



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica e Scienze Materno-Infantili

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2021/2022

Campus Universitario di Savona

La gestione delle lesioni del "flexor pulley system" di mano e dita: opzioni di trattamento conservativo e chirurgico a confronto

Candidati:

Matteo Genesi

Matilda Melani

Relatore:

Riccardo Padovani

INDICE	1
Abstract	3
1. Introduzione	5
1.1 Anatomia del <i>flexor pulley system</i>	5
1.2 Lesioni del <i>flexor pulley system</i>	6
1.3 Prevalenza delle lesioni nella <i>flexor pulley system</i>	9
1.4 Diagnosi e valutazione delle lesioni delle pulegge.....	9
1.5 Trattamento conservativo.....	11
1.6 Trattamento chirurgico.....	13
1.7 Importanza della revisione sistematica.....	14
1.8 Razionale ed obiettivi.....	14
2. Materiali e metodi	16
2.1 Premessa.....	16
2.2 Protocollo	16
2.3 Criteri di eleggibilità.....	16
2.4 Fonti d'informazione.....	18
2.5 Strategia di ricerca.....	18
2.6 Stringhe di ricerca	18
2.7 Selezione degli studi.....	18
2.8 Processo di raccolta dei dati.....	19
2.9 Caratteristiche dei dati.....	19
2.10 Valutazione del rischio di <i>bias</i> degli studi.....	20
2.12 Sintesi dei risultati.....	20
3. Risultati	22
3.1 Selezione degli studi.....	22

3.2	Caratteristiche degli studi	23
3.2.1	Caratteristiche degli studi con trattamento conservativo	25
3.2.2	Caratteristiche degli studi con trattamento chirurgico	29
3.3	Rischio dei <i>bias</i> negli studi.....	33
3.3.1	Rischio dei <i>bias</i> negli studi che analizzano il trattamento conservativo e il trattamento chirurgico.....	33
3.3.2	Rischio dei <i>bias</i> negli studi sul trattamento conservativo.....	36
3.3.3	Rischio dei <i>bias</i> negli studi sul trattamento chirurgico.....	38
3.4	Risultati dei singoli studi.....	41
3.4.1	Risultati degli studi individuali relativi al trattamento conservativo.....	41
3.4.2	Risultati degli studi individuali relativi al trattamento chirurgico.....	49
4.	Discussione	64
4.1	Sintesi delle evidenze.....	64
4.1.1	Razionale per la scelta del trattamento e outcome.....	64
4.1.2	Sintesi delle evidenze sul trattamento conservativo.....	67
4.1.3	Sintesi delle evidenze sul trattamento chirurgico.....	70
4.2	Limite della revisione sistematica.....	74
4.3	Indicazioni per la ricerca futura.....	75
5.	Conclusioni	76
6.	Key points	77
7.	Bibliografia	78
8.	Appendici	83
	Appendice 1. Protocollo di revisione sistematica.....	83
	Appendice 2. Tabelle delle stringhe di ricerca.....	88
	Appendice 3. Tabelle relative alle caratteristiche degli studi.....	92

ABSTRACT

Background: Le lesioni del *flexor pulley system* e la loro gestione hanno iniziato ad essere studiate alla fine degli anni '80 come lesioni riferite ad atleti professionisti praticanti arrampicata sportiva. Negli ultimi anni, la pratica di questa attività sta aumentando sempre più, ponendo le basi per un possibile aumento della frequenza con cui ci si troverà di fronte a problematiche simili. L'incidenza di questo tipo di infortuni nella popolazione generale sembra essere molto bassa, ma alcuni autori sospettano che ci sia una sottostima di questo tipo di lesioni. La letteratura sull'argomento, eterogenea e tendenzialmente di bassa qualità metodologica, non riesce a dare risposte definitive per la pratica clinica. Diventa pertanto necessario dare uno sguardo più approfondito all'argomento, cercando di analizzare ciò che fino ad ora sappiamo e descriverlo in maniera sistematica e trasparente.

