

# TRATTAMENTO DELLE LESIONI DEI TENDINI FLESSORI CON UN INNOVATIVO SISTEMA DI SUTURA. NOSTRA ESPERIENZA E VALUTAZIONI CLINICHE

L. ROCCHI, A. PAGLIEI, A. TULLI, F. FANFANI, F. CATALANO

Divisione Ortopedia e Chirurgia della Mano, C.I.Columbus-Università Cattolica, Roma

---

## *Treatment of flexor tendon injuries through the use of a new suturing device: Authors' experience and follow-up* SUMMARY

**Purpose:** Treatment of flexor tendon injuries in the digital sheath still represents a challenge in hand surgery. Established treatments require splinting and/or pull-out buttons to protect the sutures from excessive loading but, in doing so, the active motion is somewhat limited for several weeks. Furthermore, sutures modify the diameter and shape of tendons' cross-section. These factors can lead to an unsuccessful functional recovery. The authors present a first report on the use of an innovative tendon repair system. **Materials and methods:** The Teno Fix™ device is composed of two intratendinous stainless steel anchors to be inserted in the proximal and distal tendon stumps respectively, united by multifilament 2.0 stainless steel suture. Upon tensioning the central wire and locking it by two beads, both ends of the sectioned tendon can be tightened together. A continuous circumferential nylon suture completes the repair. 12 patients with complete lesions of FDP, FDS, or FPL tendons by sharp blade injuries at zone 2 or at the border of zones 1-2 received the treatment. Active mobilization was allowed the first day post-operation with both the wrist and MP joints flexed 30° in a plaster of Paris until the 14th day post-operation (cutaneous suture removal), thus allowing full active range of motion. **Results:** Clinical follow-up showed 83% of good/excellent functional recovery according to the IFSSH evaluation scale. Dynamic x-ray films (in full flexion and extension) showed the efficient tightening of the tendon by the steel suture device over a long period of time (longest f/u 26 months). **Conclusions:** This clinical study prospects the Teno Fix™ device as an effective solution for flexor tendon repair in the digital sheath. The device's main properties are as follows: straightforward surgical technique, high resistance to rupture, low encumbrance, tendon vascularity preservation and possibility of early active mobilization.

Riv Chir Mano 2005; 1: 7-16

## KEY WORDS

Flexor, tendon, TenoFix™

---

## RIASSUNTO

**Introduzione:** Il trattamento delle lesioni dei tendini flessori costituisce ancora un capitolo problematico della chirurgia della mano. La necessità di proteggere le suture con apparecchi statici o dinamici o con sistemi di "pull-out", la modificazione del diametro tendineo causata dalle suture e soprattutto la mobilità attiva ridotta per numerose settimane, possono essere causa di non rari insuccessi dal punto di vista funzionale. Gli autori presentano il primo rapporto sull'utilizzazione di un innovativo sistema di riparazione tendinea. **Materiali e metodi:** Il sistema è costituito da due ancorette metalliche che si inseriscono nel tessuto tendineo a livello dei monconi prossimale e distale del tendine reciso, unite da un filo intrecciato in acciaio che permette il ricongiungimento delle due porzioni tendinee allorché il sistema viene messo in tensione e bloccato con piombini deformabili. Una sutura epitendinea in nylon termina l'intervento. Il sistema è stato applicato in 12 pazienti (8 uomini e 4 donne di età media 32 anni) affetti

Arrived: 25 May 2005

Accepted: 1 June 2005

Correspondence: Dr. Lorenzo Rocchi, Via Oriolo Romano, 79 - 00189 Roma - Fax 06-3054641 - E-mail: lor.rocchi@tiscali.it

da lesioni tendinee da taglio in zona 2 o limite 1/2, a livello del 1° dito (2 casi), 2° dito (6 casi), 3° dito (2 casi), 4° dito (1 caso) e 5° dito (1 caso). La mobilizzazione attiva è stata concessa dall'immediato post-operatorio, con limitazione di 30° dell'estensione di polso ed articolazioni MF fino alla 14ª giornata, quindi permesso il completo range di movimento. **Risultati:** I controlli clinici condotti (con f.u. maggiore 26 mesi) hanno dimostrato nei casi trattati 83% di risultati funzionali eccellenti/buoni secondo la scala di valutazione dell'IFSSH. I controlli radiografici dinamici hanno confermato la mobilizzazione attiva dei tendini trattati e la tenuta a distanza del sistema di riparazione. **Conclusioni:** Il sistema utilizzato appare, alla luce dello studio effettuato, una soluzione efficace per il trattamento delle lesioni dei tendini flessori all'interno del canale digitale. Le sue caratteristiche principali si possono così sintetizzare: facilità d'esecuzione, resistenza elevata, minimo ingombro, rispetto della vascolarizzazione tendinea, garanzia di una mobilizzazione attiva precoce.

## PAROLE CHIAVE

Tendini, flessori, TenoFix™

## INTRODUZIONE

Il trattamento delle lesioni dei tendini flessori ed il pieno recupero della funzione digitale rappresentano ancora un problema complesso ed impegnativo per il chirurgo della mano. Numerosi protocolli sono stati sviluppati negli ultimi trent'anni per la riparazione dei tendini flessori, delle strutture peritendinee e per la gestione post-operatoria delle dita lesionate (1). Molte delle tecniche di sutura elaborate, per garantire la tenuta necessaria, sono costituite da numerosi passaggi transtendinei responsabili talvolta di una modificazione del diametro dei tendini trattati, di alterazioni della vascolarizzazione locale e di aderenze. L'esecuzione di queste suture inoltre richiede invariabilmente una notevole esperienza chirurgica (2). La pratica clinica insegna che l'applicazione di protocolli post-operatori, piuttosto lunghi (6-8 settimane) e la tutorizzazione con ortesi "dinamiche", necessarie con l'uso delle suture più diffuse, come quelle elaborate da Kessler o da Klinert, permettono generalmente una mobilizzazione attiva piuttosto limitata. Anche i sistemi di sutura con pull-out, senz'altro validi e da noi tutt'oggi utilizzati, sono, nelle applicazioni non-distali causa di limitazione allo scorrimento tendineo. Ogni tipo di riparazione tradizionale dei tendini flessori necessita, secondo la letteratura e l'esperienza di ogni chirurgo della mano, di un periodo di "protezione", per l'alta probabilità di cedimento/allungamento (c.d. "gapping") o rottura del filo

di sutura, finché il tendine non sia cicatrizzato. Questo limite delle attuali tecniche di sutura dei tendini flessori è, in effetti, alla base dei non rari insuccessi di trattamento.

