti dai dati elaborati possono essere espressi in vari modi: stimando direttamente la "speranza di vita alla nascita", basandosi sull'età media di morte; oppure attraverso rappresentazioni grafiche come "la curva di sopravvivenza", che indica invece quale percentuale, di una teorica popolazione originaria di 100 individui, sopravvive alla fine di ogni intervallo; oppure attraverso la costruzione di tavole di mortalità, che riportano una serie di parametri per ciascuna classe di età (Buikstra e Ubelaker, 1994).

1.3 L'analisi paleopatologica

Attraverso l'analisi paleopatologica è possibile ricostruire lo stato di salute e lo stile di vita delle popolazioni umane antiche. I materiali di cui si occupa questa disciplina sono tutti i resti umani che si sono conservati nel tempo: denti, calcificazioni, calcoli e coproliti, scheletri o mummie, conservati parzialmente o totalmente, isolati o nel contesto di necropoli. Vari tipi di patologie lasciano segni riconoscibili sullo scheletro, in quanto l'osso, come tessuto vivente e reattivo agli stimoli ambientali, è specchio di molteplici condizioni fisiologiche e patologiche dell'organismo. Si possono perciò riconoscere patologie come: malattie articolari, traumi, infezioni, malattie metaboliche o nutrizionali, malattie ereditarie e neoplasie. Le metodologie di indagine sulla patologia delle antiche popolazioni si sono andate progressivamente affinando e perfezionando; il reperto viene esaminato attraverso tappe successive che prevedono per primo l'esame macroscopico e poi ulteriori approfondimenti (esame radiografico, istologico etc.) (Ortner, 2003; Aufderheide e Rodriguez-Martiz, 1998).

1.4 L'analisi paleonutrizionale

L'analisi paleonutrizionale mira ad ottenere informazioni sul tipo di alimentazione e più in generale sul modo di vita delle popolazioni. Essa può essere condotta attraverso un'indagine macroscopica delle malattie dentarie, in quanto la condizione patologica è una risposta dell'individuo a particolari situazioni ambientali. Pertanto dallo studio delle malattie si può risalire, attraverso l'analisi delle loro cause, alla situazione ecologica che le ha determinate. Questo tipo di studio può però avvalersi anche dell'integrazione di analisi chimiche che permettono una migliore interpretazione paleoambientale dei reperti scheletrici come ad esempio l'analisi degli elementi in traccia e degli isotopi stabili mediante la quale si arriva a ricostruire le abitudini alimentari degli individui oggetto di studio.

L'affermazione "Dimmi cosa mangi e ti dirò chi sei" attribuita ad Epicuro di Samo (341-270 a.C.) trova nello studio dell'alimentazione delle popolazioni del passato una grande verità e sintetizza i principi su cui si basano le indagini paleonutrizionali.

La conoscenza delle abitudini alimentari di popolazioni, animali ed umane, vissute nel passato è indispensabile per comprendere vari aspetti del loro sviluppo biologico, culturale e sociale. E' infatti molto importante conoscere le strategie di sussistenza dei diversi gruppi umani e le loro modifiche nello spazio e nel tempo. Durante tutta la nostra storia evolutiva le modalità di approvvigionamento del cibo hanno subito importanti trasformazioni ed il rapporto tra nutrimento di provenienza animale e quello di origine vegetale non si è mantenuto costante. Attraverso il dosaggio di alcuni elementi presenti nelle ossa fossili, animali ed umane, si possono trarre informazioni sul tipo di dieta del soggetto e sulle proporzioni relative di cibo animale e vegetale impiegato. Il contenuto di oligoelementi nella parte inorganica dell'osso è stato messo in relazione con le abitudini alimentari, lo status sociale, le condizioni patologiche, il sesso e l'età (Canci e Minozzi, 2005).

1.5 Scopi e finalità del presente lavoro

Lo studio dei resti ossei cremati provenienti dalla necropoli romana della Stazione Centrale di Bologna è stato svolto con metodologie fisico-antropologiche che hanno permesso di ricavare tutte le informazioni possibili sulle caratteristiche biologiche, nutrizionali ed, eventualmente, patologiche degli individui esaminati, al fine di ricostruire nel modo più esauriente possibile lo stile di vita e la paleodemografia della popolazione romana insediatasi nel territorio bolognese tra il I e il III secolo d.C. Al fine di ricostruire un quadro completo della storia di questa popolazione è necessario ricavare indicazioni sulla mortalità differenziale per sessi e per età, sulla mortalità infantile, nonché sulla longevità media, tutti questi aspetti biologici sono collegati direttamente ad aspetti socio-economici e culturali, come lo stato di salute, la capacità lavorativa, i rapporti tra le varie popolazioni vicine, le modificazioni ambientali e le loro ripercussioni sulla società di quel tempo.

Il lavoro comprende due fasi principali:

1. analisi antropologica delle tombe ad incinerazione;
2. analisi paleonutrizionale sia sugli individui incinerati sia su quelli inumati provenienti dalla stessa necropoli.

Le finalità dello studio delle tombe ad incinerazione, dal punto di vista antropologico, sono le seguenti:

- Determinazione del numero minimo di individui presenti in ciascuna tomba e analisi delle unità stratigrafiche al fine di valutare la contemporaneità o la successione delle deposizioni;
- Determinazione del sesso e dell'età degli individui cremati;
- Rilevazione di alcuni valori osteometrici come indicazione di dimorfismo sessuale;
- Determinazione dei distretti scheletrici riscontrabili, del loro tipo di conservazione e della loro frequenza in rapporto ad una eventuale selezione dei resti dopo il processo di cremazione;
- Determinazione della temperatura raggiunta dalle ossa durante la cremazione in base al loro colore ed eventuale riconoscimento della posizione assunta dal corpo in relazione alle fonti di calore della pira funebre;
- Determinazione delle dimensioni medie dei frammenti scheletrici e della loro relazione con alcuni aspetti rituali della sepoltura, come la frammentazione intenzionale delle ossa.
- Determinazione del peso totale delle ossa e di quello degli elementi dello scheletro craniale e postcraniale;
- Osservazione di anomalie e patologie eventualmente presenti;
- Determinazione delle ossa animali commiste ai frammenti ossei umani.

La seconda fase dello studio comprende l'analisi paleonutrizionale rivolta a tutti gli individui rinvenuti nella necropoli, cremati e inumati. Lo scopo sarà quello di comprendere se le due tipologie di rituale funebre impiegate riflettano differenze di ranghi sociali all'interno della popolazione attraverso un'analisi dei diversi modi e qualità di nutrimento.

Infatti molte necropoli caratterizzate da biritualismo, sono associate nella maggioranza dei casi a classi sociali diverse alle quali appartenevano gli individui durante la loro vita. Perciò attraverso lo studio degli elementi in traccia nell'osso è possibile non solo analizzare la tipologia dei gruppi umani di questo periodo, ma anche la qualità della loro vita.

L'ipotesi che la necropoli oggetto di questo studio sia costituita da individui appartenenti a due segmenti sociali diversi è rafforzata anche dalle modalità di trattamento del cadavere riservate ad alcune sepolture ad inumazione considerate non convenzionali.

Inoltre dalla combinazione dei risultati paleodemografici e paleonutrizionali è possibile risalire a informazioni su un'eventuale discriminazione sessuale o generazionale in relazione alle risorse

alimentari. Infine questo approccio fornisce una ricostruzione dei modelli di nutrizione della popolazione umana di riferimento, dando indicazioni sul tipo di economia della popolazione, distinguendo tra agricoltura, pastorizia, pesca o economia di tipo misto a seconda del fatto che la dieta risulti più o meno ricca di carne, pesce o vegetali.

Ulteriore scopo di questa analisi è la comparazione di diverse strumentazioni analitiche nello studio degli elementi in traccia nell'osso.

CAPITOLO II

LA CREMAZIONE

2.1 Storia

La cremazione è una pratica funeraria che consiste nel bruciare il corpo del defunto su di una pira funebre e dopo la quale ciò che rimane del corpo umano sono frammenti e polvere. Cremazione deriva dalla parola latina *cremare*, bruciare, ridurre in cenere e rappresenta una pratica rituale di trattamento del cadavere alternativa all'inumazione. La cremazione del defunto implica la distruzione quasi totale dei suoi resti mortali per mezzo del fuoco e ha avuto nel passato un'ampia diffusione presso molte culture (Canci e Minozzi, 2005).

2.1.1 Origini della cremazione

Fin dai tempi antichi l'uomo ha adorato e celebrato il Sole e il Fuoco come divinità parallele: il sole era considerato fonte di calore e creatore di vita, il fuoco invece rappresentava l'elemento distruttivo che tutto incenerisce e consuma ma che contemporaneamente purifica (Holck, 1997). Nella letteratura indiana Veda del II millennio a.C. il dio fuoco è chiamato Agni, esso ha il potere di distruggere ma anche di trasformare il vecchio in nuovo e l'impuro in puro, egli può liberare l'anima dal corpo senza vita e permettere la sua ascesa verso il paradiso attraverso il fumo.

L'uso del fuoco in contesti funerari compare già dal Paleolitico Superiore, tuttavia a partire dal Neolitico la sua presenza diventa più frequente tanto da poter distinguere casi di cremazione parziale, limitata ad alcune parti del corpo, e cremazione totale. L'incinerazione poteva avvenire come pratica primaria, cioè con la diretta cremazione del defunto, oppure come pratica secondaria, con una cremazione parziale, a volte per ottenere la scarnificazione delle ossa per poi seppellirle definitivamente, o anche attendere la naturale decomposizione del cadavere e poi cremare solamente i resti ossei (Nappini, 1999).

E' difficile stabilire come e quando il fuoco abbia fatto la sua comparsa nei rituali funebri. Alcuni studiosi ipotizzano che nel Paleolitico superiore si ponessero i cadaveri sui focolari per riscaldarli, nella speranza che riacquistassero il calore vitale; altri invece ipotizzano che in questo periodo non ci siano elementi sicuri che attestino l'uso del fuoco nelle pratiche funerarie e che i cadaveri sarebbero entrati in contatto con i focolari per pura casualità. Si ipotizza inoltre che durante il Paleolitico, in caso di cremazione intenzionale, in mancanza di contenitori, i resti umani cremati potessero essere dispersi (Nappini, 1999).

Una delle più antiche testimonianze di questa pratica funeraria proviene dall'Australia, nella località di Lago Mungo nella zona dei laghi di Willandra nel Nuovo Galles del Sud, dove furono scoperti resti umani di un individuo adulto parzialmente cremati databili ad oltre 20 mila anni fa. Le datazioni disponibili per questi resti ossei sono contrastanti, infatti le prime datazioni proposte da Bowler nel 1972 indicavano circa 24 mila anni, mentre altri autori (Thorne et al., 1999) recentemente hanno proposto una datazione di 62 ± 6 mila anni raggiunta attraverso l'utilizzo combinato di tre tecniche separate (ESR, isotopi dell'uranio, OSL). Questa nuova datazione è poi stata messa in discussione da ulteriori ricerche condotte da vari autori (Gillespie e Roberts, 2000; Bowler e Magee, 2000), che propongono una datazione non più antica di 43 mila anni, che è l'età dei sedimenti in cui è contenuta la sepoltura (Mallegni, 2001).

Molto probabilmente le origini della cremazione vanno ricercate nella bassa Mesopotamia, vicino al Golfo Persico, dove intorno al 3.550 a.C. si insediarono i Sumeri provenienti dalla valle dell'Indo. Sembra che fra loro la cremazione fosse un privilegio riservato ai sacerdoti e a un ristretto gruppo di nobili (Capone, 2004). Probabilmente l'usanza della cremazione fu introdotta nel mondo occidentale dall'India. Essa era infatti comune fra le popolazioni che abitavano attorno al Tigri e all'Eufrate e in accordo con la tradizione che racconta che il re assiro Assurbanipal volle farsi bruciare con le sue mogli nel suo palazzo nel 626 a.C.. Questo evento sembra aver condotto verso cremazioni sempre più pompose in Asia Minore (Holck, 1997). La cremazione si riscontra anche in Palestina, ma in un'epoca molto anteriore alla venuta degli ebrei che la vietarono (Capone, 2004).

La pratica della cremazione si diffuse rapidamente e l'uso di bruciare i corpi sembra essere stato praticato molto presto anche nella Grecia antica, dove la cremazione era considerata più importante della normale inumazione e gradualmente si verificò un aumento dello sfarzo che

accompagnava le cerimonie funebri. Storicamente, nel mondo greco la cremazione fa la sua comparsa sul declinare della civiltà micenea (XII-XI secolo a.C.), ma il suo affermarsi si ha con la prima Età del Ferro (IX secolo a.C.) (Capone, 2004; Holck, 1997).

L'*Iliade* fornisce una descrizione particolareggiata del rito crematorio riservato agli eroi morti in battaglia; è detto chiaramente che la cremazione non era completa perché fra le ceneri restavano ancora "bianche ossa". L'*Iliade* inoltre spiega l'usanza della cremazione come pratica impiegata per far sì che dopo la morte le anime non abbiano più alcun potere di influire, in senso buono o cattivo, sul mondo dei viventi dal quale vengono separate scendendo subito e per sempre nel mondo sotterraneo dell'Ade (Capone, 2004).

Omero nell'*Iliade* descrive sia i funerali di Patroclo che quelli di Ettore con una certa ricchezza di particolari.

A proposito di Ettore dice (*Iliade*, canto XXIV):

*[...] Durò ben nove interi
Giorni il trasporto delle tronche selve.
Come rifulse su la terra il raggio
Della decima aurora, lagrimando
Dal feretro levar del valoroso
Ettore il corpo, e postolo sul rogo,
Il foco vi destar. Riapparita
La rosea figlia del mattin, s'accolse
Il popolo d'intorno all'alta pira,
E pria con onde di purpureo vino
Tutte estinser le brage. Indi per tutto
Queto il foco, i fratelli e i fidi amici
Pieni il volto di pianto e sospirosi
Raccolsero le bianche ossa, e composte
In urna d'oro le coprì d'un molle
Cremisino. Ciò fatto, in cava buca
Le posero, e di spesse e grandi pietre
Un lastrico vi fero, e prestamente
Il tumulo levar [...]*

I funerali di Patroclo (Iliade, canto XXIII):

*[...] Agamennone sovrano allora
uomini e muli chiamò da ogni parte del campo
a fare la legna; un valoroso li capeggiava,
Merione, lo scudiero del prode Idomeneo.
S'avviarono quelli, impugnando le accette affilate
e le corde intrecciate: li precedevano i muli.
Venivano in folla da una parte e dall'altra, da destra e sinistra:
ma quando giunsero ai piedi dell'Ida ricca di acque,
presero subito col bronzo affilato a tagliare in fretta
le querce fronzute; queste con grande fragore
cadevano a terra; allora gli Achei le spezzavano
e legavano ai muli; che tormentavano il suolo con gli zoccoli,
puntando alla pianura tra i fitti cespugli.
[...] Ricoprirono tutto il cadavere con i capelli, che si tagliavano
e li gettavano sopra; gli sorreggeva il capo Achille divino
inconsolabile: accompagnava all'Ade il suo migliore amico!
Quando giunsero al luogo loro indicato da Achille,
lo deposero, ed ammassavano subito gran quantità di legna.
[...] Restarono lì i più intimi, e ammucchiavano legna,
finché non ebbero alzato una pira di cento piedi per lato,
e sulla cima deposero il morto, afflitti in cuor loro.
Molte pecore grasse e buoi dalle corna ricurve, scalpiccianti,
scuoiarono e prepararono davanti alla pira: da tutti
traendo il grasso, copriva il cadavere Achille animoso
dalla testa ai piedi, ed intorno ammassava i corpi scuoiati.
Anfore d'olio e di miele poi ci metteva,
appoggiandole al feretro; e quattro cavalli superbi
a forza spingeva sopra la pira, tra i più alti lamenti.
[...] "Atride e voi altri tutti, i più nobili dei Panachei,
per prima cosa spegnete il rogo con vino scintillante,*

*dappertutto, ovunque s'annidi la forza del fuoco;
raccolliamo quindi le ossa di Patroclo Meneziade,
riconoscendole con cura; sono ben distinguibili:
giaceva al centro della pira, gli altri furono arsi
da parte, sui lati, uomini insieme e cavalli.
Riponiamole poi in un vaso d'oro, fra doppio strato
Di grasso, fin quando anch'io scompaia nell'Ade.
Non vi consiglio di fare una tomba troppo grandiosa,
ma quanto basta al decoro; la rifaranno in futuro
alta e spaziosa gli Achei, quelli che dopo di me
resterete vivi sopra le navi dai molti banchi".
Disse così, obbedirono quelli al veloce Pelide.
Per prima cosa spensero il rogo con vino scintillante,
dovunque apparisse la fiamma, scese la cenere in fondo;
le bianche ossa del dolce compagno raccolsero poi piangendo
in un vaso d'oro, fra doppio strato di grasso,
le portarono dentro la tenda, le avvolsero in morbido lino [...]*

Dopo il VI secolo a.C., in Grecia e nelle sue colonie l'inumazione resta più frequente specie fra le classi inferiori, perché più facile e meno costosa, mentre la cremazione viene riservata a illustri personaggi, a defunti lontani dalla patria, in genere caduti in guerra (Capone, 2004).

2.1.2 La cremazione in Europa

In Europa la cremazione è segnalata dal Neolitico (4000-3.500 a.C.), in località diverse e distanti tra loro come Bretagna, Belgio, Boemia, Moravia, Romania (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993; Capone, 2004). Durante questo periodo si evidenzia un uso del fuoco, associato alle pratiche funebri, prevalentemente con valenza rituale e culturale; nella maggior parte dei casi alla cremazione parziale e totale si affiancano i normali procedimenti di sepoltura ad inumazione. Dalla Galizia orientale alla Russia sud-occidentale, già durante l'Eneolitico, i resti della cremazione sono depositi sotto il pavimento delle abitazioni in contenitori di terracotta oppure direttamente nel terreno. Ad Hallstatt, vicino a Salisburgo, a volte semplicemente sepolti nella terra, nella sabbia o

sotto grandi pietre. In molte regioni della Scandinavia vengono eseguite delle sepolture acquatiche: le ceneri sono trasportate in riva ad uno stagno, a un lago o al mare e deposte su di una barca che viene poi affondata (Capone, 2004).

In Italia nel Neolitico antico vi è solo un caso di cremazione: il Riparo di Grotta Continenza in Abruzzo che non rappresenta solo una tipologia funeraria ma una manifestazione di culto (Nappini, 1999). Nel Neolitico medio in Calabria a Grotta Pavolella è stato ritrovato un livello costituito da resti umani cremati con oggetti di corredo. Nel Neolitico recente invece compare la più antica necropoli italiana ad incinerazione, nella zona di Bolzano a Barbiano, in cui la cremazione è l'unico rito funebre adottato con la deposizione simbolica solo di una parte dei resti cremati (Nappini, 1999).

Durante l'Eneolitico (III millennio a.C.), la ritualità funeraria diventa più complessa e ricca di nuovi atti cerimoniali; vi è un notevole aumento della pratica di cremazione, le cremazioni totali sono ancora scarse ma prevalgono quelle parziali e le probabili scarnificazioni o cremazioni come pratica di sepoltura secondaria. Le cremazioni parziali sono concentrate in Lombardia, Veneto e Toscana, localizzate principalmente in grotte dove in questo periodo vengono praticate le inumazioni collettive. Fra l'Eneolitico e il Bronzo antico questo rituale è molto frequente: i defunti vengono deposti con gli oggetti di corredo e una parte del corpo viene cremata (in particolare il cranio). Per cercare di dare una spiegazione alla cremazione parziale sono state formulate varie ipotesi tra cui: la credenza che gli spiriti maligni fossero annidati solo in certe parti del corpo, oppure il tentativo di impedire al defunto di tornare tra i vivi, oppure ancora dall'esigenza di purificare l'ambiente dove si ripetevano le deposizioni dei defunti in contesti di sepolture collettive. La cremazione in questo tipo di contesto potrebbe essere considerata espressione di una certa individualità o segnalare una diversità etnica o sociale (Nappini, 1999).

Nel Bronzo medio e recente (XVI-XII secolo a.C.) la cremazione acquisisce in Europa un ruolo principale nelle pratiche funerarie, si diffondono i "popoli dei campi di urne" genti che proprio per l'abitudine di depositare i resti cremati all'interno di urne sepolte nel terreno vengono denominati tali. La cremazione tra le popolazioni teutoniche e nordiche è quasi contemporanea a quella del mediterraneo e in molti luoghi essa diventa l'usanza di sepoltura dominante per quasi duemila anni. Questa tendenza si diffuse al Nord a causa, probabilmente, delle tradizioni di sepoltura della Grecia, da qui sembra poi essersi estesa dall'Europa Orientale verso l'Occidente e il

Nord. La ricca età del Bronzo lasciò uno strascico considerevole di impulsi culturali dall'Europa Meridionale e Centrale e ancora più in su verso l'Europa Settentrionale. Nel 500 a.C. circa ci fu una rottura di questa continuità dovuta presumibilmente ai Celti che conquistarono il controllo di una grande quantità di continenti europei così da formare una barriera tra le civiltà greco-romana e quelle teutoniche e nordiche. Un simultaneo e radicale peggioramento delle condizioni climatiche portò ad un esteso cambiamento del modello della società, con tombe di scarso contenuto e modesti monumenti. La pratica della cancellazione delle tracce di morte con la cremazione era già in uso tra i Celti verso la fine dell'età del Bronzo e arrivò nello stesso periodo in Scandinavia. Comunque la barriera dei Celti si rompe quando i Romani conquistarono i paesi del Mediterraneo al tempo di Cristo e ancora una volta le nuove correnti culturali fluirono liberamente dall'Occidente verso il Nord Europa e la Scandinavia. Per un periodo diventò ancora una moda seppellire i morti con merci e ricchezze piuttosto che cremarli anche se molti distretti dell'entroterra isolati e conservatori continuarono ad osservare la vecchia usanza della cremazione. Nella letteratura nordica non ci sono molti documenti che parlino del rituale della cremazione come pratica di sepoltura; le uniche fonti documentate trattano questa usanza molto superficialmente, infatti riguardano il periodo dell'epoca romana fino al Medioevo quando questa usanza era riconosciuta come una vaga tradizione dei tempi passati che si tramandava solo oralmente. Non vi erano perciò né indicazioni né tracce di evidenti differenze in questa pratica, né tanto meno delle tecniche di cremazione impiegate. Cornelio Tacito nel suo scritto "Germania" del 98 d.C. loda il semplice stile di vita delle popolazioni nordiche in contrasto con la vita sontuosa e depravata dei Romani. Egli scrive riguardo a queste popolazioni che i loro funerali erano celebrati senza pomposità; l'unica cosa a cui davano un'importanza speciale era il tipo di legno che impiegavano durante la cremazione dei loro uomini più importanti; essi non usavano nessun drappo, nessun profumo nella pira funebre, nella mano del defunto essi ponevano sempre le sue armi e qualche volta veniva sacrificato anche il suo cavallo (Holck, 1997).

In Italia Settentrionale il rituale crematorio si diffonde con la civiltà Terramaricola, con particolare rilevanza per l'Emilia Occidentale, tra il Po, l'Appennino e il Panaro, mentre al Sud è molto più limitata. L'incinerazione continua a essere presente ma diventa più rara nel Bronzo finale (X secolo a.C.) con la diffusione della cultura Protovillanoviana. Il momento di massima espansione dell'incinerazione avviene nell'Età del Ferro (IX secolo a.C.) quando questo rito si diffonde lungo tutta l'Italia soprattutto nelle zone settentrionali e nel versante tirrenico, mentre a Sud rimane più

limitato (Bernabò Brea et al, 1997). L'inumazione è invece pratica esclusiva da parte dei Liguri e dei Piceni; nell'Italia meridionale e in Sicilia essa continuerà a prevalere anche dopo che, alla fine dell'VIII secolo e nel VII secolo, la colonizzazione greca introdurrà il rito della cremazione (Capone, 2004). In Italia attorno al VII secolo a.C. questa era la forma predominante di sepoltura tra gli Etruschi, ma con l'aumentare della prosperità economica le classi dominanti preferirono essere sepolte in splendidi sepolcri famigliari spesso scavati nella roccia. Tuttavia la cremazione rimane una tradizione prevalente e, come racconta lo storico Ovidio, Remo, che fondò Roma nel 753 a.C. con suo fratello Romolo, fu cremato. Comunque la cremazione non appare come pratica comune fino alla comparsa dell'Impero Romano (Holck, 1997).

Durante il periodo migratorio nuovi impulsi culturali si infiltrarono nei paesi nordici e i defunti venivano cremati con sorprendente semplicità. Verso l'età vichinga la vecchia usanza della cremazione venne gradualmente rimpiazzata da altri metodi di sepoltura finché scomparve gradualmente con l'introduzione del Cristianesimo. Nei paesi europei la chiesa proibì tutte le forme di cremazione. Secondo la religione cristiana la cremazione non si concilia con il mistero della resurrezione della carne, oltre a essere tradizionalmente considerata una pratica pagana (Bernabò Brea et al, 1997). A partire dall'epoca degli Antonini (96-192 d.C.) il rito crematorio diventò sempre meno frequente e all'inizio del III secolo non venne più praticato nemmeno per imperatori, consoli, senatori, aristocratici, ricchi personaggi. Si pensa che Massimino sia stato l'ultimo imperatore depresso sulla pira crematoria, nel 313, anno in cui Costantino, suo successore, emanò l'editto attraverso il quale si riconobbe ai cristiani piena libertà di culto. Dopodiché nel 380 d.C. l'editto di Tessalonica proclamò che tutti i popoli dell'Impero dovessero professare la fede cristiana e l'editto di Teodosio (391 d.C.) vietò i culti pagani, quindi anche la cremazione in quanto considerata tale (Capone, 2004).

2.1.3 Significato della cremazione

Basandosi sui pochi esempi della letteratura è possibile trarre alcune conclusioni che riguardano il concetto di fede che sta dietro alla pratica di cremazione. Il concetto principale, come si può osservare anche in altre religioni, riguarda lo spirito del defunto che durante questo rituale si eleva a migliore e più ricca esistenza attraverso il fumo della pira che deve essere più denso possibile per permettere un concreto collegamento tra questo mondo e l'aldilà. Non è facile però stabilire le motivazioni che stanno alla base della comparsa della cremazione; il rituale del

passaggio del corpo del defunto attraverso il fuoco potrebbe essere connesso al cosiddetto periodo *“liminale”* cioè quella fase del passaggio dal mondo dei vivi al mondo dei morti, considerata pericolosa per i superstiti. Secondo questa teoria gli spiriti dei defunti non si separano dai corpi subito dopo la morte ed in questo momento costituiscono delle entità ostili per i vivi e soprattutto per coloro che gli erano stati vicini in vita; perciò la cremazione abbrevia il periodo di questo passaggio trasformando completamente tutto ciò che in origine costituiva l'entità fisica dell'individuo (Cardaci, 1999). Lo scrittore greco Plutarco (47-129 d.C.), afferma che attraverso la cremazione l'ombra del defunto, che contiene l'anima, ritorna ai Campi Elisi da cui proviene (Capone, 2004). Il passaggio del corpo attraverso il fuoco assume un ruolo simbolico di purificazione: conseguentemente i riti legati a tale elemento possono aver avuto origine sia per sottrarre la salma di una persona cara alla decomposizione, sia come scelta di ordine psicologico e religioso (Nappini, 1999). Nel corso dei secoli, questa credenza si sviluppa sul piano religioso e filosofico, per cui la cremazione assume la dignità di un rito religioso fondato sulla forza decontaminante del fuoco, emanazione del Sole, che svincola l'anima dal corpo rendendola incorruttibile. Molto più dell'inumazione, la cremazione esprime la fede in qualche forma di sopravvivenza personale o impersonale dopo la morte. L'immortalità viene conquistata mediante la potenza purificatrice e rigenerante del fuoco secondo la visione dei cultori della cremazione nell'ambito delle civiltà indiana, greca e romana (Capone, 2004).

2.1.4 La cremazione oggi

Oggi la cremazione è basata su dei concetti e criteri completamente diversi da quelli dell'antica pratica secondo la quale il morto era bruciato su una pira funebre; nel XVIII secolo la società era preoccupata innanzitutto dai problemi legati all'igiene e allo spazio che nelle piccole città erano incontrollabili dalle autorità, perciò la cremazione risolse il problema dell'insufficienza dei cimiteri tradizionali. In Italia il prof. Ludovico Brunetti fu uno dei primi a costruire un forno per la cremazione che fu in seguito migliorato dall'ingegnere tedesco Friedrich Siemens, questo fece sì che le prime cremazioni si effettuassero in Germania già nel 1874. Due anni dopo, nel 1876, a Milano nacque la società per la cremazione dei cadaveri (Socrem), la prima in Italia, con la costruzione del primo forno crematorio italiano e ben presto la maggior parte delle città d'Europa ne fecero richiesta. Nel 1882 venne costituita la Lega italiana delle società di cremazione; questo rito cominciò così ad affermarsi ma limitatamente all'Italia centro-settentrionale, nel centro-sud

invece, nello stesso periodo, risultò del tutto assente perché ancora non fu in grado di scalfire le barriere del tradizionalismo e a rimuovere le ataviche credenze popolari che vedevano nell'inumazione l'unica forma moralmente e religiosamente accettabile di commiato dai propri cari. Nel 1886, il Papa proibì le cremazioni non tanto per incompatibilità con l'insegnamento della Chiesa quanto per ragioni politiche e disciplinari dato che i molti sostenitori di questa usanza erano in opposizione con la Chiesa (Holck, 1997; Capone, 2004).

Nel 1963 anche la Chiesa cattolica ha abolito il divieto di farsi cremare per i propri fedeli. Il documento principale è l'Istruzione della Suprema Sacra Congregazione del Santo Ufficio recante "*Instructio piam et constantem de cadaverum crematione*", 5 julii 1963: *Acta Apostolicae Sedis* 56 (1964), 822-823: "... di fatto l'abbruciamento del cadavere, come non tocca l'anima, e non impedisce all'onnipotenza divina di ricostruire il corpo, così non contiene, in sé e per sé, l'oggettiva negazione di quei dogmi. Non si tratta, quindi, di cosa intrinsecamente cattiva o di per sé contraria alla religione cristiana. E ciò fu sempre sentito dalla Chiesa Cattolica, come risulta dal fatto che, in date circostanze, e cioè quando risultava che la cremazione del cadavere era chiesta con animo onesto e per gravi cause, specialmente di ordine pubblico, essa soleva permetterla. Tale migliorato mutamento di animo, congiunto al più frequente ripetersi di circostanze che ostacolano la inumazione, spiega come in questi ultimi tempi siano state dirette alla Santa Sede insistenti preghiere perché sia mitigata la disciplina ecclesiastica relativa alla cremazione, oggi spesso richiesta, non certo per odio contro la Chiesa o contro le usanze cristiane, ma solo per ragioni igieniche, economiche o di altro genere, di ordine pubblico o privato. La Chiesa Cattolica, attenta direttamente al bene spirituale dei fedeli, ma non ignara delle altre necessità, decise di ascoltare benignamente queste richieste." (fonte: www.elios-srl.com).

L'altro documento è il Rito delle Esequie pubblicato dalla CEI nel 1974 in cui, al n° 15, si legge: "A coloro che avessero scelto la cremazione del loro cadavere si può concedere il rito delle esequie cristiane, a meno che la loro scelta non risulti dettata da motivazioni contrarie alla dottrina cristiana: tutto questo, in base a quanto stabilito dall'Istruzione della Sacra Congregazione del Sant'Uffizio, *De cadaverum crematione*, in data 8 maggio 1963, nn. 2-3 (fonte: www.elios-srl.com).

Nell'aprile 2002 il cardinale Jorge Medina Estevez, Prefetto della Congregazione per il Culto Divino, ha addirittura annunciato che si sta preparando una liturgia apposita per questa cerimonia.

Tuttavia, il Codice di Diritto Canonico sostiene ancora, al canone 1176, che “*la Chiesa raccomanda vivamente che si conservi la pia consuetudine di seppellire i corpi dei defunti; tuttavia non proibisce la cremazione, a meno che questa non sia stata scelta per ragioni contrarie alla dottrina cristiana*”.

Tuttavia la cremazione moderna è un’istituzione laica, per cui chiamare Tempio o Ara il crematorio, è improprio, pur se il luogo può essere avvolto da un’aura di sacralità. Il crematorio è privo di ogni simbolo religioso, ma nella sua sala di accoglienza possono trovare posto sia i rappresentanti di qualsiasi religione per celebrarvi i loro riti funebri sia coloro che preferiscono prendere commiato laicamente dal defunto solo con un discorso commemorativo (Capone, 2004).

Il numero di persone che sceglie la cremazione al posto dell’inumazione è aumentato significativamente negli ultimi 20 anni in tutto il mondo occidentale. L’associazione per le cremazioni del Nord America (CANA) riporta che nel 2004 circa il 30% delle persone decedute negli Stati Uniti è stata cremata, si prevede che questo numeri incrementi fino al 45% nel 2025 (Schmidt e Symes, 2008).

2.1.5 La cremazione nel mondo

Il luogo in cui ancora oggi la cremazione viene praticata come un rito funebre di profondo significato è l’India; la cremazione si svolge secondo un cerimoniale esposto nel *Rig-Veda* i cui inni risalgono fra il 1500 e il 1000 a.C. A Benares, la capitale, i corpi dei defunti attendono la cremazione vicino alla riva sinistra del Gange; essi vengono coperti da tessuti di colore rosso per le donne, di colore bianco per gli uomini; solo i parenti maschi accompagnano il defunto in quanto le donne non sono ammesse. Accanto al defunto vi è un *dhom* cioè un uomo appartenente alla casta di quelli che sovrintendono il passaggio dal mondo della vita a quello della morte; egli con una canna di bambù in mano con un semplice gesto rompe la testa per liberare l’anima del defunto e farla salire in cielo. Dopo la cremazione le ceneri del defunto vengono affidate al fiume Gange. Il morto durante questo rito viene considerato come una vittima sacrificale: il cadavere è detto *ahuta*, dato in oblazione ad Agni, la pira ha la funzione di cancellare la presenza del defunto in questo mondo, ma contemporaneamente il fuoco trasporta, senza distruggerla, l’anima della vittima sacrificale verso l’aldilà. Almeno 500 defunti vengono bruciati ogni giorno con un consumo di almeno 800 mila quintali di legna all’anno (circa 300-400 Kg di legno per cremazione). I poveri

non vengono cremati se la famiglia non può pagare la legna per il rogo, oppure sono cremati malamente su altre rive. Negli ultimi decenni sono comparsi sulle rive del Gange i forni elettrici che riducono il rituale crematorio tradizionale rispetto al passato (Capone, 2004).

La forte convinzione che esista una vita dopo la morte per gli esseri umani è espressa, nella tradizione indiana, mediante il rituale funebre della cremazione. Essa è un privilegio dei re e dei guerrieri, delle classi ricche o agiate. Solo gli asceti non vengono cremati ma inumati: essi sono così santi che il loro corpo non ha bisogno di essere distrutto dal fuoco purificatore. Non vengono cremati i bambini prima della dentizione perché non hanno ancora una vita psichica sufficiente a costituire una identità vera e propria. Non vengono cremate nemmeno le donne morte durante le mestruazioni perché il sangue mestruale è ritenuto eccezionalmente impuro; la cremazione è vietata anche ai morti di vaiolo, agli assassini e agli assassinati. Frequente nel passato era anche la concremazione (*sati*) cioè la cremazione della vedova vivente sulla pira funebre accanto al marito defunto, gesto di devozione della donna al marito. Questa pratica è stata abolita nel 1821 ma in alcuni rari casi avviene ancora oggi. Il rito crematorio era comunque proibito alle donne mestruate, incinte, con figli piccoli, morte di parto o narcotizzate (Capone, 2004).

In Tibet la cremazione è riservata soltanto alla categoria sacerdotale più elevata, mentre nell'isola di Bali si associa a cerimonie che trovano posto nella dimensione del folklore (Bernabò Brea et al, 1997). In quest'isola la cremazione è vista come una gran festa, proporzionata alla posizione sociale (o meglio di casta) del defunto, il quale viene condotto al luogo della cremazione spesso in compagnia di concittadini più poveri che avevano atteso sottoterra il momento propizio per poter raggiungere in spirito gli avi attraverso la cremazione, in quanto la spesa della cremazione raggiunge livelli proibitivi per chi non appartiene a una classe socialmente ed economicamente elevata. Per questo la cremazione può avvenire in contesto collettivo, di più famiglie povere che si uniscono in modo da poter far fronte alle spese per questa celebrazione, oppure cercano la sponsorizzazione di persone più ricche a favore dei più poveri (Castelletti, 1999).

2.2 Il rituale funerario

Il rituale funerario ha un ruolo centrale nel tessuto sociale di ogni civiltà. Attraverso lo studio dei resti umani cremati è possibile risalire al rituale impiegato per la loro cremazione. E' possibile infatti elaborare un codice funerario che presume almeno tre fasi rituali (Drusini e Ripa Bonati, 1988):

1. precedenti la cremazione;
2. precedenti la sepoltura;
3. accompagnanti la sepoltura.

Essi fanno parte del ciclo cerimoniale testimoniato dai ritrovamenti di materiali all'interno o all'esterno del contenitore tombale, come ad esempio la deposizione esterna di vasellame infranto intenzionalmente come indizio di libagione.

Tra i riti precedenti la cremazione ritroviamo:

- la costruzione della pira funebre;
- la preparazione del cadavere.

La preparazione della pira funebre consisteva nel reperimento del materiale combustibile da utilizzare; vari studi indicano che l'approvvigionamento del legname in linea di massima avvenisse nei dintorni della necropoli, ma in alcuni casi è possibile che vi fosse una selezione del tipo di legname probabilmente legata allo stato sociale del defunto. La preparazione della pira comportava un grande assorbimento di energie sia sotto il profilo del lavoro che riguardo alla materia prima: sul rogo venivano infatti bruciati grandi quantità di materiali e la cremazione doveva durare molte ore. Si tratta evidentemente di un rituale costoso e forse anche per questo riservato ad un segmento privilegiato del gruppo sociale.

Il corpo prima di essere deposto sulla pira veniva lavato e cosparso di unguenti e profumi, era poi adagiato sulla pira con abbigliamento ed effetti personali più o meno ricchi a seconda dello stato sociale del defunto, per questo motivo tra i resti ossei incinerati si ritrovano spesso oggetti di ornamento come spille, fibule, pendagli e gioielli.

Per quanto riguarda le modalità della cremazione è difficile dare un'interpretazione del dove e del come i corpi venissero bruciati. In alcuni casi è possibile identificare un *ustrina* come luogo della cremazione, ma non è possibile stabilire se esso sia un particolare luogo all'interno della necropoli o se la pira funebre fosse eretta semplicemente vicino al sito tombale. Vi è anche incertezza nel come venisse posizionato il corpo sulla pira, si pensa che il corpo venisse adagiato su di una sorta di vimine di legno o letto all'aperto (Drusini et al., 1995). Se le varie ossa mostrano gradi diversi di combustione, è possibile risalire alla posizione reciproca tra defunto e loci di massima intensità del fuoco, con possibile significato rituale (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993). L'osservazione del colore permette quindi di soddisfare interessi culturali tentando di ricostruire il processo di cremazione. Le zone dello scheletro che appaiono più chiare cioè sottoposte a temperature maggiori potrebbero essere quelle al di sotto delle quali era stato acceso il fuoco, mentre le parti che danno colorazione più scura saranno state quelle alle quali il calore è arrivato indirettamente. Vi sono perciò dei casi in cui un unico focolare poteva venire disposto sotto il corpo del defunto a diverse altezze, come all'altezza del dorso, del bacino o degli arti inferiori oppure distribuito sotto l'intera lunghezza del corpo con distribuzione omogenea. Ma, in letteratura, si riscontrano anche casi in cui la pira funebre prevedeva due focolari distinti posizionati all'estremità del corpo o più frequentemente ad un'estremità come il cranio o i piedi e in una zona centrale del corpo come il bacino o il dorso. La posizione del corpo rispetto alla pira è di difficile interpretazione; in alcuni casi la localizzazione delle maggiori temperature nella regione occipitale e parietale del cranio fa supporre per il corpo la posizione supina, in altri casi sembra possibile riconoscere il reclinamento del capo su un lato per la presenza di maggiore calore in corrispondenza delle ossa occipitale e temporale. A questo proposito va considerato con attenzione anche quale dei lati delle ossa abbia subito il maggior apporto di calore: a seconda infatti della posizione del corpo sulla pira questo può essere stato disposto prono, supino o su un lato, con il capo reclinato sul lato sinistro o su quello destro (Holck, 1997).

La fase finale della cerimonia funebre consisteva nell'ossilegio, ossia nella raccolta delle ossa e dei carboni e degli altri resti, offerte di cibarie, oggetti di corredo bruciati e della terra sacra del rogo. Il corredo funebre personale del defunto in genere riguardava l'attività svolta in vita dall'individuo o era alludente al suo ruolo all'interno della comunità; era costituito da oggetti di vario tipo, di uso quotidiano o di valore simbolico. Sulla base di deduzioni sperimentali, i resti del corpo combusto e parte dei residui della catasta di legno carbonizzato venivano trasportati presso la tomba; sulla base delle evidenze archeologiche, la sistemazione del vaso ossuario e del corredo

funebre all'interno del contenitore tombale veniva conclusa con l'apposizione di una copertura, sia nel caso di tomba a cassetta (Fig. 2.1) che a dolio (Fig. 2.2) che in semplice buca (Fig. 2.3), su cui la terra di rogo costituiva il primo deposito intenzionale seguito dalla terra di risulta dello scavo della fossa che andrà a formare un piccolo tumulo. Su questo, ad indicare la presenza del defunto, molto spesso era inserito un segnacolo in pietra.

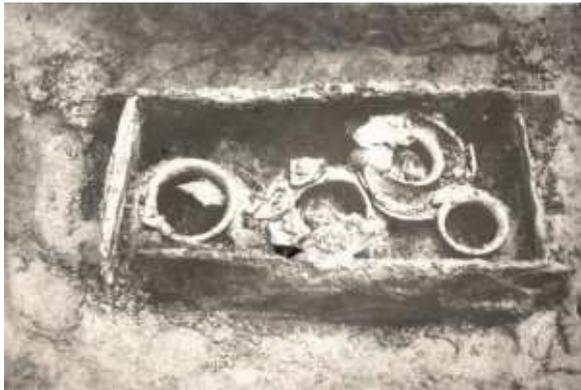


Fig. 2.1 - Tomba a cassetta



Fig. 2.2 – Tomba a dolio



Fig. 2.3 – Tomba in fossa semplice

Le urne cinerarie dell'Età del Bronzo e del Ferro sono costituite da vasi di terracotta coperti per lo più da una ciotola rovesciata dello stesso materiale, oppure da una pietra. La foggia è molto varia: a doppio tronco di cono, conico-ovoidale, troncata con bocca stretta oppure ampia. La decorazione, molto spesso a motivi geometrici, si arricchisce e si complica progredendo con la forma delle urne (Capone, 2004). In questo periodo frequente è l'uso di spezzare un'ansa del cinerario o della ciotola coperchio; forse l'intenzione era quella di rendere il vaso diverso da quelli usati nel quotidiano. Infatti lo stesso vaso biconico, che nel Villanoviano è usato come tipologia di

urna esclusiva, in origine molto probabilmente veniva impiegato per contenere dell'acqua. Rompendo un'ansa quindi si differenziava il fittile da quelli di uso domestico e lo si consacrava alla nuova funzione (Cardaci, 1999). In epoca villanoviana, il cinerario veniva avvolto in un drappo di tessuto bloccato da fibule; questa operazione lascia pensare ad una sorta di vestizione dell'urna che era ritenuta la personificazione del defunto stesso (Marvelli et al, 2009).

All'interno della tomba poteva essere collocato più di un vaso ossuario, le deposizioni plurime nella stessa tomba sono imputabili a riaperture in momenti diversi e/o ad eventuali morti simultanee. E' possibile riconoscere tracce di una o più riaperture della cassetta, connesse ai resti di depositi di rogo pluristratificati di cui resta integro solo quello inerente all'ultima deposizione, mentre i precedenti risultano abrasati (Drusini e Ripa Bonati, 1988). Si può ipotizzare che le doppie sepolture siano una conseguenza della morte occasionale e simultanea di due persone probabilmente durante qualche epidemia. A volte però la cremazione dei due individui non è avvenuta nello stesso momento, ma uno dei due può essere stato deposto in un momento successivo. Un'altra motivazione della presenza di doppie sepolture, può essere quella del sacrificio umano, che riguarda spesso uno schiavo che doveva accompagnare il capo famiglia nella tomba. La persona sacrificata era vista come uno speciale dono di sepoltura riservato solo alle classi più alte, mentre quelle meno abbienti probabilmente non disponevano di nessun servo da sacrificare e si accontentavano perciò di un animale. E' inoltre ragionevole pensare che la persona sacrificata non fosse uno schiavo giovane e forte o un'instancabile lavoratore ma più facilmente un individuo anziano e malato (Holck, 1997).

In aree marginali alle sepolture, in alcuni casi, è possibile rilevare la presenza di depositi di terra di rogo contenuti in pozzetti strutturati, ricoperti da sedimento sterile. Questi pozzetti di raccolta della terra di rogo potrebbero essere la conseguenza delle riaperture delle cassette, in funzione delle sepolture plurime, in quanto valenza sacrale della terra di rogo che viene posta sulla tomba, si presume sia mantenuta anche nel corso di una sua collocazione secondaria (Drusini e Ripa Bonati, 1988).

Il banchetto funerario rappresentava un momento abituale e fondamentale di ogni cerimonia di cremazione e di sepoltura. I frammenti fittili potevano rappresentare ciò che rimaneva dopo una cerimonia funebre accompagnata da libagioni e banchetti e rottura

intenzionale degli oggetti che contenevano liquidi e cibi solidi. Spesso frammenti di tazze, boccali, ollette mostravano evidenti tracce dell'azione del fuoco, a testimonianza della loro deposizione sulla pira funebre (Cardaci, 1999). Sul rogo venivano bruciati diversi generi alimentari come offerta al defunto, per questo motivo è possibile ritrovare ossa animali combuste e resti botanici mescolati ai resti umani, ciò testimonia che i banchetti e le libagioni venissero svolti prima di sigillare la tomba (Drusini et al., 1995). Oltre ad offerte solide come carne, verdura e frutta, potevano essere deposte anche offerte liquide, come acqua o vino contenuti nelle coppe e nei boccali del corredo funebre. E' però di solito difficoltoso distinguere le offerte gettate sul fuoco da quelle che rappresentano i resti del pasto funebre, anche se, in base alle testimonianze scritte il banchetto funerario si svolgeva a cremazione avvenuta; perciò accanto ai materiali bruciati sul rogo se ne possono trovare altri non combustibili, depositi quindi successivamente, durante la formazione della sepoltura.

Inoltre, per quanto riguarda le necropoli dell'Italia Settentrionale, la frammentazione o deformazione degli oggetti di corredo sembra essere riservata solo agli individui di sesso maschile a prescindere dalla loro età; erano probabilmente questi i soggetti più pericolosi nel periodo *liminale* (Cardaci, 1999).

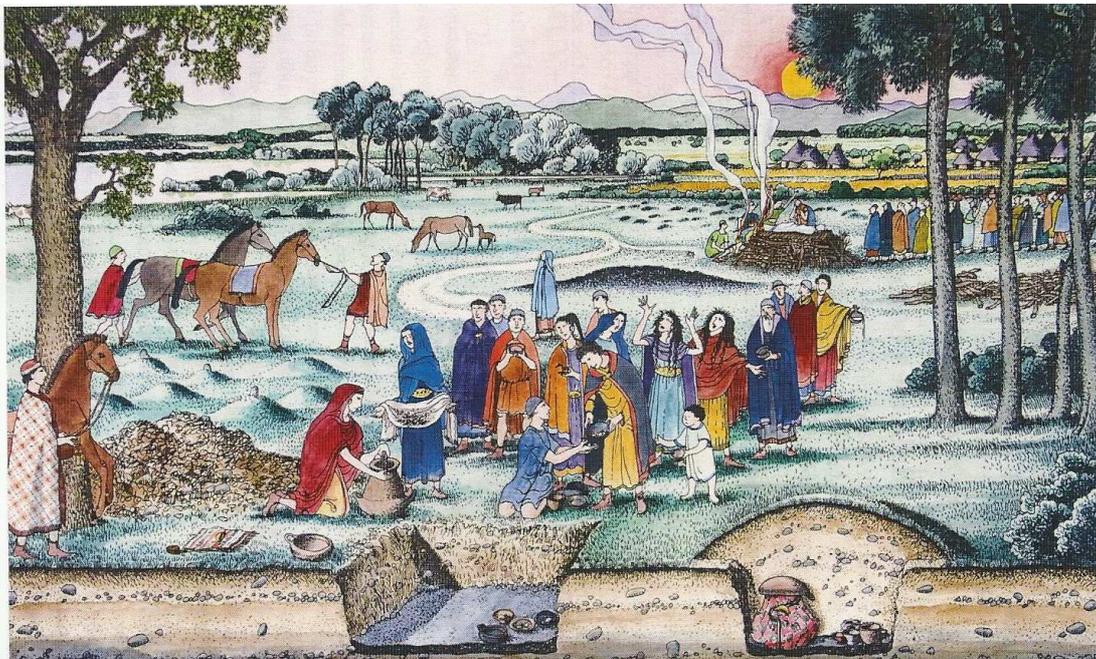


Fig. 2.4 – Ricostruzione del rituale funerario (Marvelli et al, 2009).

Dal punto di vista tafonomico l'incinerazione rientra nelle sepolture secondarie, questo perché in genere esiste una struttura in cui avviene la combustione e in un secondo tempo le ossa vengono raccolte e deposte in un contenitore, che è infine posto nel luogo che sarà la tomba definitiva. I momenti funerari sono quindi due e la deposizione si può definire secondaria (Duday, 2005; Mallegni, 2005). Esistono però anche deposizioni primarie a cremazione, dette *bustum*, ma chiamate anche tomba rogo o fossa rogo in cui le ossa vengono ritrovate ancora in situ nella struttura di combustione, successivamente ricoperte ma non recuperate. In questi casi il cadavere è stato deposto nella fossa ancora fresco, la scomparsa della materia organica è stata accelerata dal fuoco, e non è stata effettuata nessuna raccolta dei resti ossei; il tempo funerario è dunque unico. Le ossa che si rinvenivano sono perciò disposte in ordine anatomico, infatti la fossa si trova sotto la pira e doveva raccogliere i resti mano a mano che cadevano verso il basso (Duday, 2005).

2.2.1 Il combustibile nelle cremazioni dell'Italia nord-orientale

Diversi studi effettuati su resti di combustione delle pire funerarie in necropoli italiane ha permesso di valutare le relazioni tra impiego dei combustibili e tipologia tombale, nonché fra scelta delle essenze, rito funebre e ambiti ecologici di approvvigionamento.

Riferimenti alla selezione del tipo di legna usata per la cremazione compaiono già tra gli autori greci e latini; ad esempio Tacito, nel *De Germania*, dice che presso i Germani i funerali sono celebrati senza fasto alcuno; una sola cura hanno, che il corpo degli uomini illustri sia cremato con una qualità particolare di legna, da cui sembra di poter dedurre che la selezione del legname fosse riservata ad alcune categorie sociali particolari (Castelletti, 1999).

Nel caso di cremazione diretta i carboni di rogo si possono trovare in posto in *ustrina* o tombe a fossa con deposizione del defunto su barella all'imboccatura della fossa stessa; mentre nel caso di cremazione indiretta essi si trovano in deposizione secondaria dopo il trasporto nelle tombe dall'area dove si svolse l'incinerazione. Esaminando i carboni rinvenuti nei roghi di alcune necropoli romane dal I sec. a.C al II sec. d.C., Castiglioni et al (1992) evidenziano essenze provenienti da differenti ambiti ecologici, ma principalmente quelle tipiche della pianura Padana costituenti il *Quercus-Carpinetum boreoitalicum*, ossia il querceto misto tipico delle zone di pianura e collina dell'area padana. Sono presenti anche taxa tipici del limite della zona forestale e delle zone disboscate come *Pomoideae*, *Sorbus*, *Prunus*, *Cornus* e *Corylus*. Si ritrovano anche essenze

non propriamente tipiche della pianura, come *Fagus* e *Abies*, ed essenze coltivate come *Juglans* e *Castanea*.

In età romana la quercia sembra essere il legno più usato per questo rituale nelle necropoli dell'Italia Settentrionale. E' inoltre possibile che sul rogo venissero bruciati anche piccoli mobili o oggetti (cassette, contenitori) anche per contenere le offerte votive, come spiegherebbe la presenza di legni lavorati utilizzati come combustibile nella necropoli romana di Mariano Comense, la cui presenza potrebbe essere però anche imputata al letto funebre o alla barella sulla quale veniva deposta la salma in cima alla pira. Un esempio storico ed eccezionale è descritto da Plutarco che, a proposito dei funerali di Cesare, narra di come la folla impazzita raccattasse per *l'Urbe* panche, transenne e tavoli e quant'altro utile per allestire un'enorme pira (Castiglioni et al, 1999).

In linea generale l'approvvigionamento del legname veniva effettuato negli immediati dintorni delle necropoli, ma la presenza di specie alloctone attesta una raccolta di legname anche in distretti relativamente distanti probabilmente per motivi legati al rituale funebre o dovuti al potere calorifico di alcune specie in particolare. In genere, nelle necropoli più antiche, la composizione della catasta funeraria è molto varia, anche all'interno dello stesso sito e spesso non dipende dalle qualità combustibili del legname. Questa varietà potrebbe riflettere l'utilizzo di legname non selezionato, mentre in alcuni casi è stata osservata una scelta non casuale, forse legata a condizionamenti rituali. Esiste inoltre l'ipotesi di un rapporto tra il grado di cremazione raggiunto e lo status dell'individuo, in relazione alla quantità di spesa energetica richiesta dall'incinerazione e perciò legata al quantitativo di combustibile impiegato.

1.3 La combustione

La combustione nel vero senso della parola è una reazione chimica che accade per mezzo dell'ossigeno attraverso la formazione di luce ed energia di calore. I materiali organici combustibili contengono principalmente carbonio e idrogeno; durante la combustione l'ossigeno presente nell'aria, reagirà insieme al carbonio e all'idrogeno, producendo anidride carbonica e vapore acqueo. L'aria inoltre contiene circa il 78% di azoto che si dissolverà come gas di combustione

insieme all'anidride carbonica e al vapore acqueo, inoltre la combustione produrrà calore (Holck, 1997).

Perché avvenga una combustione è necessario che siano presenti 3 condizioni (Holck, 1997; Fairgrieve, 2008; Schmidt e Symes, 2008) (Fig. 2.5):

1. Un materiale combustibile. In questo caso il materiale è costituito dal corpo umano, esso contiene sostanze combustibili come il grasso e le proteine e sostanze non combustibili come l'acqua e ceneri. Quando le sostanze bruciano completamente creano calore, invece quando ciò non avviene esse necessitano di calore. Un positivo calore di combustione equivale al calore rilasciato quando un materiale brucia; un negativo calore di combustione invece equivale al calore che viene assorbito affinché quel materiale bruci completamente. Un corpo normale di circa 70 Kg avrà un calore di combustione in cui le quantità di positivo e negativo calore di reazione saranno bilanciate (Tab. 2.1). La cremazione di un corpo normale crea un aumento di calore, infatti, la pira incrementa la sua temperatura. Una persona magra invece crea meno surplus di calore e può in alcune circostanze avere difficoltà a bruciare completamente. La combustione dei grassi ha un'importanza fondamentale nella cremazione di un corpo. I grassi sono composti da carboidrati e acidi grassi. Gli acidi grassi contengono una lunga catena di idrocarburi e terminano con un gruppo carbossile; quando essi bruciano producono un significativo ammontare di calore, i trigliceridi sono infatti i principali centri di stoccaggio di combustibile nel corpo umano (Fairgrieve, 2008).

	Sostanza	Peso (Kg)	Calore di combustione (Kcal/Kg)	Totale (Kcal)
Combustibile	Grasso	11	8.500	93.500
	Proteine	12	5.000	60.000
	Varie	1	4.000	4.000
Non combustibile	Acqua	42	539	22.640
	Ceneri	4	200	800
Totale		70		134.060

Tab. 2.1 – Distribuzione della sostanza combustibile e non combustibile del corpo umano in relazione al calore di combustione fornito in kcal/kg (Holck, 1997).

2. Un'adeguata temperatura di accensione. Il surplus di calore può ovviamente verificarsi solo quando la combustione è già iniziata; per consentire una combustione senza aggiungere calore è necessario che una piccola area o parte del combustibile mantenga un'alta temperatura, così che la combustione possa continuare indisturbata per tutta la durata del combustibile e finché l'ossigeno è disponibile. La più bassa temperatura necessaria a compiere questo processo è chiamata temperatura di accensione e varia in relazione al tipo di combustibile (Tab. 2.2). Una veloce accensione può tradursi in una più completa combustione sulla pira dovuta al mantenimento di una temperatura elevata. E' però possibile riscontrare delle variazioni nel grado di cremazione delle ossa che può essere dovuto qualche volta alle basse temperature ambientali in relazione, per esempio, alle diverse stagioni dell'anno. Inoltre durante la cremazione l'effetto del calore può in alcune circostanze essere ristretto a piccole aree, questo può essere dovuto alla diminuzione o mancanza di ossigeno, ed è riscontrabile quando un corpo risulta distrutto dal fuoco solo in alcune parti, mentre in altre parti questo non è avvenuto.

Tipo di combustibile	Temperatura di accensione (C°)
Carbone	252
Grasso animale	350
Cellulosa	360
Olio	360
Idrogeno	585
Monossido di carbonio	650

Tab. 2.2 – Temperatura di accensione in relazione ai vari combustibili (Holck, 1997; Schmidt e Symes, 2008).

3. Un sufficiente apporto di ossigeno. Il problema dell'apporto di ossigeno è inesistente quando la cremazione avviene all'aria aperta, mentre compare quando essa avviene in una stanza chiusa. Nei moderni forni crematori questo problema viene risolto attraverso l'utilizzo di pompe di pressione per mezzo delle quali l'aria viene soffiata all'interno.

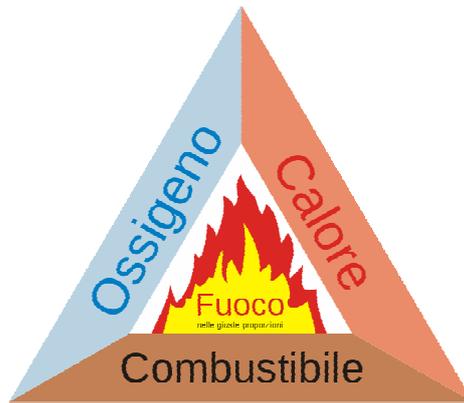


Fig. 2.5 – Triangolo del fuoco: le tre condizioni necessarie perché avvenga una combustione.

Dai dati riportati nella Tab. 2.1, riguardanti il calore di combustione fornito dalle sostanze del corpo umano, possiamo dedurre che il grasso incrementa la temperatura di combustione per cui un corpo con una notevole massa grassa dovrebbe subire più facilmente una combustione completa di un corpo magro o appartenente ad un bambino (Holck, 1997).

Il fuoco comprende due forme base: fiamme e braci. La fiamma è il prodotto visibile del combustibile nello stato gassoso durante una combustione in presenza di ossigeno; è una reazione che si instaura tra due gas a causa del calore. Le braci del fuoco invece derivano da una ossidazione del combustibile solido in diretto contatto con l'ossigeno; è perciò una reazione tra solido e gas che avviene sulla superficie del combustibile e all'interno della sua matrice (come avviene per esempio nel carbone di legna). Se questa reazione procede rapidamente e la temperatura supera i 500°C, l'incandescenza della superficie è resa visibile all'occhio umano (Tab. 2.3) (Schmidt e Symes, 2008).

Colore	Temperatura (°C)
Rosso scuro (prima incandescenza visibile)	500-600
Rosso opaco	600-800
Rosso luminoso	800-1000
Arancione	1000-1200
Giallo luminoso	1200-1400
Bianco	1400-1600

Tab. 2.3 – Colori visibili in relazione alle temperature di incandescenza degli oggetti (Schmidt e Symes, 2008) .

Le fiamme del fuoco possono essere sia laminari che turbolente. Le fiamme laminari sono fiamme “magre” che si osservano ad esempio nelle candele; in una fiamma di questo tipo alcune zone possono raggiungere alte temperature (1400°C) (Schmidt e Symes, 2008). Quando una fiamma diventa troppo larga, la sua struttura laminare si rompe a causa della turbolenza; queste vengono dette fiamme diffuse e la reazione che le innesca è dovuta all’incontro dei vapori generati dalla superficie del combustibile (liquido o solido) con l’ossigeno dell’aria. Le zone in cui avviene questo mescolamento sono casuali e sono caratterizzate dal movimento a “sfarfallio” della fiamma. A causa di questa turbolenza la temperatura della fiamma non è costante ma si alza e si abbassa rapidamente.

Il calore si trasferisce per conduzione, convezione e irraggiamento (o per una combinazione di questi) (Fairgrieve, 2008; Schmidt e Symes, 2008). Oggetti in contatto diretto con le fiamme saranno interessati sia da processi radianti che convettivi e le loro temperature aumenteranno rapidamente. Quando il calore viene trasferito ad un oggetto, la sua temperatura aumenta prima sulla sua superficie poi all’interno della sua massa attraverso i processi di conduzione. L’intensità di calore è il flusso del calore, ovvero la velocità con cui il calore colpisce una superficie per unità di area e si misura in kJ/s m^2 o kW/m^2 , esso in relazione alla durata dell’esposizione (tempo) è una misura di quanto calore viene trasferito ad un oggetto (Schmidt e Symes, 2008). Gli effetti chimici e fisici che si osservano dopo l’esposizione al fuoco di un oggetto dipendono dall’intensità del calore trasferito (flusso di calore), dal tempo (durata dell’esposizione) e dalle caratteristiche fisiche dell’oggetto (Schmidt e Symes, 2008).

2.4 Effetti dell’incinerazione

Quando si assiste agli effetti del fuoco su di un corpo umano intervengono molte variabili ad influenzare il processo: taglia del fuoco, esposizione del corpo, durata dell’esposizione, condizioni del corpo (cadavere fresco, stato di decomposizione, osso secco).

Dal punto di vista biochimico, l’incinerazione di un cadavere comporta la deidratazione e l’ossidazione delle sue componenti organiche, perlopiù costituite da grassi e proteine, oltre alla perdita, per evaporazione, di acqua (Bernabò Brea et al, 1997).

Quando un corpo viene sottoposto a cremazione inizialmente bruciano la pelle e i capelli poi avviene gradualmente la distruzione dei tessuti molli rivelando parte dello scheletro; successivamente tutte le parti molli vengono distrutte rimanendo solo le ossa; i legamenti e il cervello sono gli ultimi tessuti ad essere bruciati; le ossa non vengono distrutte dal calore ma esse cambiano la loro struttura e la loro composizione. L'umidità viene espulsa dal calore e la componente organica viene bruciata lasciando solo la porzione minerale dell'osso (Mays, 1998).

Uno dei principali e immediati effetti delle temperature elevate è la rapida perdita del contenuto d'acqua del corpo umano. L'evaporazione che avviene attorno ai 300°C di temperatura, induce una contrazione a livello muscolare e tendineo che provoca la flessione degli arti superiori di fronte al volto, facendo assumere al corpo la postura pugilistica di guardia (Canci e Minozzi, 2005; Cattaneo e Grandi, 2004) (Fig.2.6-2.7).

La contrazione muscolare favorisce l'esposizione di alcune aree anatomiche e la schermatura di altre; la postura pugilistica permette la protezione delle falangi distali della mano (dita) da parte dei tessuti palmari oltre che a quelli delle dita. Le alte temperature attorno ai muscoli producono l'adduzione della spalla e la flessione del gomito e del polso; la parte dorsale del polso e quella posteriore del gomito sono i primi *loci* di distruzione termica dell'avambraccio; la parte anteriore del gomito invece è protetta dal fuoco dalla flessione del gomito e dall'aumento della profondità dei tessuti molli in quest'area. Le fiamme distruggono per prime le estremità distali e prossimale di radio e ulna poi procedono verso le diafisi. A livello del terzo prossimale dell'avambraccio la massa muscolare è maggiore, vi sono inoltre più tessuti molli, inclusa la membrana interossea di radio e ulna che produrranno l'ultima resistenza alla totale distruzione da parte del fuoco delle ossa di questo distretto anatomico.

Perciò il grado di modificazione dell'osso dovuto al fuoco è altamente variabile ma in linea generale prevedibile: l'anatomia dei corpi umani fa sì che essi tendano ad assumere la stessa postura in caso di combustione, con la protezione dei medesimi tessuti molli e con uguali modalità di combustione per le ossa, delineando così dei patterns riconoscibili (Schmidt e Symes, 2008).

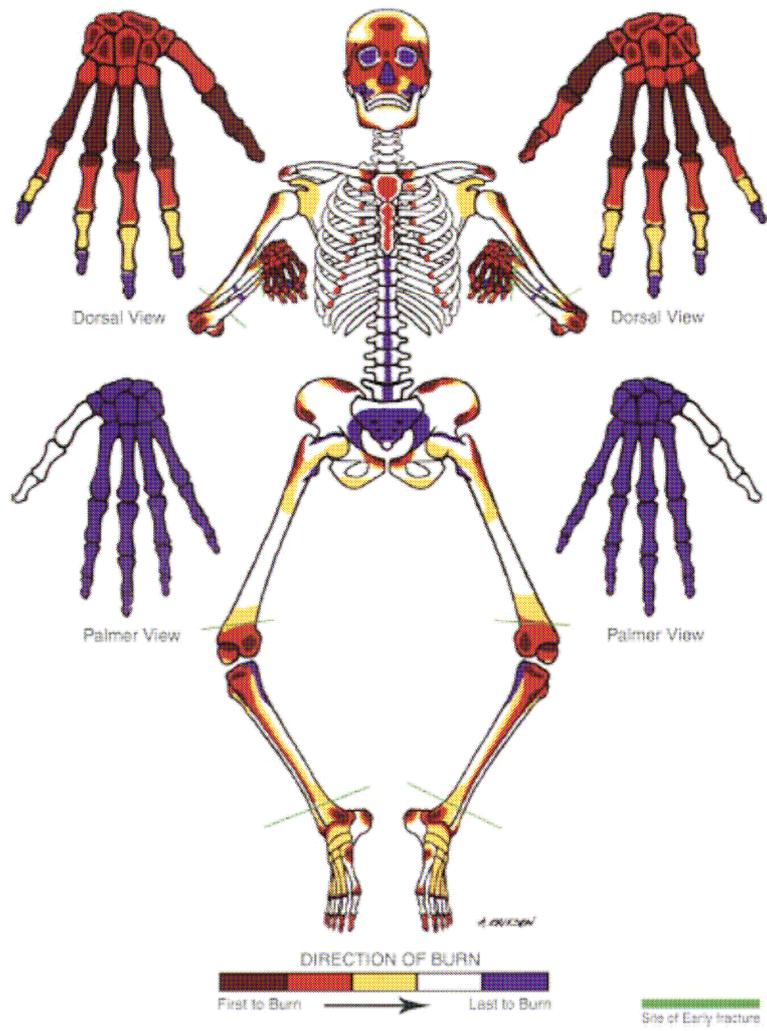


Fig. 2.6 – Scheletro anteriore in posizione pugilistica e ordine di combustione per aree anatomiche (Schmidt e Symes, 2008).

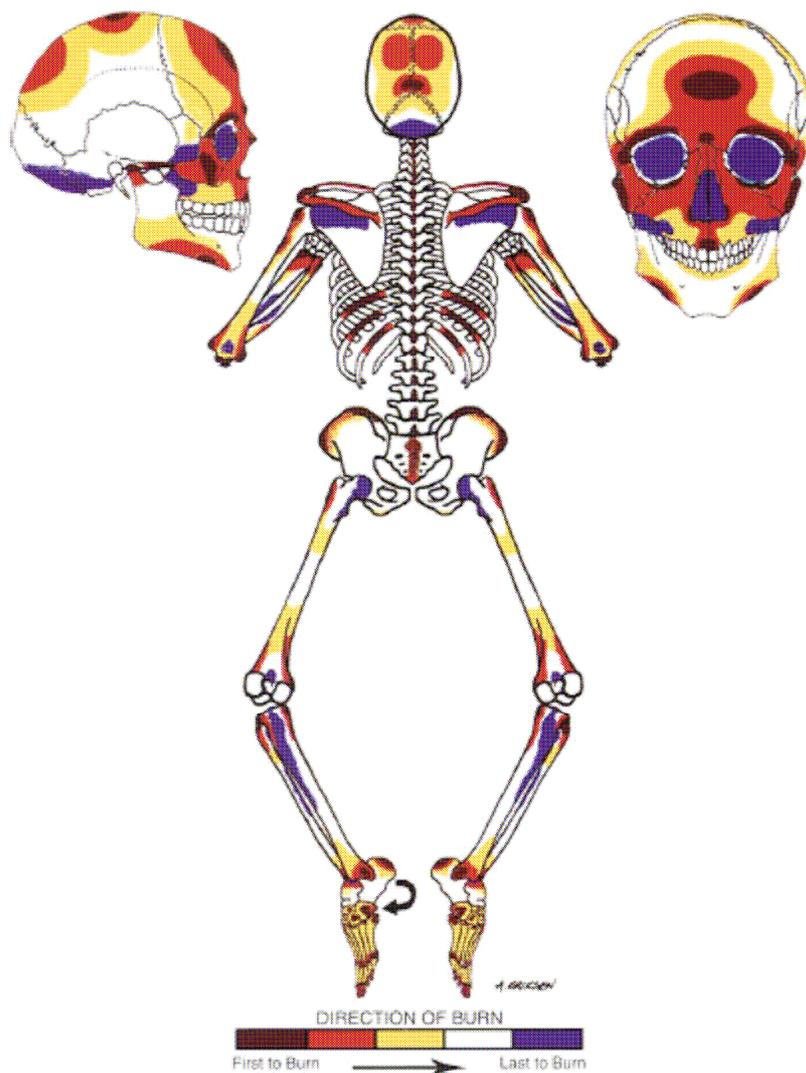


Fig. 2.7 – Scheletro posteriore in posizione pugilistica e ordine di combustione per aree anatomiche (Schmidt e Symes, 2008).

Secondo lo studio di Bonhert et al, del 1998, un corpo sottoposto a temperature di cremazione oscillanti tra 670°C e 810°C, impiega dalle 2 alle 3 ore per essere completamente ridotto in cenere. Dopo circa 10-20 minuti ad alte temperature, si osserva la carbonizzazione dei tessuti facciali e l'esposizione della volta cranica con fratture del tavolo esterno e completa calcinazione delle ossa facciali. Tra i 50 e 60 minuti la distruzione delle ossa del cranio è completa, si conservano solo piccoli frammenti ossei provenienti dalla base e dalla volta. Per quanto riguarda il tronco e gli arti, l'epidermide è carbonizzata, con esposizione dei muscoli sottostanti, dopo circa 20 minuti. Dai 30 ai 60 minuti si ha la totale scomparsa di tessuto muscolare e si giunge all'esposizione delle ossa calcinate (Canci e Minozzi, 2005). Il concetto di esplosione del cranio durante il processo di cremazione deriverebbe dall'espansione dei fluidi cerebrospinali. Durante

una combustione di lunga durata o di elevata intensità, le temperature portano alla vaporizzazione dei fluidi presenti nel cranio, la pressione intracranica aumenta e quando i vasi sanguigni non sono più in grado di contenerla il cranio esplode.

Attraverso lo studio delle cremazioni moderne si sono potute evidenziare alcune differenze tra queste e le cremazioni antiche. Studi effettuati su 10 individui moderni cremati nel Crematorio di Oslo hanno messo in luce vari aspetti: gli individui cremati, 6 uomini e 4 donne con età media di 70,2 anni hanno bisogno di un tempo medio di combustione di 92 minuti con una variazione che va da 70 a 120 minuti per la distruzione di tutte le parti del corpo. Il peso medio rimanente è di 3.075 grammi (massimo 3.375, minimo 2.625). Il volume delle ossa rimanenti prese direttamente dall'inceneritore dopo la completa cremazione comparato al volume delle ossa dopo la frantumazione è in media 7,80/2,95 litri. Di conseguenza la frantumazione riduce il volume di circa 1/3 (Holck, 1997). A seguito di una combustione naturale di 10-18 ore, invece, il completo abbruciamento di un cadavere adulto di 60 kg lascia circa 2 kg di materiale osseo combusto (Cattaneo e Grandi, 2004).

La diversa modalità di carbonizzazione di uno scheletro è in grado di fornire molte indicazioni sulla posizione del cadavere. Se la cremazione avviene a corpo supino, ad esempio, per il cranio, a causa dell'effetto naturale del fuoco sulle diverse porzioni del capo che possiedono spessori e consistenza diverse dei tessuti molli, vi è un pattern stabilito di carbonizzazione: prima si esporranno gli alveoli, le orbite e i denti anteriori, successivamente le porzioni posteriori e più protette. Per questo, nel momento in cui gli alveoli anteriori sono calcinati, quelli posteriori saranno soltanto anneriti, e così via. Se vi è una deviazione da tale pattern è plausibile pensare ad una differente posizione della salma o del capo, che ha consentito la protezione di un distretto che solitamente si trova tra i primi a diventare calcinato. Quindi se i rami mandibolari saranno calcinati e gli alveoli appena anneriti il cadavere si trovava molto probabilmente in posizione prona. Le stesse considerazioni valgono per le ossa lunghe: se la salma è in posizione supina, si avrà una calcinazione prima delle ossa della gamba, poi della coscia (Cattaneo e Grandi, 2004).

Binford (1963) notò che le condizioni dell'osso combusto erano attribuibili non solo alla durata e all'intensità del fuoco ma anche alla localizzazione e alle condizioni del materiale prima dell'esposizione. E' stato dimostrato che il risultato delle cremazioni, oltre che dal tipo di combustione, dipende dalle caratteristiche e dalle condizioni del cadavere. Inoltre la durata e

l'efficienza di una cremazione sono influenzate da diversi fattori: gli agenti atmosferici (temperatura, vento o pioggia), la qualità e la quantità di legna utilizzata, spesso legata allo stato sociale del defunto; inoltre la costituzione fisica, lo strato di adipi, eventuali stati patologici che comportano ad esempio defedamento e cachessia possono influenzare le condizioni in cui si presentano i resti cremati. E' dimostrato che l'osso osteoporotico degrada più in fretta al contatto con il fuoco, dell'osso non interessato da questa condizione (Schmidt e Symes, 2008). Inoltre si devono tenere in considerazione l'eventuale dissanguamento, il tempo intercorso tra il decesso e il rito e pratiche funerarie come ad esempio lo smembramento del cadavere e l'uso di unguenti sul corpo del defunto (Drusini e Ripa Bonati, 1988; Canci e Minozzi, 2005). Anche il tempo di permanenza sulla pira influenza il grado di combustione delle ossa; Holck (2007) sostiene che per raggiungere in antichità le temperature di 800°C, la cremazione di un corpo dovesse durare sicuramente molte ore più probabilmente tutto un giorno e una notte.

2.4.1 Alterazioni termiche nell'osso

L'osso è un tessuto connettivo in continuo rimodellamento e rinnovamento nel corso della vita, in risposta a stress e traumi; esso è costituito da componenti organici (collagene e proteine) e da una matrice inorganica minerale. Questa combinazione fornisce all'osso durezza e resistenza meccanica ma anche flessibilità rendendolo capace di sopportare forze tensive e compressive durante la locomozione. Le ossa che costituiscono lo scheletro svolgono un'azione di sostegno del corpo, di protezione degli organi vitali e permettono insieme ai muscoli il movimento. Oltre a possedere funzioni meccaniche e strutturali, l'osso costituisce un sito di immagazzinamento dei minerali come il calcio, inoltre contiene il midollo osseo che supporta lo sviluppo e la conservazione delle cellule del sangue (Schmidt e Symes, 2008).

La componente strutturale maggiore dell'osso è l'idrossiapatite che è una forma di fosfato di calcio; gli ioni calcio e fosforo hanno un'alta affinità uno con l'altro, ciò forma una matrice stabile; il rapporto atomico ideale fra calcio e fosforo è di 10 a 6. Oltre alla presenza di idrossiapatite vi è il fosfato di calcio amorfo che esiste sottoforma di piccole sfere di 20 nanometri di diametro. L'ammontare di questo è legato anche all'età dell'individuo; nell'osso adulto circa il 40% del contenuto minerale è composto da fosfato di calcio (Fairgrieve, 2008).

Quando un osso viene esposto ad alte temperature le sue proprietà chimiche si alterano e la sua integrità strutturale è compromessa o addirittura persa. Questo è dovuto all'evaporazione, alla degradazione organica e alle trasformazioni che subisce la matrice inorganica. La perdita delle proprietà organiche ed inorganiche è un processo complesso che ancora non è stato compreso completamente. È stato accertato attraverso studi descrittivi e sperimentali che l'esposizione al calore causa significativi cambiamenti chimici e meccanici nell'osso, risultanti in: discolorazioni, restringimenti, fratture e frammentazioni (Schmidt e Symes, 2008).

Esistono alcuni stadi di modificazione ossea identificabili nel processo di cremazione (Schmidt e Symes, 2008; Fairgrieve, 2008):

1. Deidratazione: stadio caratterizzato dalla rottura dei legami idrossilici che risultano in una perdita di acqua, è associato a temperature superiori a 600°C.
2. Decomposizione: è caratterizzato dalla rimozione dei componenti organici associata a temperature comprese tra 500 e 800°C.
3. Inversione: caratterizzato dalla perdita in carbonati a causa di esposizioni comprese tra i 700 e i 1100°C di temperatura e dall'incremento nella taglia dei cristalli dell'osso.
4. Fusione: stadio finale associato a temperature superiori ai 1600°C caratterizzato dall'aumento e dalla fusione dei cristalli, l'osso appare ridotto nelle sue dimensioni e vi sono cambiamenti nel grado di porosità.

Gli studi condotti su ossa combuste hanno dimostrato che il livello critico di combustione è situato tra i 700 e i 900°C, ed è rappresentato da fenomeni simultanei di contrazione "shrinkage", indurimento "hardening", cui consegue fragilità e imbiancamento "whitening". Uno studio condotto su diversi tipi di ossa (mandibola, femore e patella) ha dimostrato che fino a 600°C le modificazioni riguardano soprattutto la consistenza, mentre a livello microscopico si verificano dei cambiamenti strutturali spesso difficilmente osservabili a causa della fragilità dell'osso. A partire da 800°C tali cambiamenti rendono indistinguibili le microstrutture (Holck, 1997). Baby nei suoi studi del 1954 evidenziò come fino agli 800°C risulti incompleta la combustione del materiale organico (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993). La frammentazione e la deformazione subita dalle ossa durante la cremazione è probabilmente dovuta alla rapida perdita di acqua, mentre il rimpicciolimento è probabilmente associato ai cambiamenti strutturali che si verificano nella porzione minerale dell'osso (idrossiapatite) (Mays, 1998). In questa fase l'osso assume un aspetto frammentario e distorto, mentre l'idrossiapatite modifica la sua struttura cristallina (Canci e

Minozzi, 2005). L'osso spugnoso si restringe e si fessura concentricamente, mentre l'osso compatto esibisce meno restringimento ma aumenta la fessurazione e la deformazione. Lungo queste fessure si creano, durante il processo di cremazione, molte frammentazioni (McKinley, 1994). Queste alterazioni strutturali prendono forma da cambiamenti nella cristallizzazione; un'alta cristallizzazione denota la formazione di grandi cristalli e assenza di difetti nella porzione minerale dell'osso. Nelle ossa dei viventi, i cristalli di forma sferica della parte mineralizzata dell'osso sono molto piccoli, essi misurano approssimativamente $0,06 \pm 0,007 \mu\text{m}$ di diametro ma se vengono sottoposti a riscaldamento alterano la loro forma e la loro taglia (Mays, 1998; Fairgrieve, 2008). L'aumento della dimensione dei cristalli di idrossiapatite avviene tra i 525°C ed i 645°C , essi da sferici assumono una forma esagonale e misurano da $0,25 \pm 0,07 \mu\text{m}$ a $0,41 \pm 0,09 \mu\text{m}$ (Canci e Minozzi, 2005; Essien Etok et al, 2007; Fairgrieve, 2008). E' comunque da tenere presente che la taglia dei cristalli mostra un decremento con l'aumentare dell'età dell'individuo a causa del cambiamento nel grado di mineralizzazione delle ossa (Fairgrieve, 2008).

Il materiale osseo a causa di cambiamenti minerali incrementa la sua forza a partire da temperature di combustione di 400°C ; a circa $700\text{-}800^{\circ}\text{C}$ l'acqua di cristallizzazione è liberata e si forma il β -tricalcio fosfato "whitlockite" che è il minerale più caratteristico costituente le ossa cremate. La fusione di cristalli minerali ha come conseguenza il restringimento delle ossa (Holck, 1997; Schmidt e Symes, 2008). Al di sopra dei $1200\text{-}1300^{\circ}\text{C}$ le ossa appaiono simili a gesso e sono facilmente riconoscibili; tali ossa sono fortemente combuste a causa di particolari e favorevoli condizioni che riguardano l'apporto di ossigeno e un lungo tempo di combustione.

Il risultato finale del processo crematorio è la conservazione dell'idrossiapatite per un valore in peso che rappresenta poco più del 5% del corpo del defunto (Bernabò Brea et al, 1997). L'osso diventa fragile in particolar modo quando è ancora caldo, fase in cui ogni movimento può causare un aumento di rotture lungo le fessure disidratate (McKinley, 1994). Si calcola che il volume dell'osso cremato, a causa della cristallizzazione dell'idrossiapatite indotta dal calore, possa subire una diminuzione del suo volume variabile tra il 15% e il 30% (Canci e Minozzi, 2005). Hermann (1977) nei suoi studi individuò quattro criteri per descrivere il restringimento dell'osso dovuto al calore:

1. Tipologia di osso (compatto, spugnoso e lamellare);
2. Temperatura di esposizione;
3. Contenuto minerale dell'osso (livello di mineralizzazione);
4. Caratteristiche del contenuto minerale dell'osso.

E' perciò dimostrato che i diversi tipi di tessuto osseo rispondono in maniera differente al calore; un'alta percentuale di tessuto mineralizzato porta ad un aumento nella percentuale di restringimento dell'osso. Inoltre l'orientazione delle fibrille di collagene ha una forte influenza sul tipo di restringimento dell'osso: in genere le fibrille che sono posizionate lungo un asse parallelo e longitudinale alla lunghezza delle ossa lunghe subiscono minore restringimento di quelle posizionate trasversalmente (Fairgrieve, 2008).

Un altro tentativo per quantificare la diminuzione di volume del femore dovuta alla contrazione dell'osso durante la combustione è stato eseguito da Hummel e Schutkowski (1986), i quali sostengono che la contrazione nei segmenti più corti è maggiore (15-20%) rispetto ai segmenti più lunghi (5%). Un'estrema frammentazione e riduzione dimensionale dei resti ossei suggeriscono un'incinerazione efficiente caratterizzata da alte temperature, le quali possono essere determinate attraverso la diffrattometria a raggi X (Canci e Minozzi, 2005).