Obiettivi: Gli obiettivi di questa revisione sistematica sono:

- Rilevare, analizzare ed esporre le principali evidenze della letteratura scientifica in merito al trattamento conservativo e chirurgico delle lesioni del *flexor pulley system*
- Esplicitare le indicazioni al trattamento riabilitativo e al trattamento chirurgico
- Analizzare le opzioni terapeutiche disponibili per quanto riguarda il trattamento conservativo e quello riabilitativo post-chirurgico

Metodi: la ricerca della letteratura, la selezione degli studi e la valutazione dei *bias* sono state condotte indipendentemente dai due autori con l'aiuto di un terzo revisore nel caso in cui i disaccordi tra i primi non giungessero ad una soluzione tramite discussione. La ricerca è stata condotta da Settembre 2021 a Marzo 2022 all'interno di diversi database elettronici quali *Medline* e *Cochrane Central register of Controlled Trials*. Sono stati inclusi studi RCT e studi osservazionali descrittivi quali *case-series* e *case-report*, con una popolazione sopra i 16 anni con diagnosi e classificazione della lesione del "*flexor pulley system*"; sono stati inclusi gli studi che indagassero l'efficacia sia dei trattamenti a gestione conservativa che del trattamento a gestione chirurgica. La qualità metodologica degli studi è stata valutata utilizzando come strumenti di *critical appraisal* le *checklist* della "*Joanna Briggs Institute*" per i *case report* e per i *case series*. La sintesi dei risultati è stata fatta in modalità qualitativa e riportata in una tabella di contingenza.

Risultati: Dei 1139 studi che sono stati identificati dalla ricerca sistematica, 38 sono stati inclusi all'interno della revisione in quanto rispondenti ai criteri di inclusione. Di questi, 5 riguardano sia il trattamento conservativo che quello chirurgico, 8 solo quello conservativo e 25 solo quello chirurgico. Gli studi che riguardano il trattamento conservativo propongono tre opzioni terapeutiche principali: il non-trattamento, l'utilizzo di *tape* e l'utilizzo dello *splint* associati ad altre strategie terapeutiche come il riposo, la terapia funzionale e la ripresa graduale dell'attività sportiva. Negli studi sul trattamento chirurgico le opzioni terapeutiche sono le seguenti: tecniche *encircling* e *non encircling*

Discussione: sebbene il numero di studi inclusi in questa revisione sia numeroso, il livello di evidenza di questi risulta essere bassa in quanto sono tutti *case series* e *case report*. Ciò che emerge dalla loro analisi è che il trattamento conservativo dovrebbe essere considerato il primo approccio in tutti i casi in cui le lesioni del *flexor pulley system* non sono gravi, ovvero in tutti quei casi in cui non è presente il fenomeno del *bowstringing* a livello clinico. Infatti gli *outcome* dei trattamenti conservativi si sono rivelati buoni anche nei casi in cui i pazienti avevano lesioni più gravi ma senza *bowstringing* marcato. In tutti gli altri casi è necessario invece applicare il trattamento chirurgico che solitamente permette il completo ritorno ai livelli di attività precedenti alla lesione. Tuttavia, per giungere a conclusioni che abbiano una più forte evidenza scientifica, è necessario che la letteratura futura produca studi su questo argomento di più alto livello.

Conclusione: dato il crescente successo dell'arrampicata come sport, le lesioni del *flexor pulley system* sono sempre più frequenti; nonostante questo la letteratura a riguardo è scarsa, infatti tutti gli studi trovati ed inclusi in questa revisione sistematica sono esclusivamente *case series* e *case report*. Inoltre nella maggior parte di questi non viene svolto un confronto fra il trattamento conservativo e chirurgico, rendendo difficile capire se uno sia preferibile all'altro. Si può tuttavia dire che nella maggior parte dei casi in cui non sia presente un marcato *bowstringing* clinico, la prima scelta di trattamento dovrebbe essere conservativa, passando all'intervento chirurgico solo al fallimento di quest'ultima.

Keywords: *flexor pulley system, rehabilitation, hand surgery, climb, bowstringing.*

1. INTRODUZIONE

1.1 Anatomia del *flexor pulley system*

Il *flexor pulley system* è un insieme di strutture che lavorano in sinergia con il flessore superficiale e il flessore profondo delle dita assicurando un movimento completo ed efficace. Queste strutture sono state descritte inizialmente negli studi di Dolye e al.¹ già nel 1988 i quali, dopo vari studi su cadavere, hanno rilevato che a sovrastare la guaina tendinea dei flessori si trovano delle strutture formate da bande di tessuto fibroso con larghezza e spessore variabili, con una configurazione trasversa, anulare o cruciforme, che mantengono il tendine dei flessori in costante relazione con l'asse articolare di movimento¹. Le pulegge sono dunque strutture legamentose che formano un canale osteo-fibroso attorno ai tendini dei flessori, in modo tale da mantenerli adesi alla porzione volare delle falangi². Questa loro funzione è fondamentale per trasformare la traslazione lineare generata a livello muscolare in un momento angolare a livello delle articolazioni metacarpofalangee ed interfalangee ².

