

NARDINI

INDIBATTITO
Tra "lavaggio"
e pulitura...
Arezzo; le ferite
di Piero
Leonardo
restauratore

**CRONACHE
DEL RESTAURO**
Un orologio notturno
del XVII sec.

DOSSIER
Il Crocifisso
di San Marcello
a Roma

QUESTIONI DI TEORIA
Conservazione e archeologia del libro

LE TECNICHE
Il bianco di calce

LA RICERCA
• Laser per i dipinti
• Un nuovo supportante per gli affreschi

LA RIVISTA DEL RESTAURO

Ottobre - Dicembre 2001

Anno XIV, Trimestrale,
Sped. in abb. post., 45%, art. 2
comma 20/b, legge 662/96
Autoriz. Direz. Fil. Modena
tassa riscossa / taxe parçue

NARDINI EDITORE

Euro 15,49 L. 30.000



44



ISBN 88-404-4259-



Il Laser a Erblio per la pulitura dei dipinti

Verifiche tecniche e analitiche

Mauro Matteini, Giancarlo Lanterna

KARMEZ

LA RICERCA

Introduzione: il problema pulitura

I lettori di questa rivista sono sicuramente a conoscenza di quanto sia complessa la pulitura di un dipinto, una delle operazioni più delicate e critiche dell'intero intervento conservativo. La rimozione di una vernice, di una ridipintura, di una patina naturale o artificiale è sempre un intervento intrinsecamente irreversibile.

Non sono ormai più i tempi del Secco Suardo e delle liscive caustiche che allora andavano per la maggiore. Diceva in pratica il Suardo:¹ *si tolgano pure in piena libertà le vecchie vernici; tanto, dopo, non è poi così difficile ripatinarle*. E spiegava come fare.

Per la sua totale irreversibilità l'operazione della pulitura deve essere un intervento rigorosamente meditato e tale certamente lo è in alcuni laboratori operanti presso istituzioni pubbliche, ma anche in molti studi privati, laddove in pratica si è maturata una consapevolezza approfondita della struttura e della composizione delle superfici pittoriche.

Nell'ambito di poche centinaia di micron, spesso assai meno, al di sopra della superficie pittorica possono accumularsi una quantità di strati diversi: le vernici originali (oggi purtroppo solo rarissime), le vernici di restauro, le patine naturali, quelle artificiali "alla Secco Suardo" per intenderci, le ridipinture a velatura, a corpo, a vernice, nuove preparazioni, rifacimenti.

Qualsiasi sia il mezzo che consente la rimozione, un bisturi, un solvente, oggi un laser, è necessario che esso risponda a tre precisi quesiti: il primo grande problema è 'cosa togliere'; il successivo – tecnicamente più complesso – è 'fino a che punto togliere'; infine, appunto, 'con quale mezzo'.²

