

La Fisica e...le mummie?

Maria Grazia Bridelli

Negli ultimi 50 anni sempre più spesso e con applicazioni sempre più ampie, le tecniche della fisica sono state utilizzate per studiare reperti di interesse archeologico. Gli esempi sono tantissimi e vanno dalle analisi di composizione, provenienza e datazione di materiali lapidei, quali selci, pietre tombali, malte e pietre per la costruzione, a ceramiche, terrecotte, vetri e pigmenti pittorici.

Ma recentemente a questi studi si sono affiancati quelli che riguardano anche i reperti di tipo biologico tra i quali in particolare **le mummie**, che costituiscono i più misteriosi ed affascinanti testimoni del passato. Con l'impiego di queste tecniche una mummia diventa archivio di informazioni in una grande varietà di ambiti della ricerca. Dal punto di vista storico ed antropologico è fonte di informazioni sulle tecniche di cura dei defunti messe in atto dalle antiche civiltà; per quanto riguarda lo studio dei tessuti biologici (pelle, ossa,...) rappresenta un vero e proprio laboratorio di ricerca sui meccanismi di "sopravvivenza" delle macromolecole biologiche che li costituiscono, che si sono conservate quasi intatte fino a noi attraverso centinaia e migliaia di anni; funge da spunto di riflessione inoltre per far luce su processi molecolari di alcune malattie o da sorgente di ispirazione per la progettazione di biomateriali innovativi, e nell'ambito della conservazione museale, può suggerire strumenti idonei al trattamento e alle strategie di conservazione dei beni del patrimonio culturale. Una mummia rappresenta insomma una "finestra sul passato" e lo spunto per un'ampia ricerca multidisciplinare.

Quando si parla di mummie, il pensiero corre immediatamente alle mummie dell'antico Egitto, ma in realtà la pratica della conservazione dei corpi dei defunti è diffusa quasi ovunque nel mondo, ed è stata praticata in tutti i tempi, fino a quelli attuali.

Dal punto di vista antropologico le mummie possono essere suddivise in tre categorie:

- 1) mummie naturali, prodotte da eventi naturali o favorevoli condizioni ambientali. Ambienti eterogenei ne hanno favorito la formazione: l'alta montagna, il deserto, aree ghiacciate...La più famosa è Ötzi, la mummia del Similaun conservata al Museo archeologico di Bolzano (Fig. 1A);
- 2) mummie antropogeniche, cioè create dall'azione dell'uomo. Motivazioni generalmente religiose spinsero a perfezionare procedimenti artificiali con l'utilizzo di sostanze chimiche: gli esempi più noti sono le mummie egizie imbalsamate;
- 3) mummie spontanee ovvero esposte dall'uomo a condizioni ambientali favorevoli al processo: gli esempi sono tantissimi e sparsi in tutto il mondo, dalle mummie predinastiche egiziane, esposte all'essiccamento nelle sabbie del deserto, a quelle pre-colombiane del Sud America (Fig. 1B) soggette alle basse temperature delle cime delle montagne, ai bog bodies delle torbiere del nord Europa.



Fig:1. A sinistra (A) una mummia naturale, Ötzi, la mummia dei ghiacci (3350 a.C), scoperta il 19 settembre 1991 nei pressi del giogo di Tisa, in Val Senales, Alto Adige, e conservata al Museo di Archeologia di Bolzano.

A destra (B) una mummia spontanea, la "Doncella de Llullaillaco", mummia Inca, risalente a circa 500 anni fa, di una bambina vittima di una cerimonia sacrificale, rinvenuta nel 1999 in prossimità della cima del vulcano Llullaillaco, in Argentina

Ma in che cosa e quanto si differenzia un tessuto biologico mummificato da uno “in vita”?

Innanzitutto è bene precisare che quando si parla di **mummificazione** ci si riferisce ai tessuti molli, cioè pelle e muscoli, e non a quelli ossei. Questi ultimi subiscono alterazioni nel tempo che vanno sotto al nome di **diagenesi** e che portano alla conservazione della componente minerale, con modificazioni strutturali legate alle condizioni di inumazione, a discapito della frazione organica.

La differenza principale tra un tessuto vivo e uno mummificato è senz’altro nella quantità di acqua che in quest’ ultimo è presente in bassissime quantità. Naturalmente la deprivazione di acqua, se da una parte evita effetti di deterioramento quali putrefazione e suppurazione, dall’altro non lascia i componenti molecolari del tessuto indifferenti o inalterati. Poiché le macromolecole biologiche, quali proteine o acidi nucleici, nel loro stato naturale e quindi funzionale sono idratate, reagiscono alla sottrazione di acqua modificando la propria struttura e dando origine a reazioni biochimiche che, in un certo qual modo, le mettono al riparo da alterazioni strutturali troppo distruttive. Queste reazioni, che potremmo definire “riparative”, sono alla base della conservazione nel tempo dei tessuti mummificati.

