

COMUNICAZIONE PRESENTATA AL PRIMO CONGRESSO DEL GRUPPO ITALIANO DELL'INTERNATIONAL INSTITUTE FOR CONSERVATION TENUTOSI A TORINO DAL 5 AL 7 GIUGNO 2003.

PUBBLICATA NEL VOLUME DEGLI ATTI ALLE PAGINE 422-433.

*Un intervento innovativo per dipinti su tela con telaio concavo.
Riflessioni sull'uso della tensione*

Autori :

Antonio Iaccarino Idelson, Sonia Balderi, Daniela Frati, Carlo Serino

Autore principale: Antonio Iaccarino Idelson, Equilibrarte s.r.l.; docente di Restauro dipinti su tela presso l'Università di Urbino, Corso di Laurea in Tecnologie per la Conservazione ed il Restauro dei Beni Culturali; a.iaccarino@inwind.it

ABSTRACT.

Si descrive l'intervento eseguito dalla SD Restauro (LU) con il supporto di Equilibrarte s.r.l. (Roma) su due dipinti di G. B. Carlone (XVII sec.) che seguono la concavità delle pareti curve del presbiterio dell'Oratorio del S.S. Crocifisso in Recco (GE). Le tele non sono state foderate ma consolidate e risarcite tutte le discontinuità strutturali.

I nuovi telai sono stati progettati tenendo conto delle particolari necessità dei dipinti e propongono soluzioni innovative. Si tratta di telai a "scorrimento perimetrale", ispirati a quelli realizzati all'Istituto Centrale per il Restauro da Roberto Carità negli anni '50. La struttura fissa (e quindi molto leggera) in alluminio con bordo di teflon svolge solo la funzione di sostegno per il dipinto, che è stata separata dalla funzione di tensionamento.

Questo è ottenuto grazie a molle scelte con una costante di elasticità tale da consentire di avere una forza di tensionamento praticamente costante, nonostante il variare delle dimensioni del dipinto legate alle condizioni ambientali. La forza applicata al dipinto è misurabile con precisione ed i valori adottati sono resi noti ed argomentati.

Il giusto equilibrio delle tensioni scelte per trama ed ordito ha consentito di imporre ai dipinti la forma concava del telaio evitando il tipico appiattimento della zona centrale.

CENNI SULLO STATO DI CONSERVAZIONE DEI DIPINTI.

I problemi conservativi degli strati preparatori possono essere sintetizzati in una ridotta adesione della preparazione alla tela e nella presenza di una vernice fortemente alterata. Assai più preoccupante appariva l'interazione con il supporto, che causava gravi deformazioni ai dipinti.

Le tele di supporto dei dipinti (armatura "tela" piuttosto rada, 7 fili in ordito 9 in trama per cmq) con l'ordito disposto in verticale, hanno una cucitura nella zona centrale. Su una preparazione classica a terra rosso-bruna è costruito il film pittorico in due mani ben distinte: una prima di preparazione, con campiture a variazione tonale ridotta e stesura piatta; la seconda molto corposa con segno evidente di pennellate decise e cromaticamente forti.

I dipinti furono collocati in un secondo tempo in nicchie ricavate nelle pareti curve del Presbiterio, e quindi gli originali telai piani vennero sostituiti con delle strutture concave realizzate con legname di scarsa qualità, con un montante centrale e cinque traverse orizzontali (fig. 3). Le tele furono quindi incollate con colla d'amido su una tela di sostegno, piuttosto grossolana, che era stata precedentemente fissata ai telai con fitti chiodini di epoca preindustriale¹. Non si trattava dunque di una foderatura vera e propria, ma di un sistema di

ancoraggio al telaio. Ogni zona di vincolo causava una deformazione localizzata, sebbene l'ingegnosità del sistema di vincolo avesse consentito una distribuzione delle tensioni meno dannosa rispetto agli altri sistemi più diffusi (tela incollata direttamente sulle traverse, ancoraggio con fili o fettucce cucite). Il degrado chimico dei chiodi, il 90% dei quali si era spezzato sotto la testa nel punto d'inserzione, peggiorava notevolmente la situazione.

L'INTERVENTO CONSERVATIVO.

Tratteremo in questa sede del recupero strutturale dei dipinti, tralasciando gli interventi sulla pellicola pittorica.

Nella convinzione che i due dipinti andassero trattati nella loro attuale forma, i vecchi telai sono stati utilizzati per costruire due piani convessi su cui adagiarli durante tutte le operazioni sul retro.

si è potuto constatare che, con opportuni interventi, le tele originali avrebbero potuto fare a meno di una nuova foderatura.

Dopo la rimozione delle tele di "foderatura" ed un'accurata pulitura meccanica dei residui di colle che avevano contribuito ad irrigidire il tutto, le tele sono state impregnate con una soluzione (1:5 volume) BEVA in Ligroinaⁱⁱ; imposta una leggera depressione con la pompa da vuoto, l'adesivo è stato riattivato a caldo con una attenta stiratura.

Questa procedura ha ben servito al duplice scopo di restituire una certa elasticità al tessuto e di migliorare l'adesione degli strati pittorici.

I danni alla tela erano suddivisibili in due categorie principali, che sono state trattate in maniera differenziata: "fori" e "strappi".

Per i primi sono stati realizzati degli intarsi fissati sui bordi con poliammideⁱⁱⁱ, per i secondi si è risaldato filo su filo con lo stesso adesivo. Entrambi sono stati poi rafforzati con fili e/o reticoli di tela di lino riportati. Questa tecnica^{iv} consiste nel preparare, su un apposito telaietto, un reticolo piuttosto rado, in questo caso un filo al centimetro, sia in trama che in ordito, di fili (fibre naturali, poliestere ecc.). Ogni punto di incrocio viene fermato con BEVA in pasta che, dopo l'evaporazione del solvente, viene usata per fissare il reticolo con una adesione per punti.

Un trattamento molto più semplificato è stato riservato invece ai molti piccoli e piccolissimi fori presenti sulle tele, su cui sono stati applicati micro tasselli preparati con velo di Lione, carta giapponese e BEVA film.

L'ultimo problema da affrontare rimaneva la cucitura centrale.

Pur essendo una cucitura robusta, non era perfettamente integra. Per rinforzarla è stata usata una variante del sistema dei fili riportati: una striscia di tela di lino è stata alleggerita nella zona centrale, per lo spazio necessario a girare sul rialzo della cucitura, eliminando i relativi fili d'ordito; il tessuto è stato alleggerito anche in trama, un filo ogni due centimetri, e tutti i bordi sono stati sfrangiati.