Con questo articolo presentiamo il primo rapporto sull'utilizzazione di un innovativo sistema di riparazione dei tendini flessori (TenoFix®).

## MATERIALI E METODI

Il Sistema è costituito da due ancorette metalliche che si inseriscono nel tessuto tendineo a livello dei monconi prossimale e distale del tendine reciso, attraversate da un multifilamento d'acciaio intrecciato del diametro 2/0. Ogni ancoretta è composta da una spirale avvolta attorno ad un fuso cavo (Fig. 1).

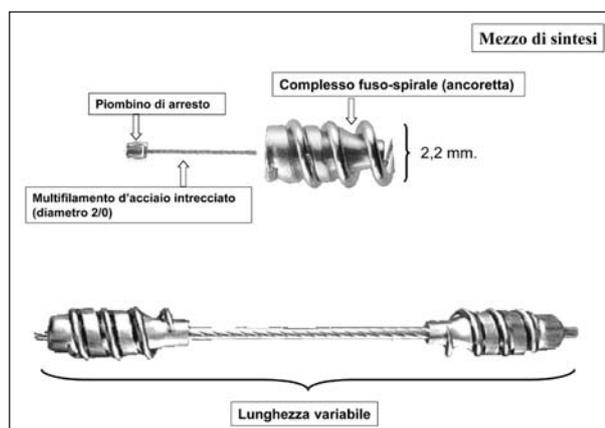


Figura 1. Rappresentazione schematica del mezzo di sintesi e dello strumentario.

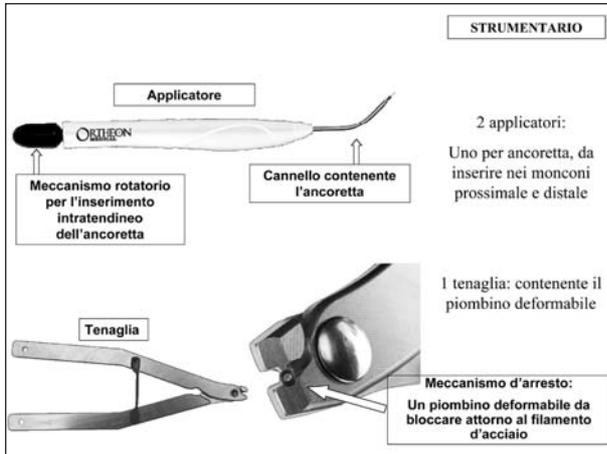


Figura 2. Rappresentazione schematica del mezzo di sintesi e dello strumentario.

Le fibre longitudinali del tendine vengono “catturate” tra i due elementi (spirale e fuso), inseriti con moto rotatorio mediante un apposito applicatore. Lo strumentario si compone di 2 applicatori contenenti le ancorette, un filamento d'acciaio intrecciato dotato di ago retto ad una estremità e di un pallino di arresto all'altra, ed una tenaglia contenente un secondo pallino deformabile da utilizzare per il bloccaggio finale del sistema (Fig. 2). È inoltre disponibile un estrattore delle ancorette.

Il sistema viene messo in uso inserendo le ancorette attraverso una piccola incisione longitudinale eseguita sul versante volare dei due monconi del tendine reciso a 5-10 mm dal margine sezionato. Tali incisioni devono penetrare circa la metà dello

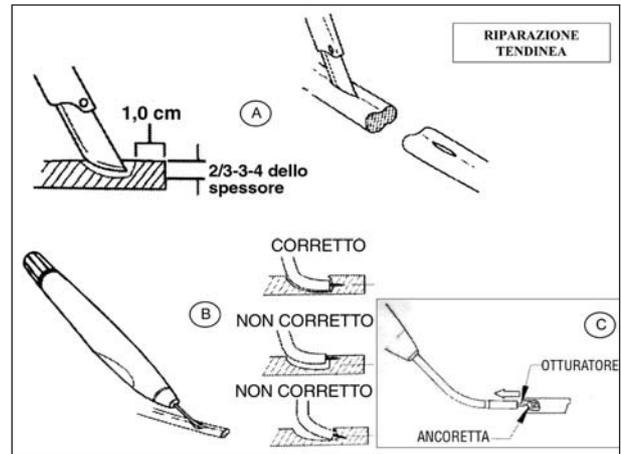


Figura 3. Esecuzione della tecnica di riparazione tendinea.

spessore del tendine, senza coinvolgere la porzione più dorsale. La punta dell'applicatore viene inserita nel tessuto inciso ed il complesso fuso-spirale (ancoretta) si insinua tra le fibre longitudinali del tendine (Fig. 3). Il filo in acciaio viene quindi fatto scorrere attraverso la prima ancoretta, il primo moncone tendineo e quindi il secondo moncone e la seconda ancoretta (Fig. 4). Esso permette il ricongiungimento delle due porzioni tendinee allorché il sistema viene messo in tensione e bloccato con il piombino deformabile. Le due piccole tenotomie longitudinali eseguite per l'introduzione del sistema sono chiuse con un punto di sutura 4/0 riassorbibile a nodo rovesciato. Una sutura epitendinea circonferenziale in nylon termina l'operazione (Fig. 5).

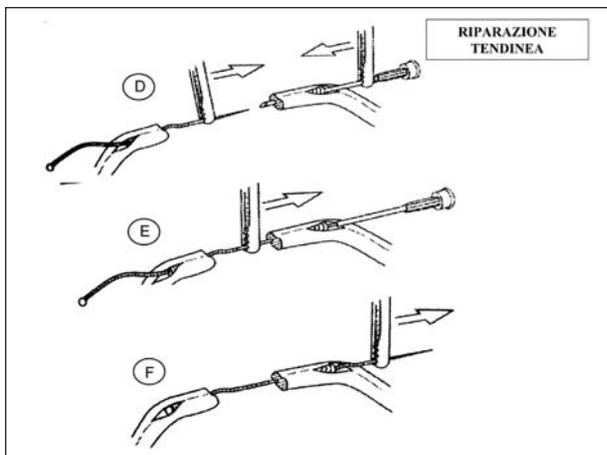


Figura 4. Esecuzione della tecnica di riparazione tendinea.