Lo studio scientifico dei corpi mummificati eseguito con l’ausilio delle moderne tecniche biomediche e biofisiche e per mezzo delle indagini molecolari consente di indagare proprio questi meccanismi molecolari e, di conseguenza, di ricavare importanti informazioni legate ad essi, quali per esempio abitudini di vita, alimentazione, e patologie dei nostri antenati.

I primi studi scientifici eseguiti sui reperti biologici mummificati sono stati di tipo genetico. E’ oggi possibile, per mezzo delle tecniche della biologia molecolare, avere informazioni genetiche dirette su animali, piante e uomini che hanno popolato la terra prima di noi. Con la tecnica del clonaggio molecolare e l’amplificazione genetica *in vitro* per mezzo della reazione a catena della polimerasi (PCR, Polymerase Chain Reaction) è possibile “leggere” i geni dei nostri antenati. Il metodo è stato applicato con successo su parecchie antiche mummie e su altri reperti animali e vegetali.

Ma i risultati non sono così facili da conseguire: dopo la morte di un organismo, i suoi tessuti e le molecole contenute nelle cellule vanno incontro a una serie di processi degenerativi in modi ed entità differenti a seconda della loro natura. Per quanto riguarda le macromolecole biologiche, è ampiamente riconosciuto che le proteine hanno un potenziale di sopravvivenza significativamente più elevato rispetto al DNA. Il DNA antico va incontro a deterioramento, frammentazioni e delezioni irreparabili, ed inoltre è facilmente soggetto a contaminazioni. Dal confronto invece fra la struttura delle PROTEINE in campioni attuali e quella di antiche proteine appartenenti ad un corpo mummificato possono essere ricavate un gran numero di informazioni relative allo stato di conservazione del reperto.

Tra le tecniche fisiche che possono essere usate per ricavare informazioni archeologiche dagli antichi materiali biologici una delle più efficaci è la Spettroscopia di Assorbimento nell’Infrarosso a Trasformata di Fourier (Spettroscopia FTIR) che viene impiegata nei Laboratori di Biofisica del nostro Dipartimento. La tecnica necessita solo di piccolissime quantità di campione, quindi non è distruttiva

per campioni così preziosi dal punto di vista archeologico e, inoltre, applicata nella modalità micro-FTIR, e cioè eseguita tramite un apposito microscopio, consente di mappare il campione in esame in aree molto ristrette. Ad esse possiamo aggiungere la tecnica di Microscopia Elettronica, che consente di analizzare lo stato superficiale dei tessuti fino ad arrivare a risoluzione molecolare, ed ancora le analisi istologiche che forniscono una valutazione diretta dello stato dei tessuti a livello cellulare.

Molte delle analisi eseguite presso il nostro laboratorio sono state eseguite su mummie egizie appartenenti al Museo di Antropologia ed Etnografia dell'Università di Torino che contiene una ricca collezione di mummie egiziane, sia naturali (di epoca Predinastica, fino al 3100 a.C.) sia imbalsamate (di epoca dinastica, dalla VI alla XI dinastia, 2500-2000 a.C.), raccolte dal professor Giovanni Marro, fondatore e primo direttore del Museo, (fig. 2) durante le sue numerose spedizioni archeologiche in Egitto, alle necropoli di Assiut e Gebelein.



*Fig. 2: Il prof. Giovanni Marro (1875-1952) nel suo laboratorio di antropologia,
Università di Torino*

Le analisi hanno evidenziato il grave stato di alterazione della pelle della mummia predinastica (3630-3683 a.C) di una giovane donna, morta di parto ed inumata nel deserto con a fianco il bambino, morto presumibilmente assieme a lei, ma del quale è stato ritrovato solo lo scheletro (Fig. 3). Il corpo della donna si è conservato ma i tessuti sono andati incontro alle reazioni biochimiche degenerative iniziali finchè la forte e rapida disidratazione dei tessuti prodotta dalle alte temperature del deserto non ha bloccato il processo di degradazione portando i tessuti a mummificazione (Fig. 4). Nello spettro Infrarosso di questo piccolo frammento di pelle possiamo leggere gli effetti prodotti dai processi iniziali di decomposizione con segni di autolisi proteica e formazione di adipocere da parte dei lipidi sottocutanei. Questi processi iniziali sono stati accompagnati da perdita di fluidi corporei che, favorita dalle alte temperature ha rapidamente rallentato fino a fermarsi e a portare il tessuto ad una stabilizzazione che ha sfidato il tempo e anche l'attacco di insetti e altri predatori. Quando un tessuto biologico si disidrata cambiano infatti così fortemente alcune delle sue caratteristiche strutturali da non essere più digeribile!