Si tratta in primo luogo di un problema di

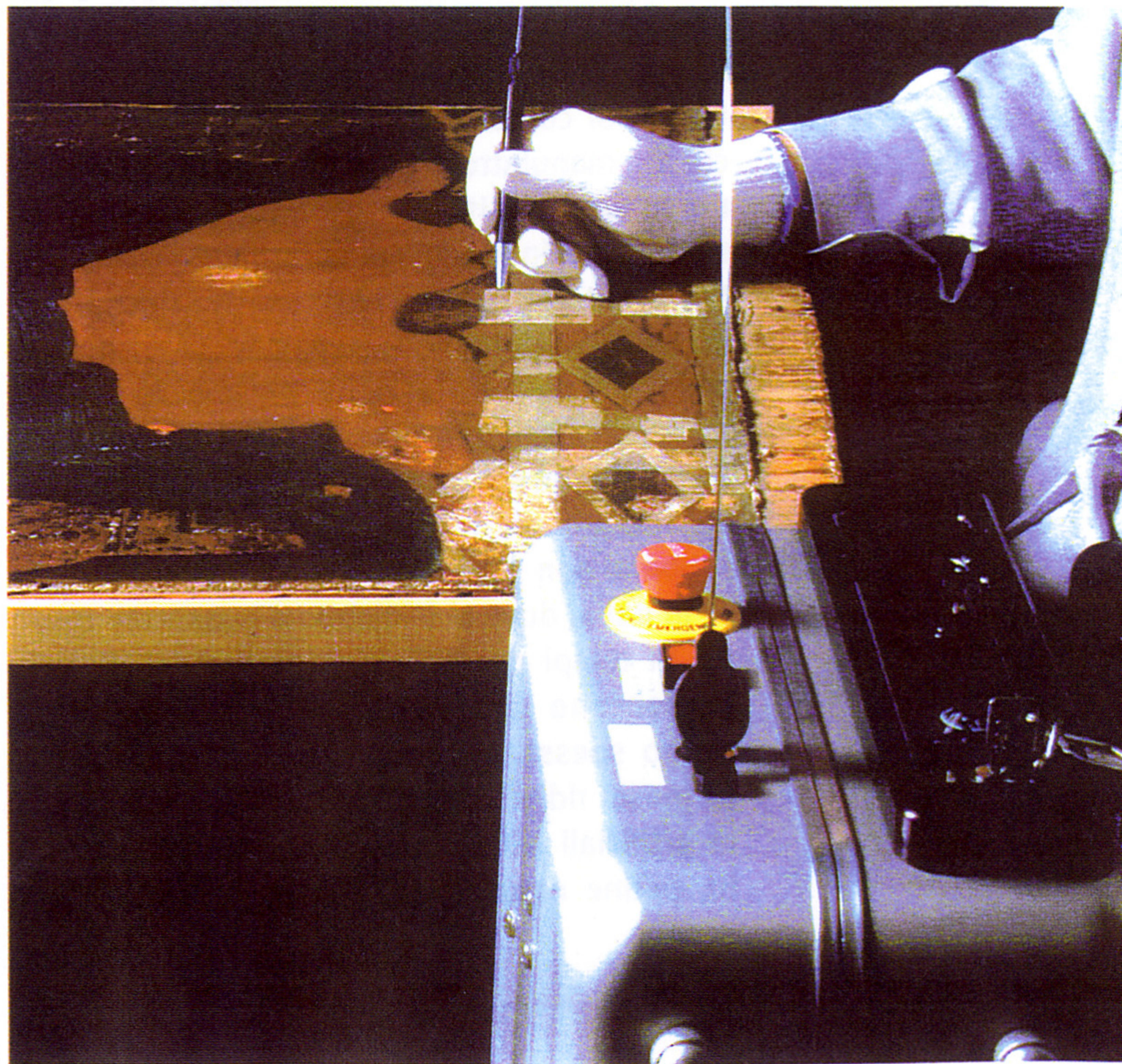
selettività di strati e di composizione, per cui è richiesto il pieno controllo dell'operazione.

Nella prevalenza dei casi l'oggetto della rimozione è una vernice ingiallita. Nessuno oggi – o quasi nessuno – procederebbe alla rimozione totale di una vernice. L'obiettivo corretto è infatti un assottigliamento, fino a lasciare quelle tracce residue – variabili peraltro da contesto a contesto – che consentono di ristabilire equilibri tonali perduti o alterati, di lasciare e rispettare il segno del tempo come valore storico acquisito. Umberto Baldini, sviluppando quanto già scritto da Brandi, è stato maestro in questo, sottolineando l'importanza del "tempo-vita", un parametro fondamentale degli oggetti d'interesse storico.

Mauro Matteini
Direttore del Laboratorio Scientifico dell'Opificio delle Pietre Dure di Firenze.

Giancarlo Lanterna
Direttore del Laboratorio Chimico dell'Opificio delle Pietre Dure di Firenze.

Fig. 1 - Il Laser "Conservator 2940" durante un'operazione di pulitura.



Il conservatore accorto ha quindi oggettiva necessità di mezzi che gli consentano di ottenere di volta in volta il livello ottimale di pulitura, mezzi che non invadano né alterino le materie contigue.

Negli anni '50-'70, tramontata finalmente l'epoca delle liscive caustiche, sono venuti in uso i solventi organici; all'inizio probabilmente alcoli e trementine, agenti blandi e tutto sommato tollerabili, poi – man mano che la chimica li ha resi disponibili – nuovi liquidi, in apparenza molto efficaci, che solo pochi anni dopo si sono rivelati micidiali. Piridina, butilamina, morfina, dimetilformamide, sono solventi che consentono proprio quell'assottigliamento progressivo di vernici e patine tanto agognato dai restauratori più qualificati, ma a quale prezzo! I liquidi citati danno luogo a una forte e permanente ritenzione da parte degli strati pittorici con azioni dannose che si manifestano a distanza di tempo: ingiallimenti, modifiche delle proprietà fisiche (elasticità, plasticità) ecc. Il problema è oltretutto nei confronti dell'operatore e del suo ambiente di lavoro, a causa della elevatissima tossicità di queste sostanze.

Gli anni '80 hanno visto, quindi, il progressivo abbandono di questi agenti pericolosi per tornare ai più blandi e più sicuri – ma purtroppo assai meno efficaci – alcoli, trementine, chetoni.

Nell'ultimo decennio infine si è avuto lo sviluppo delle formulazioni supportate e ad alta specificità. Siamo ancora nel dominio della chimica dove si punta a migliorare il tempo di contatto dell'agente con la superficie del manufatto ed evitare una sua diffusione in profondità, disperdendo i solventi soprattutto in idonei gel (a formare i cosiddetti solvent-gels) e a sfruttare la specificità dei materiali da rimuovere, poggiandosi anche sui principi della tensioazione (resin-soaps). L'americano Richard Wolbers³ è il promotore di questo nuovo approccio, generalmente apprezzato dal mondo della conservazione, sebbene non sempre risolutivo.