Tempo e temperatura di combustione agiscono progressivamente sul tessuto osseo provocando alterazioni cromatiche, fratture, fessurazioni, deformazioni, contrazioni e ricristallizzazione. I frammenti ossei combusti perciò mostrano una vasta gamma di effetti esclusivi dell'azione del fuoco e che sono caratteristici anche delle cremazioni moderne; infatti, anche se comunemente si parla erroneamente di ceneri, il risultato finale della cremazione è rappresentato da un insieme di frammenti che corrispondono a circa il 50% del peso dell'intero scheletro secco (Drusini e Ripa Bonati, 1988). L'architettura strutturale delle ossa e le caratteristiche proprie dei vari tipi di osso (osso compatto o spugnoso, ossa piatte, ossa lunghe e irregolari) rendono relativamente uniformi le risposte del tessuto agli insulti esogeni. Questo si verifica anche nel caso delle ossa combuste, che presentano aspetti caratteristici e ricorrenti ormai sufficientemente noti da costituire un importante ausilio per l'identificazione anatomica (Bernabò Brea et al, 1997). Il problema della distinzione fra cremazione di osso secco e cremazione di osso fresco è stato preso in esame da vari studiosi (Baby, 1954; Binford, 1963; Stewart, 1979; Buikstra e Swegle, 1989). La cremazione delle ossa già completamente prive di tessuti molli produce sulla superficie fessure longitudinali o a reticolo; mentre la combustione di ossa ancora fresche produce delle fratture concoidi e delle deformazioni tipiche ("twisting") che si distinguono a livello dei vari distretti ossei, tra le quali vi sono i seguenti patterns di alterazione macroscopica (Drusini e Ripa Bonati, 1988; Borgognini Tarli e Pacciani, 1993; Cattaneo e Grandi, 2004; Canci e Minozzi, 2005):

- effetto "S" (effetto *sandwich*): rappresentato da due zone di colore biancastro che racchiudono una zona di colore nero-bluastro. Tale effetto è tipico del cranio, in cui le zone di colore chiaro corrispondono ai tavolati esterno e interno, e la zona scura alla diploe e ai residui di sostanza organica che protetti dal tavolato, subiscono un'azione ridotta del calore, presentando di conseguenza una colorazione diversa. Questo effetto si riscontra di solito anche nelle radici dentarie e nelle diafisi, soprattutto quelle a più alto spessore come la cresta anteriore della tibia. Assai raramente tale effetto può essere visto in ossa infantili, che per il loro esiguo spessore subiscono in modo più uniforme l'effetto della combustione;
- effetto "U" (a colpo d'unghia dallo spagnolo *unas*): in questo caso i frammenti presentano linee di frattura arrotondate, con un'estremità concava e una convessa, fessurazioni arcuate e subconcentriche (concoidi) che danno origine ad una frammentazione multipla, con piccole porzioni a mezzaluna; ciò si verifica soprattutto a livello delle coste, e nelle diafisi delle ossa lunghe;
- effetto "B" (a bersaglio): a livello del collo femorale si possono riscontrare 3-4 linee di frattura sotto forma di cerchi concentrici;
- effetto "M" (a mosaico): si presenta sotto forma di zolle poligonali irregolari con aspetto compatto, a mosaico, delimitate da solchi sottili; è caratteristico delle superfici articolari, zone a superficie concava come gli acetaboli del bacino e le cavità glenoidee delle scapole; frequente anche nella testa dell'omero e nelle radici dentarie;
- effetto "LD" (a lago disseccato dallo spagnolo *laguna desecada*): le superfici convesse, come le teste femorali ed omerali ed i condili femorali, si screpolano finemente in poligoni irregolari, è simile al precedente, ma le zolle sono più grandi, con piccoli prismi sporgenti, che ricordano l'aspetto dei chicchi deiscenti di una melagrana matura; è tipico della teca cranica;
- effetto "G" (a graffiatura): si presenta sotto forma di strie dirette longitudinalmente rispetto alla superficie dell'osso ed è tipico delle ossa del bacino;
- effetto "V" e "λ": sono rappresentati da linee di frattura multiple e ravvicinate simili alle lettere V e lambda, e si ritrovano nelle coste, nella scapola, nella clavicola, nella cresta interossea del radio, nell'osso coxale e nei segmenti delle estremità degli arti;
- effetto "Q" (a quadrilateri): produce dei quadrilateri allungati ed irregolari che si riscontrano soprattutto nelle radici dentarie.

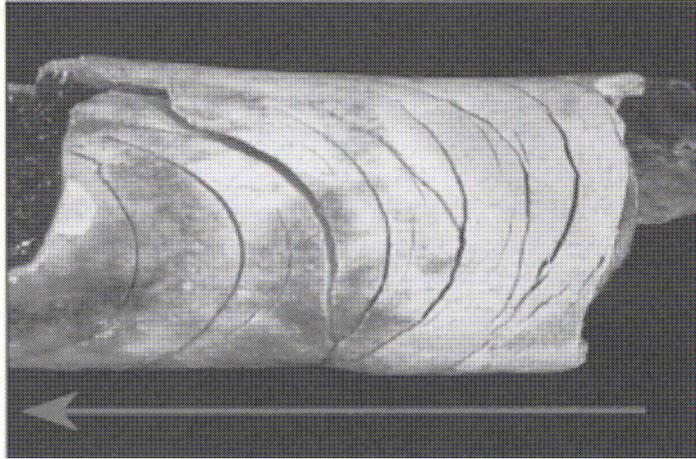


Fig. 2.9 – Fratture concoidi sulle diafisi di ossa lunghe (Schmidt e Symes, 2008).

Un altro tipo di alterazione è denominata ad “occhio di bue” ed è l’ultimo punto nella parte posteriore del ginocchio a bruciare (Fig. 2.10); questo è essenzialmente un punto freddo della parte distale del femore, protetto dalla posizione pugilistica assunta dal corpo durante la combustione. Questo tipo di deformazione è osservabile anche in altre aree dello scheletro dove i muscoli non formano un fascio ma una guaina di tessuti molli; ciò avviene ad esempio nella volta cranica dove si osserva un rapido restringimento dei tessuti protettivi attorno alla superficie dell’osso, questo fenomeno crea una linea di frattura; ripetuti restringimenti dei tessuti formeranno svariate linee di frattura. Un altro esempio di questo tipo di frattura trasversale curva si osserva vicino alle articolazioni (epifisi e metafisi) o dove l’osso corticale è sottile (Schmidt e Symes, 2008).

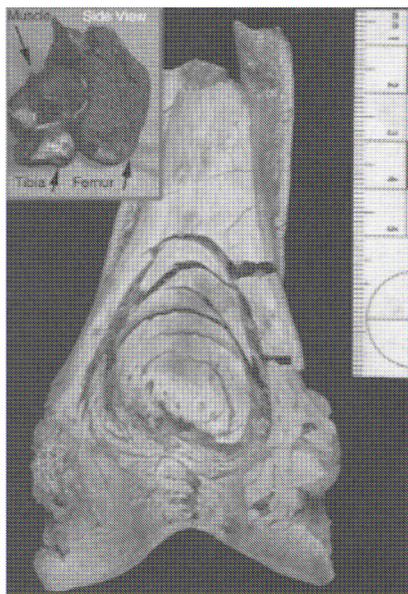


Fig. 2.10 – Pattern a “occhio di bue”, fratture trasversali curve (Schmidt e Symes, 2008).

Questi aspetti superficiali, che derivano dalla disposizione istologica degli osteoni e delle trabecole ossee interne, possono contribuire a facilitare il riconoscimento dei frammenti (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

Inoltre le ossa lunghe degli arti presentano delle brevi fessurazioni trasversali, mentre la diafisi tibiale assume una caratteristica forma arcuata; la mandibola invece si spezza quasi sempre lungo una linea parallela al suo bordo inferiore.

Esistono poi delle differenze individuali tra i due sessi e soprattutto tra l'età infantile e quella adulta: in genere le ossa immature e quelle femminili di minore spessore e consistenza, bruciano più rapidamente e più completamente. Le ossa craniche dei neonati sono più bianche e calcinate, presentano un aspetto simile al guscio d'uovo e producono alla percussione un particolare suono metallico.

Da ricordare inoltre che la soppressione del fuoco può avere effetti diretti sulle ossa, infatti non tutti i danni che si registrano sulle ossa combuste sono dovuti al calore e alle fiamme; raffreddamenti improvvisi o getti d'acqua possono fratturare o frammentare le ossa calde, in particolare quando esse sono state scaldate fino al punto di delaminazione o calcinazione (Schmidt e Symes, 2008).

L'incinerazione provoca anche una variazione nel colore delle ossa per questo motivo questa caratteristica è indicatrice del progressivo danneggiamento termico dell'osso. Shipman et al, (1984) notarono che i cambiamenti nel colore delle ossa erano attribuibili a cambiamenti nella composizione chimica degli stessi dovuta all'esposizione al calore, perciò il riconoscimento del colore poteva essere indicativo dell'intervallo di temperature alle quali l'osso era stato sottoposto. Le ossa infatti mostrano diverse gradazioni di colore in base alla temperatura di combustione; esse generalmente bruciano dall'esterno verso l'interno ma in nessun caso uniformemente allo stesso tempo (Fig. 2.8). In genere, il colore delle ossa cremate varia dal bianco-gesso al grigio chiaro, dal giallo al marrone, dal blu, blu-grigio al nero. Il colore bianco-gesso e il colore grigio-bianco sono dovuti alla presenza dei fosfati dell'osso. Il colore nero è frequente nel materiale combusto, le parti che appaiono di questo colore sono moderatamente cremate. Questo indica, come per le cremazioni moderne, che le ossa hanno subito una combustione parziale con uno scarso apporto di ossigeno-calore. Il colore nero fuliggine dipende più dall'apporto di ossigeno che non dalle condizioni di temperatura. Quando un osso viene bruciato in contatto con la fiamma, la combustione della sostanza organica esterna come il grasso fa sì che la superficie dell'osso diventi

subito nera brillante, quasi smaltata. Ma continuando il processo di combustione questo effetto scompare più o meno lentamente in relazione allo spessore dell'osso e gradualmente si trasforma in una leggera ma costante gradazione di grigio. Quando tutti i componenti organici sono bruciati, il colore passa più rapidamente dal nero al grigio, dopodiché lentamente e impercettibilmente esso assume sfumature di bianco (Holck, 1997).

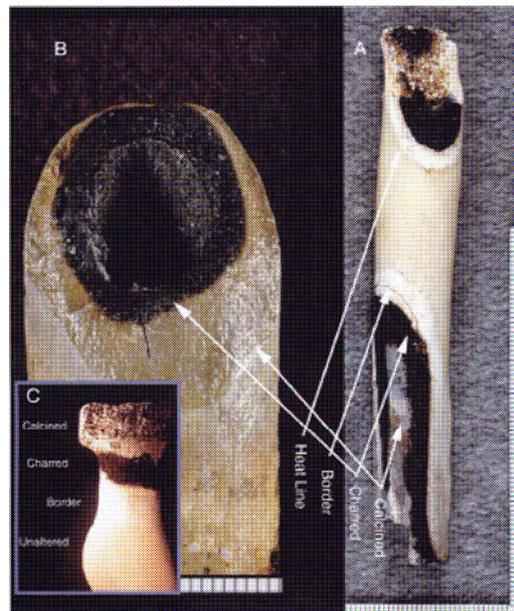


Fig. 2.8 – Variazione di colore in tre ossa parzialmente cremate (A e C: variazioni nell'estremità prossimale del radio; B: variazione di colore tra l'interno e l'esterno di una diafisi) (Schmidt e Symes, 2008).

Le ossa che hanno subito una cremazione parziale possono avere le stesse dimensioni di quelle che hanno invece subito una più intensa combustione. Si possono per esempio ritrovare solidi femori rotti in frammenti con colorazione nera alla base dell'osso e sulla superficie delle fratture; questo può significare che le ossa possono essere state frantumate mentre il processo di cremazione era in atto o anche prima. Ogni altra motivazione è difficilmente possibile in quanto un basso grado di combustione non porta ad una naturale e generale rottura di ossa robuste.

Quando le ossa subiscono una combustione relativamente leggera, invece, probabilmente per cause più legate al tempo che alla temperatura, non ci sono segni di nero fuliggine sulle superfici delle ossa ma uno strato più scuro può trovarsi sotto la superficie dell'osso. L'effetto del calore può però essere sufficiente a deformare le ossa, particolarmente in alcune parti dello scheletro dove l'osso è più sottile. Inoltre è riscontrabile un tipo di rottura detta modello a lamella: essa

corre parallela attorno all'asse dell'osso con il lato convergente di fronte alle articolazioni. Questo tipo di frattura può frequentemente essere osservata negli strati compatti dell'osso e sembra seguire il contorno dei centri di ossificazione, mentre la rottura nello strato spugnoso tende a seguire le linee di traiettoria dell'osso. La motivazione di questa frattura può essere dovuta probabilmente a diverse tecniche di cremazione, o al raffreddamento delle ossa causato dal lavaggio delle stesse dopo il processo di cremazione; questi tipi di rottura sono abbastanza rari nelle moderne cremazioni. Attraverso esperimenti è emerso infatti che si verificano solamente se le ossa vengono raffreddate rapidamente dopo la cremazione.

Alcune ossa o gruppi anatomici di ossa sono ritrovati spesso meno combusti di altre parti dello scheletro. Questo riguarda soprattutto le vertebre, sulle quali viene quasi sempre riscontrato il più basso grado di combustione, più spesso sul lato dorsale delle vertebre a indicare che il corpo in alcuni casi poteva venire posizionato direttamente sulla terra dove la temperatura e l'apporto di ossigeno sono più scarsi. In questi casi la pira era eretta sopra il corpo del defunto e non sotto come spesso si immagina. Una osservazione che supporta questa teoria riguarda i ritrovamenti dello scheletro facciale di norma più rari delle ossa posteriori della testa (occipitale), anche se questo può essere spiegato in relazione al fatto che la parte posteriore della testa ha una superficie liscia, grande robustezza e stabilità ed è pertanto più adatta a resistere alle tensioni causate dal calore. Quando parti del cranio sembrano mantenere la loro forma, come in questo caso, ciò può essere dovuto all'aumento della pressione interna durante la combustione, parzialmente controbilanciata dai canali anatomici naturali. E' comunque più probabile che la frammentazione del cranio derivi dallo scoppio o esplosione sulla pira e non da distruzioni esterne, ciò può essere osservato anche nelle moderne cremazioni. In India è uso comune praticare un foro nel cranio del deceduto per prevenirne o ridurre la rottura durante la cremazione (Holck, 1997).

Se invece l'area toracica che comprende vertebre e costole risulta molto frammentaria e di colore bianco-calce-grigiastro, mentre i piedi sono parzialmente integri e caratterizzati da un colore bruno-nerastro, si può ipotizzare che la sorgente di calore fosse disposta al di sotto del cadavere posto supino sulla pira con le estremità inferiori lontano da questa e quindi meno interessate dall'azione del fuoco (Canci e Minozzi, 2005). Osservazioni sperimentali hanno dimostrato che all'interno di una pira funebre possono essere ottenute temperature superiori a 1.000°C, mentre le parti periferiche raggiungono, in genere, temperature più basse (Canci e Minozzi, 2005). In passato, comunque, non si raggiungevano temperature tali da provocare la

polverizzazione del tessuto osseo. Le condizioni di combustione in antico trovano parallelismi con i riti attuali dell'India (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

L'ambiente in cui avviene la cremazione ha effetti altamente significativi sui cambiamenti di colore associati alle specifiche temperature di combustione (Bennet, 1999). L'ossigeno è la variabile chiave che influenza il calore nel processo di combustione; ambienti con scarso apporto di ossigeno inibiscono il processo di ossidazione e questo rallenta la trasformazione dei colori sulle ossa.

Il colore delle ossa combuste è un buon predittore della presenza di collagene e della conservazione di DNA nelle ossa, a temperature superiori a 600°C in genere non sopravvive collagene intatto (Fairgrieve, 2008; Schmidt e Symes, 2008).

2.4.2 Alterazioni termiche nei denti

I cambiamenti termici che si verificano nei denti sono simili a quelli che avvengono nell'osso. I denti che sono esposti a basse temperature di calore o sottoposti a breve esposizione termica tendono ad assumere un colore nero o marrone scuro. Quando la temperatura aumenta o aumentano i tempi dell'esposizione al calore, i denti diventano di colore blu-grigio e infine bianco gesso che corrisponde ad una condizione detta calcinazione (Fig. 2.9). A questo stadio la maggior parte delle proteine e dell'acqua presenti al loro interno vengono bruciate ed evaporano, ciò che resta è il materiale inorganico. Le modifiche che subiscono i denti non sono però omogenee, questo è dovuto al diverso contenuto minerale dei tessuti che li compongono. Alcuni denti possono infatti mostrare smalto integro e dentina combusta con colorazione grigio nerastra; questa differenza è dovuta all'alto contenuto di materiale non mineralizzato di cui è composta la dentina.

Lo smalto è un materiale quasi interamente mineralizzato per cui i suoi cambiamenti durante la combustione sono minori. Il modello di fratturazione nei denti combusti è simile a quello delle ossa anche se è possibile osservare delle tipologie più ricorrenti anche fra i resti dentali combusti: le corone dei denti tendono a fratturarsi lungo i margini delle cuspidi dove sono più sottili mentre le radici spesso si fratturano trasversalmente (Fig. 2.10). I denti combusti cambiano notevolmente anche nella taglia: Buikstra e Swegle (1989) e Shipman et al (1984) riportano una perdita media nelle dimensioni dei denti del 10-15%. La dentina sembra mostrare

un restringimento maggiore dello smalto, ciò è probabilmente dovuto al suo grande contenuto organico. Il restringimento è dovuto al collasso dei cristalli inorganici nello spazio lasciato libero dal materiale organico; quando le temperature superano gli 800°C i cristalli fondono gli uni agli altri restringendo ulteriormente le dimensioni del dente.

Quando la temperatura non è elevata lo smalto dei denti non subisce grossi cambiamenti, se la temperatura e la durata di esposizione aumentano esso assume invece una colorazione blu-grigio; questo colore è dovuto alla dentina sottostante in quanto lo smalto è un materiale trasparente. Quando il processo di combustione è avanzato lo smalto si divide in solchi centrali, linguali e labiali e lungo la giunzione cemento-smalto, la corona diventa fragile e può cadere completamente o frantumarsi in molte parti (Cattaneo e Grandi, 2004). In alcuni casi, lo smalto dei denti anteriori è influenzato meno dal calore di quello dei denti posteriori; questo avviene con il decadimento dei tessuti molli del viso durante la combustione, ciò fa sì che i denti anteriori spesso cadano dalla gengiva in seguito alla distruzione dei legamenti periodontali allontanandosi dalla zona di fuoco. In alcuni casi invece avviene il contrario: i denti anteriori risultano sottoposti maggiormente all'azione del fuoco di quelli posteriori nei casi di cremazione incompleta in cui le labbra e i tessuti molli della bocca bruciano rapidamente esponendo i denti incisivi e canini, mentre i denti posteriori rimangono protetti dai tessuti molli facciali.

Le modalità di frammentazione dei denti premolari e molari sono abbastanza prevedibili: 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, a volte la divisione avviene in quadranti oppure in due parti.

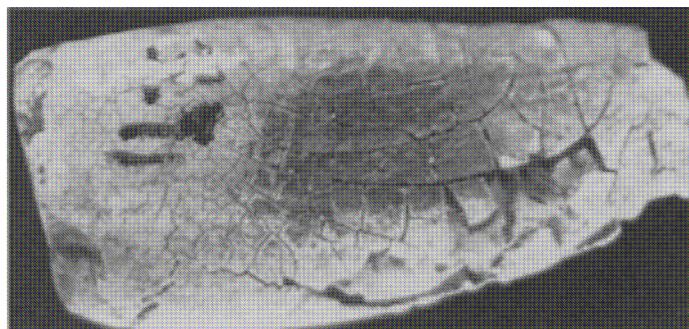


Fig. 2.9 – Dente calcinato (Schmidt e Symes, 2008).



Fig. 2.10 – Fratture trasversali di una radice (Schmidt e Symes, 2008).

I denti immaturi e decidui sono più soggetti a subire cambiamenti termici a causa dell'alta percentuale di materia organica di cui sono composti. Lo smalto dei denti si forma infatti da una iniziale matrice di minerali e proteine; prima dell'eruzione del dente, lo smalto matura perdendo quasi tutto il suo contenuto di proteine e mineralizza; perciò una corona completa con colori che vanno dal blu al grigio indica che il dente non è ancora sviluppato completamente (Fig. 2.11). Inoltre il margine cervicale della corona fornisce ulteriori indizi: un margine cervicale liscio è attribuibile ad una corona ancora in formazione, mentre un margine cervicale fratturato indica che la corona si è separata spezzandosi dalla radice.



Fig. 2.11 – Corona di premolare non ancora erotta (Schmidt e Symes, 2008).

Un altro indicatore che attesta la presenza di radice completa in un dente è l'evidenza di usura occlusale della corona; le faccette masticatorie osservabili sulle cuspidi stabiliscono che il dente possedesse una radice e che quindi fosse già erotto.

Lo smalto completa la sua mineralizzazione partendo dalla punta delle cuspidi fino alla giunzione cemento-smalto, una corona con smalto non ancora completamente mineralizzato non ha una radice sviluppata. L'evidenza di maturazione è osservabile da una demarcazione lineare tra uno smalto molto lucido sull'apice della corona e uno smalto più grossolano nella parte in cui la corona non è ancora mineralizzata. Spesso i germi dei denti decidui o permanenti che sono contenuti all'interno delle cripte dentarie di mascella e mandibola sono interessati in maniera minore all'esposizione termica; nonostante ciò essi potrebbero essere compromessi dal calore a causa di strette aperture nelle ossa i cosiddetti canali gubernacolari. Questi canali sono i percorsi che seguono i denti per erompere, attraverso di essi il calore può penetrare direttamente nelle cripte e colpire i germi dentari.

Il cemento dei denti è protetto all'interno della gengiva, dai legamenti periodontali e dagli alveoli di mascella e mandibola perciò non è direttamente colpito dall'azione del fuoco. Quando i resti sono altamente combustibili, le radici dentarie o frammenti di esse sono perciò le parti che si riscontrano di più del dente a dispetto della loro minore mineralizzazione. Questo è dovuto principalmente al fatto che le radici sono costantemente protette all'interno degli alveoli dentari, e in secondo luogo alla particolarità dei denti posteriori di possedere radici multiple che hanno perciò maggiore probabilità di essere ritrovate semplicemente a causa della loro grande frequenza (Fig. 2.12). Inoltre è possibile osservare che i denti anteriori possedendo radice singola sono soggetti a cadere dopo la distruzione dei tessuti molli, mentre i molari che hanno radici multiple sono fermamente posizionati all'interno dei loro alveoli e raramente cadono fino a quando non si frattura la radice; generalmente l'eccezione a questa regola è rappresentata dal terzo molare, le sue radici sono spesso fuse e formano una singola radice di forma conica.

Le radici appaiono di diverso colore a seconda delle modalità di combustione: le radici che sono protette all'interno dell'osso alveolare sono di colore nero o blu-grigio, mentre le radici esposte sono grigie o bianche. Quando, a causa della combustione, esse perdono la loro componente organica diventano bianche con varie fessurazioni e molto fragili. Le radici hanno la tendenza a fratturarsi trasversalmente creando delle sezioni a forma di anello di alcuni millimetri di spessore. Difficoltà sopraggiungono nella distinzione tra radici anteriori e posteriori, in quanto le

radici dei molari si separano in due o tre radici singole che assomigliano molto a quelle dei denti anteriori. In alcuni casi si può però osservare un solco o uno sperone sulle radici dei molari che è assente su quelle dei denti anteriori e che rappresenta il segno, vicino al colletto del dente, indicante il punto in cui la radice era connessa a quella successiva.

Nella maggior parte dei casi, la morfologia della radice rimane anche dopo la calcinazione permettendo di distinguere tra radice mesiale, distale e linguale nei molari superiori e radice mesiale e distale in quelli inferiori (Schmidt e Symes, 2008).



Fig. 2.12 – Radice del primo molare superiore con frammentazione del cemento (Fairgrieve, 2008).

2.5 Le condizioni dei materiali

Lo scavo di una tomba a cremazione segue i criteri generali dello scavo archeologico basato sulla stratigrafia. La presenza di questo tipo di tombe è evidenziata da una chiazza di terreno scuro o carbonioso costituito dai resti del rogo funebre adagiati sul fondo del pozzetto prima della deposizione dell'urna. Si delimita quindi il perimetro della fossa tombale e si procede nello scavo con l'individuazione delle varie fasi di riempimento.

I resti ossei possono essere conservati in urne o in altri contenitori, o ritrovarsi direttamente sul terreno, a volte nel luogo stesso di combustione chiamato ustrino.

I resti ossei cremati possono essere ritrovati (Brothwell, 1981):

- all'interno o a fianco dell'urna cineraria;
- disperse in ceneri nel suolo;
- mescolate a frammenti di ossa animali, anch'esse cremate;
- mescolate a ossa umane non combuste, entrambe intere o spezzate in frammenti di taglia simile;
- all'interno di tumuli sepolcrali in campi aperti o in focolari domestici.

L'osservazione dei reperti *in situ*, quando vengono ritrovati sul terreno, può contribuire a valutare se si trovino nel luogo stesso dove avvenne il rito crematorio, in questo caso la disposizione dei frammenti seguirà quella anatomica, anche se nel corso dell'incinerazione o in seguito possono essere avvenute delle dislocazioni, alcune parti infatti possono deflagrare perché le alte temperature possono generare delle forti pressioni delle sostanze gassose interne (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993). Inoltre anche l'osservazione diretta dei materiali contenuti nelle urne può evidenziare o meno una certa sistematicità nella raccolta. Bisogna tenere in considerazione anche il fatto che soggetti combusti contemporaneamente possano poi essere deposti in urne cinerarie differenti, in questo caso eventuali mescolanze possono provare la concomitanza della cremazione.

Gli elementi del rito, come la quantità e la qualità del legno impiegato nella formazione della pira, la loro disposizione, l'uso di unguenti e profumi e il tempo di combustione, influenzano direttamente la temperatura e gli effetti della combustione; inoltre il tipo di contenitore in cui sono stati deposti i resti può influenzarne la conservazione e la sua forma può aver avuto un ruolo nelle eventuali fratture per l'inserimento dei resti nel contenitore stesso.

Associato alla qualità del materiale vi è il grado di combustione, fattore che influisce indirettamente sulla conservazione delle ossa che vengono ritrovate (Holck, 1997).

Vi è poi un ultimo fattore da tenere in considerazione, cioè i fattori fisico-chimici di giacitura: infatti, la pressione dei terreni può causare rotture nell'urna e fratture del materiale osseo, anche il pH delle acque percolanti è causa di modificazioni nella conservazione dei resti, come pure la presenza di copertura vegetale con formazione di acidi umici, tutto ciò agisce sulla conservazione dei resti (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

L'acidità del suolo influisce notevolmente sul deterioramento dei ritrovamenti; essa si misura in pH con una serie che va da 1 a 14. Valutazioni superiori a 7 indicano un pH basico, mentre stime inferiori a 7 segnalano un pH acido. La maggior parte dei suoli e dei sedimenti presentano un pH compreso tra 3,5 (molto acido) e 8,5 (basico) presente in suoli gessosi (Mays, 1998).

Le condizioni geologiche e naturali sono significative per la preservazione delle tombe, per la frequenza con cui vengono ritrovate e per la quantità di materiale riportato alla luce. I movimenti del terreno dovuti alle radici delle piante, ai fenomeni di gelo e disgelo all'interno del terreno facilitano la dispersione dei resti e ne causano il danneggiamento (Holck, 1997).

E' stato notato comunque che le ossa cremate tendono a conservarsi meglio delle ossa non combuste all'interno del suolo, inoltre hanno maggiore robustezza meccanica delle ossa inumate, ciò dipende dal fatto che le ossa non combuste sono soggette a decomposizione da parte di microrganismi che attaccano la parte organica delle ossa e rilasciano un prodotto acido che causa la dissoluzione della parte minerale. Le ossa combuste invece essendo prive della parte organica non attraggono questi microrganismi, questo spiega la loro migliore resistenza all'interno del suolo. Inoltre le ossa cremate sono più resistenti alla dissoluzione da parte degli acidi del suolo, la motivazione non è ancora molto chiara ma si presuppone sia dovuta ai cambiamenti strutturali della parte minerale dell'osso causati dal calore (Mays, 1998).

Ulteriori frammentazioni delle ossa possono avvenire come conseguenza di spostamenti delle ossa ancora calde perciò più fragili sulla pira funebre. L'osso potrebbe rompersi a causa del collasso della pira in uno stadio avanzato della cremazione, oppure riposizionando sulla pira ossa che erano cadute, o come conseguenza di piccoli movimenti dovuti alla riossigenazione della pira (McKinley, 1994).

I movimenti dovuti al raffreddamento uniforme delle ossa e quelli dovuti alla raccolta delle ossa, ne aumentano la frammentazione specialmente se queste sono ancora calde. Da tenere in considerazione inoltre il fatto che in alcuni casi poteva avvenire uno spegnimento voluto della pira (non attribuibile però ad una abbreviazione del processo di cremazione) attraverso acqua e vino che raffreddavano rapidamente le ossa provocando rotture lungo le linee di fessurazione (McKinley, 1994).

Nelle sepolture archeologiche è raro ritrovare una cremazione che contenga tutto l'ammontare delle ossa, anche se non ci sono evidenze di perdita dovute a disturbi post-

deposizionali nella sepoltura. Le ossa cremate possono venire distrutte all'interno del suolo, anche se esse sono più resistenti alla distruzione di quelle incombuste che sono soggette invece all'erosione superficiale a causa del suolo (Mays, 1998).

Di solito nell'area in cui le urne cinerarie vengono seppellite non vi sono tracce di bruciature nel terreno, la pira funebre doveva perciò venire eretta al di fuori di quest'area. La perdita di ossa perciò può verificarsi nel momento in cui esse venivano raccolte dalla pira per essere collocate all'interno dell'urna per la sepoltura. Alcune cremazioni possono contenere frammenti di carbone generalmente in piccole quantità, suggerendo che le ossa potessero essere frantumate fuori dalla pira e poi messe nelle urne; se fossero state frantumate sulla pira, insieme ad esse si dovrebbero ritrovare maggiori quantità di frammenti di carbone (Mays, 1998).

Nella maggioranza delle sepolture le ossa ritrovate sono poche e non rappresentano l'intero scheletro. Ciò può essere dovuto alla limitata capacità dell'urna nel contenerle, anche se in molti casi le urne non sembrano essere completamente piene; l'ammontare delle ossa ritrovato all'interno di esse è in genere molto inferiore a quello che avrebbero potuto contenere. Probabilmente vi era la tendenza a lasciare dello spazio per evitare la rottura dell'urna causata dalla possibile presenza all'interno di essa di qualche frammento di legno o di tessuto molle incombusto, sopravvissuto alla pira e che si sarebbe poi decomposto. Benché questa eventualità non possa essere completamente esclusa, la presenza di tali materiali sembrerebbe molto strana in relazione alla completa combustione della maggioranza dei resti ossei e all'apparente cura con cui essi venivano raccolti (Mays, 1998). Per verificare se la dimensione dei contenitori poteva influenzare la quantità delle ossa raccolte, Mays (1998) fece degli esperimenti per osservare se esisteva una relazione tra la quantità di ossa e il volume del vaso che le conteneva, ma non è stata riscontrata nessuna evidenza di tale rapporto, indicando pertanto che il volume del recipiente non era da mettere in relazione alla quantità delle ossa raccolte. E' possibile che un ammontare di circa 750-1000g fosse sufficiente da collocare all'interno dei vasi funebri e la tendenza a ritrovare in media questa quantità di ossa nella maggior parte delle urne dimostra che ciò rappresentava una pratica funeraria. In caso contrario, se non ci fosse stata nessuna regola fissa, sarebbe più probabile ritrovare quantitativi variabili di materiale osseo (Mays, 1998).

Dallo studio effettuato da McKinley (1994), le dimensioni dei frammenti delle ossa cremate dipendono principalmente dal modo con cui esse sono ritrovate e dal loro tipo di conservazione. Attraverso questo studio si ipotizza che le dimensioni dei frammenti che si ritrovano nelle sepolture dipenda dallo scavo, non coincidendo necessariamente con la dimensione dei frammenti

deposti. Si suppone cioè che i frammenti ossei combusti che venivano seppelliti ai tempi della cremazione del corpo potessero avere dimensioni maggiori e che una causa di frammentazione ossea derivi proprio dai metodi utilizzati per recuperarli (McKinley, 1994).

2.6 Prime indagini sui resti ossei cremati

Ai resti ossei umani cremati del passato per un lungo tempo fu data poca attenzione, questo era dovuto alla loro difficile interpretazione. Tuttavia l'interesse per la storia delle civiltà del passato ha inevitabilmente portato i ricercatori, con o senza intenzione, a contatto con questi materiali.

I materiali incinerati, a causa della loro estrema frammentarietà e deformazione, furono a lungo giudicati non idonei per gli studi paleoantropologici, mentre riconoscimenti e sommarie descrizioni sono noti già dal XVI e XVII secolo (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993). Già nel 1500 l'umanista Nicolaus Marschalk interpretava le urne preistoriche come resti di sepolture del passato; ma la prima reale descrizione di una tomba a cremazione la si deve al famoso medico e autore inglese Sir Thomas Browne nel 1658. In Germania quasi nello stesso periodo il ciambellano Martin Friedrich Seidel di Brandeburgo creò la prima illustrazione delle tombe a cremazione ritrovate per il catalogo della sua collezione privata. Anche il suo compatriota Jacob von Mellen's nella sua *"Historia urnae sepulcralis Sarmaticae"* del 1679 descrive in dettaglio le tombe a cremazione ritrovate in quel periodo, tanto da essere indicato come "il primo teorico delle tombe a cremazione".

Nel 1724 Christian Friedrich Reusch pubblicò un articolo estratto dal suo libro *"De tumulis et urnis sepulcralibus in Prussia"*, in cui egli sosteneva che dalle ossa contenute in un'urna fosse possibile non solo determinare l'età del deceduto ma anche il sesso e la posizione sociale che occupava all'interno della comunità.

Oggi comprendiamo che alcune delle affermazioni sostenute da autori del XVI e XVII secolo, riguardo le tombe a cremazione, furono basate sulla soggettività. Una reale ricerca in senso scientifico che si addentrasse nel problema delle cremazioni non esiste fino alla metà del XIX secolo (Holk, 1997). L'interesse per i resti umani combusti si sviluppò con fini prevalentemente medico-legali nel XIX secolo ed all'inizio del XX secolo, quando cominciarono a comparire anche

analisi di materiali incinerati antichi (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993). Inoltre si può sostenere che il primo lavoro dettagliato nello studio delle tecniche di cremazione delle ossa, in accordo con i moderni principi antropologici, risalga solamente al 1943 ad opera di Wilton M. Klogman che pubblicò un articolo nella rivista *FBI Law Enforcement Bulletin*, discutendo le differenze nelle alterazioni prodotte dal calore sull'osso fresco e su quello secco. Egli esaminò le caratteristiche fisiche dell'osso come: colorazione, fratture, morfologia e alterazioni della superficie in relazione allo spessore dei soprastanti tessuti molli (Schmidt e Symes, 2008). Nuove pubblicazioni in questo campo appaiono in Svezia nel 1947 dove Nils-Gustaf Gejvall, in particolare, venne menzionato come un pioniere nella ricerca sulle ossa cremate sia in campo antropologico che archeologico (Holck, 1997). Dopodiché Wells nel 1960 evidenziò l'interesse per analisi sistematiche. Per quanto concerne l'Italia, tra i primi lavori antropologici sull'argomento citiamo Messeri (1959), Scaglioni (1967), Masali e Lupano Agricola (1971) (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

Lo studio dei resti ossei cremati rientra nell'ambito della "total biological reconstruction", e il suo interesse è dovuto anche al fatto che le cremazioni costituiscono, in alcuni casi, l'unica o la prevalente fonte di informazioni sulla realtà biologica di alcune popolazioni del passato (Drusini e Rippa Bonati, 1988).

Lo studio antropologico delle ossa combuste è indispensabile per risalire al numero minimo degli individui presenti all'interno della tomba, nonché alla determinazione del sesso e dell'età, fornisce inoltre indicazioni sull'individuo in vita, caratteristiche antropologiche e paleopatologiche, informazioni sul trattamento del corpo prima e dopo la cremazione (ossilegio, lavaggio, frantumazione dei resti), sulla disposizione del corpo in relazione alla pira funebre e alle temperature di combustione.

CAPITOLO III

L'ANALISI PALEONUTRIZIONALE

L'analisi paleonutrizionale attraverso l'esame di una molteplicità di indicatori ricavabili dai resti ossei umani mira a ricostruire il regime alimentare di una determinata popolazione. Questo studio consente di stabilire se la dieta era adeguata o povera di alcuni principi nutritivi fondamentali oppure sbilanciata per eccesso di qualche elemento. Gli indicatori fondamentali sono quelli che interessano l'apparato masticatorio, infatti attraverso l'osservazione dei denti e delle patologie registrate su di essi, è possibile ricavare informazioni importantissime che possono riguardare non solo la dieta, ma anche il tipo di società, la cultura e la storia evolutiva delle popolazioni antiche. Purtroppo non sempre si hanno a disposizione questi indicatori scheletrici, nel caso dei resti ossei combusti spesso non è possibile esaminare i denti e le loro caratteristiche a causa della loro distruzione dovuta al processo di combustione. In questi casi è necessario applicare altre tecniche di indagine analitica necessariamente di tipo fisico-chimico come ad esempio l'analisi degli elementi in traccia al fine di ricavare informazioni sul tipo di dieta.

3.1 L'analisi chimica degli elementi in traccia nell'osso

I primi studi svolti nell'ambito dell'applicazione antropologica della chimica delle ossa risalgono agli anni '70; gli studiosi Brown e Gilbert hanno dimostrato per primi il potenziale dell'analisi degli elementi in traccia in un osso umano nell'ambito della ricostruzione delle diete preistoriche.

Il corpo umano contiene 80 elementi chimici, 28 dei quali sono presenti nel tessuto osseo. Elementi di vitale importanza sono: carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto, calcio, magnesio, fosforo, sodio, potassio, cloro e zolfo. Questi elementi principali vengono detti macro-elementi. Ferro, manganese, rame, zinco, molibdeno, cobalto, selenio, iodio, fluoro, nichel, cromo, stagno, silicio, vanadio e piombo sono chiamati micro-elementi o elementi in tracce (Smrčka, 2005). Un elemento si definisce in traccia quando è presente in quantità minori dello 0,01% della massa

corporea - di solito la loro quantità si esprime in ppm (parti per milione) o in ppb (parti per miliardo)-. Nella ricerca paleonutrizionale vengono però impiegati anche elementi che non possono essere considerati in traccia, come il potassio, sodio, magnesio e il calcio che è il quinto elemento in ordine di abbondanza nella massa corporea (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

L'osso e i tessuti calcificati sono importanti archivi dell'accumulo di elementi derivanti dalla dieta e dall'ambiente, infatti la chimica dell'osso riflette l'esposizione sia agli elementi bio-geo-chimici che metabolici (Shafer et al, 2008). Studi contemporanei dimostrano che l'esposizione ai metalli da parte dell'uomo si riflette nell'osso e nei denti. Ciò accade sia oggi che nel passato, avvalorando l'uso delle ossa antiche e dei denti come strumento per stimare l'esposizione agli elementi in traccia nelle antiche popolazioni (Shafer et al, 2008). Lo smalto dentario riflette i livelli di concentrazione degli oligoelementi calcolati al momento della sua formazione, perché non è rimodellato nel corso della vita come avviene invece per l'osso. Pertanto la sua analisi è particolarmente utile se si desidera ricostruire la dieta infantile (Canci e Minozzi, 2005).

L'osso è in dinamico rapporto con il suo ambiente; durante tutta la vita il sistema scheletrico gioca un ruolo indispensabile nel mantenimento dell'omeostasi minerale. L'osso, infatti, serve essenzialmente come "serbatoio minerale", dove gli ioni vengono depositati e rilasciati a seconda delle esigenze fisiologiche. Altri processi come l'assorbimento e l'escrezione di elementi, condizioni fisiologiche come la crescita, la gravidanza e l'allattamento, regolano le concentrazioni degli elementi in traccia (Zaichick et al, 2009).

I processi che coinvolgono la chimica dello scheletro e le microstrutture assicurano che lo scambio di elementi tra le ossa e l'ambiente circostante continui anche dopo la morte dell'organismo e in seguito alla sepoltura nel terreno. Questa propensione allo scambio ionico rende lo scheletro particolarmente vulnerabile alle alterazioni *post mortem* attraverso il contatto con i diversi suoli. Esiste infatti un *continuum* biogenetico-diagenetico nel quale la composizione chimica del tessuto osseo è continuamente alterata sia in un contesto di *ante* che di *post mortem*.

La validità di questo tipo di indagine si basa sulla conoscenza di due processi fondamentali che determinano la concentrazione degli elementi minerali nei reperti ossei. Questi sono appunto i processi di biogenesi ovvero l'insieme dei fattori regolatori metabolici, omeostatici, e dietologici che durante la vita dell'individuo portano le ossa ad avere un certo contenuto di elementi; i processi di diagenesi ossia tutti quegli eventi di natura fisica, geologica e biologica che avvengono

nel terreno nel periodo post-mortem e che possono determinare variazioni anche importanti della composizione chimica delle ossa. La corretta valutazione dei due processi di biogenesi e di diagenesi rappresenta la chiave più importante per poter interpretare correttamente i dati analitici che si ottengono dai reperti ossei con lo scopo di tradurli nelle abitudini alimentari degli individui che si stanno studiando.

Un altro obiettivo da raggiungere negli studi paleonutrizionali è la distinzione fra i diversi livelli trofici della catena alimentare, è necessario comprendere se i reperti ossei analizzati appartengano ad un organismo con abitudini alimentari più vicine a quelle dei carnivori o a quelle degli erbivori.

3.2 Fisiologia del tessuto osseo

La matrice ossea è costituita da una componente organica (30%) ed una inorganica (70%); la prima si compone di numerose proteine, come il collagene, l'osteocalcina, l'osteonectina incluse in una sostanza amorfa costituita da complessi proteico-mucopolissaccaridi e da glicoproteine, mentre la seconda si caratterizza per la presenza di cristalli di idrossiapatite, costituiti chimicamente da difosfato tricalcico – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Il collagene è una proteina del tessuto connettivo organizzata in fasci di fibre che, grazie alla loro elasticità e flessibilità, conferiscono all'osso proprietà di resistenza alla tensione e alla torsione. Il collagene da solo è responsabile del 90% del peso asciutto della matrice organica, mentre altri composti, comprese le proteine non collagene, proteoglicidi e lipidi costituiscono il peso rimanente. Pochi elementi in traccia essenziali, come il ferro e il rame, sembrano venire depositati principalmente nella matrice organica. Per questo motivo la maggior parte degli studi antropologici sugli elementi in traccia analizza la parte inorganica o minerale dell'osso dove sono ubicati gli elementi attinenti alla paleodieta.

Il fosfato di calcio, componente prevalente della parte minerale dell'osso, viene trovato sia in forma cristallina che amorfa (distinzione basata sul livello dell'organizzazione strutturale mostrata dai costituenti di un solido chimico). I solidi cristallini sono costituiti da insiemi di cellule che si ripetono regolarmente, organizzate in uno schema tridimensionale; gli insiemi strutturali di solidi

amorfi, sono invece più disorganizzati. Nella sua forma cristallina, il fosfato di calcio dello scheletro è conosciuto come idrossiapatite (Fig. 3.1); sia la forma strutturale che la natura chimica di questo componente sono soggette a grandi variazioni che comportano sia l'apporto che la perdita di elementi nelle ossa durante la vita e dopo il seppellimento.

Le variazioni stechiometriche nella formula dell'idrossiapatite, $3\text{Ca}_3[(\text{PO}_4)_2\text{Ca}(\text{OH})_2]$, sono dovute ad un fenomeno di scambio ionico. Infatti gli ioni di vari elementi possono entrare come sostituti del calcio in questa formula ed essere quindi fissati nello scheletro (Canci e Minozzi, 2005; Smrcka, 2005). In vivo possono sostituire il calcio ed il fosfato nella idrossiapatite o comunque fissarsi nell'osso, mentre, dopo la morte, possono entrare per sostituzione ionica e/o per penetrazione nei vuoti lasciati dalla perdita di sostanza organica nel corso del processo di fossilizzazione (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993). Il livello di sostituzione che può avvenire durante la formazione del cristallo è limitato da fattori termodinamici e metabolici; inoltre variazioni nella quantità di elementi sembrano essere influenzate dall'età delle strutture della calcificazione. Infatti un osso non maturo, meno calcificato, contiene una più alta proporzione di minerale amorfo, mentre la presenza di questa fase nell'adulto è limitata a specifiche zone che includono le superfici dell'endostio, periostio, trabecole e canali di Havers.

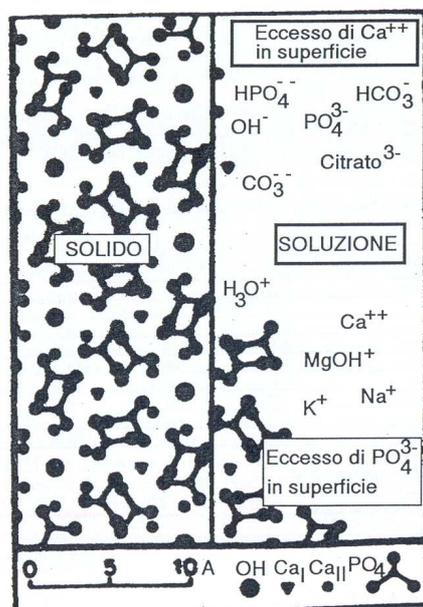


Fig. 3.1 - Modello schematico della struttura e della formazione dell'idrossiapatite nell'osso (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

3.3 Classificazione e funzione degli elementi

Gli elementi presenti nel corpo sono classificati come elementi in maggioranza o in traccia. Questa distinzione dipende dalla loro quantità. Gli elementi in traccia sono inoltre classificati come: a) essenziali per la dieta; b) poco essenziali; c) non essenziali; d) tossici.

Spesso la ricerca antropologica prende in considerazione anche alcuni elementi in maggioranza, quali idrogeno, calcio, fosforo, ossigeno, potassio, sodio e magnesio. Calcio e fosforo giocano un ruolo fondamentale per l'integrità strutturale dell'organismo, mentre carbonio, idrogeno e ossigeno sono essenziali per la formazione di aminoacidi, purine, piramidine.

Nella ricerca paleonutrizionale, in generale si può affermare che un oligoelemento è utile per questo tipo di studio se (Canci e Minozzi, 2005; Borgognini Tarli e Pacciani, 1993):

- ha una riconosciuta relazione con il tipo di dieta;
- non entra nell'organismo per vie diverse da quella alimentare;
- si fissa nell'osso in quantità adeguate per un'accurata misurazione;
- non è soggetto a fenomeni diagenetici di contaminazione (arricchimento, perdita o sostituzione) dovuti alla giacitura.

Le concentrazioni dei vari elementi chimici (Fig. 3.2), sono distribuite diversamente fra le varie fonti alimentari per cui le variazioni di concentrazione di alcuni elementi (come: Sr, Ba, Cu, Zn, V) possono essere impiegate per stimare il tipo di cibo e la sua importanza nella dieta quotidiana degli individui oggetto di studio. Alcuni elementi come lo zinco, il ferro, il rame sono associati alle proteine animali, mentre lo stronzio, il magnesio, il manganese, il bario sono invece presenti in concentrazioni più elevate nel cibo di origine vegetale (Canci e Minozzi, 2005).

Il contenuto di Ca e P fornisce invece indicazioni sulle condizioni di conservazione del materiale osseo; Mn, Fe, Al, K, Na e altri elementi sono indicativi dell'influenza del suolo e degli effetti *post mortem* sull'osso. A causa della sepoltura, degli effetti della diagenesi e delle diverse abitudini alimentari, la composizione degli elementi nell'osso antico dovrebbe presentare alcune differenze rispetto alle ossa recenti. L'incremento nella concentrazione di alcuni elementi, come Al, Fe, Mn, è tipico, mentre la concentrazione di elementi in traccia, come As, Cd, Cu, Ni, Zn, dovrebbe essere

più alta o più bassa in relazione al luogo di sepoltura e alle abitudini alimentari (Zlateva et al, 2003).

Elemento (^)	Cereali	Altri veget.	Carne(*)	Bacche/Noci
Manganese	7,00	2,50	0,20	17,00
Rame	2,00	1,20	3,90	14,80
Zinco	17,70	6,00	30,60	34,00
Stronzio	3,00	2,00	1,90	60,00
Vanadio	1,10	1,60	-(**)	0,71
Cobalto	0,43	0,14	0,22	0,47
Molibdeno	1,79	0,51	4,82	-
Selenio	0,15	-	0,92	-
Magnesio	805,00	307,00	267,00	1970,00

(^) Medie in parti per milione.
 (*) Esclusi pesci e molluschi.
 (***) Assenza di dati sufficienti.

Fig. 3.2 - Concentrazioni medie di alcuni elementi in tracce in varie classi di alimenti (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

3.3.1 Elementi principali assunti

Stronzio. Tra i vari elementi, lo stronzio è un indicatore del tipo di dieta. Le osservazioni sul movimento dell'isotopo ^{90}Sr dall'atmosfera al suolo e da qui alle acque, alle piante ed ai consumatori animali, erbivori e carnivori, hanno mostrato un abbassamento della concentrazione ad ogni passaggio attraverso i livelli trofici (Canci e Minozzi, 2005). Lo stronzio è un metallo alcalino-terroso con un comportamento chimico simile al calcio, ed è rinvenibile in concentrazione variabile nella litosfera. Le acque dolci dei fiumi contengono disciolta una concentrazione media di ioni Sr^{++} provenienti dai vari terreni attraversati, che viene incorporata in questa proporzione dagli organismi vegetali, i quali non hanno la capacità di distinguere tra gli ioni Sr^{++} e gli ioni Ca^{++} ; infatti sebbene il contenuto di stronzio vari considerevolmente tra le diverse specie vegetali e nelle varie parti del corpo della pianta e da stagione a stagione, il rapporto Sr/Ca mantiene in genere un ordine di grandezza costante (Canci e Minozzi, 2005).

I vertebrati invece eliminano stronzio a livello del tratto gastrointestinale e, nella formazione di tessuto osseo (dove finisce il 99% di tutto lo Sr corporeo), questo elemento è discriminato in favore del calcio. Ne consegue che gli erbivori hanno un rapporto Sr/Ca minore rispetto a quello

delle piante di cui si cibano. I carnivori invece avranno un rapporto ancora più spostato a favore del calcio, sia perché operano una seconda selezione metabolica sui tessuti degli erbivori (che avevano a loro volta già discriminato) sia perché si cibano principalmente di tessuti molli in cui si trova solo una minima parte dello stronzio corporeo. Un onnivoro come l'uomo avrà una concentrazione di stronzio nelle ossa intermedia tra carnivori ed erbivori e le fluttuazioni all'interno di questo range daranno indicazioni sul variare dell'ammontare di cibo di fonte animale rispetto a quello vegetale (Canci e Minozzi, 2005). In altre parole, una maggiore concentrazione di Stronzio nelle ossa di un individuo starebbe ad indicare una dieta basata prevalentemente sul consumo di vegetali, mentre un individuo con abitudini alimentari carnivore dovrebbe essere caratterizzato da un basso contenuto osseo di Stronzio (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993). Alte concentrazioni di Sr perciò riflettono un consumo di alimenti vegetali che attestano una dieta prevalentemente vegetariana. Un basso rapporto Sr/Ca indica invece un consumo di cereali come il mais (Zlateva et al, 2003).

Nei bambini il tasso di assunzione metabolica dello stronzio è maggiore rispetto a quello degli adulti, mentre la quantità assoluta di stronzio nelle ossa può essere inferiore, a causa di una minore disponibilità di questo elemento nella dieta infantile. Il latte, infatti, pur essendo molto ricco in calcio, ha un rapporto Sr/Ca decisamente basso, per effetto della ritenzione dello stronzio a livello delle ghiandole mammarie. Un bambino non svezzato avrà un basso rapporto Sr/Ca, fenomeno che si manifesterà ancora più potenziato quando l'allattamento si protrae oltre l'anno, momento in cui il tratto gastrointestinale comincia a discriminare contro lo stronzio (Canci e Minozzi, 2005). La bassa quantità di stronzio nel latte, contro la sua elevata concentrazione nei cereali e nei vegetali in genere, e il rapido *turnover* delle ossa degli individui in crescita permettono, ove si noti un drastico cambiamento nei valori di stronzio ad una data età, di fissare con una certa precisione il momento dello svezzamento (Canci e Minozzi, 2005).

Le variazioni invece che insorgono nel metabolismo del calcio nella donna durante la gravidanza e l'allattamento possono modificare l'assorbimento di tutti i metalli alcalino-terrosi e dello stronzio in particolare. La ritenzione dello stronzio da parte delle ghiandole mammarie e del tessuto placentare incrementa la concentrazione di questo elemento nel plasma materno e porta perciò ad un arricchimento nello scheletro della madre (Canci e Minozzi, 2005).

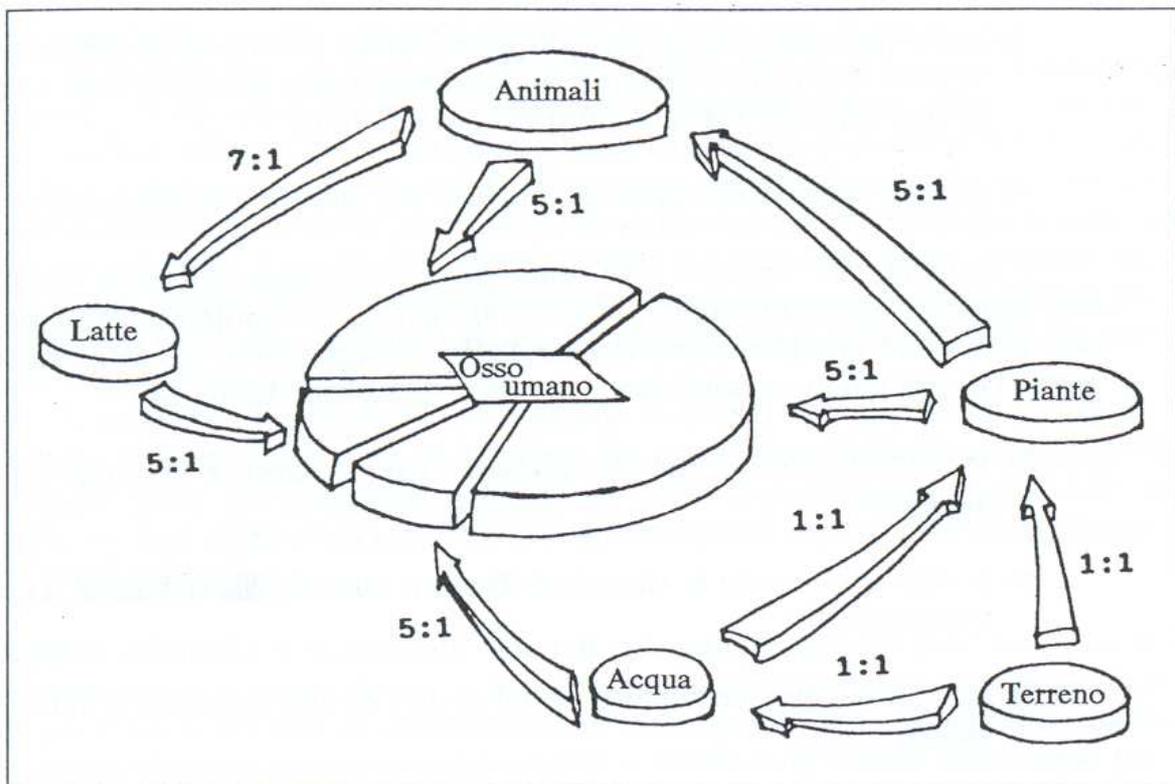


Fig. 3.3 - Ciclo dello stronzio nell'ambiente e nelle ossa umane (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

Bario. Il Bario essendo immediatamente al di sotto dello stronzio nella tavola periodica, perciò di maggior peso e diametro atomico, è più facilmente riconoscibile dall'organismo rispetto allo stronzio stesso e per questo dovrebbe essere un indicatore di dieta più efficace. Il bario però, al contrario dello stronzio, è talvolta soggetto all'entrata nell'osso per diagenesi (Canci e Minozzi, 2005; Smrčka, 2005). Un basso contenuto di Bario indica un consumo di cibo di mare, ciò è avvalorato dal riscontro di un basso rapporto Ba/Sr (Smrčka, 2005; Zlateva et al, 2003).

Zinco. Questo elemento sembra essere esente dai processi diagenetici. Una elevata concentrazione di Zn attesta una dieta prevalentemente vegetariana; alte concentrazioni di zinco si ritrovano però anche nelle noci e nei molluschi (Smrčka, 2005; Zlateva et al, 2003). Mentre lo stronzio diminuisce nella successione erbivori (400-500 ppm) – onnivori (150-400 ppm) – carnivori (100-300 ppm), lo zinco aumenta le sue concentrazioni nella stessa serie: 90-150 – 120-220 – 175-250 ppm.

Elementi contaminanti: il Piombo. La concentrazione di piombo fornisce un'informazione di tipo paleopatologico dell'individuo in questione, individuando uno stato di intossicazione da parte di questo elemento. Le concentrazioni di piombo vengono usate per determinare le differenze socio-economiche, le categorie occupazionali dei singoli individui, il livello di assimilazione di questo elemento e il relativo grado di contaminazione dell'organismo. Anche il piombo è però un elemento soggetto a cambiamenti diagenetici. Alta concentrazione nelle ossa antiche è messa in relazione ad una intossicazione da piombo causata dal suo largo impiego per la produzione di vasellame da cibo e contenitori per bevande dei greci e romani (Smrčka, 2005).

3.3.2 Problematiche nell'interpretazione dei dati

Lo studio degli elementi in traccia presenta alcuni problemi e difficoltà di interpretazione: il principale problema è rappresentato dalle contaminazioni diagenetiche, cioè dai cambiamenti nella composizione chimica dell'osso che avvengono dopo la morte dell'organismo, quindi non più in relazione al tipo di dieta. Durante il periodo di interrimento quindi, un osso può subire perdite per dilavamento o arricchimenti per assorbimento dal suolo degli elementi presenti in origine, con conseguente alterazione dei livelli di concentrazione che l'individuo aveva in vita. Queste perturbazioni possono verificarsi in uno stesso campione per tutti gli elementi o solo per alcuni di essi. Mentre sodio e calcio sono soggetti ad un'uscita post-mortem dall'osso, ferro, alluminio, manganese, potassio e probabilmente rame e bario tendono ad entrare nell'osso dal suolo di giacitura attraverso le acque percolanti (Canci e Minozzi, 2005).

Inoltre variazioni climatiche, fitogeografiche e di pH del suolo possono influire sulla solubilità di un dato elemento e sulla sua assorbibilità da parte dei vegetali. Le variazioni riscontrate, nelle ossa di animali provenienti dallo stesso sito, nel corso del tempo possono essere così dovute non ad un cambiamento del loro regime dietetico, ma ad una alterazione alla base della catena alimentare.

Anche la variabilità tra popolazioni ed individui di una stessa popolazione deve essere presa in considerazione; tale variabilità individuale può essere dovuta a fattori come l'età, il sesso, stati fisiologici e condizioni patologiche che abbiano come conseguenza alterazioni del metabolismo (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

Da considerare sono le differenze metaboliche relative ai vari distretti scheletrici, se si tiene presente il diverso periodo di turnover delle ossa (0.9% per la tibia, 16-19% per le costole) l'esame

di più ossa può portare varie informazioni (Canci e Minozzi, 2005). Ossa lunghe come la tibia o il femore, forniscono valori relativi degli elementi incorporati in età adulta, mentre ossa come le costole, più sensibili alle fluttuazioni delle abitudini alimentari, riflettono invece la dieta degli ultimi anni della vita dell'individuo oggetto di studio (Canci e Minozzi, 2005).

Infine bisogna ricordare che due fattori incidono sui livelli di elementi in tracce in ossa di soggetti di diversa età: i cambiamenti di dieta veri e propri ed un assorbimento differenziato dovuto a cause metaboliche (Canci e Minozzi, 2005). Alcune patologie, specialmente quelle causate da un'alimentazione non bilanciata, alterano il flusso di oligoelementi nell'organismo; l'assorbimento dei metalli alcalino-terrosi può essere inibito nel caso di deficienza di vitamina D, o potenziato ove vi sia una carenza di calcio (Canci e Minozzi, 2005).

Inoltre l'interpretazione delle concentrazioni nello scheletro è spesso offuscata dalla scarsità delle informazioni sugli elementi che costituivano i cibi nelle epoche passate a causa di problemi legati alla difficoltà di valutare gli effetti delle tecniche di preparazione del cibo e gli effetti delle variazioni ambientali sulla dieta. Da tenere in considerazione anche il fatto che una parte di elementi in traccia può penetrare nel cibo come contaminante attraverso gli utensili da cucina.

3.4 Alterazioni diagenetiche degli elementi dell'osso

Diagenesi è una parola derivata dalla terminologia geologica ed intende il degrado e le trasformazioni subite dall'osso *post mortem* in seguito alla deposizione nel terreno. La diagenesi è perciò inclusa nella tafonomia, un più ampio campo che evidenzia tutti gli aspetti del passaggio di un organismo dalla biosfera alla litosfera. Il tessuto osseo può subire un degrado chimico e fisico o alterazioni meccaniche a seguito dell'azione del suolo o di microrganismi, oppure da parte di piante ed animali. Gli effetti diagenetici possono alterare la consistenza del tessuto osseo, modificarne la morfologia e soprattutto apportare alterazioni di natura chimica (Canci e Minozzi, 2005). I processi diagenetici possono essere visti come un momento della fossilizzazione, che trasforma l'apatite biogenica nei molti minerali geologici.

I processi diagenetici sono causati e favoriti da molti fattori di natura "intrinseca" ed "estrinseca". I fattori intrinseci comprendono: la densità, la grandezza, la microstruttura e la

biochimica dell'osso; i fattori estrinseci invece sono costituiti dall'ambiente chimico del sito di seppellimento (Mallegni, 2005).

La matrice dell'osso è costantemente in uno stato dinamico con l'ambiente circostante, scambiando ioni con il terreno di giacitura. Questo fa sì che l'osso sia continuamente interessato da una variazione stechiometrica della sua componente elementare a causa del rilascio o assorbimento di ioni, i quali vengono incorporati nell'osso sostituendo i suoi normali costituenti chimici. Una maggiore porosità, una minore densità di osso e una più grande quantità di materiale amorfo, possono predisporre l'osso agli scambi diagenetici: ad esempio scheletri di bambini possono mostrare una concentrazione estremamente alta di elementi, fatto dovuto probabilmente ad una maggiore quantità di materiale amorfo; inoltre vari studi indicano che la spugnosa dell'osso sia più propensa alla diagenesi rispetto alla compatta (Mallegni, 2005).

Un reperto osseo appena interrato stabilisce un equilibrio chimico con il terreno circostante; gli ioni Ca^{2+} e PO_4^{3-} liberi, cioè presenti nelle acque circolanti nel terreno, sono in equilibrio con gli ioni Ca^{2+} e PO_4^{3-} della superficie dell'osso. L'idrossiapatite può perdere o inglobare ioni Ca^{2+} e PO_4^{3-} a seconda che le loro concentrazioni nella fase acquosa del terreno siano minori o maggiori, rispettivamente, di quelle in equilibrio con il materiale (Mallegni, 2005).

3.4.1 Suoli ed acque

Il suolo è una matrice complessa caratterizzata da una componente organica, da una componente inorganica e da acqua e gas. La sua formazione è dovuta a complicati e continui processi pedogenetici e climatici che agiscono sulla roccia madre, disgregandola e accumulandola nei siti geomorfologici di raccolta (Mallegni, 2005). Le caratteristiche fisico-chimiche del suolo e dell'ambiente interagiscono con la struttura dell'osso alterandola. I cambiamenti che si osservano sono condizionati dal potenziale di ossidoriduzione, dal pH e dal livello di umidità del suolo (Mallegni, 2005). La conoscenza del grado di acidità o di alcalinità del suolo può stabilire se vi siano le condizioni favorevoli per la conservazione delle ossa. Si può affermare che il grado di conservazione dei resti scheletrici sia inversamente proporzionale all'acidità del suolo: l'idrossiapatite di fronte a pH del suolo inferiori a 6 è particolarmente solubile (Mays, 1998).

Nei climi umidi l'acidità è spesso elevata, mentre nelle zone aride i suoli tendono ad essere alcalini; oltre al clima e alle precipitazioni, l'acidità è in relazione al tipo di roccia del substrato. Di

solito i suoli sabbiosi e quelli ricchi di humus sono acidi, mentre quelli calcarei hanno reazione alcalina. Le rocce calcaree sciogliendosi riducono in parte l'acidità e mettono in circolazione calcio e bicarbonato esercitando così un'azione protettiva, ad effetto tampone, rispetto alle piogge acide che degradano il suolo. Le precipitazioni forniscono al suolo l'acqua necessaria a sciogliere i sali minerali in esso presenti e favoriscono l'attività dei batteri decompositori; la temperatura invece provoca un'evaporazione responsabile dell'arricchimento eccessivo di sali minerali nel terreno (Mallegni, 2005).

Quando nel terreno sono presenti elettroliti, cioè composti chimici come acidi, basi e sali solubili in acqua, si origina la produzione di ioni acidi di idrogeno H^+ o di ossidrili alcalini OH^- . Se prevalgono gli ioni H^+ , il terreno avrà una reazione acida, se prevalgono gli ioni OH^- , la reazione sarà basica; se invece la quantità di due ioni sarà uguale, la reazione sarà neutra. Il pH che esprime la reazione neutra corrisponde a 7, valori inferiori a 7 indicano una reazione acida, valori superiori a 7 indicano una reazione basica o alcalina. Da un punto di vista agronomico invece, un terreno è definito neutro quando il suo pH è compreso tra 6.8 e 7.5; è acido quando ha un pH inferiore a 6.8 e basico quando ha un pH superiore a 7.6 (Mallegni, 2005).

In un terreno si possono rilevare due pH, ovvero due acidità: il pH in acqua, che esprime la misura dell'idrogeno acido libero nella soluzione acquosa circolante nel terreno; il pH tampone che invece misura l'acidità costituita dagli ioni di idrogeno positivi legati fisicamente alle cariche elettriche negative dei colloidali organici (humus) e/o minerali come l'argilla, contenuti nel terreno. Quest'ultimo tipo di acidità comporta un aumento degli ioni acidi di idrogeno nella soluzione circolante che abbasserà il pH dell'acqua circolante. Nei casi in cui il pH dell'acqua sia troppo basso si potrà verificare un'insufficiente assorbimento di molti elementi tra cui il calcio, magnesio, potassio e fosforo, un eccesso di disponibilità nel terreno di manganese, alluminio, ferro, rame e nichel e una bassa disponibilità di calcio, magnesio, potassio, boro e rame dovuta ad una lisciviazione. Un pH troppo elevato, invece, può causare una carenza di tutti i microelementi: ferro, manganese, boro, calcio, potassio, magnesio ecc. (Mallegni, 2005).

La sepoltura in terreni basici consente di solito una buona conservazione del tessuto osseo, mentre i terreni acidi promuovono la decalcificazione dell'osso (Cattaneo e Grandi, 2004).

In base al tipo di terreno di giacitura si osservano diverse alterazioni chimiche subite dall'osso (Canci e Minozzi, 2005; Mallegni, 2005):

- Suolo ghiaioso: il terreno è permeabile all'acqua, l'osso assume un colore biancastro e diventa friabile a seguito dell'azione batterica; grazie alla loro basicità, permeabilità ed areabilità per la presenza di ghiaie, questi suoli hanno un potere conservante dell'osso; nei terreni areati di questo tipo l'azione batterica distrugge più velocemente la sostanza organica.
- Suolo umido ed argilloso: una volta recuperati ed esposti alla luce del sole o a fonti di calore, sui resti ossei possono comparire crepe e fratture, a seguito del processo di evaporazione dell'acqua accumulata nell'osso durante la giacitura; in genere preserva i resti scheletrici in quanto nei terreni intrisi di acqua si può verificare l'arresto dell'azione batterica, cosicché il degrado avviene lentamente.
- Suolo sabbioso: terreno molto permeabile, per cui l'acqua favorisce una perdita di sostanza organica da parte del tessuto osseo e lo rende fragile e poroso avviene perciò una disgregazione superficiale con conseguente fragilità dell'osso; la conservazione in questo terreno dipende dalla quantità e dall'acidità dell'acqua circolante.
- Suolo salino: avviene un accumulo di sali nell'osso con sbiancamento della superficie.
- Suolo in caverna: questi terreni trasportati nelle caverne dall'acqua possono essere formati da argille, sabbie, ghiaie, accumuli di frammenti di calcare cementati insieme da carbonato di calcio, oppure ammassati da strati di carbonato precipitato. In questi casi l'osso è esposto a fenomeni di mineralizzazione consistenti in un accumulo di carbonato di calcio o di minerali sottoforma di concrezioni o variazioni cromatiche.
- Suolo acido: si assiste ad una pesante demineralizzazione fino alla scomparsa dell'osso in suoli con pH inferiori a 6; questi tipi di suoli hanno perciò la tendenza a sciogliere i minerali ossei ad una velocità che dipende dal grado di acidità e dalla quantità di acqua che viene filtrata.
- Suolo agricolo: possibile contaminazione chimica a seguito di un'elevata concentrazione di fertilizzanti e pesticidi nel suolo.

3.4.2 Piante, funghi, batteri e animali

Le radici delle piante possono provocare un cambiamento della struttura inorganica dell'osso, mediante la secrezione di sostanze chimiche che macchiano la superficie (Canci e Minozzi, 2005).

Le condizioni di giacitura di uno scheletro possono inoltre favorire l'aggressione fungina o batterica e l'azione di questi microrganismi altera le proprietà fisico-chimiche del tessuto osseo. I funghi soprattutto quelli appartenenti al genere *Mucor* o *Cladosporium* (Canci e Minozzi, 2005),

causano una solubilizzazione dell'apatite che si manifesta sotto forma di canalicoli osservabili microscopicamente sulla superficie ossea. Anche nel caso di batteri avviene un fenomeno di solubilizzazione della componente minerale dell'osso, a seguito dell'escrezione di acidi organici quali cataboliti, e dalla concentrazione di anidride carbonica generata dalla loro respirazione. Fra le specie batteriche più frequentemente riscontrate quali agenti diagenetici dell'osso, ricordiamo quelle del genere *Escherichia*, *Pseudomonas* e *Bacillus* (Canci e Minozzi, 2005). Un'altra proprietà fisica dell'osso che può variare è la densità, la cui diminuzione è riconoscibile dalla leggerezza in termini di peso dell'osso e dalle cribrosità più o meno estese sulla sua superficie (Canci e Minozzi, 2005).

I microrganismi favoriscono il rilascio di elementi non solo dalla dissoluzione del collagene, ma anche dall'azione distruttiva degli acidi dei metaboliti dell'idrossiapatite. Gli ioni H^+ prodotti dagli acidi organici e carbonici possono sostituire il calcio nella struttura dell'idrossiapatite, esso può infatti essere lisciviato fuori dell'osso, accumulato in parte nella soluzione circolante del terreno e in parte precipitato nel terreno come sale minerale di fosfato e solfato di calcio. La perdita di calcio da parte dell'osso porta ad una idrossiapatite ricca in ioni H^+ (più acida) e povera in ioni Ca^{2+} . Allo stesso tempo, la soluzione del terreno perde protoni e accumula ioni Ca^{2+} diventando sempre meno acida: a questo punto potrebbe anche verificarsi che il Ca del terreno, in equilibrio con l'osso, vada a sostituire i protoni dell'idrossiapatite e a ricostituire in parte il materiale osseo originale, ridonandogli una certa resistenza meccanica (Mallegni, 2005).

Gli animali sono un altro grande agente diagenetico dell'osso. Già poco dopo la morte dell'individuo numerose specie animali iniziano il consumo dei tessuti molli. Il tessuto osseo inoltre essendo ricco in sostanze minerali e il suo midollo, eccellente riserva proteica, subisce importanti interventi da parte degli animali (Canci e Minozzi, 2005).

3.4.3 Identificazione della diagenesi

Per evitare che fenomeni diagenetici possano viziare l'interpretazione dei risultati nelle concentrazioni degli elementi nelle ossa, si operano vari controlli (Canci e Minozzi, 2005; Borgognini Tarli e Pacciani, 1993):

- Analisi faunistica: consiste nell'associare all'analisi delle ossa umane quella di animali a dieta nota rinvenuti negli stessi strati del medesimo sito; se la concentrazione di un dato elemento

in un gruppo di sicuri erbivori è significativamente diversa da quella dei sicuri carnivori e non c'è sovrapposizione tra le due distribuzioni, non c'è motivo di ritenere che la contaminazione dal suolo si sia limitata ai soli resti umani sottoposti a identiche condizioni di giacitura. Qualora invece non risultino differenze significative fra erbivori e carnivori si consiglia di escludere l'elemento in questione come indicatore paleonutrizionale. Il maggiore problema per l'esecuzione di questo tipo di controllo è rappresentato dalla rarità dei resti di carnivori nella maggior parte dei giacimenti antropici, a questo inconveniente si può solo in parte ovviare utilizzando i resti dei soli erbivori come base per un'approssimativa standardizzazione.

- Analisi del suolo: vengono fatti paragoni tra le concentrazioni totali di elementi di un osso e i campioni di terreno che gli sono associati (teoria del gradiente di concentrazione). Effettuando campionature sequenziali di terreno in prossimità di un osso in giacitura primaria si evidenziano eventuali gradienti decrescenti (in caso di perdita di oligoelementi dall'osso) o crescenti (sintomo di un arricchimento in elementi in tracce provenienti dal terreno), indicando così la presenza o meno di diagenesi. L'accertamento della presenza di fenomeni diagenetici non esclude di per sé l'utilizzazione di un elemento come indicatore paleonutrizionale. Infatti se il flusso è stato proporzionale ai livelli *ante-mortem* o comunque tale da non mascherare differenze tra resti faunistici a dieta nota, l'elemento può essere ugualmente impiegato come indicatore, pur non facendo riferimento a valori assoluti.
- Distribuzione degli elementi nell'osso con micro-analisi degli elettroni: la distribuzione omogenea tra la superficie e l'interno dell'osso è indicativa di stabilità; un gradiente radiale lungo la sezione ossea può essere l'indizio di una circolazione ionica tra tessuto osseo e suolo; i contaminanti si accumulano tipicamente sulla superficie esterna della corteccia dell'osso, a volte anche lungo l'endostio per cui attraverso questa analisi è possibile riconoscerli.
- Diffrazione a raggi X: questa tecnica fornisce un modo per dimostrare i processi diagenetici in relazione all'incremento della cristallinità, recristallizzazione, scambi ionici con l'inclusione di Sr e Ca, e l'incorporamento di varie fasi minerali nei materiali scheletrici.
- Paragoni osteologici : sono studi comparativi dello scheletro che comprendono paragoni intraosso, fra ossa e fra popolazioni.

3.5 Tecniche analitiche

Nell'analisi delle ossa antiche sono impiegate varie tecniche analitiche (Zlateva et al, 2003):

- AAS (atomic absorption spectroscopy);
- ICP-AES (inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy);
- ICP-MS (inductively coupled plasma mass spectroscopy);
- INAA (instrumental neutron activation analysis);
- XRF (termofluorescenza a raggi X)
- Combinazione di AAS/ICP-AES;
- Combinazione di ICP-AES/XRF

Il metodo inizialmente più usato negli studi paleonutrizionali è la spettrometria di assorbimento atomico (AAS). Questo metodo richiede piccole quantità di osso (0.5-1.0g) che viene polverizzato, incenerito in muffola a circa 500°C e infine solubilizzato mediante attacco acido (HCl o HNO₃). Le misure quantitative in AAS, che si basano sull'assorbimento di energia luminosa da parte di un campione atomizzato in fiamma, e vengono utilizzati spettri per identificare e quantificare gli elementi specifici, necessitano del confronto con soluzioni di riferimento a concentrazioni note. Tali spettri, composti di lunghezze d'onda di ogni elemento specifico, sono emessi da sostanze gassose. Normalmente, gli elettroni di un elemento, ruotano intorno ad un nucleo senza assorbire o emettere radiazioni. Gli elettroni stimolati vengono trasportati in orbite lontane dal nucleo, sprigionando energia e generando spettri caratteristici nel tornare alle loro posizioni originali. Gli elettroni vengono eccitati dal calore di una fiamma o da strumenti come una fornace di grafite. Dalla misurazione delle lunghezze d'onda si identifica e si quantifica ogni specifico elemento. Tutto si basa sulla legge di Kirchoff, che sostiene che la materia assorbe luce alla stessa lunghezza d'onda alla quale la emette. Per l'analisi di un campione complesso come l'osso, la AAS è soggetta a fenomeni di interferenze fisiche e chimiche. Inoltre lo svantaggio di questa tecnica è quello di analizzare un elemento per volta (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

Altro metodo utilizzato è la spettrometria ad emissione atomica mediante plasma indotto ad alta frequenza ICP-AES o MS, basata sulla proprietà degli atomi di emettere spettri caratteristici se eccitati ad alta temperatura, permette di superare molti degli inconvenienti dell'AAS con una preparazione del campione assai simile (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993). E' infatti anch'essa una forma di spettrometria luminosa: gli elementi vengono identificati da degli spettri sprigionati dalla

soluzione del campione, ottenuta iniettando questo in una camera ardente contenente argo. La quantificazione degli elementi analizzati viene poi svolta misurando le intensità degli spettri emessi. A causa della sua sensibilità e capacità di analizzare simultaneamente più elementi, l'ICP è la tecnica più usata per l'analisi di elementi in un osso archeologico.

Uno tra i metodi più precisi è l'attivazione neutronica NAA, non distruttiva e che permette l'analisi contemporanea di un vasto spettro di elementi. Il campione viene bombardato da neutroni in un reattore nucleare che trasforma isotopi non radioattivi in forme radioattive e instabili. I nuclei attivati del campione emettono radiazioni gamma caratteristiche del tipo di elementi presenti e della loro quantità (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

Infine l'analisi quantitativa degli elementi può essere effettuata mediante la spettrometria con fluorescenza a raggi X (XRF), mediante la quale gli elementi costituenti il campione, vengono eccitati in seguito al bombardamento con raggi X primari; gli atomi del campione diventano fluorescenti, in quanto essi perdono questa energia sprigionando raggi X secondari a lunghezze d'onda caratteristiche di ogni specifico elemento. Le determinazioni dei quantitativi vengono poi determinate in base all'intensità delle lunghezze d'onda emesse.

La scelta del campione osseo per queste tipologie di analisi è molto importante e dipende dal tipo di informazioni che si vogliono ottenere. Le differenze più significative si hanno fra ossa e denti. Lo smalto dentario è un tessuto stabile che non subisce il continuo rimodellamento metabolico tipico della componente minerale dell'osso, perciò i livelli di elementi presenti al suo interno riflettono le concentrazioni presenti nel plasma al momento della formazione di questo tessuto. L'analisi dei denti fornisce quindi indicazioni sulla dieta dell'individuo in età giovanile. Vi è una certa variabilità anche tra diverse ossa di uno stesso individuo; per tentare di quantificare questa variabilità è necessario scegliere più campioni di osso da vari distretti scheletrici; qualora ciò sia impossibile a causa di scheletri troppo frammentari o troppo preziosi, è opportuno cercare di minimizzare gli effetti, analizzando possibilmente lo stesso elemento scheletrico per tutti gli individui (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

CAPITOLO IV

IL CONTESTO STORICO: L'EPOCA ROMANA

4.1 L'occupazione del territorio

Tra III e II sec. a.C. i Romani occuparono il territorio padano, tappe fondamentali della conquista furono la fondazione della colonia di *Ariminum* (268 a.C.), la definitiva vittoria sulle tribù celtiche dei Boi (191 a.C.), la fondazione delle colonie di *Bononia* (189 a.C.) e *Mutina* (183 a.C.) e il tracciamento di una nuova rete viaria sulla via *Aemilia* (187 a.C.) realizzata da Emilio Lepido che collegava *Ariminum* (Rimini) a *Placentia* (Piacenza) (Magnani, 2003).

La rete stradale crebbe contribuendo alla conquista; le strade (Fig. 4.1) erano infatti un importante strumento di controllo del territorio, facilitando i movimenti delle legioni e favorendo i contatti fra i vari territori conquistati. In questo periodo viene impostata la centuriazione, ovvero la suddivisione razionale del territorio in maglie quadrate di 20 *actus* di lato (circa 170 metri), dette *centuriae*, ottenute mediante l'incrocio di assi ortogonali tra loro, i *kardines* in direzione nord-sud e i *decumani* in direzione est-ovest. Ogni centuria era suddivisa all'interno da assi *intercisivi*, che delimitavano campi separati da muretti, fossati, filari di alberi, siepi e sentieri. L'orientamento delle centurie poteva avvenire *secundum coelum* o *secundum naturam* ossia seguire precisi calcoli astronomici oppure tenere conto delle caratteristiche naturali del terreno, tendenza quest'ultima che in genere sembra prevalere.

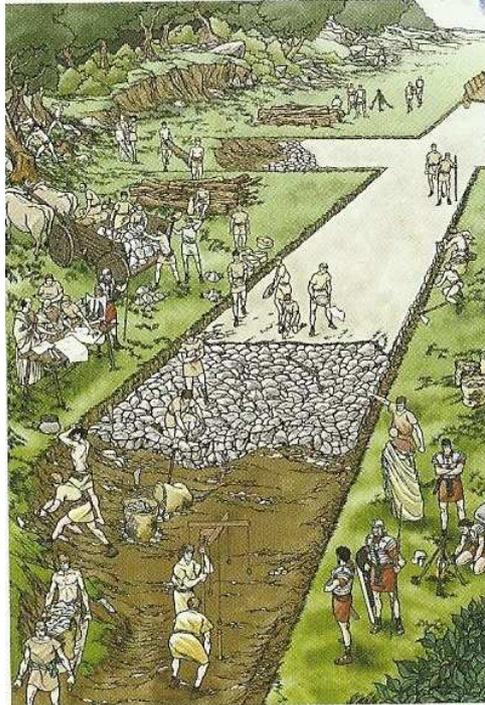


Fig. 4.1 - Costruzione di una strada romana (Immagine: Museo Archeologico Ambientale S.Giovanni in Persiceto)

Il territorio, disboscato e bonificato, veniva distribuito ai coloni, che gestivano i lotti agricoli già dotati di un sistema viario, con canali e fossati per il deflusso delle acque e l'irrigazione. In territorio bolognese numerose sono gli insediamenti rurali detti *villae*, collocati all'interno della ripartizione centuriale. In genere le *villae* (Fig.4.2) sono singole abitazioni costituite da pochi vani e appartenenti a piccoli e medi proprietari terrieri con un buon tenore di vita. Le testimonianze archeologiche datano questi insediamenti tra la fine del I secolo a.C e gli inizi del I secolo d.C. in età triumvirale o augustea. Questo sistema cominciò ad entrare in crisi, come dimostra la progressiva diminuzione delle evidenze archeologiche, a partire dal III secolo d.C., momento in cui l'Italia sembra subire sempre più la concorrenza delle province dell'impero.

Durante l'età imperiale si ha lo sviluppo di una agricoltura specializzata che necessita di edifici in cui trasformare e immagazzinare i prodotti. Le abitazioni dovevano essere inizialmente di piccole o medie dimensioni, costruite con materiali deperibili come legno e argilla, con coperture ad embrici e coppi. Dal I secolo d.C. anche i muri venivano innalzati in laterizio, impiegando il mattone sesquipedale manubriato, di un piede e mezzo di lato (30x45cm), dotato di un incavo che ne facilitava presa e trasporto; questi mattoni erano di produzione locale, ad opera delle fornaci (Fig. 4.3) che spesso si ritrovano nei siti e che sfruttavano le locali cave di argilla. Le

pavimentazioni, che di solito erano in terra battuta, nelle *villae* erano realizzate in mattonelle fittili di forma esagonale, romboidale o rettangolare; solo in alcuni casi i pavimenti erano rivestiti di mosaici. Nei locali come cantine e magazzini, deputati allo stoccaggio e alla conservazione dei prodotti agricoli, il pavimento era in terra battuta, il quale permetteva l'inserimento di grandi contenitori di derrate come dolii e anfore.

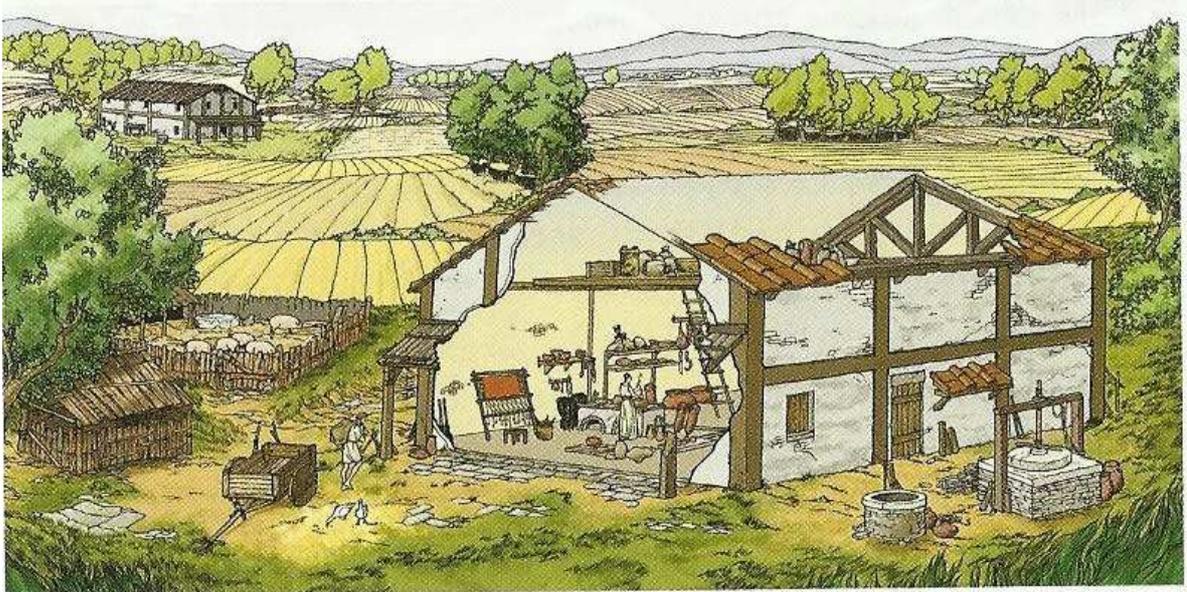


Fig. 4.2 - Casa colonica romana (Immagine: Museo Archeologico Ambientale S. Giovanni in Persiceto).