Fig. 3: Mummia di epoca predinastica di una giovane donna morta di parto. Nella fotografia è visibile lo scheletro del bambino che è stato rinvenuto accanto al corpo della madre. Museo di Antropologia ed Etnografia, Università di Torino

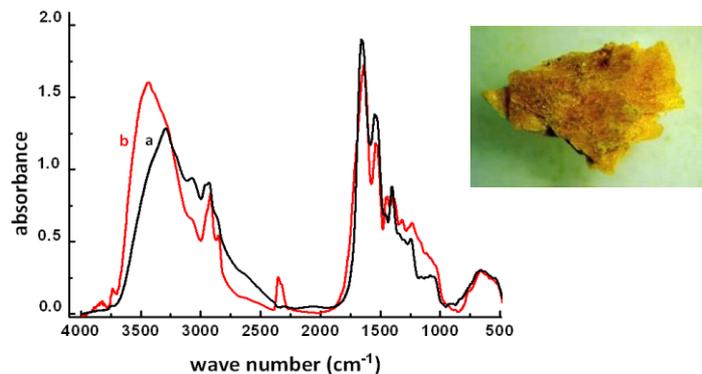


Fig. 4: Spettro di assorbimento nell'Infrarosso di un campione di pelle fresca attuale (a, in nero) a confronto con quello della pelle della mummia predinastica (b, in rosso) mostrata nella Figura 3 (frammento mostrato nell'inserito). Le differenze tra i due segnali sono interpretabili alla luce delle alterazioni strutturali subite in conseguenza del processo di mummificazione.

La condizione di conservazione della pelle delle mummie di epoca dinastica (VI-XI dinastia, 2500 – 2000 a.C.) son o invece molto migliori e confrontabili con quelle della pelle fresca. Gli imbalsamanti, di cui gli antichi egizi erano fini conoscitori, formavano infatti una sorta di pellicola protettiva che non consentiva al tessuto cutaneo, una volta disidratato con il sale Natron, di deteriorarsi ulteriormente. Gli studi eseguiti, affiancati anche ad indagini di altro tipo, quali le analisi istologiche e quelle al Microscopio Elettronico, hanno permesso di identificare molte delle sostanze imbalsamanti usate a quell'epoca: cera d'api (Fig. 5), resine di conifere e di pistacchio, bitume del Mar Morto.

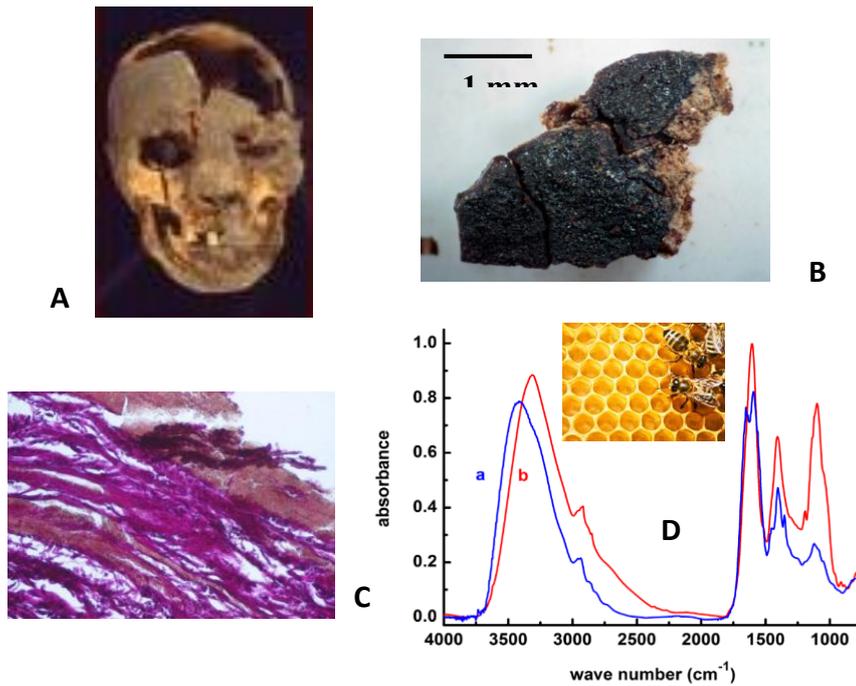


Fig. 5: Analisi ed identificazione della sostanza imbalsamante rinvenuta sulla pelle di una mummia di epoca dinastica (A). Il frammento di pelle prelevato risulta ricoperto esternamente di una sostanza bruna e granulosa (B). L'analisi istologica rivela penetrazione tra gli strati dell'epidermide di una sostanza giallastra refrattaria alla colorazione usata per tingere le fibre del tessuto (C). Lo spettro infrarosso del materiale spalmato sulla pelle (a, in blu) si sovrappone a quello della propoli (b, in rosso). L'imbalsamante è propoli e cera d'api, che gli egiziani usavano sia per le loro proprietà antibatteriche ed antisettiche sia per il significato simbolico che attribuivano a questo materiale.