Il montaggio sui telai Equilibrarte richiedeva naturalmente una foderatura dei bordi. Le apposite fasce sono state realizzate in tela di lino (pattina), tinta e poi leggermente irrigidita con una resina acrilica in emulsione diluita^v applicata a pennello.

Il bordo interno è stato appositamente sfrangiato, su quello esterno è stata cucita un'asola chiusa con del velcro e rivestita di teflon, in cui è alloggiato il tondino in acciaio inox del diametro di 4mm previsto come vincolo continuo nel sistema di tensionamento dei nuovi telai (fig. 1).

I PROBLEMI POSTI DAL TENSIONAMENTO DEI DIPINTI CONCAVI.

I due dipinti, essendo inseriti nelle pareti verticali di un ambiente a pianta circolare, hanno una evidente forma concava la cui freccia massima è di 14 cm.

Dal punto di vista geometrico sono quindi porzioni verticali di un cilindro con asse verticale, alti 247 cm e larghi 194 cm.

Se la forma concava fosse stata una sezione di cilindro orizzontale, come in una volta, l'unica soluzione possibile sarebbe stata quella di incollare la tela su un supporto rigido opportunamente

sagomato, visto che il peso dell'opera influisce direttamente sulla forma tendendo a farla avvicinare al piano.

Il problema era quindi quello di mettere a punto un sistema di vincolo e tensionamento che permettessero di evitare l'appiattimento della zona centrale, naturalmente causato dalla tensione lungo i lati paralleli alla verticale.

Il metodo proposto implica la scelta di due forze differenti tra trama ed ordito, in considerazione del fatto che dal punto di vista geometrico quella in ordito serve a mantenere la forma concava del dipinto, essendo coassiale con la sezione di cilindro descritta, mentre quella in trama ha una componente perpendicolare alla tangente alla curva in ogni suo punto, che tende a farlo deviare dalla forma voluta.

Se dal punto di vista puramente geometrico la scelta sarebbe stata semplice, visto che la sola tensione in ordito avrebbe potuto essere sufficiente, da quello conservativo le forze dovevano essere scelte in base a considerazioni più complesse e consapevoli.

L'EVOLUZIONE DELLA PRATICA DEL TENSIONAMENTO

Ogni volta che ci capita di imbatterci nelle sempre più rare chiodature originali, ci rendiamo conto del fatto che un dipinto nuovo veniva generalmente montato con un tensionamento piuttosto blando, rispetto agli standard cui siamo abituati oggi.

Giovanni Urbani^{vi} espresse in proposito un parere illuminante: *“Che gli antichi pittori concepissero la tela come un supporto relativamente stabile, e rigido, reso quasi autoportante dagli strati preparatori (un po' al modo di un tramezzo divisorio costituito da una camera a canna e da un intonaco), è confermato dalla struttura fissa degli antichi telai (intesi quindi più come elementi perimetrali o trapezi d'irrigidimento, che come meccanismi di tensione) [...]”*

Altri due ordini di considerazioni permettono di arrivare a dire con certezza che tali strutture “autoportanti” non fossero molto tese sul telaio. Quella del montaggio su telaio fisso è infatti una tecnica di tensionamento cui le condizioni ambientali impongono un continuo fluttuare intorno al valore iniziale di tensione, che si riduce progressivamente con l'accumularsi degli stress. L'altro motivo è di natura tecnologica: i telai antichi sono spesso piuttosto esili, e non avrebbero sopportato a lungo una tensione elevata della tela senza recarne il segno sotto forma di deformazioni viscoplastiche dei montanti.

Si attribuiva quindi sufficiente elasticità e solidità ai dipinti da non credere necessario costringerli in assetto planare con un sovratensionamento. Certamente una buona tensione della tela all'atto della stesura della preparazione era utile all'artista, come pure una certa rigidità della tela preparata all'atto della stesura degli strati pittorici.

L'invenzione dei telai ad espansione angolare ebbe quindi un rapido successo tra restauratori ed artisti. Le “biette” nascono intorno al 1755 secondo la Verougstraete^{vii}, e già dai primi decenni del XIX sec. i telai fissi diventano l'eccezione. Questo avviene in un periodo in cui si foderava molto, e con metodi che tendevano a riprodurre artificialmente la “struttura autoportante” dei dipinti non infragiliti dai processi d'invecchiamento: la foderatura a colla d'amido era diffusa in tutta Europa nel XVIII secolo, ed è un metodo che di per sé tende a creare una struttura rigida^{viii}.

Si deve quindi ragionare in termini di “sistema dipinto-telaio” per capire l'andamento degli equilibri tensionali in relazione all'andamento dell'Umidità Relativa ambientale.

In un dipinto ognuno degli elementi costitutivi reagisce in un modo caratteristico. Prendiamo l'esempio di un dipinto ad olio del XVII secolo montato su telaio fisso, in cui la tela di lino o canapa sia apprettata con abbondante colla animale e la preparazione una mestica oleosa, come nel primo Theodore Turquet de Mayerne.

Ad una diminuzione di U.R. rispetto ai valori standard corrisponde una contrazione della colla di intensità tale da ridurre le dimensioni complessive del dipinto^{ix}; anche la mestica oleosa ed alcuni colori ad olio si contraggono fortemente^x, mentre la tela non subisce variazioni dimensionali di rilievo. Il legno del telaio si contrae, ma la sua contrazione è generalmente di entità molto minore rispetto alla contrazione del dipinto: l'effetto complessivo di una

diminuzione di U.R. è infatti comunque riassumibile in un notevole aumento della tensione del dipinto stesso, oltre che della rigidità dei suoi materiali costitutivi.

Si tratta dunque di una situazione critica, in cui si creano fessure e discontinuità nella struttura del dipinto.

Con l'aumento di U.R. oltre il 65% la tela inizia a contrarsi^{xi} e la forza che sviluppa in questo processo aumenta notevolmente fino a raggiungere un massimo intorno ad U.R. 95%, quando l'acqua adsorbita sulle fibre le lubrifica causandone lo scivolamento reciproco. Contemporaneamente gli strati preparatori e pittorici si rilassano e rigonfiano, tendendo a diventare più plastici, mentre la dilatazione del telaio dovuta al rigonfiamento del legno contribuisce ad aumentare lo stress subito dalla tela^{xii}. Anche qui siamo quindi in una situazione critica in cui è evidente soprattutto l'estensione subita dalla tela.