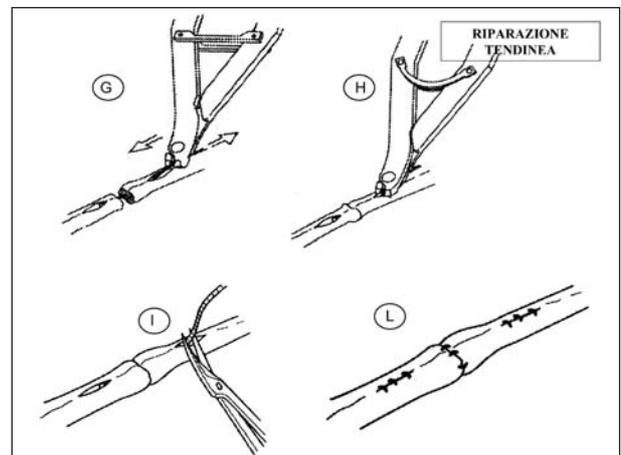


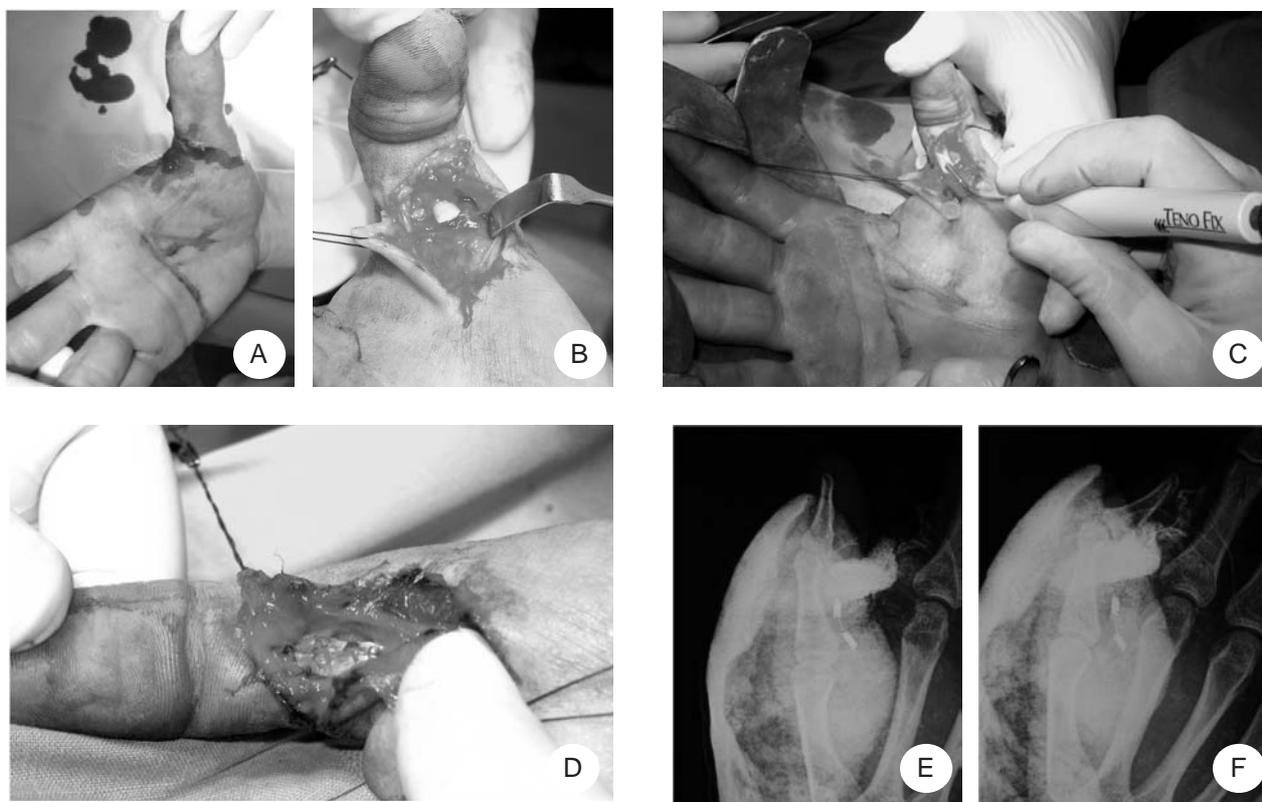
Figura 5. Esecuzione della tecnica di riparazione tendinea.

Il sistema è stato applicato in 12 casi (8 uomini, 4 donne) di età media 32 anni. (Figg. 6, 7). Prospettivamente sono stati selezionati pazienti in età giovanile (range 18-46) affetti da lesione tendinea da taglio netto, avvenuta in zona 2 o limite 1/2, coinvolgente il solo flessore profondo o superficiale. Casi di lesioni complesse o coinvolgimento articolare o scheletrico non sono stati inclusi nello studio. La valutazione pre-operatoria includeva la valutazione del Range of Motion secondo la formula di Strickland (2) di tutte le articolazioni del dito affetto dalla lesione e del suo controlaterale, nonché la misura della distanza minima ottenibile in flessione attiva fra il polpastrello e la plica palmare distale. Le lesioni trattate si localizzavano su: 1° dito (2 casi), 2° dito (6 casi), 3° dito (2 casi), 4° dito (1 caso), 5° dito (1 caso) (Tab. 1).