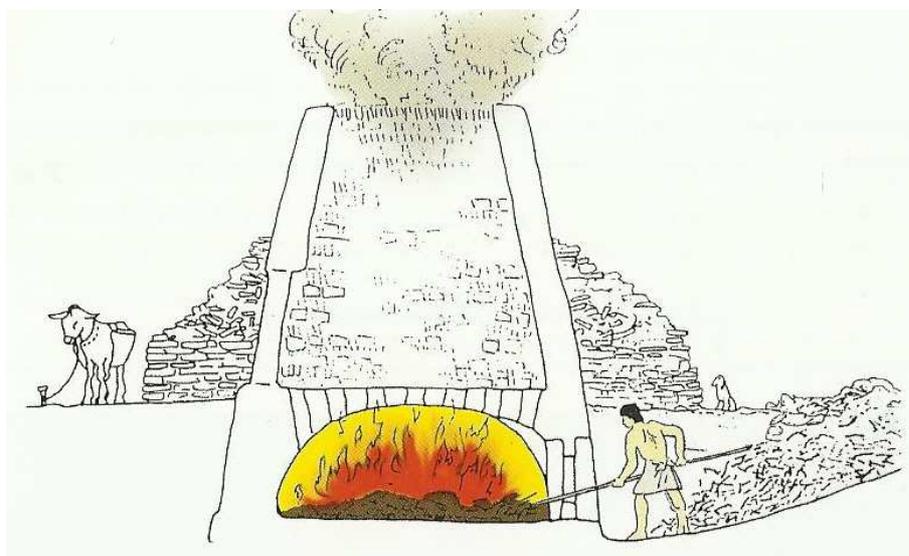


Fig. 4.3 - Ricostruzione di una fornace per laterizi (Immagine: Museo Archeologico Ambientale S. Giovanni in Persiceto).

Tra gli oggetti di uso quotidiano (Fig. 4.4), il vasellame fine da mensa in ceramica a vernice nere costituiva il tipo più diffuso in età repubblicana; la produzione era quella di tazze o coppe usate nei banchetti, con decorazioni a stampiglia o a incisione. Dalla metà del I secolo a.C. si diffuse la cosiddetta terra sigillata, con decorazioni e bolli che spesso riportavano il nome del proprietario dell'officina e/o dell'artigiano decoratore, essa andò a sostituire parte della produzione ceramica a vernice nera. La ceramica a pareti sottili (3-5 mm di spessore) era presente fino al III secolo d.C., essa venne impiegata per piccoli contenitori: bicchieri, coppette e boccali. La ceramica comune invece era riservata all'uso quotidiano, sotto forma di piatti, scodelle, brocche, bottiglie, boccali e bicchieri. La rozza terracotta invece veniva usata come ceramica da fuoco, piuttosto resistente per via dell'inserimento di inclusi nell'impasto.

I contenitori per la conservazione e lo stoccaggio di alimenti erano i dolii e le anfore, che ospitavano prodotti come: vino, miele, olive, grano, frutta secca, salsa di pesce (*garum*).



Fig. 4.4 - Particolare dell'interno di una casa colonica romana (Immagine: Museo Archeologico Ambientale S. Giovanni in Persiceto).

Nel territorio bolognese doveva essersi sviluppata una vivace economia, caratterizzata da un'intensa attività agricola, dall'allevamento, da attività produttive e da commerci favoriti da una rete stradale capillare ed efficiente.

4.1.1 Il paesaggio naturale e antropico in epoca romana

I romani instaurarono un'attività agricola intensiva e variamente diversificata grazie al miglioramento delle condizioni climatiche che hanno permesso la coltivazione di nuove specie come l'olivo. La presenza di olivo e leccio testimonia infatti l'optimum climatico iniziato già durante l'età repubblicana e caratterizzato da un clima mite e temperato.

La zona del suburbio di *Bononia* durante l'epoca era caratterizzata da zone aperte e incolte (Fig. 4.5). Il bosco è caratterizzato dal querceto, dominano le latifoglie decidue: querce caducifoglie in particolare farnia (*Quercus robur*) (Fig.4.6), frassini (*Fraxinus*), carpino comune (*Carpinus betulus*) e olmo (*Ulmus*). Discreta è la presenza inoltre di aree coltivate a cereali alternate a prati e pascoli; ben attestate sono anche le zone ad orto (Curina et al, 2010)

Le coltivazioni presenti nel territorio comprendevano: cereali (grano tenero, grano grosso, spelta, farro e piccolo farro, segale, orzo, avena , miglio, panico), leguminose (fava, lenticchia, pisello, cicerchia), piante tessili (lino e canapa) e ortive (cicoria, carota, fragola pastinaca, porcellana, zucca da vino), alberi da frutto (ciliegio, fico, gelso bianco e nero, mirabolano, noce, olivo, pero, pesco, pino da pinoli, susino) e vite. I campi, percorsi da una rete di canali e fossati di irrigazione, dovevano essere divisi da arbusti e alberi da confine, alternandosi al bosco e a prati e pascoli, con aree a maggese. Infatti accanto alla pratica agricola vi erano attività legate ai terreni boschivi, incolti e paludosi, come la raccolta del legname, il pascolo e la pesca.

Dal III secolo d.C. avviene un regresso dell'organizzazione agricola, a causa di un deterioramento delle condizioni climatiche, con alluvioni e impaludamenti che si manifesteranno maggiormente durante il periodo tardoantico.



Fig. 4.5 - Piantata tipica della pianura bolognese.



Fig. 4.6 - Farnia (*Quercus robur*)

4.2 Religione e ritualità romana

La religiosità (*pietas*) è la giustizia verso gli dei; l'uomo pio è un uomo di dovere, un uomo che una volta adempiuti gli obblighi del culto è in regola con gli dei. Gli dèi devono essere soddisfatti compiendo riti appropriati, infatti l'intesa felice con il mondo soprannaturale può spezzarsi facilmente a causa di un errore involontario, un gesto inopportuno, l'omissione di un rito, anche se compiuti senza la minima intenzione di offendere le potenze superiori o di compiere il male, bastano a provocare la collera degli dèi. Allora accadono dei prodigi, avvertimenti celesti per comunicare agli uomini che la *pax deum*, il patto con gli dèi, è rotto. Diventa perciò opportuno rimediare a questa colpa svolgendo riti espiatori; qualunque cosa l'uomo offra agli dei deve essere perfetta: vittime senza peccati, sacrifici conformi al rituale e degni della grandezza degli dei (Champeaux, 1998). Nella religione romana vi è una distinzione importante fra *sacra publica* e *sacra privata*: i culti pubblici, riconosciuti dal popolo, sono gestiti dai magistrati e dai sacerdoti addetti a celebrarli a spese e secondo le intenzioni della comunità; i culti privati, sono affidati invece alle cure di privati cittadini, ma controllati dalla religione di stato (Champeaux, 1998). All'epoca anche il rapporto tra i vivi e i morti assumeva innanzitutto una valenza pubblica, di natura sociale, in quanto si riteneva che il corpo del trapassato, con la sua impurità, rappresentasse una minaccia in grado di corrompere l'ordinamento civile e di alterare il regolare svolgimento delle attività quotidiane. Per questo motivo la religione ufficiale interveniva attraverso normative giuridiche e prescrizioni rituali allo scopo di garantire corrette procedure del rituale funebre e a purificare ciò che fosse stato contaminato, e soprattutto a definire il rapporto del defunto nei confronti della comunità dei viventi: rapporto basato su una chiara distinzione di ruolo e di statuto, secondo un principio che prevedeva la separazione tra la città dei vivi e quella dei morti, ossia la necropoli con la sua consueta collocazione extramuranea (Ortalli, 2009). Alla religione privata appartengono unicamente i culti pertinenti ai singoli individui o alle famiglie, alle *gentes* (la famiglia), ai collegi (associazioni di artigiani) e agli stranieri. La gente comune celebrava devotamente i culti domestici e adempiva scrupolosamente agli obblighi religiosi. Nella vita della famiglia romana erano presenti cerimonie religiose e sociali: nascita, riti di passaggio alla vita adulta, matrimonio e morte. Il *pater familias* era tenuto a celebrare periodicamente le ricorrenze registrate nel calendario e a onorare, anche quotidianamente, due ordini di potenze soprannaturali: gli dei della casa e i defunti della famiglia, le anime presenti o divinizzate dei morti. I romani chiamavano le anime dei morti *Lemures*, *Larvae* e *Manes*. La famiglia è contaminata dal

contatto con la morte che deve essere purificata con riti appropriati: il sacrificio di una scrofa a Cerere, il pasto sulla tomba, la pulizia con la scopa e la purificazione della casa e di tutti coloro che hanno assistito alla sepoltura. Il lutto dura nove giorni, il pasto del nono giorno ne segna la fine e la famiglia è di nuovo pura (Champeaux, 1998; Rupke, 2001).

I riti funerari che assicurano ai morti la giusta sepoltura, sono destinati a dar loro una tomba fissa e a far sì che nell'altro mondo possano sopravvivere in pace e soprattutto che sia loro impedito di tornare sulla terra a tormentare i vivi. Questi spettri malefici sono le Larve, ombre dei defunti ma anche veri demoni infernali, gli altri i morti "buoni" della famiglia sono festeggiati solennemente in febbraio ed in maggio. Dal 13 al 21 febbraio la famiglia celebra una novena per i morti, i *Parentalia*, che fa parte dei culti privati; i congiunti portano sulle tombe delle corone, alcune offerte alimentari, del sale, del pane inzuppato nel vino e anche delle violette, le anime vengono a nutrirsi; il 22 febbraio cadono i *Caristia*, festa della famiglia che si riunisce per un pasto, la festa viene anche chiamata "festa della Cara parentela". Il ritorno dei morti in febbraio, non incute spavento, perché se saranno placati secondo le regole, essi ritorneranno serenamente nella dimora sotterranea, dopo avere visitato i vivi (Champeaux, 1998; Rupke, 2001). I rituali di maggio invece sono più arcaici, perché si ispirano a concezioni primitive della religione e della morte, sono riti notturni e si svolgono in tre giorni, il 9, l'11 e il 13, separati, come di rito, da un giorno pari, essi hanno lo scopo di placare i Lemuri, entità terrifiche, ombre notturne dei morti prematuramente o delle vittime di omicidio che ritornano per invadere le case dei vivi (Milella et al, 2008). Il padre di famiglia doveva perciò eseguire un rituale notturno incitando gli spiriti ad abbandonare la casa, gettando dietro di sé delle fave nere (Champeaux, 1998). Anche la sospensione di particolari oggetti tra le colonne dell'atrio, detti *oscilla*, sui quali erano raffigurati simboli di prosperità e immagini di carattere apotropaico, aveva lo scopo di difendere la casa e tenere lontane le presenze ostili (Cesari, 2008).

Gli Dei Mani, *Di Manes*, sono i morti divinizzati, il cui nome è inciso al primo posto nelle iscrizioni funerarie, abbreviato in DM, fin dagli inizi dell'impero; *Manes* significa "buoni", ma è un nome dato ai morti solo dall'urgenza della paura, nel tentativo di rendere "buoni" coloro che sono cattivi per natura. Infatti nel pensiero romano i morti contaminano la comunità dei vivi e li spaventano, perciò vengono allontanati dalle abitazioni e seppelliti in necropoli che si estendono all'esterno delle città (Champeaux, 1998; Rupke, 2001). La *iusta sepultura* e il *iustum sepulchrum* avevano significativi effetti anche sul corpo del defunto; la natura impura del cadavere non consentiva di considerarlo come cosa religiosa, ma la sacralità di cui beneficiavano il *locus*

sepulturae ed il sepolcro entro cui giaceva si riflettevano su di esso, proteggendolo legalmente da qualsiasi intrusione o violazione, e, soprattutto, consentendo allo spirito del morto di divenire *anima quiescens* e di essere accolto nella comunità dei *Manes*. Il sepolcro inoltre concretizzava il concetto dell'*aeterna domus*: luogo destinato ad accogliere stabilmente il corpo del defunto, proteggendolo e garantendogli una perenne quiete in virtù della sacralità e delle tutele giuridiche di cui era rivestito (Ortalli, 2009). Una delle funzioni primarie della struttura tombale è quella di "involucro"; essa, infatti, racchiudeva, isolava e immobilizzava il cadavere. Le spoglie mortali dovevano infatti essere relegate in una condizione di assoluta inamovibilità sia che fossero ricoperte da un cumulo di terra, racchiuse in una cassa lignea, deposte in un'urna cineraria o sigillate in un sarcofago. Tutto ciò sia a protezione del defunto, ma soprattutto per impedire al morto di uscire dalla propria tomba e di tornare tra i vivi (Ortalli, 2009).

4.2.1 La credenza nel *revenant*

La religione romana prevedeva la possibilità di morti imperfette e di tombe incompiute, indicatrici di temibili effetti negativi per la comunità. In alcuni casi poteva avvenire un'*insepulta sepultura*, cioè un seppellimento non accompagnato da quelle liturgie cerimoniali che garantivano la tutela sacrale delle spoglie e che relegavano il defunto, come *umbra errans*, nell'inquieta schiera dei non trapassati (Ortalli, 2009). Gli individui per i quali non sono stati eseguiti i riti funerari, sono destinati a un'esistenza miserevole, senza poter mai penetrare nel mondo dei morti, né aggregarsi alla società che vi si è costituita. Sono questi i morti più pericolosi: essi vorrebbero riaggregarsi al mondo dei vivi e, non potendolo, si comportano nei suoi confronti come stranieri ostili. Sono privi dei mezzi di sussistenza che gli altri morti trovano invece nel loro mondo e perciò devono procurarseli a spese dei vivi; inoltre questi morti, senza casa né tetto, provano un acerbo desiderio di vendetta. Perciò i riti funerari sono anche riti utilitaristici: essi infatti aiutano coloro che sopravvivono a sbarazzarsi di nemici eterni (Van Gennep, 1981). A non beneficiare di una giusta sepoltura potevano essere alcune categorie di soggetti: coloro che erano stati colpiti da un fulmine, i morti prematuri e di morte violenta, i deportati, i nemici, gli infami e i criminali, i giustiziati, gli annegati e i suicidi, tra questi ultimi in particolare gli impiccati "*suspendiosi*". La cattiva morte e l'assenza di una sepoltura rituale costringevano le ombre dei defunti ad aggirarsi inquiete sulla terra, assumendo le sembianze di *Larvae* e *Lemures* (Ortalli, 2009). Le precauzioni e i rimedi che ufficialmente venivano adottati per contrastare tale evenienza erano limitati ad atti

propiziatori, sacrifici, riti di purificazione e gesti scaramantici ed esorcistici; in realtà venivano praticate azioni più incisive, indirizzate direttamente ai corpi dei defunti giudicati pericolosi, in modo da neutralizzare gli influssi nefasti ed impedirne il ritorno, effettuando rituali di tipo magico, manipolazioni, mutilazioni e distruzioni del cadavere. Questo genere di atto turpe e sacrilego, non era infrequente, tanto che esistevano apposite leggi redatte a protezione delle tombe e a tutela dei corpi che vi erano deposti, dette *actio de sepulchro violato*. Dall'inoltrata età imperiale sono documentati provvedimenti che contrastavano la profanazione dei cadaveri infliggendo pene severe a chi avesse commesso tale reato. Oltre ai danneggiamenti e alle dispersioni delle spoglie potevano poi avvenire dei trafugamenti ovvero l'asportazione di corpi o parti di essi dai cimiteri, in relazione a pratiche magiche e rituali divinatori. Rientrano tra le sepolture di tipo non convenzionale: corpi non integri o violati, in giacitura scomposta o anomala, morti in giacitura prona, parzialmente smembrati, decapitati prima o dopo il seppellimento, a volte con il capo collocato tra le gambe, in conseguenza di sacrifici umani, condanne capitali, azioni belliche, atti rituali e cerimoniali con i quali si intendeva evitare la rianimazione dei defunti impedendone il ritorno tra i vivi (Ortalli, 2009). Queste pratiche sarebbero un modo per assicurare per sempre alla loro tomba potenziali ritornanti "revenants" o non morti. Lo scopo finale è quello di legare indissolubilmente il corpo al suo nuovo status anche in senso sociale, di defunto. In questi casi si mettono in atto azioni non molto dissimili a quelle che si utilizzerebbero sui vivi allo scopo di immobilizzarli o ucciderli definitivamente. Un alto valore simbolico appartiene all'uso di conficcare uno o più chiodi sul defunto, questo gesto ha la reale funzione di uccidere il morto vivente ma possiede anche la simbologia di fissare il cadavere al luogo di sepoltura. In generale la nascita di un *revenant* è imputata a diverse cause: innanzitutto esiste una predisposizione individuale come nel caso di persone socialmente indesiderate come: malfattori, stregoni o di religione diversa a quella comune, poi possono intervenire cause di predestinazione: se si è nati con qualche malformazione o con la membrana amniotica che copre il volto si è candidati a tornare dall'oltretomba; anche particolari azioni condotte durante la vita o le cause della morte, soprattutto se è repentina, violenta o suicida possono generare un *revenant* (Pancaldi, 2002; Cesari, 2008). Come riportato dal folclore e dalle cronache, i revenants possono essere sottoposti a diversi tentativi di uccisione durante un lasso di tempo variabile, fino a che le loro azioni non cessano di manifestarsi.

4.2.2 Il rituale crematorio romano

A Roma in genere la cremazione e l'inumazione coesistono fin dall'VIII secolo a.C. con prevalenza ora dell'una o dell'altra: nel periodo arcaico il defunto veniva sepolto per inumazione, poi in età classica per incinerazione; generalmente viene proibita la cremazione dei bambini, in particolare di quelli che non hanno ancora i denti, dei suicidi, dei beoni e della gente di malaffare (Capone, 2004).

Quando un romano di alto rango moriva il suo corpo veniva lavato e preparato per la sepoltura, veniva deposto su di un letto di fronte alla porta, spesso con una moneta (il *naulum* – obolo di Caronte) nella bocca o nella mano come offerta per il viaggio che avrebbe dovuto intraprendere sopra il fiume Stige verso l'aldilà. La salma veniva lasciata così per pochi giorni durante i quali i visitatori, che le recavano omaggio, chiamavano per nome il defunto per essere certi della sua morte.

Se una persona veniva messa sulla pira funebre ancora viva essa veniva considerata un essere maledetto e diventava uno spirito malvagio chiamato *lamia*. Dopodiché una solenne processione con musicisti e accompagnatori professionisti che seguivano il defunto procedeva dalla casa del morto al Foro romano, dove i parenti annunciavano ed elogiavano le qualità personali del defunto. La processione continuava fino al campo di Marte o quando necessario ad un altro terreno di sepoltura fuori dalla città, dove veniva eretta una pira funebre a forma di altare.

La salma veniva poi deposta sulla pira con abbigliamento ed effetti personali, a questo punto i parenti stretti accendevano il fuoco voltando il viso da un altro lato in segno di avversione e dispiacere nel compiere questo atto. Credendo che i "*manes*" desiderassero del sangue, un animale veniva contemporaneamente sacrificato sulla pira, mentre nei tempi precedenti era un umano ad essere sacrificato. Se la salma faticava ad essere distrutta dal fuoco era un segno di disapprovazione degli dei e se il cadavere rimaneva bruciato per metà era segno di grande oltraggio verso il defunto. Inoltre il fatto che il cuore del defunto non venisse opportunamente bruciato era considerato prova di avvelenamento.

La cenere rovente veniva poi raffreddata con del vino o del latte e deposta nell'urna sepolcrale (Holck, 1997). Attraverso la purificazione del fuoco l'individuo diventa "*lares*", così venivano chiamati gli dei domestici, o "*manes*" cioè membro di un gruppo di spiriti degli inferi, la

tomba era quindi spesso incisa con le lettere DM(S) *Dis Manibus (Sacrum)* ovvero devoto e sacro ai *manes*.

Diverse fonti romane parlano di un rituale consueto: prima che venisse sottoposto a cremazione, al cadavere veniva tagliato un dito che veniva seppellito gettandogli sopra tre manciate di terra. Questo sarebbe dovuto all'antica usanza di inumare i propri defunti, a cui si era sostituito il rito della cremazione nella prima epoca imperiale. Evitare di bruciare tutto il corpo e conservare un dito tagliato, il cosiddetto *os resectum*, assicurava un ritorno alla terra e rappresentava un simulacro di dimora eterna. Questa pratica, oltre a rappresentare un ricordo degli antichi riti di sepoltura, aveva la funzione di legare lo spirito al regno degli inferi, dove si credeva dimorassero le anime (Cesari, 2008; Champeaux, 1998).

Sulla tomba veniva consumato un banchetto funebre durante il quale si utilizzavano diversi contenitori di vasellame da mensa; inoltre si lasciavano lucerne e balsamari sul sepolcro (Montevecchi, 2009). Le urne erano di terracotta oppure di vetro (*ollae*) e potevano essere sepolte nella nuda terra o all'interno di una tomba o mausoleo o più comunemente deposte nelle cellette di un sepolcro collettivo il pubblico colombario (*colombarium*) cosiddetto per la sua somiglianza con le nicchie costruite per la cova dei colombi (Holck, 1997; Capone, 2004). I più antichi colombari appaiono verso la metà del I secolo a.C., alcuni sono per famiglia, della capacità di 20 o 30 nicchie al massimo, ma altri possono averne molte di più, anche qualche centinaio. Quelli più numerosi appartengono generalmente a collegi funerari o a grandi corporazioni e sono destinati quasi sempre a gente del popolo, operai, liberti e servi (Capone, 2004).

La cremazione in genere avveniva in appositi luoghi fuori città detti *ustrina*, a volte il defunto veniva avvolto in un lenzuolo di amianto perché le sue ceneri non si confondessero con quelle della legna, come scrive Plinio il Vecchio (Gaio Plinio Secondo, 23-79 d.C.) nel suo "*Naturalis Historia*" alludendo ad un lino incombustibile, purificato dal fuoco e definito anche lino vivo, usato come manto funebre per la cremazione dei re, il fuoco lo rendeva bianco e puro ed impediva la contaminazione delle ceneri regali (Fig. 4.7). L'amianto è un minerale filamentoso, cattivo conduttore di calore che al fuoco e alla fiamma non brucia; lenzuoli di amianto sono stati trovati in sepolture romane ad incinerazione fin dal I secolo a.C. (Capone, 2004).



Fig. 4.7 Antica illustrazione sulla proprietà dell'amianto di essere tessuto e di fornire tessuti anti-fuoco (dal sito web: www.prevenzioneonline.net).

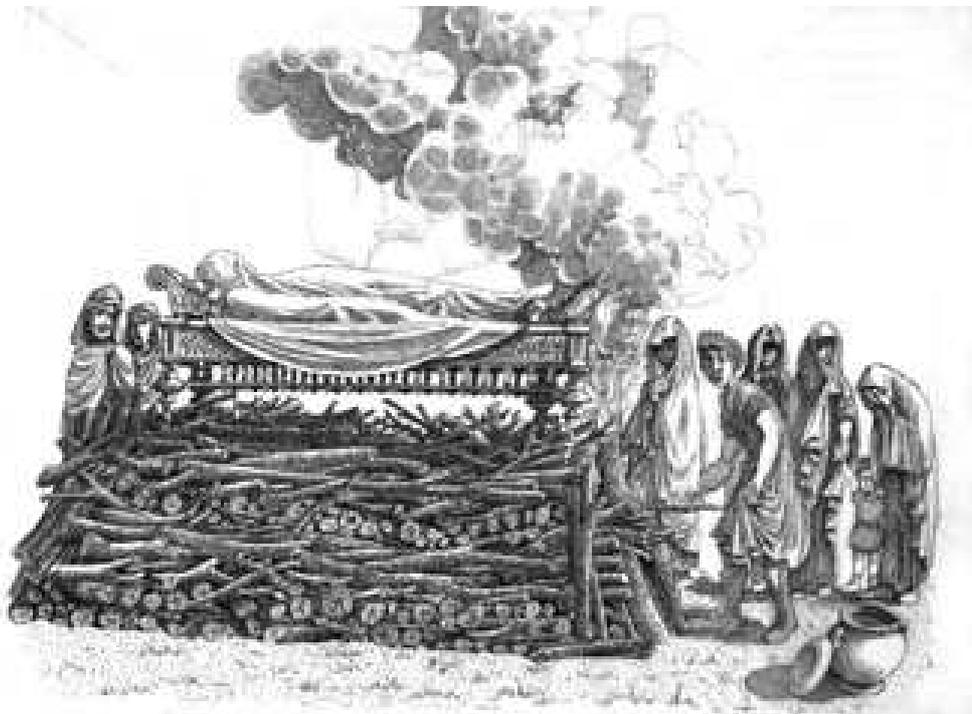


Fig. 4.8 - Ricostruzione del rituale funebre crematorio romano(fonte: www.francescocorni.com).

4.3 La necropoli romana della Stazione Centrale di Bologna

4.3.1 La necropoli

La necropoli di età romano-imperiale databile tra il I e il III sec. d.C. è emersa durante la costruzione della nuova linea Alta Velocità presso la stazione ferroviaria di Bologna. I lavori di scavo sono stati condotti dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna sotto la direzione della Dott.ssa Caterina Cornelio Cassai tra il 2004 e il 2007, e hanno restituito un complesso di 222 sepolture, 183 a rito incineratorio e 39 a rito inumatorio (Cornelio Cassai, 2008).

Il territorio indagato, oltre 103.000 m², è collocato a Nord dell'attuale area ferroviaria, con particolare attenzione alla fascia parallela a via de' Carracci (36.000 m²) (Fig. 4.8) (Schema 4.1-4.2). Sono stati evidenziati cinque settori di interesse archeologico, convenzionalmente denominati aree "A-B-C-D-E". In epoca romana questa zona coincideva con il suburbio settentrionale di *Bononia*, caratterizzato da una prima fase di appoderamento, seguita dalla realizzazione di numerosi tracciati viari e da una fitta rete di canalizzazioni, innestate su incisioni preesistenti (Cornelio Cassai, 2008). Nelle aree C ed E sono stati individuati impianti produttivi (tre fornaci e una calcara) (Fig. 4.9-4.10) annessi ad edifici rustici (adiacenti ma non intercettati), mentre nelle aree A, B e D è emersa una razionale rete itineraria, lungo la quale si sviluppano diversi nuclei sepolcrali che configurano la zona come una vasta area funeraria (222 tombe). In particolare sono stati individuati tre assi viari fiancheggiati da tombe, caratterizzate da precisi ordinamenti spaziali, in cui emergono raggruppamenti di tipo familiare, sociale o corporativo, talvolta concentrati all'interno di precise delimitazioni (Cornelio Cassai, 2008).

L'area funeraria più complessa e articolata è denominata come area A: 142 tombe, assegnabili al I-III sec. d.C. e distinte in 116 cremazioni e 26 inumazioni, è ubicata nel settore a est di una strada *glareata* obliqua orientata da SSE (centro urbano) a NNO (fascia periurbana a valle) (Fig. 4.11) alla quale si aggiunge in un secondo tempo un nuovo elemento di attrazione, un canale di drenaggio, ubicato a est della strada e orientato NNE-SSO, a ovest del quale si origina un nuovo sepolcreto (Cornelio Cassai e Cavallari, 2009). Questa area è caratterizzata da recinti funerari che delimitano nuclei sepolcrali in cui sembrano riconoscibili raggruppamenti prevalentemente di tipo familiare e da stele con la fronte epigrafica rivolta verso la strada stessa. A ovest sono presenti suddivisioni razionali dello spazio con un accurato ordine distributivo, mentre sono assenti resti di monumenti, a esclusione di un sarcofago (tomba 1) (Fig. 4.12), individuato all'estremità

meridionale dell'area di scavo, che sembra essere il fulcro di un nucleo funerario a rito inumatorio databile almeno fino al III secolo.

L'area funeraria B è ubicata ai limiti orientali dell'area di scavo, presso il ponte di via G.Matteotti, in virtù di un preciso allineamento N/NE – S/SO di sepolture a ovest dell'infrastruttura moderna, è stato possibile dedurre l'esistenza di un itinerario isorientato. L'ipotesi della presenza di questo importante asse viario a est dell'area B, al di sotto del ponte di via G.Matteotti, è stata poi suffragata, dalla scoperta di un tratto di strada *glareata* orientata N/NE – S/SW (Cornelio Cassai e Cavallari, 2009 bis). Quest'area è costituita da 64 tombe (57 cremazioni e 7 inumazioni, di cui una infantile), databili al I-II secolo d.C., ed è ubicata a Ovest dell'attuale ponte Matteotti, a Ovest del *cardo*, la cui struttura è stata solo parzialmente indagata in galleria. Gli altri due nuclei funerari risultano paralleli al tracciato di un decumano minore (aree D e A-D, compresa tra A e D, costituite da 16 sepolture attribuibili al I sec. d.C.)(Cornelio Cassai, 2008).

L'area D è caratterizzata da un nucleo sepolcrale di nove tombe (5 incinerazioni e 4 inumazioni, di cui due infantili), orientate ONO/ESE e ubicate a sud della rete scolante di epoca romana parallela ad un decumano minore (individuato solo parzialmente); la zona risulta inoltre solcata da una fitta rete di corsi d'acqua e di fossati, in parte anteriori alla necropoli e in parte posteriori. Le canalizzazioni sono state interessate da interventi di manutenzione almeno fino alla tarda antichità, periodo in cui le frequenti incisioni, finalizzate al ripristino dell'attività degli alvei, hanno intercettato alcune tombe del sepolcreto (Cavallari, 2008).

L'area A-D si trova a circa 40 metri di distanza a ovest dell'area funeraria D, si compone di un altro nucleo di sette tombe (5 incinerazioni e 2 inumazioni) anch'esse orientate ONO/ESE, e ubicate a sud della canalizzazione parallela al tracciato di un decumano minore; i due sepolcreti erano separati da un canale postmedievale orientato NNO/SSE, che potrebbe aver cancellato le tracce di ulteriori sepolture (Cavallari, 2008).

La necropoli della Stazione Centrale di Bologna si colloca ad una certa distanza dagli antichi centri abitati, in zona suburbana attraversata da strade di una qualche importanza, caratterizzata da impianti residenziali e produttivi di tipo misto cui, tra terreni liberi, si alternano svariati nuclei tombali. Tale circostanza potrebbe essere casuale ma non si può neppure escludere che le

macabre pratiche condotte sui cadaveri, non riconosciute ufficialmente dalla morale e dalla religione dell'epoca, o addirittura vietate dalla legge, fossero praticate di nascosto, in luoghi periferici ed isolati. Inoltre da tenere in considerazione è il fatto che la discriminazione nei confronti di un personaggio rifiutato in vita dalla comunità poteva persistere anche dopo la morte, traducendosi in un impietoso trattamento riservato al cadavere oppure nella sfavorevole ubicazione del sito di seppellimento (tombe 76 e 244) (Ortalli, 2009).

L'isolamento di alcune sepolture sembra interpretabile secondo diverse chiavi di lettura: a ovest dell'asse viario dell'area A la tomba 76 (e ipoteticamente la sepoltura 16) sembra inquadrabile nell'ambito di una emarginazione intenzionale da parte della comunità di alcuni individui, una sorta di condanna pubblica, mentre la tomba 1 (sarcofago) e alcuni monumenti a est della strada *glareata*, evidenziano uno schema spaziale, più o meno regolarmente replicato, rispondente alle precise indicazioni di pedatura delle stele confinarie (Cornelio Cassai e Cavallari, 2009bis).

Le tombe a rito misto sono dotate di preziosi corredi. Tra i reperti più significativi è stata ritrovata una gemma in agata zonata con incisione di cavallo e una gemma in onice con incisa una testa d'aquila. Molto importanti inoltre alcune monete in bronzo, talvolta forate in un secondo tempo per utilizzarle come pendenti. Sono stati rinvenuti anche alcuni balsamari (porta profumi) in vetro (Fig. 4.13), una conocchia (strumento in osso per filatura), bottiglie ed ollette monoansate in terracotta e numerose lucerne con i diversi marchi di fabbrica ancora leggibili: "FORTIS", "CDESSI" o "ATIMET" (Fig. 4.14) (fonte: www.archeobo.arti.beniculturali.it).

Le analisi antropologiche condotte sugli scheletri di alcuni individui inumati inducono sempre a ipotizzare un intervento *post mortem*, compatibile non con un supplizio ma con un trattamento successivo, atto ad inibire il ritorno del defunto e a risolvere ogni rapporto con esso (Cornelio Cassai e Cavallari, 2009bis).

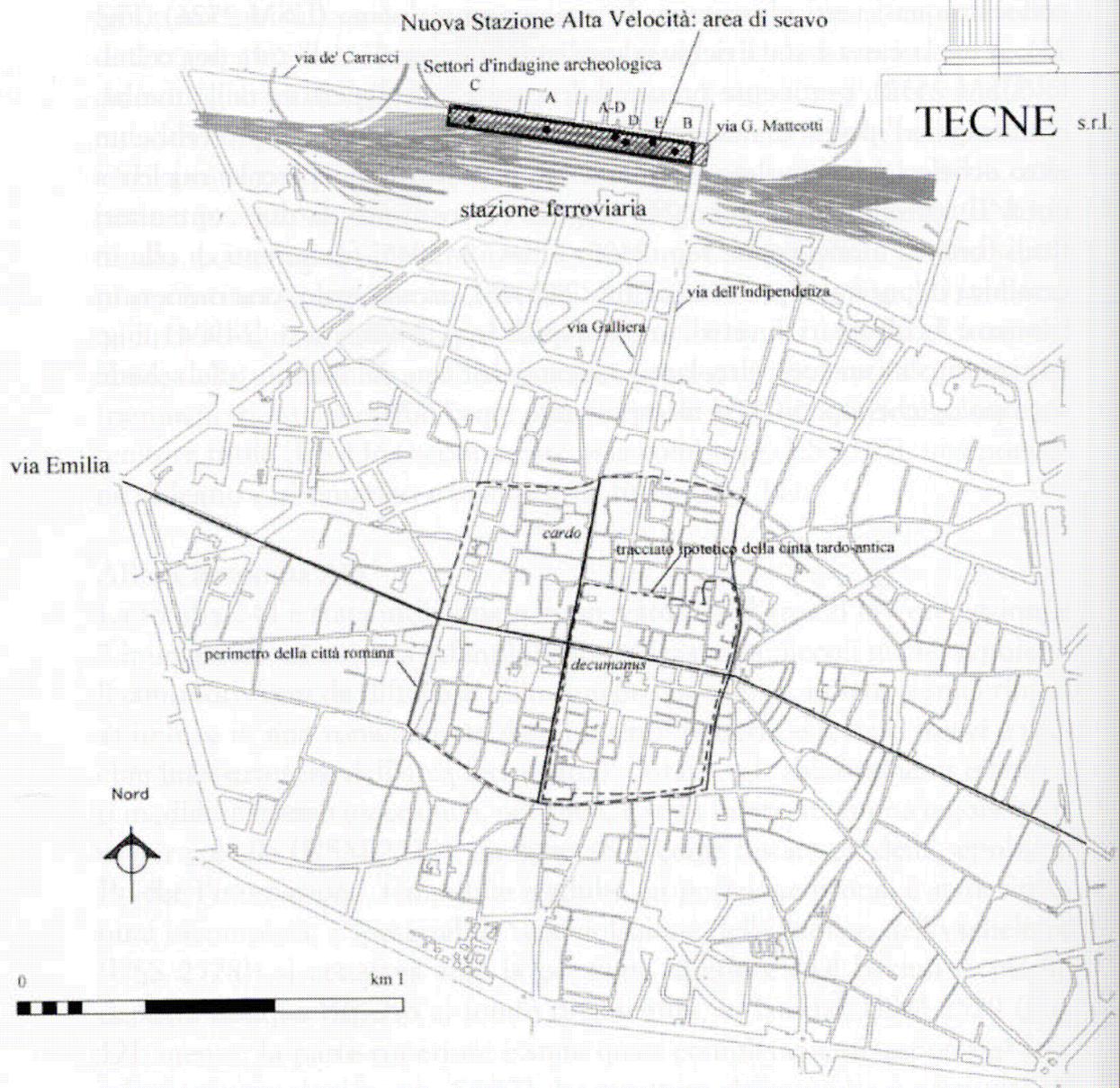
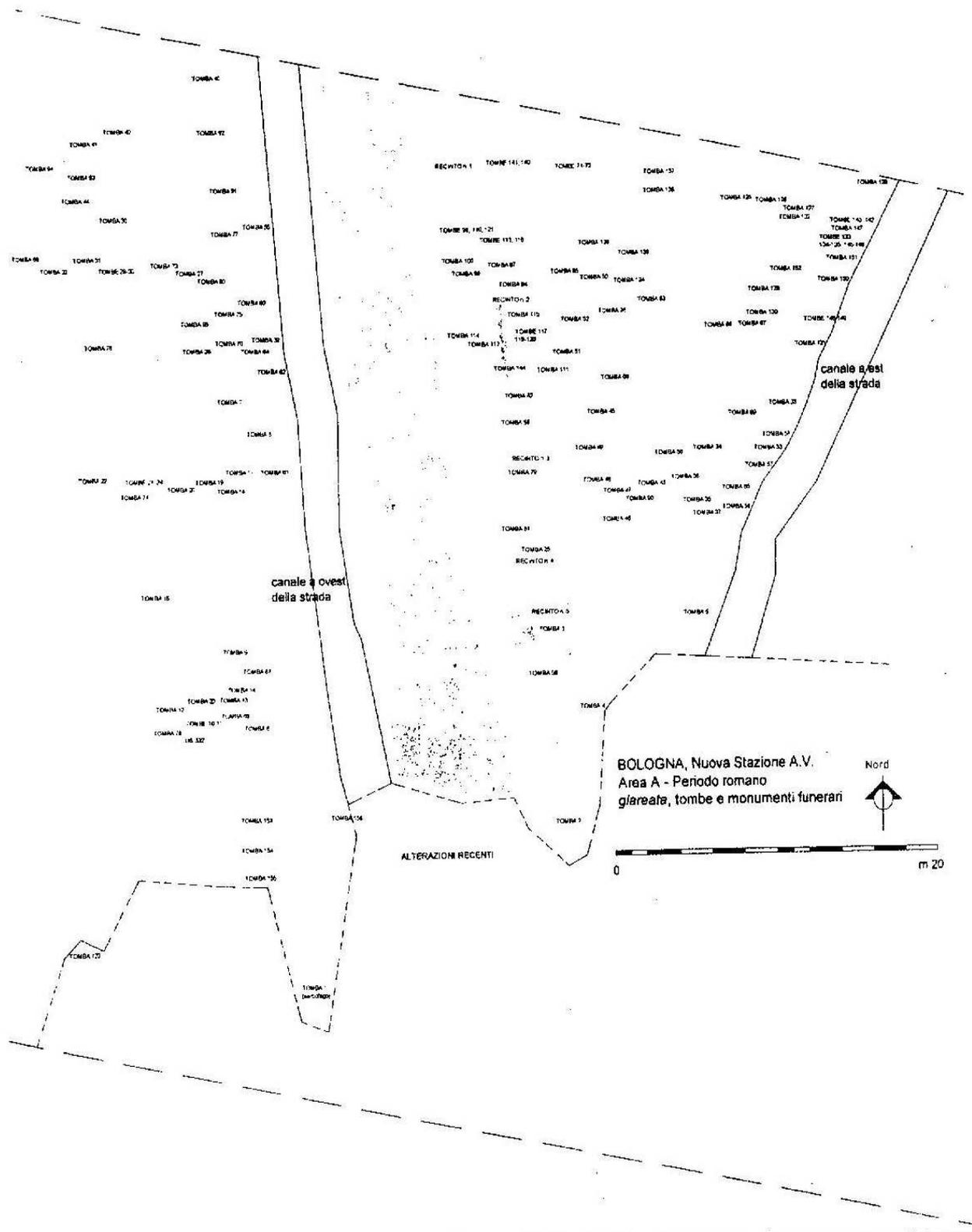
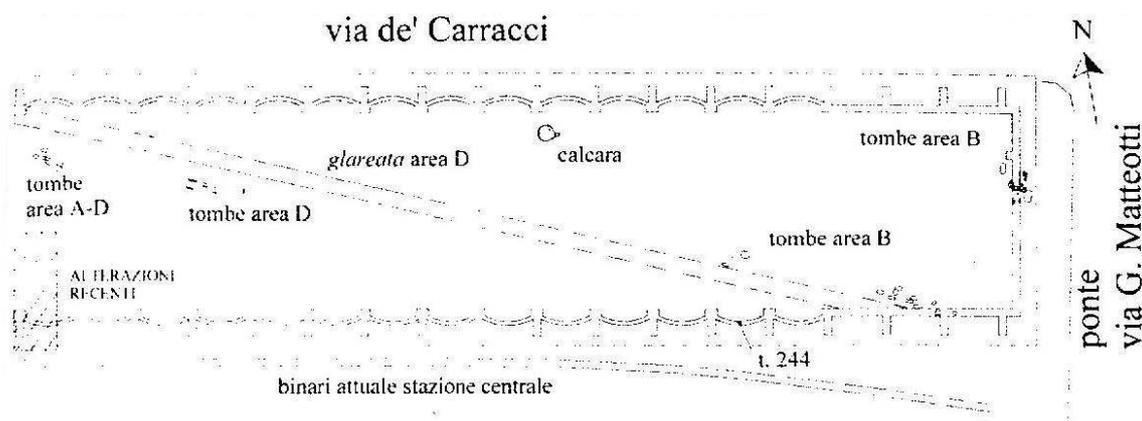


FIG. 4.8 – Bologna, planimetria della città romana e tardoantica: ubicazione dell'area di scavo della Nuova Stazione dell'Alta Velocità (Cavallari, 2008).



SCHEMA 4.1 – Planimetria dei sepolcreti e dell’asse viario dell’area A (rilievo C.Cavallari) (Cornelio Cassai e Cavallari, 2009).



SCHEMA 4.2 – Schema planimetrico dei sepolcreti A-D, D e B (rilievo C.Cavallari) (Cornelio Cassai e Cavallari, 2009).



FIG. 4.9 – Fornaci romane per la produzione di vasi e laterizi (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (fonte: www.archeobo.arti.beniculturali.it).



FIG. 4.10 – La calcina, fornace per la produzione di calce (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell’Emilia Romagna) (fonte: www.archeobo.arti.beniculturali.it).



FIG. 4.11 - Bologna, nuova stazione TAV: veduta generale dell’area di necropoli con la strada glareata al centro (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell’Emilia Romagna) (fonte: www.archeobo.arti.beniculturali.it).



FIG. 4.12 – Sarcofago in arenaria (tomba 1), area A della necropoli (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (fonte: www.archeobo.arti.beniculturali.it).



FIG. 4.13 – Balsamari (porta profumi) in vetro (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (fonte: www.archeobo.arti.beniculturali.it).



FIG. 4.14 – Lucerna in terracotta del produttore “ATIMET” (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell’Emilia Romagna) (fonte: www.archeobo.arti.beniculturali.it).

4.3.2 Il rituale funerario della necropoli AV di Bologna

Il complesso funerario risulta di notevole interesse in quanto il contesto di alcune inumazioni suggerisce la presenza di particolari rituali funerari. Alcune sepolture risultano particolarmente rappresentative per il tipo di deposizione dell’inumato, per la presenza di oggetti con una probabile funzione simbolica (chiodi e balsamari) e per le tracce presenti sulle ossa riferibili ad interventi sul cadavere (Milella et al, 2008). I trattamenti sono diretti solo alle inumazioni, il più antico rito funerario romano, infatti secondo Plinio l’uso dell’incinerazione si sarebbe diffuso nel mondo romano per timore della violazione dei sepolcri. Nelle varie aree funerarie sono attestati autoctoni e alloctoni appartenenti a diverse classi sociali, integrati in virtù di un’acculturazione. Agli inizi del I sec. d.C. pare fosse ormai giunto a compimento il processo di integrazione sociale delle varie componenti che costituivano la compagine civica locale, integrazione che si traduceva anche nell’identità delle scelte personali connesse al rito e al culto funerario (Cornelio Cassai e Cavallari, 2009bis).

Interessante risulta essere la tomba 76 dell'area A, inumazione in posizione isolata, a ovest della strada ed in pessimo stato di conservazione con alcuni grossi chiodi conficcati nelle ossa (Fig. 4.15- 4.16)(Cornelio Cassai e Cavallari, 2009). A distanze piuttosto regolari sono ubicate in analogo isolamento altre due sepolture: la tomba 16, un'incinerazione in cassa laterizia, rinvenuta priva di copertura e la tomba 1, un sarcofago, danneggiato dai vecchi lavori ferroviari del Dopoguerra, privo di copertura e dei resti del defunto (Cornelio Cassai e Cavallari, 2009bis). L'inumato era deposto in una fossa terragna, giaceva in posizione supina, con cranio rivolto a ONO e con gli arti inferiori piuttosto ravvicinati, congiunti all'altezza delle ginocchia e delle caviglie. La posizione degli arti inferiori e la sovrapposizione dei piedi, rendono plausibile l'utilizzo, all'atto della sepoltura, di un sudario o di un analogo mezzo fasciante, anche se non si può escludere che queste caratteristiche siano dovute alla deposizione del cadavere in una fossa particolarmente stretta. Sulla base delle connessioni anatomiche rilevate sembrerebbe che la sepoltura sia primaria, la deposizione del cadavere pare sia avvenuta in spazio pieno, senza il ricorso a strutture contenitive (Milella et al, 2009). Gli arti superiori erano incrociati sul petto e il polso destro era fissato allo sterno mediante un chiodo; altri chiodi, rinvenuti frammentari, erano conficcati nel cranio all'altezza del forame auricolare destro della cavità orbitale e della cervice. Presso la clavicola destra è stato recuperato un chiodo, mentre diversi frammenti relativi a uno o più chiodi erano presenti a livello dello sterno (Fig. 4.17). Un anello in ferro, fissato al terreno da due chiodi è stato individuato all'altezza della spalla destra. In assenza di elementi di corredo datanti e in via del tutto preliminare, tale sepoltura viene collocata cronologicamente entro il II sec. d.C. (Cornelio Cassai e Cavallari, 2009). L'assenza di reazioni infiammatorie in prossimità dei punti di entrata dei chiodi tendono ad escludere che l'individuo possa essere sopravvissuto ad un evento traumatico per un certo lasso di tempo antecedente il decesso. I chiodi potrebbero essere stati infissi *per mortem*, immediatamente prima o dopo il decesso. E' possibile che le caratteristiche osservate si riferiscano ad un intervento praticato sul cadavere non ancora scheletrizzato, probabilmente nell'ambito di comportamenti rituali che cercavano di immunizzare i vivi dalla nefasta influenza del morto o che tentavano di confinare nella sepoltura le cause che avevano portato al suo decesso. In questa sepoltura la volontà di bloccare il morto si esprime mediante un vero e proprio ancoraggio al terreno, come lascia supporre l'anello di ferro fissato con due chiodi al fondo della fossa, vicino alla spalla, con ogni probabilità utilizzato per trattenere un legaccio assicurato al collo del defunto (Ortalli, 2009). La posizione isolata di questa tomba rispetto alle altre presenti nella stessa area cimiteriale potrebbe essere connessa con questo tipo di credenze; posizionare una sepoltura in

una zona appartata può infatti essere un modo per sottolineare la particolarità di alcuni defunti (Milella et al, 2009).

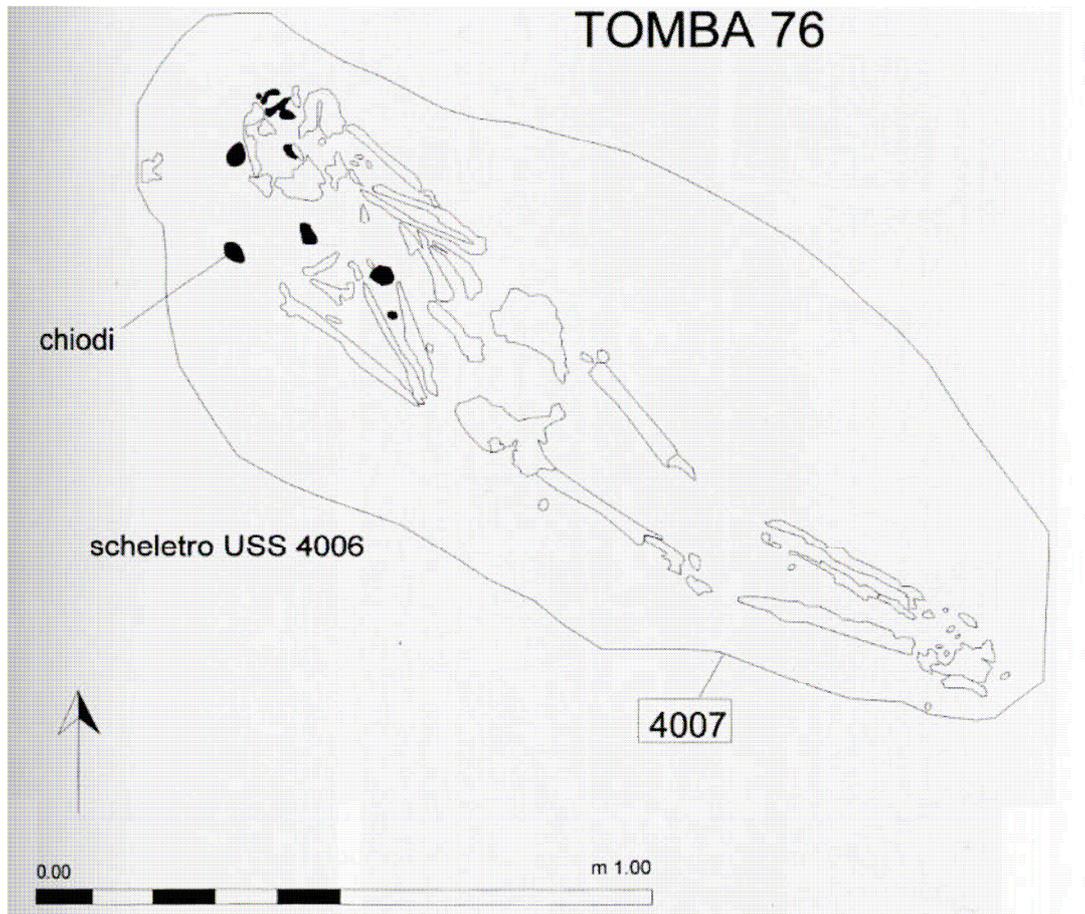


FIG. 4.15 – Planimetria della tomba 76, area A (Cornelio Cassai e Cavallari, 2009).

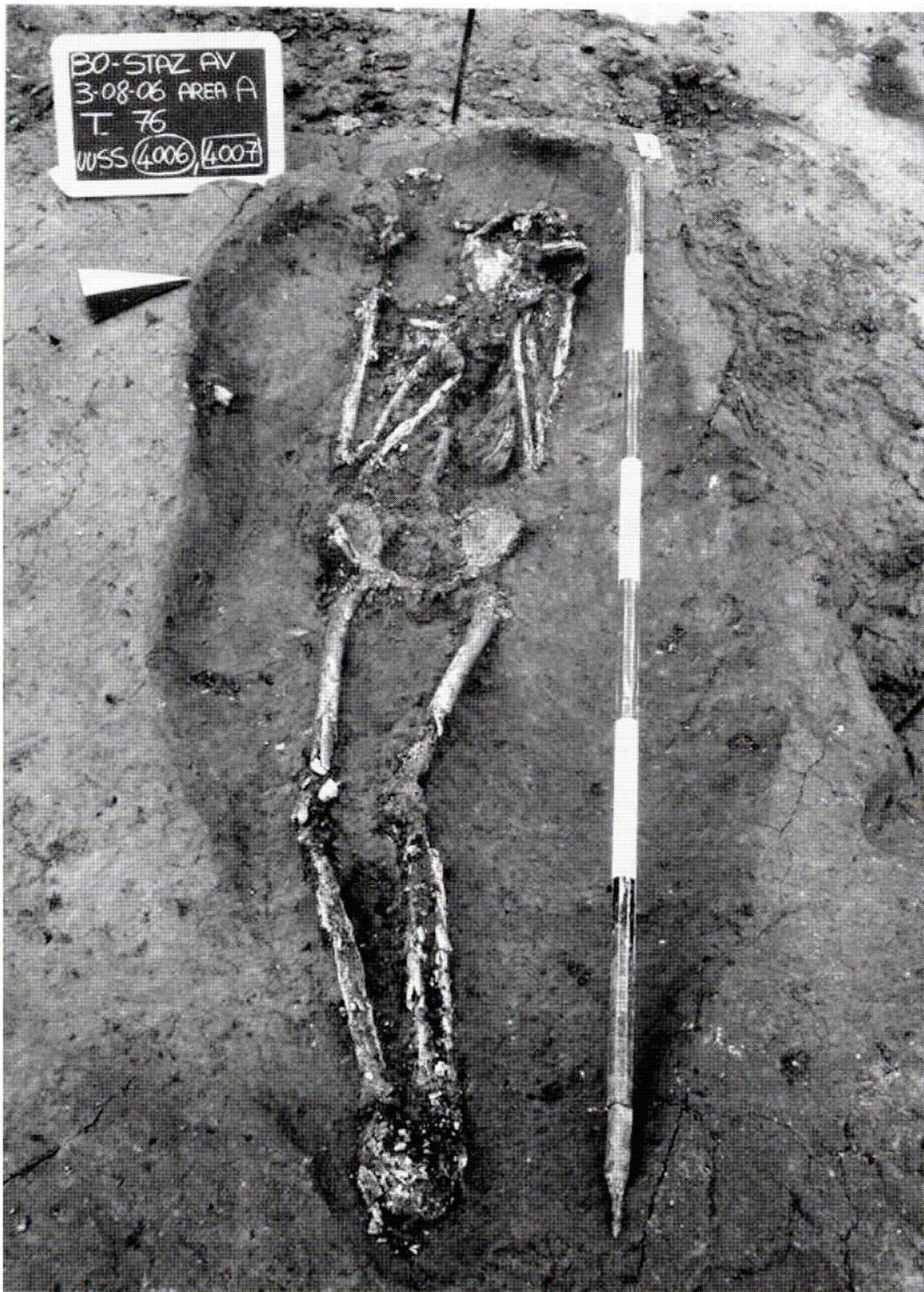


FIG. 4.16 – Resti osteologici della tomba 76 (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (Cornelio Cassai e Cavallari, 2009).



FIG. 4.17 – Particolare dei chiodi infissi nel cranio e nell'avambraccio dell'inumazione 76 (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (Cornelio Cassai e Cavallari, 2009).

Particolarmente significativa per gli aspetti rituali risulta la tomba 109 dell'area D (Fig. 4.18), un'inumazione femminile di adulto giovane o maturo (Milella et al, 2008): la fossa era delimitata da due corsi di frammenti laterizi disposti lungo la base dei lati lunghi, ed era coperta da 4 tegole piane con le alette unite da un frammento di tegola e da due coppi disposti orizzontalmente (Fig. 4.19). Due frammenti, collocati quasi al centro della fossa, fungevano da fondo parziale della struttura e su di essi poggiava il bacino dell'inumata. Questa tomba fu scavata a una profondità maggiore di quasi un metro, rispetto alle adiacenti sepolture del nucleo sepolcrale dell'area D; è affiancata a est e a sud da due inumazioni infantili (tombe 101 108) durante lo scavo della fossa furono intercettate due incinerazioni (t.105 e 107), di cui fu ricomposto parzialmente il corredo danneggiato; sono inoltre individuabili altre manomissioni. L'inumata giaceva in posizione supina, con il braccio destro disteso lungo il corpo e l'avambraccio sinistro posto sopra l'addome; il cranio era ripiegato in una posizione innaturale, in modo tale che il viso era rivolto in alto e la nuca arrivava quasi a toccare l'omero destro. I piedi si trovavano,

verosimilmente recisi prima della deposizione, allineati ognuno a nord della tibia relativa, quello destro posto con il tallone girato verso l'alto, quello sinistro con il tallone rivolto verso il basso (Fig. 4.20-4.21-4.22). La connessione anatomica delle parti dello scheletro indica il carattere primario di questa sepoltura (Milella et al, 2008). All'interno della tomba sono stati recuperati diversi oggetti, tra i quali alcuni elementi del corredo (spillone in bronzo, spilloni in osso) databili al I sec. d.C., e diversi chiodi di ferro (13 in tutto) che giacevano in posizione orizzontale o un poco obliqua, con le punte rivolte verso la testa dell'individuo; un chiodo si trovava invece conficcato quasi completamente nel cranio del defunto (Cavallari, 2008). Tutte le parti del cranio interessate dalla lesione presentano lo stesso colore del resto della superficie del cranio, attestando l'antichità della frattura; la lesione potrebbe essere riferita ad un evento traumatico avvenuto un certo tempo dopo la morte dell'individuo, a scheletrizzazione completa o quasi completa. Non sembra dunque possibile che il chiodo abbia causato la morte dell'individuo (Milella et al, 2008). Altre lesioni si sono riscontrate a carico dello scheletro postcraniale, in particolare a livello delle vertebre cervicali, della scapola destra, di alcuni frammenti costali, di entrambe le fibule e della tibia destra. Tutte queste lesioni si presentano come fratture dalle rime regolari, quasi rettilinee, con margini netti e con le superfici di taglio lisce e levigate e fanno pensare ad interventi intenzionali di taglio sull'osso fresco, ricco di fibre di collagene e in presenza dei tessuti molli (Milella et al, 2008). Sembra dunque che tutte le lesioni della t.109 siano riconducibili ad interventi praticati un certo tempo dopo la morte, a scheletrizzazione relativamente avanzata; il particolare posizionamento di cranio e piedi, associati ai chiodi, potrebbe essere compatibile con un tentativo di inabilitare il defunto onde impedirne il ritorno (Milella et al, 2008). Tutti questi espedienti evocavano l'idea dell'impossibilità di movimento, imponendo al morto la permanenza all'interno della sepoltura. Il trattamento post mortem riservato a questo soggetto presso il quale erano ubicate le tombe di due infanti, uno dei quali neonato o di pochi mesi, entrambi inumati secondo la pratica funeraria riservata ai bambini, sembra in qualche modo riconducibile alla maternità della defunta e alla volontà del nucleo familiare di bloccare la donna, impedendole di nuocere (Cornelio Cassai e Cavallari, 2009bis).

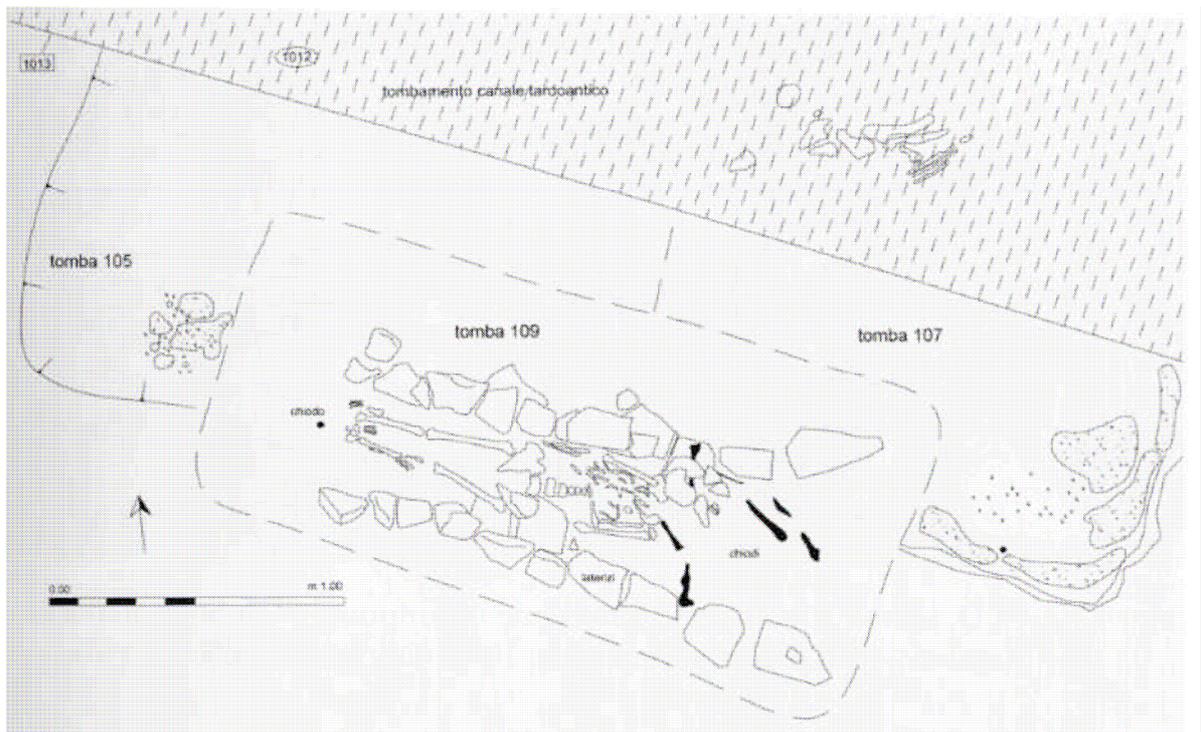


FIG. 4.18 – Planimetria della tomba 109, area D (inumazione femminile) (Cavallari, 2008)



FIG. 4.19 – Copertura laterizia della tomba 109 (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (Cavallari, 2008).



FIG. 4.20 – Tomba 109 da nord (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (Cavallari, 2008).



FIG. 4.21 – Tomba 109 da ovest, particolare delle ossa dei piedi (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (Cavallari, 2008).



FIG. 4.22 – Tomba 109 da sud, particolare del cranio, (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (Cavallari, 2008).

Altra tomba di particolare interesse risulta essere la tomba 161 dell'area A-D (Fig. 4.23-4.24), sepoltura in fossa terragna di forma rettangolare che conteneva il corpo completo di un inumato adulto giovane di sesso maschile (Milella et al, 2008) in posizione prona con la testa rivolta verso SE e reclinata verso sud, gli omeri distesi lungo il torace e gli avambracci ripiegati (il sinistro sotto il petto, il destro sotto il bacino), le gambe distese e i piedi sovrapposti. Nel bacino (ileo destro) è stato rilevato in fase di scavo un foro circolare ed è stato recuperato un chiodo in ferro, collocato tra le ossa del bacino e la cassa toracica (Fig. 4.25); presso il cranio sono stati rinvenuti 45 ribattini in ferro (Fig. 4.26), interpretabili ipoteticamente come chiodi di calzature. Direttamente sullo scheletro poggiava una copertura piana, caratterizzata da tegole. La tomba pur restando inalterata nella struttura è stata tagliata da una sepoltura ad incinerazione (t.160) collocata circa all'altezza delle tibie dell'inumato della tomba 161 (Fig. 4.27). Al di fuori del limite della tomba e in parte al di sopra, sono stati rinvenuti alcuni oggetti frammentari, interpretabili come possibili offerte rituali: la parte inferiore di un contenitore fittile contenente ossa combuste (US 1365), una porzione di legno carbonizzato e una lucerna fittile (I sec. d.C.) (Cavallari, 2008). Le ossa sono state rinvenute in connessione anatomica, indicando che si tratta di una sepoltura primaria. Sembra che il soggetto fosse un individuo giovane quotidianamente sottoposto ad

attività fisica gravosa come si attesta dall'analisi dell'alto sviluppo delle entesi (Milella et al, 2008). Nell'Inghilterra romana, la sepoltura prona è stata talvolta rinvenuta in associazione con scheletri decapitati, potendosi dunque interpretare come un ultimo segno di disprezzo nei confronti di eventuali criminali giustiziati ma esse sono state anche ricondotte ad un comportamento atto ad impedire un possibile ritorno del defunto, la postura ribaltata indirizzava il defunto verso il sottosuolo e l'oltretomba infero (Milella et al, 2009; Ortalli, 2009); inoltre la posizione dei ribattini in ferro, presso il cranio, implica il posizionamento delle calzature lontano dai piedi, a sostegno dell'ipotesi di un impedimento del defunto di tornare tra i vivi, si può inoltre ipotizzare che i piedi fossero legati (Milella et al, 2008).

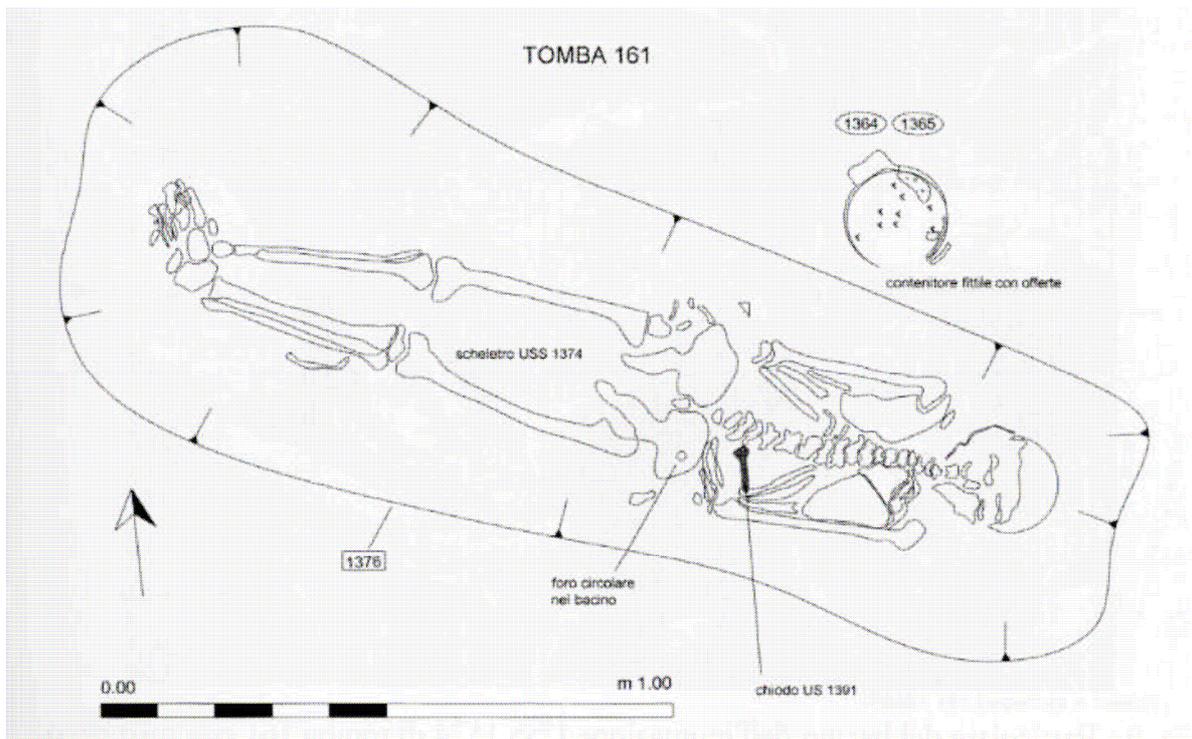


Fig. 4.23– Planimetria della tomba 161, area A-D (inumazione prona) (Cavallari, 2008).



FIG. 4.24 – Tomba 161 da sud (foto Soprintendenza dei Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (Cavallari, 2008).

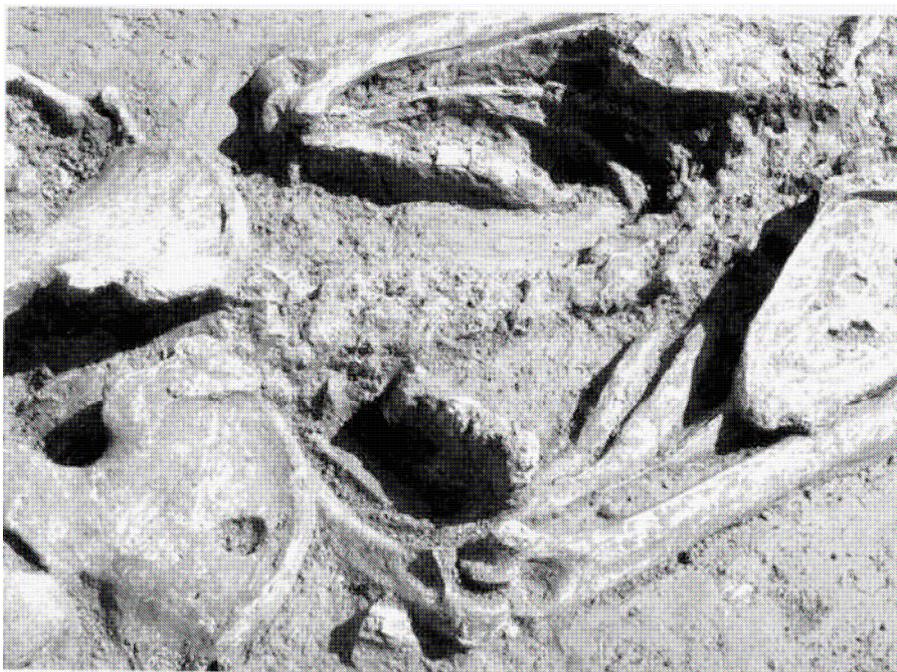


FIG. 4.25 – Particolare del bacino dell'inumazione della tomba 161 con foro circolare nell'ileo destro e chiodo (foto Soprintendenza dei Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (Cavallari, 2008).

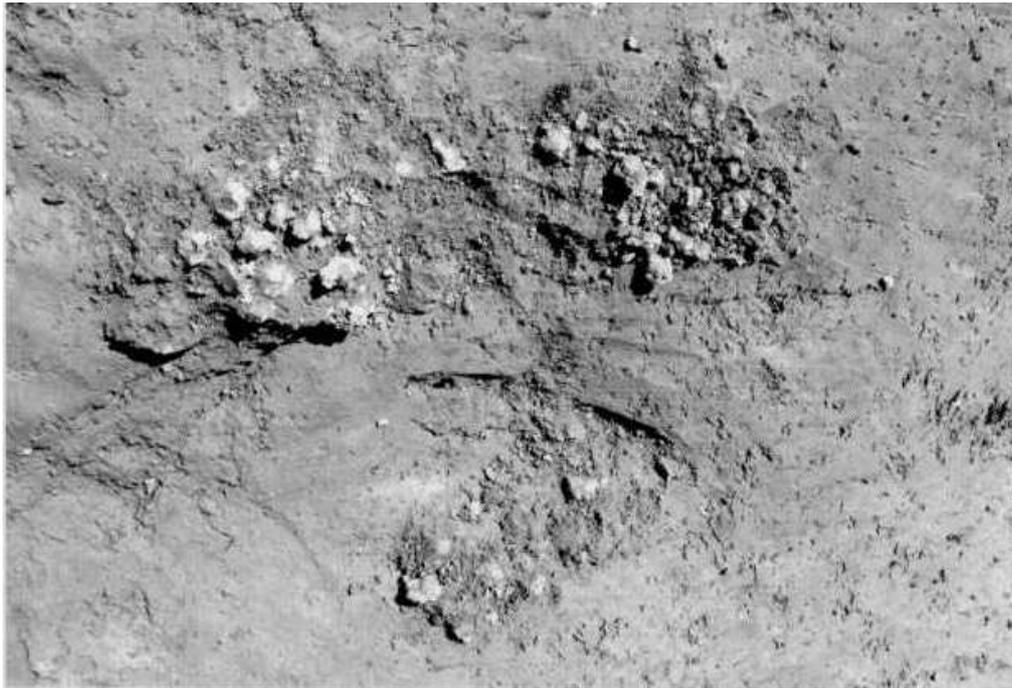


FIG. 4.26 – Concentrazione di chiodi in ferro interpretabili come resti di calzature (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (Cavallari, 2008).

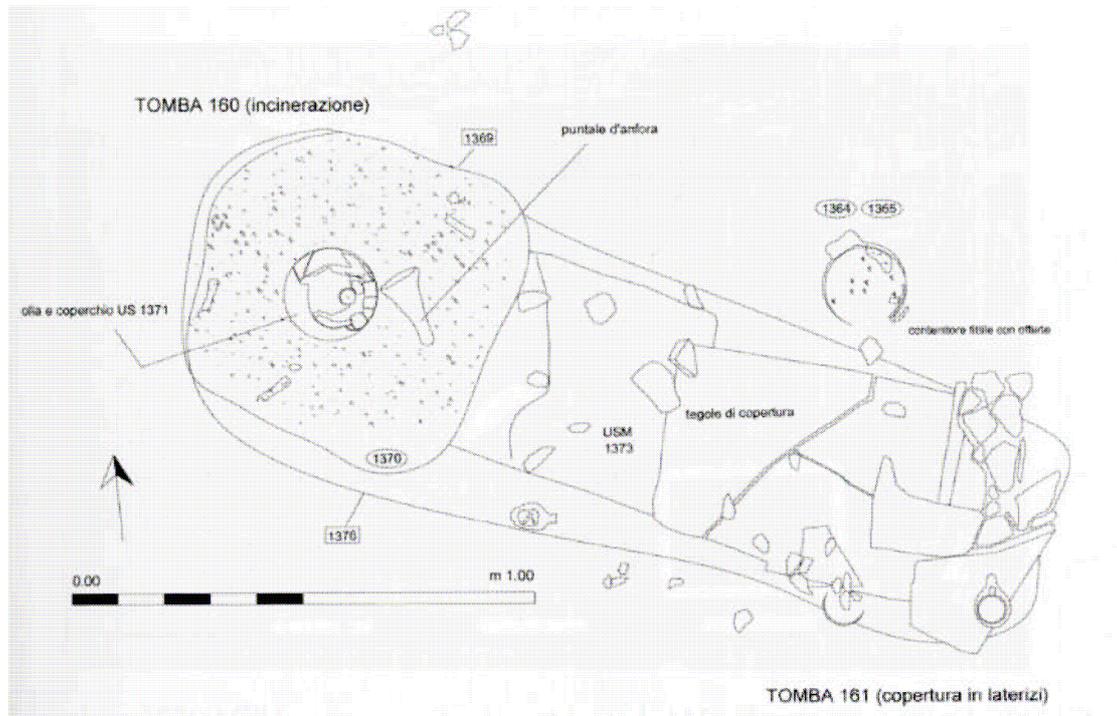


FIG. 4.27 – Planimetria delle tombe 160 (incinerazione) e 161, area A-D (inumazione con copertura in laterizi) (Cavallari, 2008).

Inoltre anche la tomba 244 dell'area B, viene considerata una sepoltura anomala (Fig. 4.28): si tratta di una tomba isolata costituita da un'inumazione femminile adulta giovane (Milella et al, 2008), in posizione prona, è stata rinvenuta incompleta, è ipotizzabile una violazione della tomba, infatti dello scheletro si conserva solo la porzione inferiore, dal bacino ai piedi, deposta obliqua rispetto al fondo di giacitura in laterizi, mentre la parte superiore è stata quasi completamente asportata (Fig. 4.29). Il corredo della tomba è costituito da due contenitori fittili, un astragalo, una moneta di bronzo e 3 balsamari in vetro, uno dei quali inserito in un foro circolare praticato nell'ileo del bacino (Fig. 4.30) (Cavallari, 2008). La tipologia tombale (cassa laterizia) presuppone per questa sepoltura una decomposizione del corpo in spazio vuoto, anche se le osservazione dei resti sono più compatibili con una deposizione in spazio pieno, o rapidamente riempito dall'infiltrazione di sedimenti all'interno della tomba. La lesione dell'ileo recante il balsamario potrebbe essere il risultato di un intervento postumo sulla sepoltura, realizzato a scheletrizzazione avvenuta. Anche in questo è possibile ipotizzare che i piedi fossero legati come tentativo di impedire un ritorno del defunto (Milella et al, 2008). L'ipotesi che si può formulare riguardo questa peculiare deposizione è l'esito di un episodio negromantico: cerimoniale che alla violazione del sepolcro e all'appropriazione dei resti umani, da impiegare in qualche pratica di magia divinatoria, associa il dono del balsamario come simbolico atto di espiazione, considerando la positiva valenza che nei cerimoniali funebri normalmente assumeva il contenitore degli unguenti (Ortalli, 2009).

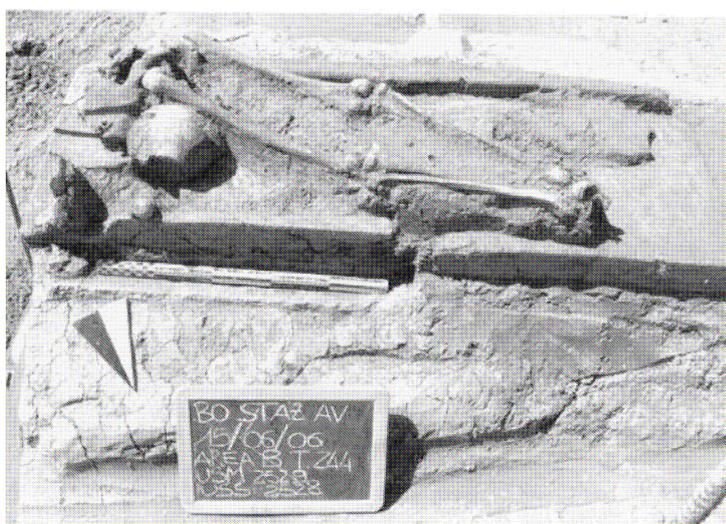


FIG. 4.28 – Tomba 244 area B con corredo (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (Cavallari, 2008).



FIG. 4.29 – Struttura della tomba 244 da sud, tegole di copertura e piano di deposizione (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (Cavallari, 2008).



FIG. 4.30 – Tomba 244, particolare del balsamaro in vetro inserito nell'ileo dell'inumato (foto Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna) (Cavallari, 2008).

4.3.3 I chiodi nel contesto funebre: significato simbolico

L'utilizzo di chiodi ferrei come oggetti di corredo funerario, eventualmente in associazione a monete, ollette e lucerne, è un fenomeno ampiamente attestato. Esistono casi in cui il chiodo veniva collocato entro un'olletta, tipico ricettacolo per offerte votive, anche assieme ad una moneta (obolo di Caronte), associazione che intendeva assicurare al defunto un compiuto viaggio nell'oltretomba e che la sua permanenza nella dimora sotterranea fosse eterna. Si segnalano inoltre rinvenimenti di chiodi dalla punta ritorta, interpretabili come segno dell'irremovibilità del morto, fissato all'interno della sepoltura in modo definitivo, così da annullare il rischio che il suo spirito tornasse tra i viventi vagando e turbandone l'ordine (Pancaldi, 2002; Ortalli, 2009).

Se si escludono i resti di eventuali strutture contenitive o di supporto del cadavere, le attestazioni archeologiche possono essere divise in due classi:

- a) Chiodi apparentemente usati come elementi di corredo;
- b) Chiodi rinvenuti in stretta associazione con i resti scheletrici e riferibili ad un loro utilizzo lesivo nei confronti del defunto.

Nel I-II secolo d.C. era diffusa la pratica di posizionare all'interno della tomba dei chiodi ai fini propiziatori, come amuleto a protezione e di buon augurio per il defunto nel suo passaggio verso l'aldilà, ma probabilmente anche come mezzo di difesa a salvaguardia dei superstiti rispetto alla minaccia rappresentata da un suo possibile ritorno, nell'ambito di pratiche di carattere superstizioso proprie della cultura romana. Per Etruschi, Celti, Romani, sino al Medioevo, i chiodi erano considerati carichi di un significato magico-religioso, il che spiegherebbe la frequenza del rinvenimento di questi oggetti come elementi di corredo funerario. La funzione stessa del chiodo e il materiale con cui era fatto possono aver giocato un ruolo importante nella scelta di questo oggetto: il ferro era un metallo che possedeva connotazioni magiche e apotropaiche nella cultura greca e romana, inoltre il chiodo era atto a fissare qualcosa, era infatti utilizzato nell'ambito di rituali che potevano sancire il passaggio all'anno nuovo (e la fine di quello vecchio) o tentare di bloccare eventi nefasti, come per esempio epidemie.

L'infissione dei chiodi nel cranio, attestata a partire dall'epoca romana fino al XIX secolo d.C. in vari paesi europei, potrebbe collegarsi alla connotazione magica di questi oggetti. La presenza di chiodi a livello cranico è stata da alcuni autori interpretata come la traccia del colpo di grazia offerto in alcuni casi a vittime di esecuzioni, mentre in altri casi è stato ipotizzato un loro

utilizzo nell'ambito di specifici rituali. La chiodatura del cranio potrebbe testimoniare un tentativo di fissare al cadavere e alla sepoltura l'essenza stessa della morte o semplicemente le sue cause, per esempio una malattia. Inoltre è stato ricollegato a queste pratiche il tentativo di inabilitare lo spirito del defunto, in modo che non potesse nuocere ai vivi (Milella et al, 2009; Milella et al, 2008).

Nelle sepolture sia ad incinerazione che ad inumazione, si rinvenivano spesso le piccole borchie usate per chiodare le suole dei calzari, come avveniva per le *caligae* (Fig.4.31-4.32-4.33), cioè i sandali a stivaletto di utilizzo militare; queste borchie in ferro, avevano la capocchia piramidale e sfaccettata e avevano uno stelo molto corto che veniva ribattuto sulla suola; l'utilizzo di questo tipo di calzature era riservato all'esterno e alle lunghe marce. I chiodi in bronzo avevano una lavorazione analoga; le borchie di bronzo, utilizzate nelle cinture e nell'abbigliamento militare, sono quasi sempre decorate e fuse in matrice (Maioli, 2009). La versione civile della *caliga* era più bassa rispetto al tipico calzare militare ma aveva comunque suola molto spessa e robusta, con battistrada e sottopiede e inchiodata da file longitudinali di fitti chiodini, i *clavi caligares* (Pancaldi, 2002).

Altri tipi di calzature sono le *solea*, il *pero* e il *soccus*. La *solea* era una calzatura molto semplice di uso esclusivamente civile, una specie di sandalo in grado di proteggere solamente la pianta e la base del tallone lasciando nuda la parte superiore del piede. Il *pero* era il tipo più ordinario di calzatura, comune a entrambi i sessi e talvolta utilizzato come calzino per poter indossare con minor disagio la più resistente ma forse troppo rigida *caliga*. Il *soccus* invece era la scarpa da riposo, utilizzata da donne e ragazzi, a suola morbida, molto simile ad una pantofola senza laccetti (Pancaldi, 2002).

Per quanto riguarda i defunti destinati alla cremazione era abbastanza frequente lasciare ai piedi le normali calzature chiodate (*caligae*), mentre gli inumati venivano per lo più deposti nel sepolcro a piedi scalzi o con un qualche tipo di pantofola o babbuccia (come il *soccus*), realizzata in materiale deperibile, di solito cuoio e perciò non conservabile. Probabilmente la scelta di far calzare ai defunti scarpe da riposo poteva rientrare nella logica di scoraggiare eventuali deambulazioni post-mortem e quindi ritorni indesiderati; tale problema non sussisteva nelle cremazioni (Pancaldi, 2002).



Fig. 4.31 – *Caligae* romane (fonte: www.roma-victrix.com).



Fig. 4.32-4.33 – *Caligae* e chiodi impiegati per la loro realizzazione (fonte: www.roma-victrix.com).

4.3.4 Elementi di corredo funerario: i balsamari

Il balsamario è un recipiente di forma chiusa, la sua funzione è quella di contenere oli ed essenze profumate, balsami e unguenti, prodotti di uso quotidiano che venivano impiegati anche nel rituale funerario, sia nelle tombe a cremazione, talvolta deformati dal calore della pira, sia collocati all'interno delle sepolture di defunti inumati. Questi oggetti potevano essere prodotti in materiale ceramico o in vetro colorato realizzato con soffiatura libera o entro stampo, con il quale si potevano ottenere configurazioni fitomorfe (a dattero o a grappolo d'uva), zoomorfe (a

colombella) e bicefalomorfe. I balsamari potevano essere decorati con costolature o con motivi a bassorilievo. Durante l'epoca romana la colorazione dei vetri poteva variare dal giallo, al verde, all'azzurro e al blu; tuttavia venivano realizzati, soprattutto dal I sec. d.C., anche contenitori trasparenti e di vetro incolore, fra questi in particolare erano famosi quelli prodotti ad Alessandria d'Egitto. I balsamari in vetro verde-azzurro si riferiscono ad una produzione, su scala industriale, che comincia in età augustea e conosce un'espansione fino alla seconda metà del I secolo d.C. I recipienti, le cui dimensioni possono variare da 2 a 21 cm di altezza, sono frequenti nei corredi funerari e venivano posti nella tomba come oggetto rituale a simbolo della cura e del beneficio dato al defunto dal balsamo che vi era contenuto (Montevecchi, 2009).

La consuetudine di deporre balsamari nelle sepolture è attestata archeologicamente a Roma e nelle Province a partire dalla fine dell'età repubblicana, durante la fase augustea e a seguire per tutto il periodo imperiale ed è connessa alle abitudini religiose e funerarie provenienti dall'Oriente.