In Italia, dove si è iniziato a restaurare quadri in tempi precoci, le superfici dei dipinti presentano complessità e specificità che vanno spesso al di là delle semplici vernici resinose: ridipinture a olio e a uovo, patinate artificiali resistentissime all'azione-solvente, patine naturali praticamente insolubili in

tutto. L'incidenza dei casi difficili nella nostra pratica di restauro è notevole, probabilmente maggiore rispetto a quella di altri contesti. Meno spesso che altrove quindi, solvent-gels e resin-soaps riescono a soddisfare tutti i problemi. Si avverte la mancanza di metodi efficaci per i casi complessi, difficili. L'approccio della pulitura enzimatica⁴, d'altra parte, è ancora in fase di affinamento e denso di difficoltà per offrire già da ora un'alternativa esclusiva. Il laser, invece, potrebbe esserlo.

La proposta del laser a erbio

Adele de Cruz, restauratrice newyorkese di dipinti e Myron Lee Wolbarsht, bio-fisico professore alla Duke University North Carolina, nell'aprile del '99 presentano a un pubblico specialistico convenuto a Firenze per il Convegno Internazionale Lacona III,⁵ un nuovo approccio metodologico per la pulitura dei dipinti che si fonda, appunto, su un laser, più precisamente, un laser a erbio prodotto in forma di prototipo dalla società americana Schwartz Electro-Optics di Orlando, Florida, ingegnerizzato da Ed Adamkiewicz (fig. 1). Fino ad allora questo tipo di laser aveva avuto applicazioni solo in campo cosmetico, segno evidente della emissione di impulsi con un livello di energia contenuto.

In realtà esperienze di pulitura di policromie con apparecchi laser si erano già avute alcuni anni addietro, soprattutto ad opera di un gruppo greco che fa capo al professor Costas Fotakis di Creta⁶ ed anche qui a Firenze, su iniziativa dell'équipe del professor Renzo Salimbeni (Istituto di Elettronica Quantistica del CNR) in collaborazione con l'Opificio.⁷⁻⁸ Si tratta di laser cosiddetti 'a eccimeri', operanti nella regione ultravioletta, oppure laser con granati di terre rare drogati con neodimio (Nd:YAG) che operano nel vicino infrarosso. In entrambi i casi l'energia della radiazione elettromagnetica emessa è maggiore (per gli eccimeri molto maggiore) rispetto all'apparecchio a erbio; esso utilizza raggi del medio infrarosso, incentrati a 2,94 μm . A questa lunghezza d'onda dello spettro elettromagnetico vi è un forte assorbimento della radiazione da parte del legame chimico O-H (vibrazione del legame ossigeno-idrogeno).

Il fascio laser a erbio può essere dunque facilmente assorbito da sostanze che conten-

gono nelle loro architetture molecolari dei gruppi O-H, quali, in primo luogo l'acqua stessa (H-O-H), gli alcoli (R-O-H), ma anche molte resine, componenti di vernici, in particolare se vecchie e ossidate. I processi di invecchiamento, infatti, tendono a depolimerizzare le macromolecole delle resine producendo frammenti che subiscono ossidazione alle estremità con formazione di gruppi funzionali ossigenati, tra i quali gli O-H sono piuttosto frequenti.

L'energia del laser assorbita provoca l'ablazione del materiale superficiale. Il processo di ablazione corrisponde a una decomposizione termica e meccanica della materia, con formazione anche di fasi gassose. La rapida gassificazione della materia induce inoltre processi secondari di rimozione, quali la vaporizzazione di molecole, la micro-frammentazione e la proiezione di frammenti verso l'esterno. In effetti, coprendo con un vetrino sottile una superficie pittorica contenente vernici sovrapposte e sottoponendola all'azione del laser a erbio, si osserva la condensazione di materiale sul retro del vetrino proveniente, appunto, dalla vaporizzazione e dalla proiezione di micro-frammenti delle vernici.

L'azione del raggio laser è dunque complessa, ma il principio che innesca il processo di asportazione, condizionato dalla presenza dei gruppi O-H nel materiale da rimuovere, offre un meccanismo selettivo che risulta di estremo interesse per le applicazioni sui dipinti. Si tenga presente, infatti, che laddove gruppi O-H fossero assenti nelle vernici da asportare si ha comunque la possibilità di introdurli artificialmente bagnando la superficie con liquidi ricchi di tali gruppi (acqua, alcoli, miscele idro-alcoliche, miscele di alcoli con liquidi non solventi, ecc.) che, una volta assorbiti, possono indirettamente attivare l'azione del laser.