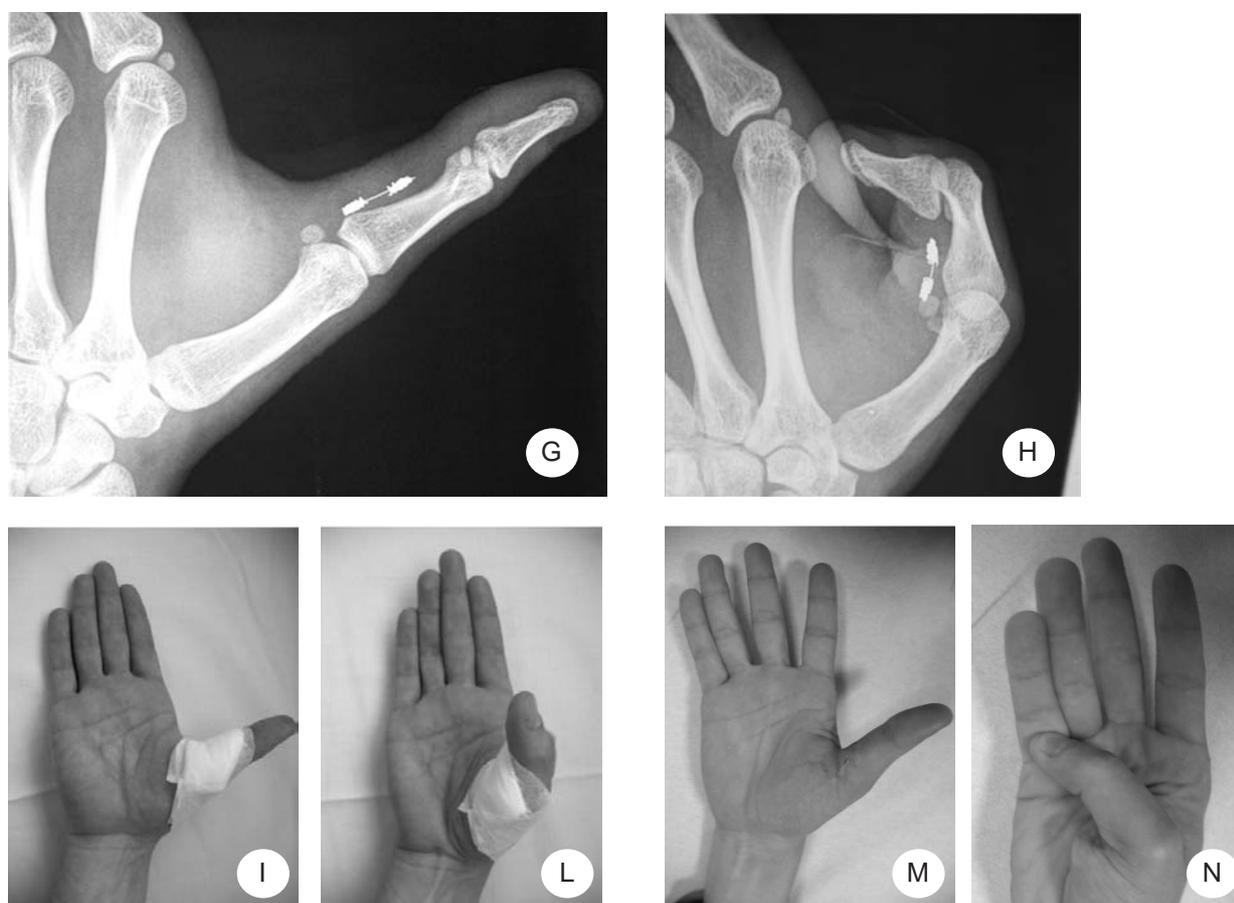
I pazienti sono stati esortati ad eseguire la flessione attiva del dito trattato sin dal primo giorno post-operatorio, mentre la massima estensione è

stata limitata dal posizionamento di una stecca gestata dorsale per mantenere il polso e le articolazioni MF a 30° di flessione sino al 14° giorno (rimozione della stecca e desutura). Quindi veniva applicato uno splint dorsale in posizione neutra per limitare la sola iperestensione del polso fino al 28° giorno, mentre si concedeva massima libertà di movimento alle catene falangee, consigliando di evitare unicamente la flessione contro resistenza e l'estensione passiva forzata per la durata del primo mese dal trattamento. La funzionalità digitale è stata valutata utilizzando la formula "Total Active Motion" messa a punto da Strickland, classificata secondo la tabella dell'IFSSH (2) ed il sistema "pulp-to-palm" messo a punto da Boyes (3) con un follow-up minimo di tre mesi.

I controlli clinici sono stati condotti settimanalmente nel primo mese, quindi mensilmente a due, sei, dodici mesi, ventiquattro mesi. Sono stati eseguiti controlli radiografici in proiezioni AP e LL in



**Figura 6.** Caso clinico. A, B) lesione da taglio del flessore lungo del pollice in zona 2. C, D) Riparazione. E, F) Controllo in gesso ed Rx (segue).



**Figura 6.** Caso clinico (continuazione) G, H) Rx in estensione e flessione a 15 gg. I, L) Controllo clinico a 15 gg. M, N) Controllo a 1 mese.

massima flessione ed estensione a 14 e 60 giorni post-operatori, al fine di valutare lo scorrimento tendineo e l'eventuale cedimento della sutura, valutabili dalla posizione delle ancorette e dei piombini di fondo corsa, radio-opachi.