La prima fase del rito funebre iniziava con la toeletta del defunto; il corpo veniva lavato con acqua calda e poi cosparso di profumi e di unguenti tra cui la mirra, la resina di cedro, il balsamo, ma anche il miele e il sale, che serviva in particolare per ritardare la decomposizione della salma. Questo compito era svolto dai famigliari del defunto che lavavano e ungevano il corpo e cospargevano il volto del defunto di polveri, per migliorarne l'aspetto esteriore. Durante il rito funebre anche i balsamari venivano collocati insieme al cadavere sulla portantina, in quanto evocativi della cura del corpo e della purificazione necessaria al defunto prima della sua tumulazione o cremazione, poi eventualmente venivano gettati nel rogo insieme ai viveri, alle suppellettili e ad altri oggetti del corredo. Il cerimoniale funerario prevedeva, in particolare per le cremazioni, che venissero bruciate le sostanze aromatiche contenute nei balsamari di vetro anche negli incensieri di ceramica; le essenze principali erano la cassia, la mirra e l'incenso, il cinnamomo. In particolare l'incenso ebbe notevole diffusione sia nel culto rivolto agli dei, sia nelle celebrazioni funebri. Le essenze servivano inoltre a coprire i cattivi odori della combustione del cadavere e a disinfettare l'aria circostante dalla presenza di batteri; talvolta le essenze profumate erano direttamente mescolate con le ceneri perché il profumo si unisse alle ossa. Dopo il loro uso, questi contenitori venivano depositati nella fossa e collocati all'interno dell'urna insieme alle ossa, oppure a fianco o sopra l'urna, ma sempre all'interno della buca; nel caso di inumazione i balsamari erano adagiati all'interno o collateralmente alla sepoltura. Questi oggetti costituivano la dotazione personale del defunto per il suo viaggio nell'aldilà (Montevecchi, 2009).

In età romana imperiale l'abitudine di bruciare incenso in occasione delle cerimonie funebri divenne una moda molto dispendiosa di cui anche Plinio (Storia Naturale, libro XII, 82) riferisce le seguenti considerazioni sull'uso di tale sostanza in occasione dei funerali: "Ha fatto considerare invidiabile quel paese (l'Arabia) lo sfarzo degli uomini al momento della morte, sfarzo che li spingeva a bruciare per i defunti un prodotto che avevano creduto destinato agli dei. Si faccia poi il conto di quanti funerali si fanno ogni anno in tutto il mondo e di quante sono le essenze raccolte a mucchi in onore dei cadaveri, le stesse essenze che agli dei vengono offerte a briciole". Evidentemente questa moda era diffusa anche nelle campagne o comunque lontano dalle grandi città. Questo perché in età romana imperiale la rete stradale e la navigazione per mare e per acque interne assicurava un flusso regolare di scambi commerciali anche fra terre molto lontane (Castelletti, 1999).

CAPITOLO V

MATERIALI E METODI

5.1 Materiali

Il materiale studiato risulta composto complessivamente da 222 sepolture, costituite da 183 cremazioni e 39 inumazioni provenienti dalla necropoli romana (I-III sec. d.C.) della Stazione Centrale di Bologna.

Lo studio antropologico è stato condotto senza avvalersi di alcuna precedente conoscenza proveniente dall'indagine degli oggetti di corredo delle tombe, per evitare qualsiasi tipo di condizionamento.

Il materiale scheletrico, conservato in sacchetti recanti il numero della tomba, l'unità stratigrafica, il numero riferito al reperto, e la necropoli di appartenenza, è giunto all'osservazione ancora all'interno del pane di terra.

Le analisi sono state condotte all'interno del Laboratorio di Archeo-Antropologia e Antropologia Forense del Dipartimento di Biologia ed Evoluzione dell'Università di Ferrara per quanto riguarda la parte antropologica, mentre la parte chimico-fisica è stata condotta presso il Dipartimento di Scienze della Terra della stessa università.

5.2 Metodologie antropologiche

L'analisi antropologica dei resti ossei cremati è stata effettuata seguendo questo schema:

- 1) setacciatura, lavaggio e restauro dei materiali;
- 2) separazione dei vari segmenti anatomici e riconoscimento;
- 3) determinazione del numero minimo di individui;
- 4) determinazione del sesso (analisi morfologica e metrica);

- 5) determinazione dell'età;
- 6) rilevamento di eventuali processi degenerativi o patologici macroscopici (paleopatologie);
- 7) determinazione delle temperature di combustione;
- 8) pesatura delle ossa
- 9) riconoscimento dell'eventuale presenza di resti animali.

5.2.1 Setacciatura, lavaggio e restauro dei materiali

Il materiale osteologico è stato sottoposto ad un lungo lavoro di setacciatura a secco, e quando indispensabile ad un trattamento con acqua per sciogliere i residui terrosi e le concrezioni. Poiché il lavaggio danneggia ulteriormente i frammenti scheletrici, è bene ricorrere a questa pratica solo quando strettamente necessario. E' possibile inoltre scandagliare i resti con una calamita, allo scopo di rintracciare eventuali frammenti di ferro, spesso presenti come oggetti di ornamento del cadavere o provenienti da chiodi, strutture funerarie e corredi.

La ricomposizione delle ossa da frammenti si effettua utilizzando sostanze collanti reversibili, dovendosi prevedere la necessità di smontare l'osso ricomposto per studiarne alcuni aspetti. Una volta puliti accuratamente i margini dei frammenti si provano gli incastri, e si cerca di ricomporre l'osso. Si incolla un frammento per volta e si tiene in sede il tutto fino alla presa del collante aiutandosi con del nastro adesivo di carta. Il restauro dei materiali ossei incenerati è una fase di lavoro assai difficoltosa e non sempre possibile; il ricomponimento dei frammenti ossei è comunque vantaggioso per il riconoscimento degli elementi scheletrici.

5.2.2 Separazione dei frammenti ossei e riconoscimento

Tutti i frammenti vengono esaminati dettagliatamente, senza escludere i più piccoli, i quali anche se poveri di informazioni, vanno comunque conservati, come pure tutti gli eventuali corpi estranei presenti (ossa animali, frammenti di carbone e semi, frammenti di metallo provenienti dal corredo ecc.). Il materiale viene poi suddiviso per regioni anatomiche e sottoposto all'esame morfologico. La separazione dei vari segmenti anatomici non è sempre agevole: essa dipende innanzitutto dallo stato di conservazione e dalle dimensioni dei frammenti; per il riconoscimento sono utilizzati i testi classici di anatomia umana. L'attribuzione dei frammenti alle diverse regioni

anatomiche consente di identificare l'eventuale assenza di alcuni distretti, da mettere in relazione a particolari scelte rituali.

Ovviamente, più piccole sono le dimensioni dei frammenti, più difficile è la loro attribuzione anatomica. Di solito è comunque possibile riuscire a dividere i resti ossei cremati nelle seguenti regioni anatomiche:

- neurocranio, splancnocranio e denti;
- vertebre;
- gabbia toracica;
- cinto scapolare e cinto pelvico;
- ossa lunghe ed estremità degli arti.

Si è osservato che alcuni elementi scheletrici si riscontrano con maggiore frequenza di altri, tra cui:

- il cranio, in particolare il processo mastoideo, parte dell'osso occipitale a livello dell'eminanza cruciforme interna e dell'inion, il margine posteriore del foramen magnum, la rocca petrosa del temporale con il meato uditivo interno, l'osso frontale con la cresta frontale interna, il margine sovraorbitario e l'osso zigomatico, la mascella con parte del palato e la mandibola con le tracce degli alveoli dentari vuoti, i condili mandibolari e i denti o le radici dentarie (più frequenti);
- le vertebre: molto spesso quelle cervicali tra cui l'atlante e di frequente è possibile riconoscere il dente dell'epistrofeo; sono riconoscibili anche le vertebre toraciche e lombari in particolar modo sono presenti i corpi vertebrali;
- si incontrano di frequente frammenti di costole;
- frammenti di scapola, tra cui l'acromion e la cavità glenoidea;
- parti di diafisi delle ossa lunghe sia degli arti superiori che inferiori, tra cui sono riconoscibili di frequente frammenti di omero, ulna, radio, femore, tibia e perone e molto spesso frammenti di patella;
- si riconoscono inoltre le ossa della mano e del piede, falangi prossimali, intermedie e distali che generalmente durante la cremazione non subiscono frammentazione, la troclea astragalica, e il calcagno.

Per quanto riguarda il cranio che è presente quasi nella totalità dei casi, si suppone che il cervello e il liquido cefalo-rachidiano ne rallentino la combustione (Holck, 1997; Canci e Minozzi, 2005). Le ossa del neurocranio frequentemente ritrovate sono di dimensioni generalmente non superiori a 5-6 cm (a volte molto meno), le estremità delle suture sono spesso libere non solo negli individui giovanili ma anche in quelli adulti. I denti invece difficilmente vengono ritrovati a causa della distruzione dello smalto, ma si possono osservare le radici spesso ancora nella loro sede. I denti degli individui infantili spesso resistono al calore meglio di quelli degli individui adulti perché protetti all'interno dell'osso alveolare. Si può affermare inoltre che i frammenti della teca cranica per quanto siano piccoli sono sempre identificabili, mentre è praticamente impossibile determinare con sicurezza da quali arti provengano frammenti diafisari molto piccoli di ossa lunghe.

Le ossa più robuste dello scheletro sono in genere le più rappresentate, mentre le ossa piatte si ritrovano più raramente; di solito e inaspettatamente ossa minute come le falangi delle mani e dei piedi si ritrovano spesso in notevole numero. Il frequente ritrovamento di falangi di mani è spiegabile probabilmente con il fatto che le mani durante la cremazione vengono posizionate sul torace o sull'addome, si trovano perciò in una "zona d'ombra di calore", con temperature più basse e condizioni di apporto di ossigeno meno proficue. Generalmente le falangi di mano sono meglio preservate di quelle di piede i cui resti vengono ritrovati più raramente (Holck, 1997).

Il materiale viene inoltre suddiviso in:

- frammenti cranici e dentari;
- frammenti post-craniali di dimensioni inferiori a 20 mm;
- frammenti post-craniali di dimensioni uguali o superiori a 20 mm.

Questa suddivisione serve per verificare, ad esempio, l'esistenza di particolari modalità rituali come una frammentazione rituale delle ossa prima della loro deposizione nell'urna che giustificerebbe una quantità preponderante di frammenti inferiori ai 20 mm. Mentre la prevalenza di frammenti superiori ai 20 mm può indicare una combustione incompleta e affrettata.

5.2.3 Determinazione del numero minimo di individui

Considerate le condizioni estremamente frammentarie in cui si presenta il materiale osseo delle cremazioni, non può essere sempre determinato il numero assoluto di individui, ma solo il numero minimo di individui presenti in quella sepoltura. Inoltre, nel caso di più ossuari appartenenti alla stessa tomba, dato che non è sempre possibile stabilire se i resti di uno stesso individuo siano stati distribuiti in diverse urne, il numero totale degli individui può essere sopravvalutato.

Inoltre in alcuni casi sono stati rinvenuti resti occasionali di un secondo individuo all'interno dello stesso cinerario, probabilmente a causa di una raccolta involontaria. Questo indicherebbe l'esistenza di un luogo specifico ed unico per la cremazione detto ustrino, ed in alcuni casi potrebbe suggerire l'intercorrere di un breve lasso di tempo tra un rito funebre e l'altro (Canci e Minozzi, 2005).

Il numero di individui presenti nello stesso ossuario viene stabilito in base ai seguenti criteri (Drusini e Ripa Bonati, 1988):

- presenza di elementi ossei pari e omolaterali, ad esempio due condili mandibolari destri;
- presenza di più elementi impari, ad esempio due denti dell'epistrofeo;
- presenza di resti ossei con evidenti differenze di dimensioni e struttura, ad esempio due teste omerali i cui diametri siano diversi;
- presenza di resti ossei di colore diverso o con diversi gradi di combustione: tale criterio non può essere naturalmente preso in considerazione da solo, ma può servire ad avvalorare i criteri precedenti;
- presenza di resti ossei con caratteristiche che indicano sessi diversi o stadi di maturazione diversi (Holck, 1997);
- presenza di una quantità elevata di ossa tale da rappresentare più di un individuo (Holck, 1997).

E' importante tenere in considerazione che ossa di dimensioni diverse non sempre forniscono indicazioni esatte sulla presenza di più individui, in quanto a causa di differenze di temperatura a cui possono essere sottoposti i due lati del corpo, può capitare che ossa di un lato possano avere dimensioni diverse dalle controlaterali, pertanto la presenza di più soggetti non può essere accertata solo sulla base delle diverse dimensioni delle ossa (Canci e Minozzi, 2005).

E' importante tenere presente che anche i denti, sebbene in maniera minore, sono importanti nel riconoscimento di vari aspetti riguardanti i resti combusti, specialmente quando i resti scheletrici sono pochi, il loro numero e le loro differenze morfologiche e dimensionali possono dare indicazioni sul numero minimo di individui presenti.

Bisogna però ricordare che stimare con esattezza la quantità di materiale in rapporto ad un dato numero di sepolture è spesso difficoltoso a causa della probabile presenza di doppie sepolture non identificate tra i resti ritrovati. E' inoltre possibile che le ossa situate negli ossuari possano essere registrate come una singola sepoltura, ciò può accadere in particolari casi in cui il contenuto delle tombe è stato sparso o è difficilmente identificabile. Perciò durante la determinazione del numero degli individui è importante prendere in considerazione tutti questi aspetti e valutarli accuratamente al fine di ottenere un risultato che rispecchi al meglio la realtà.

5.2.4 Determinazione del sesso

L'azione del fuoco essendo molto distruttiva e deformante, impedisce spesso una determinazione precisa del sesso e dell'età dell'individuo. I fenomeni di frammentazione e distorsione che interessano l'osso sottoposto all'azione del fuoco rendono questo tipo di diagnosi particolarmente complessa, pur riscontrandosi in letteratura percentuali di determinazione del sesso del 48% e perfino dell'80%, Holck (1997) riferisce di essere giunto a una diagnosi solo nel 29,9% dei casi.

Un'ulteriore difficoltà è rappresentata dalla riduzione volumetrica a cui l'osso sottoposto a temperature elevate va incontro. Malgrado ciò è possibile valutare dimensioni e robustezza di un soggetto, relativamente al campione a cui appartiene. E' stato provato attraverso esperimenti che il restringimento (shrinkage) delle ossa cremate varia in diverse parti dello scheletro e cambia di dimensioni nelle stesse ossa; ma in generale il restringimento equivale al 15% negli esperimenti condotti da Milan Dokladal nel 1971 e da Shipman nel 1984, mentre equivale al 30% in quelli condotti da Hummel e Schutkowsti nel 1986 (Mays, 1998). Inoltre Hummel e Schutkowski sostengono che la contrazione nei segmenti più corti è maggiore (15-20%) rispetto ai segmenti più lunghi (circa il 5%). Doklandal nel 1971 ha messo in rilievo la preponderante quantità di individui femminili nei cimiteri a cremazione scavati in Europa centrale; egli suggerisce che questo squilibrio

tra soggetti femminili e maschili non sia reale, ma apparente, causato dal restringimento degli elementi dello scheletro combusti che hanno fatto pensare che la taglia delle ossa fosse più piccola di quello che era in realtà (Mays, 1998).

a) Analisi morfologica

I criteri morfologici classici usati in antropologia per la diagnosi del sesso degli inumati adulti sono applicabili ai materiali incinerati, anche se con minore attese. Al fine di effettuare una diagnosi morfologica di sesso è necessario ricorrere alle evidenze di dimorfismo sessuale visibili sui vari distretti. Il dimorfismo sessuale è comunemente inteso come l'insieme di quelle caratteristiche che distinguono i soggetti maschili da quelli femminili. Poiché esiste ancora oggi un forte dimorfismo sessuale tra gran parte delle popolazioni, lo studio dello scheletro umano, in alcune parti più che in altre, permette di effettuare una diagnosi di sesso con un'accuratezza pari al 98% (Cattaneo e Grandi, 2004). Esistono tuttavia le cosiddette zone di transvariazione: sono le aree di sovrapposizione delle campane di Gauss, cioè la sovrapposizione della morfologia dei caratteri maschili e femminili.

I criteri di diagnosi macroscopica di sesso si fondano su quella che è la conformazione di specifici distretti. E' perciò necessario tenere presente le principali differenze morfologiche scheletriche che vengono qui di seguito riportate (Cattaneo e Grandi, 2004; Borgognini Tarli e Pacciani, 1993; Wea, 1980; Acsadi e Nemeskeri, 1970):

– Il cranio presenta molti tratti distintivi del sesso (Fig.5.1): negli individui maschili la glabella e le arcate sopracciliari sono più pronunciate, la fronte è più sfuggente, il processo mastoideo è più voluminoso, le ossa della volta cranica sono più spesse, il margine superiore delle orbite più arrotondato; le rugosità per le inserzioni muscolari, come le linee temporali e nucali sono più evidenti; l'arcata zigomatica è più larga e massiccia; la radice posteriore del processo zigomatico si estende dietro al meato uditivo esterno come una cresta ben definita; la mandibola è più robusta, con il mento più squadrato e sfuggente, il ramo più ampio ed il processo coronoideo più sviluppato; il palato è più grande ed anche i denti hanno dimensioni maggiori; l'inion è più pronunciato.

– L'osso coxale (Fig.5.2-5.3) è il più discriminante, in quanto il dimorfismo sessuale è direttamente collegato al fenomeno della gravidanza e del parto. Il bacino femminile è più

largo e più basso di quello maschile; l'ileo è più concavo, soprattutto nella parte inferiore; la cresta iliaca ha un andamento a S meno marcata; il pube è più lungo; l'angolo sottopubico è più ampio, di 90° e oltre; è presente l'arco ventrale, cioè una cresta sulla superficie anteriore del pube, che comincia in corrispondenza della metà del margine sinfisario e si porta in basso e lateralmente; è presente una concavità sottopubica, cioè una depressione nel bordo mediale del ramo ischio-pubico, appena sotto la sinfisi; la parte mediale del ramo ischio-pubico, al di sotto della sinfisi, è schiacciata in senso dorso-ventrale e presenta spesso un bordo mediale quasi tagliente; la grande incisura ischiatica è più ampia, ad angolo ottuso, e meno profonda; l'arco composto (che si ottiene prolungando idealmente verso l'alto l'arco costituito dal margine inferiore della grande incisura ischiatica) non forma una curva unica col margine della superficie auricolare, come avviene invece nell'osso maschile; il forame otturato è più piccolo e di forma triangolare anziché ellissoide; le impressioni muscolari sono meno evidenti; l'acetabolo è più piccolo; può essere visibile un solco preauricolare, come una scanalatura irregolare o una serie di fossette lungo il contorno anteriore ed inferiore della superficie auricolare. Houghton (1974) distingue questo solco da uno più stretto e regolare che è presente anche nell'ileo maschile e serve da attacco al legamento sacro-iliaco ventrale. Secondo alcuni autori il solco preauricolare è discriminante al 100% ed è una conseguenza della gravidanza e del parto; è perciò assente negli individui maschile ad eccezione di quelli obesi, i quali nel 20-30% dei casi mostrano tale solcatura. Talvolta è possibile osservare anche una serie di fossette più o meno numerose e profonde, situate sulla faccia posteriore del pube, in corrispondenza al margine sinfisario; anche queste depressioni sono state interpretate come tracce della gravidanza e del parto. Inoltre la superficie auricolare appare rilevata (forma un piccolo scalino tra se stessa e la porzione retroauricolare dell'ileo), mentre appare pianeggiante nei maschi.

– L'osso sacro contiene informazioni utili alla diagnosi di sesso. La forma dell'osso osservato di profilo nella donna appare piatto, mentre nel maschio presenta un'accentuata concavità rivolta verso l'interno; la faccetta auricolare del sacro che si articola con quella dell'ileo, nella donna non supera di solito in altezza i due segmenti vertebrali del sacro, mentre nell'uomo la faccetta auricolare appare più lunga.

– Le ossa lunghe hanno un valore discriminante inferiore, ma possono diventare utili quando non si hanno a disposizione le parti più significative dello scheletro. Le ossa lunghe maschili sono in genere più lunghe, più robuste, più pesanti e con rugosità per gli attacchi muscolari più marcate di quelle femminili; le differenze più cospicue riguardano le dimensioni delle epifisi. Il femore presenta maggiori dimensioni della testa e dell'epifisi distale, ma anche maggiore larghezza e spessore della diafisi e maggior sviluppo della linea aspra.

– La colonna vertebrale nel maschio è più voluminosa; la differenza è particolarmente evidente nell'atlante; i corpi vertebrali, soprattutto quelli lombari sono più grandi ed hanno processi spinosi più robusti e sporgenti; la lordosi lombare è meno marcata. Anche il sacro presenta differenze: quello maschile è più stretto, più allungato e più arcuato.

– Nella scapola e nella clavicola si osservano notevoli differenze sessuali: nel maschio la scapola ha un'altezza maggiore; la cavità glenoidea è più ampia e la spina scapolare più lunga; la clavicola è più lunga e più spessa, ed ha una curvatura ad S più marcata.

– Inoltre anche l'astragalo è un indicatore di dimorfismo sessuale, infatti l'astragalo maschile presenta dimensioni maggiori di quello femminile, sia nella lunghezza che nella larghezza.

L'affidabilità diagnostica dello studio della morfologia del bacino è migliore rispetto a quella del cranio (attendibilità del 95%-98% vs 80%) (Cattaneo e Grandi, 2004).

Nei resti cremati la diagnosi del sesso si basa innanzitutto su considerazioni soggettive, come ad esempio le maggiori robustezza e dimensioni delle ossa nei soggetti di sesso maschile.

Sui resti cremati è preferibile valutare per la diagnosi del sesso, ove possibile, un insieme di caratteri come la presenza di inserzioni muscolari particolarmente sviluppate, robustezza delle apofisi mastoidee, la morfologia del mento e del ramo mandibolare, lo sviluppo della linea nucale sull'osso occipitale e la morfologia del margine sopraorbitario, i quali risentono meno delle modificazioni causate dal fuoco e se usati in modo combinato possono indirizzare su una diagnosi probabilistica del sesso del cremato (Canci e Minozzi, 2005; Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

Molto spesso è possibile riscontrare una maggiore presenza di soggetti maschili nelle analisi delle popolazioni antiche, questo può essere un dato reale se in determinati contesti storici il rito ad incinerazione viene usato preferibilmente per gli uomini, ma potrebbe a volte dipendere dal fatto che ossa più robuste e compatte, quali sono quelle maschili, possono conservarsi più facilmente. Inoltre sono comunque possibili, delle differenze nello svolgimento del cerimoniale di cremazione in riferimento al sesso del defunto, ed anche questo può determinare variazioni di conservazione (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

Bisogna inoltre fare attenzione a non generalizzare, in quanto una robusta corporatura tenderebbe a far identificare un individuo come maschile, a volte però proprio per questo motivo capita di avere un numero eccessivo di individui maschili all'interno della stessa popolazione, questo vale anche per le corporature esili attribuite generalmente a individui femminili. Certamente un individuo maschile adulto può mostrare segni di robustezza delle ossa in accordo con una struttura ossea pesante e con aree di inserzione muscolare molto pronunciate. Tuttavia l'osservazione dello sviluppo medio delle ossa non deve essere l'unico metodo di determinazione del sesso, ciò è da tenere in considerazione quando si cerca di determinare il sesso di individui giovanili adulti infatti le dure condizioni di vita in cui essi hanno vissuto si sono riflesse nello scheletro di entrambi i sessi (Holck, 1997).

E' inoltre molto difficile determinare il sesso degli individui in età infantile e giovanile, perché presentano scarso dimorfismo scheletrico (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993) , risultando pertanto generalmente assenti caratteristiche specifiche di riconoscimento del sesso prima dei 15-16 anni di età (Holck, 1997). Bisogna anche fare attenzione al fatto che in giovani adulti di sesso maschile è possibile riconoscere caratteristiche solitamente più frequenti nel sesso femminile, mentre variazioni in senso maschile sono riscontrabili in soggetti femminili dopo la menopausa (Facchini, 1995).

Anche l'analisi dei denti, ove presenti, può dare un piccolo contributo alla determinazione del sesso dell'individuo, infatti le principali caratteristiche sessuali del dente si riassumono in una maggiore grandezza di quelli maschili rispetto ai femminili, più evidente nei canini, ma anche negli incisivi e in una più precoce eruzione dei denti sia decidui che permanenti negli individui femminili (Facchini, 1995).

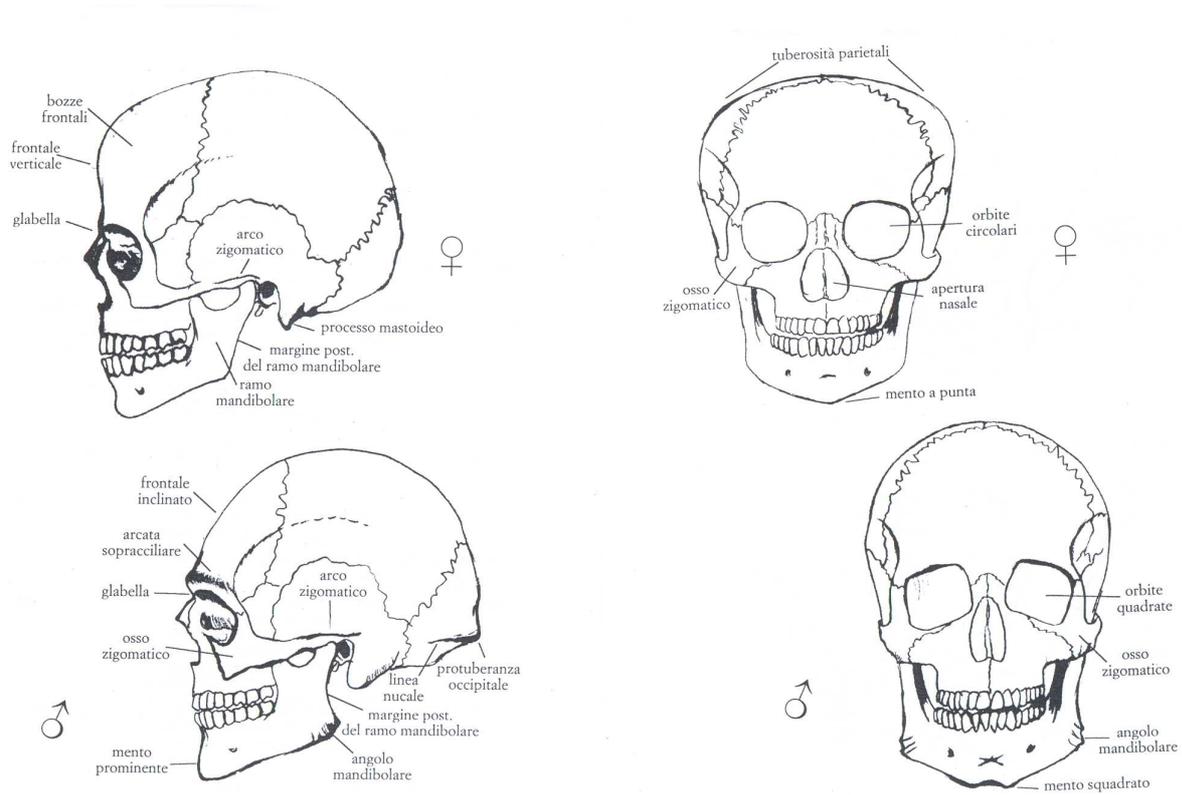


Fig. 5.1 – Confronto fra cranio femminile e maschile, in norma laterale (a sinistra) e frontale (a destra) (Canci e Minozzi, 2005).

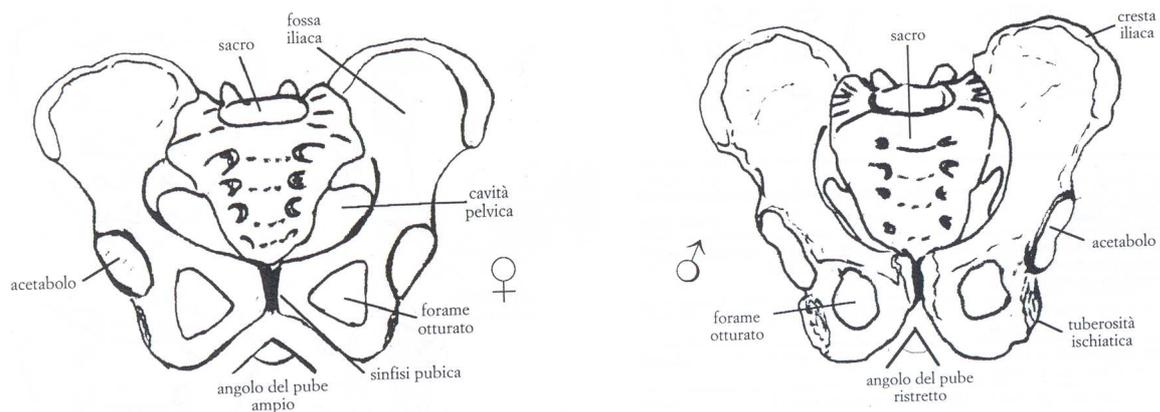


Fig. 5.2 – Confronto fra il bacino femminile e maschile in norma ventrale (Canci e Minozzi, 2005).

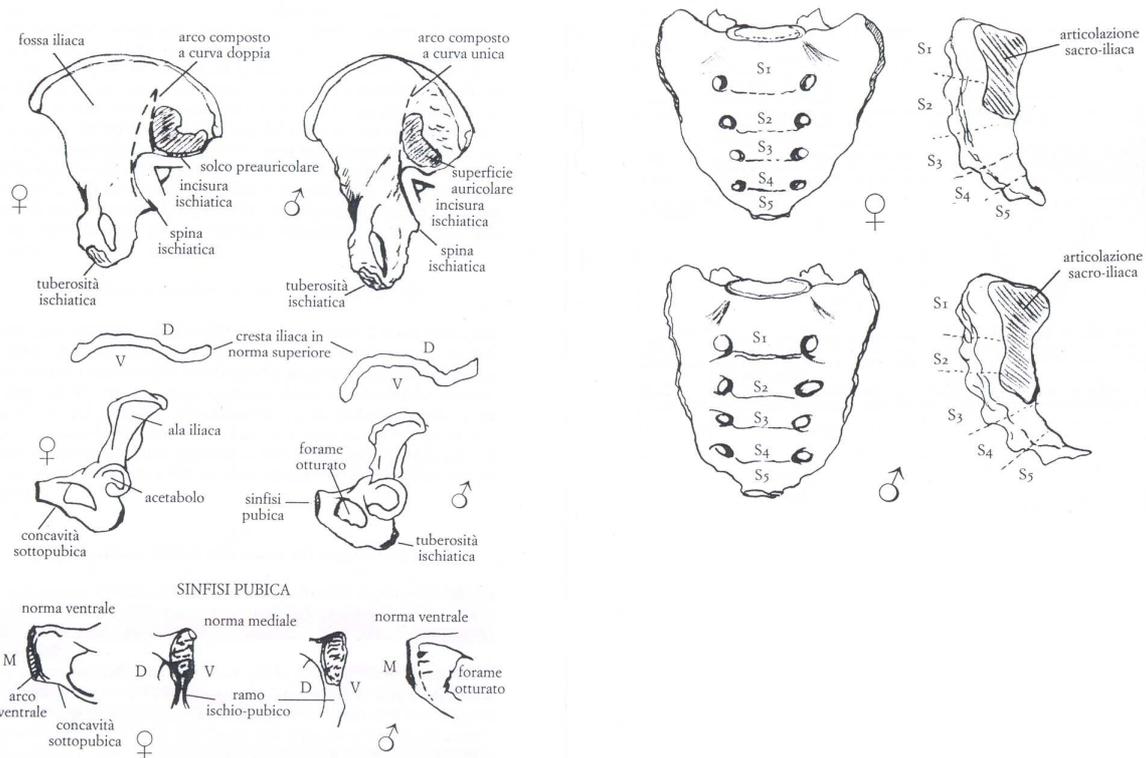


Fig. 5.3 - Confronto fra l'osso coxale femminile e maschile (a sinistra) e fra l'osso sacro femminile e maschile (a destra) (Canci e Minozzi, 2005).

b) Misurazioni osteometriche

Le misurazioni effettuate sulle ossa combuste non sono sostanzialmente diverse da quelle ottenute sullo scheletro integro. Tuttavia, considerate le particolari condizioni dei materiali, alcune misure, che raramente sono utilizzate sullo scheletro intero, nei resti cremati acquistano una particolare importanza, soprattutto per la determinazione del sesso. E' comunque da tenere in considerazione il fatto che spesso intervengono fattori come la nutrizione, il gruppo etnico e le attività occupazionali ad inficiare il valore di dimorfismo sessuale espresso da alcuni distretti.

Gejvall (1963) ha proposto l'analisi degli spessori ossei standardizzati, sia a livello cranico (calotta, inion) che a livello delle ossa lunghe (omero, radio, femore) e quella dei diametri delle teste omerali. Masali e Lupano Agricola nel 1971 hanno proposto di rilevare lo spessore della calotta nel baricentro dei frammenti. La valutazione di questi elementi, più che permettere una diagnosi sui singoli reperti mediante confronti con i dati della letteratura, consente di valutare la distribuzione all'interno della popolazione, discriminando i soggetti probabilmente maschili da quelli probabilmente femminili, pur tenendo conto della variabilità individuale ed in particolare,

per quanto concerne le porzioni di calotta, di come una diversa presenza di ossa e di zone possa influire sui dati, poiché in diversi punti si ottengono, per lo stesso soggetto, valori differenti. E' perciò importante avere effettuato prima una valutazione dell'età biologica, per non considerare reperti giovanili a basso spessore osseo, inoltre è necessario tenere presente che lo spessore della volta cranica aumenta anche nel corso dell'età adulta o per effetto di alterazioni patologiche (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993). Bisogna inoltre tenere in considerazione che l'azione del fuoco riduce i segmenti scheletrici e le ossa appaiono distorte e coartate.

Le misurazioni prese in considerazione in questo lavoro riguardano in particolare le parti scheletriche usate da Gejvall (1963) (Fig.5.4):

- **1a: spessore massimo della volta cranica;**
- **1b: spessore del cranio tra la protuberanza occipitale esterna e l'eminenza cruciforme;**
- **2: spessore della corticale del femore nella zona medio-diafisaria opposta alla linea aspra;**
- **3a: diametro verticale della testa dell'omero;**
- **3b: diametro trasverso della testa dell'omero;**
- **3c: spessore della corticale medio-diafisaria dell'omero;**
- **4: spessore della corticale medio-diafisaria del radio opposta alla cresta interossea.**

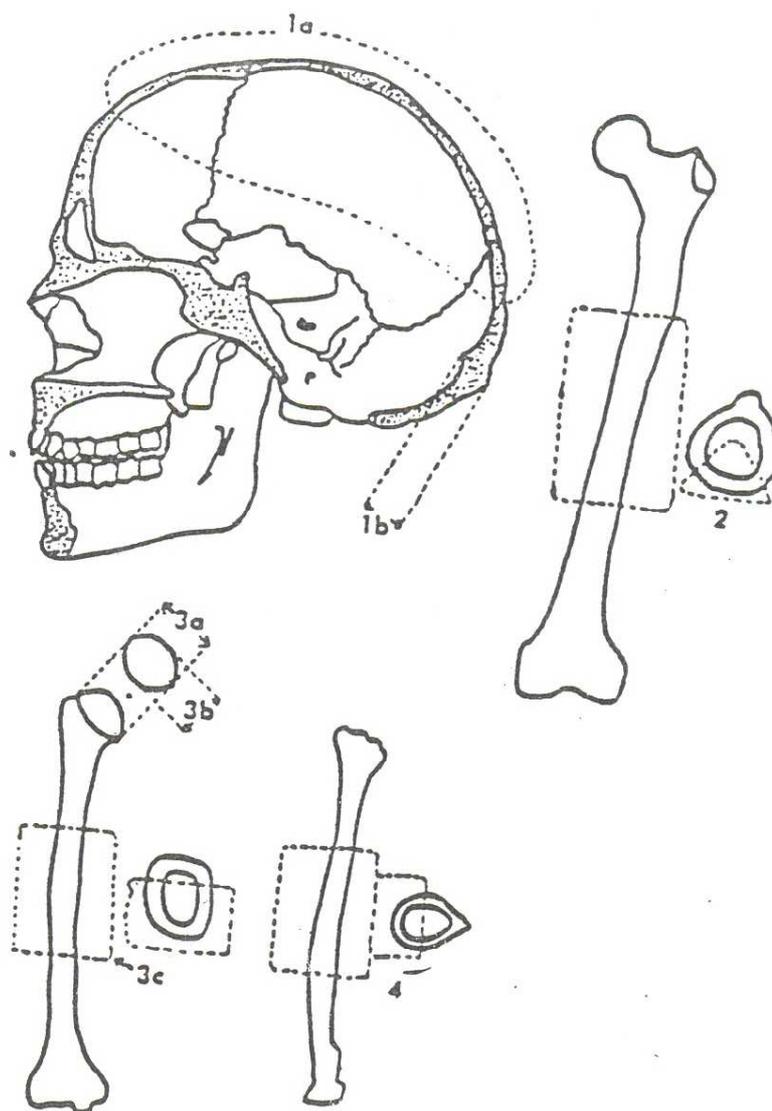


Fig. 5.4 - Aree scheletriche usate da Gejvall (1963) per le misurazioni osteometriche nei resti ossei cremati.

Inoltre sono state rilevate, ove possibile, le misure dei seguenti distretti anatomici:

- **Altezza del processo mastoideo** (Demoulin, 1972) (Fig. 5.5): misurata tracciando dalla punta della mastoide una linea perpendicolare al piano auricolare-orbitario di Francoforte ossia il piano ideale che passa per il bordo superiore del condotto uditivo esterno *Porus acusticus* e per il punto sottoorbitale (la base della cavità orbitale).

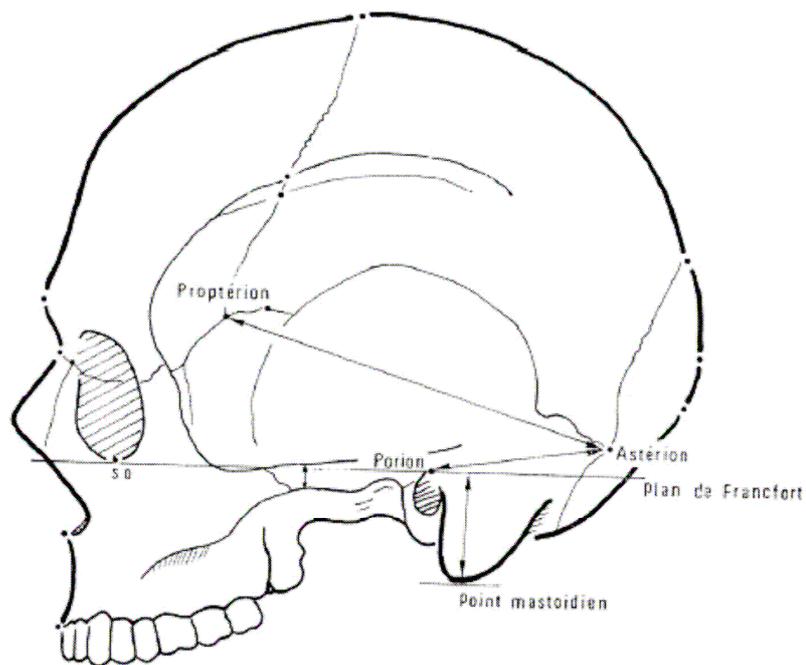


Fig. 5.5 – Altezza del processo mastoideo (Demoulin, 1972).

- **Lunghezza e larghezza condilo occipitale (Fig.5.6):**

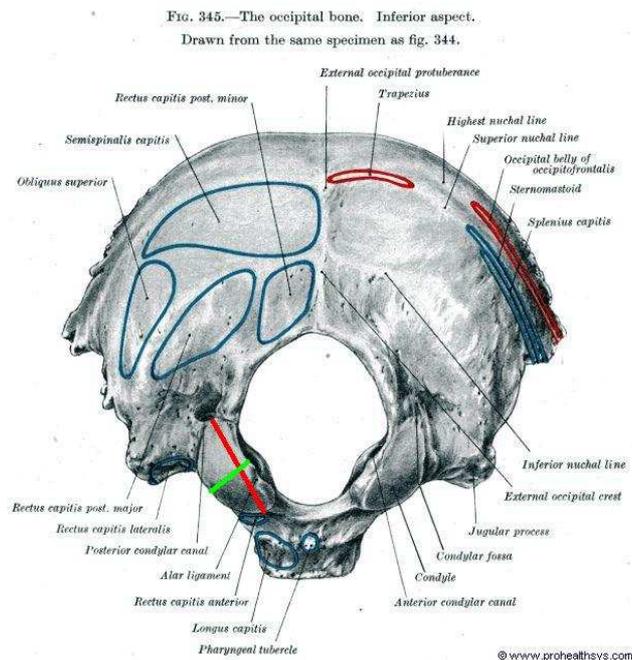


Fig. 5.6 – Misurazione della lunghezza (in rosso) e della larghezza (in verde) dei condili occipitali.

- **Lunghezza e larghezza del condilo mandibolare (Van Vark, 1975):**

Lunghezza del condilo mandibolare: si riferisce alla distanza tra il punto più laterale e quello più mediale del condilo mandibolare, punti A e B (Fig. 5.7).

Larghezza o spessore del condilo mandibolare: corrisponde alla distanza tra il punto più ventrale e quello più dorsale del condilo, sul piano perpendicolare all'asse della lunghezza passante attraverso il punto medio di questo asse, punti C e D (Fig. 5.7).



Fig. 5.7 – Misurazione della lunghezza (A-B) e della larghezza (C-D) del condilo mandibolare (Van Vark, 1975).

- **Larghezza fovea dentis** (Fig. 5.8):

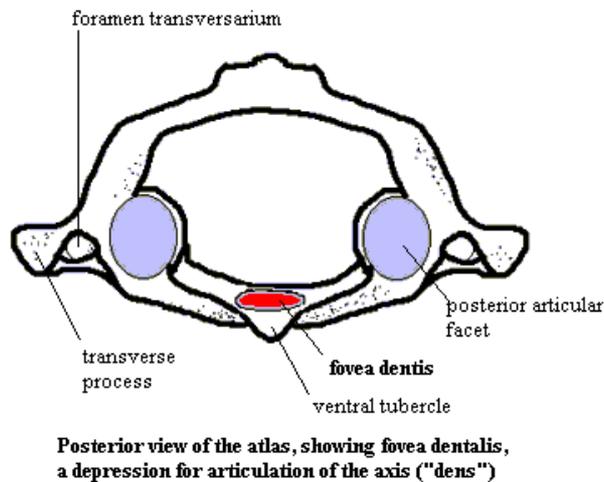


Fig. 5.8 – Misurazione della lunghezza della *fovea dentis* (in rosso);

- **Diametro trasverso e sagittale del dente dell'epistrofeo** (Van Vark, 1975):

Diametro trasverso del dente (Fig.5.9): distanza rettilinea tra i due punti più sporgenti lateralmente (punti E ed F) al di sopra dei 2/3 del dente.

Diametro sagittale del dente (Fig. 5.10): distanza retta tra il punto più dorsale e quello più ventrale della metà superiore del dente (punti G ed H).

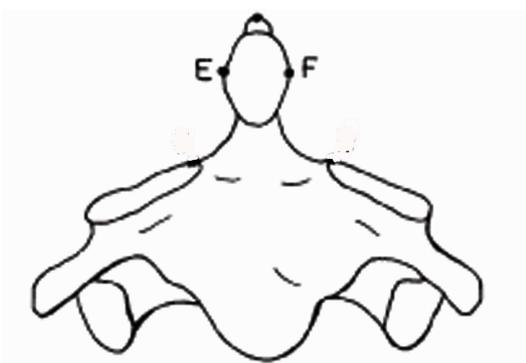


Fig. 5.9 – Misurazione del diametro trasverso del dente dell'epistrofeo (Van Vark, 1975).

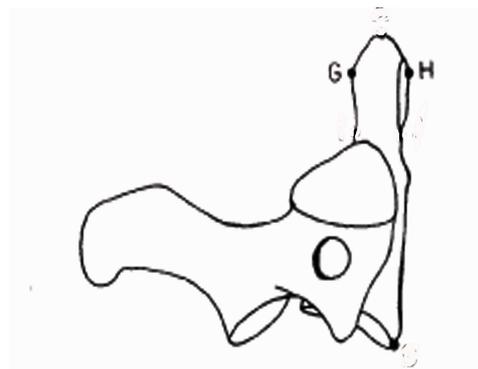


Fig. 5.10 – Misurazione del diametro sagittale del dente dell'epistrofeo (Van Vark, 1975).

- **Lunghezza e larghezza della cavità glenoidea** della scapola (Van Vark, 1975):

Lunghezza cavità glenoidea: la misurazione viene effettuata tra i punti sopraglenoideo e infraglenoideo (Bass, 1987), (distanza tra i punti A e B) (Fig. 5.11).

Larghezza cavità glenoidea: massima larghezza della superficie articolare misurata perpendicolarmente alla lunghezza, (distanza tra i punti C e D) (Fig. 5.11).

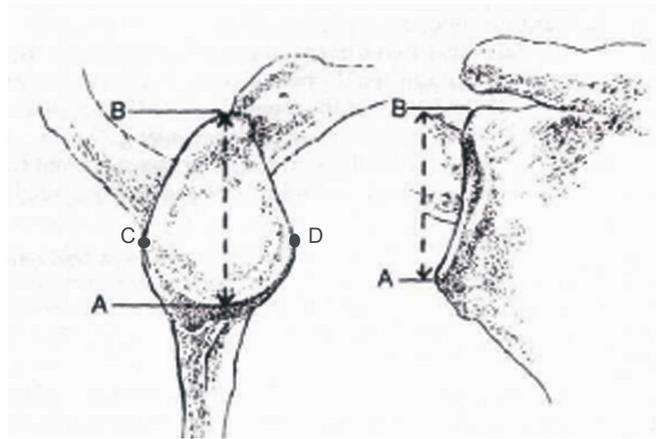


Fig. 5.11 – Misurazione della lunghezza (A-B) e della larghezza (C-D) della cavità glenoidea della scapola (modificata Bass, 1987).

- **Lunghezza troclea omerale** (Van Vark, 1975): distanza tra il punto più distale del margine mediale e il punto più distale del margine laterale della troclea omerale (Fig. 5.12).



Fig. 5.12 – Lunghezza troclea omerale (b).

- **Diametro e spessore del capitello del radio** (Cattaneo e Grandi, 2004; Van Vark, 1975):

Il diametro massimo della testa del radio: distanza dai punti A e B; lo spessore massimo è la distanza dai punti A e C (Fig. 5.13)

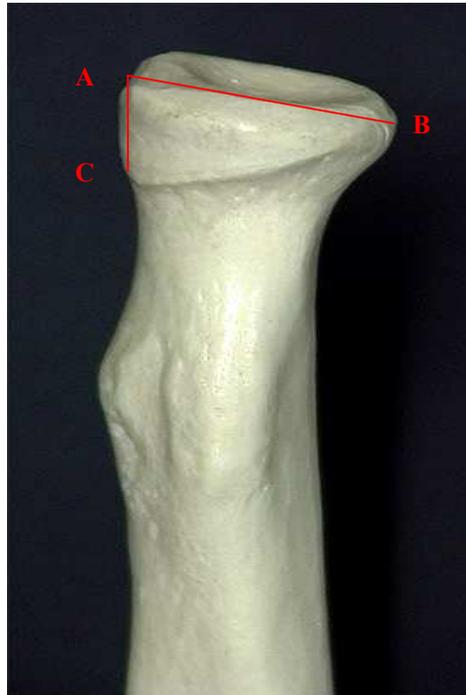


Fig. 5.13 – Misurazione dello diametro massimo (A-B) e dello spessore del capitello radiale (A-C).

- **Diametro massimo della testa del femore** (Cattaneo e Grandi, 2004; Reichs, 1998; Brauer, 1988; Krogman 1962): distanza in linea retta fra il punto più alto e quello più basso della testa femorale (Fig. 5.14, punti E ed F);
- **Diametro antero-posteriore del femore** (Martin e Saller, 1957): misurato dal punto più sporgente della linea aspra a quello parallelo sulla superficie anteriore (Fig. 5.14, punti S e T);
- **Circonferenza diafisi femorale** (Martin e Saller, 1957): (Fig. 5.14, punti M ed N).

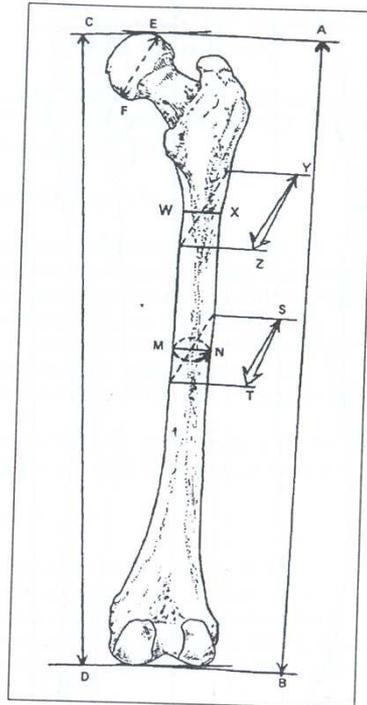


Fig. 5.14 – Misurazioni dell’osso femorale (Canci e Minozzi, 2004).

- **Altezza, larghezza e spessore della patella** (Kemkes-Grottenthaler, 2005; Introna et al, 1998; Rathbun e Rathbun, 1984; Van Vark, 1975):

Altezza massima: è la distanza retta tra il punto più prossimale della base della patella e il punto più distale dell’apice (Fig. 5.15, punti A e B).

Larghezza: è la massima distanza tra i due punti laterali della patella, perpendicolare all’altezza (Fig. 5.15, punti L e M).

Spessore: è la distanza tra il punto massimo anteriore e quello posteriore della patella in sezione trasversale (Fig. 5.15, punti C e D).

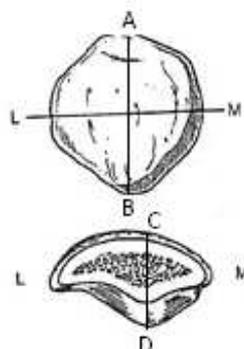


Fig. 5.15 – Patella in visione frontale (in alto) e trasversale (in basso) e relativi punti di misurazione.

- **Lunghezza e larghezza della troclea astragalica** (Steele, 1976; Van Vark, 1975):

Lunghezza troclea: distanza tra i punti A e B (Fig. 5.16).

Larghezza troclea: distanza tra il punto più alto del margine laterale e quello del margine mediale della faccia superiore (Fig. 5.16, punti E ed F).

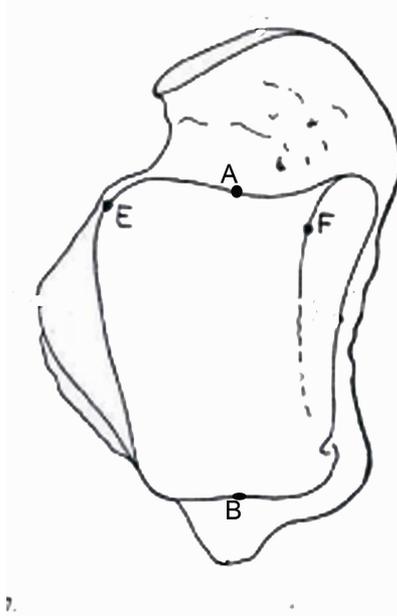


Fig. 5.16 – Astragalo con relativi punti di rilevazione metrica (modificato da Van Vark, 1975).

c) **Analisi degli angoli laterale e mediale del meato acustico interno.**

La rocca petrosa del temporale è uno degli elementi scheletrici che meglio si conserva tra i resti combusti ed è considerata un buon indicatore di dimorfismo sessuale. La morfologia della rocca e la posizione del meato acustico dipendono infatti dalla larghezza e lunghezza del cranio e, considerando che queste caratteristiche metriche sono marcatamente diverse tra i sessi, essi possono essere utilizzati nella diagnosi del sesso (Wahl, 1981; Wahl e Graw, 2001). Questo carattere sembra essere discriminante del sesso anche negli individui infantili in quanto Schmid e Dahm (1977) hanno riferito che l'osso petroso raggiunge circa il 46% della grandezza totale durante i primi 2 anni di vita, dopo di che il tasso di crescita rallenta notevolmente fino a quando la crescita si ferma a circa 20 anni di età.

Al fine di analizzare le caratteristiche di questo elemento scheletrico sono stati realizzati dei calchi del meato acustico interno, utilizzando un materiale a base siliconica comunemente usato dai dentisti (vinilpolisilossano ad alta viscosità per tecnica twin, Dei® Rainbow Putty RT). Il parametro di interesse è l'angolazione del canale, perciò non è necessario che la rocca petrosa sia

integra, ma è sufficiente che si siano preservati il meato acustico interno e la porzione della superficie posteriore della rocca. Il meato acustico deve essere precedentemente pulito e ricoperto da un leggero strato di paraffina liquida o olio di vaselina, in modo che sia possibile rimuovere facilmente il calco nella sua interezza. I calchi ottenuti sono stati tagliati in due parti in direzione mediosagittale, ciascuna metà del calco è stata fotocopiata e sull'immagine così ottenuta sono stati misurati gli angoli con l'uso di un goniometro.

In questo studio sono stati rilevati (Fig. 5.17) (Norén et al, 2005):

- L'angolo di entrata o "angolo laterale": angolo complementare all'angolo ottuso risultante dall'incontro tra la superficie della rocca e la parete laterale del meato acustico interno;
- l'angolo di uscita: angolo acuto risultante dall'incontro tra la superficie del meato acustico e la superficie della faccia posteriore della rocca.

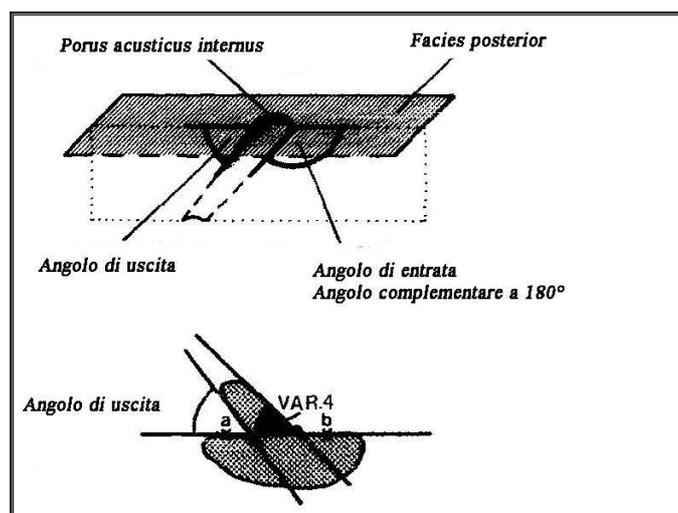


Fig. 5.17 – Determinazione degli angoli: a)angolo di uscita; b) angolo di entrata; VAR4: angolo complementare all'angolo di entrata (da Wahl, 1981).

5.2.5 Determinazione dell'età

Le osservazioni che si applicano ai reperti inumati possono in parte essere effettuate anche sui reperti incinerati, sia pure con maggiori difficoltà. Come è noto il livello di precisione delle stime decresce con l'aumentare dell'età dei soggetti, e risulta solo indicativo per gli adulto-maturi ed i senili.

La valutazione dell'età negli individui fetali è determinata sulla base delle misurazioni delle lunghezze delle diafisi; negli individui fetali combusti è necessario tenere in considerazione il grado di restringimento dell'osso dovuto al calore, sono perciò utilizzate le seguenti tabelle (Huxley, 1998; Huxley and Kosa, 1999):

Comparison of Combined Diaphyseal Shrinkage Rates for Carbonized and Calcined Bones from Fetuses between 4–10 LM and Newborns (drawn from Table 13, Huxley and Kósa, 1999)

Age	Sample Size	Average ± Carbonized	SD% Calcined	Range Carbonized	SD% Calcined
4 LM	1–6	32.50 ± 12.12	40.11 ± 17.51	17.50–50.16	21.49–68.98
5 LM	16–47	14.40 ± 4.44	18.29 ± 4.42	9.65–21.40	13.91–25.24
6 LM	7–14	6.78 ± 1.06	9.84 ± 1.27	5.61–8.01	8.42–11.26
7 LM	3–8	4.18 ± 0.31	9.82 ± 0.51	3.71–4.48	0.04–10.58
8 LM	4	3.47 ± 0.42	9.42 ± 0.72	3.12–4.14	9.39–10.31
9 LM	5–6	3.05 ± 0.18	9.45 ± 0.33	2.85–3.22	9.13–10.00
10 LM	10–12	2.46 ± 0.67	8.94 ± 0.37	2.38–2.54	8.35–9.42
Newborns	1–2	2.16 ± 0.29	8.96 ± 0.49	1.97–2.72	8.37–9.52

Tab. 5.1 – Percentuale di restringimento nelle ossa carbonizzate e calcinate di individui fetali.

Comparison of Shrinkage Rates (%) by Skeletal Element for Fetuses between 4–10 LM and Newborns with Sample Sizes in Brackets (drawn from Table 7, Huxley, 1998)

	4 LM	5 LM	6 LM	7 LM	8 LM	9 LM	10 LM	Newborn
Humerus	9.13 (6)	5.39 (47)	3.37 (14)	2.24 (8)	1.45 (4)	1.68 (6)	1.75 (12)	2.03 (2)
Radius	9.73 (3)	5.79 (37)	4.30 (14)	2.24 (6)	2.41 (4)	1.90 (6)	1.70 (12)	0.39 (2)
Ulna	9.23 (3)	5.65 (31)	3.46 (9)	2.25 (7)	2.21 (4)	1.82 (5)	3.09 (11)	1.06 (2)
Femur	13.85 (6)	4.59 (44)	3.56 (14)	2.46 (8)	2.28 (4)	1.67 (6)	1.72 (10)	1.48 (1)
Tibia	12.35 (3)	5.82 (44)	3.44 (14)	2.51 (8)	2.93 (4)	1.94 (6)	1.69 (12)	1.19 (2)
Fibula	6.27 (1)	7.18 (16)	2.77 (7)	2.07 (3)	1.82 (4)	1.59 (6)	1.46 (10)	1.52 (2)

Tab. 5.2 - Percentuale di restringimento di alcuni elementi scheletrici negli individui fetali.

La valutazione dell'età nei subadulti si fonda essenzialmente su tre criteri (Cattaneo e Grandi, 2004; Holck, 1997; Iscan e Kennedy, 1989; Ubelaker, 1989; Krogman e Iscan, 1986;):

1. stato dentario, ossia la valutazione della dentizione decidua o permanente, la fase di permuta e lo stato di eruzione o di completamento della formazione di ciascun dente (Fig. 5.18-5.19);

2. la presenza e/o la fusione dei nuclei epifisari delle ossa, che indica determinate soglie dell'accrescimento (Tab.5.3) (Fig. 5.20);
3. lunghezza delle diafisi delle ossa lunghe non ancora fuse alle rispettive epifisi.

Per la determinazione dell'età nei subadulti è necessario tenere in considerazione che nelle ossa cremate i denti non erotti rimangono intatti grazie alla protezione ossea della mascella e della mandibola. Il maggior contenuto in collagene ed il fatto che le gemme sono protette entro le cripte favoriscono la conservazione delle corone dentarie, che spesso negli adulti non sono osservabili, perciò possono essere facilmente identificati. Anche l'osservazione dei soli alveoli mascellari e mandibolari può consentire di comprendere se i denti, decidui o permanenti, erano erotti o ancora in formazione. Le dimensioni assolute delle varie porzioni post-craniali, confrontate con reperti di età nota o stimata con sufficiente precisione, possono essere indicative (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993). Inoltre è necessario prestare attenzione a frammenti di epifisi ancora non saldate o alla presenza delle strie che possono essere ancora visibili sui frammenti dei corpi vertebrali e direttamente correlate all'accrescimento vertebrale (Canci e Minozzi, 2005).

Bisogna inoltre sottolineare che i resti infantili si conservano molto più difficilmente rispetto a quelli adulti, sia per la loro maggiore fragilità, sia per fattori connessi al rituale di sepoltura. Come già è stato accennato il carattere più utilizzato per la diagnosi di età dei soggetti subadulti è il grado di eruzione della dentatura, sia decidua che permanente, infatti l'età di eruzione di ciascun dente oscilla entro limiti abbastanza ristretti in confronto ad altri aspetti dello sviluppo scheletrico.

I centri di ossificazione sono aree dove il tessuto osseo comincia a formarsi e ad estendersi in sostituzione ai tessuti preesistenti, è necessario perciò tenere presente le fasi dell'ossificazione elencate qui di seguito (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993):

- entro i primi tre mesi di vita si obliterano la fontanella lambdoidea e quelle pteriche;
- entro i nove mesi si verifica la saldatura della grande ala dello sfenoide con la base;
- entro il primo anno si oblitera la fontanella asterica e si saldano le due metà della mandibola;
- prima dei due anni si obliterano la fontanella bregmatica e la sutura metopica;
- verso il terzo anno si saldano tra loro la base e la porzione condiloidea dell'occipitale;
- durante il quarto anno si saldano gli archi vertebrali con il corpo vertebrale;

- verso i sei anni avviene l'unione tra la squama e la porzione condiloidea dell'occipitale;
- intorno ai dodici anni si verifica la saldatura a livello della cresta iliaca;
- tra i quindici e i diciassette anni si raggiunge lo stadio finale della saldatura delle tre ossa dell'anca;
- tra i quattordici ed i ventidue anni, avviene la saldatura tra le diafisi e le epifisi delle ossa lunghe;
- l'ossificazione si verifica nelle diverse ossa e nelle diverse parti dello stesso osso a diverse età: essa inizia con l'epifisi distale dell'omero (gomito), seguita da anca, caviglia, ginocchio, polso e termina con l'epifisi prossimale dell'omero (spalla).

Inoltre si deve tener presente che gli individui morti prematuramente a causa di malattie o per malnutrizione non possono essere rappresentativi dei membri sani sopravvissuti della stessa popolazione, in quanto la causa di morte può essere dovuta ad una malattia cronica o uno stato di malnutrizione che può avere influito anche sul grado di sviluppo (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

Nei subadulti è più facile valutare l'età di morte in base alle sequenze ed agli intervalli cronologici dei processi di maturazione scheletrica e dentaria, mentre è più difficile stimare l'età degli adulti in base a processi per lo più degenerativi, che sono meno regolari e hanno un alto grado di variabilità individuale (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993;).

I criteri più spesso utilizzati per valutare l'età degli adulti sono (Buikstra e Ubelaker, 1994; Borgognini Tarli e Pacciani, 1993; Lovejoy et al, 1985; Brothwell, 1981; Acsàdi e Nemeskéri, 1970):

- valutare i cambiamenti morfologici a livello della sinfisi pubica: negli adulti la sinfisi pubica appare abbastanza rugosa, con creste e solchi paralleli; gradualmente la superficie diventa più liscia ed intanto si forma una cresta sulla parte ventrale della superficie, quando questi due cambiamenti sono completi, un bordo osseo si crea lungo la circonferenza della faccia sinfisaria;
- valutare i cambiamenti della superficie auricolare dell'ileo: all'inizio questa superficie è caratterizzata dalla presenza di increspature, col tempo queste si attenuano fino a diventare delle strie, ad età ancora più avanzate vengono sostituite da una superficie

compatta fino alla loro completa scomparsa, in seguito la superficie diventa sempre più irregolare;

- valutare la comparsa di saldatura (sinostosi) delle suture craniche: le suture cominciano a saldarsi verso i vent'anni ed il processo continua fino ad età molto avanzate. La saldatura avviene inizialmente per piccoli tratti discontinui, che diventano man mano sempre più ampi fino a fondersi tra loro. Un fenomeno che si verifica nei diversi individui ad un'età abbastanza precisa e costante è la sinostosi sfeno-occipitale, essa inizia verso i diciassette anni e si completa verso i venti-ventuno, e può quindi rappresentare un criterio di separazione tra età giovanile ed età adulta;
- verificare la saldatura di alcune epifisi: la fusione delle epifisi distali di radio e ulna determinano l'età adulta;
- verificare la presenza di alterazioni a carico di diversi distretti scheletrici: ad esempio l'artrosi delle vertebre e di molte articolazioni (visibili generalmente a partire dai trent'anni di età) oppure la diminuzione dello spessore dell'osso corticale;
- identificare le radici del terzo molare, suggerendo così un'età alla morte superiore ai 16-17 anni (Canci e Minozzi, 2005);
- valutazione dell'usura dentaria.

Nel caso di soggetti adulti, tutti questi aspetti possono indicare, seppure in modo impreciso, la fascia di età alla morte. In particolare nelle ossa cremate è frequente osservare nei frammenti cranici i dentelli suturali ed, esaminandone i bordi, è possibile valutare se siano integri o se vi siano segni di frattura indicanti processi iniziali di sinostosi. Possono anche trovarsi parti composte da due ossa contigue che, essendo in avanzato stato di fusione, non sono state tra loro separate per effetto del calore, queste sinostosi aumentano con il progredire dell'età (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993). L'esame delle suture craniche rimane uno dei metodi più validi per studiare lo sviluppo dell'individuo in quanto frammenti di cranio con evidenti suture vengono ritrovati molto spesso intatti, nonostante il grado di combustione. E' importante ricordare che i vari tipi di suture sono controllati solamente da fattori biologici interni e non vengono influenzati da fattori esterni. Le ossa del neurocranio subiscono un lento processo di fusione a cominciare dall'età di circa 25 anni fino ad arrivare ad una completa ossificazione approssimativamente all'età di 60-70 anni, a volte anche più tardi. L'ossificazione generalmente avviene seguendo un certo modello: ogni sutura presenta singole parti che vengono chiuse a diversi stadi di età e la loro presenza indica

l'età fisica della persona con una precisione relativamente alta. Lo studio delle suture come criterio di determinazione dell'età può nella maggioranza dei casi essere applicato sulle ossa cremate con la stessa o migliore precisione di risultati che negli scheletri incombusti. Questo perché le ossa cremate hanno un vantaggio sugli altri materiali, dovuto al fatto che la rottura delle suture permette di studiare i margini delle fratture e le loro superfici. Anche questo modello cambia con l'età e ogni forma di ossificazione è visibile sulla superficie del cranio. Dallo studio delle suture di un individuo giovanile è possibile osservare che le ossa del cranio non formano connessioni ad eccezione di una sottile zona vicino alla parte più profonda dell'osso detta lamina interna. Questa zona forma la prima ossificazione visibile tra le ossa del cranio all'età di circa 20 anni, essa incrementa il suo spessore con l'età e raggiunge la superficie del cranio detta lamina esterna con la chiusura della sutura (Holck, 1997) (Fig.5.21).

Da ricordare è che la probabilità di identificare l'età di un individuo è ridotta quando manca la possibilità di un riferimento alle caratteristiche della popolazione di appartenenza; è necessario tener conto della variabilità tra i gruppi umani sia a riguardo ai ritmi dello sviluppo che a quelli dell'invecchiamento, infatti a determinare questa variabilità concorrono fattori ambientali, come il clima e la dieta e fattori genetici (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

Inoltre l'alto grado di combustione e le differenze nelle tecniche di cremazione fanno sì che la possibilità di determinare l'età delle ossa dell'individuo diminuisca proporzionalmente al grado di cremazione delle ossa, questo coinvolge ad esempio i ritrovamenti di individui infantili (Holck, 1997). Infine va ribadito che un solo carattere non può avere un valore discriminante decisivo né per il sesso né per l'età, occorre perciò considerare sempre, quando è possibile, una combinazione di caratteri (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

Le classi di età di uso corrente in paleodemografia non sono facilmente applicabili ai resti cremati, a causa dello stato frammentario in cui si trovano le ossa. È stato quindi possibile distinguere le seguenti classi di età:

- Infante I (0-7 anni). Dalla nascita all'eruzione del primo molare permanente.;
- Infante II (8-14 anni). Dalla completa eruzione del primo molare, alla completa eruzione del secondo molare permanente;

- Adolescente (15-20 anni). Dalla completa eruzione del secondo molare permanente alla chiusura della sincondrosi sfenooccipitale;
- Adulto (20-40 anni). Tutti i denti sono presenti con incipiente abrasione delle superfici masticatorie; tutte le suture sono completamente aperte sulla superficie ad eccezione delle aree minori;
- Adulto maturo (40-60 anni). Marcata usura della superficie masticatoria dei denti. Ossificazione della superficie delle suture con incompleta oblitterazione.
- Senile: individuo con più di 60 anni. Avanzata o completa oblitterazione delle suture craniche. Minore o maggiore riassorbimento dell'osso alveolare dovuto alla perdita dei denti.

Parti dello scheletro	Età
Sincondrosi sfeno-occipitale	17-23
Clavicola: parte mediana	20-25
Scapola: acromion	19-25
processo coracoide	19-25
Omero: epifisi prossimale	19-22
epifisi distale	15-17
Radio: epifisi prossimale	16-18
epifisi distale	19-22
Ulna: epifisi prossimale	16-18
epifisi distale	19-22
Metacarpo	16-19
Falangi di mano	16-19
Sterno	15-16
Pelvi: ilio	20-21
ischio	20-21
pube	20-21
sinostosi acetabolare	14-17
sinostosi ischio-pubica	7-9
Colonna vertebrale: incurvatura del corpo	4-7
epifisi corporali	19-21
Femore: epifisi prossimale	17-19
epifisi distale	18-20
Tibia: epifisi prossimale	19-21
epifisi distale	17-19
Fibula: epifisi prossimale	19-21
epifisi distale	17-19
Calcagno	15-19
Metatarso	15-19
Falangi di piede	15-21

Tab. 5.3 - Età di fusione delle epifisi nelle varie parti dello scheletro (Holck, 1997).

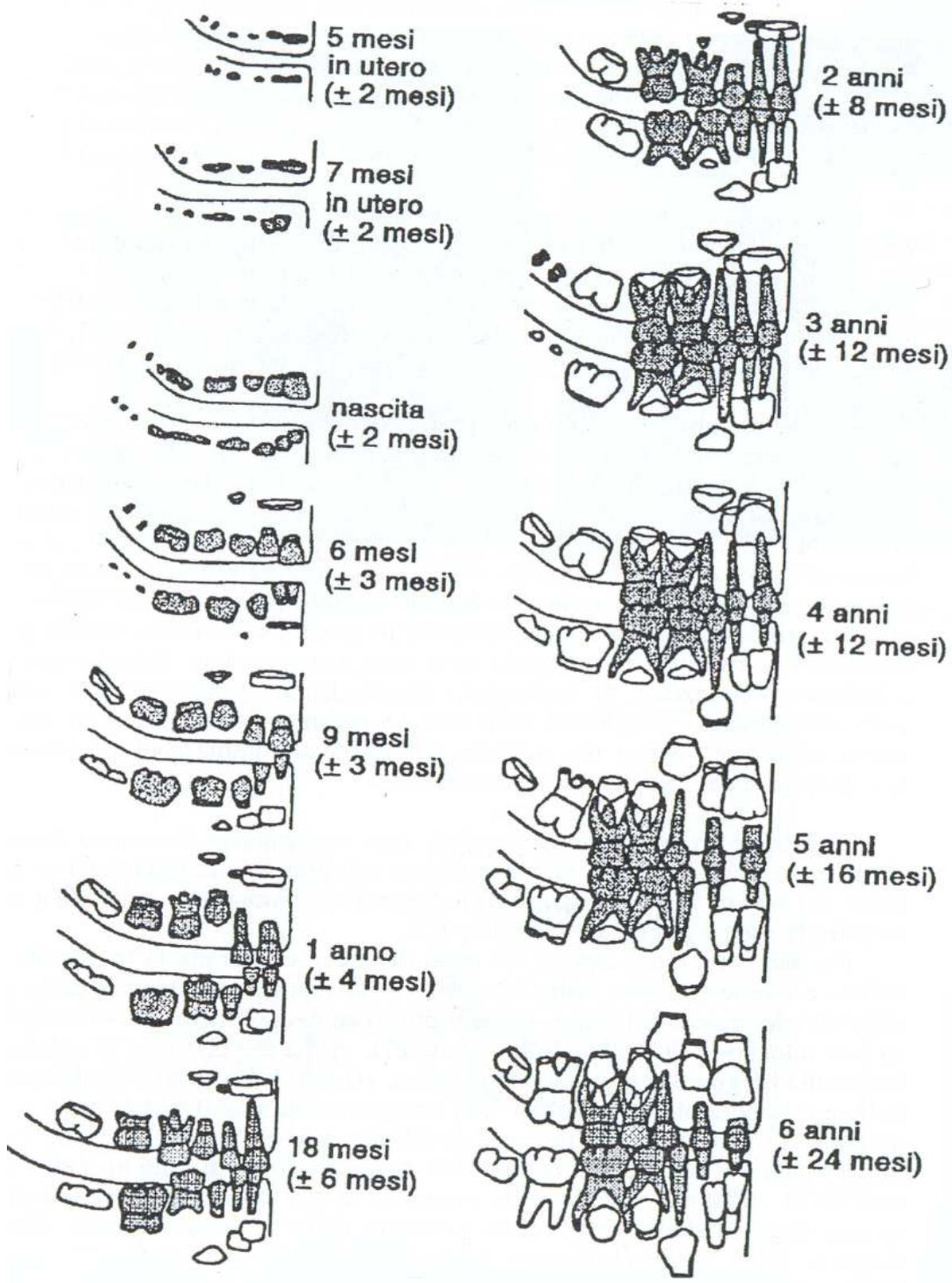


Fig. 5.18 - Grado di sviluppo dei denti (formazione ed eruzione) in relazione all'età. In grigio i denti decidui.

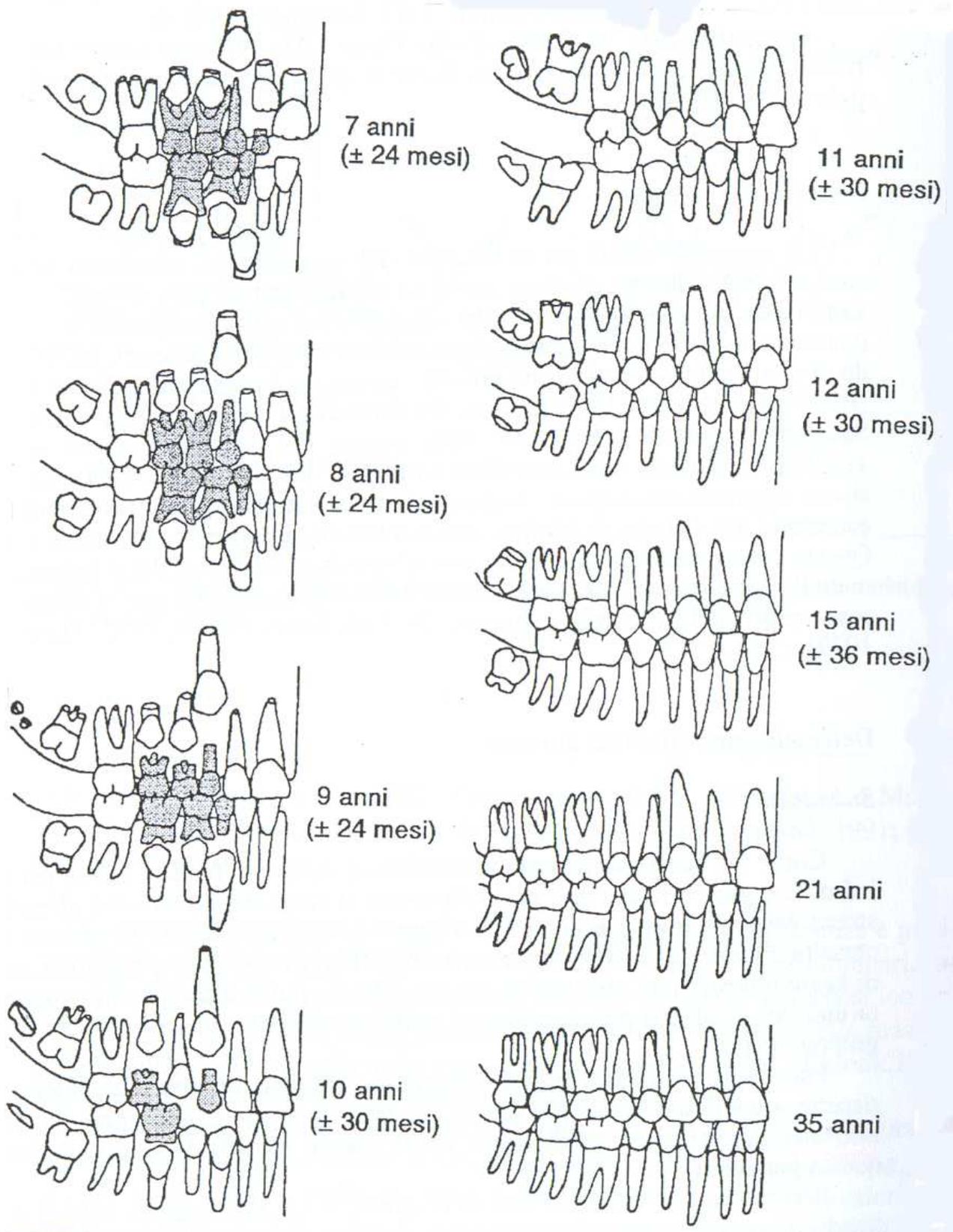


Fig. 5.19 - Grado di sviluppo dei denti (formazione ed eruzione) in relazione all'età. In grigio i denti decidui.

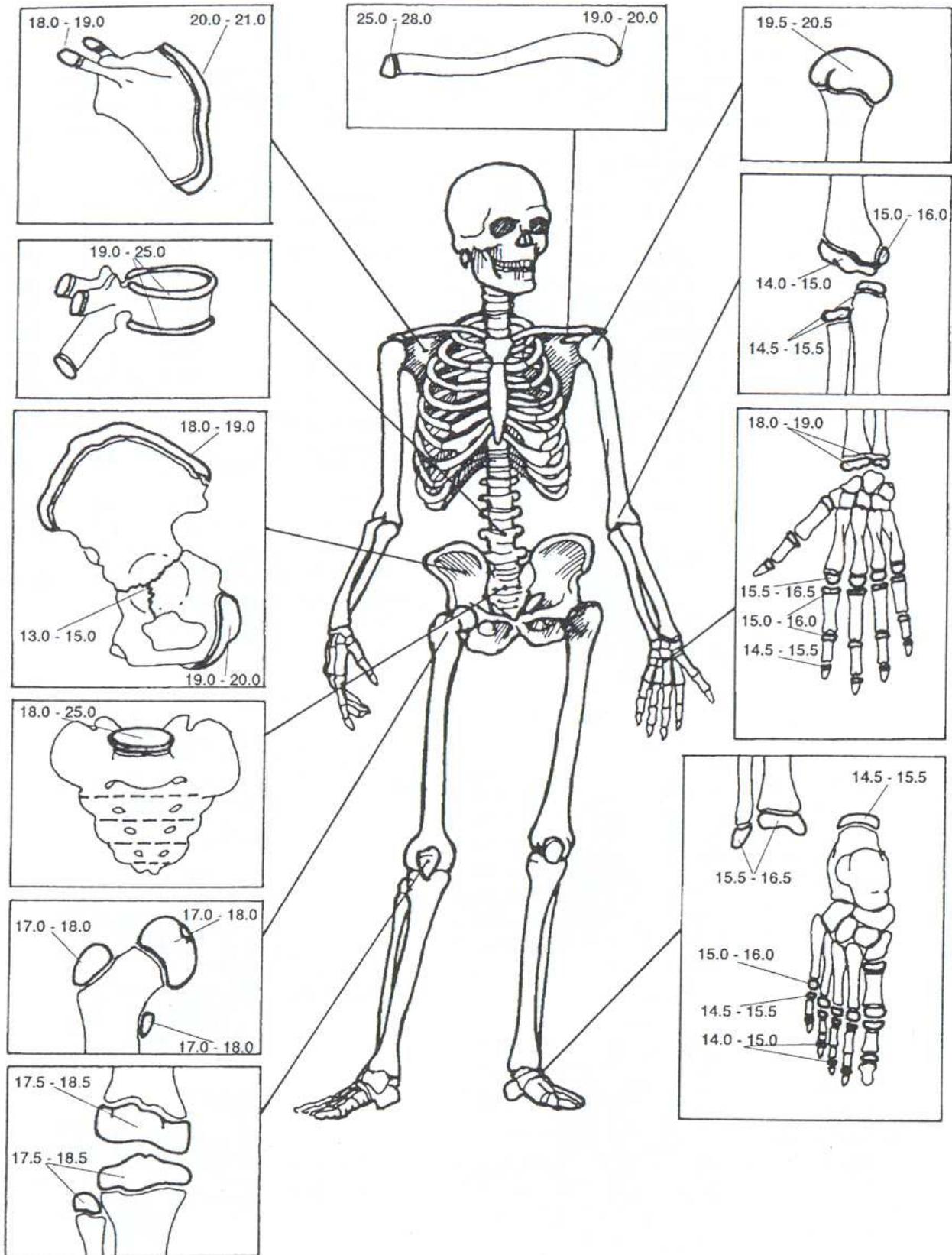


Fig. 5.20 - Età di unione dei centri di ossificazione (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

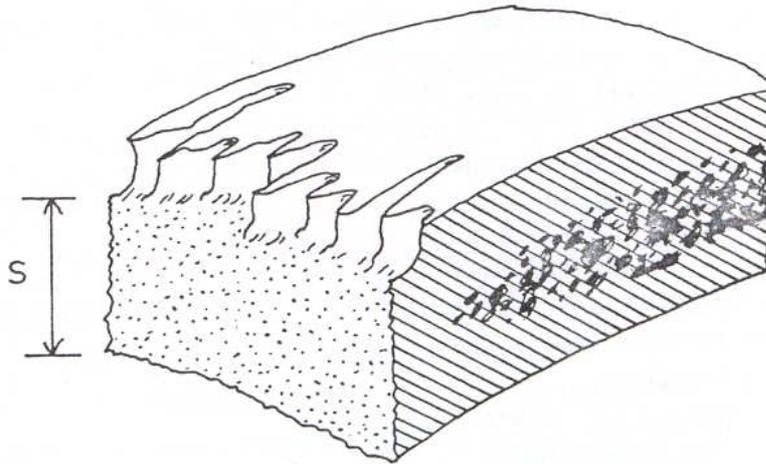
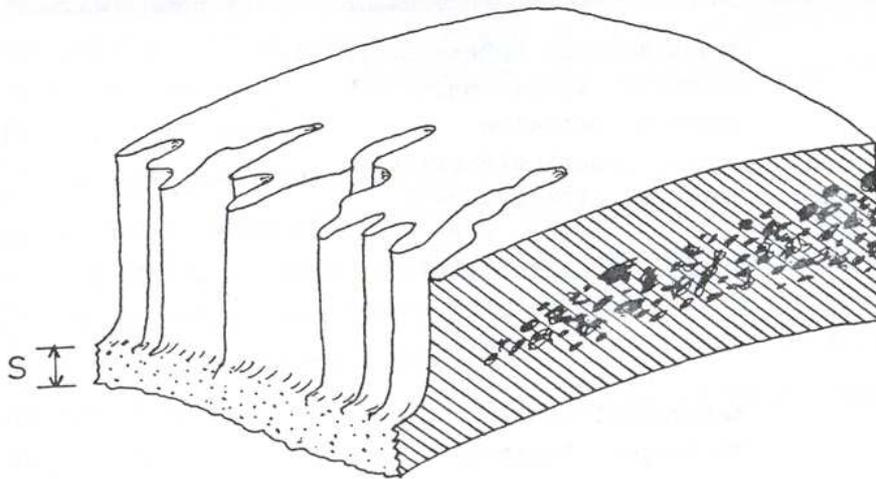


Fig. 5.21- Profilo di una superficie suturale di frattura (S). In alto un frammento di cranio di un individuo di 25 anni di età mostra una superficie di frattura piuttosto stretta. In basso un frammento di cranio di un individuo di 50 anni di età: la superficie di frattura ha raggiunto un considerevole spessore (Holck, 1997).

5.2.6 Analisi paleopatologica

Lo studio delle paleopatologie cerca di documentare le varie malattie nel tempo; l'osso, come tessuto vivente e reattivo agli stimoli ambientali è specchio di varie condizioni fisiologiche e patologiche dell'organismo. Ogni deficit alimentare, ogni stress, ogni malattia intercorsa nella crescita possono determinare delle alterazioni nello sviluppo dell'apparato scheletrico.

L'osservazione e la diagnosi degli elementi paleopatologici nelle ossa combuste sono fortemente influenzate dalle condizioni di conservazione dei materiali, dalla loro scarsità e dalla loro frammentarietà. Osservazioni di casi patologici su resti combusti riportate in letteratura sono piuttosto rare, come afferma lo stesso Wells (1960) e come risulta percentualmente dalla casistica di Holck (1997). Il fuoco modifica profondamente l'aspetto delle ossa e conseguentemente anche quello di sospetti traumi e patologie. L'effetto che il calore produce sull'osso può in alcuni casi essere scambiato per un'evidenza patologica o dovuta a trauma e creare così casi pseudo-patologici o falsi patologici, inversamente la presenza di patologie può essere oscurata dall'azione del fuoco (Fairgrieve, 2008).