Il metodo di pulitura mediante laser a erbio, ideato da de Cruz e Wolbarsht, rappresenta dunque un approccio innovativo di grande interesse per la pulitura dei dipinti. Questo laser, purché sussistano le condizioni sopra specificate necessarie all'ablazione, offre una via teoricamente selettiva e controllabile per rimuovere a discrezione dell'operatore (anche nel senso dello spessore, poiché in pratica opera come un bisturi) strati di vernici, patine, ridipinture e quant'altro, anche in caso di totale insolubilità nei solventi.

Il programma di verifiche tecniche e analitiche del laser a erbio effettuato dall'Opificio

Il Laboratorio Scientifico dell'Opificio delle Pietre Dure di Firenze insieme al Settore di Restauro Dipinti su Tela e Tavola valutarono molto positivamente la nuova metodologia presentata al Congresso Lacona III e decisero tempestivamente di proporre ai colleghi americani una collaborazione per verificare sperimentalmente presso i laboratori fiorentini, efficacia, selettività e sicurezza del nuovo metodo. Il programma di verifica prevedeva sia una valutazione tecnica delle possibilità operative del laser da parte dei restauratori dell'OPD, sia una serie di indagini scientifiche condotte dal Laboratorio, in collaborazione con altri centri, per acquisire evidenze più precise sull'azione del laser in contesti pittorici diversi.

Una verifica del genere – e non solo per il laser ma per qualsivoglia metodo di pulitura – si scontra inevitabilmente con un problema di base assai spinoso e per il quale non sussistono soluzioni realmente soddisfacenti.

Sotto un certo punto di vista, infatti, non è scientificamente corretto valutare un metodo di restauro applicandolo direttamente su oggetti antichi. Ciò, sia per ragioni deontologiche – non se ne conosce ancora a sufficienza il comportamento – sia per motivi di comprensione dei meccanismi. Un dipinto antico contiene infatti in

Fig. 2 - Interposizione del vetrino sulla superficie di un provino.

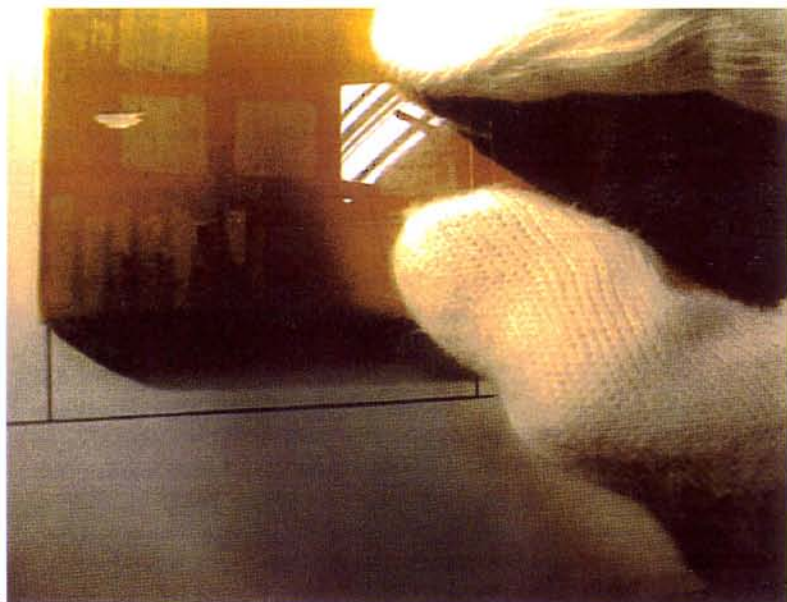


Fig. 3 - Sezione stratigrafica in luce ultravioletta. In alto, lo strato di vernice fluorescente; in basso, la vernice assottigliata per effetto dell'impulso laser.

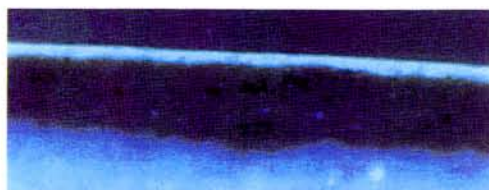
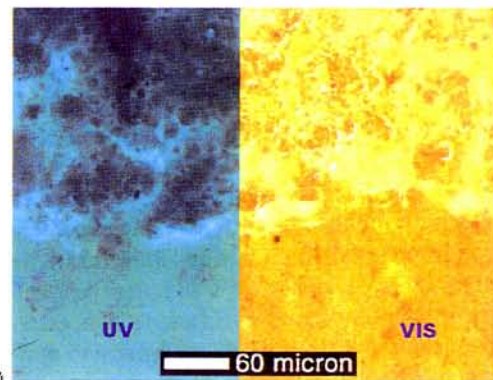
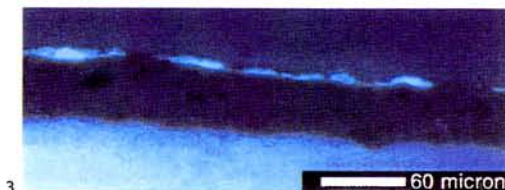