## RISULTATI

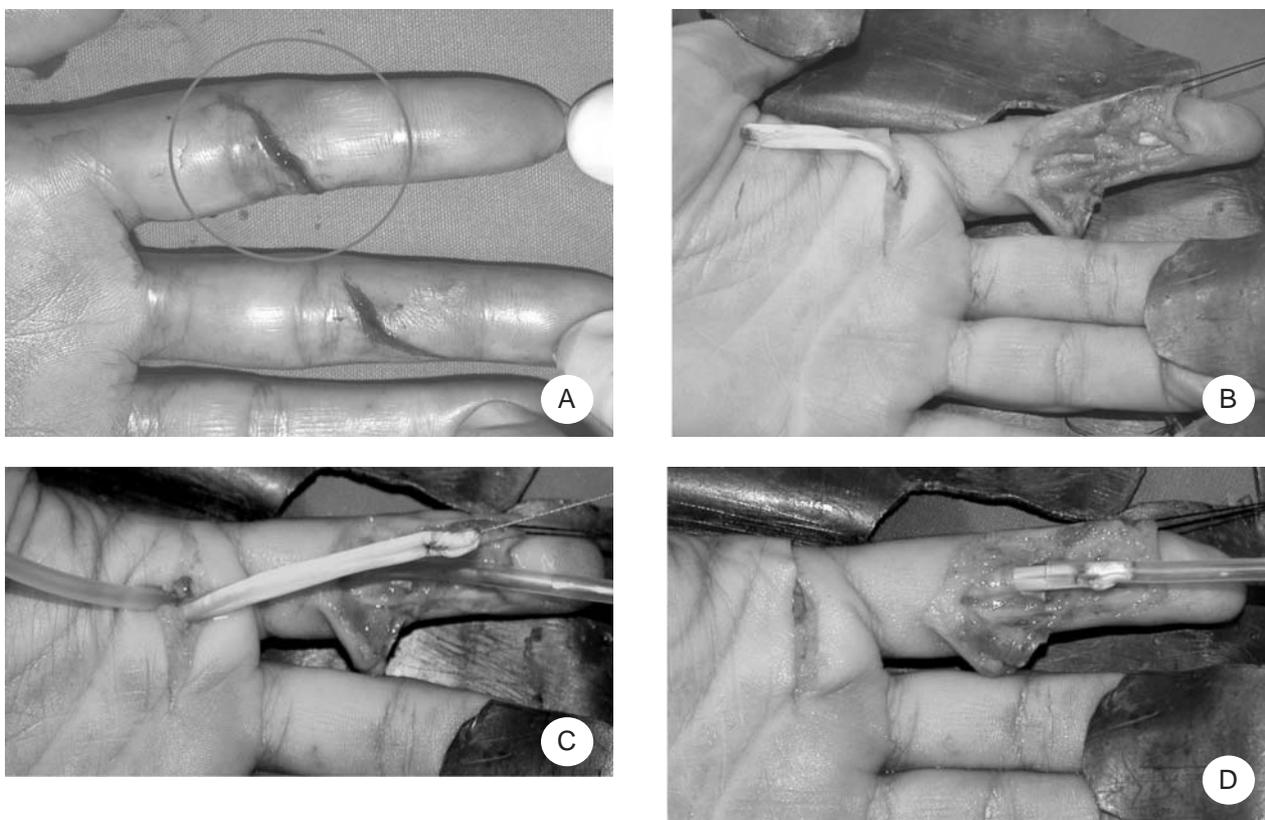
I casi trattati sono stati valutati clinicamente con un follow-up medio di 11,5 mesi (range 3-26 mesi). A tre mesi 10 pazienti (83,3%) hanno avuto eccellenti o buoni risultati (Tab. 1). In 6 pazienti (50%) il range completo di flesso-estensione è stato recuperato in quattro settimane. In 5 pazienti (41,6%) è residuo un deficit di estensione media di 15° a livello della falange distale. Un caso ha avuto un risultato mediocre a causa di una infezio-

ne locale, trattata con terapia medica, che ha limitato il recupero funzionale. Un caso ha avuto un risultato insoddisfacente dovuto a rottura del tendine attorno al mezzo di sintesi, a causa di un'iperestensione passiva forzata da caduta accidentale. Veniva rioperato con sutura classica e pull-out con bottonne. Cinque pazienti (41,6%) sono tornati a svolgere la propria attività lavorativa entro un mese dal trauma.

Le radiografie eseguite con proiezioni dinamiche in flesso-estensione hanno dimostrato la tenuta del sistema ed il recupero della funzione tendinea.

## DISCUSSIONE

Il raggiungimento di risultati eccellenti nel trattamento delle lesioni dei tendini flessori nel canale

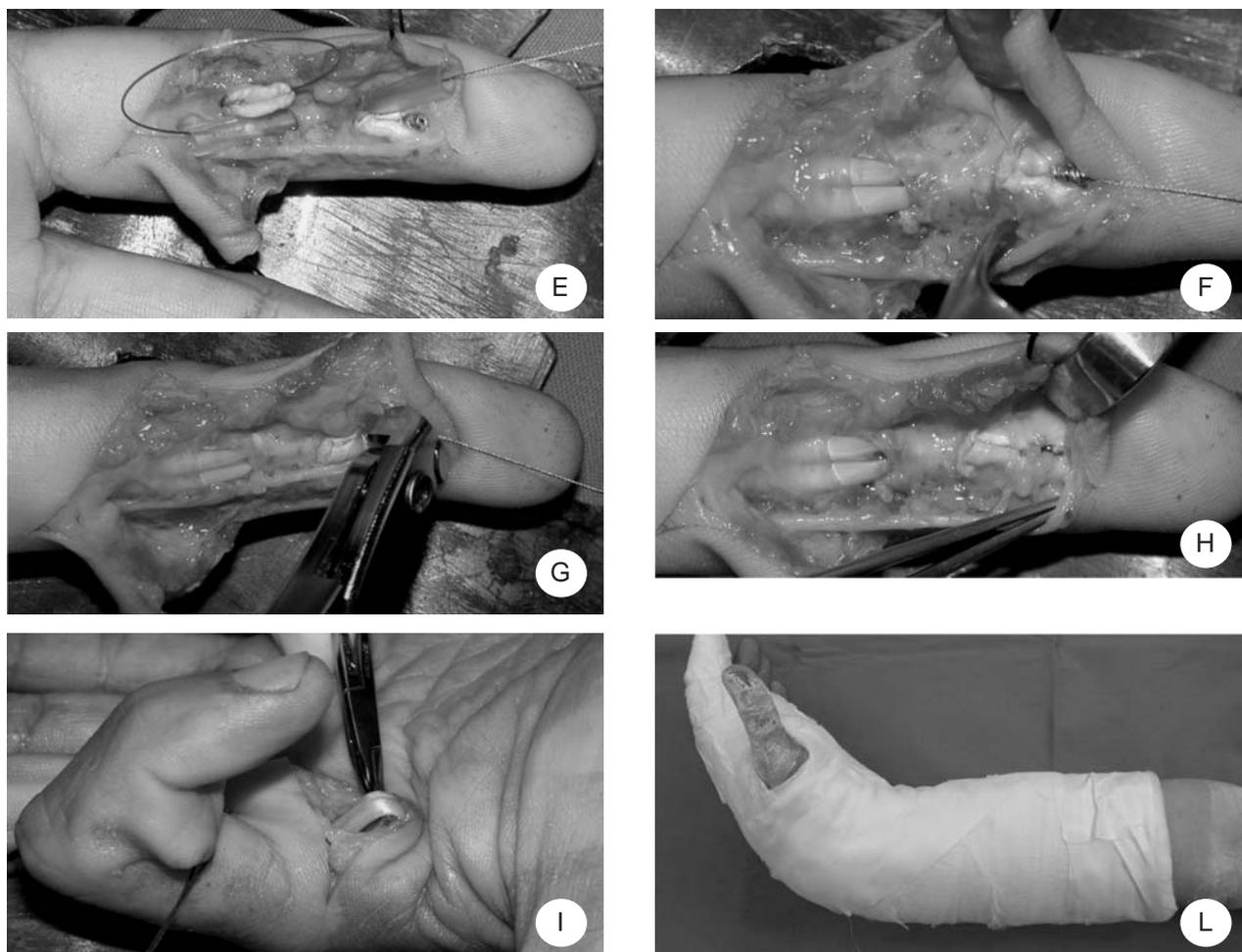


**Figura 7.** *Caso clinico A, B) Lesione da taglio in zona 1/2 del flessore profondo del secondo dito con retrazione nel palmo. C, D) Applicazione dell'ancoretta prossimale e passaggio attraverso il canale digitale per mezzo di una cannulina (segue).*