Nelle dita sono presenti 8 pulegge: 5 definite principali o anulari (A1-A5) e 3 definite crociate (C1-C3), identificate in senso prossimo-distale con una numerazione progressiva ed alternate tra loro³. Il pollice presenta 4 pulegge: due principali (A1 e A2), una *pulley* detta AV e una *pulley* obliqua ⁴.

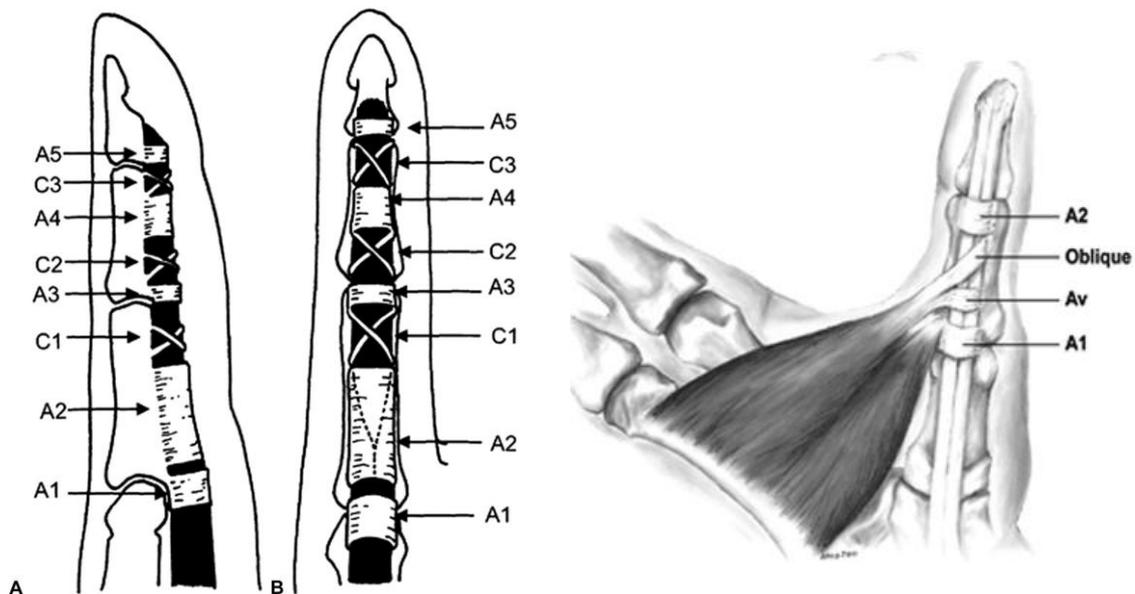


Figura 1. Anatomia delle pulegge del dito e del pollice. Nel dito sono presenti 8 pulegge, mentre il pollice ne possiede solo 4³.

1.2 Lesioni del *flexor pulley system*

Questo sistema sacrifica quindi la forza per l'efficienza: mantenendo un braccio di leva più corto, le pulegge diminuiscono la forza disponibile per il movimento articolare ma rendono più semplice il controllo fine delle dita. L'assenza delle pulegge, in particolare di A2, A3 o A4, porterebbe infatti al fenomeno detto *bowstringing* (letteralmente "corda d'arco", ovvero il distanziamento del tendine del flessore dalla faccia volare della falange durante la flessione del dito) dei tendini dei flessori, fornendo così un maggiore braccio di leva e quindi una maggiore forza di trasmissione attraverso le articolazioni, ma il *range of motion* risulterebbe marcatamente diminuito; inoltre l'abilità di estendere ed allungare le dita sarebbe limitata, portando così a una contrattura in flessione delle dita ^{5,6}