Fig. 4 - Microfotografia al microscopio ottico della superficie del provino al limitare della zona di trattamento col laser (in alto nella foto); a sinistra ripresa con sorgente UV, a destra in luce visibile.



superficie una quantità di film e stratificazioni di diversa origine, natura, spessore, composizione e stato di conservazione che solo raramente le analisi possono caratterizzare in modo completo. Eseguendo i test su un oggetto antico resta dunque sempre un margine d'incertezza circa l'identità di ciò che viene rimosso.

Da un altro punto di vista, optando invece per test su modelli pittorici artificiali, con composizione, struttura, spessori noti, oltre che costanti, la verifica godrebbe di assai maggior obiettività. Per contro, questo secondo approccio offre risultati assai meno realistici, poiché nessun processo di invecchiamento artificiale accelerato porta ad un materiale totalmente identificabile con un corrispondente materiale antico: infatti l'invecchiamento di una vernice non è legato soltanto ad un cambiamento di colore, ma varia la sua consistenza, la sua omogeneità, le caratteristiche meccaniche, i parametri chimico-fisici; il raggiungimento di queste complesse condizioni, che avviene naturalmente in tempi lunghissimi, è estremamente improbabile in via accelerata e difficilmente si riesce a simulare fedelmente il comportamento di una materia antica.⁹

Da questa ambiguità difficilmente si esce. Occorre solo tener conto di limiti e vantaggi propri dei due approcci. Nella sperimentazione da noi effettuata infatti sono state percorse entrambe le strade, applicando e studiando il comportamento del laser prima su modelli artificiali appositamente studiati e preparati, con composizione e stratigrafia note, cosicché si sono potuti individuare dei limiti superiori di sicurezza. Successivamente, visto che i risultati della pulitura devono sottostare ad un giudizio primariamente artistico ed estetico, l'applicazione è stata sviluppata su alcuni

dipinti antichi che presentavano specifiche tipologie di strati superficiali da rimuovere.

Caratteristiche operative del laser

Abbiamo già citato alcune caratteristiche tecniche del laser a erbio realizzato dalla SEO per applicazioni ai beni culturali. Aggiungiamone una breve descrizione che può tornare utile agli operatori del settore.

Il generatore laser e i relativi sistemi di raffreddamento sono alloggiati in una valigetta di peso assai contenuto (circa 20 kg). Dalla sorgente si diparte un sottile tubo in vetro flessibile con le pareti rivestite di una lamina metallica riflettente che svolge funzioni simili a quelle di una fibra ottica, di veicolare cioè gli impulsi della radiazione laser verso il manipolo terminale. Quest'ultimo si presenta molto simile a una penna e si impugna e si manovra in maniera analoga, tenendo l'estremità anteriore a pochi millimetri di distanza dalla superficie pittorica. Gli impulsi laser vengono generati premendo un interruttore a pedale, quindi si hanno entrambe le mani libere di lavorare.

Nelle esperienze effettuate presso l'Opificio si è sempre interposto tra manipolo e superficie pittorica un vetrino copri-oggetto da microscopia, trasparente alla radiazione. Il vetrino, adagiato sulla superficie, consente la raccolta del materiale vaporizzato dal laser che si condensa sul retro, utile per gli esami analitici. Il vetrino svolge anche un'altra funzione: protegge l'estremità del terminale dai prodotti di condensa che, depositandosi, diminuirebbero l'efficienza del fascio (fig. 2).

Nella sperimentazione prevista nell'immediato futuro, a completamento della verifica, è

nostra intenzione evitare l'interposizione statica di tale vetrino, così da operare in modo molto simile al procedimento tradizionale: in una mano l'attrezzo per effettuare la rimozione (tampone, pennello, bisturi, ecc., in questo caso il laser); nell'altra, un tampone con un liquido non solvente per bagnare la superficie e controllare in continuità il livello di pulitura di volta in volta raggiunto.

Risultati della sperimentazione

Accurati test sono stati condotti presso i laboratori di restauro dell'Opificio da Paola Bracco, Oriana Sartiani e Kioko Nakahara, con la collaborazione tecnica di Adele de Cruz e con il conforto di una valutazione del grado di pulitura sotto il profilo storico-artistico da parte di Marco Ciatti.

I test e le analisi effettuate sui modelli pittorici artificiali hanno messo in evidenza che per ogni categoria di materiale da rimuovere vi è una soglia di energia ottimale a cui operare, alla quale occorre regolare, di conseguenza, lo strumento. Valori superiori rispetto a tale soglia – anche se con discreti margini di tolleranza – possono indurre effetti indesiderati a carico degli strati pittorici sottostanti; valori inferiori risultano invece insufficienti a determinare un'adeguata e omogenea azione di pulitura.