digitale è sempre stato difficoltoso. Particolare importanza risiede nei dettagli di tecnica della sutura prescelta dal chirurgo e nel programma riabilitativo. L'accesso a nuovi materiali capaci di risolvere i notevoli rischi di rottura e cedimento delle suture tradizionali, con possibilità di mobilizzazione attiva immediata è ciò che chiunque si sia dedicato a questa chirurgia avrebbe desiderato. Strickland, uno dei padri delle tecniche di riparazione dei flessori, scrisse nel 1995: "il metodo più efficace per ripristinare la tenuta meccanica e lo scorrimento dei tendini riparati, consiste nell'uso di una tecnica di sutura resistente alla rottura e all'allungamento, seguita da una mobilizzazione assistita immediata" (4, 5). Dalla revisione della letteratura, le caratteristiche della riparazione tendinea ideale possono essere così riassunte: a) alta resistenza meccanica sin dal principio, b) assenza di cedimento elastico (gapping), c) minimo ingombro del canale digitale,

d) rispetto della vascolarizzazione locale, e) esecuzione semplice e riproducibile, f) possibilità di mobilizzazione attiva precoce (1, 2, 4, 6, 14). La riparazione tendinea con il sistema presentato sembra possedere queste caratteristiche; in particolare le due maggiori complicanze delle suture tradizionali, le aderenze ed il cedimento, che determinano invariabilmente un recupero funzionale incompleto (6, 8, 15), possono essere notevolmente limitate con questo metodo di trattamento.

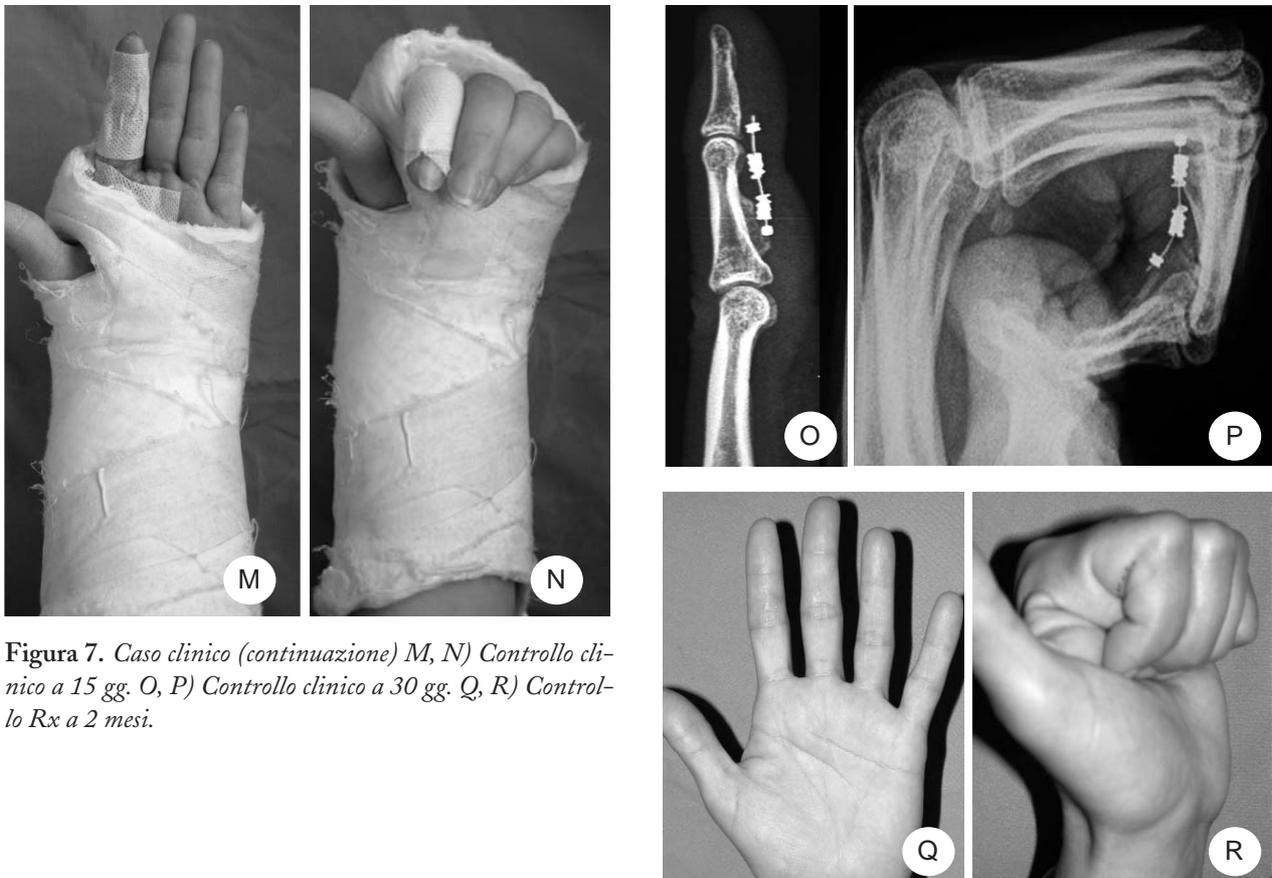
Per quanto riguarda le aderenze, la loro formazione può essere evitata dalla mobilizzazione del tendine suturato nel periodo di cicatrizzazione, tale da contrastare l'invasione della componente fibroblastica estrinseca. La mobilizzazione attiva del dito operato è stata fino ad oggi notevolmente limitata dalla fragilità dei fili di sutura, e resa possibile soltanto proteggendo le riparazioni con i noti sistemi di Klinert, Duran ed altri (5). L'uso del sistema