Le forze si concentrano negli angoli, che sono la parte del dipinto che subisce per prima danni evidenti. Con il ripetersi ciclico di questi stress la tela perde tensione al punto da arrivare ad "appendersi" al telaio, mostrando pieghe negli angoli superiori ed una caratteristica "imborsatura" nella parte bassa.

I moderni telai a biette, che sono in tutto uguali a quelli usati negli ultimi anni del XVIII secolo, si comportano dal punto di vista della gestione delle sovratensioni generate nel sistema telaio-dipinto esattamente come telai fissi: nella migliore delle ipotesi infatti si potrebbe supporre che le biette scivolino via quando la tensione aumenta molto, ma in genere queste sono bloccate dall'attrito, se non intenzionalmente fermate con chiodi.

Secondo la tradizione, su un telaio a biette il dipinto è consapevolmente teso ben più di quanto non sia ritenuto necessario ai fini conservativi: infatti una parte della tensione serve a compensare il calo di tensione (considerato "assestamento fisiologico", ma in realtà dovuto all'aumento delle dimensioni del dipinto) che avviene nei mesi successivi al montaggio.

Con i più recenti "telai elastici" ad espansione angolare la situazione non cambia molto, perché quasi mai lo spazio lasciato alla contrazione del dipinto è sufficiente, e le molle sono troppo rigide e tarate su valori di forza ampiamente eccessivi. Le situazioni pericolose sono ancora una volta quelle in cui il dipinto si contrae o il telaio si espande: se il telaio non permette al dipinto di contrarre il sistema in misura adeguata^{xiii}, i danni subiti dal dipinto sono analoghi a quelli causati dal montaggio su un telaio fisso o a biette. Naturalmente un telaio ad espansione angolare che permetta (con molle sufficientemente cedevoli e spazi adeguati) una giusta contrazione alla tela riesce ad evitare di divenire uno "strumento per ingrandire i dipinti", ma per evitare le concentrazioni di forze negli angoli è necessario prevedere un montaggio che permetta al dipinto di scorrere (per espansione o contrazione) lungo il perimetro del telaio^{xiv}.

I rivoluzionari telai di Carità^{xv} permisero di risolvere alla radice il problema della concentrazione delle tensioni negli angoli, grazie ad un sistema di montaggio che prevedeva per la prima volta la separazione della funzione di tensionamento da quella di sostegno^{xvi}.

Un interessante lavoro^{xvii} del Laboratorio di Fisica dell'ICR in collaborazione con il Dipartimento di Meccanica ed Aeronautica dell'Università la Sapienza di Roma, ha confrontato con simulazioni al computer (con il metodo degli "Elementi Finiti"^{xviii}) la distribuzione delle forze in un telaio ad espansione angolare ed in quello che Carità aveva fatto realizzare per il S. Gerolamo. Nel primo caso le forze sono concentrate prevalentemente negli angoli (mentre il resto del dipinto è poco teso), nel secondo la zona angolare del dipinto è tesa come il centro, non ci sono punti di sovratensione, le leggere disomogeneità dovute al montaggio interessano solo la parte non dipinta e girata sul retro.

In questo contesto, va ancora considerata la qualità della forza impiegata: il tensionamento elastico può considerarsi "continuo" se, seguendo le variazioni dimensionali del dipinto, non si hanno discontinuità nell'erogazione della forza o fine corsa prematuri. I sistemi di tensionamento continuo in genere, non possono però essere definiti anche a tensione "costante" per il semplice motivo che la forza generata dal meccanismo è proporzionale alla deformazione della molla, e quindi ogni cambiamento della sua deformazione implica una variazione della forza. La

relazione $F=k\Delta l$ mette in evidenza il ruolo della rigidità della molla: se una molla è poco deformabile ha una costante di elasticità k elevata e quindi anche una piccola variazione del suo allungamento causa un importante cambiamento della forza di tensione cui è soggetto il dipinto. Su questo punto è stata posta la necessaria attenzione solo da pochissimi anni^{xix}.

LA TENSIONE COME PRATICA CONSERVATIVA

Una volta compresa l'utilità del tensionamento elastico^{xx} con un metodo che permetta di evitare l'accumulo di tensioni negli angoli, resta da capire quale sia la forza giusta per il dipinto. L'introduzione dei sistemi di "tensionamento continuo", ha di fatto azzerato i riferimenti tradizionali per la scelta del valore della forza.

La tensione è continua (e si può riuscire a renderla quasi costante) malgrado le variazioni ambientali: questo rende inutile la tradizionale sovratensione, fosse essa prevista per compensare le variazioni ambientali o per il calo progressivo di tensione; inoltre la tela si spiana naturalmente con i primi movimenti di assestamento dopo il montaggio, quindi non è più necessario aumentare la tensione per correggere le deformazioni del dipinto. Se il sistema di tensionamento funziona correttamente, basta infatti aspettare qualche giorno^{xxi} perché si stabilizzi il nuovo equilibrio di forze, correggendo i difetti di forma.

Il tensionamento è necessario al dipinto per 3 motivi fondamentali:

1. fargli assumere la forma desiderata, generalmente un assetto planare;
2. conferirgli un comportamento elastico adatto alla conservazione;
3. contrastare adeguatamente le sovratensioni interne, perché l'eccessiva contrazione di un materiale non sia dannosa per gli altri.

Diventa sempre più necessario misurare la forza applicata alla tela, per rendere confrontabili gli effetti del tensionamento su basi oggettive e quindi riproducibile il tensionamento scelto, che è ancora basato su parametri assolutamente soggettivi^{xxii}. Per ottenere dati che forniscano parametri anche indicativi di riferimento, dal gennaio 2001 è in corso una ricerca sul comportamento meccanico dei dipinti su tela in relazione ad U.R. ed al tensionamento imposto^{xxiii}. I primi dati saranno pubblicati entro il 2003.

I dati pubblicati sul valore del tensionamento imposto ad un dipinto dopo il restauro sono pochissimi, ed anche molto diversi. Si ricorda in proposito: nel 1991 l'ICR per il S. Gerolamo del Caravaggio^{xxiv} (6N/cm); nel 1996 l'OPD per la Decollazione del Battista del Caravaggio^{xxv} (8,6N/cm) e poi Antonio Iaccarino Idelson per un dipinto della Scuola dei Carracci^{xxvi} (2,6N/cm). L'effetto della tensione era stato studiato nel 1981 da Gustav Berger^{xxvii}, che esaminò i Cyclorama: dipinti enormi (15x125 metri) e con una struttura molto solida, che sostengono una tensione di ca. 6N/cm nella zona più alta, dovuta al peso proprio dell'opera. Lo stesso, nel 1984, monta un dipinto di Giacometti^{xxviii} su un telaio a tensione misurabile e continua, ma non dice chiaramente quale forza scelga^{xxix}.