Tra le alterazioni che si ritrovano frequentemente risultano: le degenerazioni artrosiche della colonna vertebrale e delle articolazioni, le reazioni infiammatorie, l'osteoporosi, le tracce di parodontopatie, gli esiti di traumi (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

5.2.7 Determinazione della temperatura di combustione

La temperatura di combustione è un altro importante parametro da tenere in considerazione quando si affronta lo studio di una cremazione. Nei resti umani cremati si osservano spesso delle variazioni cromatiche sulle superfici dei frammenti ossei corrispondenti a temperature diverse di combustione. E' quindi possibile, sulla base della semplice osservazione macroscopica, determinare con una certa approssimazione a quale temperatura sia stata effettuata la cremazione del reperto oggetto di studio (Canci e Minozzi, 2005).

La valutazione del colore è sostanzialmente soggettiva, a questo scopo si utilizzano varie scale di variazione cromatica: Rubini et al (1997) (Tab. 5.4), Shipman (1984) (Tab. 5.5), Franchet (Tab. 5.6) A. Drusini e M. Ripa Bonati (1994) (Tab. 5.7), P. Holck (1986) (Tab. 5.8). In tutte queste tabelle i colori sono messi in rapporto con i gradi di combustione dell'osso e, conseguentemente, con la temperatura raggiunta dalla pira di cremazione. Il colore dei frammenti ossei cremati varia di gradazione e di intensità; in genere il colore va dal bianco-gessoso al grigio chiaro, dal giallo al marrone, dal blu o blu-grigio al nero. A volte il colore delle ossa dipende dal contatto con i metalli presenti nel terreno o provenienti dai materiali di corredo (Fig. 5.22 – 5.23). Le tracce di colore verde ad esempio, sono dovute al rame del terreno o al bronzo degli oggetti presenti nella

sepoltura. In genere i processi di combustione delle ossa nell'antichità non raggiungevano temperature molto elevate, infatti è difficile ritrovare resti completamente calcinati e non si riscontrano quasi mai frammenti la cui colorazione sia un bianco uniforme; infatti le aree di colore blu o blu grigio sono determinate dal materiale organico sopravvissuto alla combustione (Gejvall, 1963). Secondo Malinowski nei suoi studi condotti nel 1969, la colorazione rossastra che spesso si osserva nelle porzioni di osso spugnoso, sarebbe riferibile al ferro trivalente dell'emoglobina dei globuli rossi, che si formano appunto nel midollo rosso delle ossa (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993). Da ricordare, inoltre, che la presenza di manganese anche in tracce, è capace di annerire fortemente un osso che può essere scambiato facilmente per un osso combusto. Bisogna poi ricordare che dopo poco tempo di permanenza nel terreno, le ossa cremate ne assimilano il colore; le ossa impregnate di humus o miste a fango sono di colore più scuro e sono quelle che vengono raccolte dalla terra di rogo; di colore più chiaro sono invece le ossa provenienti da urne protette da coperchi di pietra. E' perciò importante tenere in considerazione la natura del suolo in cui le ossa sono state ritrovate dalla quale vengono altamente influenzate nella colorazione.

Riassumendo si può affermare con sicurezza che le tonalità di colore marrone-nerastro sono tipiche di ossa scarsamente carbonizzate (temperature inferiori ai 300 °C), il colore grigio-bluastro indica invece temperature intermedie (tra i 300 e 600°C) mentre il bianco opaco indica una combustione completa (temperature superiori ai 600°C) (Canci e Minozzi, 2005). Quasi tutte queste gradazioni di colore possono essere presenti contemporaneamente in un singolo ritrovamento, ciò può verificarsi a causa della bassa temperatura dell'ambiente circostante che sta ad indicare che la cremazione probabilmente ha avuto luogo durante la stagione fredda. Con la temperatura esterna dell'aria sufficientemente bassa, le parti inferiori della pira vengono raffreddate dall'aria fredda che le attraversa e che riduce drasticamente la combustione in queste zone abbassando la temperatura d'accensione (Holck, 1997).

L'osservazione comparata delle diverse tonalità di colore riscontrate all'interno di uno stesso insieme di resti ossei cremati consente, inoltre, di ricostruire quali distretti scheletrici sono stati sottoposti maggiormente all'azione del fuoco consentendo in tal modo di formulare ipotesi circa la disposizione del corpo sulla pira funebre (Canci e Minozzi, 2005).

Riduzione ossea %	Temperatura C°	Condizione dei resti ossei	Colore	Tempo di esposizione
no	100	Incinerazione incompleta o tracce di fumo	Nero	Breve
	200			
	300			
	400			
	500			
1-25	600	Cremazione completa	Grigio* Bianco	Medio
	700			
	800			
costante	900	T 900		Elevato
	T 900			

Tab. 5.4 - Correlazione tra il restringimento delle ossa dopo la combustione, condizioni post-cremazione, colore delle ossa e tempo di esposizione al calore (Rubini et al, 1997).

Stadio	Intervallo di temperatura (°C)	Colore
I	20-285	Bianco neutro, giallo chiaro o giallo
II	285-525	Bruno-rossiccio, bruno-grigiastro molto scuro, grigio scuro neutro o giallo-rossiccio
III	525-645	Nero neutro con comparsa di tonalità bluastre o giallo-rossicce
IV	645-940	Bianco gesso predominante ma presenti anche sfumature grigio-bluastro chiaro e grigio chiaro
V	>940	Bianco gesso con cromatismo grigio e giallo-rossiccio

Tab. 5.5 - Scala cromatica di Shipman degli stadi di riscaldamento del tessuto osseo (scala cromatica di Shipman et al., 1984) (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

1. Colore giallo, nessuna alterazione macroscopica strutturale.
2. Tonalità bruno chiara.
3. Colore bruno.
4. Annerimento.
5. Cromatismo indaco-blu.
6. Schiarimento con tinte azzurro-grigie.
7. Viraggio al bianco (corrispondente ai 600°C).
8. Bianco calce, con contrazioni dimensionali e deformazioni.
9. Bianco calce, con fessurazioni diffuse, deformazioni, torsioni, inversioni di curvatura.
10. Verificazione con aumento estremo della cristallinità.
11. Polverizzazione (1.200°C)

Tab. 5.6 - Scala di Franchet delle modificazioni cromatiche subite dall'osso durante la cremazione. (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

Colore	Grado di combustione	Aspetto
Normale	Apparentemente non combusto	Forma conservata; sostanza ossea non alterata
Lieve annerimento	Combustione imperfetta	Superficie dell'osso non ancora alterata
Grigio chiaro	Combustione moderata	L'osso comincia ad essere deformato dal calore, ma conserva la sua durezza; raschiando la sua superficie non rimangono tracce visibili
Biancastro	Combustione intermedia	Oso deformato dal calore con presenza dei caratteristici "effetti"; raschiando la sua superficie rimangono tracce visibili
Bianco-gessoso	Combustione completa	Oso estremamente frammentario, fragile, poroso, di consistenza gessosa

Tab. 5.7 - Tentativo di classificazione dei resti ossei cremati in base al colore (da Drusini e Ripa Bonatti, 1988).

Grado	Temperatura (°C)	Alterazioni
0	100	Insignificanti mutamenti in ossa e denti.
	200	Solo il colore si altera in ossa e denti; inizia la riduzione del collagene.
1	300	Riduzione di peso, perdita di acqua, modesta contrazione volumetrica; il colore diviene brunastro e il collagene è completamente distrutto.
2	400	Si abbassa la consistenza ossea, iniziano a formarsi lievi fessurazioni superficiali microscopiche nell'osso e piccole fratture nello smalto dentario; il colore è grigio nero.
	500	Inizia la deformazione dell'osso, si ingrandiscono le fessure superficiali microscopiche; il colore è grigiastro.
	600	Ulteriori fratturazioni micro e macroscopiche della superficie; formazione di pirofosfati; il colore è grigio-chiaro.
3	700	Ulteriore riduzione di volume per la fusione di cristalli di idrossiapatite; liberazione di acqua di cristallizzazione; si instaurano mutamenti nella tessitura osteonica.
	800	Aumentano contrazione, deformazione e fusione dei cristalli; si instaurano alterazioni della dentina, ma senza distruzione dei tubuli; il colore è bianco-grigio.
	900	Marcata frantumazione della superficie ossea; distruzione della struttura osteonica, fusione dei cristalli, distruzione dello smalto dentario.
	1000	Microscopiche formazioni ovoidali di varia ampiezza sulla superficie ossea; la dentina appare in formazioni sferiche con tubuli ancora intatti.
4	1100	Fusione dei tubuli di dentina.
	1200	Totale decomposizione della microstruttura dell'osso e dei denti.

Tab.5.8 - Scala di Holck delle variazioni strutturali progressive dei materiali scheletrici con l'aumento della temperatura (Holck, 1986) (Borgognini Tarli e Pacciani, 1993).

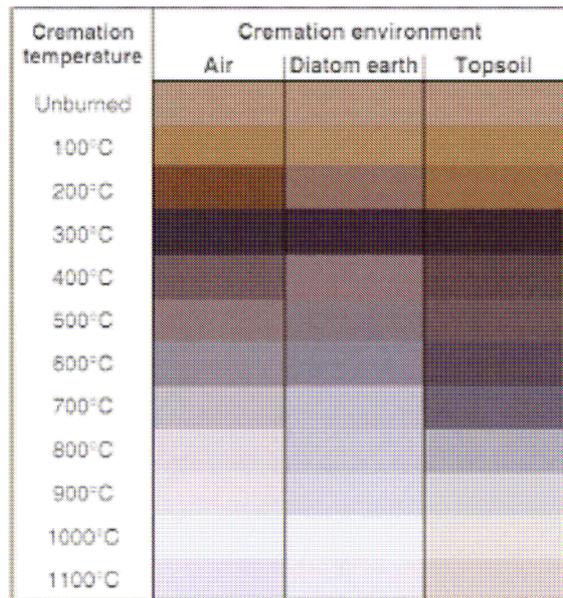


Fig. 5.22 – Colori generati usando le medie RGB delle colorazioni ottenute da campioni sperimentali di ossa cremate in fornace da 1 a 3 ore circondate da aria, terreno fossile e suolo (Schmidt e Symes, 2008).

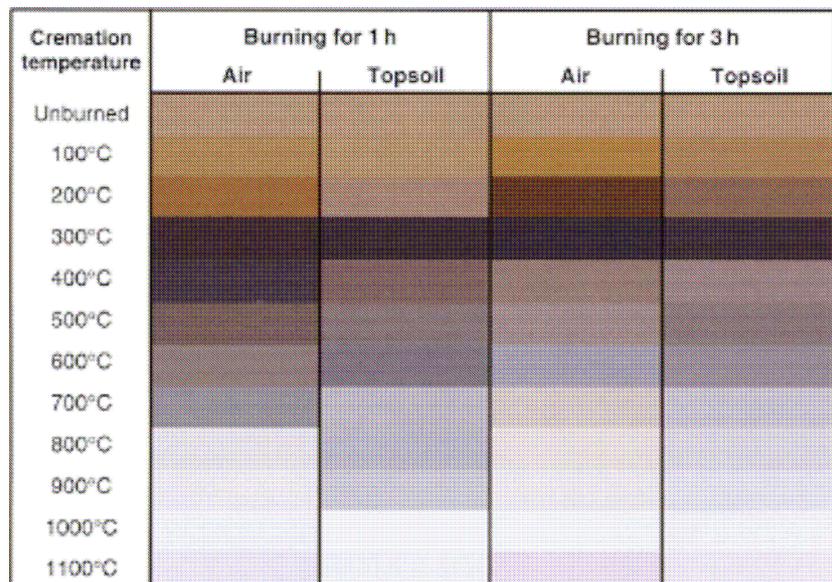


Fig. 5.23 – Colori generati usando le medie RGB delle colorazioni ottenute da campioni sperimentali di ossa cremate in fornace da 1 a 3 ore circondate da aria o suolo con alto contenuto organico (Schmidt e Symes, 2008).

5.2.8 Peso dei resti ossei cremati

I frammenti ossei combusti vengono poi sottoposti a pesatura attraverso l'utilizzo di una bilancia digitale. Viene misurato: il peso totale dei resti ossei, il peso dei frammenti craniali e post-craniali, questi ultimi suddivisi in frammenti con dimensioni superiori o uguali ai 20 mm (limite convenzionale) e frammenti con dimensioni inferiori ai 20 mm. Questa suddivisione può essere utile per verificare l'esistenza di particolari modalità rituali: ad esempio, una cremazione con una percentuale preponderante di frammenti al di sotto dei 20 mm può essere indicativa di una frammentazione rituale delle ossa preliminare alla loro sistemazione negli ossuari; viceversa la prevalenza di frammenti superiori ai 20 mm può indicare una combustione incompleta e affrettata.

Il peso dei resti ossei cremati rappresenta solo una parte del peso totale dello scheletro secco e corrisponde circa al 50%. Secondo vari autori il peso può rappresentare un fattore indicativo sia per l'identificazione di sepolture doppie o addirittura multiple (valori superiori al peso medio di un individuo cremato suggerirebbero la presenza di più soggetti all'interno dell'urna), sia per la determinazione del sesso. Ma è da tenere presente l'uso di selezionare, subito dopo la cremazione, le ossa da deporre nell'urna (ossilegio) impedisce il confronto tra i resti reali e le stime quantitative di riferimento (Drusini et. al, 2001).

Tuttavia, il peso delle ossa combuste, come unico dato, non è significativo per differenziare i due sessi a causa della possibile presenza di elementi estranei come frammenti di ossa animali indistinguibili da quelle umane; dell'impossibilità di separare individui frammentati e anche per la probabile incompletezza dei reperti dovuta alla dispersione.

La variabilità dei pesi dei resti cremati è quindi imputabile principalmente a (Drusini e Ripa Bonati, 1988):

- maggiore o minore grado di combustione del cadavere;
- eventi legati alle pratiche funerarie (selezione delle ossa);
- presenza di più individui nella stessa urna;
- eventi posteriori alla sepoltura (dispersione delle ossa);
- eventi legati al reperimento archeologico, alla raccolta e alla conservazione dei reperti.

E' inoltre importante tenere in considerazione che il peso dei resti ossei cremati può presentare un margine di errore dovuto ai detriti attaccati alle ossa che nonostante i lavaggi non

sempre è possibile eliminare totalmente, perciò la sabbia, l'argilla o altre concrezioni presenti possono aumentare il loro peso. Bisogna anche fare attenzione alle ossa animali e agli oggetti fabbricati in osso che possono essere presenti in quanto frammenti del corredo funebre che accompagna il defunto, come ad esempio resti di pettini e fibbie che non sempre è possibile separare dai resti ossei umani (Holk, 1997). Inoltre il peso delle ossa può variare da individuo a individuo; il peso dello scheletro dipende da vari fattori che includono l'altezza e la corporatura. Inoltre è da tenere presente che la massa dell'osso decade con l'età dell'individuo, negli adulti anziani specialmente donne (Mays, 1998).

5.2.9 Analisi ossa animali

Insieme alle ossa umane possono essere rinvenuti reperti animali, talora in *toto*, o solo parziali, i quali potrebbero riferirsi ad offerte di cibo al defunto.

La determinazione della specie di origine dei resti ossei e dentari dipende dalle condizioni dei resti. Su frammenti sufficientemente voluminosi le caratteristiche morfologiche macroscopiche spesso consentono una immediata esclusione dell'origine umana. La determinazione attraverso l'indagine macroscopica è tuttavia assai difficile nei reperti combusti di dimensioni molto ridotte o privi di porzioni anatomicamente discriminanti. Le dimensioni, la forma e la struttura dell'osso sono i criteri principali secondo i quali i resti ossei umani vengono ad essere distinti da quelli di altri animali (Cattaneo e Grandi, 2004).

Le ossa e i denti si sono evoluti e hanno assunto caratteristiche morfologiche e funzionali in relazione alle modalità di vita delle singole specie. Differenze morfologiche caratterizzano ad esempio le tre principali tipologie dentarie evolute in base alla qualità della dieta: erbivora, carnivora e onnivora. È importante tenere presente che i molari dei suini sono molto simili a quelli umani. La cremazione aumenta la difficoltà nel riconoscimento deformando il dente che perde così molte delle sue caratteristiche morfologiche (Cattaneo e Grandi, 2004).

Di difficile interpretazione spesso possono risultare i frammenti di diafisi, o le ossa di mani e piedi, soprattutto metacarpali, metatarsali e falangi, molto simili tra alcuni mammiferi (per esempio tra l'uomo, l'orso e il maiale), e in particolare quando si tratti di elementi ossei ancora in fase di accrescimento, con epifisi ancora non fuse.

Le ossa dei grandi mammiferi tuttavia risultano più dense e più pesanti rispetto alle ossa umane della stessa grandezza; le ossa di animali quadrupedi mostrano superfici alle estremità

articolari profondamente scanalate e pertanto molto differenti da quelle umane. Importante è, inoltre, il rapporto tra lo spessore della corticale e il diametro dell'osso: nell'osso umano lo spessore della corticale non supera solitamente un quarto (25%) dell'intero diametro della sezione trasversale, al contrario degli altri mammiferi nei quali la corticale è assai più spessa, con una corrispondente riduzione del canale midollare (Cattaneo e Grandi, 2004).

Frammenti di alcune aree del cranio possono essere di difficile interpretazione specialmente se sono appartenenti a soggetti giovani; le ossa di mammiferi immaturi potrebbero essere scambiati per ossa di infanti o giovani, così come frammenti delle ossa degli arti di grandi uccelli, mentre quelle di altri volatili più piccoli potrebbero essere confuse con i resti di un neonato.

5.2.10 Scheda di lavoro

Per ogni tomba della necropoli esaminata è stata elaborata una scheda che permette di raccogliere tutti i dati rilevati. In essa compaiono, oltre alle generalità archeologiche dei resti ossei anche gli elementi principali dell'analisi antropologica:

- il riconoscimento del numero minimo di individui contenuti in ogni cinerario;
- il colore dei frammenti e conseguentemente la temperatura raggiunta dalla pira di cremazione;
- il peso totale delle ossa;
- le parti scheletriche ritrovate;
- le misurazioni osteometriche;
- determinazione del sesso e dell'età di morte dell'individuo.

E' presente inoltre la descrizione anatomo-morfologica del materiale, cominciando dalle caratteristiche del cranio e proseguendo con lo scheletro post-craniale, riportando le eventuali patologie riscontrate.

SCHEDA FISICO-ANTROPOLOGICA PER RESTI OSSEI CREMATI

DATI ANTROPOLOGICI

DATI ARCHEOLOGICI

N.TOMBA		Anno di scavo	
N. Ossuario		Sito	
Tipo di sepoltura (singola, doppia, multipla)		Località	
Colore		Unità stratigrafica	
Grado di combustione (Holck, 1986)		Campioni	
Stadio di combustione (Shipman et al, 1984)		Presenza di corredo	
Grado di combustione (Franchet, 1970)		Presenza di resti animali	
Grado di combustione (Drusini e Ripa Bonati, 1988)		Presenza di resti botanici	

PESI

U.S. e campione					
Peso totale (g)					
Peso dei frammenti ≥ 20 mm (g) (%)					
Peso dei frammenti < 20 mm in (g) (%)					
Peso frammenti cranio (g)					
Peso frammenti post-craniali (g)					

MISURAZIONI CRANIALI E POST-CRANIALI (mm)

1a	1b	2	3a	3b	3c	4	5a	5b

6a	6b	7a	7b	8a	8b

Misura frammento massimo (mm)	
--------------------------------------	--

N. INDIVIDUI	
SESSO	
ETA'	

PARTI SCHELETRICHE PRESENTI	COLORE	TEMPERATURA
Cranio		
Processo mastoideo		
Protuberanza occipitale esterna e/o interna		
Rocca petrosa del temporale		
Osso mandibolare		
Osso mascellare e palatino		
Denti e radici		
Colonna vertebrale		
Vertebre cervicali		
Atlante		
Dente dell'epistrofeo		
Vertebre toraciche		
Vertebre lombari		
Sacro		
Sterno		
Costole		
Cinto scapolare		
Scapola		
Clavicola		
Acromion		
Cavità glenoidea		
Scheletro appendicolare superiore		
Diafisi		
Testa omerale		
Troclea omerale		
Capitello radiale		
Carpo		
Metacarpo		
Falangi		
Cinto pelvico		
Scheletro appendicolare inferiore		
Diafisi		
Testa del femore		
Femore con linea aspra		
Patella		
Margine interosseo della tibia		
Tarsali		
Metatarso		
Troclea astragalica		
Calcagno		
Falangi		

DESCRIZIONE

<p><u>Cranio:</u></p> <p>Anomalie e Patologie:</p>
<p><u>Post-craniale:</u></p> <p>Anomalie e Patologie:</p>
<p><u>Resti ossei animali:</u></p>
<p><u>Resti botanici:</u></p>
<p><u>Rituale funerario:</u></p>

5.2.11 Strumentazioni antropologiche

Le analisi antropologiche sono state eseguite con l'ausilio di:

- calibro digitale;
- nastro metrico;
- bilancia elettronica (Laica® 2kg div. 1g);
- pasta siliconica (DEI® Rainbow Twin Putty);
- goniometro.

5.3 Metodologie fisico-chimiche

Le metodologie fisico chimiche sono finalizzate all'analisi paleo-nutrizionale degli individui oggetto di studio: individui adulti cremati e individui adulti inumati.

Il presente studio paleo-nutrizionale è stato condotto attraverso quattro fasi.

FASE 1 - L'analisi degli elementi in traccia:

- a. Campionamento;
- b. Preparazione dei reperti;
- c. Determinazione e qualificazione dei contenuti chimici;
- d. Valutazione ed interpretazione dei dati.

a) Campionamento

Il campionamento comporta la rimozione di un quantitativo relativamente piccolo di materiale. Alcune aspetti sono da tenere in considerazione per ottenere un buon campionamento:

- Appropriata selezione dell'osso specifico per la campionatura;
- Ottenimento di una quantità sufficiente di ossa per le analisi;
- Uso di tecniche appropriate per l'estrazione dei reperti.

Generalmente per questo tipo di studio è preferibile il campionamento della corticale dell'osso piuttosto che della parte spugnosa dell'osso. Infatti la corticale mostra una minor variazione nelle concentrazioni degli elementi. Sono stati perciò prelevati frammenti di osso delle

dimensioni di circa 2 cm; si è cercato inoltre, qualora i reperti lo permettessero, di prelevare per tutti gli individui un frammento dello stesso distretto scheletrico, in questo caso del femore.

Inoltre per evitare qualsiasi tipo di contaminazione è stato necessario lavare con acqua distillata deionizzata e alcool, e pulire con ultrasuoni gli strumenti utilizzati per maneggiare i reperti.

b) Preparazione dei reperti

In seguito all'estrazione, i reperti vengono preparati per le analisi in modo da renderli trattabili per delineare e quantificare i loro elementi costituenti. Le analisi vengono precedute da:

- processo di pulitura;
- processo di asciugatura;
- polverizzazione;
- digestione.

A causa della sua natura porosa e della sua suscettibilità alle alterazioni post-deposizionali, l'osso necessita di una speciale attenzione al processo di pulitura. L'osso viene perciò lavato con acqua distillata-deionizzata e lasciato in immersione per 24 ore al fine di sciogliere le concrezioni detritiche; dopodiché viene pulito attraverso l'uso di una vaschetta ad ultrasuoni per rimuovere le particelle di suolo, o di altri elementi contaminanti, dai pori o dalle piccole fessure dell'osso. L'asciugatura avviene lasciando l'osso all'aria, a temperatura ambiente per almeno 24 ore.

La polverizzazione invece è avvenuta attraverso l'uso di un mortaio a pesto in agata, materiale non contaminante.

L'ultima fase è la digestione e la completa dissoluzione, è cioè la fase distruttiva vera e propria del reperto. La dissoluzione del reperto è avvenuta attraverso attacco acido (acido nitrico e acido fluoridrico) e calore (piastra a 180°C) in vari step.

c) Determinazione e qualificazione dei contenuti chimici

La determinazione degli elementi in traccia nell'osso è avvenuta utilizzando la seguente metodologia analitica:

- **ICP-MS (inductively coupled plasma mass spectrometry) "Serie X" Thermo** dotato di **CCTED (Collisional Cell Tecnology)** per l'eliminazione/riduzione delle principali interferenze spettrali.

La spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente, indicata con ICP-MS dall'inglese *inductively coupled plasma mass spectrometry*, è una tecnica analitica basata sull'utilizzo della spettrometria di massa abbinata al plasma accoppiato induttivamente.

La spettrometria di massa è una tecnica analitica potente usata per identificare prodotti incogniti, per determinazioni quantitative di composti noti e per chiarire le proprietà strutturali e chimiche delle molecole, utilizzando una quantità di campione estremamente limitata (un picogrammo, ossia 10^{-12} grammi).

Questa tecnica sfrutta l'utilizzo di una torcia al plasma ICP per produrre la ionizzazione ed uno spettrometro di massa per la separazione e la rivelazione degli ioni prodotti (Fig. 5.22).

Il Plasma - La spettrometria di massa elementare fornisce informazioni qualitative su quali elementi sono presenti in un campione complesso e informazioni quantitative sulla loro concentrazione. La sorgente ionica che viene utilizzata nella spettrometria di massa elementare è normalmente una scarica a pressione atmosferica, come il plasma induttivamente accoppiato (ICP), viene utilizzato di solito argon ad alte temperature (Schmidt e Symes, 2008). Il plasma viene prodotto utilizzando un flusso di argon, in tal modo vengono prodotti elettroni liberi e ioni Ar^+ . Gli elettroni interagiscono con il campo magnetico indotto subendo delle accelerazioni; essi collidono poi con gli atomi di argon producendo ulteriori ioni Ar^+ ed elettroni: si raggiungerà una condizione di equilibrio dinamico quando la produzione di nuovi elettroni per collisione sarà bilanciata dalla combinazione degli elettroni con gli ioni Ar^+ , processo che porta alla nuova formazione di atomi di argon. La sorgente ionica ha lo scopo di decomporre il campione nei suoi atomi costituenti e di ionizzare tali atomi. Il risultante fascio di ioni monoatomici viene quindi separato in uno spettrometro di massa e il segnale ottenuto viene usato per determinare la composizione del campione (Raffaelli, 2009).

Lo spettrometro di massa. Uno spettrometro di massa è uno strumento utilizzato per misurare la massa di una molecola dopo che essa è stata ionizzata, ossia alla quale è stata impartita una carica elettrica; più nello specifico lo spettrometro di massa non misura direttamente la massa molecolare, ma il rapporto massa/carica degli ioni che si formano dalla molecola in esame. La carica di uno ione è espressa come il numero z di cariche elementari, e il rapporto massa/carica è quindi espresso in termini di Da per unità elementare di carica. L'unità di misura utilizzata è

appunto il dalton (Da), definito come segue: 1 Da è $\frac{1}{12}$ della massa di un atomo di carbonio, o meglio del suo isotopo carbonio 12 (^{12}C) (Raffaelli, 2009).

Il campione, in genere sottoforma di soluzione liquida, viene trasformato in fase gassosa e viene introdotto in una camera da vuoto mediante un opportuno sistema di introduzione e viene ionizzato nella sorgente ionica. Gli ioni vengono generati mediante il bombardamento di molecole gassose con un fascio di elettroni ad alta energia. Gli ioni prodotti, che si trovano in fase gassosa, vengono separati nell'analizzatore sulla base del loro rapporto massa/carica (m/z), e vengono raccolti da un rivelatore. Gli ioni vengono rivelati, dopo la loro separazione, trasformando l'energia prodotta dalla collisione degli ioni sulla superficie del rivelatore, in modo da provocare l'emissione da parte di essa di altri ioni, elettroni o fotoni che vengono poi misurati mediante i rilevatori di luce o di carica. Nel rivelatore essi generano un segnale elettrico proporzionale al numero di ioni presenti. Il sistema di elaborazione dati registra questi segnali elettrici in funzione del rapporto m/z e li converte in uno spettro di massa. I processi che hanno luogo all'interno di uno spettrometro di massa sono (Raffaelli, 2009): 1) produzione di ioni e frammentazione; 2) separazione degli ioni in base al rapporto m/z ; 3) rivelazione. La concentrazione può essere determinata tramite calibrazione con standard o tramite diluizione isotopica.

Lo spettro di massa consiste in un diagramma di abbondanza ionica in funzione del rapporto massa/carica. Gli spettri di massa vengono rappresentati spesso in forma di semplici istogrammi (Fig. 5.23); gli ioni e la loro intensità relativa permettono di stabilire peso molecolare e struttura del composto in esame.

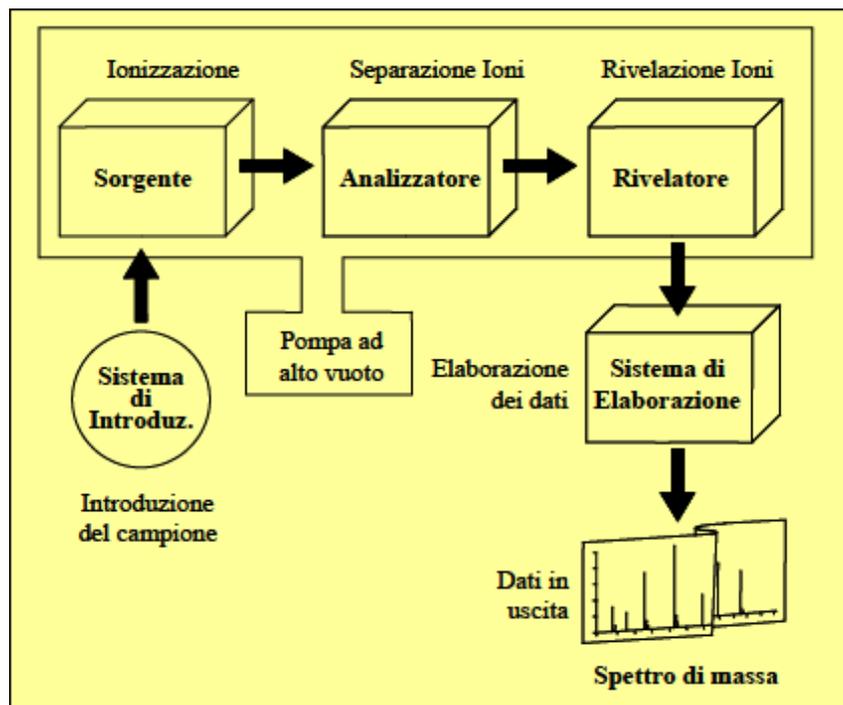


Fig. 5.22 – Schema a blocchi di uno spettrometro di massa (Raffaelli, 2009).

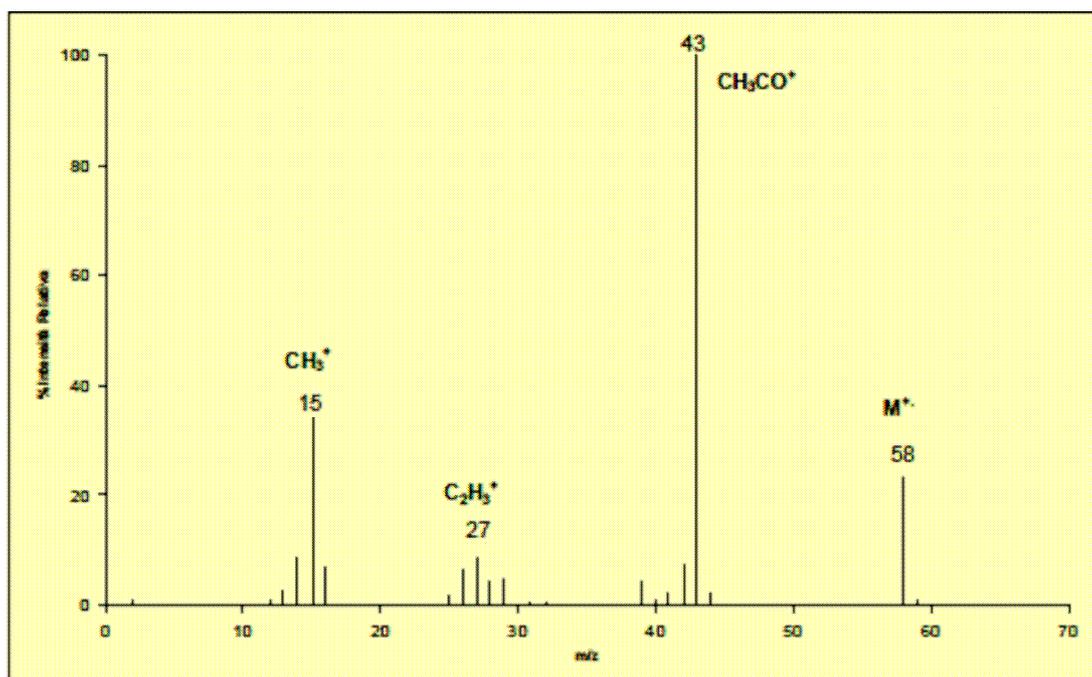


Fig. 5.23 - Esempio di spettro di massa (Raffaelli, 2009).

FASE 2 – Analisi dei campioni attraverso la tecnica analitica della spettrometria di fluorescenza (XRF) portatile (ARTAX Portable μ -XRF Spectrometer – Bruker).

La spettrometria di fluorescenza portatile (XRF) (Fig.5.24) è una tecnica di spettroscopia in emissione di raggi X che permette l'identificazione degli elementi chimici che sono presenti o che compongono il campione esaminato. Il principio utilizzato è il seguente: impiegando una radiazione X di energia ed intensità appropriate è possibile creare, per effetto fotoelettrico, una vacanza (lacuna) in un guscio interno dell'atomo di un elemento. Tale posizione viene successivamente rioccupata da un elettrone che appartiene ad uno dei gusci più esterni, che nella diseccitazione produce un fotone che ha una energia pari alla differenza tra le energie dell'elettrone nelle due posizioni iniziale e finale (Fig. 5.25). Un sottile fascio di raggi X penetrando nel materiale, attraversando la porzione di superficie su cui incide, diminuisce progressivamente di intensità con una legge esponenziale in quanto la probabilità di interazione del singolo quanto di energia (fotone) non cambia; ma progressivamente il numero di fotoni diminuisce. Nel caso di radiazione molto energetica, come quella X, l'interazione avviene direttamente sul singolo elettrone, anzi in alcuni meccanismi sugli elettroni che appartengono ai gusci più interni dell'atomo. Questo è il caso utile per la produzione della radiazione di fluorescenza dei raggi X, che origina dal successivo processo di diseccitazione in cui vengono prodotti fotoni che hanno energie che sono caratteristiche del singolo elemento. Il processo di diseccitazione avverrà in modo che vi sia la produzione di un elettrone, detto Auger, o, in alternativa di un fotone. Dalla vacanza di un elettrone nel guscio più interno (detto K) vengono prodotti fotoni di due energie diverse (linee K_{α} e K_{β}) (Fig. 5.26). Se la vacanza avviene sul guscio successivo (quello L) il numero di possibili processi aumenta con la conseguente maggiore difficoltà di interpretazione dei risultati (linee L). Come conseguenza della penetrazione di un fascio di raggi X in un materiale vengono prodotti diversi fotoni con energie caratteristiche che tutti insieme danno luogo ad uno spettro che può risultare anche molto complesso. Lo spettro è costituito dai picchi relativi alle emissioni caratteristiche degli elementi costituenti il campione, ma anche dai segni degli eventi di diffusione elastica e non elastica dei fotoni nel materiale stesso (Cesareo et al, 2000; Halliday et al, 1998; Bertin, 1975).

La misura del numero di fotoni di fluorescenza di un certo elemento emessi è una osservazione qualitativa che permette di individuare la presenza di tale elemento sulla superficie del campione, in corrispondenza dell'area investita dalla radiazione eccitatrice; ciò che viene

esaminato è, infatti, uno strato più o meno profondo del campione a seconda della capacità di penetrazione dei fotoni emessi dall'elemento. Questa tecnica permette di stabilire la presenza di un determinato elemento ed, eventualmente, utilizzando un'appropriata metodologia di misura e di analisi dei dati, stabilire la concentrazione di esso nel campione. Il passaggio da tecnica di analisi qualitativa a quella quantitativa non è automatico e necessita di appropriate formule di calibrazione della strumentazione.

Questo tipo di analisi è impiegata in indagini non distruttive, il suo scopo è quello di studiare variazioni o distribuzioni spaziali di uno o più elementi in maniera qualitativa.

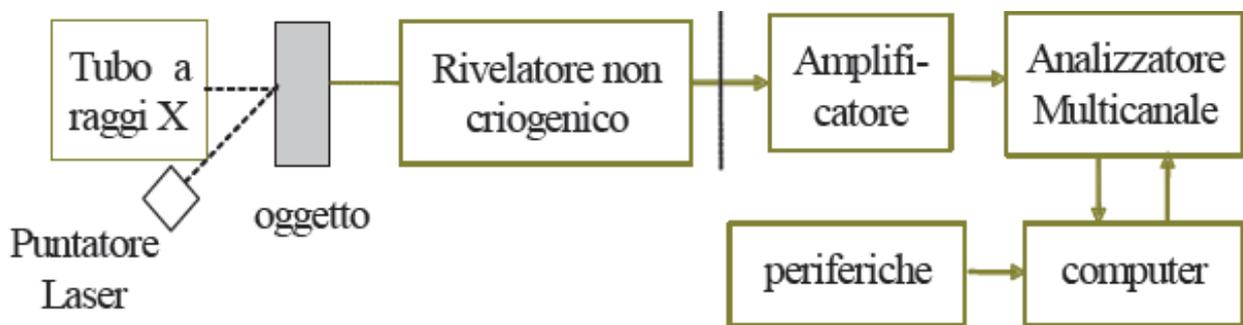


Fig. 5.24 - Schema funzionale di un sistema spettrometrico mobile per indagini XRF.

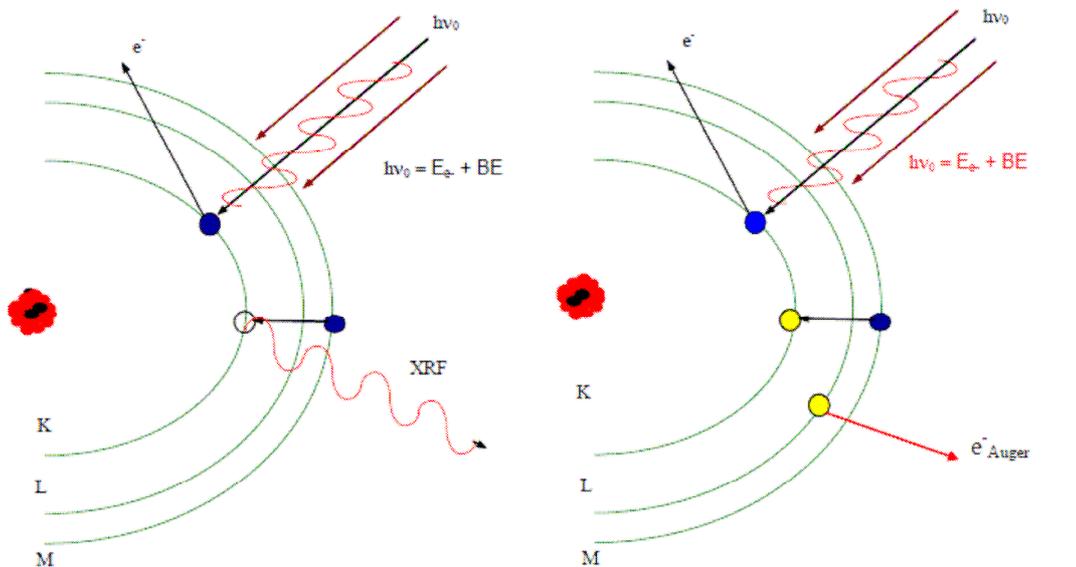


Fig. 5.25 - Schema del processo di base della fluorescenza a raggi X (Cesareo et al, 2000).

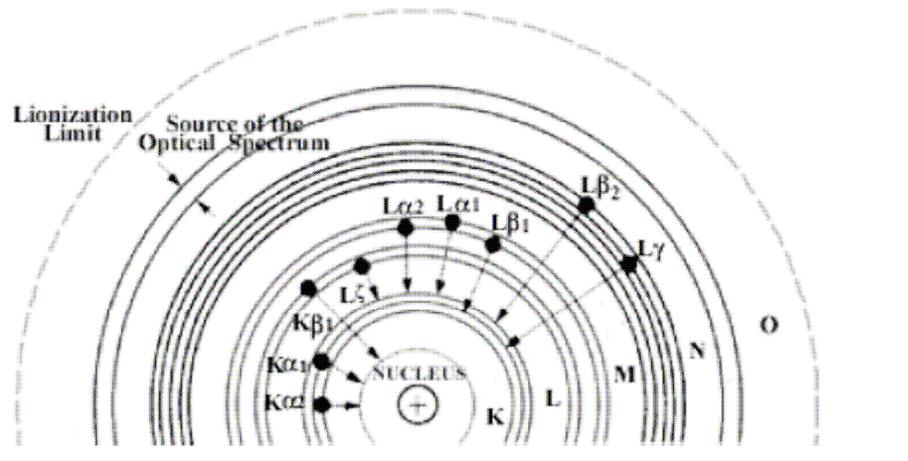


Fig. 5.26 - Principali transizioni nei gusci più interni che producono i raggi X caratteristici dei vari elementi (Cesareo et al, 2000).

FASE 3 – Analisi di due campioni ossei attraverso la tecnica analitica della spettrometria di fluorescenza a raggi X (XRF) classica con spettrometro a dispersione di lunghezza d’onda “ARL Advant-XP” e calcolo della LOI (Loss On Ignition) e comparazione con i dati ottenuti sugli stessi campioni tramite ICP-MS.

La spettrometria di fluorescenza a raggi X classica (XRF) si basa sullo stesso principio di funzionamento di quella portatile (descritto precedentemente). Questo tipo di analisi è però sostanzialmente distruttiva: il campione viene infatti macinato finemente e la polvere viene pressata fino a formare una pasticca circolare. Riassumendo: il campione sottoforma di pasticca viene poi irraggiato per breve tempo con raggi X prodotti da un tubo ad alta intensità; i raggi vengono in buona parte assorbiti dal campione, durante questo processo gli elettroni dei livelli elettronici interni (K,L,M) sono espulsi. Un elettrone espulso dal suo livello (per esempio il livello K) deve essere immediatamente rimpiazzato e questo avviene da parte di un elettrone del successivo livello (L); questo crea una lacuna nel livello L che viene rimpiazzata da un elettrone del livello M e così via. Gli elettroni che ricadono ad un livello più interno emettono energia sottoforma di un quanto di radiazione X caratteristica. Questa radiazione viene chiamata radiazione X secondaria e il fenomeno dell’emissione è definito come fluorescenza a raggi X (Fig. 5.27); ogni elemento possiede righe spettrali caratteristiche perciò lo spettro complessivo generato da un campione che contiene vari elementi può essere molto complesso. La risoluzione degli spettri si effettua con uno spettrometro costituito da un cristallo analizzatore che ha la funzione di diffrangere la radiazione X di fluorescenza e da un contatore di radiazione X. L’intensità e la posizione delle righe spettrali

diffratte dal cristallo sono misurate da un sistema elettronico e da un contatore di raggi X. Questo tipo di strumentazione (Fig. 5.28) permette un'analisi qualitativa con l'identificazione delle varie linee spettrali e l'attribuzione delle stesse agli elementi emettitori e un'analisi quantitativa in cui l'intensità di ciascuno spettro emesso dagli elementi viene confrontato quantitativamente con quello registrato su campioni a composizione nota "standard" e costituiti dagli stessi elementi. Questa procedura consente di analizzare molti elementi sino a concentrazioni dell'ordine delle ppm (parti per milione) con elevata precisione (Cesareo et al, 2000; Halliday et al, 1998; Bertin, 1975).

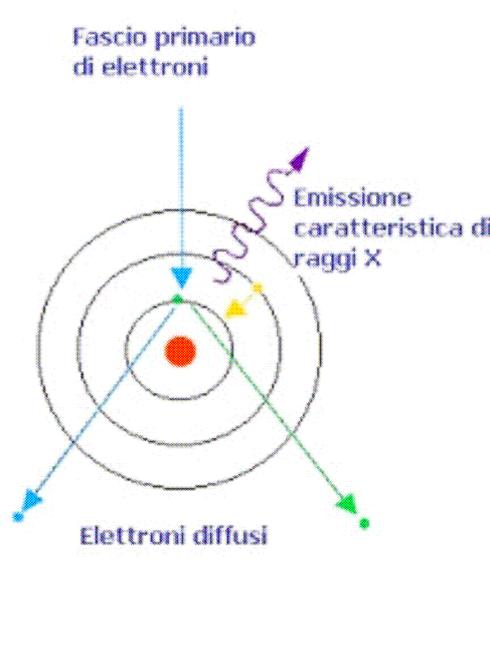


Fig. 5.27 Emissione di radiazioni in fluorescenza.

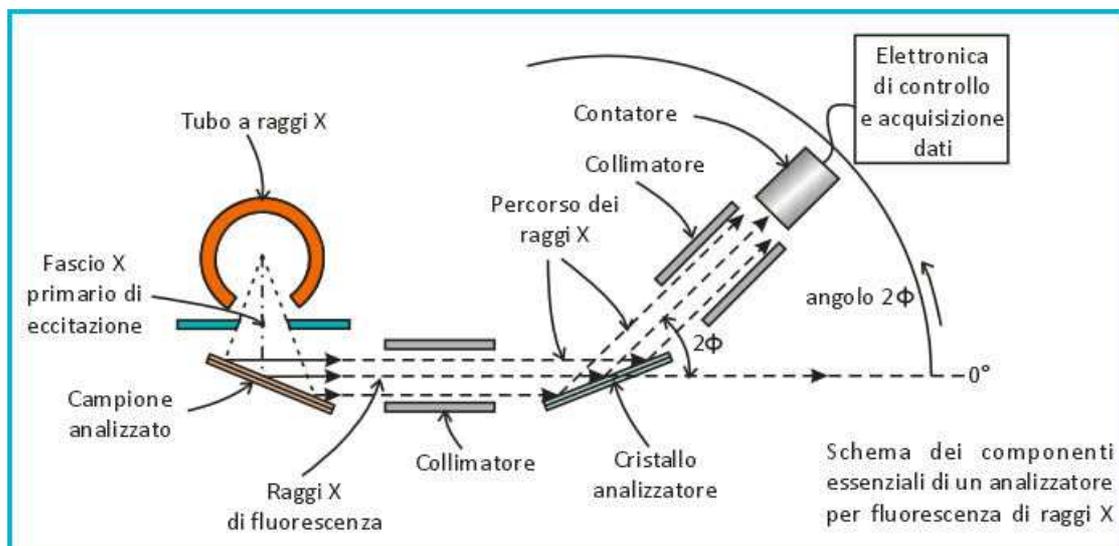


Fig. 5.28 - Schema dei componenti essenziali di un analizzatore per fluorescenza a raggi X classica.

FASE 4 – Tecniche di riconoscimento e valutazione della diagenesi:

- a. Analisi stereomicroscopica del campione osseo per evidenziare i diversi tipi di modificazioni morfologiche indotte dalla diagenesi (inclusioni, infiltrazioni) e per verificare lo stato di conservazione del reperto.

Lo **stereomicroscopio** è costituito otticamente da due percorsi ottici ben distinti, che acquisiscono le immagini da un'unica lente posta frontalmente. La visione di ciò che viene ripreso si ottiene tramite due oculari applicati al termine dei due percorsi ottici, con questi si può determinare il campo di ripresa che verrà fotografato. I due percorsi ottici riprendono due porzioni distinti dell'oggetto in esame restituendo così una visione tridimensionale dello stesso. Lo stereomicroscopio è costituito da un basamento con una colonna che ne sostiene il corpo nel quale si osservano i due percorsi ottici e la lente frontale; sopra il corpo dello strumento si applica la testa binoculare dove sono posizionati i due oculari di visione. I vari ingrandimenti ottenibili sono determinati dallo spostamento di alcune lenti contenute nei due percorsi ottici, comandati da una manopola esterna sulla cui ghiera sono incisi i vari rapporti di ingrandimento. Allo stereomicroscopio può essere applicata anche una semplice fotocamera reflex. Nelle riprese è inoltre molto importante il tipo di illuminazione, a causa del notevole assorbimento di luce da parte del sistema ottico, sono perciò forniti di un dispositivo per poter regolare l'intensità luminosa e la temperatura colore, è inoltre necessario regolare l'esposizione dell'oggetto.

- b. Osservazione dell'osso attraverso la microscopia a scansione elettronica (SEM) e la tecnica analitica della fluorescenza a raggi X portatile (XRF), al fine di eseguire un'analisi qualitativa degli elementi sulla superficie dell'osso, prima e dopo il processo di lavaggio agli ultrasuoni.

L'analisi della microstruttura dei campioni è stata eseguita mediante il **microscopio a scansione elettronica (SEM)** grazie al quale è possibile valutare la morfologia, la struttura e la composizione chimico-fisica del campione. Esso permette infatti l'analisi della composizione chimica e dell'orientazione cristallografica di un campione, permettendo analisi puntuali e areali, sia qualitative che quantitative. Il microscopio elettronico a scansione (SEM) è una tecnica che permette l'osservazione di campioni con ingrandimenti e risoluzione 1000 volte superiore alla microscopia ottica ordinaria. Il SEM sfrutta la generazione di un fascio elettronico ad alta energia nel vuoto. Lo strumento è composto di due parti essenziali (Fig. 5.29) : un blocco cilindrico in cui

sono contenuti vari elementi quali un filamento di tungsteno, sistemi di bobine e lenti condensatrici; una base sulla quale è collocato il porta-campioni in cui sono presenti una serie di sensori in grado di rilevare gli elettroni che vengono deviati secondo diverse modalità. E' inoltre corredato di un monitor sul quale viene visualizzata in tempo reale l'immagine scannerizzata dallo strumento. Il principio di funzionamento è caratterizzato da varie fasi. All'interno del blocco cilindrico è presente un filamento di tungsteno il quale, sottoposto a riscaldamento, emette un fascio di elettroni; è possibile regolare la velocità di emissione degli elettroni al variare della tensione applicata (il suo valore è compreso tra 1 KeV e 50 KeV). Il fascio di elettroni, prima di giungere al campione, è messo a fuoco attraverso un sistema di lenti condensatrici e indirizzato per effetto di campi magnetici presenti all'interno delle bobine (scan coils) percorse da correnti alimentate da un generatore (scan generator). Il fascio di elettroni giunge alla superficie del campione dove si verificano dei fenomeni di interazione tra elettroni e materia e le emissioni vengono rilevate da opportuni sensori, che trasferiscono i segnali, convertiti in impulsi elettrici ad un monitor. L'immagine rilevata è costituita da tanti spot luminosi la cui intensità è legata a quella delle emissioni; la presenza di zone più chiare è dovuta alle emissioni relative ad elementi di numero atomico più elevato e quindi in grado di emettere più elettroni, mentre le zone più scure sono riferite ad emissioni relative ad elementi con numero atomico più basso. Un parametro importante nella valutazione delle immagini è l'ingrandimento definito dal rapporto di scala tra la dimensione dell'elemento di superficie scansionata e la dimensione del corrispondente tratto visualizzato nel monitor (Chescoe e Goodhew, 1990; Armigliato e Valdrè; 1980). All'aumentare dell'ingrandimento aumentano le interazioni tra il fascio di elettroni ed il campione, in quanto gli elettroni interagiscono su porzioni di superficie sempre più ridotte che comportano una difficoltà crescente nella messa a fuoco dell'immagine che viene elaborata in livelli di grigio.

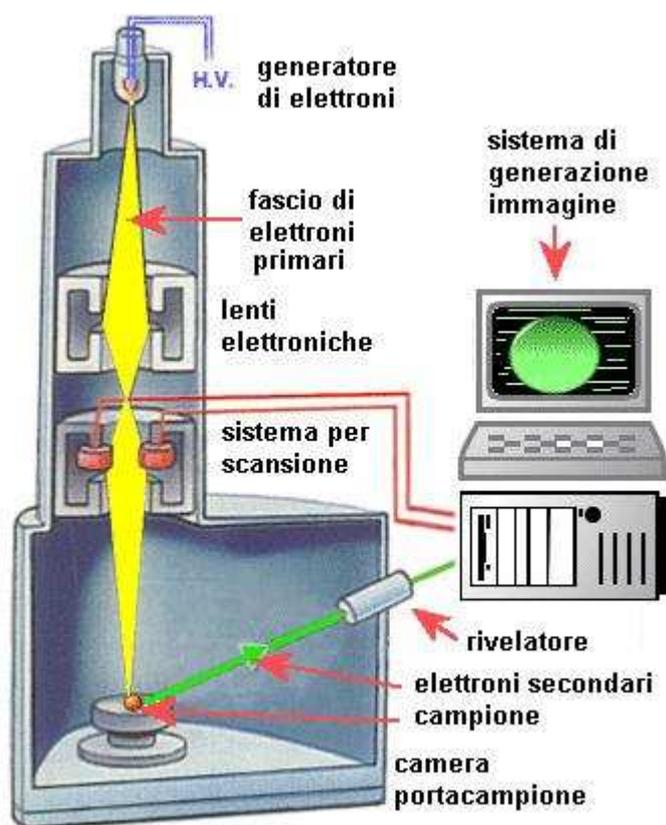


Fig. 5.29 – Schema di funzionamento di un microscopio a scansione elettronica.

- c. Analisi chimica del suolo mediante tecnica analitica ICP-MS e fluorescenza a raggi X (XRF) classica.

5.4 Metodologie statistiche

L'elaborazione dei dati è stata eseguita mediante il software Microsoft Excel e STATISTICA 7.0 (StatSoft Italia). La metodologia si è avvalsa di statistiche descrittive univariate e statistiche bivariate parametriche e non parametriche (t-student; ANOVA; test U di Mann-Whitney; Chi Quadrato; matrici di correlazione di Pearson).

CAPITOLO VI

RISULTATI

6.1 Analisi antropologica

6.1.1 Tipologie tombali e numero minimo di individui

Le analisi antropologiche sono state condotte su 144 tombe ad incinerazione e 3 aree identificate come unità stratigrafiche non riconducibili a sepolture; delle totali 183 tombe, riportate alla luce durante lo scavo, 39 sono mancanti in quanto non contenenti resti ossei. Il materiale studiato è riportato nella seguente tabella (Tab. 6.1) indicante la situazione generale delle tombe esaminate. Le tombe vengono divise in tombe singole, bisome e multiple. L'analisi delle tombe ha restituito un totale di 172 individui.

Tipologia tombe	N°
Tombe singole	117
Tombe bisome	26
Tombe multiple	1
N° totale	144

Tab.6.1 – Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: tipologie tombali ritrovate.

Dalla figura 6.1 è possibile osservare come la maggior parte delle tombe è rappresentata da deposizioni singole (81%), si osserva la presenza anche di tombe bisome (18%) e di una unica tomba multipla (1%) costituita da 3 individui.

Sono state analizzate 3 aree non riconducibili a sepoltura e identificate come unità stratigrafiche:

- US 1362 nella quale sono stati rilevati pochi frammenti ossei (41 g), attribuibili ad un individuo adulto di sesso indeterminabile;

- US 1365 nella quale è stata rilevata la presenza di due individui (229 g), un individuo adulto maschile ed uno infantile II (14 anni);
- US 4384 nella quale si nota la presenza di un unico individuo di sesso ed età sconosciuta (48 g).

Queste aree ritrovate all'interno della necropoli (in attesa di ulteriori informazioni archeologiche) possono essere imputabili ad aree *ustrina*, luoghi deputati alla cremazione dei defunti all'interno della necropoli e per questo caratterizzate spesso dalla presenza di sporadici frammenti ossei, appartenenti ad individui diversi, derivanti da una raccolta imprecisa dei resti dopo la cremazione.

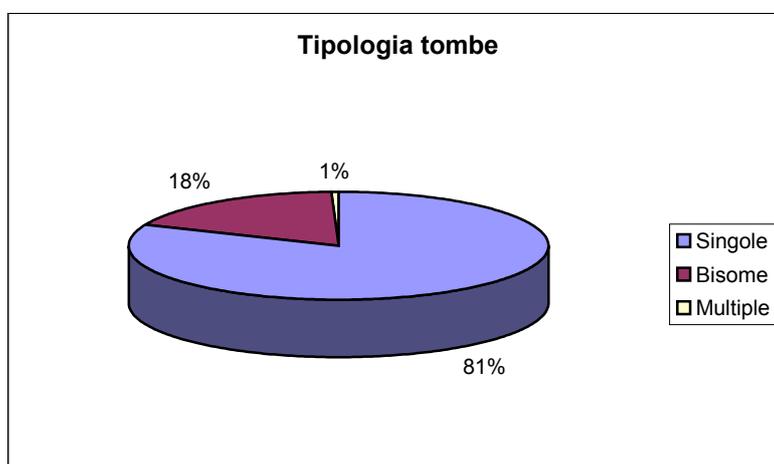


Fig. 6.1 – Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: percentuali tipologie tombali.

6.1.2 Analisi unità stratigrafiche

Dall'analisi delle unità stratigrafiche è emerso che delle 27 tombe costituite da più di un individuo, 14 casi sono ipotizzabili come deposizioni contemporanee (51,8%), mentre per le tombe rimanenti si possono presumere deposizioni secondarie (48,1%). Tra questo ultimo tipo di sepoltura si può distinguere tra deposizioni successive con o senza mescolamento dei resti ossei con quelli delle deposizioni precedenti. Dalla tabella (Tab. 6.2) si osserva che solamente in 2 casi si può asserire che sia avvenuta una deposizione successiva senza mescolamento dei resti ossei.

Le tombe bisome sono costituite dalle seguenti associazioni di individui:

- Individuo adulto femminile o maschile e subadulto (61,5%);
- Individui maschile e femminili adulti (23,1%);
- Due individui subadulti (11,5%);

- Individui adulti dello stesso sesso (3,8%).

E' possibile notare inoltre che le deposizioni bisome contemporanee sono costituite da un individuo adulto femminile e un individuo infantile nel 50% dei casi, mentre tra le deposizioni secondarie prevale l'associazione di due individui adulti di sesso opposto (38,4%).

N° tb	N° individui	Sesso	Età	Distribuzione US	Deposizione
3	2	Maschile (A)	Adulto	974 A	Secondaria con mescolamento
		Femminile (B)	Adulto	975 A+B	
33	2	Femminile (A)	Adolescente	568 A	Secondaria con mescolamento
		Femminile (B)	Adulto	596 A+B	
48	2	Maschile (A)	Adulto maturo	686 A+B	Contemporanea
		Indeterminato (B)	Infante I		
50	2	Femminile (A)	Adulto	727 A+B	Contemporanea
		Indeterminato (B)	Infante I (1 anno)		
66	2	Femminile (A)	Adulto	818 A	Secondaria
		Maschile (B)	Adulto	833 B	
67	2	Maschile (A)	Adulto	878 A+B	Contemporanea
		Femminile (B)	Adulto		
79	2	Femminile (A)	Adulto	4070 B	Secondaria con mescolamento
		Indeterminato (B)	Infante I (<7 anni)	4071 A+B	
87	2	Femminile (A)	Adulto maturo	4103 A+B	Contemporanea
		Indeterminato (B)	Infante I (<6 anni)		
91	2	Maschile (A)	Adulto	4133 A+B	Contemporanea
		Indeterminato (B)	Infante I (7anni)		
96	2	Maschile (A)	Adulto	4138 A+B	Contemporanea o secondaria con mescolamento
		Indeterminato (B)	Adolescente	4156 A+B	
				4157 A+B	
97	2	Indeterminato (A)	Adulto	4183 A+B	Contemporanea
		Indeterminato (B)	Infante I (6 anni)		
100	2	Maschile (A)	Adulto maturo	4179 A+B	Secondaria con mescolamento
		Femminile (B)	Adulto	4194 A	
116	2	Maschile (A)	Adulto maturo	4224 A	Secondaria con mescolamento
		Indeterminato (B)	Infante I (6 mesi)	4225 A+B	

117	2	Maschile (A) Maschile (B)	Adulto Adulto	4214 A+B 4218 A+B	Secondaria con mescolamento
120	2	Maschile (A) Femminile (B)	Adulto Adulto maturo	4237 A+B 4238 A+B	Secondaria con mescolamento
124	2	Femminile (A) Indeterminato (B)	Adolescente Infante I (5 anni)	4261	Contemporanea
141	2	Maschile (A) Indeterminato (B)	Adulto Infante II (12 anni)	4347	Contemporanea
157	2	Maschile (A) Femminile (B)	Adulto Adulto	1326 - 1330 B 1386 A	Secondaria
160	3	Maschile (A) Femminile (B) Indeterminato (C)	Adulto Adulto maturo Adolescente	1370 A 1371 C (cinerario) 1381 A+B+C	Successive con mescolamento
204	2	Maschile (A) Indeterminato (B)	Adulto Infante I (5 anni)	2122 A 2249 A+B	Secondaria con mescolamento
208	2	Femminile (A) Indeterminato (B)	Adolescente Infante I (<1 anno)	2401 A+B	Contemporanea
221	2	Maschile (A) Indeterminato (B)	Adulto Adolescente	2330 A+B	Contemporanea
239	2	Femminile (A) Indeterminato (B)	Adulto Infante I	2520 A+B	Contemporanea
240	2	Femminile (A) Indeterminato (B)	Adulto maturo Infante I (9 mesi)	2510 A 2522 A+B	Secondaria con mescolamento
242	2	Maschile (A) Indeterminato (B)	Adulto Adolescente	2521 A+B	Contemporanea
254	2	Femminile (A) Indeterminato	Adulto Infante I	2564	Contemporanea
259	2	Femminile (A) Indeterminato (B)	Adolescente Infante I (6 anni)	2587	Contemporanea

Tb. 6.2 – Tipologia di deposizione delle tombe bisome e multiple.

6.1.3 Determinazione del sesso

Il numero minimo di individui determinato nel presente studio corrisponde a 172. Sono stati determinati in totale 48 individui di sesso maschile (28%) e 51 individui di sesso femminile (30%); per 73 individui non è stato possibile determinare il sesso (43%) (Fig. 6.2), questo risultato è giustificato in gran parte dall'alto numero di individui infantili e adolescenti per i quali la determinazione del sesso è assai difficile o addirittura impossibile. Gli individui infantili per i quali non è stato possibile determinare il sesso sono 42 (100% del totale degli infanti), mentre gli adolescenti sono 8 (38,1% del totale degli adolescenti); per quanto riguarda gli individui adulti, la determinazione del sesso non è stata possibile su 13 individui (13,1% del totale degli adulti) a causa della scarsità dei resti e dell'elevata frammentarietà.

La determinazione del sesso è stata quindi possibile in 99 casi su 172 pari al 57,6% del totale.

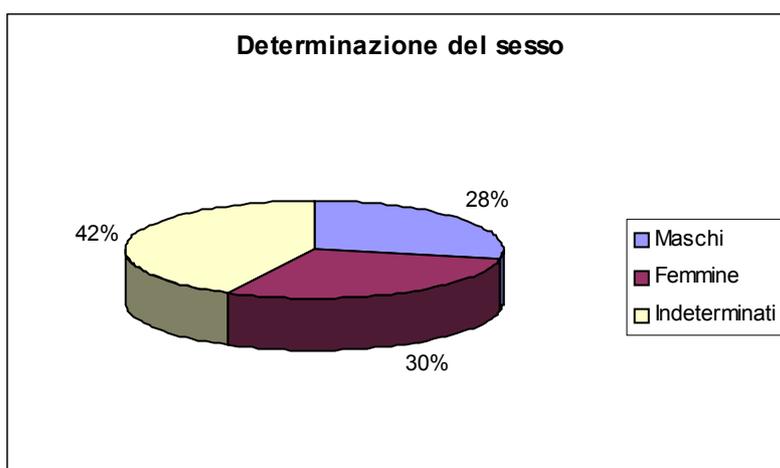


Fig. 6.2 – Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: determinazione del sesso.

6.1.4 Determinazione dell'età

La determinazione dell'età è stata possibile nel 94,2% dei casi. Gli individui esaminati sono stati collocati all'interno di determinate classi di età (Tab. 6.3).

Classi di età	N°
Infante I (0-7 anni)	34
Infante II (>7-14 anni)	8
Adolescente (>14-20 anni)	21
Adulto (>20-40 anni)	80
Adulto maturo (>40 anni)	19
Indeterminati	10

Tab. 6.3 – Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: determinazione dell'età di morte.

La distribuzione delle frequenze per ogni classe di età è rappresentata nel grafico seguente (Fig. 6.3).

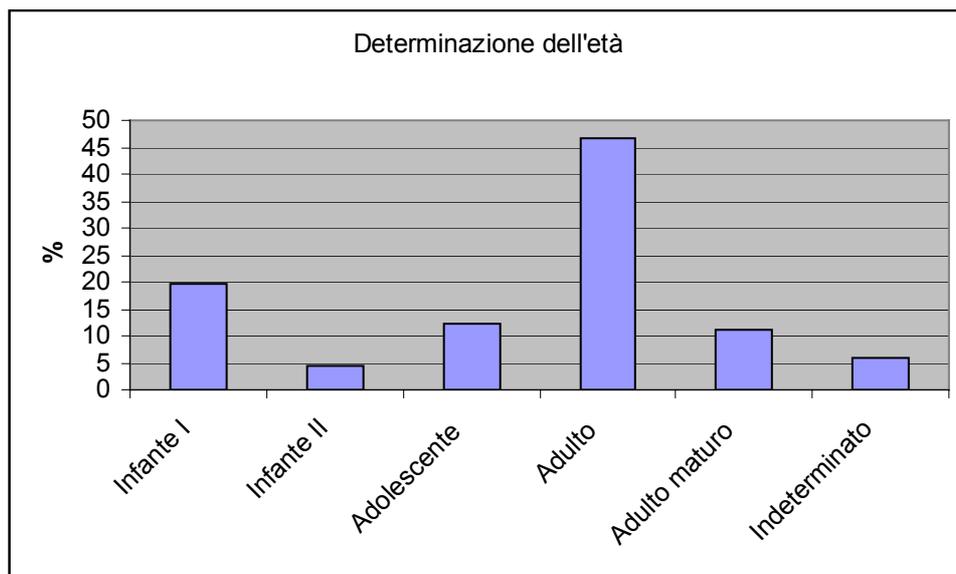


Fig. 6.3 – Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: distribuzione individui per classi di età.

Gli individui morti in età infantile corrispondono al 24,4% del totale, si osserva però come la percentuale di decessi in età infantile sia maggiore nella I fascia rispetto alla II (19,8% vs 4,6%); gli individui adolescenti invece corrispondono al 12,2%, simile a questa frequenza è quella degli individui adulti maturi pari all' 11%. Quest'ultima classe di età rappresenta la frequenza più bassa in quanto vengono ritrovati più raramente a causa della bassa aspettativa di vita del periodo storico; osserviamo infatti un'alta mortalità nell'età adulta compresa fra i 20 e i 40 anni.

6.1.5 Misurazioni osteometriche

A causa delle condizioni del materiale, spesso troppo scarso o frammentato, non è stato possibile eseguire tutte le misurazioni su ogni individuo. I valori osteometrici maschili e femminili riscontrati nei reperti ossei della necropoli della Stazione Centrale di Bologna sono riportati nelle seguenti tabelle (Tab. 6.4-6.5). Le tabelle riportano gli elementi scheletrici misurati, il numero di misurazioni effettuate di ogni parametro, la media, i valori minimi e massimi, la deviazioni standard e l'errore standard. E' stato possibile eseguire un test di confronto dei valori medi misurati tra i due sessi (Tab. 6.6) al fine di determinare la presenza di caratteri discriminanti del sesso all'interno della popolazione e valutare il livello di dimorfismo sessuale presente nel campione esaminato. A causa della scarsità del numero delle misurazioni effettuabili è stato applicato il test non parametrico U di Mann-Whitney calcolato sulla base della somma dei ranghi anziché delle medie.

I codici riportati nella prima colonna della tabella si riferiscono alle seguenti misurazioni:

- 1a: spessore massimo della volta cranica;
- 1b: spessore del cranio tra la protuberanza occipitale esterna e l'eminenza cruciforme;
- 2: spessore della corticale del femore nella zona mediodiafisaria opposta alla linea aspra;
- 3a: diametro verticale della testa dell'omero;
- 3b: diametro trasverso della testa dell'omero;
- 3c: spessore mediodiafisario dell'omero;
- 4: spessore della corticale mediodiafisaria del radio opposta alla cresta interossea;
- 5a: lunghezza del condilo mandibolare;
- 5b: larghezza del condilo mandibolare;
- 6a: diametro trasversale del dente dell'epistrofeo;
- 6b: diametro sagittale del dente dell'epistrofeo;
- 7a: lunghezza della cavità glenoidea;
- 7b: larghezza della cavità glenoidea;
- 8a: lunghezza troclea astragalica;
- 8b: larghezza troclea astragalica;
- 9a: altezza della patella;
- 9b: larghezza della patella;
- 9c: spessore della patella;

- 10: diametro massimo della testa del femore;
- 11: diametro antero-posteriore del femore;
- 12a: lunghezza condilo occipitale;
- 12b: larghezza condilo occipitale;
- 13: circonferenza diafisi femorale;
- 14: larghezza troclea omerale;
- 15: larghezza *fovea dentis*;
- 16a: diametro del capitello radiale;
- 16b: spessore del capitello radiale;
- 17: altezza del processo mastoideo.

Misurazioni maschili

Caratteri	N Validi Maschi	Media (mm)	Minimo (mm)	Massimo (mm)	Dev.Std. (mm)	Errore Standard (mm)
1a	33	4,57	3,12	8,57	0,98	0,17
1b	5	12,11	8,98	18,65	3,87	1,73
2	42	5,27	3,90	6,90	0,76	0,11
3a	3	40,72	38,49	43,11	2,31	1,33
3b	2	39,24	38,90	39,58	0,48	0,34
3c	36	3,51	2,60	4,45	0,37	0,06
4	24	2,35	1,98	3,33	0,31	0,06
5a	4	16,49	14,17	20,56	2,86	1,43
5b	10	5,97	4,45	7,92	1,12	0,35
6a	3	10,17	9,01	11,09	1,06	0,61
6b	4	9,92	9,51	10,17	0,31	0,15
7a	0					
7b	1	25,09				
8a	1	31,89				
8b	1	28,88				
9a	1	37,07				
9b	1	36,22				
9c	4	18,24	16,46	19,90	1,41	0,70
10	3	41,01	38,00	43,10	2,67	1,54
11	2	29,86	26,79	32,94	4,34	3,07
12a	1	13,34				
12b	1	8,43				
13	3	91,02	82,07	100,00	8,96	5,17
14	4	20,96	17,80	22,81	2,23	1,11
15	3	0,85	0,70	0,95	0,13	0,07
16a	3	20,35	19,33	21,58	1,13	0,65
16b	3	6,35	5,14	7,15	1,06	0,61
17	1	20,37				

Tab. 6.4 – Dati statistici relativi alle misurazioni osteometriche effettuate sui resti cremati di sesso maschile della Stazione Centrale di Bologna.

Misurazioni femminili

Caratteri	N Validi Femmine	Media (mm)	Minimo (mm)	Massimo (mm)	Dev.Std. (mm)	Errore Standard (mm)
1a	35	4,20	2,91	7,20	0,96	0,16
1b	6	10,17	7,82	12,82	2,15	0,87
2	44	4,35	3,43	5,77	0,57	0,08
3a	3	39,90	38,09	41,40	1,67	0,96
3b	2	37,45	33,56	41,34	5,50	3,89
3c	34	2,94	2,06	3,50	0,36	0,06
4	20	1,97	1,67	2,40	0,21	0,04
5a	1	17,04				
5b	8	6,79	5,74	7,40	0,62	0,21
6a	4	8,60	7,15	10,34	1,37	0,68
6b	4	8,76	7,51	9,40	0,87	0,43
7a	1	33,08				
7b	2	22,77	22,68	22,86	0,12	0,09
8a	3	29,00	26,69	30,60	2,05	1,18
8b	4	27,86	26,33	30,46	1,89	0,94
9a	4	34,84	30,10	37,17	3,30	1,65
9b	4	38,87	36,08	40,37	1,90	0,95
9c	5	16,06	13,76	20,03	2,38	1,06
10	3	37,80	34,00	40,06	3,31	1,91
11	3	19,14	18,31	19,96	0,82	0,47
12a	0					
12b	0					
13	1	70,00				
14	1	15,17				
15	0					
16a	2	18,32	15,80	20,84	3,56	2,52
16b	2	5,78	5,20	6,36	0,82	0,58
17	0					

Tab. 6.5 – Dati statistici relativi alle misurazioni osteometriche effettuate sui resti cremati di sesso femminile della Stazione Centrale di Bologna.

Caratteri	N Validi Maschi	Media Maschi (mm)	Dev.Std. Maschi (mm)	N Validi Femmine	Media Femmine (mm)	Dev.Std. Femmine (mm)	U	p-level
1a	33	4,57	0,98	35	4,20	0,96	441,50	0,0951
1b	5	12,11	3,87	6	10,17	2,15	9,50	0,3153
2	42	5,27	0,76	44	4,35	0,57	323,00	0,0000
3a	3	40,72	2,31	3	39,90	1,67	3,00	0,5126
3b	2	39,24	0,48	2	37,45	5,50	2,00	1,0000
3c	36	3,51	0,37	34	2,94	0,36	143,50	0,0000
4	24	2,35	0,31	20	1,97	0,21	76,50	0,0001
5a	4	16,49	2,86	1	17,04			
5b	10	5,97	1,12	8	6,79	0,62	20,00	0,0755
6a	3	10,17	1,06	4	8,60	1,37	1,00	0,0771
6b	4	9,92	0,31	4	8,76	0,87	0,00	0,0209
7a	0			1	33,08			
7b	1	25,09		2	22,77	0,12		
8a	1	31,89		3	29,00	2,05		
8b	1	28,88		4	27,86	1,89		
9a	1	37,07		4	34,84	3,30		
9b	1	36,22		4	38,87	1,90		
9c	4	18,24	1,41	5	16,06	2,38	4,00	0,1416
10	3	41,01	2,67	3	37,80	3,31	2,00	0,2752
11	2	29,86	4,34	3	19,14	0,82	0,00	0,0832
12a	1	13,34		0				
12b	1	8,43		0				
13	3	91,02	8,96	1	70,00			
14	4	20,96	2,23	1	15,17			
15	3	0,85	0,13	0			0,00	1,0000
16a	3	20,35	1,13	2	18,32	3,56	2,00	0,5637
16b	3	6,35	1,06	2	5,78	0,82	2,00	0,5637
17	1	20,37		0				

Tab. 6.6 – Confronto statistico tra i sessi relativo alle misurazioni osteometriche effettuate sui resti cremati della Stazione Centrale di Bologna.

Dalle tabelle emerge che nonostante i valori maschili tendano ad essere maggiori di quelli femminili per ogni parametro misurato, il confronto tra parametri maschili e femminili è risultato significativo solo per quattro caratteri:

- lo spessore medio-diafisario del femore nel punto opposto alla linea aspra;
- lo spessore medio-diafisario dell'omero;
- lo spessore della corticale medio-diafisaria del radio opposta alla cresta interossea;
- il diametro sagittale del dente dell'epistrofeo.

Si può perciò affermare che nella popolazione della necropoli romana della stazione Centrale di Bologna esista un lieve dimorfismo sessuale caratterizzante in particolar modo le misurazioni sopraelencate.

6.1.6 Misurazioni angoli rocche petrose del temporale

Le misurazioni degli angoli di entrata e uscita del meato acustico interno delle rocche petrose del temporale sono stati possibili solamente su 27 rocche appartenenti a 22 individui diversi, in quanto le uniche integre ritrovate e perciò idonee a questo tipo di studio. Oltre alle misurazioni dell'angolo laterale, non sempre possibili a causa di imperfezioni del calco, si è voluto calcolare anche l'angolo laterale secondo Norén (Norén et al, 2005) equivalente all'angolo complementare dell'angolo mediale.

Tomba e tipologia tombale	Età	Rocca petrosa del temporale	Misurazione angoli			Sesso rocca	Sesso dati antropologici
			mediale	laterale	Laterale Di Noren		
3 Bisoma	Adulto Adulto	destra	128°	55°	52°	F (adulto)	F M
64 Singola	Adulto	sinistra	144°	40°	36°	M	F
79 Bisoma	Adulto Infante I	sinistra	145°	-	35°	M (infante)	F
		destra	154°	45°	26°		ND
80 Singola	Infante I	sinistra	127,5°	55°	52,5°	F	ND
		destra	120°	-	60°		
94 Singola	Infante I	sinistra	140°	-	40°	M	ND
95 Singola	Adulto	destra	127°	57°	53°	F	F
96 Bisoma	Adolescente Adulto	destra	156°	-	24°	M (adulto)	M ND
98 Singola	Adulto	sinistra	150°	-	30°	M	ND
102 Singola	Adulto maturo	sinistra	146°	35°	35°	M	F
105 Singola	Adulto	sinistra	132,5°	47,5°	47,5°	F	F
		destra	136°	-	44°		
116 Bisoma	Adulto maturo Infante I	sinistra	157,5°	50°	22,5°	M (adulto m)	M
		destra	150°	50°	30°		
		destra	136°	-	44°	F (infante)	ND
117 Bisoma	Adulto Adulto	sinistra	150°	-	27,5°	M (adulto)	M M
		sinistra	145°	-	35°		
120 Bisoma	Adulto Adulto maturo	destro	135°	66°	45°	F (adulto)	F M
124 Bisoma	Adolescente Infante I	sinistra	135°	40°	45°	F (adolescente)	F
142 Singola	Adulto	sinistra	125°	-	55°	F	ND
144 Singola	Infante I	destra	130°	50°	50°	F	ND
156 Singola	Adulto	sinistra	140°	-	40°	M	M
160 Multipla	Adolescente Adulto Adulto maturo	destra	143,5°	37,5°	36,5°	M (adulto)	M
		sinistra	139°	54°	41°	F (adulto m)	F
208 Bisoma	Adolescente Infante I	sinistra	151°	45°	29°	M (infante)	F ND
267 Singola	Adulto maturo	destra	140°	50°	40°	M	M

Come si osserva dalla tabella si è riscontrata in 12 individui (50%) una corrispondenza tra i sessi determinati con i metodi antropologici e quelli definiti con questo metodo, per 8 individui (33,3%)

il confronto non è stato possibile in quanto non vi erano sufficienti informazioni per la determinazione sessuale antropologica, mentre per 2 individui il confronto è discordante (8,3%). Sarebbero utili i dati archeologici per poter effettuare ulteriori comparazioni.

6.1.7 Frequenze degli elementi anatomici riconoscibili

Alcuni elementi anatomici sono più frequentemente riscontrabili nelle cremazioni questo è dovuto alla loro maggiore robustezza e densità.

Tra gli elementi anatomici più riscontrabili nel cranio si osservano (Fig. 6.4):

- Radici dentarie (33,9%);
- Osso mandibolare (19,8%);
- Rocca petrosa del temporale (17,7%);
- Osso mascellare e palatino (16,1%);
- Protuberanza occipitale (inion) (9%);
- Processo mastoideo (3,3%).

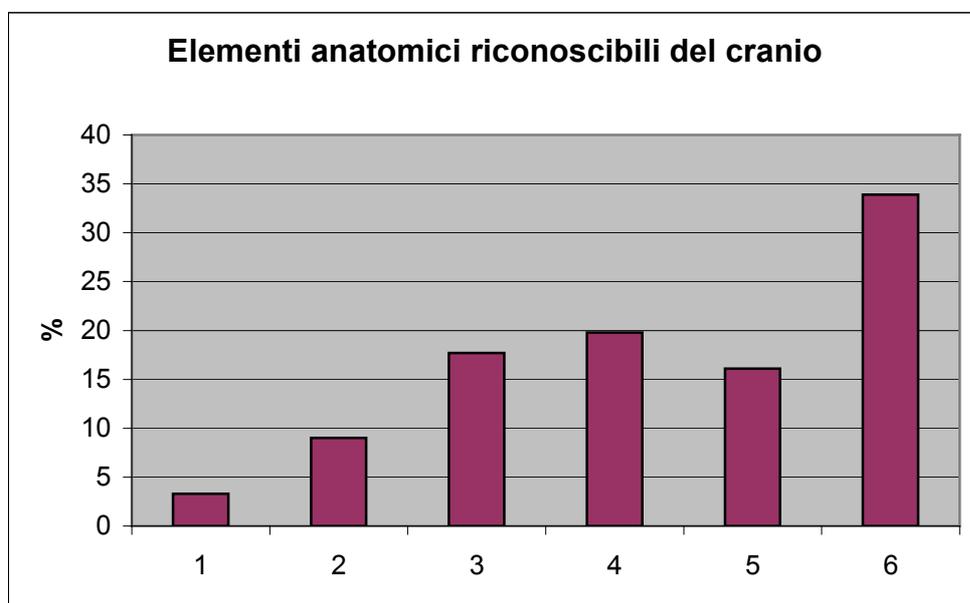


Fig. 6.4 – Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: frequenze percentuali degli elementi anatomici riconoscibili del cranio (1. Processo mastoideo 2. Inion 3. Rocca petrosa del temporale 4. Osso mandibolare 5. Osso mascellare e palatino 6. Radici dentarie)

Si osserva come le percentuali maggiori siano attribuibili alle radici dentarie che si riscontrano in quasi tutte le tombe, mentre le corone dentarie invece sono presenti rare volte in quanto esse vanno incontro a distruzione a causa dell'azione del fuoco. Rilevanti anche le percentuali di osso mascellare e mandibolare, mentre altri elementi scheletrici cranici sembrano assai scarsi tra i resti combusti di questa necropoli.

Le frequenze degli elementi anatomici dello scheletro del busto sono le seguenti (Fig. 6.5):

- Coste (20,6%);
- Vertebre toraciche (20,2%);
- Vertebre cervicali (17,6%);
- Sacro (11%);
- Vertebre lombari (10,3%);
- Scapola (7,3%);
- Clavicola (4,8%);
- Cavità glenoidea (4,8%);
- Sterno (1,8%);
- Processo acromiale (1,5%).

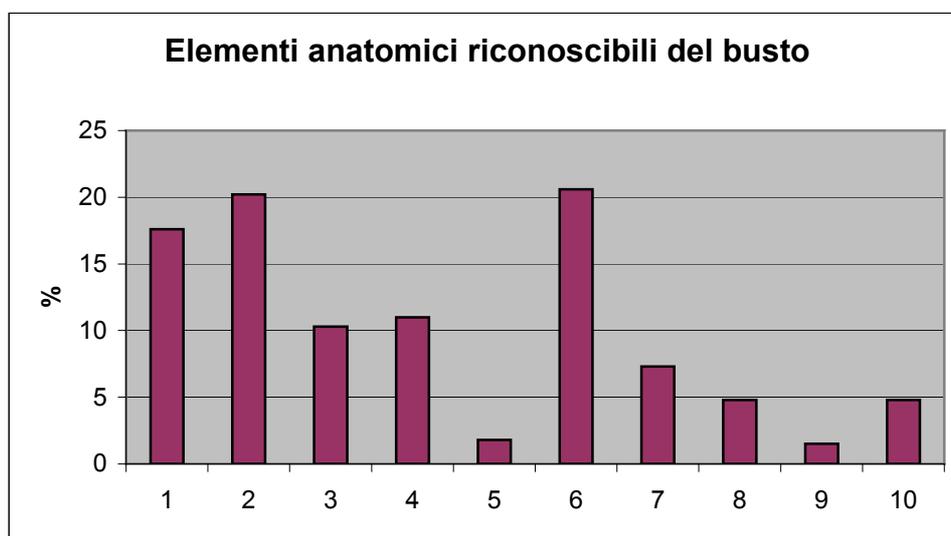


Fig. 6.5 – Bologna- Necropoli della Stazione Centrale: frequenze percentuali degli elementi anatomici riconoscibili dello scheletro del busto (1. Vertebre cervicali 2. Vertebre toraciche 3. Vertebre lombari 4. Sacro 5. Sterno 6. Coste 7. Scapola 8. Clavicola 9. Processo acromiale 10. Cavità glenoidea)

Le percentuali più alte sono attribuite alle coste: nonostante l'elevata frammentarietà esse si riconoscono spesso tra i resti ossei combusti. Rilevante anche la frequenza delle vertebre in particolare quelle toraciche. Elementi scheletrici come: sterno, scapola, clavicola e processo acromiale sono presenti con basse percentuali. Questo è probabilmente dovuto alla loro gracilità che comporta una elevata frammentazione dei reperti rendendo difficile il loro riconoscimento.