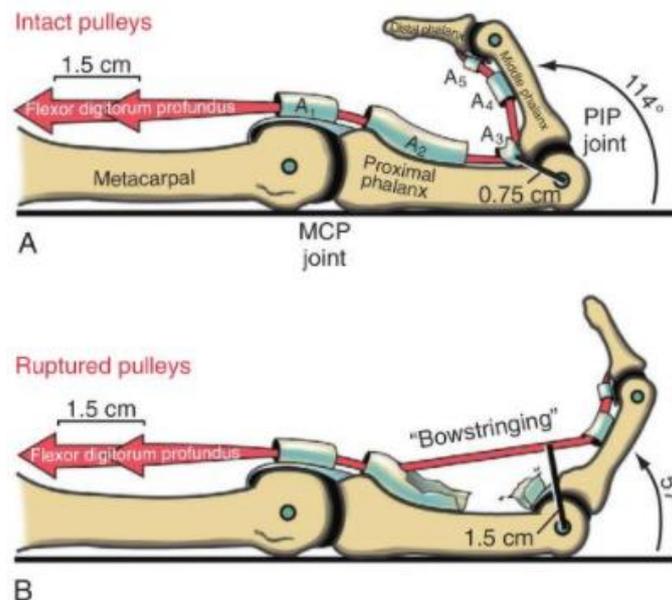


Figura 2. Fenomeno del *bowstringing*. Si osserva come il tendine scorra più lontano dal centro di rotazione dell'articolazione interfalangea prossimale, producendo un arco di movimento ridotto⁷.

Sebbene l'importanza delle varie pulegge sia controversa, diversi studi ^{2,5,6,8} ritengono che le pulegge A2 e A4 (posizionate rispettivamente su falange prossimale e intermedia) siano le più importanti nel prevenire il fenomeno del *bowstringing*, assicurando una trasmissione di forza ottimale ²; non a caso, risultano essere le più rigide e meno deformabili, con punto di rottura più alto (A2 tra 400 e 600 N, A4 tra 200 e 300 N) ^{8,9}. Anche la puleggia A3 svolge una parte importante nella prevenzione del *bowstringing* a livello dell'articolazione interfalangea prossimale, dove essa è posizionata. Le pulegge A1 e A5 (posizionate rispettivamente a livello dell'articolazione metacarpo-falangea e della falange distale) sembrano invece essere meno importanti dal momento che la loro mancanza non determina significativi cambiamenti funzionali del tendine ^{2,6}.

Il meccanismo lesionale più comune si osserva frequentemente in arrampicata sportiva in tre posizioni della mano, la *crimp position* (o presa arcuata), la *hanging finger position* e la *slope position* (o presa monodito) nelle quali il flessore profondo e superficiale delle dita vengono sovraccaricati improvvisamente dallo scivolamento di un piede:

- Nella *crimp position* (Fig.3,5), che viene utilizzata per massimizzare l'area di contatto dei polpastrelli permettendo così di poter afferrare prese molto piccole, le interfalangee prossimali sono iperflesse ($\geq 90^\circ$) e le interfalangee distali sono iperestese^{5,9-11}; in questa posizione la puleggia A2 è sottoposta ad un carico superiore del 40% rispetto a quello del tendine¹⁰.
- Nella *hanging finger position* (Fig. 4,5) le interfalangee distali, prossimali e le metacarpofalangee sono flesse².
- Nella *slope position* (Fig.6) le interfalangee distali sono flesse dai 50° ai 70° e le interfalangee prossimali sono estese oppure appena flesse^{5,12}.



Figura 3. *Crimp position* o presa arcuata, con l'aggiunta dell'aiuto del pollice. ¹²

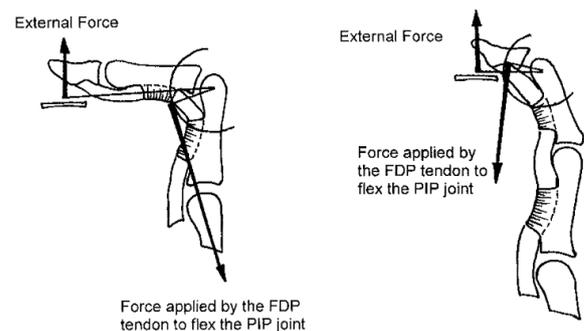


Figura 5. Braccio di leva del tendine del flessore profondo nella *crimp position* e nella *slope position*¹².



Figura 4. *Slope position* eseguita con un singolo dito ¹²



Figura 6. *Hanging finger position*².