**Figura 7.** Caso clinico (continuazione) E, H) Completamento della riparazione con rispetto delle pulegge. I) Prova di tenuta meccanica. L) Apparecchio gessato a 30° di flessione (segue).

presentato permette con maggior semplicità una mobilitazione digitale attiva ed immediata con una minima limitazione dell'estensione per sole due settimane. Inoltre il sistema, completamente intratendineo non determina modificazioni del diametro del tendine (il cosiddetto "bulging"), né attriti meccanici nello scorrimento del tendine nella sua guaina. La riparazione con questo sistema non coinvolge direttamente i margini di sezione del tendine reciso e non interpone dei nodi tra i due segmenti, cosicché nessun materiale di sutura è posto nelle sede principale di cicatrizzazione. Il sistema permette inoltre l'esecuzione di una sutura precisa dell'epitenon elemento finale per il recupero del metabolismo tendineo (5, 8).

Il problema del cedimento elastico dei fili (gapping) è largamente riportato in letteratura come complicanza nell'uso delle suture. Sebbene sia stato dimostrato da studi sperimentali che un filamento intrecciato in acciaio sia capace di resistere alla rottura ed al cedimento quando sollecitato da forze oltre due volte superiori a quelle sufficienti a provocare tali effetti sulle più resistenti suture sintetiche (8, 9), la sutura in acciaio non è stata fino ad oggi sviluppata, probabilmente a causa delle difficoltà di utilizzo e di legatura (16, 17). Il sistema in oggetto, grazie al suo originale montaggio, permette quindi di utilizzare un materiale fino ad oggi non gestibile nel trattamento delle lesioni tendinee. A differenza delle suture conosciute inoltre, la resi-



**Figura 7.** Caso clinico (continuazione) M, N) Controllo clinico a 15 gg. O, P) Controllo clinico a 30 gg. Q, R) Controllo Rx a 2 mesi.

**Tabella 1- Casistica.**

Casi clinici	Sesso	Età	Raggio	Tendine	Zona	Risultati: T.A.M.	Resulti: pulp-to-palm
1	F	40	II	FDP	II	100% (eccellente)	0 mm
2	M	24	II	FDP	I-II	91% (eccellente)	6 mm
3	M	41	II	FDP	II	72% (buono)	22 mm
4	F	30	III	FDP	I-II	37% (discreto)	60 mm
5	F	31	V	FDP	I-II	75% (buono)	18 mm
6	M	22	I	FPL	II	96% (eccellente)	0 mm
7	F	19	II	FDS	II	88% (eccellente)	8 mm
8	M	35	IV	FDP	I-II	70% (buono)	22 mm
9	M	24	II	FDS	II	81% (eccellente)	16 mm
10	M	18	I	FPL	II	90% (eccellente)	4 mm
11	M	44	III	FDS	II	52% (buono)	32 mm
12 (rottura)	M	46	II	FDP	I-II	49% (discreto)	48 mm

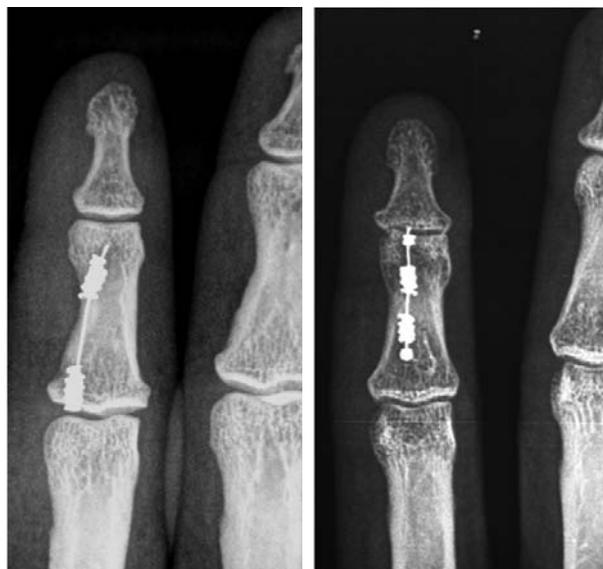
stenza alla rottura non dipende dal numero di passaggi che attraversano i monconi tendinei (5, 6), ma è assicurata da un unico filamento centrale, con ovvi vantaggi sulla vascolarizzazione ed il metaboli-

smo locale. L'assenza di legature, altra peculiarità del sistema, rappresenta anche un grande vantaggio in termini di praticità e di tenuta, giacché è stato dimostrato che le suture dei tendini flessori hanno

tendenza a rompersi proprio in corrispondenza dei nodi (10). In un recente studio su cadavere il sistema è stato messo a confronto con la diffusa sutura di "Kessler modificata" (18). La valutazione della riparazione consisteva nel testare la resistenza alla tensione misurando l'allungamento delle suture (gapping) in rapporto alla forza massima applicabile al tendine suturato fino alla rottura (peak tensile stress). I risultati mostravano che nelle riparazioni eseguite con Tenofix® il gapping si realizzava esercitando una forza pari al 67% del peak tensile stress contro il 29% del peak stress sufficiente a provocare l'allungamento della sutura in nylon. Questo risultato è stato messo in rapporto alle proprietà elastiche del nylon ed alla tendenza della sutura di Kessler a serrarsi attorno al tendine via via che aumenta la forza di trazione. Il sistema presentato, al contrario, è un sistema non-elastico e viene pienamente tensionato in corso d'installazione, questo permette di prevenire il fenomeno del gapping, ampiamente descritto in letteratura quando le tradizionali suture sono sottoposte a tensione (10-12, 16, 17).

Per quanto riguarda la mobilizzazione attiva precoce, è noto che le suture che permettono di applicare rapidamente protocolli di rieducazione motoria sono quelle che hanno migliorato sostanzialmente i risultati. Studi sperimentali hanno dimostrato che la mobilizzazione immediata favorisce la guarigione tendinea, stimolando allo stesso tempo la rigenerazione del tendine ed il rimodellamento della cicatrice (15). Studi clinici sulla mobilizzazione attiva controllata eseguita dopo la riparazione primaria di lesioni da taglio dei flessori hanno dimostrato che i migliori risultati funzionali sono ottenuti dai sistemi di sutura capaci di garantire la più precoce mobilizzazione (7, 13, 14). Il sistema presentato, permettendo la mobilizzazione attiva sin dal primo giorno post-operatorio abbrevia quindi i tempi di guarigione e di recupero funzionale.