I TELAI REALIZZATI

I nuovi telai sono stati progettati tenendo conto delle particolari necessità dei dipinti.

Si è voluto costruire dei telai a "scorrimento perimetrale", in continuità con quelli realizzati all'ICR da Roberto Carità negli anni '50, per i dipinti di Caravaggio e Tiziano^{xxx}, di cui rappresentano la più recente evoluzione. L'unica alternativa possibile era infatti rappresentata dall'incollaggio delle tele su pannelli rigidi, non esistendo telai adattabili alla situazione specifica^{xxxi}.

I telai hanno una struttura fissa in alluminio con bordo di teflon, che svolge solo la funzione di sostegno per il dipinto. Questo è dunque libero di scorrere lungo il perimetro, per essere accolto sul retro da una struttura di tensionamento.



fig. 1: l'asola di tela teflonata con il Velcro; la barretta in acciaio.

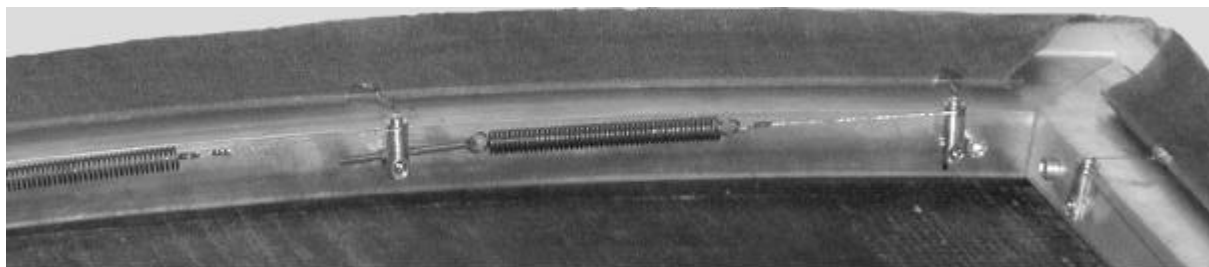


fig. 2: i meccanismi di tensione lungo il lato curvo.

I vantaggi sono numerosi, e di notevole importanza.

L'assenza di parti mobili e la possibilità di impiegare profilati di forma semplice rendono questo tipo di telaio versatile ed adatto alle situazioni più diverse, senza limitazioni nelle dimensioni e negli spessori, sempre con un rapporto ottimale tra peso e resistenza meccanica della struttura. In questo caso sono stati impiegati profilati in alluminio 60 x 30 mm per il perimetro e 30 x 30 mm per la crociera di rinforzo per un totale di 16,5 kg per 4,66 mq di telaio, ovvero una media di 3,5 kg/mq (fig. 4).

Un altro vantaggio non trascurabile è nel fatto che il telaio non cambia le sue dimensioni per seguire gli stati tensionali del dipinto: questo elimina alla radice i problemi di compatibilità con le dimensioni della nicchia ed è molto comodo anche in presenza cornici od altri riferimenti fissi lungo i margini del dipinto.

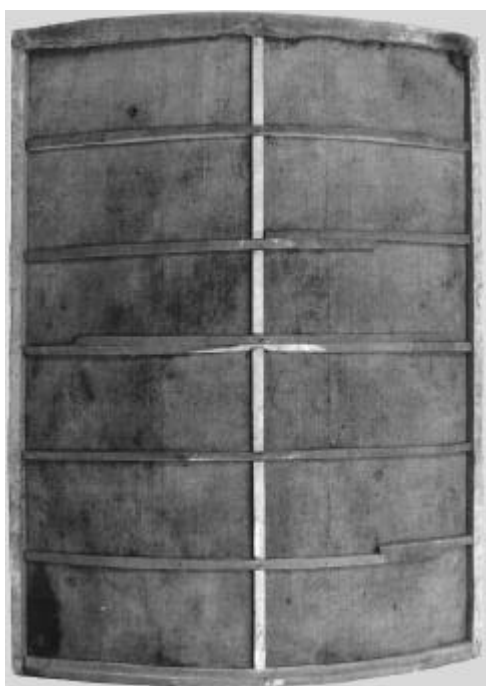


fig. 3: uno dei vecchi telai.

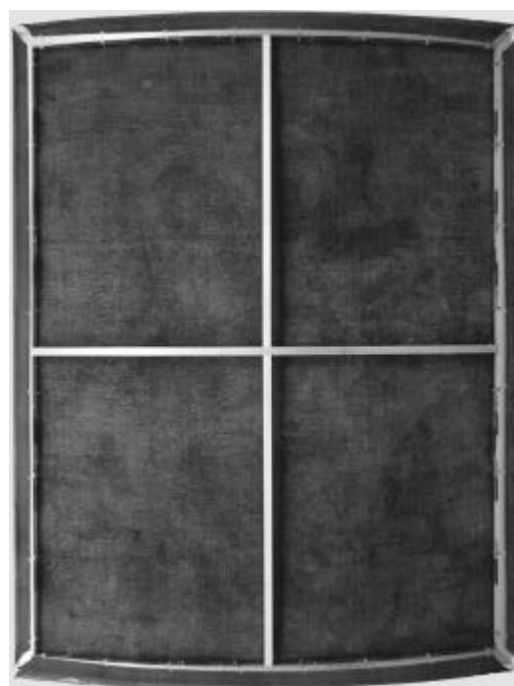


fig. 4: uno dei telai nuovi.

L'aspetto certamente più significativo sul piano conservativo è comunque nella distribuzione estremamente uniforme delle forze. Il problema della concentrazione di forze negli angoli e delle limitazioni alle naturali contrazioni del dipinto è infatti risolto grazie allo scorrimento della tela su doppio strato di teflon^{xxxii} ed alla presenza di un ampio margine di tela esterno al dipinto che, come sottolineato da Carità nel 1955^{xxxiii}, crea una sorta di "bordo cuscinetto" che tende a neutralizzare ogni eventuale residua disomogeneità delle tensioni (fig. 2).

Il tensionamento è "continuo" ma anche pressoché "costante" perché ottenuto con molle lunghe e morbide (la costante elastica è molto bassa: 8,3 N/cm, in zona di lavoro): ogni molla si deforma molto pur erogando una forza contenuta. Le molle sono montate parallelamente agli elementi del telaio, posizione in cui lo spazio a loro disposizione è molto, e con il vantaggio di conservare al telaio un aspetto di tipo tradizionale.