Le frequenze degli elementi scheletrici caratterizzanti gli arti superiori sono (Fig. 6.6):

- Diafisi di omero, radio e ulna (54,6%);
- Testa omerale (14,7%);
- Falangi di mano (11,1%);
- Troclea omerale (6,4%);
- Metacarpo (6,4%);
- Capitello radiale (4,4%);
- Carpo (2,4%).

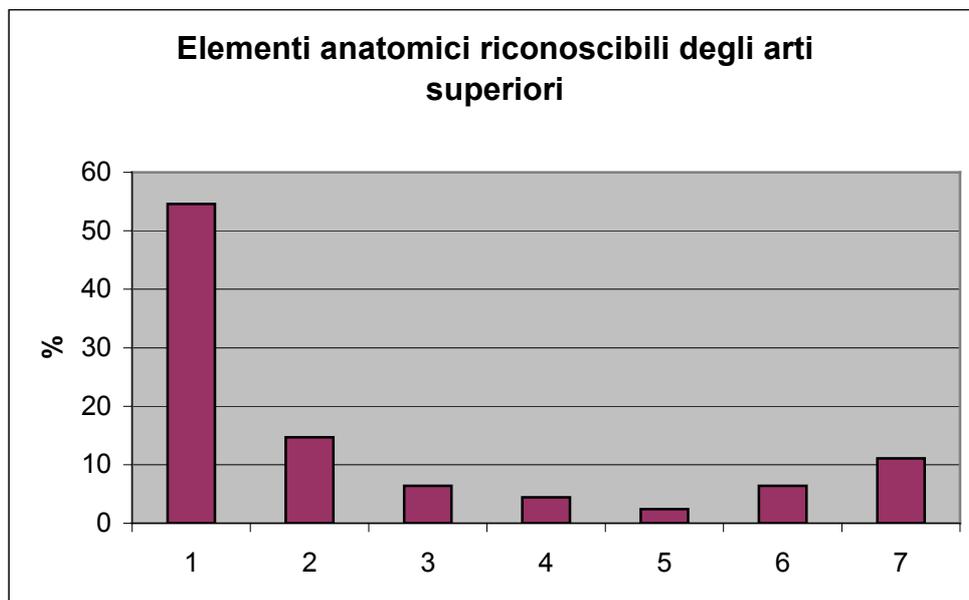


Fig. 6.6 – Bologna- Necropoli della Stazione Centrale: frequenze percentuali degli elementi anatomici riconoscibili degli arti superiori (1. Diafisi 2. Testa omerale 3. Troclea omerale 4. Capitello radiale 5. Carpo 6. Metacarpo 7. Falangi di mano)

Le frequenze maggiori sono attribuite alle diafisi degli arti superiori comprendenti omero, radio e ulna; le teste omerali vengono spesso identificate anche se raramente esse sono presenti nella loro interezza; rilevante anche la frequenza delle falangi di mano che nonostante le piccole dimensioni vengono spesso ritrovate fra i resti ossei combusti.

Le frequenze degli elementi scheletrici caratterizzanti gli arti inferiori sono (Fig. 6.7):

- Diafisi di femore, tibia e fibula (57,6%);
- Cinto pelvico (14,9%);
- Testa del femore (7,5%);
- Metatarso (5,8%);
- Patella (5,6%);
- Troclea astragalica (2,9%);
- Tarsali (1,9%);
- Calcagno (1,9%);
- Falangi di piede (1,7%).

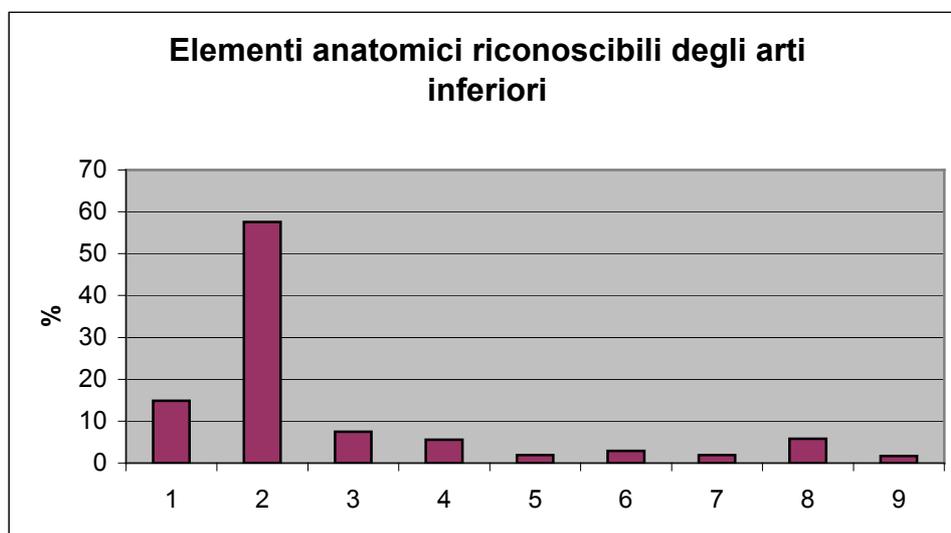


Fig. 6.7 – Bologna- Necropoli della Stazione Centrale: frequenze percentuali degli elementi anatomici riconoscibili degli arti inferiori (1. Cinto pelvico 2. Diafisi 3. Testa del femore 4. Patella 5. Tarsali 6. Troclea astragalica 7. Calcagno 8. Metatarso 9. Falangi di piede).

Riguardo gli arti inferiori, gli elementi maggiormente riscontrabili sono le diafisi di femore, tibia e fibula. Altri elementi scheletrici di questi distretti tendono ad essere abbastanza scarsi all'interno

di questa necropoli forse a causa di una imprecisa raccolta delle estremità distali inferiori dell'individuo.

6.1.8 Determinazione della temperatura: analisi dei colori

I resti ossei incinerati mostrano varie colorazioni dovute alla temperatura raggiunta dall'osso durante la combustione, tuttavia determinati colori risultano essere più frequenti di altri.

In questo lavoro è stata usata principalmente la scala di Holck, spesso comunque sono state prese in considerazione anche le altre tabelle già citate, per una maggior definizione del colore e della temperatura. In base alla classificazione di Holck, descritta precedentemente, i reperti della necropoli della Stazione Centrale di Bologna si collocano nella maggior parte dei casi tra il 2° e il 3° grado, indicando che le temperature raggiunte durante la combustione sono comprese tra i 400 e 900 °C.

Si osserva infatti dal grafico (Fig. 6.7) ottenuto in base a tutti gli elementi scheletrici analizzati come la percentuale maggiore sia riferibile al colore bianco (30%) indicante alte temperature, seguono in ordine decrescente le tonalità di grigio nella loro totalità (27,6%) indicatrici di temperature abbastanza elevate; tuttavia le discrete frequenze di resti ossei di colore blu (23%) e nero (14,2%) presuppongono una combustione incompleta delle parti ossee meno esposte all'azione del fuoco.

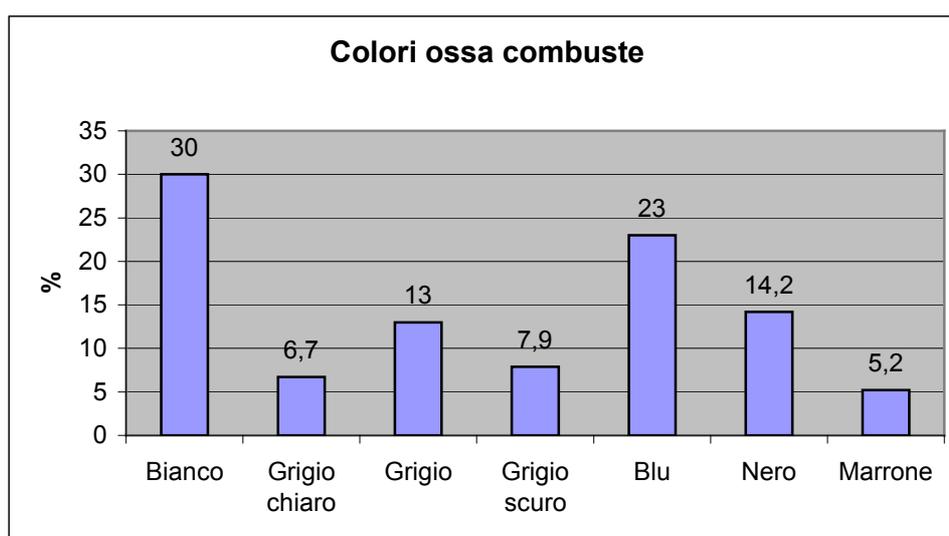


Fig. 6.8 – Bologna - Necropoli della Stazione Centrale: frequenze percentuali dei colori riscontrabili nei resti ossei combusti.

Passando ad esaminare le singole regioni corporee, dal grafico 6.9 è possibile notare come il colore predominante del cranio sia il bianco (36,4%), si riscontrano anche tracce di colorazioni blu (24,6%) attribuibili ad aree meno interessate dall'azione del fuoco.

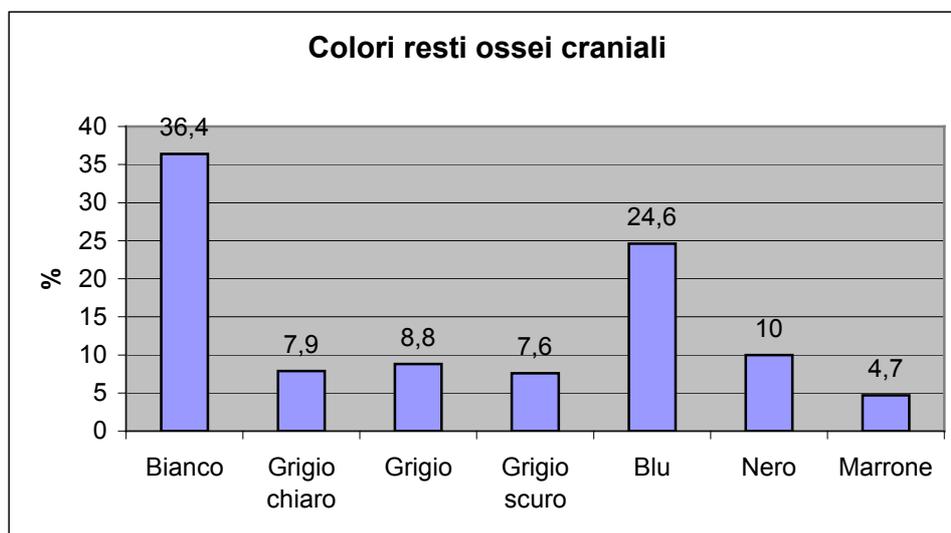


Fig. 6.9 – Bologna - Necropoli della Stazione Centrale: frequenze percentuali dei colori riscontrabili nei resti craniali.

Anche i colori dei resti ossei dello scheletro del busto sono simili a quelli del cranio (Fig. 6.10).

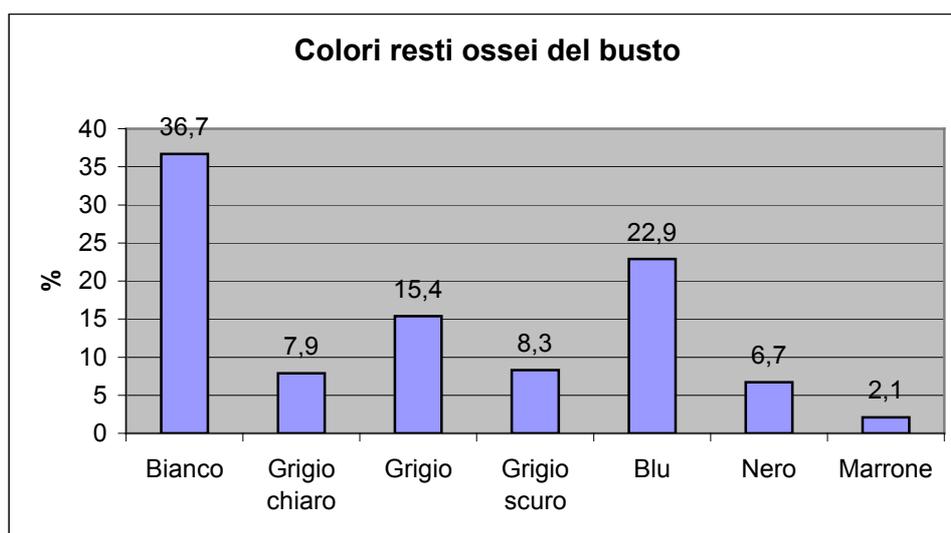


Fig. 6.10 – Bologna - Necropoli della Stazione Centrale: frequenze percentuali dei colori riscontrabili nei resti dello scheletro del busto.

Come si può osservare dal grafico le percentuali dei colori rimangono simili anche nei resti ossei degli arti superiori (Fig. 6.11).

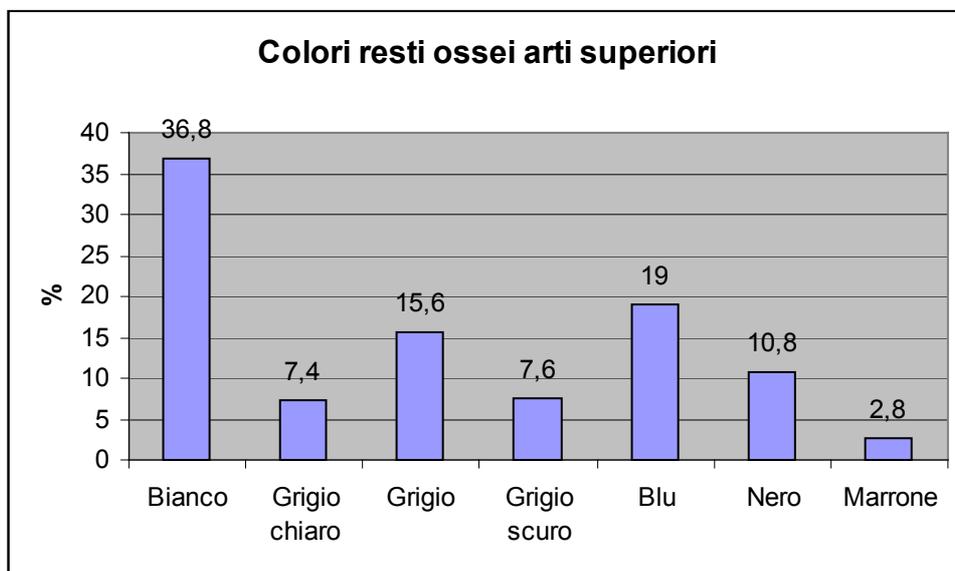


Fig. 6.11 – Bologna - Necropoli della Stazione Centrale: frequenze percentuali dei colori riscontrabili nei resti ossei degli arti superiori.

Anche nei resti ossei degli arti inferiori le frequenze dei colori sono molto simili a quelle degli altri distretti anatomici (Fig. 6.12).

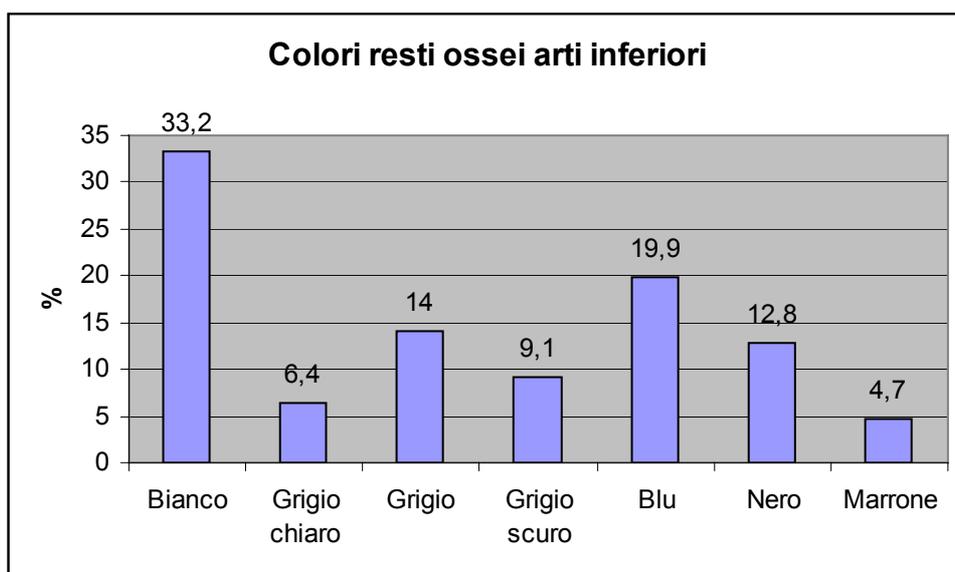


Fig. 6.12 – Bologna - Necropoli della Stazione Centrale: frequenze percentuali dei colori riscontrabili nei resti ossei degli arti inferiori.

In conclusione si può affermare che i colori dei resti ossei della necropoli risultano nel complesso omogenei. Ciò testimonia che le modalità del rituale funerario praticate erano le medesime all'interno della necropoli.

6.1.9 Determinazione del peso dei resti ossei cremati

Nelle tombe a cremazione antiche i pesi dei resti ossei combusti sono generalmente molto variabili e nettamente inferiori a quelli che si riscontrano normalmente in una cremazione moderna; ciò può dipendere dalla selezione di alcuni distretti anatomici da introdurre nell'urna o da una raccolta imprecisa dopo la combustione. E' da ricordare che anche le modalità di conservazione dei resti durante i millenni dalla loro deposizione influiscono notevolmente sulle quantità di materiale ritrovabile in sede di scavo archeologico.

Nella tabella seguente (Tab. 6.8) vengono riassunti i valori del peso totale e craniale in grammi delle ossa combuste relativi alla tipologia tombale della necropoli della Stazione Centrale di Bologna.

<u>Peso totale</u>	N° Validi	Media peso (g)	Dev St (g)	Min (g)	Max (g)
Tombe singole	117	218	241,7	4	1304
Tombe bisome	26	774	553,9	62	2005
Tombe multiple	1	1551	-		

Tab. 6.8 – Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: pesi totali in grammi relativi alla tipologia tombale.

<u>Peso craniale</u>	N° Validi	Media peso (g)	Dev St (g)	Min (g)	Max (g)
Tombe singole	117	33	44,9	0	208
Tombe bisome	26	117	91,5	1	307
Tombe multiple	1	363	-		

Tab. 6.9 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: pesi craniali in grammi relativi alla tipologia tombale.

Le differenze che si notano tra le medie dei pesi totali e dei pesi craniali delle tombe singole e bisome risultano, com'è logico aspettarsi, statisticamente significative ($p=0,0000$).

Nelle tabelle seguenti (Tab. 6.10-6.11) si ricavano invece i dati riguardanti il rapporto tra il peso totale, il peso craniale e il sesso dell'individuo.

<u>Peso totale</u>	Femminili	Maschili
N° validi	32	31
Media peso (g)	319	319
Dev St (g)	297,7	237,8
Min (g)	20	21
Max (g)	1304	902

Tab. 6.10 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: pesi totali in grammi relativi al sesso.

<u>Peso craniale</u>	Femminili	Maschili
N° validi	32	31
Media peso (g)	54	44
Dev St (g)	54,7	51,9
Min (g)	0	0
Max (g)	208	183

Tab. 6.11 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: pesi craniali in grammi relativi al sesso.

Si osserva come non esistano differenze nella media dei pesi totali maschili e femminili e come la differenza tra le medie del peso craniale maschile e femminile sia statisticamente irrilevante. L'ipotesi che il peso possa permettere l'identificazione sessuale dell'individuo cremato non trova corrispondenza in questa necropoli.

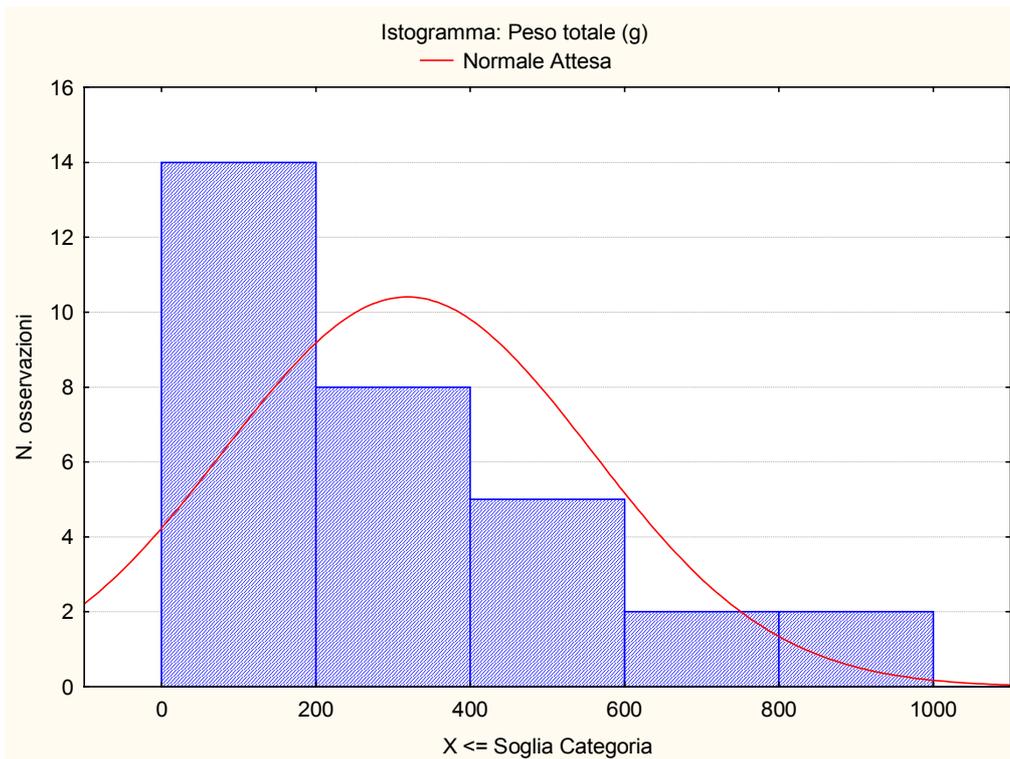


Fig. 6.13 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: distribuzione del peso dei frammenti ossei (g) nei reperti maschili.

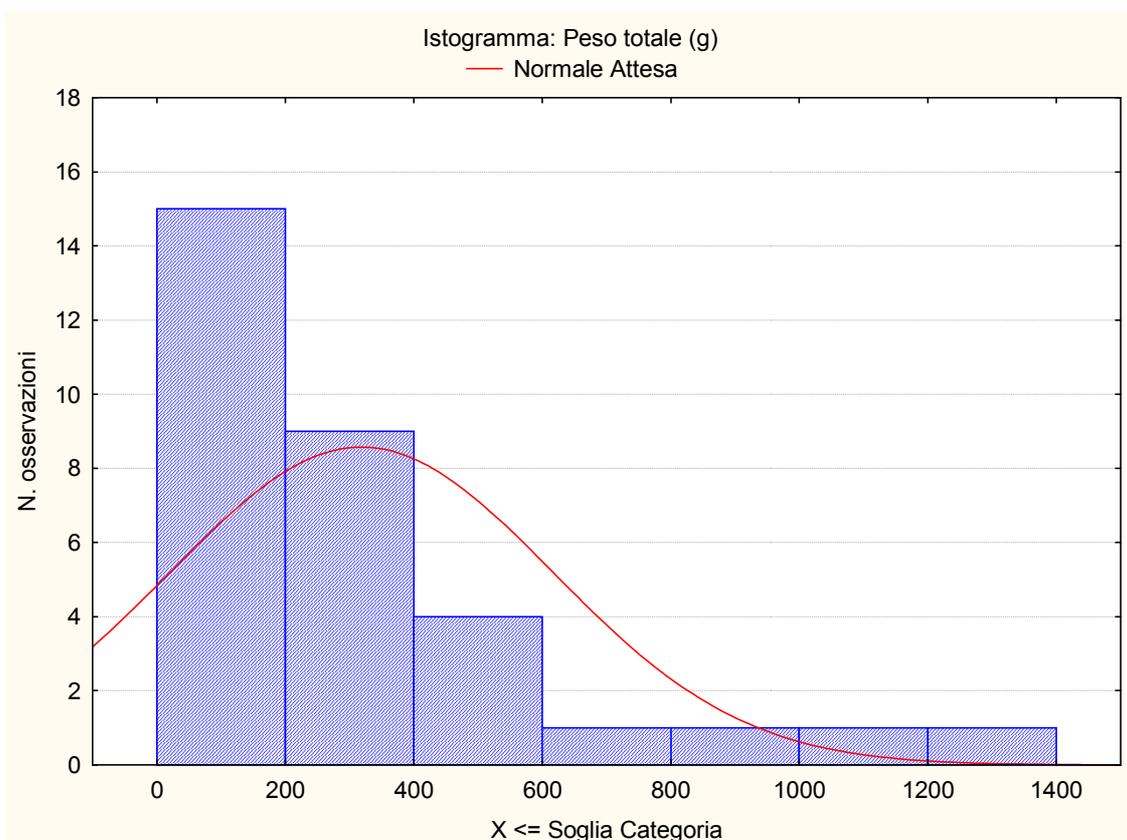


Fig. 6.14 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: distribuzione del peso dei frammenti ossei (g) nei reperti femminili.

I grafici 6.13 e 6.14 riportano le frequenze dei pesi totali negli individui maschili e femminili. E' osservabile come la frequenza maggiore si ritrovi per entrambi i sessi in corrispondenza dei valori compresi tra 0 e 200 grammi.

Inoltre è possibile eseguire un'ulteriore analisi del peso totale e craniale in base alla classe di età di appartenenza per entrambi i sessi (Tab. 6.12-6.13).

<u>Peso totale</u>	N° Validi	Media peso (g)	Dev St (g)	Min (g)	Max (g)
Infante I	20	48,5	43	4	152
Infante II	9	275	292,2	20	802
Adolescente	13	316,8	201,7	76	721
Adulto/adulto maturo	65	269,4	261	8	1304

Tab. 6.12 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: pesi totali in grammi relativi all'età per entrambi i sessi.

<u>Peso craniale</u>	N° Validi	Media peso (g)	Dev St (g)	Min (g)	Max (g)
Infante I	20	10,7	12,5	0	50
Infante II	9	39,4	44,6	1	126
Adolescente	13	39,2	51,8	1	183
Adulto/adulto maturo	65	42,2	49,7	0	208

Tab. 6.13 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: pesi craniali in grammi relativi all'età per entrambi i sessi.

Dalla tabella 6.12 riguardante il peso totale degli individui è possibile notare un incremento dello stesso passando dalle fasce di età inferiori a quelle superiori fino ad arrivare alla fascia di età adolescenziale; quest'ultima mostra tuttavia una media di peso superiore a quella adulta. Si osserva una differenza statisticamente significativa tra le medie dei pesi totali tra le varie fasce di età ($p=0,0017$) che non è presente per i pesi craniali (il quantitativo di frammenti cranici è infatti molto ridotto).

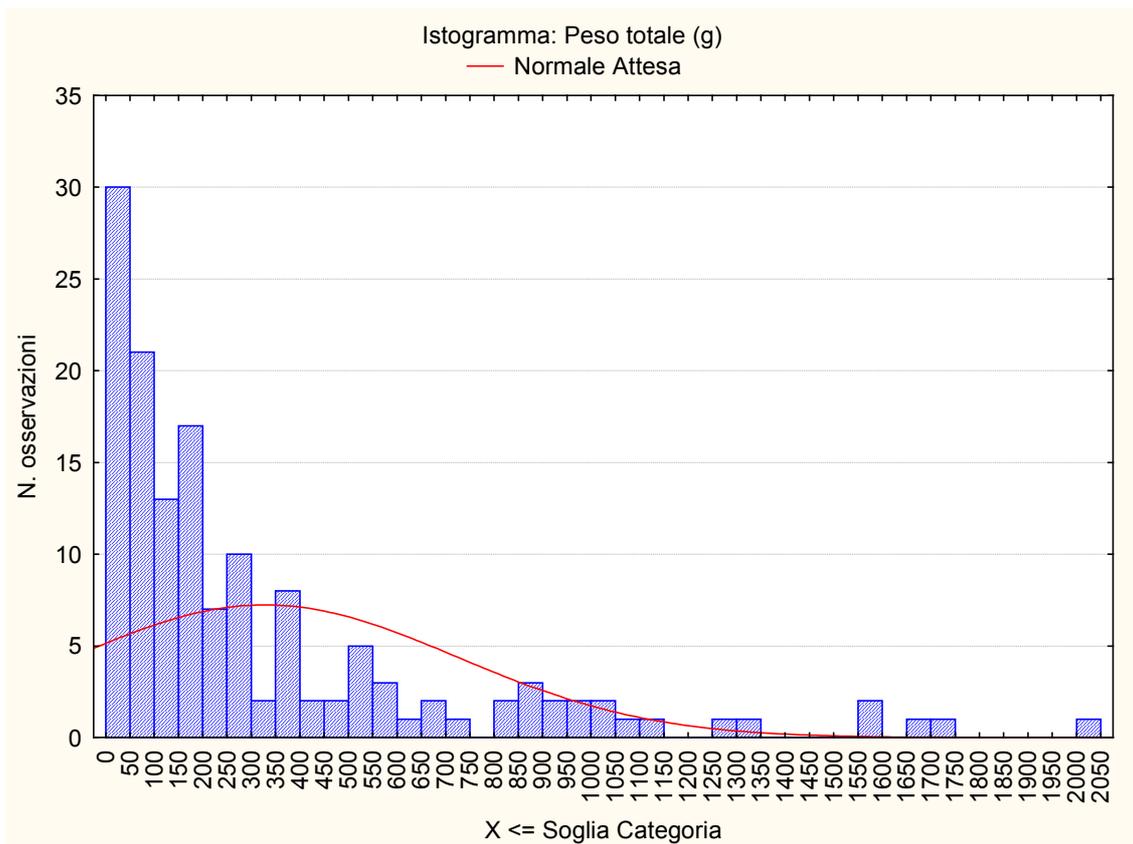


Fig. 6.15 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: istogramma relativo ai valori del peso totale (g) delle ossa per entrambi i sessi.

L'istogramma 6.15 riassume la distribuzione dei pesi totali dei reperti della necropoli: come si può osservare il picco maggiore si ha in corrispondenza dei 50 grammi, un valore che si avvicina alla media dei reperti di età infantile (48.5 g).

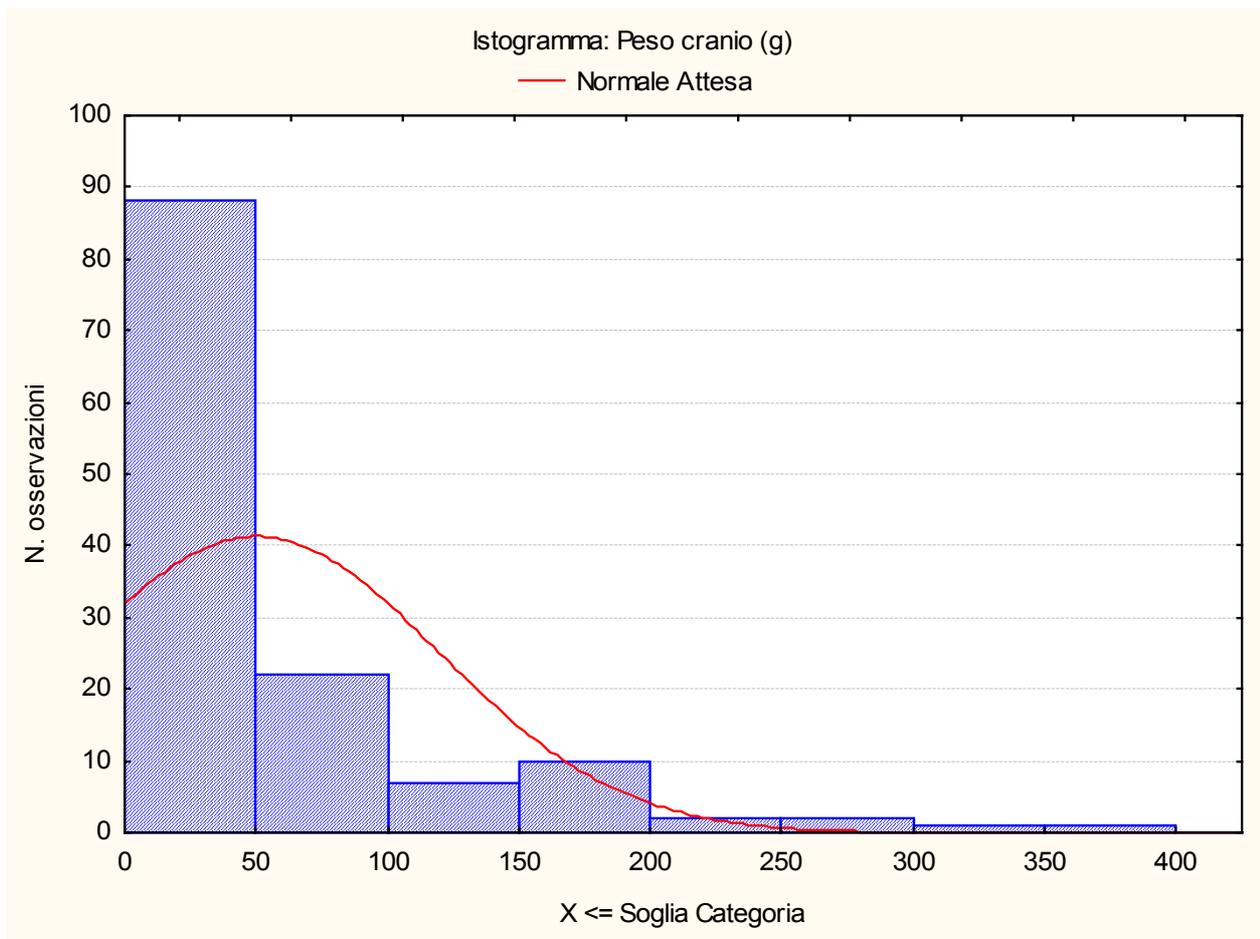


Fig. 6.16 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale: istogramma relativo ai valori del peso craniale (g) delle ossa.

L'istogramma 6.16 riassume la distribuzione dei pesi craniali dei reperti della necropoli: come si può osservare il picco maggiore si ha in corrispondenza dei 50 grammi; i pesi craniali calcolati appaiono molto bassi, questo sottolinea la scarsa presenza di questo distretto scheletrico importante tra i resti ossei combusti della necropoli.

Per quanto riguarda le dimensioni dei frammenti ossei postcraniali, nel 64% dei casi il peso dei frammenti di dimensioni medie superiori ai 20 mm superava quello dei frammenti di dimensioni inferiori ai 20 mm corrispondente al 35,4%, mentre in un unico caso i frammenti postcraniali erano assenti. Una preponderanza di frammenti superiori ai 20 mm indicherebbe perciò la non avvenuta frammentazione rituale dei resti ossei dopo la combustione.

Le dimensioni dei frammenti è compresa tra un range di 14,4 mm e 190 mm.

6.1.10 Determinazione di anomalie e patologie

Le osservazioni di anomalie e di patologie nei resti ossei della necropoli della Stazione Centrale di Bologna sono piuttosto scarse. Come asserito in precedenza l'analisi paleopatologica sui resti ossei combusti non è sempre possibile, essa è infatti influenzata dalle condizioni di conservazione dei reperti, dalla loro scarsità e frammentarietà, nonché dalle modificazioni e deformazioni dovute all'azione del fuoco durante il processo di incinerazione che rendono difficile il riconoscimento dei segni patologici. Nonostante ciò è stato possibile rilevare sui resti ossei degli individui romani oggetto di questo studio alcune evidenze patologiche.

Si riconoscono segni di iperostosi porotica o *cribra cranii* (Foto 1) presenti sulla teca cranica di 25 individui sia adulti che infantili; questo tipo di evidenza è collegata alla presenza di anemie congenite o dovute a deficit nutrizionale in particolare da ferro. Sono probabilmente presenti 4 casi di *Hyperostosis frontalis interna* (Foto 2) che interessano sia individui femminili che maschili, mostranti un ispessimento del tavolato cranico interno a livello dell'osso frontale e porosità diffusa, questa patologia è attribuibile a squilibrio endocrino e metabolico.

Sono presenti casi di osteoartrosi della colonna vertebrale osservabili in vertebre cervicali, toraciche e lombari di 24 individui adulti e adulto-maturi (13 femminili e 11 maschili), i corpi vertebrali presentano bordo osteofitico (marginal lipping) (Foto 3); inoltre si notano nelle vertebre probabili tracce di ernia di Schmörl (Foto 3) riconoscibile in 14 individui adulti (8 maschili e 6 femminili); si rilevano poi 8 casi di probabili fratture vertebrali (Foto 4 - 5) riscontrabili su 5 individui maschili e 3 femminili adulti. Si riscontrano segni artrosici anche a livello delle falangi di mano (Foto 6): gli individui affetti sono 3 (2 maschili e 1 di sesso indeterminato). E' presente inoltre un caso di artrosi della patella (Foto 7) e uno del metatarso. Queste patologie sono attribuibili a stress fisici causati molto probabilmente da attività occupazionali.

Si riconoscono inoltre un caso di osteoma, tumore benigno delle ossa del cranio; una probabile frattura dell'epifisi prossimale del radio con processo di rimodellamento osseo a termine; 3 casi di periostite presente su tibia e fibula (Foto 8); un caso di testa dell'omero eburneata (Foto 9) collegabile a episodi di osteoartrite; un caso di trauma a livello della parte prossimale dell'ulna probabilmente dovuta allo strappo della membrana interossea tra ulna e radio (Foto 10) e infine due casi di carie dentaria visibile in due corone preservate dall'azione del fuoco.



Foto 1 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale T. 124: *cribra cranii*.



Foto 2 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale T. 48: *Hyperostosis frontalis interna*.



Foto 3 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale T. 34: osteoartrosi delle vertebre toraciche e lombari e presenza di ernia di Schmörl.



Foto 4 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale T. 116: frattura vertebrale.



Foto 5 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale T.149: rima di frattura vertebrale.



Foto 6 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale T. 42: osteoartrosi di una falange di mano.



Foto 7 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale T. 116: osteoartrosi della patella.



Foto 8 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale T. 246: periostite della tibia.



Foto 9 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale T. 79: eburneazione della testa dell'omero.



Foto 10 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale T.160: trauma da strappo della membrana interossea tra ulna e radio.

6.1.11 Ossa animali e resti botanici

I ritrovamenti di ossa animali riguardano un totale di 47 tombe corrispondenti al 32,6% del totale; la loro presenza è stata verificata all'interno di 33 tombe a sepoltura singola, in 13 tombe bisome e nell'unica tomba multipla costituita da 3 individui (Tab. 6.14). Gli individui ai quali è stato riservato questo trattamento comprendono tutte le fasce di età ed entrambi i sessi.

I reperti riguardano pochi frammenti per tomba a volte anche un solo frammento, si ritrovano sia frammenti combusti derivanti dal banchetto funebre o deposti come offerte sulla pira funebre, che non combusti. Per quanto riguarda questi ultimi non è sempre possibile attribuirli con sicurezza a deposizioni volontarie all'interno delle tombe, in alcuni casi si tratta di frammenti isolati e fuori contesto.

Frequenze resti ossei animali	
Tombe singole	33 (28,2%)
Tombe bisome e multiple	14 (51,8%)
Tombe singole femminili	13 (40,6%)
Tombe singole maschili	10 (32,2%)
Tombe singole subadulti	9 (14,3%)
Tombe singole adulti	21 (31,3%)

Tab. 6.14 – Bologna: Necropoli della Stazione Centrale: frequenze resti ossei animali.

Sono stati identificati anche resti botanici commisti ai resti ossei umani in 10 tombe (6,9%); i ritrovamenti riguardavano in particolare semi come noci e castagne e frutti come datteri e fichi e acini di uva (Foto 11). La loro presenza è stata riconosciuta in 5 tombe singole e 5 bisome: la particolarità che emerge è la loro associazione a tombe di subadulti (8 su 10). Se ne attesta infatti la presenza in 3 tombe singole appartenenti ad individui infantili (Infante I), ad una tomba di un individuo adolescente e nelle tombe bisome (4 su 5) caratterizzate dall'abbinamento di un individuo adulto e un individuo subadulto (Infante I e Adolescente).

I resti botanici riscontrati sono tutti combusti anche se è possibile ipotizzare che siano stati colpiti indirettamente dall'azione del fuoco che ne avrebbe comportato inevitabilmente la distruzione e per questo si siano conservati.



Foto 11 - Bologna – Necropoli della Stazione Centrale T. 27: resti botanici combusti appartenenti a datteri e fichi.

6.2 Risultati paleonutrizionali

6.2.1 Analisi allo stereomicroscopio e al microscopio a scansione elettronica (SEM).

Lo studio attraverso questa strumentazione analitica è volto al riconoscimento e alla valutazione della diagenesi sull'osso. I processi diagenetici, come è stato approfondito precedentemente, possono modificare la componente inorganica dell'osso, esistono infatti diversi meccanismi attraverso i quali questo può accadere. Uno di questi meccanismi è rappresentato dalla deposizione o precipitazione nelle piccole fratture e pori dell'osso di alcuni minerali. Per valutare questa possibilità è stata eseguita una analisi stereomicroscopica di ogni campione osseo per evidenziare la presenza di inclusioni e infiltrazioni, nonché lo stato di conservazione del reperto. L'analisi allo stereomicroscopio è stata eseguita sia sui campioni combusti che non combusti; l'osservazione è avvenuta su ogni campione prima e dopo i vari lavaggi in acqua demineralizzata ed ultrasuoni per verificare le differenze apportate dal processo di pulizia eseguito.

L'analisi al microscopio a scansione elettronica è invece stata svolta su 5 campioni (3 combusti e 2 non combusti) anche in questo caso prima e dopo il lavaggio.

Analisi allo stereomicroscopio. Nei campioni di osso combusto è stato possibile notare con precisione le modificazioni e le deformazioni subite dall'osso a causa dell'esposizione al calore di combustione, in accordo con lo studio di Shipman (1984) è stato possibile attribuire alle caratteristiche riscontrate nell'osso uno stadio 4 di combustione associato a temperature tra 440 e 800°C. Sono evidenti le fratturazioni sulla superficie corticale e trabecolare dell'osso combusto (Foto 12 e 14); nella superficie corticale dell'osso è evidente un modello di fratturazione a poligoni tipico del processo di combustione (Foto 13) e che non può essere attribuito a nessun fenomeno diagenetico (Shipman, 1984). Nella parte trabecolare dell'osso la superficie appare di una consistenza particolare definibile con il termine "schiumosa" (Foto 14 e 15), si osserva inoltre come le fratturazioni si propaghino dai canali vascolari interni all'osso come conseguenza di disidratazione attestando una combustione avvenuta con ancora la presenza dei tessuti molli ossia su "cadavere fresco". Si osservano inoltre alcune parti dell'osso di colorazione nero/blu scuro racchiuse tra lo strato corticale e trabecolare dell'osso di colore biancastro, queste rappresenterebbero aree meno interessate dall'azione del calore perciò molto probabilmente preservanti al loro interno materiale organico, ossia fibre di collagene ancora intatte (Foto 16).

Inoltre è stato possibile osservare come all'interno delle fratture di disidratazione sia avvenuta l'infiltrazione di particelle detritiche provenienti dal suolo sia nella parte corticale che trabecolare dell'osso (Foto 12-14-17). In alcuni campioni si notano su entrambe le superfici esterna ed interna alcune macchie di colore scuro attribuibili a materiale di origine organica proveniente da fattori esterni all'osso (Foto 12- 18). Sono molto frequenti inoltre concrezioni di precipitati di calcite individuabili sulle superfici esterne ed interne dei campioni ossei combusti attribuibili all'influenza dell'ambiente di deposizione dell'osso (Foto 19).



Foto 12 – Tb.227 osso combusto (sup. corticale)

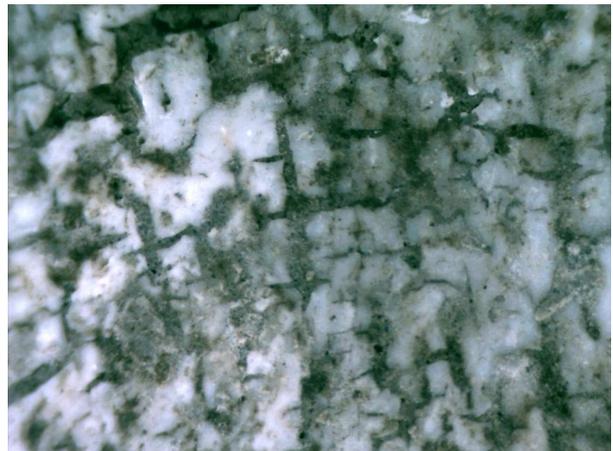


Foto 13 – Tb.227 osso combusto (sup. corticale)

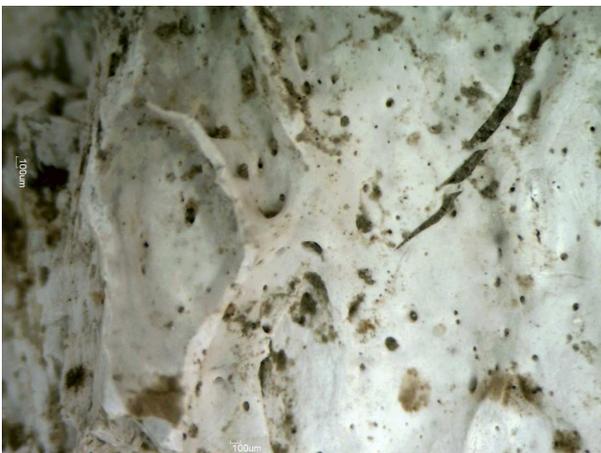


Foto 14 – Tb.209 osso combusto (sup. trabecolare).

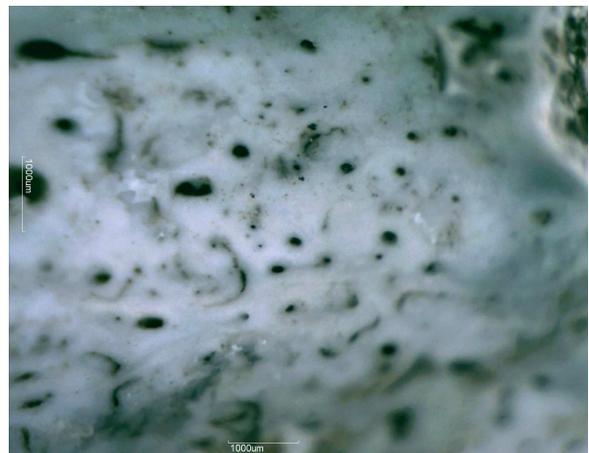


Foto 15 - Tb.240 osso combusto (sup. trabecolare).



Foto 16 – Tb.217 osso combusto con materiale organico.



Foto 17 – Tb. 209 osso combusto (sup. trabecolare).

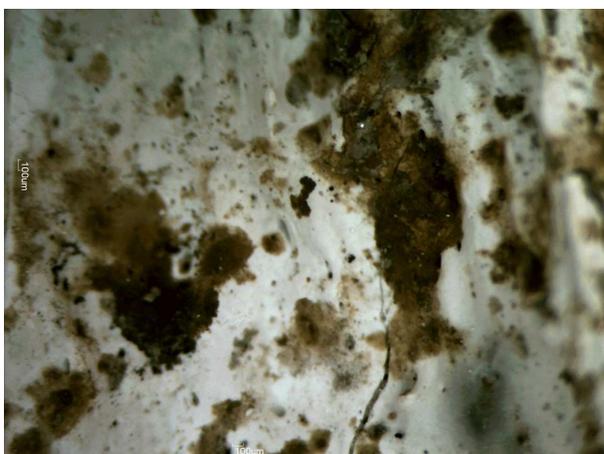


Foto 18 – Tb 209 osso combusto (sup. trabecolare).



Foto 19 - Tb. 240 osso combusto (sup. trabecolare).

Nei resti ossei non combusti invece non vi sono modificazioni evidenti delle strutture interne dell'osso, è possibile però osservare, attraverso l'indagine stereomicroscopica, alcuni depositi e infiltrazioni di suolo nei micropori della superficie corticale dell'osso (Foto 20-21-23) e tra le trabecole interne (Foto 25-26), sono presenti anche in questo caso precipitati di calcite (Foto 20-21 – 23) e tracce di materiale organico sulla superficie corticale (Foto 22-24).



Foto 20 - T. 56 osso non combusto (sup. corticale).



Foto 21 - T.58 osso non combusto (sup. corticale).

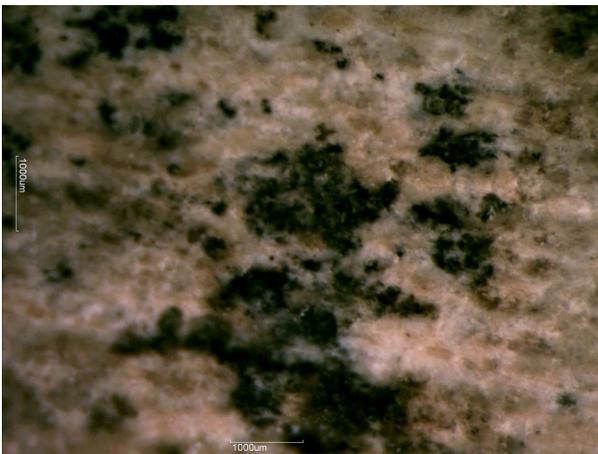


Foto 22 - T. 103 osso non combusto (sup. corticale).



Foto 23 - T. 243 osso non combusto (sup. corticale).

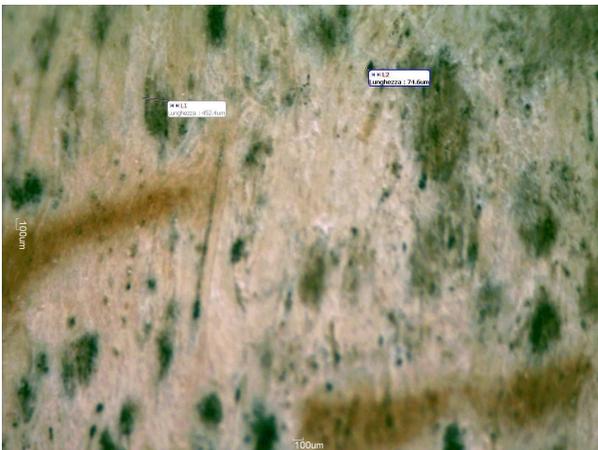


Foto 24 - T. 111 osso non combusto (sup. corticale).



Foto 25 - T.225 osso non combusto (sup. trabecolare).

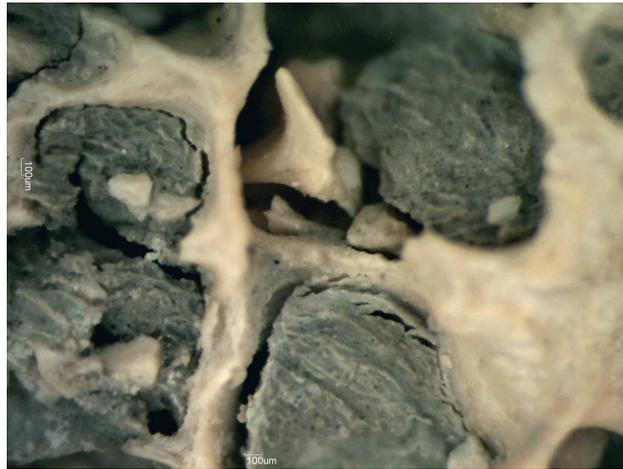


Foto 26 - T. 123 osso non combusto (sup. corticale).

L'analisi allo stereomicroscopio è stata ripetuta dopo il processo di lavaggio dei campioni ossei combusti e inumati; l'osservazione ha confermato la validità del processo di pulizia (Foto da 27 a 31).

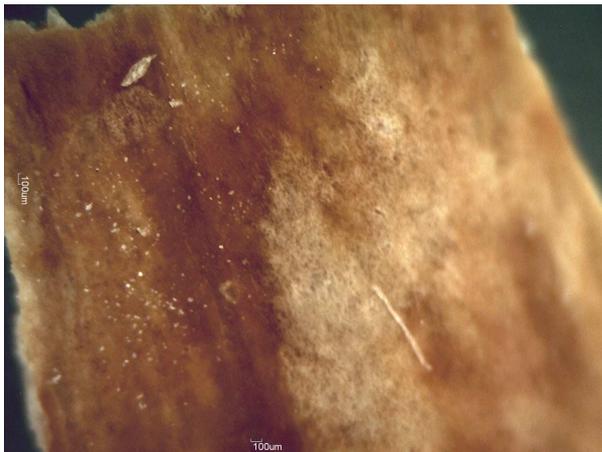


Foto 27 – T.58 osso non combusto (sup. corticale).

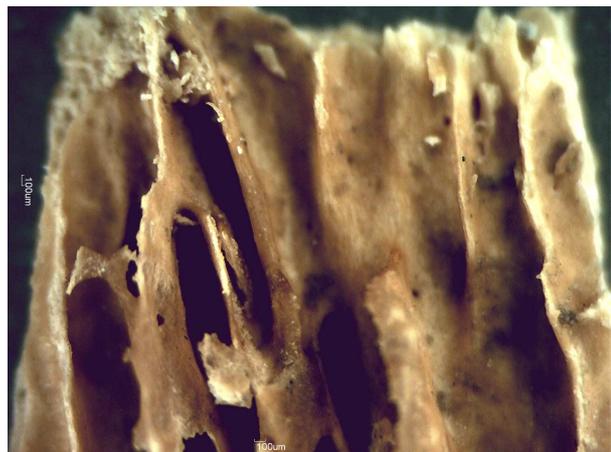


Foto 28 – T.58 osso non combusto (sup. trabecolare).



Foto 29 – T.209 osso combusto (sup. corticale).



Foto 30 – T.227 osso combusto (sup. trabecolare).



Foto 31 – T.227 osso combusto (sup. trabecolare).

Analisi al SEM. L'osservazione al microscopio a scansione elettronica è stata eseguita su 5 campioni (3 combusti e 2 non combusti) rappresentativi delle modificazioni e delle concrezioni ritrovate sulla maggior parte dei campioni ossei osservati allo stereomicroscopio. L'analisi al SEM è stata ripetuta due volte per gli stessi campioni, prima e dopo la fase di lavaggio con acqua demineralizzata e ultrasuoni.

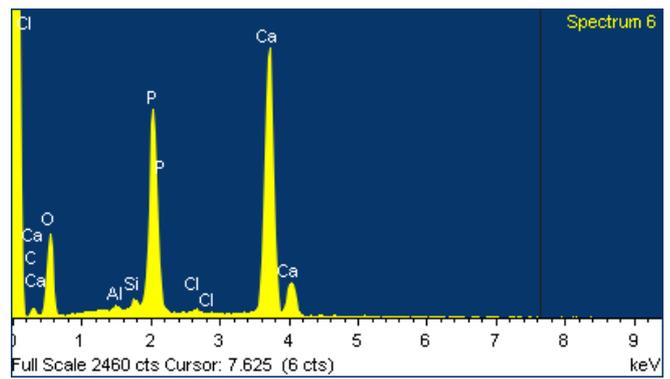
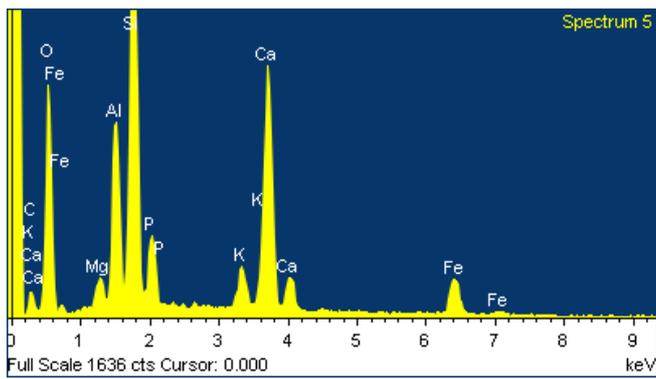
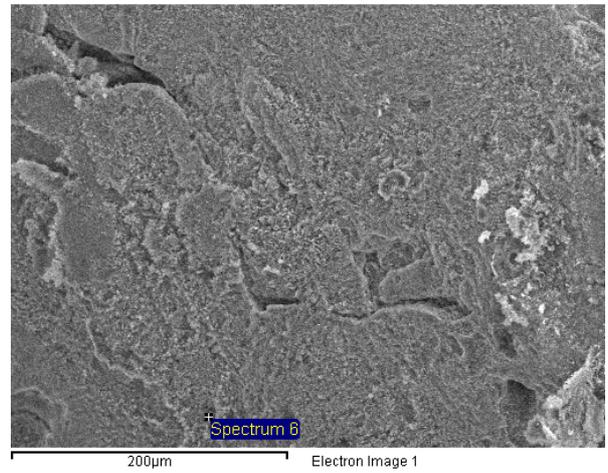
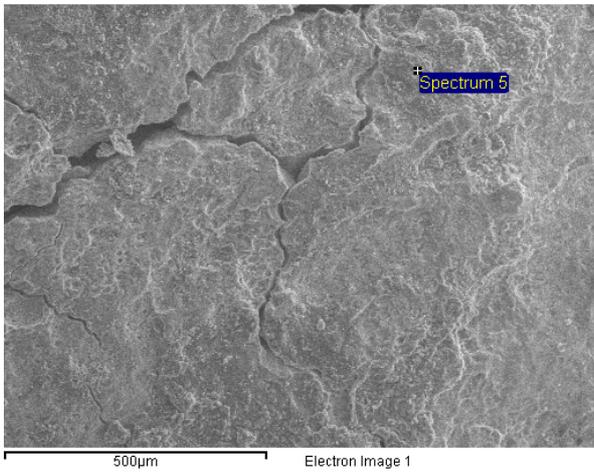
Gli elementi chimici rilevati nelle analisi degli individui combusti sono i seguenti: C, O, Al, Si, P, Ca, Na, Mg, Fe, Mn, K, Cl, Ti, S, Sb. Mentre per gli individui non combusti gli elementi chimici rilevati sono: C, O, Al, Si, P, S, Ca, Zn, Mg, K, Fe, Na, Ti, Mn.

L'analisi al SEM è da considerarsi semiquantitativa per cui è stato possibile rilevare il quantitativo in percentuale di ogni elemento rilevato. Di seguito vengono riportati i risultati per ogni campione prima e dopo il lavaggio con acqua demineralizzata ed ultrasuoni.

Campioni combusti:

- Campione Tb. 209 prima del lavaggio.

- Campione Tb. 209 dopo il lavaggio.

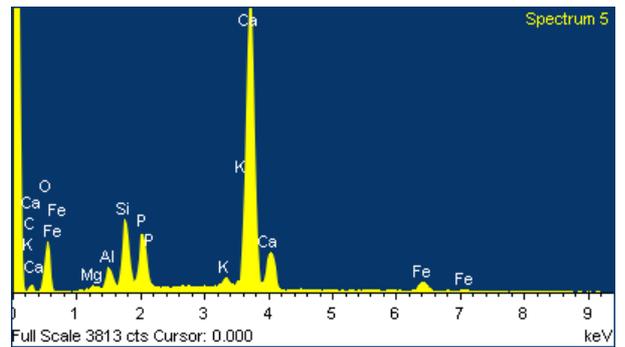
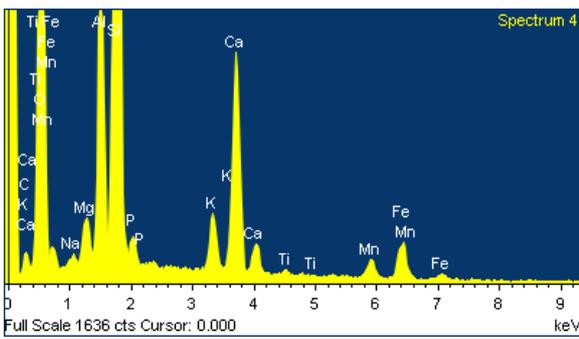
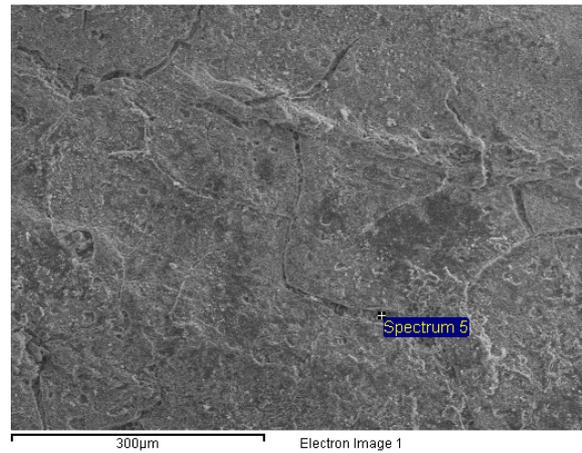
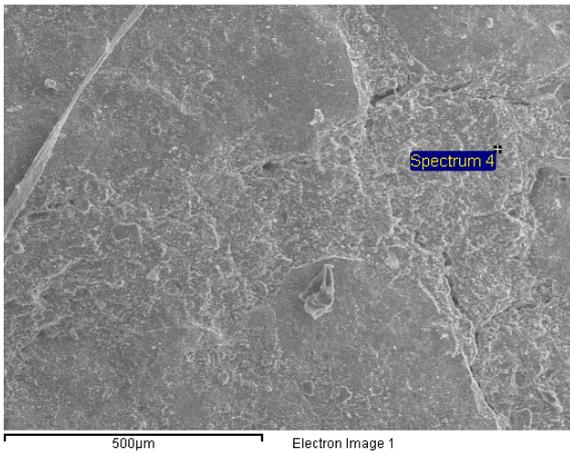


Element	Weight%	Atomic%
C K	7.56	12.83
O K	45.46	57.92
Mg K	1.22	1.03
Al K	6.10	4.61
Si K	16.67	12.10
P K	3.32	2.18
K K	1.90	0.99
Ca K	12.86	6.54
Fe K	4.91	1.79
Totals	100.00	

Element	Weight%	Atomic%
C K	4.75	8.41
O K	47.97	63.78
Al K	0.33	0.26
Si K	0.73	0.55
P K	15.61	10.72
Cl K	0.39	0.23
Ca K	30.23	16.04
Totals	100.00	

- Campione Tb. 227 prima del lavaggio.

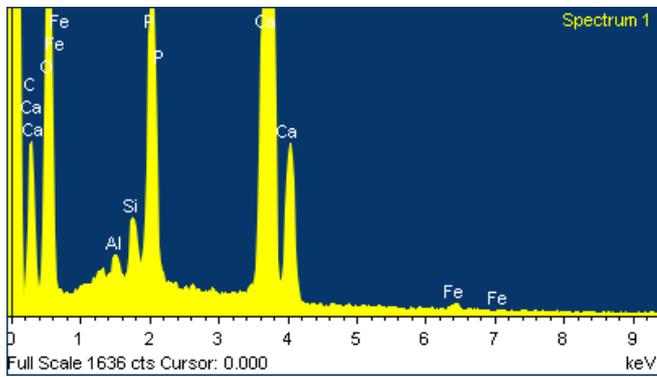
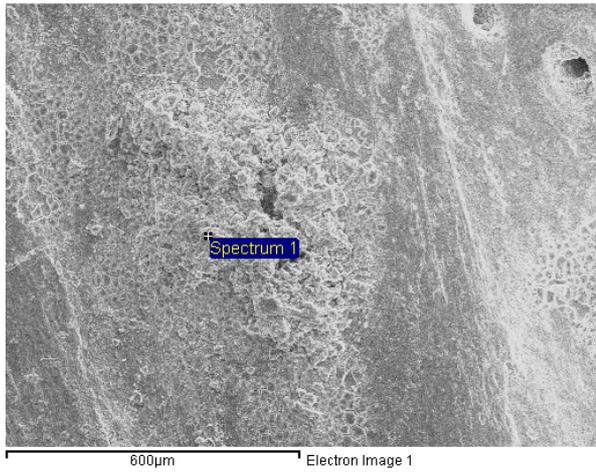
- Campione Tb. 227 dopo il lavaggio.



Element	Weight%	Atomic%
C K	-0.58	-0.96
O K	59.97	74.88
Na K	0.32	0.28
Mg K	1.04	0.85
Al K	5.45	4.03
Si K	21.06	14.98
P K	0.75	0.48
K K	1.51	0.77
Ca K	6.50	3.24
Ti K	0.21	0.09
Mn K	1.17	0.42
Fe K	2.61	0.94
Totals	100.00	

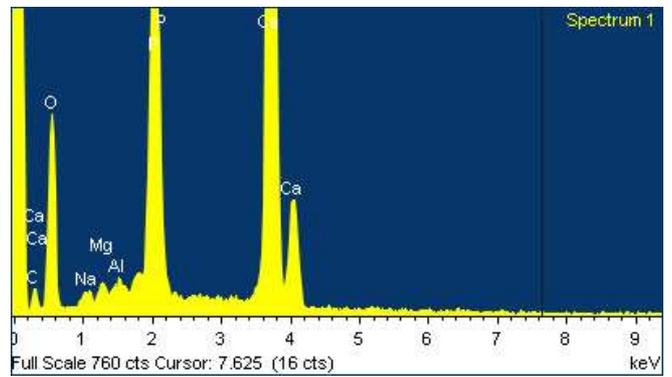
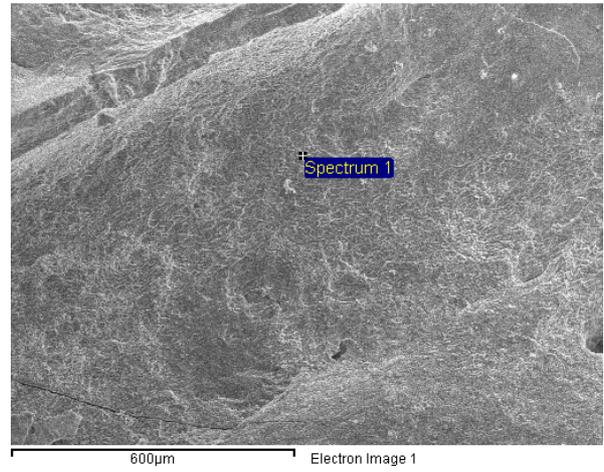
Element	Weight%	Atomic%
C K	4.98	9.55
O K	38.68	55.64
Mg K	0.37	0.35
Al K	1.89	1.61
Si K	5.79	4.74
P K	5.45	4.05
K K	0.96	0.56
Ca K	38.57	22.14
Fe K	3.31	1.36
Totals	100.00	

- Campione Tb. 240 prima del lavaggio.



Element	Weight%	Atomic%
C K	12.02	18.68
O K	56.33	65.73
Al K	0.35	0.24
Si K	0.87	0.58
P K	4.67	2.82
Ca K	25.44	11.85
Fe K	0.33	0.11
Totals	100.00	

- Campione Tb. 240 dopo il lavaggio.

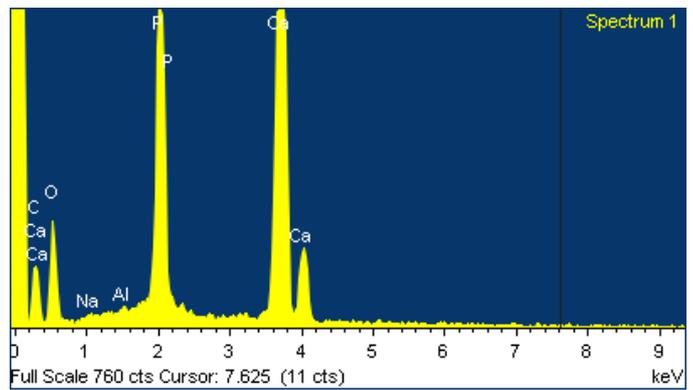
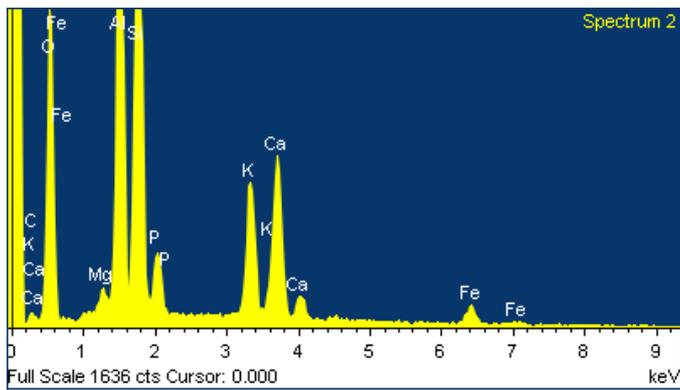
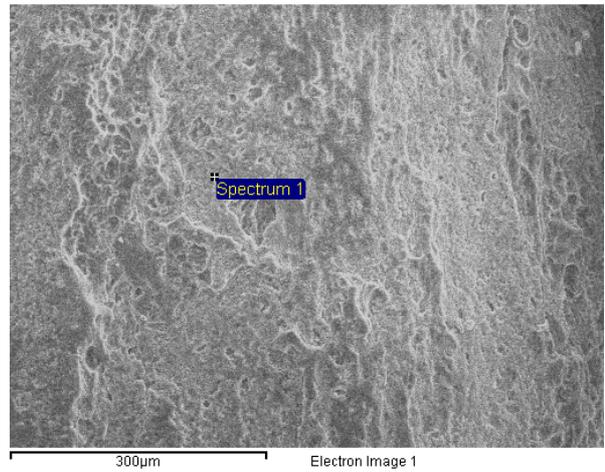
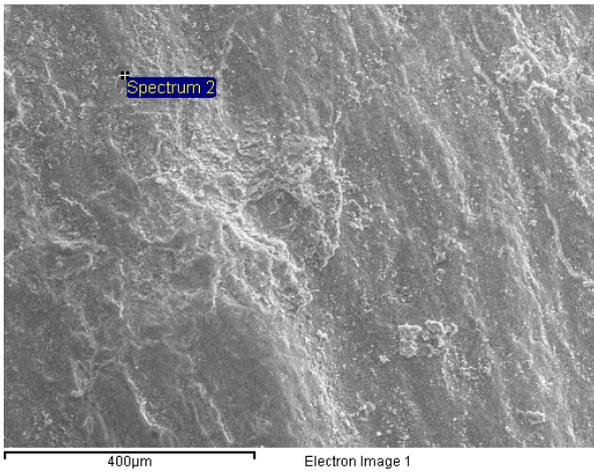


Element	Weight%	Atomic%
C K	4.73	8.66
O K	43.34	59.64
Na K	0.45	0.43
Mg K	0.48	0.44
Al K	0.27	0.22
P K	16.92	12.03
Ca K	33.82	18.58
Totals	100.00	

Campioni non combusti:

- Campione Tb. 58 prima del lavaggio.

- Campione Tb. 58 dopo il lavaggio.

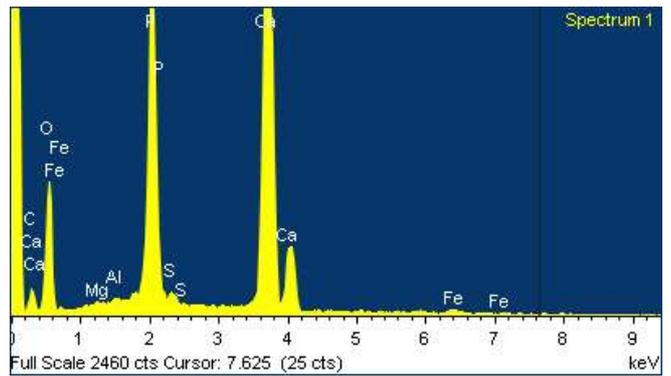
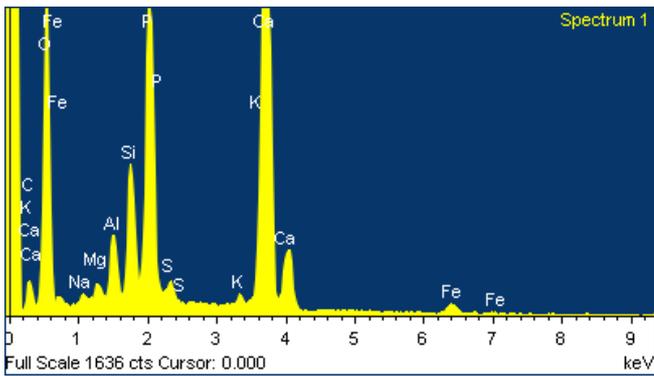
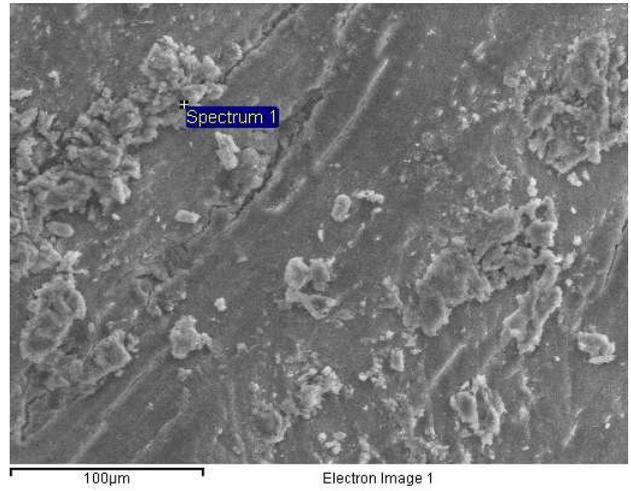
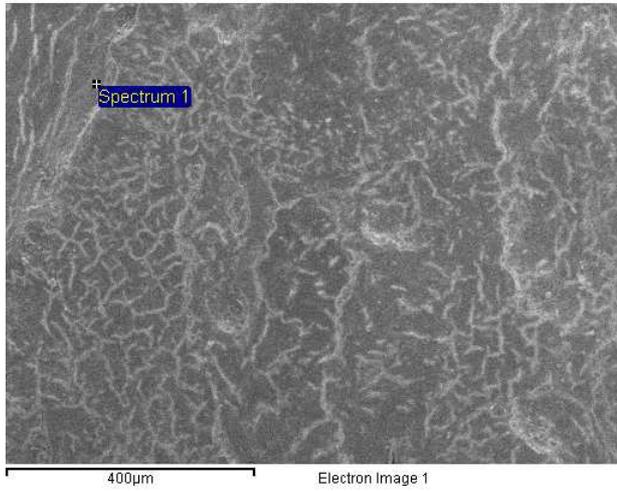


Element	Weight%	Atomic%
C K	-1.38	-2.46
O K	49.83	66.65
Mg K	0.66	0.58
Al K	13.48	10.69
Si K	19.14	14.59
P K	2.68	1.85
K K	5.89	3.22
Ca K	7.70	4.11
Fe K	2.00	0.77
Totals	100.00	

Element	Weight%	Atomic%
C K	17.31	28.80
O K	37.12	46.38
Na K	0.20	0.17
Al K	0.22	0.17
P K	13.45	8.68
Ca K	31.70	15.81
Totals	100.00	

- Campione Tb. 111 prima del lavaggio.

- Campione Tb. 111 dopo il lavaggio.



Element	Weight%	Atomic%
C K	6.39	10.43
O K	55.77	68.33
Na K	0.41	0.35
Mg K	0.47	0.38
Al K	1.71	1.25
Si K	3.52	2.46
P K	9.37	5.93
S K	0.63	0.38
K K	0.33	0.17
Ca K	20.42	9.99
Fe K	0.97	0.34
Totals	100.00	

Element	Weight%	Atomic%
C K	7.17	12.71
O K	44.57	59.32
Mg K	0.15	0.13
Al K	0.20	0.16
P K	14.30	9.83
S K	0.59	0.39
Ca K	32.41	17.22
Fe K	0.60	0.23
Totals	100.00	

Dall'analisi al SEM è emersa la presenza sulla superficie dell'osso, di elevate percentuali di Si e di Al. Tali elementi diminuiscono notevolmente dopo i ripetuti lavaggi, possono perciò essere attribuiti in parte alle infiltrazioni e alle concrezioni di sedimenti che si riscontrano sui campioni. La presenza degli elementi riconosciuti attraverso il SEM è stata confermata dall'analisi alla fluorescenza a raggi X portatile eseguita su due campioni (un campione combusto e uno non combusto) prima del lavaggio in acqua demineralizzata ed ultrasuoni. Lo studio all'XRF ha messo in luce anche la presenza sulla superficie ossea di elementi quali: Cu, Ar, Mo e Sr probabilmente derivanti dalle concrezioni di suolo presenti sui resti ossei.

6.2.2 Analisi degli elementi in traccia con tecnica analitica ICP-MS

Il campione totale su cui sono state condotte le analisi attraverso la spettrometria di massa è costituito da: 29 campioni combusti e 17 non combusti.

La procedura di diluizione su tutti i campioni ha rappresentato una delle criticità maggiori; a causa della notevole differenza di concentrazione dei metalli è stato necessario individuare il *range* ottimale di calibrazione. La letteratura scientifica fornisce infatti vari dati analitici ma poche informazioni sulle metodologie di trattamento dei campioni (Djingova et al, 2004; Shafer et al, 2008), per cui lo studio è rivolto a valutare anche gli eventuali problemi legati alle matrici analizzate.

I campioni analizzati hanno permesso la determinazione di 34 elementi chimici: Li, Be, B, Na, Mg, Al, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Rb, Sr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, Ba, Hg, Tl, Pb, Bi, U. Nel corso delle analisi chimiche sono emerse importanti criticità a causa della mancanza di uno standard di riferimento per verificare soprattutto l'influenza del tipo di matrice. Tale problema è stato in parte risolto tramite test di recupero eseguiti sui campioni. Attraverso tali test, svolti mediante l'aggiunta di un quantitativo noto di elementi all'interno dei vari campioni si è osservata la stima di recupero per i singoli elementi presenti nella miscela standard, verificando in tal modo l'accuratezza e la ripetibilità delle analisi. Perciò è stato possibile selezionare gli elementi chimici significativi ed escludere gli elementi per cui si sono riscontrati problemi di riproducibilità del dato quali ad esempio alcuni elementi leggeri volatili (litio, berillio, boro). Inoltre bisogna ricordare che la metodologia di analisi ICP-MS è molto sensibile, ma nonostante ciò non consente di analizzare con sufficiente precisione gli elementi maggiori come Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, che sono molto

concentrati in soluzione per cui le concentrazioni di Calcio possono essere considerate attendibili anche se con un errore elevato.

Gli elementi per i quali l'attendibilità è risultata maggiore sono: Sr, Zn, Ba, Pb, V, Cr, Ni e Cu.

Ai fini paleonutrizionali particolarmente significativi sono le concentrazioni di Stronzio (Sr), Bario (Ba), Zinco (Zn) e Piombo (Pb) elementi su cui si è concentrato lo studio.

Elementi	N Validi Cremati	Media (ppm) Cremati	Dev.Std. (ppm) Cremati	Minimo (ppm) Cremati	Massimo (ppm) Cremati	N Validi Inumati	Media (ppm) Inumati	Dev.Std. (ppm) Inumati	Minimo (ppm) Inumati	Massimo (ppm) Inumati	p
Li	27	2,6	1,8	0,5	7	16	17,3	21,0	2,1	79	0,0007
Be	25	0,4	0,3	0,0	1	16	1,8	1,5	0,3	7	0,0000
B	27	24,6	21,3	1,8	90	16	34,6	36,6	3,1	137	0,2610
Na	27	9978,9	6854,0	2019,8	27778	16	6060,9	5030,3	1706,8	19448	0,0535
Mg	27	2199,0	1306,0	419,8	5461	16	3923,2	4633,5	817,3	16567	0,0748
Al	27	2125,5	1878,4	80,6	7872	16	13153,3	24138,7	199,9	79825	0,0219
K	27	763,0	661,0	120,9	2808	16	3708,8	6973,7	29,8	25420	0,0337
Ca 40	26	252419,1	91277,6	59194,4	388945	15	217901,8	82116,1	61585,8	318061	0,2341
Ca43	26	871542,4	400160,2	313813,8	1896617	15	689811,8	363096,8	327472,5	1635585	0,1558
Ca44	26	869787,0	367406,5	338798,8	1766917	15	668713,5	314864,6	342857,1	1510942	0,0837
Ti	25	1767,5	940,1	439,5	4171	14	1702,3	1416,7	419,5	5496	0,8638
Ti	24	14622,1	5754,9	6146,3	28637	14	10704,8	4631,9	5117,9	20542	0,0369
V	28	3,9	3,1	0,4	14	16	16,7	10,6	8,6	52	0,0000
Cr	27	6,5	4,9	1,3	18	16	54,8	70,2	8,9	297	0,0008
Mn	28	1157,7	2865,2	4,3	13893	15	2299,4	2333,7	81,4	8534	0,1929
Fe	28	836,0	1241,6	94,5	6685	16	3688,3	4313,3	409,4	12601	0,0020
Co	27	6,1	4,8	0,5	21	15	7,5	7,4	1,2	23	0,4436
Ni	27	23,1	24,7	5,1	97	16	58,5	63,4	11,4	219	0,0126
Cu	26	26,3	30,3	1,1	131	16	1109,3	3644,4	30,7	14728	0,1345
Zn	27	154,2	113,7	30,1	416	14	253,7	106,5	120,8	402	0,0099
Ga	27	13,4	23,5	0,1	107	15	31,1	34,0	2,9	112	0,0537
As	28	26,4	4,2	20,4	37	16	24,3	4,8	19,1	37	0,1331
Se 78	28	1,6	0,6	0,5	3	16	2,3	1,0	0,8	4	0,0045
Se 82	25	20,0	12,6	2,9	43	15	15,3	12,9	0,5	46	0,2622
Rb	27	4,7	3,8	0,5	16	16	22,9	41,5	0,3	153	0,0276
Sr	27	776,0	490,9	221,9	2171	15	1709,4	734,6	857,1	3483	0,0000
Mo	25	1,7	2,6	0,0	9	15	2,7	1,9	0,5	7	0,2376
Ag	26	0,5	0,5	0,0	2	15	1,4	1,6	0,3	5	0,0076
Cd	27	2,0	1,2	0,4	5	16	4,2	3,2	1,7	15	0,0022
Sn	29	140,2	696,8	0,2	3762	16	16,4	28,3	0,1	109	0,4835
Sb	27	1,1	1,2	0,0	5	15	5,4	3,3	0,6	11	0,0000
Te	27	2,5	1,2	0,3	5	16	1,5	0,6	0,8	3	0,0075
Ba	27	547,3	1201,6	10,4	5860	15	1553,2	1566,5	239,6	4935	0,0249
Hg	23	0,3	0,4	0,0	2	12	1,0	2,0	0,0	7	0,1094
Tl	24	0,0	0,0	0,0	0	15	0,1	0,2	0,0	1	0,0123
Pb	27	79,1	115,9	1,9	463	16	297,4	428,9	30,0	1576	0,0160
Bi	27	0,1	0,1	0,0	0	16	0,2	0,2	0,0	1	0,0049
U	27	8,2	15,2	0,2	66	16	102,4	50,3	52,1	219	0,0000

Tab.6.15 – Concentrazioni degli elementi in traccia nell'osso ($\mu\text{g/g}$) negli individui cremati e negli inumati e confronto tra le medie dei due gruppi (si sono sottolineati gli elementi più significativi).

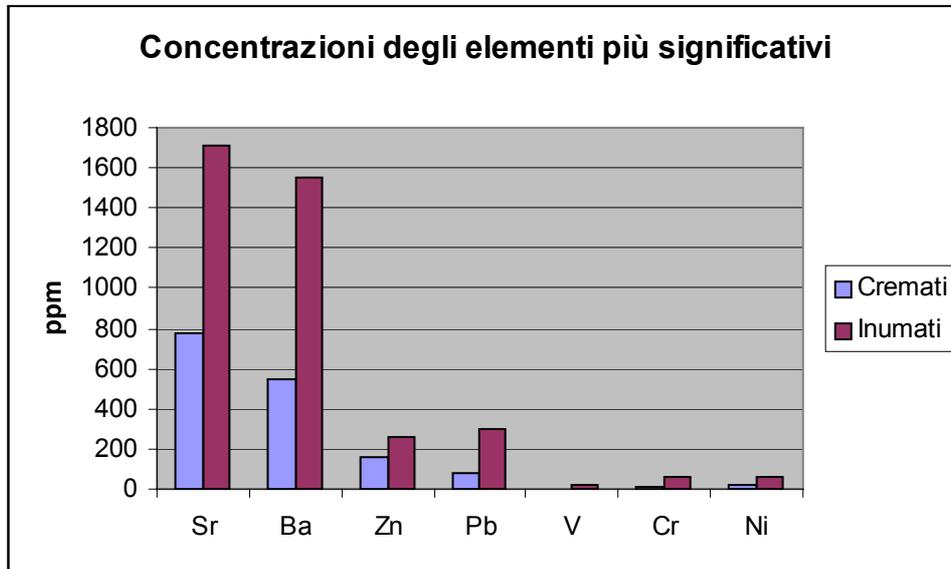


Fig. 6.17 – Concentrazioni degli elementi più significativi per il campione cremato e inumato.