Ad esempio, un'energia dell'ordine dei 10 ± 12 mJ è risultata appropriata per la rimozione di vernici resinose sottili (quelle che si trovano più comunemente nei dipinti, almeno nella porzione più esterna; fig. 3). Valori più elevati, 40 ± 45 mJ, sono richiesti invece per la rimozione di spesse vernici oleo-resinose o di strati di ridipinture. Quanto all'impiego di liquidi ausiliari, come era

da attendersi, maggiore è la concentrazione di gruppi O-H nel liquido, più efficace risulta la sua azione intermediaria, ossia di favorire l'ablazione. Infatti, mentre acqua e alcoli esaltano l'azione del laser, solventi privi di O-H come i white spirits la deprimono.

Quanto alle analisi di controllo, il programma prevedeva l'impiego di tecniche d'indagine diverse per acquisire informazioni di vario tipo. Così si sono effettuate analisi colorimetriche per confrontare le risposte cromatiche della stessa area prima e dopo la pulitura laser, mentre per lo studio della morfologia a medi ingrandimenti delle superfici esposte al laser è stata usata la microscopia ottica, soprattutto con l'ausilio di sorgenti UV, per evidenziare, attraverso la fluorescenza dei materiali, i residui di vernice che rimangono dopo l'azione laser (fig. 4). Per uno studio morfologico a più elevato ingrandimento è stato invece impiegato il SEM (fig. 5). Sono stati effettuati anche esami di cross-sections al microscopio ottico ed elettronico, prelevando cioè campioni integri da aree trattate e non trattate, includendoli in resina ed esaminandone la

Fig. 5 - Microfotografia al microscopio elettronico della superficie di un provino: zona di margine tra la parte trattata (in alto) e quella non trattata.

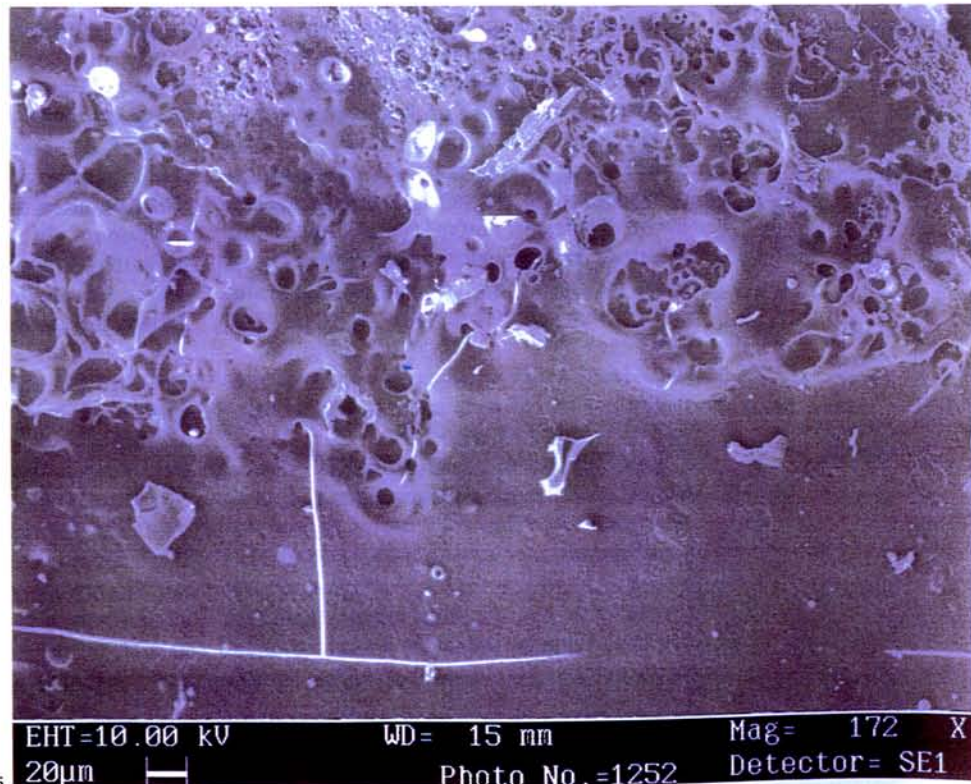


Fig. 6- Sezione stratigrafica di un campione di pittura a ocra gialla a uovo con finitura di vernice dammar: a sinistra la zona non trattata, a destra la superficie dopo l'impulso laser (12 m).



stratigrafia (fig. 6).

Spettrofotometria infrarossa e gas cromatografia accoppiata a spettrometria di massa sono state le tecniche usate per lo studio di possibili modificazioni delle sostanze organiche dopo l'esposizione al laser: per quest'ultima tecnica è stato coinvolto il Dipartimento di Chimica dell'Università di Pisa nella persona di Maria Perla Colombini coadiuvata da Alessia Andreotti.