Un'altra caratteristica innovativa consiste nel fatto che la forza è sempre misurabile^{xxxiv}, ed anche modificabile, con grande precisione. Nel caso dei dipinti in oggetto, calibrando la forza sulla forma e lo stato di conservazione dei dipinti, si è scelto di tendere con 1,5 N/cm l'ordito e 1 N/cm la trama: forze quindi molto contenute, ma comunque tali da permettere di conferire ai dipinti la forma dovuta e senza causare alcun appiattimento nella zona centrale.

BIBLIOGRAFIA

1. Carità, R. /*Aggiunta sui telai per affreschi trasportati*. In: Bollettino dell'Istituto Centrale per il Restauro, n. 23-24, 1955.
2. Carità, R. /*Considerazioni sui telai per affreschi trasportati su tela*. In: Bollettino dell'Istituto Centrale per il Restauro, n. 19-20, 1955.
3. Carità, R. /*Il restauro dei dipinti caravaggeschi della cattedrale di Malta*. In: Bollettino dell'Istituto Centrale per il Restauro, n. 29, 1957.
4. Urbani, G. /*« Proposition pour un programme de recherche sur la conservation des peintures sur toile »*, Comité de l'ICOM pour la conservation, Amsterdam 14-19 settembre 1969.
5. Giordano, G. /*Tecnologia del Legno*. U.T.E.T. Torino 1971-1976.
6. Urbani, G. (ed.) /*Problemi di Conservazione*, editrice Compositori, Bologna 1973.
7. Percival-Prescott, W. (ed.) /*Conference on comparative lining techniques*. National Maritime Museum april 23-25, 1974.
8. Percival-Prescott, W. /*The lining cycle*. In: Percival-Prescott, W. (ed.) /*Conference on comparative lining techniques*. National Maritime Museum, april 23-25, 1974.
9. Messens, G. /*Hand lining with wax-resin using an iron*. In: Percival-Prescott, W. (ed.) /*Conference on comparative lining techniques*. National Maritime Museum april 23-25, 1974.
10. Berger, G. A. /*Conservation of the Atlanta Cyclorama*. In: Conservation within historic buildings. Preprints of the contributions to the Vienna Congress, 7-13 Sept. 1980 / London: International Institute for Conservation, 1980.
11. Mecklenburg, M. F. /*Some aspects of mechanical behaviour of fabric supported canvas paintings*, Risultati di una sua ricerca, parzialmente finanziata dal National Museum Act, conclusa nel 1982, disponibili alla biblioteca dell'ICCROM sotto forma di fotocopie.
12. Colville, J.; Kilpatrick W.; Mecklenburg, M. F. /*A finite element analysis of multi-layered orthotropic membranes with application to oil paintings on fabric*. IIC Congress Preprints 1982.
13. Berger, G. A. /*A structural solution for the preservation of canvas paintings*. In: *Studies in conservation*, Vol. 29, N. 3 London: International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, p. 139-142, 1984.
14. Verougstraete-Marcq, H.; Van Schoute, R. /*Cadres et supports dans la peinture flamande aux 15e et 16e siècles*, Heure le Romain: H. Verougstraete-Marcq, 1989.
15. Toussaint, B. /*Étude et traitement d'une oeuvre peinte ; suivi de Le châssis et son évolution à travers les siècles*. Mémoire de fin d'études, (Tesi di Diploma) École d'art d'Avignon- Département de Conservation-Restauration des oeuvres peintes, 1989-1990.
16. Berger, G. A.; Russell, W. H. /*Deterioration of surfaces exposed to environmental changes*. In: «Journal of the American Institute for Conservation», n 29 p. 45-76. 1990.
17. Del Zotto, F. /*Tensionamento dei dipinti su tela: contributo per una ricerca metodologica applicata*. In: «Kermes», n.9 1990, p. 3-10.
18. Accardo, G.; Bennici, A.; Torre, M. /*Tensionamento controllato della tela*. In: AA. VV. /*Il S. Gerolamo del Caravaggio a Malta dal furto al restauro*. I.C.R. 1991
19. Mecklenburg, M. F.; Tumosa, C. S. /*Mechanical behaviour of paintings subjected to changes in temperature and relative humidity*. In: Art in Transit: Studies in the transport of paintings. International Conference

- on the Packing and Transportation of Paintings. September 9-11, 1991 London. Mecklenburg, M. F. (ed.), Washington DC, National Gallery of Art, 1991.
20. Accardo, G.; Santucci, G.; Torre, M. /*Sollecitazioni Meccaniche nei dipinti su tela: alcuni metodi di analisi e di controllo*. In: Atti della 3a conferenza internazionale sulle prove non distruttive, Viterbo 1992, pp.37-52
 21. Berger, G.A. /*La foderatura, metodologia e tecnica*. Nardini Editore, Firenze 1992
 22. Ciatti, M. /*Esperienze e tematiche per la conservazione dei dipinti su tela, con un contributo di Sergio Taiti*. In: Ciatti, M. (ed.) /*Problemi di Restauro. Riflessioni e Ricerche*, pp. 65-87. Firenze 1992.
 23. Roche, A. /*Influence du type de chassis sur le vieillissement mécanique d'une peinture sur toile*. In: Studies in Conservation, Volume 38, Number 1, pp. 17-24, February 1993.
 24. Mecklenburg, M. F.; Mc Cormick-Goodhart, M.; Tumosa, C. S. /*Investigation into the deterioration of paintings and photographs using computerized modelling of stress development*. In: «Journal of the American Institute for Conservation», n. 33, pp. 153-170, 1994.
 25. Nimmo, M.; Paris, M.; Rissotto, L.; Bonetti, F.; Cappa, P. /*Tensioning Gilded and Painted Leather*. In: ICOM-CC, 11th Triennial Meeting Edimburg 1-6 September 1996, pp. 751-758.
 26. Iaccarino, A. /*Dipinti su tela, una proposta per conservare i telai originali*. In: Materiali e Strutture, anno VI, numero 2, 1996.
 27. Ciappi, O.; Ciatti, M. /*La conservazione dei dipinti su tela: esperienze ed innovazioni per dipinti di grandi dimensioni*. In: OPD restauro, n. 8, 1996.
 28. Bracco, P.; Ciappi, O. /*The Beheading of the Baptist by Caravaggio. The artist's techniques, its state of conservation, its restoration*. In: Vella, T., M. (ed.) /*The Return of Caravaggio's "The Beheading of the Baptist" to Malta*. National Museum of Fine Arts, Malta 1999.
 29. Serino, C.; Serino, M. /*Un nuovo telaio elastico per i dipinti su tela*. Kermes, anno XV, n. 45, 2002
 30. Cremonesi, P. /*Parola d'ordine: Ligroina (ovvero, considerazioni sull'utilizzo di certi solventi organici)*. In: Progetto Restauro, n. 24, novembre 2002.
 31. Del Zotto, F. /*Telai e dipinti su tela. Equilibrio delle tensioni e proposte*. In: Progetto Restauro, n. 25. 2003.
 32. Ackroyd, P. /*The structural conservation of canvas paintings: changes in attitude and practice since the early 1970s*. In: Reviews in Conservation, n. 3. 2002, distribuito da aprile 2003.