Tra le valutazioni a distanza, va segnalato che, mentre non sono stati osservati casi di gapping della sutura, nel 50% dei casi le radiografie di controllo a due mesi hanno mostrato le ancorette ravvicinate fra loro rispetto al primo controllo, per uno slittamento lungo il filo centrale verso la zona tendinea riparata (Fig. 8). Questo dato è stato inter-



**Figura 8.** *Modificazione dell'assetto delle ancorette lungo il filo d'acciaio a due mesi, in rapporto alla contrazione cicatriziale dei monconi tendinei.*

pretato come un segno effettivo della cicatrizzazione del tendine, che comporta una contrazione fisiologica del tessuto dei monconi. Tale risultato conferma che la tenuta a due mesi è assicurata dalla guarigione tendinea piuttosto che dalla sutura, in accordo con gli studi che dimostrano che fra la terza e la sesta settimana post-operatoria la sutura diviene secondaria rispetto alla guarigione tissutale nel garantire la tenuta meccanica (8).

Per quanto riguarda i limiti del sistema, prima di tutto esso non è applicabile universalmente a causa del diametro delle ancore (2,2 mm), risultando di dimensioni eccessive nei bambini ed in generale nelle mani di piccole dimensioni e, spesso, sul 5° dito. Per le maggiori potenziali difficoltà di trattamento in caso di complicità infettiva, il suo utilizzo non sembra neanche indicato nei casi di ferite inquinate. Infine per la necessità di una struttura tendinea integra prossimalmente e distalmente alla lesione da taglio, adatta all'accoglimento delle ancorette nella compagine delle fibre longitudinali, il sistema non sembra neppure adatto al trattamento di lesioni complesse, ove il meccanismo di sezione non sia da taglio netto.

In conclusione, l'indicazione ideale all'utilizzo del sistema Tenofix® è rappresentata nella nostra

esperienza dalle lesioni dei tendini flessori della mano in zona 2. A tale livello infatti risulta ideale l'applicazione di un sistema capace di garantire una forte tenuta senza interferire con lo scorrimento nella guaina tendinea grazie alla sua disposizione centrale, capace di permettere il rispetto delle pulegge, del diametro tendineo e della vascolarizzazione. Per le lesioni in zona 1, invece riteniamo restino validi i sistemi di sutura tradizionale rinforzati da pull-out con bottone. I controlli clinici eseguiti sui pazienti trattati mostrano una percentuale pari al 83% di risultati funzionali buoni o eccellenti secondo i criteri di valutazione della IFSSH, indicando il sistema come una soluzione efficace per il trattamento delle lesioni dei flessori nel canale digitale, particolarmente nei pazienti che per età giovanile o attività lavorativa abbiano bisogno di un recupero funzionale rapido e completo della funzione prensile. Le sue caratteristiche si possono così sintetizzare: facilità di applicazione, resistenza elevata, minimo ingombro, rispetto della vascolarizzazione tendinea, garanzia di una mobilizzazione attiva precoce.

## BIBLIOGRAFIA

1. Strickland JW. Flexor tendon repair. *Hand Clin* 1985; 1: 55-68.
2. Strickland JW. Flexor tendon surgery. Part 1: primary flexor tendon repair. *J Hand Surg* 1989; 14B: 261-72.
3. Boyes JH. Flexor tendon grafts in the fingers and thumb. An evaluation of end results. *J Bone Joint Surg* 1950; 32A; 3: 489-99.
4. Strickland JW. Flexor tendon injuries: foundation of treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 1995; 3: 44-54.
5. Strickland JW. Development of flexor tendon surgery: twenty-five years of progress. *J Hand Surg* 2000; 25A: 214-35.
6. Strickland JW. Flexor tendon injuries: II. Operative technique. *J Am Acad Orthop Surg* 1995; 3: 55-62.
7. Strickland JW, Glogovac SV. Digital function following flexor tendon repair in Zone II: a comparison of immobilization and controlled passive motion techniques. *J Hand Surg* 1980; 5A: 537-43.
8. Ketchum LD. Suture materials and suture techniques used in tendon repair. *Hand Clin* 1985; 1: 43-53.
9. Wade PJ, Muir IF, Hutcheon LL. Primary flexor tendon repair: the mechanical limitations of the modified Kessler technique. *J Hand Surg* 1986; 11B: 71-6.
10. Trail IA, Powell ES, Noble J. The mechanical strength of various suture techniques. *J Hand Surg* 1992; 17B: 89-91.
11. Seradge H. Elongation of the repair configuration following flexor tendon repair. *J Hand Surg* 1983; 8A: 182-5.
12. Barrie KA, Tomak SL, Cholewicki J. Effect of suture locking and suture calibre on fatigue strength of flexor tendon repairs. *J Hand Surg* 2001; 26A: 340-6.
13. Kitsis Ck, Wade PJ, Krikler SJ. Controlled active motion following primary flexor tendon repair: a prospective study over 9 years. *J Hand Surg* 1998; 23B: 344-9.
14. Peck FH, Bucher CA, Watson JS. A comparative study of two methods of controlled mobilization of flexor tendon repairs in zone 2. *J Hand Surg* 1998; 23B: 41-5.
15. Gelberman RH, Woo SL, Amiel D, Horibe S, Lee D. Influences of flexor sheath continuity and early motion on tendon healing in dogs. *J Hand Surg* 1990; 15A: 69-77.
16. Robertson GA, Al-Quattan MM. A biomechanical analysis of a new interlock suture for flexor tendon repair. *J Hand Surg* 1992; 17B: 92-3.
17. Wade PJ, Wetherell RG, Amis AA. Flexor tendon repair: significant gain in strength from the Halsted peripheral suture technique. *J Hand Surg* 1989; 14B: 232-5.
18. Lewis N, Quitkin HM. Strength analysis and comparison of the Teno Fix tendon repair system with the two-strand modified Kessler repair in the Achilles tendon. *Foot Ankle Int* 2003; 24: 857-60.