Dalla Fig. 6.17 è possibile osservare come esistano differenze significative tra il gruppo di individui cremati e quello degli individui inumati per i seguenti elementi attendibili analizzati: stronzio (Sr), bario (Ba), zinco (Zn), piombo (Pb), vanadio (Va), cromo (Cr), nichel (Ni); le concentrazioni di questi elementi sono maggiori nel gruppo degli inumati. Le quantità di elementi appaiono però molto variabili all'interno del campione come è possibile notare dal valore della deviazione standard; i *range* di distribuzione delle concentrazioni sono perciò molto ampi.

Al fine di individuare gruppi con caratteristiche diverse sono state analizzate le frequenze di individui suddividendo le concentrazioni degli elementi più importanti dal lato nutrizionale in diversi *range* attribuibili a diverse tipologie alimentari. I valori medi delle concentrazioni di Sr in un osso non sottoposto a combustione sono compresi tra 100 a 500 ppm, ciò è legato alla tipologia alimentare, Smrčka (2005) riporta i seguenti valori: concentrazioni comprese tra 100 e 300 ppm indicano una dieta carnea; concentrazioni tra 150 e 400 ppm sono tipiche di un regime alimentare onnivoro, mentre concentrazioni comprese tra 400 e 500 ppm corrispondono ad una dieta prevalentemente vegetariana.

Sr µg/g	Campioni combustibili	Campioni non combustibili	p-level
0-100	0	0	
100-200	0	0	
200-300	2 (7,4%)	0	
300-400	5 (18,5%)	0	
400-500	3 (11,1%)	0	
500-1000	8 (29,6%)	2 (13,3%)	
> 1000	9 (33,3%)	13 (86,7%)	
totale	27	15	

Tab. 6.16 – Frequenze di individui per range di concentrazione di Sr e confronti tra i due gruppi.

Nella tabella 6.16 si può osservare la suddivisione delle concentrazioni di Sr in 7 intervalli, è evidente come la percentuale più elevata di individui sia inumati che cremati ricada all'interno dell'ultimo range di concentrazione (> 1000 ppm) anche se si riscontra una diversa distribuzione delle frequenze per ogni intervallo all'interno del campione cremato. Tale distribuzione permette di affermare che il 66,6% del campione cremato presenta concentrazioni inferiori ai 1000 ppm al contrario di quello inumato dove la percentuale è maggiore per le concentrazioni superiori a 1000 ppm (86,7%), riscontrando perciò una differenza altamente significativa tra i due gruppi esaminati. Il range di distribuzione delle concentrazioni per gli individui cremati è compreso tra 222 e 2171 ppm mentre per gli individui inumati va da 857 a 3483 ppm.

Ba µg/g	Campioni combustibili	Campioni non combustibili	p-level
0-100	14 (51,8%)	0	
100-200	2 (7,4%)	0	
200-300	3 (11,1%)	3 (20%)	
300-400	2 (7,4%)	1 (6,7%)	
400-500	0	2 (13,3%)	
500-1000	2 (7,4%)	2 (13,3%)	
> 1000	4 (14,8%)	7 (46,6%)	
totale	27	15	

Tab. 6.17 – Frequenze di individui per range di concentrazione di Ba e confronti tra i due gruppi.

I valori medi delle concentrazioni di Ba nelle ossa umane sono compresi tra 100 a 500 ppm, ciò è legato alla tipologia alimentare, Smrčka (2005) riporta i seguenti valori: concentrazioni comprese tra 100 e 300 ppm indicano una dieta carnea; concentrazioni tra 150 e 400 ppm sono tipiche di un regime alimentare onnivoro, mentre concentrazioni comprese tra 400 e 500 ppm corrispondono ad una dieta prevalentemente vegetariana. Nella tabella 6.17 le concentrazioni di Ba sono state suddivise in 7 intervalli; è possibile notare come il range con frequenza maggiore per gli individui cremati sia il primo (51,8%) ossia compreso tra 0 e 100 ppm, mentre la frequenza maggiore per gli individui inumati ricade all'interno dell'ultimo range >1000 ppm. Il range di distribuzione delle concentrazioni di Ba per gli individui cremati è compreso tra 10 e 5860 ppm mentre quello per gli individui inumati ricade tra 239 e 4935 ppm. Le differenze tra le frequenze dei due gruppi per i vari range sono statisticamente significative.

Analizzando le concentrazioni si è poi deciso di eliminare dai dati statistici i 14 campioni combusti le cui concentrazioni di Ba erano inferiori a 100 ppm, risultato probabilmente dovuto dalla perdita dell'elemento in seguito alla combustione. Ciò ha determinato una media di concentrazione pari a 1101 ppm per gli individui combusti, le differenze tra gli individui cremati e inumati non appaiono più statisticamente significative.

Zn µg/g	Campioni combusti	Campioni non combusti	p-level
0-90	8 (29,6%)	0	
90-150	10 (37%)	4 (28,6%)	
150-200	2 (7,4%)	2 (14,3%)	
200-250	1 (3,7%)	2 (14,3%)	
> 250	6 (22,2%)	6 (42,8%)	
totale	27	14	

Tab. 6.18 – Frequenze di individui per range di concentrazione di Zn e confronti tra i due gruppi.

L'ammontare dello Zn nell'osso è un buon indicatore delle diverse tipologie di nutrimento: i carnivori posseggono un quantitativo più elevato di Zn (170-250 ppm) nelle loro ossa degli onnivori (120-200 ppm) o degli erbivori (90-150 ppm) (Smrčka, 2005). Nella tabella 6.18 le concentrazioni di Zn sono state suddivise in 5 intervalli; è possibile notare come il range con frequenza maggiore per gli individui cremati sia il primo (29,6%) ossia compreso tra 0 e 90 ppm,

mentre la frequenza maggiore per gli individui inumati ricade all'interno dell'ultimo range > 250 ppm. Nonostante ciò è possibile osservare all'interno dei due campioni una varia distribuzione degli individui tra i vari intervalli di concentrazione. Tra gli individui cremati è possibile individuare 3 gruppi: un primo gruppo con basse concentrazioni di zinco (0-90 ppm) (29,6%), un secondo gruppo con moderate concentrazioni (37%) e un terzo gruppo a concentrazioni elevate (33,3%). Il range di concentrazione per questo elemento nel campione cremato va da 30 a 416 ppm, mentre per quello degli inumati è compreso tra 120 e 402 ppm. Negli individui inumati invece si osserva la presenza di due gruppi: un gruppo a concentrazione moderata di zinco (28,6%) e un gruppo a concentrazione elevata (71,4%).

Pb µg/g	Campioni combust	Campioni non combust	p-level
2-100	20 (74,1%)	7 (43,7%)	
100-400	5 (18,5%)	5 (31,3%)	
> 400	2 (7,4%)	4 (25%)	
totale	27	16	> 0,10

Tab. 6.19 – Frequenze di individui per range di concentrazione di Pb e confronti tra i due gruppi.

Nella tabella 6.19 le concentrazioni di Pb sono state suddivise in 3 intervalli: il range con frequenza maggiore è il medesimo sia per gli individui cremati che per quelli inumati rispettivamente 74,1% e 43,7% ossia compreso tra 2 e 100 ppm anche se il 56,3% degli individui inumati presenta concentrazioni di Pb superiori a 100 ppm. Questo significa che la maggior parte degli individui cremati presenta concentrazioni minori di Pb di quelli inumati. Nonostante ciò è possibile osservare che la distribuzione delle frequenze all'interno del campione cremato indica la presenza di due gruppi di individui: un gruppo (il maggiore 74,1%) con concentrazione di Pb comprese tra 2 e 100 ppm ed un altro (25,9%) con concentrazioni superiori ai 100 ppm arrivando fino ad un massimo di 463 ppm. Anche nel campione di inumati sembrano essere presenti due gruppi di individui: il maggiore (56,3%) presenta concentrazioni di Pb elevate, fino a raggiungere un massimo di 1576 ppm mentre il minore (43,7%) presenta concentrazioni comprese fra 2 e 100 ppm con un minimo di 30 ppm. Bisogna però tenere in considerazione che le concentrazioni di Pb per quanto riguarda gli individui cremati, risentono della temperatura di combustione in quanto al di sopra degli 800°C avviene la volatilizzazione di questo elemento, la perdita è stimata intorno al

62% (Kaczanowski et al, 1996), pertanto applicando una correzione per i campioni cremati del presente studio si può affermare che il range di variazione delle concentrazioni di questo elemento sia compreso in realtà tra 5,0 e 1218 ppm con una media di 208,1 ppm.

Correlazioni tra elementi. Inoltre è stato possibile valutare le relazioni esistenti fra i vari elementi di interesse paleonutrizionale: Sr, Zn, Ba per i due gruppi (cremati e inumati) esaminati. Nelle correlazioni tra gli elementi non è stato inserito il Pb in quanto elemento non associabile all'analisi nutrizionale ma derivante da contaminazione, per cui le concentrazioni sono indipendenti da quelle degli altri elementi.

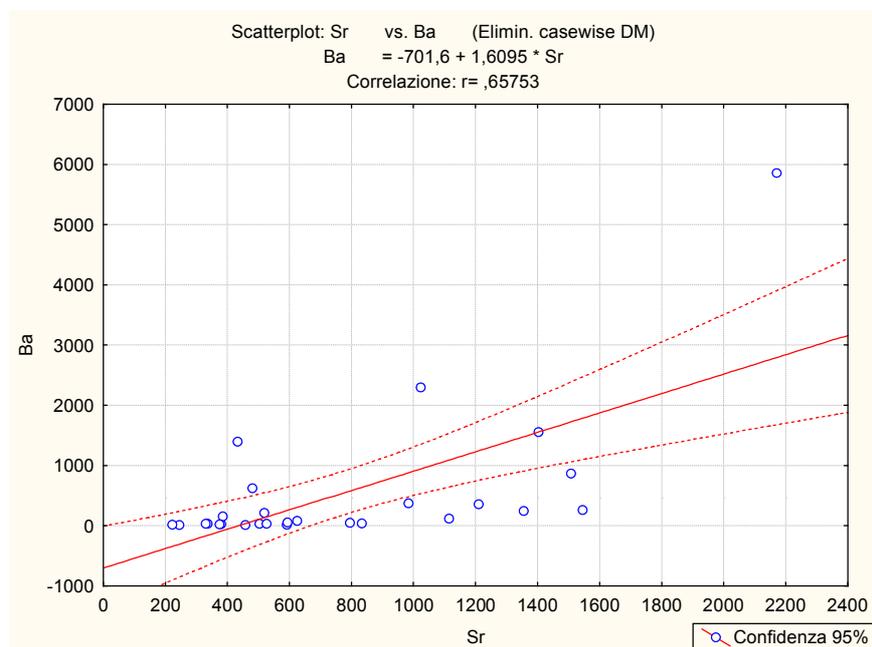


Fig. 6.18 Scatterplot di correlazione Sr-Ba per gli individui cremati.

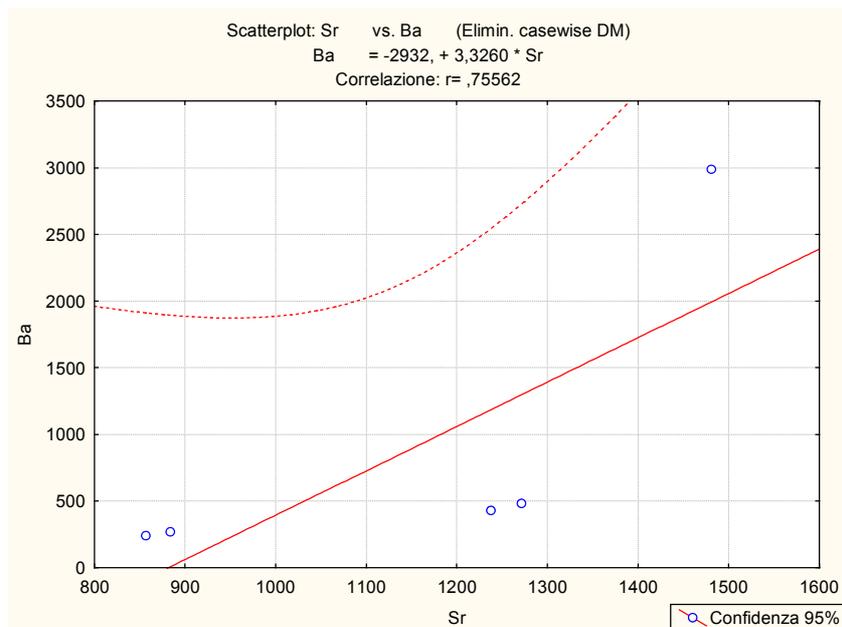


Fig. 6.19 Scatterplot di correlazione Sr-Ba per gli individui inumati.

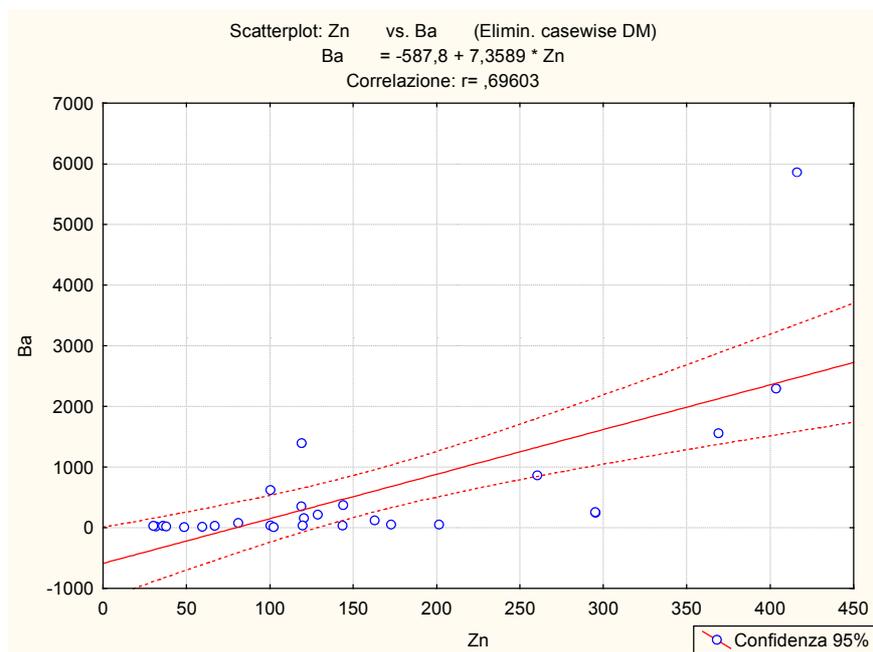


Fig. 6.20 - Scatterplot di correlazione Zn-Ba per gli individui cremati.

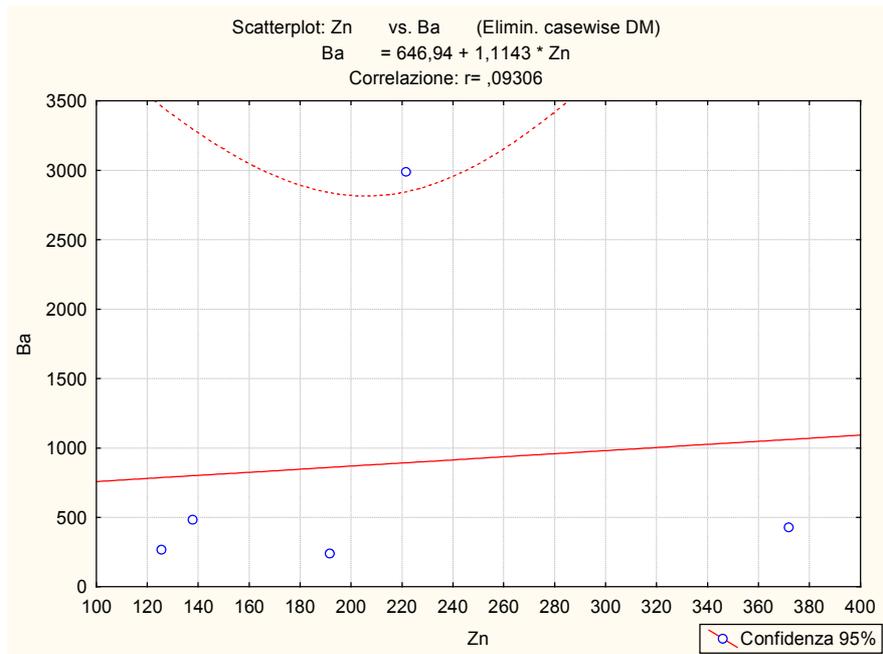


Fig. 6.21 - Scatterplot di correlazione Zn-Ba per gli individui inumati.

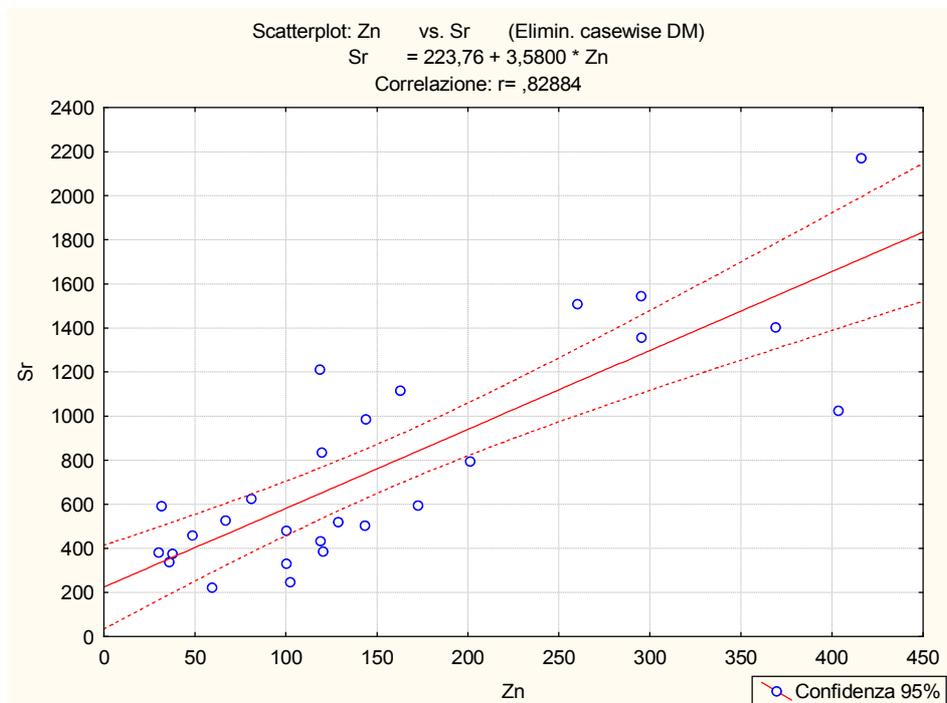


Fig. 6.22 Scatterplot di correlazione Sr-Zn per gli individui cremati.

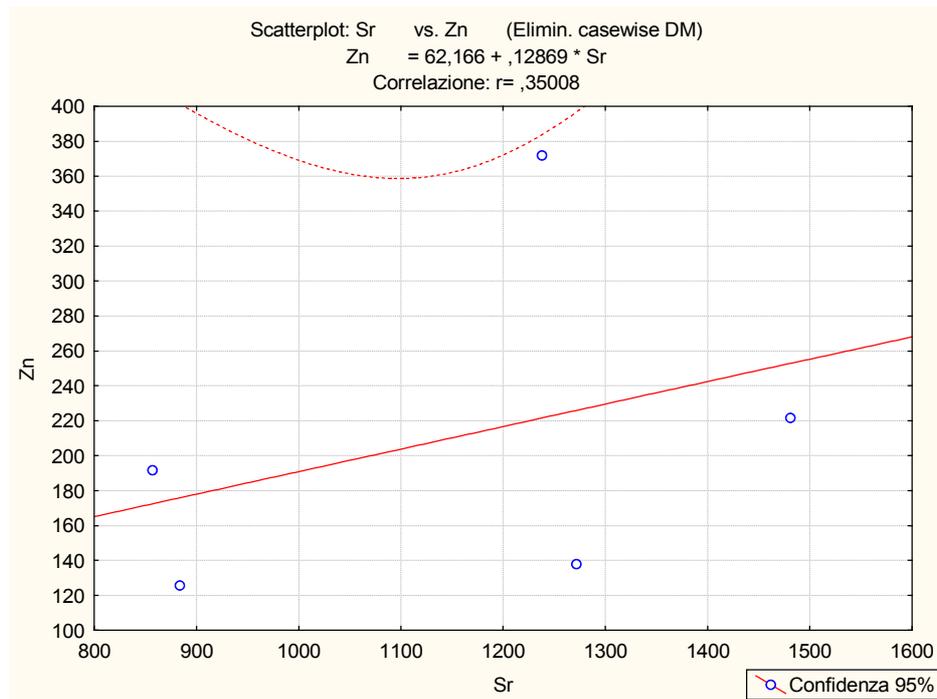


Fig. 6.23 - Scatterplot di correlazione Sr-Zn per gli individui inumati.

Dall'analisi delle correlazioni tra gli elementi (Da Fig. 6.18 a 6.23) emerge che Sr e Ba sono correlati allo stesso modo sia negli individui cremati che inumati ($r=0,65$ vs $r=0,7$); gli elementi Ba e Zn risultano meglio correlati negli individui cremati ($r=0,69$) mentre negli individui inumati non vi è correlazione ($r=0,09$); gli elementi Sr e Zn appaiono maggiormente correlati negli individui cremati ($r=0,82$) rispetto a quelli inumati ($r=0,35$). Tutte le correlazioni eseguite sul campione cremato hanno dato risultati statisticamente significativi al contrario del campione inumato. Sono state esaminate anche le correlazioni tra Ba e Sr e Ba e Zn eliminando i casi dei campioni cremati che mostravano concentrazioni di Ba inferiori al normale (Smrča, 2005) ma i risultati sono rimasti invariati.

Sono stati verificati anche i rapporti esistenti tra gli elementi: Sr, Zn, Ba, Ca.

Rapporti tra elementi	Individui cremati	Individui inumati
Sr/Ca*	3,4	9,4
Zn/Ca*	0,6	1,3
Ba/Ca*	1,8 ^a	10,7
Ba/Sr	0,52	0,87

* Ogni rapporto è stato moltiplicato per 1000 per una migliore interpretazione.

a) il valore è calcolato sul totale dei campioni cremati, escludendo i 14 campioni con concentrazioni basse si ottiene un valore di 3,8‰.

Tab. 6.20 - Rapporti fra le concentrazioni dei principali elementi.

Dall'analisi dei rapporti tra i vari elementi Sr/Ca, Zn/Ca, Ba/Ca, Ba/Sr gli individui inumati hanno mostrato valori più alti per tutte le relazioni esaminate (Tab. 6.20).

E' possibile inoltre verificare se esistano differenze tra le medie delle concentrazioni dei vari elementi tra gli individui maschili e femminili all'interno dei due campioni cremato e inumato. In questo caso si sono presi in esame solamente gli elementi più attendibili analizzati.

	N Validi Maschi	Media Maschi (ppm)	Dev.Std. Maschi (ppm)	Minimo Maschi (ppm)	Massimo Maschi (ppm)	N Validi Femmine	Media Femmine (ppm)	Dev.Std. Femmine (ppm)	Minimo Femmine (ppm)	Massimo Femmine (ppm)	p-level
Sr	10	1007,9	606,7	375,0	2171	14	673,4	389,3	221,9	1545	0,1432
Zn	10	185,8	139,3	31,7	416	14	136,1	104,8	30,1	404	0,4822
Ba	10	1039,1	1790,8	20,7	5860	14	291,8	603,2	10,4	2297	0,2415
Pb	10	54,0	61,7	1,9	202	14	77,3	109,1	3,5	410	0,6394
V	11	5,0	3,8	0,4	14	14	2,9	1,9	1,1	7	0,1888
Cr	10	9,0	6,7	1,5	18	14	5,1	3,1	1,3	13	0,2188
Ni	10	32,3	35,3	6,6	97	14	18,6	15,7	5,1	56	0,4123
Cu	10	27,7	22,3	3,0	68	13	27,8	38,7	1,1	131	0,3852

Tab. 6.21 – Confronto fra medie di concentrazione degli elementi Sr, Zn, Ba, Pb, V, Cr, Ni, Cu negli individui cremati maschili e femminili.

Dalla tabella 6.21 si osserva come non esistano differenze significative tra i sessi nelle concentrazioni degli elementi più significativi per il nostro studio (Sr, Zn, Ba, Pb, V, Cr, Ni, Cu) all'interno del campione cremato.

	N Validi Maschi	Media Maschi	Dev.Std. Maschi	Minimo maschi	Massimo maschi	N Validi Femmine	Media Femmine	Dev.Std. Femmine	Minimo Femmine	Massimo Femmine	p-level
V	2	13,2	5,05	9,65	16,8	5	14,5	3,42	11,2	19,6	0,6985
Cr	2	53,5	8,69	47,4	59,7	5	25,7	9,58	13,6	37,1	0,0528
Ni	2	56,9	9,94	49,9	64	5	20,5	7,29	15,0	31,2	0,0528
Cu	2	107,6	30,39	86,1	129,1	5	91,7	58,7	30,7	183,9	0,4385
Zn	2	336,7	20,63	322,1	351,3	5	209,6	98,7	125,5	371,8	0,2452
Sr	2	2274,5	556,4	1881	2668	5	1146,3	268,6	857,0	1481	0,0528
Ba	2	1333,5	478,6	995	1672	5	880,5	1182,5	239,6	2988	0,2452
Pb	2	109,1	33,4	85,4	132,7	5	72,8	32,2	30	106,1	0,4385

Tab. 6.22 – Confronto fra medie di concentrazione degli elementi Sr, Zn, Ba, Pb, V, Cr, Ni, Cu negli individui inumati maschili e femminili.

Dalla tabella 6.22 si osserva la presenza di differenze significative tra i sessi nelle concentrazioni degli elementi Cr, Ni e Sr all'interno del campione inumato. Tuttavia bisogna tenere in considerazione il numero degli individui inumati di sesso determinato che è molto basso (2 individui maschili e 5 femminili) per cui il risultato deve essere valutato con riserva.

6.2.3 Analisi degli elementi con tecnica analitica XRF portatile.

L'analisi attraverso la fluorescenza a raggi X portatile è stata condotta su 49 campioni ossei combustibili e 15 campioni ossei non combustibili. Questa tecnica analitica permette una stima qualitativa degli elementi in tracce nell'osso ed è possibile verificare solamente la presenza/assenza di determinati elementi all'interno del campione. Ogni campione sotto forma di polvere è stato esaminato due volte in aria a due diverse intensità di energia: 30 keV e 50 keV questo per permettere la rilevazione sia di elementi leggeri, visibili con bassa risoluzione e elementi pesanti identificabili con alte risoluzioni energetiche. Gli elementi leggeri che sono stati identificati con bassa risoluzione sono: Sr, Zn, Ba, Ar, Cu, Fe, Mn, Si, Ni; mentre la risoluzione a 50 keV è stata impiegata per l'identificazione del metallo pesante Pb.

	Campioni combusti		Campioni non combusti		p-level
	n	%	n	%	
Sr	46	93.9	14	93.3	0,9393
Zn	24	49	9	60	0,4549
Ba	16	32.6	9	60	0,0575
Pb	6	12.2	6	40	0,0160
Ar	47	95.9	11	73.3	0,0086
Cu	15	30.6	8	53.3	0,1086
Fe	48	97.9	14	93.3	0,3676
Mn	30	61.2	13	86.7	0,0663
Si	6	12.2	3	20	0,4497
Ni	1	2.0	0	0	0,5771

Tab. 6.23 – Elenco degli elementi presenti nei campioni ossei e loro frequenze all'interno del campione.

I dati della tabella 6.23 mostrano che nonostante questa tecnica analitica non permetta di quantificare la concentrazione dei vari elementi è comunque possibile valutare l'andamento dei vari elementi all'interno dei due campioni, cremati e inumati. Le frequenze della presenza dei vari elementi all'interno dei campioni possono venire analizzate statisticamente e fornire indicazioni valide sulla composizione del campione oggetto di studio. Dal confronto delle frequenze di presenza degli elementi tra il campione cremato e quello inumato è emerso un risultato significativo per gli elementi Ba, Pb e Ar, si nota come Bario e Piombo siano maggiormente frequenti nei campioni inumati mentre Ar è più frequente in quelli cremati. Riguardo Ba e Pb questo risultato viene confermato anche dalle analisi all'ICP-MS, le concentrazioni risultano maggiori negli individui inumati; la sensibilità di rilevazione dell'XRF è inferiore a quella della spettrometria di massa ma consente di rilevare la presenza anche di elementi leggeri volatili che non sono rilevabili con ICP-MS (in questo caso Ar).

6.2.4 Analisi degli elementi in traccia attraverso XRF (spettrometria di fluorescenza a raggi X classica).

Le analisi chimiche degli elementi in traccia attraverso questo tipo di strumentazione analitica sono di tipo quantitativo, tuttavia il tipo di matrice esaminata (resti ossei combusti e non combusti) costituita da circa l'83,89-85,90% da fosfati permette di eseguire un'analisi

semiquantitativa, in quanto le calibrazioni sono state eseguite con standard di riferimento a minore concentrazione di fosforo.

Queste analisi sono state condotte solamente su due campioni: un campione combusto e uno non combusto e sono state svolte in parallelo a quelle alla spettrometria di massa (ICP-MS) per gli stessi campioni al fine di valutare le differenze riscontrabili tra le due metodologie. Il numero ridotto di campioni è dovuto al fatto che questo metodo richiede un'elevata quantità di polvere (campione) per poter eseguire le pastiglie da analizzare e questo non è compatibile con analisi di routine.

Di seguito sono riportate le tabelle con le concentrazioni dei vari elementi analizzati con questa strumentazione.

Elementi	Campione combusto			Campione inumato		
	ppm XRF	%	ppm ICP-MS	ppm XRF	%	ppm ICP-MS
SiO2	7,18	4,43		34,4	24,73	
TiO2	0,02	0,01		0,27	0,19	
Al2O3	0	0		3,69	2,65	
Fe2O3	0,11	0,07		2,66	1,91	
MnO	0,01	0,01		0,32	0,23	
MgO	2,87	1,77		7,58	5,45	
CaO	89,87	55,44		44,91	32,28	
Na2O	4,69	2,89		1,28	0,92	
K2O	0,12	0,08		1,24	0,89	
P2O5	57,3	35,35		20,39	14,65	
LOI	0	0		16,1	16,1	
Totale	162,11	100,05		132,84	100	
Ba	0	-	32,2	4935	-	4935
Ce	1843	-	-	570	-	-
Co	0	-	2,56	0	-	21,5
Cr	105	-	4,63	0	-	115
Cu	1	-	6,13	76	-	342
Ga	0	-	0,969	12	-	112
Hf	0	-		0	-	
La	0	-		0	-	
Nb	14	-		18	-	
Nd	140	-		70	-	
Ni	0	-	11,3	190	-	189
Pb	0	-	4,35	338	-	652
Rb	0	-	4,79	22	-	88,3
S	0	-		0	-	
Sc	21	-		0	-	
Sr	75	-	527	549	-	1798
Th	0	-		0	-	
V	0	-	3,85	0	-	51,6
Y	150	-		0	-	
Zn	0	-	66,9	0	-	402
Zr	3	-		38	-	

Tab. 6.24 – Confronto fra le concentrazioni degli elementi ottenute con strumentazione analitica XRF e ICP-MS.

Dall'analisi delle concentrazioni degli stessi campioni ossei eseguite con tecnica analitica XRF e ICP-MS si può affermare che esistano differenze significative tra le concentrazioni ottenute con i due diversi metodi. L'analisi alla spettrometria di fluorescenza appare in questo caso utilizzabile solamente a livello semiquantitativo non essendo in grado di rilevare le minime concentrazioni degli elementi. L'unica corrispondenza ritrovata riguarda le concentrazioni di Ba che possono considerarsi corrette in caso vi sia una elevata concentrazione dell'elemento. Questo problema è attribuibile allo standard di riferimento utilizzato nell'XRF che permette la calibrazione delle correzioni degli effetti matrice, ossia delle influenze, fonti di errore, che vengono esercitate dalla natura del campione a composizione complessa sull'intensità di una riga caratteristica di un qualsiasi suo elemento componente. E' infatti noto che l'intensità di una riga oltre ad essere in funzione della concentrazione dell'elemento in esame è condizionata anche dalla natura e concentrazione degli altri costituenti del campione, ossia della matrice in cui è immerso l'elemento da determinare.

6.2.5 Analisi del suolo.

Al fine di verificare l'incidenza del suolo sulle concentrazioni degli elementi ritrovati nei campioni ossei è stata eseguita l'analisi dei componenti del terreno circostante la necropoli. Lo studio ha preso in esame due campioni di suolo attribuibili a due aree all'interno della necropoli oggetto di studio allo scopo di fornire una caratterizzazione più completa dell'ambiente geodinamico. Le concentrazioni degli elementi sono state analizzate attraverso due metodiche: la spettrometria di massa associata ad un plasma accoppiato induttivamente e la fluorescenza a raggi X classica.

ICP-MS. Per eseguire l'analisi alla spettrometria di massa entrambi i campioni provenienti dalle due aree della necropoli sono stati suddivisi in due sottocampioni: un sottocampione è stato analizzato al naturale mentre il secondo è stato sottoposto a calcinazione all'interno di una muffola a 500°C al fine di eliminare la parte organica presente nel suolo.

Di seguito vengono riportati i dati ottenuti per i sottocampioni di terreno calcinati e non per entrambe le aree.

Elementi	Area A c1 naturale	Area A c2 calcinato	Ac1/Ac2	Area B c1 naturale	Area B c2 calcinato	Bc1/Bc2
7Li	47,7	59,6	0,80	33,0	37,3	0,88
9Be	1,88	2,33	0,81	1,24	1,36	0,91
11B	61,9	87,7	0,71	65,8	90,3	0,73
23Na-H2	8064	10239	0,79	2586	2982	0,87
24Mg-H2	10353	11827	0,88	8812	9883	0,89
27Al	62843	79144	0,79	36943	42318	0,87
39K-KED	18328	24221	0,76	12006	14753	0,81
43Ca	126225	151518	0,83	185540	203619	0,91
44Ca	132990	162170	0,82	196056	217653	0,90
47Ti	2977	4142	0,72	1525	2045	0,75
47Ti-KED	5500	7317	0,75	2055	2676	0,77
51V-KED	68,0	64,0	1,06	69,7	66,7	1,04
52Cr-KED	106	144	0,74	72	88,3	0,82
55Mn	1385	1904	0,73	580	702	0,83
56Fe-KED	25662	24146	1,06	21120	19472	1,08
59Co	14,3	19,3	0,74	9,67	11,6	0,84
60Ni-KED	64,5	85,2	0,76	53,4	65,6	0,81
65Cu	37,8	53,1	0,71	71,2	88,9	0,80
68Zn	111	153	0,73	109	133	0,82
69Ga	22,9	30,0	0,76	15,4	17,9	0,86
75As-KED	13,2	12,4	1,07	18,4	16,5	1,12
78Se-H2	1,38	1,21	1,14	1,82	1,83	0,99
85Rb	134	157	0,85	72,6	80,2	0,91
88Sr	366	454	0,81	1400	1546	0,91
95Mo	2,33	3,31	0,70	0,677	0,956	0,71
107Ag	0,367	0,442	0,83	0,708	0,869	0,82
111Cd	1,14	1,22	0,94	0,741	0,863	0,86
118Sn	3,89	5,21	0,75	6,13	7,69	0,80
121Sb	0,652	0,920	0,71	0,826	1,045	0,79
125Te	0,334	0,484	0,69	0,292	0,370	0,79
137Ba	448	553	0,81	364	412	0,88
202Hg	0,050	0,069	0,74	0	0,000	
205Tl	0,519	0,716	0,72	0,308	0,376	0,82
208Pb	26,6	35,0	0,76	54,9	64,9	0,85
209Bi	0,180	0,249	0,72	0,113	0,150	0,76
238U	2,03	2,69	0,76	1,51	1,91	0,79

Tab. 6.25 – Risultati analisi ICP-MS su campioni di terreno al naturale e calcinati.

Dalla tabella 6.25 si osserva come la concentrazione dei vari elementi è sistematicamente, nei campioni non calcinati, oscillante tra il 70-75% e l'85-90% dei corrispondenti calcinati, ciò si spiega con la maggiore (e costante) diluizione degli elementi nei campioni che ancora contengono un'elevata percentuale di sostanza organica. Ad avvalorare questa ipotesi vi sono le eccezioni degli elementi As e Se che mostrano apparente simile concentrazione nei campioni originali e calcinati: in questo caso si può pensare che una parziale perdita di questi elementi volatili durante la decomposizione della sostanza organica abbia compensato l'effetto "preconcentrazione" che si ottiene col calo di peso dovuto alla calcinazione. Interessante è il comportamento invece degli elementi Se, As e V le cui concentrazioni sembrano non variare, ciò avviene anche per il Fe il cui comportamento si può attribuire ad una scarsa accuratezza del dato, visto che l'elevata concentrazione viene calcolata per estrapolazione della retta di calibrazione.

Si notano differenze tra i due campioni di suolo provenienti dalle due aree della necropoli. E' osservabile una maggiore concentrazione nel campione A dei seguenti elementi: Li, Be, Na, Mg, Al, P, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Ga, Rb, Mo, Cd, Te, Ba, Hg, Tl, Bi, U. Mentre il campione B sembrerebbe mostrare concentrazioni più elevate del campione A per i seguenti elementi: B, Ca, V, Cu, As, Se, Sr, Ag, Sn, Sb, Pb.

XRF. L'analisi del suolo attraverso tecnica analitica XRF è stata eseguita sugli stessi campioni analizzati anche all'ICP-MS, previa calcinazione in muffola a 500°C delle polveri utilizzate per la creazione delle due pastiglie sottoposte ad analisi. La calcinazione permette la distruzione della sostanza organica presente all'interno dei campioni di suolo che potrebbe interferire con il tipo di analisi.

Elementi	Area A	Area B
SiO2	57,00	39,29
TiO2	0,53	0,39
Al2O3	9,78	8,37
Fe2O3	5,51	3,06
MnO	0,16	0,09
MgO	5,38	3,17
CaO	17,88	35,00
Na2O	1,14	0,42
K2O	2,19	2,11
P2O5	7,82	1,65
LOI	4,03	24,12
Totale	111,42	117,68
SiO2%	50,94	31,86
TiO2%	0,47	0,32
AL2O3%	8,74	6,79
Fe2O3%	4,92	2,48
MnO%	0,14	0,08
MgO%	4,81	2,57
CaO%	15,98	28,39
Na2O%	1,02	0,34
K2O%	1,95	1,71
P2O5%	6,99	1,34
LOI	4,03	24,12
Totale	99,99	100,00
Ba	243	279
Ce	4	0
Co	5	13
Cr	0	25
Cu	22	86
Ga	24	12
Hf	0	0
La	0	1
Nb	21	10
Nd	104	20
Ni	77	73
Pb	33	84
Rb	79	43
S	0	18
Sc	0	5
Sr	243	1343

Th	0	0
V	2	67
Y	0	1
Zn	44	96
Zr	109	61

Tab. 6.26 – Risultati dell’analisi XRF su campioni di terreno calcinati.

Anche le analisi eseguite attraverso la fluorescenza a raggi X (Tab. 6.26) hanno mostrato differenze nelle concentrazioni tra il campione A e il campione B, mostrando così un suolo poco omogeneo probabilmente attribuibile a due unità stratigrafiche diverse, in cui spicca in particolare l’alto contenuto di Sr per il campione B che sembra enormemente arricchito in questo elemento, dato confermato anche attraverso l’analisi all’ICP-MS. Entrambi i campioni mostrano una quantità elevata di silice, che mostra valori maggiori nel campione A (50,94%).

CAPITOLO VII

DISCUSSIONE

Analisi antropologica. Durante tutto l'arco cronologico compreso tra la tarda età repubblicana e la prima età imperiale, il quadro della ritualità funeraria non è di carattere statico e unitario ma è segnato da una continua evoluzione delle pratiche deposizionali. La necropoli romana di età imperiale (I- III sec. d.C.) della Stazione Centrale di Bologna è rappresentata da due forme rituali funerarie: la pratica incineratoria indiretta (predominante) e quella inumatoria. Nel mondo romano, in questo periodo storico, sono in uso entrambe le modalità di deposizione con una netta predominanza delle tombe ad incinerazione, sia diretta che indiretta, su quelle ad inumazione. Questa biritualità che caratterizza le necropoli è dovuta al fatto che a seconda del momento storico le pratiche funerarie sono condizionate da molteplici fattori quali: influenze locali, contatti con il mondo ellenistico e centro-italico e influenza dei culti religiosi. Alle componenti etnico-culturali e a quelle imposte dal sistema sociale proprio del periodo storico che possono riflettersi in maniera diversa in rapporto al sesso, all'età o allo status e al rango socio-economico rivestito, esistono fattori di carattere individuale determinati dal legame più soggettivo di ciascun individuo con la sfera della morte.

Lo studio delle 144 tombe ad incinerazione della necropoli romana della Stazione Centrale di Bologna ha portato al riconoscimento totale di 172 individui. Delle 144 tombe analizzate 117 sono tombe singole (81%) mentre sono 27 (19%) quelle con più di un individuo. Come si può osservare prevale nettamente una forma di sepoltura mono-deposizionale ma sono comunque presenti anche le tombe con più di un individuo. Di queste, in particolare, 26 tombe sono risultate bisome e una multipla essendosi individuati i resti di tre individui. Questa modalità di deposizione è piuttosto rara nelle cremazioni di epoca romana dell'Italia settentrionale, come si osserva nella necropoli romana di Padova (12,5%)(Cozza e Ruta Serafini, 2007), di Altino (Ve) (Onisto e Drusini, 1999) dove viene riportata una percentuale pari a 1,2 o quella di Verona in cui la percentuale equivale allo 0,2 o addirittura della necropoli romana di Pozzuolo (Ud) nella quale non sono presenti tombe con più di un individuo (Onisto, 2006). Tuttavia si ritrova una percentuale elevata di ossuari a doppia sepoltura nella necropoli romana di Gambulaga (Fe) (Onisto, 2006) stimata al

30,7 che si avvicina molto di più alla percentuale ritrovata in questo studio (Tab. 7.1). Anche nella necropoli coeva di Egnazia (Br), nonostante molto lontana territorialmente, le percentuali di tombe singole e tombe con più di un individuo sono simili a quelle ritrovate nel presente lavoro: 74,2% per le tombe singole e 25,7% per le tombe bisome e multiple (Scattarella et al, 1982).

Necropoli romane ad incinerazione	Tombe singole (%)	Tombe bisome o multiple (%)
Stazione Centrale (Bo)	81	19
Gambulaga (Fe)	69,3	30,7
Altino (Ve)	98,3	1,2
Verona	99,8	0,2
Padova (via Montona)	87,5	12,5
Pozzuolo (Ud)	100	0
Egnazia (Br)	74,28	25,7

Tab. 7.1 - Confronto delle frequenze percentuale delle tipologie tombale fra necropoli coeve.

Dall'analisi delle unità stratigrafiche è emerso che tra le tombe costituite da più di un individuo vi sono 14 casi (51,8%) ipotizzabili come deposizioni contemporanee, mentre le rimanenti (48,1%) derivano da deposizioni secondarie.

Si può presumere che le sepolture contemporanee siano una conseguenza della morte occasionale e simultanea (o a distanza di poco tempo) di due persone probabilmente durante qualche epidemia, malattia infettiva o incidente. Mentre la deposizione secondaria deriva dal fatto che la cremazione dei due individui non è avvenuta nello stesso momento, ma uno dei due può essere stato deposto successivamente. E' anche possibile che si tratti di una sepoltura secondaria: i resti di un individuo morto precedentemente e sepolto in altro luogo vengono successivamente uniti ai resti di un secondo individuo al momento della sepoltura di quest'ultimo. Un'altra motivazione della presenza di doppie sepolture può essere quella del sacrificio umano, che riguarda spesso uno schiavo che doveva accompagnare il capo famiglia nella tomba. La persona sacrificata era vista come uno speciale dono di sepoltura riservato solo alle classi più alte (Holck, 1997).

Nelle tombe a doppia sepoltura della necropoli della Stazione Centrale di Bologna per le quali è stato possibile determinare il sesso degli individui si è notato che le deposizioni contemporanee sono costituite per la metà dei casi (50%) da un individuo adulto o adolescente (3 casi) femminile e un individuo infantile. Questa modalità riscontrata è attribuibile a casi di morte per parto oppure alla possibilità che la morte dell'individuo adulto femminile, la madre, abbia comportato anche la morte del figlio in età infantile. Tra le deposizioni secondarie prevale invece l'associazione di due individui adulti di sesso opposto (38,4%). Potrebbe quindi trattarsi di due coniugi la cui morte è avvenuta a distanza di tempo. Tra le deposizioni secondarie si distinguono deposizioni con o senza mescolamento dei resti ossei più recenti con quelli precedenti. Nel presente studio solamente due sono i casi in cui si può asserire sia avvenuta una deposizione successiva senza mescolamento di resti ossei: entrambi i casi interessano due individui adulti di sesso opposto. Si ignora tuttavia il significato di questa diversa modalità del rito.

Le tombe bisome appaiono perciò nel loro complesso costituite da quattro tipi di associazioni di individui: individuo adulto femminile o maschile e subadulto (61,5%); due individui di sesso diverso adulti (23,1%); due individui subadulti (11,5%) e due individui adulti dello stesso sesso (3,8%). Particolari sono 8 casi di associazione individuo adulto maschile e individuo subadulto: essi si suddividono in 5 casi in cui il soggetto maschile adulto è associato ad individui infantili e 3 casi in cui è abbinato a individui adolescenti, anche in questi casi è possibile ipotizzare la presenza di due persone con un legame familiare. Questo tipo di associazione è presente anche nel sepolcro romano di Gambulaga (Fe) attestata in un unico caso (Onisto, 2006).

Holck (1997) nei suoi studi propone anche un altro tipo di spiegazione al ritrovamento di sepolture doppie con un individuo infantile. Egli sostiene infatti che nei bambini il grasso del corpo è minore di quello presente negli adulti, rilasciando conseguentemente solo il 2% del calore di combustione che normalmente si crea in un corpo adulto. Ciò significherebbe che la cremazione di un individuo infantile non è spesso completa e, pertanto, le doppie sepolture costituite da un individuo adulto e uno infantile non rappresentano necessariamente genitore e figlio, ma la loro presenza può rappresentare invece una pratica utilizzata per facilitare la completa cremazione dell'infante che avverrebbe solo disponendone a fianco il corpo di un individuo adulto. Inoltre egli sostiene, in base a questo studio, che il motivo per cui gli individui infantili vengono ritrovati così raramente non può essere attribuito alla loro distruzione con il calore, ma è più probabile che una volta sotterrate, le loro ossa combuste non rimangano in buone condizioni come quelle degli adulti ma che probabilmente si disgreghino.

E' stato possibile inoltre accertare la presenza di una tomba multipla composta da tre individui probabilmente legati da un rapporto familiare: un soggetto maschile adulto, uno femminile adulto e un adolescente di sesso indeterminato. Il tipo di sepoltura è attribuibile a deposizioni successive dove nell'unità stratigrafica più antica vi è la presenza di tutti e tre gli individui, in un cinerario a parte invece si riconoscono unicamente i resti ossei dell'individuo adolescente, mentre la deposizione più recente appare quella dell'individuo maschile. E' ipotizzabile che sia avvenuta prima la morte dell'individuo femminile la cui presenza si attesta unicamente nello strato più antico, successivamente è avvenuta la riapertura della tomba per l'introduzione delle due nuove sepolture: parte dei resti ossei dell'individuo adolescente e di quello maschile sono stati aggiunti a quelli dell'individuo femminile. E' probabile che i due individui aggiunti successivamente siano morti contemporaneamente. Nello strato intermedio è stata poi deposta l'urna con i resti dell'adolescente e nell'ultimo strato il cinerario con l'individuo maschile.

Sono state analizzate anche 3 aree non riconducibili a sepolture che hanno permesso di riconoscere la presenza di 4 individui (un individuo adulto maschile, un individuo adulto di sesso indeterminato, un individuo di sesso ed età sconosciuti ed un individuo infantile II). In mancanza di documentazioni archeologiche più accurate si può ipotizzare che queste aree all'interno della necropoli possano essere attribuite ad aree *ustrina*, luoghi deputati alla cremazione dei defunti all'interno della necropoli e per questo caratterizzate dalla presenza di sporadici frammenti ossei derivanti da una raccolta imprecisa dei resti ossei dopo la combustione.

La determinazione del sesso è stata possibile in 99 casi su 172 pari al 57,6% del totale, una percentuale molto alta se confrontata con quella delle necropoli venete di Altino (Le Brustolade e via Annia) in cui si raggiunge una percentuale del 30% (Onisto e Drusini, 1999). Ricordiamo che, nel suo lavoro, anche Holck (1997) riporta una percentuale del 29,9%. Nei reperti esaminati sono stati determinati 51 individui di sesso femminile (30%) e 48 di sesso maschile (28%). I sessi appaiono perciò equamente rappresentati all'interno della necropoli della Stazione Centrale di Bologna, a differenza di quanto risulta dallo studio della necropoli romana di Gambulaga (Fe) in cui gli individui maschili rappresentano il 58,8% e quelli femminili il 35,2% (Onisto, 2006); differenze nella frequenza dei sessi si osservano anche nelle necropoli di Altino (Ve) nelle quali gli individui di sesso femminile sono più rappresentati di quelli di sesso maschile (19% vs 11,2%) (Onisto e Drusini,

1999) e nella necropoli di Padova –via Montona- nella quale gli individui maschili superano quelli femminili (33,3% vs 11,1%)(Cozza e Ruta Serafini, 2007).

Necropoli	Individui maschili %	Individui femminili %
Stazione Centrale Bologna	28	30
Altino (Ve)	11,2	19
Padova –via Montona-	33,3	11,1
Gambulaga (Fe)	58,8	35,2

Tab. 7.2 - Confronto delle frequenze di individui maschili e femminili fra necropoli coeve.

Riguardo ai dati osteometrici, le misurazioni rilevate nei frammenti ossei craniali e in quelli postcraniali hanno notevolmente aumentato le possibilità di giungere alla determinazione del sesso. I dati di Gejvall (1963) (Tab. 7.3), ricavati da individui cremati di sesso ed età noti, sono stati di grande utilità per il confronto con i resti antichi. Se fosse possibile avere dati analoghi per i reperti infantili di varie età sarebbe possibile una diagnosi di età più precisa per i subadulti.

Dall'analisi delle misurazioni dei vari caratteri è emerso che tra gli individui maschili e femminili della necropoli della Stazione Centrale di Bologna esiste un lieve dimorfismo sessuale in quanto la differenza tra le medie dei due sessi per le varie misurazioni si è mostrata significativa solo per pochi caratteri, pur riscontrando la tendenza a valori superiori nel sesso maschile.

Si osserva inoltre come i valori medi ottenuti per entrambi i sessi siano inferiori ai valori riportati dalla tabella di Gejvall (1963) (Tab. 7.3) per i seguenti caratteri: 1a, 1b, 2, 3a e 4 in entrambi i sessi e 3c per il sesso maschile. Appaiono superiori invece per i parametri: 3b, in entrambi i sessi, e 3c, per il sesso femminile. Si può perciò ipotizzare che la popolazione studiata non fosse particolarmente robusta, con l'eccezione dello spessore dell'omero per il sesso femminile. I valori di ogni parametro della popolazione di Bologna risultano inoltre inferiori a quelli riscontrati per la popolazione romana di Altino in entrambi i sessi (Tab. 7.4) (Onisto e Drusini, 1999).

MASCHI	1a	1b	2	3a	3b	3c	4
Media	6.5	13.0	6.7	44.4	38.9	4.1	2.7
Deviaz. St.	1.3	3.3	1.6	2.3	2.7	0.8	0.5
Errore medio	0.2	0.8	0.2	0.3	0.4	0.1	0.1
Totale	46	17	47	56	44	30	32
C.V.	20	25.4	23.9	5.2	6.9	19.5	18.5
Max.	13	23	11.5	52.5	47.5	6.6	3
Min.	4.5	8.5	4	40	37	2.6	1.8
FEMMINE	1a	1b	2	3a	3b	3c	4
Media	5.9	11.5	5.3	41.8	35.5	2.7	2
Deviaz. St.	1.3	2.3	1.1	2.4	2.4	0.8	0.4
Errore medio	0.2	0.5	0.2	0.3	0.4	0.1	0.1
Totale	45	22	41	47	39	32	26
C.V.	22	20	20	5.7	6.8	29.6	20
Max.	9.2	17	8.5	45	40	5	2.9
Min.	4	8	2.2	34.5	32	1.7	1.2
Valore di t	2.14	1.59	4.95	6.12	6.01	<9.90	4.95
P	0.02	0.1	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

Tab. 7.3 – Dati statistici riportati da Gejvall (1963) per le misurazioni delle aree anatomiche nei resti ossei cremati.

MASCHI	1a	1b	2	3a	3b	3c	4
Media	7.12	14.3	6.67	44.5	-	4.42	2.75
Deviaz. St.	1.11	1.63	0.87	3.09	-	0.49	0
Errore medio	0.27	0.94	0.3	1.38	-	0.2	0
Totale	16	3	8	5	-	6	1
C.V.	15.64	9.34	13.09	6.94	-	11.08	0
Max.	9.17	16	7.49	48.02	-	5.29	0
Min.	5.11	12.73	4.86	40.04	-	3.89	0
FEMMINE	1a	1b	2	3a	3b	3c	4
Media	6.35	10.2	5.02	39.6	33.9	3.27	2.11
Deviaz. St.	1.06	1.39	0.72	2.18	3.15	0.45	0.5
Errore medio	0.17	0.49	0.25	0.69	1.82	0.15	0.22
Totale	37	8	8	10	3	9	5
C.V.	16.8	13.6	14.4	5.5	9.27	13.9	23.7
Max.	9.75	12.7	5.86	42.4	37.4	4.04	2.99
Min.	4.31	8.61	4.03	36.33	31.2	2.84	1.72
Valore di t	2.76	5.62	4.18	5.92	-	3.16	-
P	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	-

Tab. 7.4 – Dati statistici relativi alle misurazioni osteometriche effettuate sui resti cremati di Altino (Onisto e Drusini, 1999) a livello delle aree indicate da Gejvall (1963).

Attraverso una nuova metodologia, le misurazioni degli angoli delle rocche petrose del temporale, si è cercato inoltre di attribuire il sesso in particolare a quegli individui per i quali non esistevano altri parametri dello scheletro valutabili: individui adulti indeterminati e individui infantili. Pur essendo così riusciti a determinare il sesso di 4 individui infantili (3 maschili e 2 femminili) e di 3 individui adulti (2 maschi e 1 femmina), non si è ritenuto di utilizzare tale diagnosi del sesso ottenuta nelle analisi statistiche, in quanto la valutazione di un unico carattere diagnostico è riduttiva nell'interpretazione del sesso. Inoltre questo metodo di analisi risente delle influenze legate ai problemi di riproducibilità del calco della rocca petrosa del temporale, spesso causa di errore, per cui al momento si ritiene sia un metodo efficace solo come supporto ad una

determinazione del sesso eseguita con metodica classica antropologica. Si sono ottenuti dal confronto della determinazione del sesso eseguita con entrambi i metodi una corrispondenza per l'85,7% dei casi mentre si osservano due casi di discordanza; in questi ultimi un individuo a cui è stato attribuito sesso femminile attraverso l'analisi antropologica è invece risultato maschile dall'analisi degli angoli del meato acustico interno. Poiché in uno di questi casi l'individuo aveva un'età adulta matura, questa discordanza potrebbe essere attribuita al fatto (ammesso che la determinazione antropologica sia esatta) che con l'avanzare dell'età alcuni caratteri morfologici del cranio degli individui femminili tendono ad essere più simili a quelli maschili per un processo degenerativo. Inoltre, da un punto di vista metodologico, si può sottolineare che i dati di confronto degli angoli del meato acustico estrapolati dallo studio di Wahl e Graw (2001) e di Norén et al (2005) sono ottenuti da calchi eseguiti su rocche petrose del temporale non sottoposte al processo di combustione, per cui le eventuali differenze che si riscontrano possono essere imputabili al fatto che il calore derivante dal processo di combustione può deformare e restringere anche questo elemento scheletrico, modificando inoltre la superficie dell'osso con asperità che influiscono poi sulla morfologia del calco ottenuto con materiale siliconico. Per un ulteriore confronto sarebbero necessari i dati archeologici delle tombe derivanti dall'analisi dei corredi funebri utilizzati per la determinazione del sesso dal punto di vista archeologico, di cui però non disponiamo.

La determinazione dell'età è stata possibile nel 94,2% dei casi. Gli individui morti in età infantile rappresentano il 24,4% della necropoli, confermando l'esistenza di un'alta mortalità infantile caratteristica per l'epoca e per le condizioni di vita a cui erano sottoposte le popolazioni antiche. Questa percentuale è analoga a quella della necropoli di Padova –via Montona- (22,2%) (Cozza e Ruta Serafini, 2007), ma notevolmente inferiore se confrontata con le necropoli romane di Altino (Ve) che mostrano una percentuale pari a 57,2 del totale (Onisto e Drusini, 1999) (Tab.7.5); anche nella necropoli romana di Egnazia (Br) si osservano percentuali elevate di mortalità infantile pari al 40% (Scattarella et al, 1982). Si osserva come la percentuale di decessi in età infantile per la necropoli di Bologna sia maggiore nella fascia di età dai 0 ai 7 anni, a conferma delle condizioni critiche soprattutto nella fase successiva allo svezzamento. Dall'analisi di individui in età infantile si può osservare nella necropoli di Bologna anche la presenza di infanti di età inferiore ad 1 anno. Questa osservazione è importante in quanto indica che non vi era una selezione riguardo al rituale da impiegare nemmeno per i bambini più piccoli, a differenza di

quanto è attestato in periodi recenti della protostoria italiana (Bernabò Brea et al, 1997) e nella necropoli coeva di Padova –via Montona- in cui gli individui infantili di età compresa tra 0 e 5 mesi sono stati sottoposti al rituale inumatorio (Cozza e Ruta Serafini, 2007). Ciò accade anche nella necropoli romana di Egnazia (Br), dove è attestato il rito inumatorio per 5 bambini della fascia di età infantile I (Scattarella et al, 1982).

Gli individui adolescenti corrispondono solamente al 12,2% del totale. Si può a questo proposito sottolineare che la loro presenza non è sempre facile da riconoscere. Tuttavia tale percentuale corrisponde a quella ritrovata nella necropoli di Padova – via Montona- (11,1%) (Cozza e Ruta Serafini, 2007) e ad Egnazia (Br) per la stessa fascia di età (12%) (Scattarella et al, 1982); nella necropoli di Altino è riportata invece una percentuale pari a 4,3 (Onisto e Drusini, 1999). La percentuale degli individui adulti della necropoli romana di Bologna corrisponde al 46,5%, indice di un'alta mortalità nell'età adulta compresa tra i 20 e i 40 anni. La mortalità in questa fascia di età risulta infatti essere più bassa nella necropoli di Altino (27,5%) (Onisto e Drusini, 1999). Nella necropoli bolognese vi è la presenza inoltre di 19 individui maturi, pari ad una frequenza dell'11% in accordo con la breve aspettativa di vita di quel periodo. Queste percentuali concordano con quelle riscontrate nella necropoli di Egnazia (Br) in cui la mortalità nella fascia di età adulta corrisponde al 48% (Scattarella et al, 1982); più alto invece è il valore ritrovato per la necropoli di Padova –via Montona- corrispondente al 66,6% (Cozza e Ruta Serafini, 2007).

Necropoli	Individui Infantili %	Individui Adolescenti %	Individui Adulti %	Individui Maturi %
Stazione Centrale Bologna	24,4	12,2	46,5	11
Altino (Ve)	57,2	4,3	27,5	-
Padova – via Montona-	22,2	11,1	66,6	-
Egnazia (Br)	40	12	48*	-

* La percentuale corrisponde alla somma di individui adulti e maturi.

Tab. 7.5 - Tabella di confronto delle percentuali dell'età di morte degli individui in necropoli coeve.

I resti ossei studiati suggeriscono che il rituale funebre della cremazione veniva destinato ad individui di tutte le fasce di età, indipendentemente dal sesso, senza alcuna selezione a tale

riguardo. In base alle frequenze osservate, si può inoltre ritenere che il campione sia omogeneo e rappresentativo del segmento di popolazione cui la necropoli apparteneva.

Poiché le cremazioni presentano pochi frammenti di carbone, ciò suggerisce che probabilmente le ossa venissero frantumate fuori dalla pira funebre e successivamente introdotte nelle urne; se, infatti, fossero state frantumate sulla pira insieme ad esse si dovrebbero ritrovare maggiori quantità di frammenti di carbone.

L'osservazione delle linee di *cracking* presenti sulle ossa ha permesso di stabilire che la cremazione veniva effettuata subito dopo la morte degli individui, in quanto esse si presentavano con direzione trasversa e spesso associate a deformazioni da *stretching*. Infatti mentre le linee di *cracking* longitudinali indicano una combustione di ossa secche, quelle trasverse prodotte dalla tensione dovuta alla progressiva combustione delle masse muscolari e dei tendini indicano la presenza ancora in sito di tessuti molli. Dall'analisi effettuata al microscopio a scansione elettronica (SEM) è stato possibile attribuire alle ossa uno stadio IV di combustione che, secondo lo studio di Shipman et al (1984), è attribuibile a temperature comprese tra 440 e 800°C. L'esame al SEM ha rivelato infatti forti cambiamenti a livello della parte strutturale dell'osso anche se è comune ritrovare ossa dello stesso individuo in diversi stadi di combustione, in relazione alle diverse modalità con cui il calore ha interessato i resti ossei. Il materiale osseo delle tombe indica condizioni di combustione eterogenei con settori a condizioni ottimali di combustione e settori di minore efficienza in cui i frammenti ossei sono scarsamente combusti ed assumono colorazione grigio-bluastro. Nei settori in cui i processi di dissociazione del carbonato sono significativi, si realizza generalmente il superamento di 875 ° C con conseguente perdita della matrice organica, decolorazione delle ossa che assumono un colore bianco latte e in alcuni casi fenomeni di ricristallizzazione del carbonato che fa assumere un aspetto ialino alla calcite. I cambiamenti morfologici osservati sono infatti il risultato di una reazione causata dal progressivo calore che ha portato alla ricristallizzazione e ad una fusione dei cristalli di idrossiapatite dell'osso e che sono tipici dei processi di combustione. La rapida disidratazione dei tessuti ossei ha così causato delle fratture e delle deformazioni osservabili al microscopio a scansione elettronica. Nella parte che segue si analizzerà la temperatura di combustione in base alle osservazioni macroscopiche relative alla colorazione delle ossa combuste.

Analisi delle temperature di combustione. Le temperature raggiunte durante la combustione si collocano, in base alla classificazione di Holck (1997), tra il 2° e il 3° grado e sono perciò comprese tra i 400 e i 900° corrispondenti agli stadi III e IV di Shipman (1984). Infatti il materiale delle tombe è frequentemente biancastro, indice di elevate temperature e condizioni ottimali di combustione, con tracce di frammenti ossei scarsamente combusti di colorazione grigio-bluastro. I colori più frequenti osservati nella necropoli della Stazione Centrale di Bologna sono il bianco (30%), seguito in ordine decrescente dalle varie tonalità di grigio (27,6%) e accompagnati dalla presenza di sfumature bluastre (23%) e nere (14,2%). Anche nelle necropoli di Altino (VE) i colori più frequenti sono il grigio e il bianco anche se con minori tracce di sfumature bluastre, in quanto probabilmente le ossa sono state sottoposte ad una temperatura maggiore, compresa tra gli 800 e i 1000°C (Drusini & Onisto, 1999). Mentre più concordi con le colorazioni della necropoli di Bologna appaiono quelle della necropoli di Padova – via Montona- con temperature comprese tra 525°C a 940°C (Cozza e Ruta Serafini, 2007) e quelle della necropoli romana di Gambulaga in cui le temperature attestate variano da 645°C a 940°C.

Nel complesso le colorazioni dei resti ossei risultano simili in tutte le tombe, indicando che la combustione è probabilmente avvenuta con simili modalità per tutti i soggetti. I colori delle ossa corrispondono a una temperatura piuttosto elevata del rogo funebre, segno di una certa accuratezza nella fase di bruciatura del corpo. Inoltre il colore delle ossa combuste all'interno di ogni singolo ossuario sembra essere piuttosto omogeneo, escludendo così la possibilità che ci fossero dei *loci* di calore concentrati o localizzati in alcune parti del corpo.

Si può quindi ipotizzare che il corpo del defunto venisse sottoposto ad un processo di combustione uniforme anche se sono comunque frequenti frammenti ossei nei quali è possibile riscontrare varie tonalità di colore che vanno dal grigio al blu e che indicano aree anatomiche meno interessate dalle temperature più elevate o sulle quali il fuoco ha agito in maniera indiretta.

Elementi anatomici. Alcuni elementi anatomici, per la loro maggiore robustezza e densità sono più frequentemente riscontrabili nelle cremazioni. I risultati di questo studio sono in gran parte concordanti con la letteratura (Spence, 1967; Holck, 1997), anche se gli autori non riferiscono le frequenze percentuali relative a ciascun segmento scheletrico. Dall'analisi degli elementi anatomici riconoscibili è emerso che nella maggioranza delle tombe sono stati recuperati frammenti riconducibili ai principali distretti corporei; ciò significa che l'intero scheletro dell'individuo risulta rappresentato, anche se in nessun caso nella sua totalità. Perciò si è potuto

escludere che ci fosse qualche preferenza nella fase di raccolta dei resti cremati. Una interessante particolarità che emerge nella necropoli romana della Stazione Centrale di Bologna è l'esiguo quantitativo di resti craniali osservabile in quasi tutte le tombe, 11 delle quali ne sono completamente prive. Tra gli elementi ossei che si riconoscono più frequentemente per quanto riguarda il cranio osserviamo la presenza di radici dentarie (33,9%), osso mandibolare (19,8%), rocca petrosa del temporale (17,7%), osso mascellare e palatino (16,1%), mentre altri elementi del cranio risultano invece molto scarsi tra i resti combusti di questa necropoli. Tra gli elementi scheletrici del busto si riscontrano la frequente presenza di costole (20,6%) e di vertebre, con particolare riguardo a quelle toraciche (20,2%) e cervicali (17,6%), mentre le lombari rappresentano il 10,3%. Discreta è anche la frequenza di ritrovamento di parti del sacro (11%), elemento anatomico non sempre ben rappresentato nei resti incinerati. Altri elementi scheletrici del busto sono riscontrabili in percentuali minime a causa, probabilmente, della loro gracilità che comporta una elevata frammentazione e perciò una difficile conservazione. Tra i resti degli arti superiori e inferiori, oltre all'elevata percentuale diafisaria delle ossa lunghe, si riscontra la presenza per il 14,7% di teste omerali anche se raramente nella loro interezza, nonché si riscontra la discreta frequenza di ritrovamento di falangi di mano (11,1%) che nonostante le piccole dimensioni vengono spesso ritrovate fra i resti ossei combusti. Si riconoscono spesso anche frammenti del bacino (14,9%) e di teste femorali (7,5%). A differenza delle falangi di mano quelle di piede vengono ritrovate raramente (1,7%). Analizzando le frequenze degli elementi anatomici pare esserci nel complesso una imprecisa raccolta delle estremità dello scheletro riscontrabile nella scarsa presenza delle ossa craniali e delle estremità distali inferiori dell'individuo. La raccolta delle ossa da introdurre all'interno dell'urna sembra essere concentrata nelle zone centrali del corpo, come denota l'alta percentuale di frammenti vertebrali, di sacro e di costole; la frequente presenza delle falangi di mano potrebbe derivare dalla posizione degli arti superiori del defunto durante il rito crematorio, probabilmente appoggiati sul busto. La percentuale di frequenza delle falangi della mano corrisponde a quella ritrovata nelle necropoli romane di Altino (10%) (Drusini & Onisto, 1999).

Analisi del peso. Il contenuto medio di resti scheletrici contenuti in ciascuna tomba della necropoli della Stazione Centrale di Bologna e suddiviso per tipologia tombale corrisponde a 218 grammi per le tombe singole e 774 per quelle bisome. Il peso massimo riscontrato è di 1551 g e corrisponde ad una sepoltura multipla costituita da tre individui; il peso minimo corrisponde a 4 g

ed è attribuito ad una tomba infantile. E' possibile asserire che il peso dei resti contenuti nell'urna non sia indicativo del numero degli individui presenti, tanto da risultare più elevato nel caso di un solo individuo in relazione alla scelta intenzionale di tipo rituale.

Holck (1997) nota che in tombe norvegesi (databili dall'età del Bronzo al medioevo cristiano), il peso medio di una sepoltura singola e di una doppia è rispettivamente di 269.7 g e di 985.2 g; in sepolture danesi (di epoca preromana e romana) il peso è, per le sepolture singole, di 403.6 g e, per quelle doppie, di 956.4 g. Sperimentazioni effettuate in crematori moderni indicano che il peso medio di un soggetto adulto cremato, comparabile con una situazione archeologica è di 1.625 grammi (1.001-2.422); valori decisamente superiori (oltre i 3.600 grammi) suggerirebbero la presenza di più soggetti all'interno di un'urna (Canci e Minozzi, 2005).

Nella necropoli di Bologna il peso medio degli individui femminili e maschili è sorprendentemente lo stesso 319 g, per cui l'ipotesi che il peso possa permettere l'identificazione sessuale dell'individuo cremato non trova corrispondenza in questo studio. Nella necropoli di Altino si osserva un peso medio per gli individui maschili simile a quello dei reperti femminili (1285,51 vs 1152) (Drusini & Onisto, 1999), anche se si tratta in questo caso di pesi molto superiori alla media riscontrata nella necropoli di Bologna. Anche nella necropoli romana di Gambulaga si nota una differenza tra i pesi maschili (1201 g) e quelli femminili (1008 g) (Onisto, 2006). Holck ha calcolato nelle cremazioni moderne un peso medio di 2700 g per gli individui adulti di sesso maschile e di 1840 g per gli individui adulti di sesso femminile (Holck, 1997). Secondo i dati di Snyder et al (Holck, 1997), il valore medio del peso scheletrico di un individuo di sesso maschile del peso di circa 70 kg è di 4250 g., mentre quello femminile è di 2820 g e la media tra i due sessi è 3485 g. Lowrance e Latimer nel loro studio del 1957, su 105 scheletri asiatici di epoca e provenienza non precisate, adulti di entrambi i sessi, hanno trovato un peso medio dello scheletro di 2882 g (Drusini e Rippa Bonati, 1988). Spitz e Fischer (1971) hanno stimato un peso medio residuo di circa 2-3 libbre, pari a circa 900-1350 g in cremazioni moderne con esposizioni ad alte temperature (Drusini e Rippa Bonati, 1988). Gejvall (1963) in uno studio condotto su 99 cremazioni contemporanee di sesso ed età noti ha calcolato un volume medio di 2-2,5 litri per ogni individuo adulto.

Il peso calcolato nelle antiche cremazioni è sempre inferiore a quello delle cremazioni moderne, in quanto questo è attribuibile probabilmente ad una selezione post-mortem dei frammenti scheletrici dopo la cremazione (ossilegio) oppure può essere imputabile ad eventi post-

deposizionali come ad esempio la presenza di ossuari fragili, che possono facilmente rompersi, con la fuoriuscita e conseguente dispersione dei resti scheletrici.

Dall'osservazione della deviazione standard dei valori medi di peso per individui di entrambi i sessi della necropoli della Stazione Centrale di Bologna si osserva però una notevole variabilità: la maggior parte dei reperti presenta infatti un peso compreso tra i 0 e i 200 grammi. Se si osservano invece le frequenze relative ai valori dei pesi totali di tutti gli individui si nota come la frequenza maggiore sia in corrispondenza dei 50 grammi, un valore che si avvicina alla media dei reperti di età infantile; questo fenomeno viene rilevato anche nelle necropoli romane di Altino (Drusini & Onisto, 1999). I risultati dello studio del 2004 di Bass e Jantz riferiscono che i pesi delle cremazioni sono molto variabili e sono influenzati dalla variabilità intrapopolazionistica. Tuttavia, sebbene la variabilità umana sia appunto una grave problematica delle analisi antropologiche e limiti la possibilità di utilizzare il parametro del peso nella determinazione del numero minimo di individui (Fairgrieve, 2008), esistono diverse modalità di raccolta dei resti che condizionano ancora di più questo parametro.

Il peso degli individui della necropoli romana di Bologna è stato poi suddiviso per fasce di età ed è emerso un incremento dello stesso passando dalle fasce di età inferiori a quelle superiori fino ad arrivare alla fascia di età adolescenziale, che mostra però valori superiori a quella adulta. E' normale infatti riscontrare differenze di peso osseo tra gli individui di diverse classi di età (Holck, 1997): nelle tombe di individui infantili l'esiguo quantitativo osseo è giustificato dalla piccola mole degli individui. La media per gli individui infantili (Infante I e Infante II) è pari a 118,8 g, quella degli individui adolescenti è di 316,8 g mentre gli individui adulti mostrano una media di 269,4. Questi valori appaiono notevolmente inferiori a quelli riscontrabili nella necropoli romana di Egnazia (Br) che mostra una media di 158 g per gli individui infantili, 875 g per gli individui adolescenti e 1125 g per quelli adulti (Scattarella et al, 1982). Malinowski e Porawski (1970) riportano una media per gli individui infantili pari a 100g.

Dallo studio della necropoli della Stazione Centrale di Bologna si può affermare che nel 64% dei casi il peso dei frammenti di dimensioni medie superiori ai 20 mm superava quello dei frammenti di dimensioni inferiori ai 20 mm corrispondente al 35,4%, mentre in un unico caso i frammenti post-craniali erano assenti, al contrario di quanto è stato rilevato nelle necropoli di Altino in cui nel 78,7% dei casi il peso medio dei frammenti di dimensioni medie inferiori ai 20mm

superava quello dei frammenti di dimensioni superiori ai 20 mm (18,7%), mentre nel 2,6% dei casi i pesi si equivalevano (Drusini & Onisto, 1999). Ciò può significare che nella necropoli della Stazione Centrale di Bologna non sia stata praticata una frammentazione rituale come invece appare essere avvenuto nelle necropoli di Altino (Drusini & Onisto, 1999).

Analisi paleopatologica. Le osservazioni di anomalie e patologie nei resti ossei della necropoli della Stazione Centrale di Bologna sono piuttosto scarse, d'altra parte anche nella letteratura in generale i casi di determinazione di condizioni patologiche sono assai poco numerosi per quanto riguarda i resti incinerati. La scarsa presenza di tracce di malattie riscontrate nel campione può essere dovuta sia alla frammentarietà del materiale che all'azione distruttrice del fuoco che modifica e deforma le ossa rendendo difficile il riconoscimento di segni patologici. Le evidenze patologiche riscontrate nel campione riguardano malattie derivanti da stress nutrizionali e metabolici come l'iperostosi porotica identificabile con tracce di *cribra cranii* presenti sulla teca cranica di 25 individui sia adulti che infantili e imputabile a fenomeni anemici. Si osservano 4 casi di *Hiperostosis frontalis interna* sia in individui maschili che femminili di età adulta matura; questa patologia è spesso associata alla sindrome di Morgagni (*MSM* Morgagni-Stewart-Morel Syndrome), un disordine metabolico tipico delle donne anziane ed è associato a virilismo, irsutismo, obesità e disordini comportamentali. *HFI* può anche essere una conseguenza di disturbi ormonali, di anomalie nella regolazione del glucosio (diabete mellito), ipertensione arteriosa, obesità e fattori genetici (Armelagos e Chrisman, 1988; Watrous et al, 1993; Devriendt et al, 2005). Sebbene questa patologia sia generalmente associata agli individui femminili, la frequenza degli individui maschili affetti da *HFI* è alta negli studi osteoarcheologici (Watrous et al, 1993; Antòn, 1997; Belcastro et al, 2006).

Sono presenti inoltre casi di osteoartrosi della colonna vertebrale ed ernie, alcune probabili fratture vertebrali, un caso di eburneazione della testa dell'omero collegabile ad episodi di osteoartrite, una frattura del radio, un trauma derivante da strappo della membrana interossea tra radio e ulna, episodi artrosici delle falangi di mano, del ginocchio e del metatarso, attribuibili a stress fisici dovuti ad attività occupazionali. E' attestato un caso di osteoma e alcuni casi di periostite su tibia e fibula e due casi di carie dentaria.

Questo tipo di patologie attestano condizioni di vita e di salute non molto elevate, in particolare l'alto numero di casi di iperostosi porotica probabilmente dovuta ad anemia per deficit di ferro può indicare disturbi o cambiamenti nelle abitudini alimentari, dieta con apporti

nutrizionali scarsi, infezioni gastrointestinali o parassitarie (Walker, 1986; Mensforth, 1990; Klepinger, 1992; Roberts e Manchester, 1995; Holland e O'Brian, 1997; Mays, 1998). Esiste inoltre una relazione tra le infezioni microbiche e il malassorbimento intestinale dovuto ad episodi di diarrea (Lallo et al, 1977); anche il tipo di cibo consumato influenza l'assorbimento di ferro (Larsen, 1997), infatti quest'ultimo è inibito dai fitati che sono presenti in cibi di origine vegetale, in particolare nelle noci, nei cereali (mais, riso) e nei legumi (Baynes e Bothwell, 1990; Sandstead, 1992; Sandberg, 1996). Anche le proteine delle piante come la soia, le noci e i lupini inibiscono l'assorbimento del ferro a livello intestinale, come pure l'intossicazione da piombo inibisce la funzione degli enzimi necessari per la formazione dell'emoglobina.

Nella necropoli bolognese si può ipotizzare che la frequenza dei *cribra cranii* sia sottostimata in quanto, oltre all'effetto della combustione che produce una frantumazione elevata delle ossa craniche rendendo non sempre possibile il riconoscimento, le percentuali di ritrovamento di resti craniali è risultata molto bassa rispetto a quella di una normale cremazione dando luogo a un quantitativo a disposizione delle analisi molto limitato. Questa patologia è attestata in molte necropoli romane ad inumazione come ad esempio: *Herculaneum* (I sec. d.C.) (Capasso, 2001); *Lucus Feroniae* (I-III sec. d.C.) (Salvadei et al, 2001); *Vallerano* (II sec. d.C.) (Ricci et al, 1997); *Ravenna e Rimini* (I-IV sec. d.C.) (Facchini et al, 2004).

Le patologie artrosiche a carico della colonna vertebrale, nonché episodi di fratture vertebrali e agli arti e traumi da strappo, riscontrabili nella popolazione della necropoli romana di Bologna, suggeriscono una qualità di vita segnata da attività lavorative pesanti e impegnative e spesso pericolose probabilmente legate all'economia agricola.

Ossa animali. Numerosi sono i ritrovamenti di resti ossei animali, presenti in 47 tombe corrispondenti al 32,6% del totale; le ossa animali ritrovate erano sempre frammiste ai resti umani. La loro presenza è stata verificata all'interno di 33 tombe a sepoltura singola, in 13 tombe bisome e nell'unica tomba multipla; i resti animali sono associati alle tombe di individui di entrambi i sessi e di tutte le fasce di età. Le ossa animali riguardano in genere pochi frammenti per tomba a volte anche un solo frammento. Dall'osservazione che la maggior parte dei reperti scheletrici animali è stata sottoposta a combustione, si può ipotizzare che sulla pira funebre non venisse bruciato l'intero animale ma solamente alcune parti di esso. I frammenti combusti che si ritrovano derivano molto probabilmente dal banchetto funebre svolto in onore del defunto, durante il quale i partecipanti consumavano vari cibi animali gettando poi i resti sulla pira funebre;

altri frammenti potevano essere invece deposti come offerte sulla pira. A volte la combustione delle ossa animali è spesso meno completa in relazione a quella delle ossa umane, si può perciò ipotizzare che in questi casi i resti animali venissero gettati sulla pira funebre a combustione già avanzata o verso la fine del rituale (Hincak et al, 2007). In alcune tombe si ritrovano anche frammenti ossei animali non combusti: in questi casi non è sempre possibile attribuirli con sicurezza a deposizioni volontarie all'interno delle sepolture, infatti a volte potrebbe trattarsi di frammenti isolati e fuori contesto; in alternativa è possibile ipotizzare che essi derivino da offerte alimentari deposte dopo la combustione del defunto all'interno della tomba per accompagnarlo nel viaggio verso l'aldilà e che si siano poi mescolati alle ossa umane in momenti successivi a causa della rottura delle urne cinerarie. Il materiale è comunque troppo frammentario e disomogeneo per poter arrivare a delle determinazioni anatomiche soddisfacenti, tuttavia spiccano in maniera particolare resti scheletrici attribuibili ad arti di maiale tra cui astragali, metatarsi e falangi con epifisi prossimali e distali non ancora ossificate indicanti animali giovani. Da notare che in alcuni di questi frammenti sono evidenti i tipici *cut marks* ossia i segni di taglio impressi sull'osso attestanti la pratica della macellazione o scarnificazione delle carni. Nella necropoli romana di Altino (Ve) i resti ossei animali sono stati ritrovati solamente nell'8% delle tombe e anche in questo caso si trattava di ossa combuste commiste a quelle umane (Drusini & Onisto, 1999). Wells (1960) riscontra la presenza di ossa animali nel 21% delle cremazioni da lui esaminate, Holck (1997) nel 26,2% in Danimarca e nel 23,9% in Norvegia.

Resti botanici. Sono stati identificati inoltre anche resti botanici commisti ai resti ossei umani in 10 tombe corrispondenti al 6,9%. I ritrovamenti riguardavano in particolare semi come noci e castagne e frutti come datteri, fichi e acini di uva. La loro presenza è stata riconosciuta in 5 tombe singole e 5 bisome. La particolarità che emerge è la loro associazione ad individui subadulti appartenenti alla classe di età infantile I e adolescenziale; tra gli infanti spiccano in particolare i bambini molto piccoli di età compresa fra 6 mesi e 1 anno. I resti botanici riscontrati sono tutti combusti anche se è possibile ipotizzare che siano stati colpiti indirettamente dall'azione del fuoco perché forse collocati a distanza dalla pira funebre o aggiunti verso la fine del rituale funebre oppure posizionati in un momento successivo a contatto con le ossa o le braci di legna della pira ancora calde. Gli stessi ritrovamenti botanici sono attestati nel sepolcreto romano di Gambulaga e nelle necropoli romane di Modena, di Fano e di Mariano Comense e di Ercolano (Castelletti, 1999; Marchesini e Marvelli, 2006; Capasso, 2007).

Il fatto che questi resti botanici si siano conservati nella sepoltura significa che dopo essere stati gettati sul rogo come offerta sono stati raccolti accuratamente per lasciare una testimonianza di tale atto nella tomba. I datteri suggeriscono come significato simbolico quello della ricchezza e del benessere, e possono rappresentare l'immortalità. Plinio nella Storia Naturale teorizza che il nome del dattero, in greco *Phoenix*, derivi dal nome del favoloso uccello dell'Egitto, l'araba fenice, originario invece secondo Erodoto dell'Arabia o secondo Filostrato dell'India. Come l'araba fenice risorge dalle ceneri, così la palma da dattero cresce ancora più alta se sfrondata lungo il tronco, e rispunta con forza se tagliata alla base, perpetuando la coltura del dattero (Castelletti, 1999). Molto apprezzato nella cucina romana, il dattero (*Phoenix dactylifera*) viene spesso rinvenuto in contesti sepolcrali, in genere in tombe con corredo particolarmente ricco tanto che la sua presenza è considerata sufficiente a dimostrare la presenza di qualche personaggio di ceto elevato (Castiglioni et al, 1999). Inoltre ricordiamo che questa pianta era considerata dagli Egizi simbolo di fertilità, era raffigurata dai Cartaginesi nelle monete e nei monumenti e utilizzata dai Greci e Latini come ornamento per celebrazioni trionfali. Nella tradizione cristiana, le foglie rappresentano un simbolo di pace e ricordano l'entrata di Gesù nella città di Gerusalemme (Marchesini e Marvelli, 2006).

Per quanto riguarda il ritrovamento di castagne e noci, bisogna ricordare che esse hanno un alto significato dal punto di vista storico e archeologico; in età romana fu avviata una messa coltura intensiva del noce e del castagno, piante di origine esotica o comunque molto sporadiche in Italia, produttrici di frutti che, stando al poeta Marziale, in pochi decenni si trasformarono da ricercatezze a prodotti comuni (Castiglioni et al, 1999).

Per quanto riguarda il fico la sua origine è nell'area mediterranea a sud-ovest della Persia, in Mesopotamia e in Arabia; in Italia è ritenuto spontaneo solo nella fascia mediterranea e nelle isole, ma è ampiamente coltivato e spontaneizzato anche nel nord, dove cresce spesso in ambienti antropizzati. Il nome generico *Ficus* sembrerebbe derivare dal latino *Ficus ruminalis*, l'albero che protesse Romolo e Remo, futuri fondatori di Roma, fino al momento in cui vennero ritrovati dalla lupa. Nel periodo romano, come conferma Orazio, il Fico era molto apprezzato per i suoi frutti ricchi in zuccheri e facilmente conservabili per essiccamento e per l'aspetto dell'albero, che è particolarmente gradevole. La presenza fra le offerte votive di frutta carnosa e secca, indica la coltivazione di alberi da frutto; gli studi effettuati in siti della pianura bolognese dello stesso periodo indicano che in questa epoca si verifica una definitiva e sistematica occupazione del territorio con la presenza di una agricoltura di tipo intensivo (Marchesini e Marvelli, 2006).