Si ringrazia Mauro Torre, del Laboratorio di Fisica dell'ICR, per le informazioni sulle molle usate da R. Carità nel telaio de "La Religione" di Tiziano.

NOTE

- ⁱ Questa vicenda conservativa, non altrimenti documentata da fonti scritte, è stata dedotta dalle tracce lasciate sui dipinti, in particolare sui bordi, e confermata inequivocabilmente dalla presenza di una lacerazione del dipinto che era stata risarcita con un elemento di carta pesante, incollata sull'originale prima dell'adesione della seconda tela di sostegno al telaio.
- ⁱⁱ La BEVA usata è del tipo: HS Lascaux 375, commercializzata dalla PHASE. Il solvente (Ligroina-Carlo Erba) è stato scelto su suggerimento di Paolo Cremonesi. Interessante in proposito il suo intervento, Cremonesi, P. /*Parola d'ordine: Ligroina (ovvero, considerazioni sull'utilizzo di certi solventi organici)*. In: Progetto Restauro n. 24, novembre 2002.
- ⁱⁱⁱ Poliammide Polyamid-textil-Schweisspulver 5065, commercializzato dalla PHASE.
- ^{iv} Si basa sugli insegnamenti di W. R. Mehra, che ha tenuto un corso intensivo presso il laboratorio della SD Restauro a Pietrasanta nel maggio 2002, ed Alberto Finozzi, del CESMAR 7 - Padova.
- ^v PLEXTOL B500 Lascaux commercializzato dalla PHASE, in acqua, 1:10 volume/volume.
- ^{vi} *Problemi di Conservazione*, a cura di Giovanni Urbani, editrice Compositori, Bologna 1973, pag. 15.
- ^{vii} Verougstraete-Marcq, H.; Van Schoute, R. / *Cadres et supports dans la peinture flamande aux 15e et 16e siècles*, Heure le Romain: H. Verougstraete-Marcq, 1989; p.55.
- ^{viii} Si trattava per di più del metodo prevalente. La tecnica della cera-resina sembra infatti essere successiva: scelta come metodo ufficiale a Bruxelles solo nel 1858, le prime sperimentazioni potrebbero risalire alla fine del XVIII secolo (parallelamente alla moda della pittura ad encausto, considerata indistruttibile), è documentata dall'inizio del XIX, anche se F. X. de Burtin (Bruxelles 1808) raccomandava fortemente l'uso di ricette di colla pasta, nonostante i problemi legati alla biodegradabilità dei materiali in ambienti molto umidi e freddi. Bruxelles è quindi diventata luogo d'elezione della foderatura a cera, ma il metodo riceve oggi critiche unanimi, visto che anche i suoi sostenitori ne denunciano seri inconvenienti. In ogni caso, ai fini del nostro discorso, anche con la foderatura a cera si ottiene una struttura piuttosto rigida. Oltre alla trattatistica storica specifica, per la storia delle tecniche di

foderatura sono molto interessanti gli interventi della cosiddetta “Conferenza di Greenwich”: Percival-
Prescott, W. (ed.) /*Conference on comparative lining techniques*. National Maritime Museum, april 23-25,
1974. In particolare, utili note storiche sulla tecnica dell’encausto negli ultimi decenni del XVIII sec. sono
fornite nell’intervento di Westby Percival Prescott “*The lining cycle*”. Per la foderatura a cera-resina è
illuminante l’articolo di George Messens (restauratore di Bruxelles, molto esperto del metodo) “*Hand
lining with wax-resin using an iron*” che comincia con: “Before describing this method of lining paintings, I
would like to say to you that it is a pity in all cases to have to line, for even if the treatment is well carried
out with precision and care, a slight change is always noticeable”. Riguardo le tematiche del trattamento
strutturale dei dipinti su tela si raccomanda la lettura dello splendido articolo di rivista appena
pubblicato da Paul Ackroyd su *Reviews in Conservation*.

^{ix} Durante le sperimentazioni in corso presso il Laboratorio di Restauro della Provincia di Viterbo si è
constatato che un dipinto corrispondente a questa descrizione si contrae di ben 7 mm su una lunghezza
di 135 cm (cioè quasi il 2%) passando da un ambiente umido ad un ambiente secco. Si è potuto verificare,
realizzando modelli del dipinto in cui la stratigrafia è ricostruita gradualmente, che questo
comportamento è dovuto fondamentalmente alla colla animale.

^x Vedere in proposito i due lavori di M. F. Mecklenburg (1982 e 1991) in bibliografia, in cui è descritto il
comportamento dei materiali costitutivi di un dipinto su tela. Gli impasti olio-pigmento sono igroscopici,
anche se il senso comune li direbbe impermeabili e quindi inerti, e rigonfiano assorbendo umidità: quello
con terra d’ombra bruciata molto più di quello con biacca, passando per valori intermedi con altre
composizioni. Dal punto di vista della resistenza meccanica il comportamento è analogo, perché l’acqua
assorbita funziona da plastificante: lo strato di colore diventa più o meno plastico a seconda del
pigmento, ma è vero anche che si infragilisce perdendo acqua.

^{xi} Ancora M. F. Mecklenburg 1982, op. cit., ma anche Berger, G. A.; Russell, W. H. /*Deterioration of surfaces
exposed to environmental changes*. In: «*Journal of the American Institute for Conservation*», n 29 p. 45-76.
1990.

^{xii} Si può provare a quantificare l’espansione di un telaio con un semplice calcolo basato sui valori che si
trovano sulle tabelle di G. Giordano (“*Tecnologia del Legno*” U.T.E.T. Torino 1971-6). Un telaio in legno di
abete di 100x100 cm, con sezione 3x10 cm ed incastri angolari a biette, si dilata di un centimetro lungo le
ortogonali, passando da U. R. 30% a 80%, tenendo conto dei valori relativi alle tre sezioni anatomiche
interessate. Dati relativi al rigonfiamento di un telaio antico (e quindi alla sua interazione meccanica con
il dipinto) saranno tra breve disponibili a seguito di una ricerca attualmente in corso nell’ambito di una
tesi di Laurea presso l’Università di Viterbo: laureanda di Luciana Ricci, relatore Manuela Romagnoli,
correlatori Giorgio Capriotti ed Antonio Iaccarino Idelson.