Si sono incontrate, tuttavia, alcune difficoltà. L'obiettivo della verifica era infatti il confronto della composizione tra:

- A. le superfici trattate con il laser;
- B. le superfici confinanti non trattate;
- C. i materiali vaporizzati dal laser e condensati sul retro del vetrino.

Per queste analisi è richiesto comunque un campionamento (fig. 7), che non presenta problemi nel caso del materiale condensato sul vetrino ma che risulta difficoltoso negli altri due casi; in particolare per le superfici esposte al laser dove i residui di vernice sono ormai minimi. Si vorrebbe studiare la composizione di questi residui che rimangono sulla superficie del dipinto per controllare se il laser abbia provocato in essi qualche trasformazione ma è quasi inevitabile, durante il campionamento, contaminare i prelievi con gli strati sottostanti, ossia con i materiali delle stesure pittoriche. Per questo i dati analitici sono talvolta non del tutto chiari. Si tratta purtroppo di un ostacolo non facilmente superabile.

I modelli pittorici esaminati con le tecniche d'indagine sopracitate hanno mostrato, com'era prevedibile, effetti fisici dovuti al laser. Le superfici trattate mostrano a livello microscopico tipiche discontinuità e micro-rugosità conseguenti all'azione degli impulsi laser. Ciò non deve meravigliare poiché il laser agisce in modo assai simile a un attrezzo meccanico,

determinando inevitabili discontinuità che vengono poi pareggiate nelle fasi che seguono. A tal proposito occorre mettere in evidenza un aspetto importante: non necessariamente si deve pensare a un'azione totale di pulitura con il solo laser. È stato verificato infatti che dopo un intervento moderato con il laser, sufficiente a indebolire fisicamente la vernice ed a vincere l'inerzia chimica del primissimo strato, la rimozione della parte rimanente di essa diventa facile e agevole anche con l'impiego di solventi tradizionali blandi. Il laser, in tal senso, potrebbe risultare più vantaggiosamente un mezzo integrativo che sostitutivo.

Le analisi sui componenti organici, pur con le limitazioni che abbiamo sopra evidenziato, hanno dato conforto circa la sicurezza operativa del laser a erbio nei confronti delle materie trattate.

L'analisi gas-cromatografica, infatti, non ha messo in evidenza trasformazioni né nei prodotti vaporizzati raccolti sul retro dei vetrini, né nei residui di vernici che rimangono dopo l'azione del laser.

Questo controllo era assai importante. Alterazioni chimiche delle tracce residue di vernici avrebbero potuto determinare, nel tempo, ingiallimenti o alterazioni delle proprietà fisiche, similmente ai solventi amminici usati in passato.

Alla luce della sperimentazione effettuata possiamo dunque affermare che questo metodo è sufficientemente sicuro e selettivo.

Quanto all'efficacia rimane invece del lavoro da fare. I test condotti sui modelli pittorici artificiali sono risultati non del tutto significativi, per alcuni dei motivi che abbiamo analizzato sopra. Gli strati pittorici, ma soprattutto le vernici soprastanti, non erano sufficientemente seccati. In realtà sembravano tali, tanto più che erano stati sottoposti anche a esposizione sotto lampada uv proprio per accelerarne l'invecchiamento, ma l'essiccamento raggiunto era evidentemente assai inferiore rispetto a quello di una vernice con decine di anni o secoli di età.

I film di materiali da rimuovere, troppo giovani, non avevano maturato sufficienti gruppi O-H nella loro struttura molecolare. Risultavano, di conseguenza, abbastanza trasparenti alla radiazione laser. Il fascio infrarosso riusciva a transitare non molto disturbato attraverso lo spessore delle vernici e veniva quindi

moderatamente assorbito dagli strati pittorici (nei nostri modelli lo strato di pittura era a base di ocra gialla, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, una sostanza che contiene gruppi OH, perdendo i quali cambia colore trasformandosi in ocra bruna, agendo così, indirettamente, da indicatore dell'azione del laser). L'assorbimento determina, localmente, un debole effetto termico che è tuttavia sufficiente a provocare il rammolimento della vernice soprastante, dato che questa, come si è detto, è ancora molto plastica per l'insufficiente invecchiamento.

Nei modelli artificiali, dunque, viene in parte a invertirsi il comportamento delle pitture antiche dove le vernici, per l'invecchiamento subito, assorbono bene il fascio laser e subiscono di conseguenza l'ablazione.

Paradossalmente, quindi, il laser a erbio si comporta in modo di gran lunga più efficace e appropriato quando viene applicato ai dipinti antichi piuttosto che nei test eseguiti sui modelli artificiali di recente preparazione (ancorché sottoposti a invecchiamento accelerato).