L'utilizzo di questo tipo di frutti e semi come offerte alimentari è probabilmente dovuto al fatto che essi si possono conservare secchi e perciò sono disponibili in tutti i periodi dell'anno; questa scelta ha permesso perciò di eseguire un rito funebre ripetitivo nel tempo, non soggetto alle limitazioni alimentari del periodo stagionale (Marchesini e Marvelli, 2006).

Elementi del corredo. Tra i resti ossei combusti sono stati ritrovati inoltre vari frammenti di metallo e alcuni manufatti in osso che costituiscono oggetti di uso quotidiano, probabilmente derivati dagli oggetti di ornamento propri del defunto, a testimonianza che durante la cremazione il cadavere fosse vestito. In particolare si ritrovano spesso piccoli chiodi in ferro a capocchia rotonda ed estremità ripiegata i cosiddetti ribattini, lunghi da 1,5 a 1,8 cm derivanti dalle calzature, denominate *caligae* in uso in epoca romana. Questi ritrovamenti ci suggeriscono l'esistenza delle calzature del defunto arse con lui sul rogo della pira funebre. Questo tipo di ritrovamento è tipico delle necropoli romane di tutta l'Italia Settentrionale: Altino (Ve), Casalecchio di Reno (Bo), Mariano Comense (Co), Lugone (lago di Garda), Angera (Va), Camp de Morcc (Bs), Ottobiano (Pv), Ascona (Canton Ticino), Aosta, Cavriana (Mn) (Pancaldi, 2002). Inoltre sono stati ritrovati commisti ai resti ossei anche frammenti di terracotta derivanti molto probabilmente dall'uso di introdurre tra il corredo funebre lucerne costruite con questo materiale e frammenti di vetro provenienti da balsamari. Questi oggetti indicano chiaramente la pratica di rituali in cui erano presenti contenitori di liquidi e unguenti.

Analisi paleonutrizionale. L'analisi paleonutrizionale basata sulla concentrazione degli elementi in traccia nell'osso è stata eseguita sia sui campioni prelevati dagli individui sottoposti a combustione sia da quelli non combusti, al fine di rilevare eventuali differenze nelle concentrazioni degli elementi che possano tradursi in diversità alimentari dei due gruppi di individui della necropoli romana della Stazione Centrale di Bologna. Data la lunga permanenza delle ossa nel sottosuolo della necropoli sono stati anche valutati possibili fenomeni di contaminazione per interazione con il suolo e l'efficacia di trattamenti di pulitura dei campioni per limitarne i contributi.

Lo studio è stato svolto verificando le procedure di trattamento dei campioni e attraverso l'applicazione di diverse metodologie analitiche per verificarne gli eventuali vantaggi e svantaggi offerti dalle varie procedure in relazione alle matrici analizzate.

ICP-MS. Le concentrazioni degli elementi chimici espressi in ppm sono stati determinati attraverso metodologia analitica ICP-MS (spettrometria di massa associata ad un plasma accoppiato induttivamente) che risponde per attendibilità alle esigenze richieste per questo studio. Le concentrazioni ottenute sono state validate attraverso i metodi delle aggiunte che prevedono l'analisi del campione tale e quale opportunamente diluito e la duplicazione dell'analisi su campioni con simile diluizione a cui è stata aggiunta una aliquota definita di una soluzione standard (analiti in quantità nota di natura simile alle sostanze presenti nei campioni da analizzare), questa procedura consente di verificare la risposta analitica escludendo l'influenza sull'analisi dovuta a effetti matrice o ai limiti di rilevabilità (variabilità delle condizioni fisiche di esercizio della strumentazione). Inoltre sono stati aggiunti standard interni a tutti campioni in analisi inclusi i campioni di controllo preparati con il metodo delle aggiunte e nei bianchi in accordo con i requisiti del metodo. Tale procedura ha consentito di ottenere ottimi risultati di riproducibilità analitica per Sr, Zn, Ba, Pb, V, Cr, Ni e Cu.

I risultati ottenuti hanno consentito di verificare differenze significative tra il gruppo di individui cremati e quello degli individui inumati per i seguenti elementi attendibili analizzati: stronzio (Sr), bario (Ba), zinco (Zn), piombo (Pb), vanadio (V), cromo (Cr), nichel (Ni); le concentrazioni di questi elementi sono maggiori nel gruppo degli inumati. Ai fini paleonutrizionali particolarmente significative sono le concentrazioni di Stronzio (Sr), Bario (Ba), Zinco (Zn) e Piombo (Pb) elementi su cui si è concentrato lo studio.

Per quanto riguarda lo Sr, l'analisi della letteratura fa emergere che è legato alla tipologia alimentare e Smrčka (2005) riporta infatti che concentrazioni comprese tra 100 e 300 ppm indicano una dieta carnea, concentrazioni tra 150 e 400 ppm sono tipiche di un regime alimentare onnivoro, mentre concentrazioni comprese tra 400 e 500 ppm corrispondono ad una dieta prevalentemente vegetariana. Queste concentrazioni distintive dei livelli trofici di appartenenza derivano dal fatto che lo Sr può sostituire il Ca in relazione alla posizione dell'organismo nella catena alimentare o livello trofico. Le piante assorbono questo elemento direttamente dal terreno, i mammiferi ottengono Sr da risorse secondarie come piante o altri animali (Price, 1989; Radosevich, 1993; Szostek et al, 2003). La concentrazione di Sr tende perciò a diminuire al crescere del livello trofico, in quanto gli organismi superiori sono in grado di discriminarlo a vantaggio del Ca, ione più idoneo per motivi strutturali; in questo modo negli erbivori la concentrazione di Sr è massima mentre nei carnivori è minima, negli onnivori (fra i quali l'uomo) i valori saranno

intermedi. I dati ottenuti mostrano concentrazioni particolarmente elevate di Sr sia per gli individui combusti che per quelli non combusti (776 ppm vs 1709,4 ppm). I massimi valori che vengono riscontrati nelle necropoli tardo romane ad inumazione si riferiscono ai siti di La Molineta e Calle Era in Spagna (Zapata et al, 2006) ed essi sono generalmente inferiori a 700 ppm.

Va segnalato che nella necropoli della stazione di Bologna i *range* di distribuzione delle concentrazioni di Sr ottenute sono molto ampi e le quantità rilevate nel gruppo degli inumati possono essere considerate fra le più elevate riconosciute nella rara letteratura scientifica.

Dal confronto delle concentrazioni standard di riferimento il nostro campione di individui combusti e non combusti indica concentrazioni fortemente superiori alla norma. Studi sperimentali condotti su resti ossei combusti hanno dimostrato che non si verificano variazioni nella concentrazione di Sr e di Ca dovute all'influenza del processo termico per temperature comprese tra i 100 e i 1000°C (Grupe e Hummel, 1991; Subira e Malgosa, 1993) per cui si può sostenere che le concentrazioni presenti nei campioni di questo studio riflettano condizioni reali dell'osso in quanto le temperature di combustione raggiunte sono inferiori ai 900°C.

Analizzando le distribuzioni delle frequenze all'interno del campione cremato e inumato della necropoli di Bologna è possibile sostenere che il 66,6% dei campioni combusti presenta concentrazioni di Sr inferiori a 1000 ppm, mentre l'86,7% del campione inumato presenta concentrazioni superiori a 1000 ppm, tale differenza è statisticamente significativa.

Per il processo fisiologico della biopurificazione del calcio citato in precedenza è necessario valutare anche la relazione esistente tra Sr/Ca (Fabig e Herrmann, 2002), relazione che ha mostrato valori più elevati per gli individui non combusti in confronto ai cremati, rispettivamente 9,4‰ vs 3,4‰, ciò farebbe propendere per maggiori apporti di alimenti vegetali per gli individui inumati.

Valutando le concentrazioni di Ba si osserva come anche in questo caso esse siano notevolmente maggiori negli individui inumati rispetto ai cremati (1553,2 ppm vs 547,3). Valori elevati di Ba si riscontrano nella necropoli romana ad inumazione di La Molineta in Spagna (Zapata et al, 2006). Il comportamento del Ba è simile a quello dello Sr in rapporto alla catena trofica e al processo di biopurificazione del calcio, gli organismi superiori tendono anche in questo caso a discriminarlo a favore del Ca. Le concentrazioni di Ba nell'osso indicanti la tipologia di dieta sono le stesse riportate precedentemente per lo Sr (Smrcka, 2005). Riguardo ai campioni combusti studi sperimentali riportano una perdita spesso totale di Ba a temperature superiori a 800°C (Grupe e Hummel, 1991); questo fenomeno sembra essere dovuto ad un incremento dei raggi ionici dello

ione Ba che non si adatterebbe molto bene all'interno dell'idrossiapatite. Poiché la temperatura di combustione crea delle trasformazioni a livello della parte strutturale dell'osso accompagnate da ricristallizzazione e fusione dei cristalli, il Ba dovrebbe essere sostituito da Ca o da Sr o semplicemente perso per una questione di taglia e di spazio. I campioni combusti della necropoli di Bologna mostrano a riguardo un'alta concentrazione di Ba, tuttavia si nota un alto livello di variabilità nel quantitativo passando da un minimo di 10,4 ppm ad un massimo di 5860 ppm, ciò potrebbe essere dovuto alla variabilità delle temperature di combustione che, essendo comprese tra 600 e 900°C, determinano una disomogeneità nelle concentrazioni di questo elemento all'interno del campione. Potrebbero pertanto essere presenti campioni sottoposti a temperature di combustione inferiori agli 800°C per i quali le concentrazioni di Ba dovrebbero essere effettive. Come mostrano i range di distribuzione delle frequenze all'interno del campione cremato per 14 individui sono presenti concentrazioni di Ba inferiori ai 100 ppm per cui difficilmente classificabili a livello nutrizionale: probabilmente il processo di combustione per questi individui superava gli 800°C. Anche eliminando questi campioni con concentrazioni troppo basse di bario la media per i campioni combusti rimane inferiore a quella degli inumati (1101 ppm vs 1553 ppm), ma tale differenza non risulta questa volta statisticamente significativa. La relazione esistente fra Ba/Ca mostra valori molto più elevati per gli individui inumati rispetto a quelli cremati, suggerendo maggiori apporti vegetali nella dieta degli individui inumati. Il rapporto Ba/Sr viene di solito impiegato negli studi paleonutrizionali per differenziare il consumo di cibo marino (Ba/Sr tra -1,5) e terrestre (Ba/Sr tra -0,4 e 0) (Burton e Price, 1990) in quanto la concentrazione di bario è molto bassa in ambiente marino. La necropoli di Bologna ha in definitiva attestato valori abbastanza elevati sia per gli individui cremati che inumati (0,52 vs 0,87) indicando una dieta prevalentemente terrestre per entrambi i gruppi.

Le concentrazioni di Zn appaiono superiori nel campione inumato rispetto a quello cremato (253,7 ppm vs 154,2 ppm). L'ammontare dello Zn nell'osso è un buon indicatore delle diverse tipologie di nutrimento basato sull'apporto di proteine provenienti dalla dieta: il suo accumulo nelle ossa riflette la differenziazione dei livelli trofici, con un quantitativo più elevato di Zn (170-250 ppm) nei carnivori rispetto agli onnivori (120-200 ppm) o agli erbivori (90-150 ppm). Le concentrazioni di Zn non variano in relazione alle temperature di combustione per cui il loro quantitativo rispecchia una concentrazione reale anche nei campioni cremati della necropoli di Bologna. Tra gli individui cremati è possibile individuare 3 gruppi: un primo gruppo con basse concentrazioni di zinco (0-90 ppm) (29,6%), un secondo gruppo con moderate concentrazioni

(37%) e un terzo gruppo a concentrazioni elevate (33,3%). Dall'analisi delle frequenze per range di concentrazione di Zn si osserva come la maggioranza degli individui cremati possa collocarsi in un intervallo attribuibile ad una dieta onnivora, mentre gli apporti di Zn per gli individui inumati sembrerebbero maggiori. Anche in questo caso il rapporto Zn/Ca è superiore negli individui inumati, indicando un maggior apporto di questo elemento.

Tenute presente le concentrazioni per gli individui cremati e inumati dei 3 elementi principali per un'analisi paleonutrizionale, sono state esaminate le varie correlazioni esistenti all'interno dei due gruppi fra questi elementi. Tutte le correlazioni eseguite sul campione cremato hanno dato risultati statisticamente significativi al contrario del campione inumato. E' emerso che Sr e Ba sono correlati allo stesso modo sia negli individui cremati che inumati ($r=0,65$ vs $r=0,7$). Ciò è facilmente spiegabile con le alte concentrazioni di entrambi gli elementi in tutti i campioni e indicherebbe un alto apporto di elementi vegetali in entrambi i gruppi. Gli elementi Ba e Zn risultano meglio correlati negli individui cremati ($r=0,69$) mentre negli individui inumati non vi è correlazione ($r=0,09$); gli elementi Sr e Zn appaiono maggiormente correlati negli individui cremati ($r=0,82$) rispetto a quelli inumati ($r=0,35$). Le correlazioni Ba e Zn e Sr e Zn indicano per gli individui cremati una dieta di tipo misto, bilanciata tra apporti vegetali e carnei, mentre le stesse correlazioni indicano per gli individui inumati una dieta meno equilibrata che dalla valutazione delle concentrazioni degli elementi sembra indicare un apporto vegetale preponderante.

Riassumendo, dall'analisi delle concentrazioni, dei rapporti e delle correlazioni esistenti fra gli elementi paleonutrizionali indagati (Sr, Ba, Zn) emergerebbe un quadro nutrizionale riconducibile ad una dieta mista per entrambi i gruppi esaminati cremati ed inumati, con apporti però maggiori di vegetali per questi ultimi. Quasi tutti i campioni analizzati hanno concentrazioni significative in Sr ad indicare una dieta prevalentemente ricca in vegetali e solo una piccola percentuale di individui presenta valori molto bassi. Occorre sottolineare in accordo con quanto emerge dalle analisi chimiche quantitative eseguite in ICP-MS che i campioni combusti hanno mediamente esposto concentrazioni in Sr e Ba sistematicamente inferiori a quelli non combusti, compatibili con una dieta mista a base sia di vegetali che di carne; a supporto di questa considerazione va sottolineato che i dati attesi avrebbero dovuto mostrare, a parità di dieta, maggiori concentrazioni di Sr e Ba. Per quanto riguarda lo Zn sono emerse concentrazioni maggiori per gli individui inumati anche se la sua correlazione con lo Sr è maggiore e significativa solo per gli

individui cremati, a dimostrazione di un equilibrio maggiore per questo gruppo negli apporti vegetali e carnei, mentre negli individui inumati l'apporto di Sr è in proporzione superiore a quello dello zinco. Le concentrazioni maggiori di Zn per gli individui inumati potrebbero essere dovuti al fatto che i vegetali consumati erano costituiti prevalentemente da legumi e da noci elementi particolarmente ricchi in questo metallo.

Nella popolazione romana la dieta era caratterizzata principalmente da cereali come grano, orzo, miglio con i quali si preparavano pane e farinate. I cereali erano l'elemento base della dieta della classe povera nel mondo romano; dal II al III sec. a.C. essi venivano consumati principalmente sotto forma di pane (ricco di crusca e impurità), nelle classi rurali e urbane si consumava una specie di porridge costituito da cereali misti ad acqua, sale ed olio che era una alternativa al pane (Neri, 1985).

Tra i vegetali si consumavano legumi come fave e lenticchie che erano mangiati anche dalle classi sociali più elevate, mentre cipolle, aglio e ceci erano tipici delle classi più povere. Olive e pane erano il cibo base di agricoltori e classi di lavoratori, i vegetali erano il cibo più frequente che accompagnava il pane, ma a volte potevano essere alternati a piatti di pesce o formaggi. Erano presenti olio di oliva e vino; la carne, soprattutto di maiale, non era considerata un cibo principale, veniva consumata raramente e in occasione dei giorni di festa; anche il pesce si consumava sporadicamente. La carne era considerata un lusso, che era concesso alle classi più ricche che consumavano prosciutti, salsicce e pollame, che entravano così a far parte anche della dieta delle popolazioni urbane. La caccia era intesa come un gioco, mentre gli animali domestici di allevamento erano in relazione ai riti di sacrificio: l'idea della carne come offerta alle divinità era così forte che uccidere un animale solo per mangiare la sua carne era equivalente ad uno sperpero (Dupont, 1997). I latticini erano una fonte alternativa di proteine alla carne, specialmente nelle economie silvo-pastorali delle zone collinari e montuose. Venivano utilizzate molte spezie ed erbe per insaporire i cibi e per coprire il gusto di quelli mal conservati. Dell'alimentazione facevano parte anche vari frutti tra cui: mele, uva fresca e uva passa, fichi secchi, castagne arrosto, ciliege, pere, mele cotogne, melagrane, noci, nocciole, pinoli e datteri (Facchini et al, 2004; Angela, 2007).

Un'ulteriore analisi è stata svolta per valutare eventuali casi di intossicazione da piombo. Dall'analisi delle concentrazioni di Pb si nota come questo elemento sia superiore nel campione inumato rispetto a quello cremato 297,4 ppm vs 79,1 ppm. Questa differenza nelle concentrazioni

è tuttavia principalmente attribuibile al processo di combustione che altera la concentrazione di questo elemento nell'osso; studi empirici hanno dimostrato che a temperature superiori agli 800°C il contenuto di piombo diminuisce rapidamente (Grupe e Hummel, 1991). Studi sperimentali eseguiti su denti prima e dopo la combustione attestano una diminuzione delle concentrazioni di piombo del 62% circa (Kaczanowski et al, 1996). Pertanto applicando una correzione approssimativa (Kaczanowski et al, 1996) per i campioni cremati del presente studio si può affermare che il range di variazione delle concentrazioni di questo elemento sia compreso in realtà tra 5,0 e 1218 ppm con una media di 208,1 ppm, che si avvicina alla media riscontrata per gli individui inumati. Le concentrazioni standard di questo elemento nell'osso sono attualmente comprese tra 2-5 ppm e 10-100 ppm, studi su ossa moderne di individui americani mostrano concentrazioni che vanno da 1 a 400 ppm con una media di 50 ppm (Smrcka, 2005). La media delle concentrazioni della popolazione romana di Bologna supera perciò quella delle moderne popolazioni e la differenza è significativa anche considerando casi estremi di popolazioni industriali, anche se non si osservano contaminazioni post-mortem in quanto dall'analisi del suolo non sono presenti concentrazioni elevate di questo elemento che possano giustificare le concentrazioni ritrovate nelle ossa; nel suolo il quantitativo è infatti inferiore. L'intossicazione da piombo denominata anche saturnismo è una tra le cause imputabili di anemia da deficit di ferro, dovuta all'inibizione degli enzimi necessari alla formazione dell'emoglobina del sangue. Alcuni autori (Facchini et al, 2004) hanno relazionato la presenza di iperostosi porotica, *cribra cranii* e *cribra orbitalia* con le intossicazioni da Pb; la frequente presenza di *cribra cranii* riscontrata tra i resti ossei combusti della necropoli romana di Bologna in associazione a elevati livelli di concentrazione di Pb è a sostegno di questa ipotesi: gli alti livelli di piombo si possono considerare come una causa addizionale di anemia dovuta al fatto che questo elemento potrebbe aver alterato alcuni parametri ematologici. Alti livelli di piombo sono stati ritrovati anche in alcuni campioni di popolazioni romano-britanniche (Mackie et al, 1975; Waldron et al, 1976; Waldron, 1982). Le concentrazioni di piombo nei resti ossei romani sarebbero imputabili all'impiego di questo elemento per la costruzione di condutture per l'acqua, all'uso di recipienti in piombo per il cibo e per le bevande, all'impiego di tavole in peltro e all'abitudine di dolcificare il vino attraverso l'uso di acetato di piombo in una miscela chiamata "*sapa*". La bollitura del vino acido avveniva in contenitori di piombo al fine di ottenere uno sciroppo molto dolce detto *defrutum*; una seconda bollitura portava ad un ulteriore restringimento del *defrutum* ottenendo il composto *sapa*, che era

così arricchito in acetato di piombo, sostanza chiamata anche zucchero di piombo o zucchero di Saturno.

E' stata poi verificata l'esistenza di una eventuale differenza tra le medie delle concentrazioni dei vari elementi tra gli individui maschili e femminili all'interno dei due campioni cremato ed inumato analizzati. Non sono emerse differenze per quanto riguarda i sessi all'interno degli individui sottoposti al rituale della cremazione; al contrario nel campione inumato si osservano differenze significative nella concentrazione di Ni, Cu e Sr in relazione al sesso, questi elementi sembrerebbero essere più elevati nel campione maschile, anche se la scarsità numerica del campione di inumati di sesso determinato (2 individui maschili e 5 femminili) ci obbliga a valutare con cautela questo risultato.

XRF portatile. L'analisi degli elementi in traccia attraverso la tecnica analitica della fluorescenza a raggi X portatile essendo una metodologia qualitativa ha permesso solamente di verificare la presenza o l'assenza di determinati elementi all'interno dei campioni esaminati. Nonostante non sia possibile quantificare la concentrazione dei vari elementi è comunque possibile valutare l'andamento degli stessi all'interno del campione esaminato. L'analisi ha infatti fornito indicazioni valide sulla composizione del campione studiato, dimostrando differenze significative nella presenza di Ba, Pb tra gli individui cremati e inumati indicando concentrazioni maggiori di tali elementi per questi ultimi. Questo risultato è confermato dalle analisi con ICP-MS per cui l'analisi all'XRF nonostante sia meno accurata può considerarsi valida. La sensibilità dell'XRF è inferiore a quella dell'ICP-MS ma consente di rilevare la presenza anche di elementi leggeri volatili che non sono rilevabili con l'ICP-MS, ad esempio Ar e Si (quest'ultima è presente in entrambi i campioni combusto e non). La XRF ha dimostrato una buona capacità di rilevazione dell'elemento Pb per entrambi i gruppi analizzati. L'individuazione di questo metallo avviene ad alte energie di risoluzione per cui la sua presenza indica che le concentrazioni erano sicuramente elevate nel campione esaminato: ciò permette di discriminare tra gli individui con basse concentrazioni di piombo (che non verranno rilevate dalla strumentazione) da quelli ad alte concentrazioni.

Valutazione della diagenesi. Un aspetto molto importante da considerare è la valutazione della diagenesi nell'osso, ossia tutti quegli eventi di natura fisica, geologica e biologica che avvengono nel terreno nel periodo post mortem e che possono determinare variazioni importanti

della composizione chimica delle ossa. Sono state perciò prese in considerazione le concentrazioni anomale riscontrate per alcuni elementi nell'osso, verificando quanto la diagenesi possa aver influito sulle quantità di tali elementi.

In rapporto alle ossa moderne le concentrazioni di Sr, rilevate nei campioni romani della necropoli di Bologna, sono molto elevate in entrambi i gruppi combusti e non combusti. In accordo con Kyle (1986) e Radosevich (1993) valori di Sr che superano i 1000 ppm possono indicare l'influenza di processi diagenetici sull'osso. Nei suoi studi Radosevich (1993) riporta come le concentrazioni di Sr in alcuni casi appaiono invertite in rapporto ai livelli trofici, con maggiori concentrazioni riscontrabili in onnivori e carnivori invece che tra gli erbivori.

La valutazione della diagenesi in questo studio è stata valutata attraverso l'analisi del gradiente di concentrazione del suolo della necropoli romana della Stazione Centrale di Bologna per spiegare le insolite concentrazioni di Sr. Le analisi sono state effettuate attraverso due metodologie analitiche diverse, ICP-MS e XRF classica, che hanno entrambe concordato nel rilevare anomale concentrazioni di Sr in un campione del suolo analizzato, corrispondente a 1546 ppm, concentrazione che si allontana molto da quelle degli standard di suoli confrontati attestando un arricchimento in Sr da parte di questo suolo. Suoli ricchi di Sr sono soprattutto quelli carbonatici, in questo tipo di ambienti l'osso si comporta come una vera e propria spugna ionica e lo stronzio altamente solubile è sensibile a variazioni diagenetiche (Zapata et al, 2006; Berger et al, 2008). Bisogna anche considerare il fatto che suoli calcarei reagiscono fortemente con i fosfati, in questo caso con il fosfato di calcio presente nell'osso, e che queste reazioni sono maggiori quando tra i sedimenti è presente anche gesso (Kordlaghari and Rowell, 2006); inoltre bisogna prendere in considerazione anche l'uso del suolo durante i secoli, infatti un eccesso di Sr si incontra spesso in suoli sottoposti a sfruttamento agricolo (Zapata et al, 2006).

Suoli di questo tipo, ossia carbonatici e ricchi di gesso, sembrano essere compatibili con la zona in cui è sorta la necropoli di Bologna; il territorio bolognese sorge infatti su sedimenti terrigeni in cui importanti sono gli apporti da sedimenti derivati dalla disgregazione delle rocce solfatiche della serie gessoso-solfifera messiniana. La città di Bologna è infatti sorta sui giacimenti di gesso (gesso di Bologna le cui testimonianze sono evidenti nelle fondazioni dei principali edifici del centro storico della città). I sedimenti della necropoli analizzata sono interessati da apporti terrigeni con strati ricchi di gesso "gessi bolognesi" alternati a strati limoso-argillosi, spesso ricchi di sostanza organica. Il bacino idrografico del Savena (fiume a carattere torrentizio che delimita il territorio della città di Bologna ad est) presenta infatti nel suo bacino idrografico importanti

formazioni gessose associate a marne, mentre nell'area circostante la pianura la litologia è prevalentemente argillosa (Rapti-Caputo et al, 2008). Studi effettuati nelle facies solfato-evaporitiche delle formazioni sedimentarie dell'Italia Centrale hanno mostrato elevate concentrazioni di Sr nei gessi, i valori riportati oscillano tra le 230 ppm e le 3000 ppm (Barbieri et al, 1976) con differenze nelle concentrazioni di Sr nel suolo gessoso che sono molto probabilmente dovute alle azioni diagenetiche di dissoluzioni e ricristallizzazioni successive, azioni che portano ad un progressivo impoverimento in Sr che potrebbe giustificare le diverse concentrazioni. Le formazioni gessose sono dei potenziali serbatoi di Sr; questo elemento può essere facilmente rimosso nel corso dei molteplici processi di trasformazione da gesso ad anidrite e da anidrite a gesso e dalle possibili ricristallizzazioni del gesso. Ne consegue che essendo i suoli particolarmente ricchi in Sr, anche i vegetali in essi coltivati ne assimilano elevate concentrazioni, trasferendo questo elemento alla catena alimentare, anche se non si può escludere un ulteriore contributo dovuto a processi di interazione con le acque che vengono a contatto con tali formazioni solfato-evaporitiche che possono facilmente arricchirsi di Sr e ricentrarlo nel corso dei processi mineralizzanti. Il maggiore arricchimento nei campioni inumati è compatibile con entrambi i processi per cui occorrerà nel futuro verificare con analisi dei rapporti isotopici dello stronzio e degli elementi leggeri le interazioni fra i campioni ossei della necropoli di Bologna e i suoli.

Possiamo quindi concludere che la differenza che si riscontra nelle concentrazioni di Sr tra il campione cremato e quello inumato potrebbe essere dovuta al tempo diverso di esposizione al suolo del materiale osseo, in quanto il materiale combusto era contenuto all'interno delle urne cinerarie che l'hanno preservato dal contatto con l'esterno per un tempo non determinabile e variabile da tomba a tomba in relazione alle singole condizioni. La successiva rottura delle urne avvenuta a causa di eventuali movimenti nel terreno, bioturbazioni, causate da radici, da animali fossatori o dall'azione antropica ha portato il materiale osseo incenerato a contatto con il suolo e questa esposizione può aver determinato un aumento nelle concentrazioni di Sr; sembrerebbe perciò che il livello di questo elemento nelle ossa rifletta il tempo di esposizione al suolo.

Il campione A di suolo esaminato mostra invece concentrazioni di Sr molto inferiori a quelle del campione B, questo potrebbe indicare una diversità nella stratigrafia del suolo nell'area della necropoli giustificando la variabilità nelle concentrazioni di Sr che si riscontra anche per gli individui combusti. Tuttavia Zapata et al (2006) sostengono che anche se nella maggior parte dei casi le concentrazioni ritrovate nel suolo sono dello stesso ordine di grandezza di quelle ritrovate nell'osso per quanto riguarda lo Sr ciò non avviene sempre, in quanto può accadere che i valori

riscontrati nell'osso siano più alti di quelli ritrovati nei sedimenti; questo fatto non contraddice l'interpretazione dei dati in quanto le concentrazioni dell'osso riflettono un naturale accumulo del processo diagenetico.

Anche le concentrazioni di Ba risultano molto elevate nel campione inumato della necropoli della Stazione Centrale di Bologna: anche in questo caso i valori elevati sono imputabili all'azione della diagenesi; l'idrossiapatite dell'osso infatti immobilizza al suo interno alcuni metalli uno di questi è appunto il Ba che in questo modo va ad arricchire l'osso. Dall'analisi del suolo il quantitativo di Ba non mostra concentrazioni elevate ma nella norma se confrontate con gli standard di riferimento. Quanto osservato quindi potrebbe essere dovuto ad un accumulo di Ba nell'osso. La possibilità che il Ba riscontrato nelle ossa derivi dal suolo è rafforzata anche dal fatto che alcuni campioni inumati mostrano un'alta variabilità delle concentrazioni di questo elemento, passando da quantità di 239 ppm a 4935 ppm indicanti probabilmente zone di diversa concentrazione nel suolo per questo elemento.

	Combusti	Non combusti	Suolo A	Suolo B
Sr µg/g	776	1709,4	454	1546
Ba µg/g	547,3	1553,2	553	412

Tab.7.6 - Concentrazioni di Sr e Ba nei campioni cremati e inumati e nei campioni di suolo della necropoli analizzati.

Le differenze dell'influenza della diagenesi tra le ossa combuste e quelle non combuste potrebbe essere dovuta alle modificazioni della struttura delle ossa sottoposte al rituale della cremazione, che produce infatti una differente permeabilità delle stesse. Ciò ha ridotto le possibili interazioni suolo/ossa, riflettendosi perciò in una più evidente influenza della diagenesi nel campione inumato. La combustione influisce anche sulle concentrazioni di magnesio, in quanto questo elemento tende a non formare fasi stabili con il fosforo per cui esso è stato presumibilmente rimosso dai processi di interazione fra le ossa e dalle soluzioni acquose circolanti nel sito di scavo. Inoltre il Ca, liberato con il processo di calcinazione, reagisce con il fosforo formando un fosfato stabile che intrappola le microparticelle di grafite derivate dalla combustione e mineralizzazione della sostanza organica.

L'analisi al microscopio a scansione elettronica ha fornito importanti informazioni nella fase preliminare dello studio: nelle ossa non combuste ha permesso di rilevare una serie di strutture alterate da reazioni chimiche sulla superficie dell'osso. Le fibrille di collagene che normalmente si dovrebbero osservare non sono visibili, al loro posto si nota una morfologia irregolare della superficie dell'osso attribuibile ai processi di diagenesi che hanno operato sull'osso (Pijoan et al, 2007). Nelle ossa combuste l'analisi al SEM ha confermato invece le modificazioni e le deformazioni della superficie dell'osso indicanti un processo di combustione su cadavere fresco attribuibile ad uno stadio 4 di combustione della scala di Shipman (1984). Infine ha mostrato l'efficacia del processo di pulizia con acqua demineralizzata e ultrasuoni dei campioni sia combusti che non combusti, al fine di eliminare le concrezioni di suolo dalla superficie dell'osso. A questo scopo è stata utilizzata anche l'analisi all'XRF portatile che, eseguita sugli stessi campioni dopo il lavaggio, ha tuttavia evidenziato maggiore quantità di silice nei campioni non combusti legata alla presenza di piccole porzioni di suolo sulla superficie dell'osso non rimosse dal lavaggio agli ultrasuoni. Il grado di contaminazione da parte del suolo potrebbe essere descritto dall'alluminio, elemento che in questi casi è correlato positivamente con la silice e il ferro; purtroppo con la tecnica ICP-MS non è possibile analizzare la silice per cui non si può affermare con sicurezza che l'alluminio presente nelle ossa sia dovuto ad interazioni con il suolo. A tal proposito si è potuta osservare attraverso l'analisi al SEM la presenza su alcuni campioni combusti di elevate concentrazioni di alluminio non accompagnate da silice e, dato che nel sito non sono presenti suoli residuali bauxitici, tale concentrazione potrebbe essere legata a qualche aspetto associato alla preparazione del cadavere prima del processo di combustione. E' possibile infatti che la pelle del defunto prima di essere deposto sulla pira funebre venisse decorata con pigmenti bianchi a base di laterite: è attestato infatti nel mondo romano l'uso di utilizzare oli e unguenti per cospargere il cadavere, compito svolto dai famigliari del defunto che lavavano e ungevano il corpo e ne cospargevano il volto di polveri, per migliorarne l'aspetto esteriore (Montevecchi, 2009). E' documentato inoltre l'uso presso i romani in Italia Settentrionale dell'allume importato molto probabilmente dall'Egeo (Pesavento Mattioli, 2005). Plinio nel suo libro di storia naturale, racconta che l'*alumen* veniva usato nella tintura dei tessuti, per la concia delle pelli e in medicina per le sue proprietà antisettiche, ancora oggi viene infatti utilizzato come antisettico naturale e deodorante naturale. E' perciò possibile ipotizzare che le tracce di alluminio presenti nelle ossa possano derivare dall'uso di questa pietra, utilizzata sul corpo per coprire i cattivi odori della decomposizione del cadavere e per disinfettarlo dalla presenza di batteri; inoltre il defunto veniva

bruciato con vestiti e scarpe che spesso erano confezionati in cuoio conciato utilizzando l'allume. Tutti questi fattori potrebbero aver determinato un trasferimento dell'elemento alluminio nelle ossa del defunto durante il processo di combustione e potrebbero in parte spiegare le concentrazioni anomale di questo elemento evidenziate dall'analisi al SEM.

Metodologie di analisi La tecnica analitica della spettrometria di massa associata ad un plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS), utilizzata in questo studio, permette di eseguire un'analisi qualitativa e quantitativa degli elementi in traccia, consentendo la determinazione simultanea di alcuni elementi, ha però lo svantaggio di essere un'analisi distruttiva; inoltre possiede costi elevati rendendo possibile l'analisi solo su pochi campioni, e proprio per questo motivo spesso la strumentazione non è disponibile in tutti i laboratori.

In questo studio è stata impiegata anche l'analisi con XRF classica, eseguita solamente su due campioni, svolta in parallelo a quella alla spettrometria di massa (ICP-MS) per gli stessi campioni con lo scopo di verificare le differenze riscontrabili tra le due metodologie. Dall'analisi dei risultati si può affermare che esistano differenze significative tra le concentrazioni ottenute con i due diversi metodi. L'analisi alla spettrometria di fluorescenza appare in questo caso utilizzabile solamente a livello semiquantitativo non essendo in grado di rilevare le minime concentrazioni degli elementi. Il problema principale delle differenze riscontrate è da attribuire alla matrice esaminata, in quanto le calibrazioni sono state eseguite con standard di riferimento a minore concentrazione di fosforo. Lo standard di riferimento utilizzato nell'XRF permette la calibrazione delle correzioni degli effetti matrice, ossia delle influenze, fonti di errore, che vengono esercitate dalla natura del campione a composizione complessa sull'intensità di una riga caratteristica di un qualsiasi suo elemento componente, per questo motivo lo standard utilizzato deve essere idoneo alla matrice da esaminare. Questa sperimentazione rappresenta dunque un primo tentativo per l'individuazione delle problematiche inerenti le calibrazioni della strumentazione di analisi.

Altro obiettivo di questa tesi è quello di porre le basi per la creazione di una nuova metodologia analitica che sfrutti strumentazioni meno costose sia in termini economici che temporali, come la spettrometria di fluorescenza portatile (XRF). Uno dei vantaggi più importanti di questa tecnica è la preservazione del campione, in quanto non richiede prelievi. Pertanto in futuro, definiti con opportuni standard le concentrazioni di riferimento, si potrà verificare l'eventuale applicazione del metodo per analisi semiquantitative speditive e statistiche.

Attraverso prossime sperimentazioni si intende giungere ad un perfezionamento delle curve di calibrazione della XRF portatile al fine di convertire i dati qualitativi in un'analisi semiquantitativa, partendo da concentrazioni note di elementi dell'osso misurate attraverso l'analisi alla spettrometria di fluorescenza classica (XRF).

CONCLUSIONI

Lo studio fisico-antropologico dei resti ossei cremati della necropoli romana della Stazione Centrale ha consentito di ottenere una serie di dati che potranno essere integrabili con le informazioni di carattere archeologico. Nonostante i limiti imposti dalle condizioni dei reperti ci è stato possibile valutare in una necropoli di grandi dimensioni (144 tombe) i resti cremati stabilendo il numero di individui presenti, la distribuzione del sesso e dell'età, dati metrici di popolazione, anomalie e patologie e altre informazioni riguardanti il rituale di sepoltura, come la temperatura di combustione della pira funebre, selezione e frammentazione rituale dei resti ossei, la presenza di ossa animali e resti botanici commisti alle ossa umane.

Dall'analisi antropologica dei resti ossei studiati abbiamo potuto verificare che il rituale funebre della cremazione veniva destinato ad individui di tutte le fasce di età e sessi, senza alcuna selezione al riguardo. Nonostante non si possa escludere una selezione legata al ceto sociale (anzi questa era probabilmente presente), si può ritenere che il campione sia omogeneo e rappresentativo del segmento di popolazione cui la necropoli apparteneva.

Dall'analisi dei dati si è potuto osservare che la forma di sepoltura prevalente è quella mono-deposizionale, anche se le tombe con più di un individuo sono molto frequenti; sono presenti infatti 26 tombe bisome e una tomba multipla. Dall'analisi delle unità stratigrafiche è emerso che tra le tombe costituite da più di un individuo vi sono 14 casi ipotizzabili come deposizioni contemporanee, mentre le rimanenti 13 derivano da deposizioni secondarie. Nelle tombe a doppia sepoltura della necropoli della Stazione Centrale di Bologna per le quali è stato possibile determinare il sesso degli individui si è riscontrata la ripetuta presenza dei quattro tipi possibili di combinazione di essi in relazione all'età e al sesso: individuo adulto (femminile/maschile) e subadulto; due adulti di sesso diverso; due individui subadulti; due adulti dello stesso sesso. A differenza di altre necropoli, nella necropoli della Stazione Centrale di Bologna è stato possibile riscontrare che il rito della cremazione veniva applicato anche per bambini piccoli (età <1 anno).

La ricostruzione paleodemografica dimostra che la necropoli della Stazione Centrale di Bologna presenta un profilo demografico tipico della società romana antica della prima Età

Imperiale (I-III sec.d.C) con un'alta mortalità durante la prima infanzia e un altro picco di mortalità nell'età adulta, intorno ai 35-40 anni.

Tra le diverse tombe è stato possibile inoltre accertare la presenza di una deposizione non molto frequente in epoca romana: una tomba multipla composta da tre individui probabilmente legati da un rapporto familiare - un soggetto maschile adulto, uno femminile adulto e un adolescente di sesso indeterminato- per i quali, in base alla disposizione dei resti cremati si è giunti a formulare un'ipotesi sulla successione delle deposizioni avvenute in tempi diversi.

Dall'analisi degli effetti che il fuoco ha avuto sul corpo, tutte le parti anatomiche mostrano colorazioni assai simili questo indica che sono state sottoposte alle stesse temperature (comunque comprese tra 400 e 900°C) e che molto probabilmente non vi erano *loci* di calore concentrati o localizzati in alcune parti del corpo. La pira doveva essere pertanto costituita da un unico *letto* di legno su cui veniva adagiato il corpo del defunto con completa cremazione del cadavere.

Il ritrovamento all'interno delle tombe di frammenti ossei animali commisti a quelli umani attesta la pratica del banchetto funebre in onore del defunto e delle offerte alimentari bruciate sulla pira funebre. Il frequente ritrovamento di resti botanici attribuibili a frutti esotici come i datteri, legati in particolare alle tombe infantili, dimostrano l'appartenenza a un ceto elevato. Frammenti provenienti dal corredo come i chiodi da calzatura e ritrovati insieme ai resti ossei suggeriscono che durante la cremazione il cadavere fosse vestito, mentre i frammenti di terracotta e vetro testimoniano l'uso nel rituale funerario di balsamari e lucerne.

L'osservazione degli specifici effetti della cremazione sulle ossa umane ha permesso inoltre di stabilire che l'incinerazione è avvenuta subito dopo la morte degli individui, in quanto sui frammenti di maggiori dimensioni si notano le tipiche deformazioni a spirale (*twisting*), il caratteristico sfaldamento concentrico dei frustoli delle ossa lunghe e linee di frattura trasversali, che indicano che l'osso al momento della combustione era ancora ricoperto dai tessuti molli.

Il peso delle ossa combuste dei singoli individui della necropoli è risultato molto basso, in analogia con quanto osservato per le cremazioni antiche, nelle quali è sempre inferiore a quello delle cremazioni moderne. Questo è dovuto di solito ad una selezione post-mortem dei frammenti

scheletrici dopo la cremazione (ossilegio) o ad una imprecisa raccolta dei resti, tipica in effetti delle cremazioni antiche. Sebbene il peso sia ridotto, l'intero scheletro dell'individuo risulta abbastanza rappresentato -mai nella sua totalità- portandoci ad escludere che ci fosse qualche preferenza di determinate regioni anatomiche nella fase di raccolta dei resti cremati. Tuttavia, analizzando le frequenze degli elementi anatomici sembra sia avvenuta una imprecisa raccolta delle estremità dello scheletro riscontrabile nella scarsa presenza delle ossa craniali e delle ossa all'estremità distale inferiore dell'individuo. La raccolta delle ossa da introdurre all'interno dell'urna ha riguardato principalmente le zone centrali del corpo, come denota il frequente ritrovamento di frammenti vertebrali, di sacro e di costole; in questo quadro la diffusa presenza delle falangi di mano potrebbe derivare dalla posizione degli arti superiori del defunto durante il rito crematorio, probabilmente appoggiati sul busto. Dall'analisi effettuata è stato inoltre possibile evidenziare che il peso dei resti ossei contenuti nell'urna non è indicativo del numero degli individui presenti e neanche del sesso dell'individuo, risultando talvolta più elevato nel caso di un singola sepoltura in relazione ad una sepoltura bisoma ed equivalendosi in soggetti di diverso sesso.

Malgrado l'elevata frammentarietà dei resti ossei è stato possibile rilevare alcune interessanti alterazioni scheletriche riconducibili a patologie derivanti da stress nutrizionali e metabolici, come l'iperostosi porotica imputabile a fenomeni anemici causati da deficit di ferro riscontrabile sia in individui infantili che adulti e alcuni casi di *Hiperostosis frontalis interna* che ha colpito alcuni individui adulti maturi. Sono inoltre riscontrabili situazioni di osteoartrosi della colonna vertebrale e a carico di alcuni elementi anatomici degli arti ed ernie. Questo tipo di patologie attestano nel loro complesso condizioni di vita e di salute precarie contrassegnate da dieta con apporti nutrizionali scarsi e suggeriscono attività lavorative pesanti e impegnative probabilmente legate all'economia agricola.

L'analisi paleonutrizionale, condotta oltre che su un campione di individui combusti anche su un campione di inumati provenienti dalla stessa necropoli, ci ha permesso di ricavare le concentrazioni degli elementi Sr, Ba, Zn, principali indicatori della tipologia di dieta. Dai quantitativi, rapporti e correlazioni esistenti tra le quantità di questi elementi abbiamo potuto mettere in luce una dieta mista per entrambi i gruppi, ma caratterizzata da apporti maggiori di vegetali per gli individui inumati. Si può pertanto ipotizzare un'alimentazione caratterizzata principalmente da cereali e un alto consumo di vegetali in particolare legumi, in quanto la carne,

come testimoniano le fonti storiche, era probabilmente consumata raramente. Tuttavia l'alto grado di influenza della diagenesi sui resti ossei ha reso difficile l'interpretazione dei dati riguardanti le concentrazioni di Sr e Ba a causa di un aumento di questi elementi. Le analisi mirate al riconoscimento dei processi diagenetici hanno confermato l'azione di questi sui reperti esaminati, anche se non è possibile quantificare il loro preciso effetto. Non vi è dubbio comunque che la differenza nei livelli di concentrazione degli elementi, riscontrata tra i resti combusti e non combusti, possa essere ricondotta a diversi apporti alimentari legati a differenze di ceto sociale costituenti la base delle divergenze sulle quali hanno agito i processi diagenetici.

Un dato rilevante riguarda le elevate concentrazioni di Pb che denotano una intossicazione dovuta a questo elemento sia nei campioni combusti che non combusti, in accordo con le fonti storiche che attribuiscono questo fenomeno all'uso di contenitori per i cibi e bevande in piombo e alla costruzione di impianti per la condotta delle acque di uso domestico utilizzando questo materiale. Questo tipo di intossicazione potrebbe essere una delle cause dell'iperostosi porotica riscontrata in numerosi casi all'interno della necropoli.

Tra le diverse metodiche applicate è opportuno ricordare che la tecnica analitica della spettrometria di massa (ICP-MS) ha permesso di eseguire un'analisi qualitativa e quantitativa degli elementi in traccia, consentendo la determinazione simultanea di alcuni elementi, tuttavia ha lo svantaggio di essere un'analisi distruttiva e di possedere costi elevati. Con le sperimentazioni eseguite riteniamo di aver posto in ogni caso le basi per la creazione di una nuova metodologia analitica che sfrutti strumentazioni meno costose sia in termini economici che temporali, come la spettrometria di fluorescenza portatile (XRF). Attraverso ulteriori studi si intende giungere ad un perfezionamento delle curve di calibrazione della XRF portatile al fine di convertire i dati qualitativi in un'analisi semiquantitativa.

In conclusione questo studio ha fornito un contributo originale e innovativo allo studio dei resti ossei cremati (tutt'ora poco studiati) relativamente all'epoca romana in un approccio multidisciplinare che coniuga metodi antropologici e paleonutrizionali, tecniche macroscopiche e tecniche analitiche. Da sottolineare inoltre la comparazione condotta con tecniche analitiche sui materiali ossei combusti e non combusti provenienti dalla stessa necropoli al fine di identificare differenze alimentari, e in definitiva di censo, per individui sottoposti a riti funerari molto diversi.

Nonostante la necessità di ulteriori approfondimenti metodologici sugli aspetti paleonutrizionali, dalle prime analisi è emerso un quadro caratterizzato da una diversa proporzione carboidrati/carne nell'alimentazione delle persone sottoposte a cremazione rispetto agli inumati, confermando il legame tra minore consumo di cereali/maggiore consumo di carne nelle persone con *status* sociale più elevato e quindi, in definitiva, tra rito della cremazione e *status* sociale più elevato. Sotto il profilo analitico auspichiamo che vi sia la possibilità di approfondire la tematica, determinando cause e provenienza degli apporti di Sr attraverso l'analisi isotopica di questo elemento.

BIBLIOGRAFIA

- ACSÁDI G., NEMESKÉRI J., 1970, "History of Human Life, Span and Mortality". Akademiai Kiadó, Budapest.
- ANGELA A., 2007, "Una giornata nell'antica Roma – Vita quotidiana, segreti e curiosità". Mondadori.
- ANTÒN S.C., 1997, "Endocranial Hyperostosis in Sangiran 2, Gibraltar 1, and Shanidar 5". *American Journal of Physical Anthropology*, 102, pp. 111–122.
- ARMELAGOS G.J., CHRISMAN O.D., 1988, "Hyperostosis Frontalis Interna: a Nubian case". *American Journal of Physical Anthropology*, 76, pp. 25–28.
- ARMIGLIATO A., VALDRE' U., 1980, "Microscopia elettronica a scansione e microanalisi – Parte I e II". Armigliato e Valdrè (ed.), Centro Stampa Lo Scarabeo – Bologna.
- AUFDERHEIDE A.C., & RODRIGUEZ-MARTIZ C., 1998, "The Cambridge Encyclopedia of human paleopathology". Cambridge University Press.
- BABY R.S., 1954, "Hopewell Cremation Practices". Columbus, OH: Ohio Historical Society, Papers in Archaeology, No. 1.
- BARBIERI M., MASI U., TOLOMEO L., 1976, "Distribuzione dello stronzio nei gessi e nelle anidriti delle formazioni evaporitiche dell'Italia centrale". *Rendiconti Soc. Italiana di Mineralogia e Petrologia*, 32, 2, pp. 551-560.
- BASS W.M., 1987, *Human Osteology. A Laboratory and Field Manual of the Human Skeleton*. 3 ED. Missouri Archaeological Society, University of Missouri, Columbia Missouri.
- BAYNES R.D., BOTHWELL T.H., 1990, "Iron deficiency". *Annual Review of Nutrition*, 10: 133-148.

- BENNET J.L., 1999, "Thermal alteration of Buried Bone". *MJournal of Archaeological Science*, 26, pp. 1-8.
- BELCASTRO M.G., FACCHINI F., RASTELLI E., 2006, "Hyperostosis Frontalis Interna and Sex Identification of Two Skeletons from the Early Middle Ages Necropolis of Vicenne-Campochiaro (Molise, Italy)". *Int. J. Osteoarchaeol.*, 16, pp. 506-516.
- BERGER T.E., PETERS J., GRUPE G., 2008, "Life history of a mule (c. 160 AD) from the Roman fort Biriciana/ Weibenburg (Upper Bavaria) as revealed by serial stable isotope analysis of dental tissues". *International Journal of Osteoarchaeology*, DOI: 10.1002/oa 1013.
- BERNABO' BREA M., CARDARELLI A., CREMASCHI M., 1997, "Le terramare. La più antica civiltà padana". Council of Europe Archaeological heritage. Electa 698-702.
- BERTIN E.P., 1975, "Principles and Practice of X-ray spectrometric analysis". Plenum Press. New York.
- BINFORD L.R., 1963, "Analysis of cremations from three Michigan sites", *Wisconsin Archeologist*, 44, 98-110.
- BORGOGNINI TARLI S. & PACCIANI E., 1993, "I resti umani nello scavo archeologico", Bulzoni Editore, Roma, 319 pp.
- BRAUER, 1988, "Osteometrie", in: R. Knussman (Ed.), *Anthropologie: Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Ban 1, Wesen und Methoden der Anthropologie, Teil Wissenschaftstheorie, Geschichte, Morphologische Methoden*, Gustav Verlag, Stuttgart.
- BROTHWELL D.R., 1981, "Diggin up bones. The excavation, treatment and study of human skeletal remains", Institute of Archaeology. University of London. Cornell University Press, Ithaca, New York.

- BUIKSTRA J.E., SWEGLE M., 1989, "Bone modification due to burning: experimental evidence". In: Bone Modification (R. Bonnichsen and M.H. Sorg, eds.), pp. 247-258. Center for the Study of the First Americans, University of Maine, Orono, ME.
- BUIKSTRA J.E., UBELAKER D.H., 1994, "Standards for data collection from human skeletal remains". Research Series, 44,. Arkansas Archaeological Survey, Fayetteville.
- BURTON J.H., PRICE T.D, 1990, "The ratio of barium to strontium as a paleodietary indicator of consumption of marine resources". J.Archaeol. Sci. 17, pp. 547-557.
- CANCI A. & MINOZZI S., 2005, "Archeologia dei resti umani – Dallo scavo al laboratorio", Carocci Editore, Roma, 255 pp.
- CAPASSO L., 2001, "I fuggiaschi di Ercolano. Paleobiologia delle vittime dell'eruzione vesuviana del 79 d.C.". L'ERMA di Bretschneider: Roma.
- CAPASSO L., 2007, "Infectious diseases and eating habits at Herculaneum (1st Century AD, Southern Italy)". International Journal of Osteoarchaeology, 17, pp 350-357.
- CAPONE C., 2004, "Uomini in cenere – La cremazione dalla preistoria a oggi", Editori Riuniti, Roma, 113 pp.
- CARDACI A., 1999, "Gli atti rituali nelle necropoli italiane ad incinerazione dell'età del Bronzo recente e finale". *Archivio per l'Antropologia e la Etnologia*, CXXIX, 251-260.
- CASTELLETTI L., 1999, "Storie naturali ed umane della città dei morti". In: Luraschi G., Castelletti L., Piovan C., "Storia di Mariano Comense – Dalla Preistoria all'Alto Medioevo", vol. 1, Ed. Società Archeologica Comense.
- CASTIGLIONI E., COTTINI M., ROTTOLI M., 1999, "Mariano, Via T.Grossi: analisi archeobotaniche." In: Luraschi G., Castelletti L., Piovan C., "Storia di Mariano Comense – Dalla Preistoria all'Alto Medioevo", vol. 1, Ed. Società Archeologica Comense.

- CASTIGLIONI E., MOTELLA DE CARLO S., ROTTOLI M., 1992, "Il combustibile nelle cremazioni dell'Italia nord-orientale". In *Bull. Soc. bot. Fr.*, 139, *Actual. Bot.* (2/3/4), 311-318.
- CATTANEO C., GRANDI M., 2004, "Antropologia e Odontologia Forense – Guida allo studio dei resti umani", Monduzzi Editore, Bologna, 293 pp.
- CAVALLARI C., 2008, "Riti funerari non convenzionali in una necropoli di età imperiale: il caso delle tombe 109, 161 e 244 della Stazione Centrale di Bologna. Le indagini archeologiche". *Pagani e Cristiani – Forme ed attestazioni di religiosità del mondo antico in Emilia*, 7, pp. 31-44.
- CESAREO R., GIGANTE G.E., CASTELLANO A., IWANCKYK J.S., 2000, "Portable Systems for Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Analysis". *Encyclopedia of analytical Chemistry*, curata da R.A. Meyers, ed. John Wiley & Sons, 13327-13338.
- CESARI L., 2008. "Riti funerari non convenzionali in una necropoli di età imperiale: il caso delle tombe 109, 161 e 244 della Stazione Centrale di Bologna – Alcune ipotesi interpretative." *Pagani e Cristiani – Forme ed attestazioni di religiosità del mondo antico in Emilia*, 7, pp. 69-82.
- CHAMPEAUX J., 1998, "La religione dei romani", Edizioni il Mulino, 198 pp.
- CHESCOE D., GOODHEW P.J., 1990, "The Operation of Transmission and Scanning Electron Microscopes". Oxford University Press.
- CORNELIO CASSAI C., 2008. "Riti funerari non convenzionali in una necropoli di età imperiale: il caso delle tombe 109, 161 e 244 della Stazione Centrale di Bologna. Nota introduttiva". *Pagani e Cristiani – Forme ed attestazioni di religiosità del mondo antico in Emilia*, 7, pp.29-30.

- CORNELIO CASSAI C., CAVALLARI C., 2009. "Riti funerari non convenzionali in una necropoli di età imperiale: il caso della tomba 76". *Pagani e Cristiani – Forme ed attestazioni di religiosità del mondo antico in Emilia*, 8, pp.103-110.
- CORNELIO CASSAI C., CAVALLARI C., 2009bis. "Le tombe 76, 109, 161, e 244 della necropoli romano-imperiale (I-III sec. d.C) della nuova stazione dell'Alta Velocità di Bologna". In: Belcastro M.G., Ortalli J. (a cura di) "Sepolture anomale. Indagini archeologiche e antropologiche dall'epoca classica al Medioevo in Emilia Romagna". *Quaderni di Archeologia dell'Emilia Romagna*, 28, 2009, pp. 85-93.
- COZZA F., RUTA SERAFINI A., 2007. "I colori della terra. Storia stratificata dell'area urbana del Collegio Ravenna a Padova". A cura di: F.Cozza, A., Ruta Serafini, *Società archeologica veneta*, 255 p.
- CURINA R., MARVELLI S., MARCHESINI M., PINI L., 2010. "Le indagini archeobotaniche: ricostruzione del paesaggio, ambiente e attività antropica". In: Curina R., Marvelli S., Marchesini M., Pini L. (a cura di) " Il tempo svelato...da Felsina a Bononia: lo scavo di via D'Azeglio". Museo Archeologico Ambientale, guida.
- DEMOULIN F., 1972, "Importance de Certaines mesures craniennes (en particulier de la longueur sagittale de la mastoide) dans la détermination sexuelle des cranes". *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 9: 259–264.
- DEVRIENDT W., PIERCECCHI-MARTI M.D., ADALIAN P., SANVOISIN A., DUTOUR O., LEONETTI G., 2005, "Hyperostosis frontalis interna: forensic issues". *Journal of Forensic Sciences*, 50, pp. 1–4.
- DJINGOVA R., ZLATEVA B, KULEFF I., 2004, "On possibilities of inductively coupled plasma mass spectrometry for analysis of archaeological bones for reconstruction of paleodiet". *Talanta*, 63, pp. 785-789.

- DRUSINI A.G., ONISTO N., RANZATO C., 1995, "Antropological study of cremated bones from Northern Italy (IX century B.C.- III century A.D.). Cremation studies in archaeology". Logos edizioni. Amsterdam, 51-72.
- DRUSINI A.G., RIPPA BONATI M., 1988, "Esame antropologico dei reperti ossei". In: Balista C., Drusini A.G., Rippa Bonati M., Ruta Serafini A. (ed.) "I resti umani cremati della necropoli Ricovero di Este: metodi di studio e prospettive". *Quaderni di Archeologia del Veneto*, serie IV, pp. 268-286.
- DUDAY H., 2005, "Lezioni di Archeotanatologia – archeologia funeraria e antropologia di campo". Soprintendenza Archeologica di Roma.
- DUPONT F., 1997, "Grammatica dell'alimentazione e dei pasti romani". In: Flandrin J., Montanari M., editors. *Storia dell'alimentazione*. Roma-Bari: Editori Laterza, pp. 145-160.
- ESSIEN ETOK S., VALSAMI-JONES E., WESS T.J., HILLER J.C., MAXWELL C.A., ROGERS K.D., MANNING D.A.C., WHITE M., LOPEZ-CAPEL E., COLLINS M.J., BUCKLEY M., PENKMAN K.E.H., WOODGATE S.L., 2007, "Structural and chemical changes of thermally treated bone apatite". *J. Mater Sci*, 42, pp. 9807-9816.
- FABIG A., HERRMANN B., 2002, "Trace elements in buried human bones: intra-population variability of Sr/Ca and Ba/Ca ratios – diet or diagenesis?". *Naturwissenschaften*, 89, pp. 115-119.
- FACCHINI F., 1995, "Antropologia - Evoluzione, uomo, ambiente." Utet
- FACCHINI F., RASTELLI E., BRASILI P., 2004, "Cribra orbitalia and cribra cranii in Roman Skeletal Remains from the Ravenna Area and Rimini (I-IV Century A.D)". *Int. J. Osteoarchaeol.*, 14, pp. 126-136.
- FAIRGRIEVE S.I., 2008, "Forensic Cremation – Recovery and Analysis". CRC Press.

- FUBINI E., 2009, "Ergonomia antropologica (vol.1). La variabilità umana nelle interazioni uomo-sistemi tecnologici". Ed. Franco Angeli.
- GEJVALL N-G., 1963, "Cremation". In: Brothwell D.R., Higgs E., Clark G. (eds.), "Science in Archaeology". Thames & Hudson, London, 379-390.
- GILLESPIE R. & ROBERTS R. G., 2000, "On the reliability of the age estimates for human remains at Lake Mungo". *J.Hum. Evol.* 38, 727-732.
- GRUPE G., HUMMEL S., 1991, "Trace Element Studies on Experimentally Cremated Bone. I. Alteration of the Chemical Composition at High Temperatures". *Journal of Archaeological Science*, 18, pp. 177-186.
- HALLIDAY D., RESNICK R., WALKER J., 1998, "Fondamenti di fisica". 4° Edizione. Casa Editrice Ambrosiana.
- HERRMANN B., 1977, "On histological investigations of cremated human remains". *Journal of Human Evolution*, 6: 101-103.
- HINCAK Z., MIHELIC D., BUGAR A., 2007, "Cremated human and animal remains of the Roman Period – Microscopic method of analysis (Sepkovcica, Croatia)". *Coll. Antropol.*, 31, 4, pp. 1127-1134.
- HOLLAND T.D., O'BRIAN M.J., 1997, "Parasites, porotic hyperostosis and the implications of changing perspective". *American Antiquity*, 62, pp. 183-193
- HOLCK P., 1997, "Cremated bones" 3 ED. Antropologiske Skrifter nr. 1c, Anatomical Institute, University of Oslo.
- HUMMEL S., SCHUTOWSKI H., 1986, "Das Verhalten von Knochengewebe unter dem Einfluß höherer Temperaturen. Bedeutungen für die Leichenbranddiagnose". *Z. Morph. Anthrop.*, 77, 1, pp. 1-9.

- HUXLEY A. K., 1998, "Analysis of shrinkage in human fetal diaphyseal length from fresh to dry bone using Petersohn and Köhler's data". *Journal of Forensic Sciences*, 43 (2), pp. 423-426.
- HUXLEY A. K., KÓSA, 1999, "Calculation of percentage shrinkage in human fetal diaphyseal lengths from fresh bone to carbonized and calcined bone using Petersohn and Kohler's data". *Journal of Forensic Sciences*, 44 (3), pp. 577-583.
- INTRONA J., DI VELLA G., CAMPOBASSO C., 1998, "Sex determination by discriminant function analysis of patella measurements". *Forensic Sci. Int.*, 95, pp- 39-45.
- ISCAN M.Y., KENNEDY K.A.R., 1989, "Reconstruction of Life from Skeleton". Alan Liss, New York.
- KACZANOWSKI K., GLAB H., SZOSTEK K., 1996, "Influence of crematory processes on trace element content in human teeth". *Variability and Evolution*, Vol. 5, pp. 95-100.
- KEMKES-GROTTENTHALER A., 2005, "Sex determination by discrimination analysis: an evaluation of the reliability of patella measurements". *J.Forensic Sci.*, 147, pp. 129-133.
- KEPLINGER L.K., 1992, "Innovative approaches to the study of past human health and subsistence strategies". In: *Skeletal Biology of Past Peoples, Research Methods*, Sounders S.R., Katzenberg M.A., (eds). Wiley-Liss: New York, pp. 121-130.
- KORFLAGHARI M.P., ROWELL D.L., 2006, "The role of gypsum in the reactions of phosphate with soils". *Geodema*, 132, pp. 105-115.
- KROGMAN W.M., 1962, "The human skeleton in forensic medicine". C.C. Thomas, Springfield, Ill.
- KROGMAN W. M., ISCAN M. Y., 1986, "The Human Skeleton in Forensic medicine". Charles C. Thomas, Springfield.

- KYLE J.H., 1986, "Effect of post-burial contamination on the concentration of major and minor elements in human bones and teeth. The implications for palaeodietary research". *J Archaeol Sci*, 13, pp. 403-416.
- LALLO J.W., ARMELAGOS G.J., MENSFORTH R.P., 1977, "The role of diet, disease, and physiology in the origin of porotic Hyperostosis". *Human Biology*, 49, 3, pp. 471-483.
- LARSEN C.S., 1997, "Bioarchaeology". Interpreting Behaviour from the Human Skeleton. Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom.
- LOVEJOY C.O., MEINDL R.S., PRYZBECK T.R., MENSFORTH R.P., 1985, "Chronological Metamorphosis of the Auricular Surface of the Ilium: a new method for determination of adult skeletal age at death". *American Journal of Physical Anthropology*, 68, pp. 15-28.
- MACKIE A., TOWNSHEND A., WALDRON H.A., 1975, "Lead concentrations in bones from Roman York". *Journal of Archaeological Science*, 2, pp. 235-237.
- MAGNANI S., 2003, "Geografia storica del mondo antico". Il Mulino, Bologna, pp. 173.
- MAIOLI M.G., 2009, "I chiodi in epoca romana. Utilizzo e significati rituali". In: Belcastro M.G., Ortalli J. (a cura di) "Sepolture anomale. Indagini archeologiche e antropologiche dall'epoca classica al Medioevo in Emilia Romagna". *Quaderni di Archeologia dell'Emilia Romagna*, 28, 2009, pp. 163-166.
- MALINOWSKI A., PORAWKI R., 1969, "Identifikationsmöglichkeiten menschlicher Brandknochen mit besonderer Berücksichtigung ihres Gewichts". *Zacchia*, 44, vol V, 3, pp. 1-19.
- MALLEGNI F., 2005, "Memorie dal sottosuolo e dintorni – Metodologie per un recupero e trattamenti adeguati dei resti umani erratici e da sepolture". Edizioni Plus, Pisa, pp. 175.
- MALLEGNI F., 2001, "Come eravamo. L'evoluzione umana alla luce delle più recenti acquisizioni". LTU Guarguaglini, Pisa, 425 pp.

- MARCHESINI M., MARVELLI S., 2006, "Studio Antropologico delle tombe a cremazione". In: Fede Berti (a cura di) "*Mors inmatura – I Fadieni e il loro sepolcreto*". *Quaderni di Archeologia dell'Emilia Romagna*, 16, pp. 167-170.
- MARVELLI S., MARCHESINI M., LAMBERTINI F., 2009, (a cura di) "Sui sentieri delle ombre. Antichi frammenti di vite ritrovate – Le tombe villanoviane di San Giovanni in Persiceto" Museo Archeologico Ambientale (guida).
- MARTIN R., SALLER K., 1957, "Lehrbuch der anthropologie". Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- MAYS S., 1998, "The Archaeology of Human Bones". Routledge, London.
- MCKINLEY J., 1994, "Bone fragment size in British cremation burials and its implications for pyre technology and ritual". *Journal of Archaeological Science* 21, 339-342.
- MENSFORTH R.P., 1990, "Paleodemography of the Carlston Annis (Bt-5) late archaic skeletal population". *American Journal of Physical Anthropology*, 82, pp. 81-99.
- MILELLA M., BELCASTRO M.G., MARIOTTI V., 2008, "Riti funerari non convenzionali in una necropoli di età imperiale: il caso delle tombe 109, 161 e 244 della Stazione Centrale di Bologna. Considerazioni preliminari sulla ritualità funeraria: le indagini antropologiche", *Pagani e Cristiani – Forme ed attestazioni di religiosità del mondo antico in Emilia*, 7, 2008, pp. 45-82.
- MILELLA M., MARIOTTI V., BELCASTRO M.G., 2009, "Un possibile caso di infissione rituale di chiodi: la tomba 76 della necropoli di età imperiale della Stazione Centrale di Bologna", *Pagani e Cristiani – Forme ed attestazioni di religiosità del mondo antico in Emilia*, 8, 2009, pp. 111-132.
- MILELLA M., MARIOTTI V., BELCASTRO M.G., 2009bis, "Le tombe 76, 109, 161, e 244 della necropoli romano-imperiale (I-III sec. d.C) della nuova stazione dell'Alta Velocità di Bologna. Analisi Antropologiche". In: Belcastro M.G., Ortalli J. (a cura di) "Sepolture

anomale. Indagini archeologiche e antropologiche dall'epoca classica al Medioevo in Emilia Romagna". *Quaderni di Archeologia dell'Emilia Romagna*, 28, 2009, pp. 94-102.

MONTEVECCHI G., 2009, "Balsamari in epoca romana. Utilizzo e significati rituali". In: Belcastro M.G., Ortalli J. (a cura di) "Sepolture anomale. Indagini archeologiche e antropologiche dall'epoca classica al Medioevo in Emilia Romagna". *Quaderni di Archeologia dell'Emilia Romagna*, 28, 2009, pp. 167-171.

NAPPINI R., 1999, "Alcune osservazioni sulle pratiche funerarie dal Neolitico all'antica età del Bronzo". *Archivio per l'Antropologia e l'Etnologia*, CXXIX, 261-272.

NERI V., 1985, "L'alimentazione povera nell'Italia romana". Atti del convegno L'alimentazione nell'antichità. Parma 2-3 maggio 1985. Archeoclub di Parma dell'Archeoclub d'Italia.

NORÈN. A., LYNNERUP. N., CZARNETZKI A., GRAW M., 2005, "Lateral angle: a method for sexing using the petrous bone". *American Journal of Physical Anthropology*, 128, pp. 318-323 (2005).

ONISTO N., 2006, "Studio Antropologico delle tombe a cremazione". In: Fede Berti (a cura di) "Mors inmatura – I Fadieni e il loro sepolcreto". *Quaderni di Archeologia dell'Emilia Romagna*, 16, pp. 167-170.

ONISTO N., DRUSINI A.G., 1999, "Analisi morfologica, diffrattometrica e termica di resti ossei dalle necropoli a incinerazione di età romana di Altino (Venezia)". In: *Quaderni di Archeologia Veneto*, 15, 1999, pp. 160-167.

ORTALLI J., 2009, "Morti inquiete e tombe anomale tra storia, antropologia e archeologia". In: Belcastro M.G., Ortalli J. (a cura di) "Sepolture anomale. Indagini archeologiche e antropologiche dall'epoca classica al Medioevo in Emilia Romagna". *Quaderni di Archeologia dell'Emilia Romagna*, 28, 2009, pp. 23-37.

- ORTNER D.J., 2003, "Identification of pathological condition in human skeletal remains". Second Edition, Academic Press.
- PANCALDI P., 2002, "Revenants e paura dei morti. Considerazioni sulle ritualità funerarie in alcuni complessi sepolcrali tra l'età del ferro e l'età romana", *Pagani e Cristiani – Forme ed attestazioni di religiosità del mondo antico in Emilia*, 2, 2002, pp. 13 - 51.
- PANCALDI P., MARVELLI S., MARCHESINI M., (a cura di) "Museo archeologico Ambientale" Comune di San Giovanni in Persiceto (guida).
- PESAVENTO MATTIOLI S., 2005, "Le anfore da allume: l'apporto di Padova. Bilancio e prospettive". In: *L'alun de Méditerranée. Colloque International (Napoli, Lipari 2003)*, a cura di P.Borgad, J.P. Brun, M.Picon, Naples/Aix en Provence (Collection du Centre Jean Berard, 23), pp. 177-185.
- PRICE T.D., 1989, "The chemistry of prehistoric human bone". T.D.Price (Ed.), School of American Research advanced seminar series.
- PIJOAN C.M.A., MANSILLA J., LEBOREIRO I., 2007, "Thermal alterations in Archaeological bones". *Archaeometry*, 49, 4, pp. 713-727.
- RADOSEVICH S.C., 1993, "The six deadly sins of trace element analysis: a case of wishful thinking in science". In: Sandford MK, editor. *Investigations of ancient human tissue. Chemical analyses in anthropology*. Gordon and Breach Science Publishers; pp. 269-332.
- RAFFAELLI A., 1999, "Che cos'è la Spettrometria di Massa" – 2a Edizione. Traduzione dalla 3a Edizione Americana di "What is Mass Spectrometry", Società Chimica Italiana, Divisione di Spettrometria di Massa, Pavia.
- RAPTI-CAPUTO D., PAVANELLI D., VACCARO C., 2008, "Composizione geochimica del solido sospeso fluviale: uno strumento per l'analisi ambientale". *Il Quaternario. Italian Journal of Quaternary Sciences*, 21, 1B, pp. 169-182.

- RATHBUN T.A., RATHBUN B.C., 1984, "Human remains recovered from a shark's stomach in South Carolina". *J. Forensic Sci.*, 29, pp. 269-276.
- REICHS K.J., 1998, "Forensic Osteology: Advances in the Identification of Human". Second Edition, C.C.Thomas Publisher.
- RICCI R., MANCINELLI D., VARGIU R., CUCINA A., SANTANDREA E., CAPELLI A., CATALANO P., 1997, "Pattern of porotic hyperostosis and quality of life in a II century A.D. farm near Rome". *Rivista di Antropologia (Roma)*, 75, pp. 117-128.
- ROBERTS C., MANCHESTER K., 1995, "The Archaeology of Disease" (2nd ed.). Cornell University Press: New York.
- RUBINI M., LICITRA M., BALEANI M., 1997, "A study of cremated human remains from an urn field dating to the final phase of the Bronze Age, found at "Le Caprine" (Guidonia, Rome, Italy 10th-9th century B.C.)." *International Journal of Anthropology*, Vol.12, N.2, pp. 1-9.
- RUPKE J., 2001, "La religione dei Romani". Biblioteca Einaudi. Einaudi.
- SANDBERG A.S., 1996, "Food processing influencing iron bioavailability". In: *Iron Nutrition in Health and Disease*, Hallberg L, Asp N-G (eds). John Libbey: London, pp. 349-358.
- SANDSTEAD H.H, 1992, "Fiber, phytates, and mineral nutrition". *Nutrition Review*, 50, pp. 30-31.
- SALVADEI L., RICCI F., MANZI G., 2001, "Porotic Hyperostosis as a Marker of health and nutritional conditions during childhood: studies at the transition between imperial Rome and the Early Middle Ages". *American Journal of human biology*, 13, pp. 709-717.
- SCATTARELLA V., DE LUCIA A., MELONE N., 1982, "Analisi morfologica e diffrattometrica dei resti ossei della necropoli ad incinerazione di Egnazia (Brindisi)". *Antropologia Contemporanea*, Vol 5, N 3-4, pp. 269-278.

- SCHMIDT H.M., DAHN P., 1977, "Die postnatale Entwicklung des menschlichen Os temporale I".
Gegenbaurs Morphol Jahrb, 123, pp. 484–513
- SCHMIDT C.W., SYMES S.A., 2008, " The analysis of burned human remains". Academic Press,
Elsevier.
- SHAFER M.M., SIKER M., OVERDIER J.T., RAMSL P.C., TESCHLER-NICOLA M., FARRELL P.M., 2008,
"Enhanced methods for assessment of the trace element composition of Iron Age bones."
Science of the Total Environment, 401, pp. 144-161.
- SHIPMAN P., FOSTER G., SCHOENINGER M., 1984, "Burnt bones and teeth: an experimental study
of color, morphology, crystal structure and shrinkage". *Journal of Archaeological Science*,
11, pp. 307-325.
- SMRČKA V., 2005, " Trace elements in bone tissue". Charles University in Prague The Karolinum
Press pp. 213.
- SPENCE T.F., 1967, "The anatomical study of cremated fragments from archaeological sites". In:
Proceedings of the Prehistoric, 5, pp. 70-83.
- STEELE D.G., 1976, "The Estimation of Sex on the Basis of the Talus and Calcaneus". *American
Journal of Physical Anthropology* 45, pp. 581-588.
- STEWART T.D., 1979, " Essential of Forensic Anthropology". Springfield, Illinois: Charles C. Thomas.
- SUBIRA M.E., MALGOSA A., 1993, "The Effect of Cremation on the Study of Trace Elements".
International Journal of Osteoarchaeology, Vol.3, pp. 115-118.
- SZOSTEK K., GLAB H., SZCZEPANEK A., KACZANOWSKI K., 2003, "Trace element analysis of Bronze
Age skeletal and crematory graves from Southern Poland for diet reconstruction". *HOMO*,
Vol. 53/3, pp. 235-246.

- UBELAKER D.H., 1989, "Human Skeletal Remains". Second Edition, Taraxacum, Washington.
- VAN GENNEP A., 1981, "I riti di passaggio", Universale Bollati Boringhieri.
- VAN VARK.G.N., 1975, "The investigation of human cremated skeletal material by multivariate statistical methods, II.Measures". *Ossa*, 1, pp. 47-68.
- WALDRON H.A., MACKIE A., TOWNSHEND A., 1976, "The lead content of some Romano-British bones". *Archaeometry* 18, pp. 221-227.
- WALDRON H.A., 1982, "Human bone lead concentrations". In: *Romano-British Cemeteries at Cirencester*, McWhirr A., Viner L., Wells C (eds). Alan Sutton Publishing Limited: Gloucester, Great Britain; 2, pp. 203-204.
- WAHL J., 1981, "Ein Beitrag zur metrischen Geschlechtsdiagnose verbrannter und unverbrannter menschlicher Knochenreste ausgearbeitet an der *Pars petrosa ossis temporalis*". *Z Rechtsmed*, 86, pp. 79-101.
- WAHL J., GRAW M., 2001, "Metrix sex differentiation of the pars petrosa ossis temporalis". *International Journal of Legal Medicine*, 114, 4-5, pp. 215-223.
- WALKER P., 1986, "Porotic hyperostosis in marine-dependent California Indian population". *American Journal of Physical Anthropology*, 69, pp. 345-354.
- WATROUS A.C., ANTON S.C., PLOURDE A.M., 1993, "Hyperostosis frontalis interna in ancient Egyptians". *American Journal of Physical Anthropology*, Suppl. 16, pp. 205.
- WELLS C., 1960, "A study of cremation". *Antiquity*, 133, pp. 29-37.
- WORKSHOP OF EUROPEAN ANTHROPOLOGISTS (WEA), 1980, "Recommendations for Age and Sex Diagnoses of Skeletons". *Journal of Human Evolution*, 9, pp. 517-549.

ZAICHICK V., ZAICHICK S., KARANDASHEV V., NOSENKO S., 2009, "The effect of Age and Gender on Al, B, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, P, S, Sr, V, and Zn contents in rib bone of healthy humans". *Biol Trace Elem Res*, 129, pp. 107-115.

ZAPATA J., PEREZ-SIRVENT C., MARTINEZ-SANCHEZ M.J., TOVAR P., 2006, "Diagenesis, not biogenesis : two late Roman skeletal examples". *Science of the Total Environment*, 369, pp 357-368.

ZLATEVA B., DJINGOVA R., KULEFF I., 2003, "On the possibilities of ICP-AES for analysis of archaeological bones". *CEJC Central European Science Journal*, 3, 2003, pp. 201-221.

RINGRAZIAMENTI

Numerose sono le persone che desidero ringraziare per aver contribuito alla realizzazione di questo lavoro.

Ringrazio la Prof.ssa Emanuela Gualdi che mi ha dato la possibilità di approfondire nel corso di questi tre anni tematiche interessanti e appassionanti dell'antropologia.

Ringrazio la Prof.ssa Carmela Vaccaro per il suo contributo nell'analisi paleonutrizionale eseguita in questo lavoro; ringrazio inoltre il Dott. Renzo Tassinari per la professionalità e l'efficienza delle analisi chimiche condotte in questo studio.

Desidero ringraziare la Dott.ssa Caterina Cornelio e la Soprintendenza dei Beni Archeologici dell'Emilia Romagna per aver consentito lo studio dei reperti della necropoli della Stazione Centrale di Bologna. Il mio ringraziamento è rivolto anche alla Prof.ssa Maria Giovanna Belcastro e al Dott. Marco Milella per aver messo a disposizione parte del materiale oggetto di questo studio.

Ringrazio inoltre la Dott.ssa Lisa Volpe per l'aiuto e la disponibilità dimostratami nell'esecuzione delle analisi spettrometriche eseguite sui reperti studiati. Un sincero ringraziamento è rivolto anche ai ragazzi del Dip. Di Scienze della Terra in particolare al Dott. Dario Di Giuseppe, alla Dott.ssa Emanuela Marin, alla Dott.ssa Sabrina Russo e al Dott. Salvatore Pepi per l'aiuto fornitomi durante le analisi chimiche.

Un ringraziamento di cuore è rivolto a Simonetta Zonari e alle Dott.sse Luciana Zaccagni e Nicoletta Onisto per il loro sostegno durante questi tre anni, i loro consigli e la loro disponibilità e per le lunghe chiacchierate.

Ringrazio i colleghi e le studentesse di antropologia che in questi anni si sono susseguiti: Vanessa, Alessandro, Erica, Elisa C., Elisa S. e Barbara.

Infine il ringraziamento più grande è rivolto alla mia famiglia che sempre appoggia e sostiene ogni mia scelta e mi aiuta ad affrontare ogni difficoltà. A mio marito Dino che mi è sempre vicino e che ha condiviso con me gioie e dolori di questo cammino. Un pensiero e un ringraziamento speciale è rivolto a chi non c'è più ma che ha sempre creduto in me e resterà nel mio cuore per sempre.

INDICE

CAPITOLO I

L'ANALISI ANTROPOLOGICA

1.1 Introduzione	pag.	1
1.2 L'analisi paleodemografica	>>	2
1.3 L'analisi paleopatologica	>>	3
1.4 L'analisi paleonutrizionale	>>	4
1.5 Scopi e finalità del presente lavoro	>>	5

CAPITOLO II

LA CREMAZIONE

2.1 Storia	>>	8
2.1.1 Origini della cremazione	>>	8
2.1.2 La cremazione in Europa	>>	12
2.1.3 Significato della cremazione	>>	15
2.1.4 La cremazione oggi	>>	16
2.1.5 La cremazione nel mondo	>>	18
2.2 Il rituale funerario	>>	20
2.2.1 Il combustibile nelle cremazioni dell'Italia nord-orientale	>>	25
2.3 La combustione	>>	26
2.4 Effetti dell'incinerazione	>>	30
2.4.1 Alterazioni termiche nell'osso	>>	35
2.4.2 Alterazioni termiche nei denti	>>	44
2.5 Le condizioni dei materiali	>>	48
2.6 Prime indagini sui resti ossei cremati	>>	52

CAPITOLO III

L'ANALISI PALEONUTRIZIONALE

3.1 L'analisi chimica degli elementi in traccia nell'osso	>>	54
3.2 Fisiologia del tessuto osseo	>>	56

3.3 Classificazione e funzione degli elementi	>>	58
3.3.1 Elementi principali assunti	>>	59
3.3.2 Problematiche nell'interpretazione dei dati	>>	62
3.4 Alterazioni diagenetiche degli elementi nell'osso	>>	63
3.4.1 Suoli ed acque	>>	64
3.4.2 Piante, funghi, batteri e animali	>>	66
3.4.3 Identificazione della diagenesi	>>	67
3.5 Tecniche analitiche	>>	69

CAPITOLO IV

IL CONTESTO STORICO: L'EPOCA ROMANA

4.1 L'occupazione del territorio	>>	71
4.1.1 Il paesaggio naturale e antropico in epoca romana	>>	74
4.2 Religione e ritualità romana	>>	76
4.2.1 La credenza nel <i>revenant</i>	>>	78
4.2.2 Il rituale crematorio romano	>>	80
4.3 La necropoli romana della Stazione Centrale di Bologna	>>	83
4.3.1 La necropoli	>>	83
4.3.2 Il rituale funerario della necropoli AV di Bologna	>>	91
4.3.3 I chiodi nel contesto funebre: significato simbolico	>>	105
4.3.4 Elementi di corredo funerario: i balsamari	>>	107

CAPITOLO V

MATERIALI E METODI

5.1 Materiali	>>	110
5.2 Metodologie antropologiche	>>	110
5.2.1 Setacciatura, lavaggio e restauro dei materiali	>>	111
5.2.2 Separazione dei frammenti ossei e riconoscimento	>>	111
5.2.3 Determinazione del numero minimo di individui	>>	114
5.2.4 Determinazione del sesso	>>	115
5.2.5 Determinazione dell'età	>>	131
5.2.6 Analisi paleopatologica	>>	142

5.2.7 Determinazione della temperatura di combustione	>>	143
5.2.8 Peso dei resti ossei cremati	>>	149
5.2.9 Analisi ossa animali	>>	150
5.2.10 Scheda di lavoro	>>	151
5.2.11 Strumentazioni antropologiche	>>	155
5.3 Metodologie fisico-chimiche	>>	155
5.4 Metodologie statistiche	>>	166

CAPITOLO VI

RISULTATI	>>	167
6.1 Analisi antropologica	>>	167
6.1.1 Tipologie tombali e numero minimo di individui	>>	167
6.1.2 Analisi unità stratigrafiche	>>	168
6.1.3 Determinazione del sesso	>>	171
6.1.4 Determinazione dell'età	>>	171
6.1.5 Misurazioni osteometriche	>>	173
6.1.6 Misurazioni angoli rocche petrose del temporale	>>	178
6.1.7 Frequenze degli elementi anatomici riconoscibili	>>	180
6.1.8 Determinazione della temperatura: analisi dei colori	>>	184
6.1.9 Determinazione del peso dei resti ossei cremati	>>	187
6.1.10 Determinazione di anomalie e patologie	>>	193
6.1.11 Ossa animali e resti botanici	>>	199
6.2 Risultati paleonutrizionali	>>	201
6.2.1 Analisi allo stereomicroscopio e al microscopio a scansione elettronica	>>	201
6.2.2 Analisi degli elementi in traccia con tecnica analitica ICP-MS	>>	212
6.2.3 Analisi degli elementi con tecnica analitica XRF portatile	>>	224
6.2.4 Analisi degli elementi in traccia attraverso XRF classica	>>	225
6.2.5 Analisi del suolo	>>	228

CAPITOLO VII

DISCUSSIONE	>>	233
-------------	----	-----

CONCLUSIONI	>>	264
BIBLIOGRAFIA	>>	269
RINGRAZIAMENTI	>>	285