^{xiii} La contrazione andrebbe solo contenuta leggermente, nella misura in cui potrebbe diventare pericolosa
per l’adesione degli strati preparatori e pittorici, mai contrastata al punto da causare discontinuità degli
strati pittorici e “creep” (scorrimento plastico delle fibre) nella tela.

^{xiv} Vedere in proposito: Serino C.; Serino, M. / *Un nuovo telaio elastico per i dipinti su tela*. *Kermes*, anno
XV, n. 45, 2002; ed alcuni modelli e/o prototipi presentati da Franco Del Zotto (*Telai e dipinti su tela.
Equilibrio delle tensioni e proposte* Progetto Restauro, n 25 gennaio 2003).

^{xv} Carità, R. /*Considerazioni sui telai per affreschi trasportati su tela*. In *Bollettino dell’Istituto Centrale per il
Restauro*, n. 19-20, 1955. Carità, R. / *Il restauro dei dipinti caravaggeschi della cattedrale di Malta*. *Bollettino
dell’Istituto Centrale per il Restauro*, n. 29, 1957.

^{xvi} Nel 1955 Carità (*Considerazioni sui telai per affreschi trasportati su tela.*, op. cit.) scrive: “La deduzione
pratica è chiara: i telai debbono essere costruiti in modo da poter dare ad ognuno dei quattro elementi
perimetrali la possibilità di muoversi parallelamente a se stesso, non solo, ma da lasciare alla tela la
possibilità di espandersi e contrarsi –ripeto, progressivamente- [...] Perciò la chiodatura va abbandonata ed i
bordi della tela debbono rimanere liberi di avere anche uno scorrimento trasversale, muovendosi lungo il lati del
telaio. A questo punto noterò, e non solo per doveroso riconoscimento, che alle stesse conclusioni era
giunto –indipendentemente dalle mie ricerche- anche uno dei più esperti restauratori dell’Istituto, Paolo
Mora, sì che anche dalle sue deduzioni, tratte dalla viva esperienza, io fui convinto a dare forma pratica
alle mie disquisizioni teoriche [...]. Tra le varie soluzioni possibili, ritengo che sia da adottare quella,
brillantissima, proposta dal dott. Giovanni Urbani dell’Istituto, che pensò di rivoltare la tela sul rovescio
dell’armatura, facendola passare sui bordi senza frenarne la mobilità trasversale né quella longitudinale.”

^{xvii} Accardo, G.; Santucci, G.; Torre, M. / *Sollecitazioni Meccaniche nei dipinti su tela: alcuni metodi di analisi e
di controllo*. In: *Atti della 3a conferenza internazionale sulle prove non distruttive*, Viterbo 1992, pp.37-52.

^{xviii} Per gli studi agli Elementi Finiti, fare riferimento anche a: Colville, J. et. al. 1982, a Mecklenburg, M.
F. et. al. 1991 ed a Mecklenburg, M. F. et. al. 1994 (opp. citt.).

^{xix} Iaccarino, A. / *Dipinti su tela, una proposta per conservare i telai originali*. Materiali e Strutture, anno VI, numero 2, 1996. In questo articolo le molle sono per la prima volta dichiaratamente scelte perché dotate di una bassa costante di elasticità, oltre che sempre capaci di fornire la forza ritenuta adeguata al dipinto con un allungamento sostenibile. .

^{xx} Roche, A./ *Influence du type de chassis sur le vieillissement mécanique d'une peinture sur toile*. Studies in Conservation, Volume 38, Number 1, February 1993, pp. 17-24. Si tratta di uno studio in cui è misurata la quantità di cracquelure sviluppata in provini sottoposti a continue oscillazioni dei valori ambientali, montati su telaio fisso o telaio elastico. Viene dimostrato che quelli su telaio elastico sviluppano solo la centesima parte della cracquelure formatasi su quelli montati su telaio fisso.

^{xxi} Il grande dipinto (largo 600cm, alto 220cm) di Olivier Debré "Ocre pale de Loire", ca. 1980, di proprietà del Fond National d'Art Contemporain di Parigi, era montato su un telaio troppo leggero. Questo aveva permesso al peso dell'opera di curvare l'insieme con una freccia massima al centro del lato lungo di 4 cm. Il dipinto ha ripreso la sua forma originale dopo una settimana dal montaggio su un telaio "Equilibrarte".

^{xxii} Nel 1969 Giovanni Urbani diceva che "Il est toutefois inquiétant de constater que cette évolution n'a été pas accompagnée d'aucune tentative de mesurer les forces en jeu" (è inquietante constatare che questa evoluzione non sia stata accompagnata da alcun tentativo di misurare le forze in gioco). « Proposition pour un programme de recherche sur la conservation des peintures sur toile », Comité de l'ICOM pour la conservation, Amsterdam 14-19 settembre 1969.

^{xxiii} Il progetto si svolge presso il Laboratorio di Restauro della Provincia di Viterbo, diretto da Giorgio Capriotti, con la Consulenza Scientifica di Antonio Iaccarino Idelson. Dal maggio 2002 ci si avvale anche della preziosa partecipazione di: Laboratorio di Fisica dell'ICR, nella persona di Mauro Torre; Laboratorio di Diagnostica per la Conservazione ed il Restauro dell'Università della Tuscia, nella persona della dott. Claudia Pelosi; Carlo Serino (Equilibrarte s.r.l.); ing. Alain Roche, restauratore e docente alla Sorbona ed all'IFROA a Parigi.

^{xxiv} G. Accardo, A. Bennici, M. Torre. Tensionamento controllato della tela. in: AA. VV., Il S. Gerolamo del Caravaggio a Malta dal furto al restauro. I.C.R. 1991.

^{xxv} O. Ciappi, M. Ciatti. La conservazione dei dipinti su tela: esperienze ed innovazioni per dipinti di grandi dimensioni. OPD restauro, n. 8, 1996. Poi meglio definito in P. Bracco, O. Ciappi, "The Beheading of the Baptist by Caravaggio. The artist's techniques, its state of conservation, its restoration." In The Return of Caravaggio's "The Beheading of the Baptist" to Malta. Edited by Theresa M. Vella, National Museum of Fine Arts, Malta 1999.