Se ciò da una parte conforta, dall'altra rende assai più complicato lo studio dell'azione del laser sulle diverse materie da asportare, studio che risulterebbe assai più comprensibile su campioni artificiali con composizione e struttura note.

Questo grado di indeterminazione nell'indagine può essere superato solo sperimentando quanto più estensivamente e quanto più a fondo il laser su dipinti antichi, cercando, prima di effettuare i test di pulitura, di identificare con la maggior precisione possibile la natura di vernici, ridipinture e patine da rimuovere nonché i loro spessori. È la strada che seguiremo infatti nella sperimentazione futura.

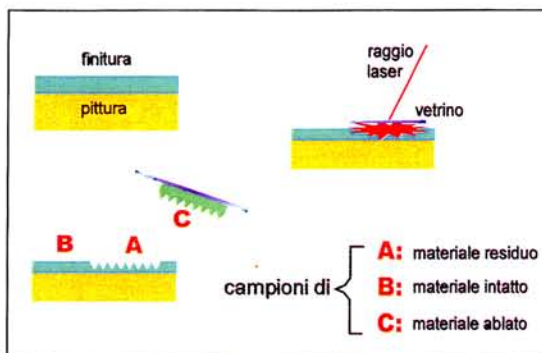


Fig. 7 - Schema di campionamento dei materiali superficiali per la comparazione degli effetti del laser mediante analisi strumentali (GC-MS, FTIR).

Il workshop di Firenze

Le informazioni sopra illustrate sono state presentate in anteprima nell'ambito di un workshop organizzato dall'Opificio delle Pietre Dure, insieme alla seo di Orlando ed agli ideatori del metodo, a Firenze, il 9 maggio di quest'anno.

Nell'ambito del workshop si sono avuti interventi diversi che hanno spaziato dal campo storico-artistico con presentazioni critiche sui procedimenti di pulitura nella loro evoluzione storica, ai principi fisici dei laser in genere e di quello a erbio in particolare, al metodo di pulitura che si fonda su questo strumento e infine, appunto, alle stato di avanzamento delle verifiche tecniche e scientifiche che abbiamo effettuato. Una partecipazione numerosa di studiosi e professionisti del settore è stata la migliore riprova dell'interesse che l'innovazione tecnologica, anche in un settore delicato e complesso come quello della pulitura dei dipinti antichi, può suscitare. Dopo il progressivo affermarsi del laser a neodimio nella pulitura dei materiali lapidei, ormai entrato a far parte del bagaglio di strumenti di alcuni restauratori, ecco che il laser ad erbio, con la sua azione più blanda e controllabile, può costituire lo strumento più idoneo per effettuare la pulitura delle superfici policrome.

Referenze fotografiche
Per gentile concessione dell'Opificio delle Pietre Dure di Firenze, Archivio Fotografico.

Note

¹ G. Secco Suardo, *Il restauratore di dipinti*, Hoepli, Milano 1983.

² M. Ciatti, *Cleaning and Retouching: an Analytical Review*, in IIC preprints of the contribution to the Brussels Congress "Cleaning, retouching and coatings", 3-7-set. 1990.

³ R. C. Wolbers, *Cleaning painted surfaces, Aqueous Methods*,

Archetype Publications, London 2000.

⁴ R. Bellucci, P. Cremonesi, *L'uso degli enzimi nella conservazione e nel restauro dei dipinti*, in "Kermes" n. 21, Nardini, Firenze, set.-dic. 1994.

⁵ A. de Cruz, M. L. Wolbarsht, S. A. Hauger, *Laser Removal of Contaminants from Painted Surfaces*, in "Journal of cultural heritage", supplemento 1-2000, Elsevier, Paris 2000.

⁶ C. Fotakis et al., *Lasers in Con-*

servation of Painted Artworks, in *LACONA II the 2nd International Conference on Lasers in the Conservation Proceedings*, Liverpool, 23-25 apr. 1997.

⁷ M. Matteini, S. Modi, R. Pini, R. Salimbeni, S. Siano, *Studi sulle metodologie adatte alle superfici pittoriche*, in *Laser, tecniche e sistemi per il restauro dei Beni culturali*, Quaderni di Kermes, Nardini, Firenze 2001.

⁸ A. M. Giusti, M. Giamello, G. Lan-

terna, M. Matteini, R. Pini, G. Sabatini, R. Salimbeni, S. Siano, *Test applicativi del sistema laser su monumenti*, in *Laser, tecniche e sistemi per il restauro dei Beni culturali*, Quaderni di Kermes, Nardini, Firenze 2001.

⁹ G. Lanterna, M. Matteini, *Laser Cleaning of Stone Artifacts: a Substitute or Alternative Method?*, in "Journal of cultural heritage", supplemento 1-2000, Elsevier, Paris 2000.