^{xxvi} Iaccarino, A., 1996 (op. cit.). La stessa operazione di "rifunzionalizzazione" di un telaio antico, era stata fatta nel 1993 dallo stesso, su un piccolo dipinto di de Nittis, non pubblicato (1,7N/cm). Nel dicembre 2001 sono stati esposti nella Mostra "Restaurando" a VT, i cinque dipinti su cui il Laboratorio di Restauro della Provincia di VT ed Antonio Iaccarino Idelson avevano lavorato: per tutti era segnalato il valore di tensione scelto, variabile tra 1,5 e 2,5N/cm a seconda del dipinto.

^{xxvii} Conservation of the Atlanta Cyclorama / Berger, Gustav A. / International Institute for Conservation , In: *Conservation within historic buildings. Preprints of the contributions to the Vienna Congress, 7-13 Sept. 1980* London: International Institute for Conservation , 1980.

^{xxviii} Berger, G. A. / *A structural solution for the preservation of canvas paintings*. In: *Studies in conservation*, Vol. 29, N. 3 London: International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, p. 139-142, 1984.

^{xxix} "it is important to emphasize that the enormous tension generated by the weight of the canvas [i Cycloramas] is not excessive. At the top, where no cracks occurred, the calculated vertical tension is of less than 200g/cm [2N/cm], decreasing to 100g/cm in the middle of the painting." Altrove (Berger, G.A. / *La foderatura, metodologia e tecnica*. Nardini Editore, Firenze 1992) dice, della tensione ad 1N/cm, che "la maggior parte dei restauratori considera questa come una tensione abbastanza forte e, infatti, essa è più o meno la tensione massima che una normale tela possa sostenere per qualsiasi lasso di tempo." Questa affermazione è piuttosto sorprendente, sia perché nella nostra esperienza 1N/cm è certamente una tensione molto bassa (al limite dell'eccessivamente basso), sia perché lo stesso Berger (Berger, G. A.; Russell, W. H./ *Deterioration of surfaces exposed to environmental changes*. In: «Journal of the American Institute for Conservation», n 29. 1990) stabilisce in 1,7 N/cm la forza ideale per una tela da rifodero, non preparata: p. 51 "therefore, to provide an optimal substrate for a paint film, this canvas should be held close to its MST at 1,7 N/cm".

^{xxx} Carità, R., 1957 (op. cit.). Bertelli, C. / *Il restauro di un quadro di Tiziano*. Bollettino dell'Istituto Centrale per il Restauro, n. 31-32, 1957. Il dipinto è ora nuovamente in restauro presso l'ICR.

^{xxx} La produzione industriale di telai o quella artigianale su grande scala, se consente di mantenere i prezzi bassi per le forme rettangolari, allo stesso tempo comporta problemi spesso insormontabili di ordine tecnico ed economico per ogni deviazione dalle forme standard come le forme centinate, polilobate o concave. Anche l'eccessivo peso di taluni telai è dovuto alla standardizzazione: per essere utilizzabili anche per dipinti di grande formato o peso elevato, i profilati risultano sovradimensionati per dipinti di dimensioni limitate o per tele leggere non foderate.

^{xxxii} In effetti il sistema di scorrimento perimetrale potrebbe essere ancora migliorato arrivando all'eliminazione teorica di ogni attrito radente. Questo è stato fatto da M. Nimmo, M. Paris e L. Rissotto all'ICR per un antemensale in cuoio dorato e dipinto (Nimmo, M. et al./*Tensioning Gilded and Painted Leather.*, op. cit.). In quel caso, i bordi del telaio sono stati realizzati (in collaborazione con la facoltà di Ingegneria della Sapienza) con degli elementi a sezione cilindrica montati su cuscinetti a sfera: l'attrito radente è trasformato in volvente, che è di per sé notevolmente minore ed in più offre meno resistenza nel momento dell'inizio del moto. Questa soluzione al momento sembra difficile da proporre se non in casi molto particolari, perché il bordo a sezione cilindrica obbliga ad aumentare sensibilmente lo spazio necessario per il dipinto la pellicola non può superare il punto di piegatura, quindi i cilindri vanno ad occupare lo spazio in cui si trova normalmente la cornice.

^{xxxiii}. "tale scompenso è forzatamente "molleggiato" dalla fascia perimetrale che [...] compensare le opposte situazioni della mobilità della zona centrale e della rigidità della parte chiodata." Carità, R. /*Il restauro dei dipinti caravaggeschi della cattedrale di Malta.* (op. cit.) pag. 56. Questo principio è stato poi riportato all'attenzione del pubblico dibattito in Del Zotto, F. /*Tensionamento dei dipinti su tela: contributo per una ricerca metodologica applicata.* In: «Kermes», n.9 1990, p. 3-10.

^{xxxiv} Naturalmente anche nei telai di Carità la forza avrebbe potuto essere misurabile, ma in realtà la cosa non sembrava essere ancora una necessità sentita. Solo in "Aggiunta sui telai ..." 1955 (op. cit.), Carità esplicita le forze in gioco per gli affreschi trasportati, e dice che per i "tre angeli" di Cimabue alla Basilica Superiore di Assisi sarebbe stata sufficiente una forza di tensionamento molto bassa, di soli 1,36N/cm. Tornando ai dipinti su tela, si può aggiungere che le molle usate da Carità erano molto forti, e caratterizzate da una costante di elasticità sicuramente piuttosto alta. Per "La Religione" di Tiziano il grafico del comportamento delle molle presenta una discontinuità tra un comportamento iniziale in cui si riscontra una costante elastica molto elevata ed uno successivo in cui la costante elastica diventa più bassa. Comunque entrambe sono largamente eccedenti i valori che oggi si potrebbero ritenere adeguati. Le forze scelte a quell'epoca per i dipinti su tela erano dunque certamente eccessive, visto l'allungamento dato alle molle. Questo nulla toglie comunque alla luminosità delle intuizioni di quegli anni, essendo la forza di tensionamento in linea con una tradizione che ancora negli anni '90 continua a tendere i dipinti su telaio elastico come se fossero su telaio a biette.

In genere, con i telai disponibili attualmente, non è possibile misurare la forza esercitata nel tensionamento. Fanno eccezione i telai pubblicati da Accardo, Bennici e Torre (1991); Ciatti e Ciappi (1996) e Serino (opp. citt.). In realtà in questo contesto l'unica sede in cui si trova specificata l'attenzione alla costante elastica delle molle scelte è l'articolo di Serino, in cui si dichiara di utilizzare molle lunghe proprio per ottenere una forza il più possibile costante.