La *crimp position* è quella che più frequentemente provoca lesioni rispetto alle altre tipologie di presa a causa delle proprietà biomeccaniche e del pattern di lesione: la flessione delle interfalangee prossimali incrementa notevolmente il braccio di leva del tendine del flessore in quest'articolazione e aumenta la forza di tenuta della mano¹². In questa posizione infatti sulla A2 agisce una forza fino a 450 N e su A4 fino a 269, forze che sono molto vicine al loro fisiologico punto di rottura; se oltre a questo il piede dell'arrampicatore scivola, sulla puleggia viene applicata una forza improvvisa e ancora più alta che supera il suo limite fisiologico e questo porta alla sua rottura^{2,3}. Normalmente la prima puleggia a cedere è A4 seguita da A2 e talvolta da A3; il *bowstringing* clinico normalmente non è presente nella lesione isolata di A2 o A4^{3,9}.

Diversi studi hanno inoltre evidenziato come il raggio maggiormente affetto da una lesione del *flexor pulley system* sia il quarto, seguito dal terzo³: questo è dovuto al fatto che nella *crimp position* l'articolazione del carpo devia leggermente in senso ulnare e presenta una lieve supinazione, posizione che incrementa lo stress sul quarto dito; il terzo dito è protetto invece su entrambi i lati dalle due dita adiacenti che hanno una lunghezza paragonabile, al contrario del quinto dito che rispetto al quarto è notoriamente più corto e quindi fornisce meno supporto. Il secondo dito è invece protetto spesso dal fatto che nella *crimp position* viene utilizzato anche il pollice per aumentare la superficie di aggancio sulla presa².

Tuttavia le lesioni del *flexor pulley system* non è presente unicamente nella popolazione di arrampicatori sportivi, ma si può trovare anche nella popolazione generale e spesso anche nei lanciatori nel *baseball*¹³. In questo caso la lesione avverrebbe a causa di una continua forza in estensione su un dito che invece è flesso durante un tipo di lancio detto *fastball*: infatti il terzo dito, che più comunemente si lesiona in questo sport, è attivamente flesso mentre la forza della pallina da baseball crea un momento in iperestensione sull'interfalangea distale¹³.

Nonostante la maggioranza degli studi sia relativa all'ambito sportivo, alcuni studi riportano lesioni delle pulegge anche nella popolazione generale¹⁴⁻¹⁶. Anche in questo caso il meccanismo lesionale sarebbe dovuto a una improvvisa estensione applicata ad un dito iperflesso, come può avvenire nel sollevamento di un peso o di un oggetto pesante e quindi in situazioni traumatiche¹⁴⁻¹⁶. Alcuni studi infine riportano episodi di rottura della puleggia di origine atraumatica in seguito a multiple infiltrazioni di cortisone effettuate per la cura di un dito a scatto^{17,18}.

1.3 Prevalenza delle lesioni nella *flexor pulley system*

Le lesioni del *flexor pulley system* sono una tipologia d'infortunio rara nella popolazione generale.

Dy et al.¹⁹, nel loro studio analizzano i dati sulle operazioni di ricostruzione di pulegge nello stato di New York fra il 1998 e il 2009, riportandoci un'incidenza media di 0.27 su 100.000 nella popolazione generale.

Il loro campione, abbastanza ampio, consisteva di 623 pazienti con età media di 41 anni. Il 39% era di sesso femminile. Altro dato che ci conferma la discreta rarità di lesioni che richiedano intervento è il fatto che un quarto dei chirurghi analizzati dallo studio ha eseguito quest'operazione solo una volta nei 12 anni di follow up. Tuttavia Bowers et al.²⁰ nel loro case report ipotizzano che le lesioni delle pulegge nella popolazione generale possano essere spesso misconosciute.

Negli atleti praticanti alcune attività sportive l'incidenza è di gran lunga maggiore. Si stima infatti che il 75% degli arrampicatori andrà incontro ad almeno un infortunio dell'arto superiore, di cui il 60% sarà a carico della mano o del polso con un 30-50% a carico proprio del *flexor pulley system*²¹. Le dita maggiormente colpite sembrano essere il medio e l'anulare²².

Logan et al.²³ nel loro studio su un campione di 545 arrampicatori del "*the climbers' club of Great Britain*" rileva come il 33% degli infortuni riportati dai partecipanti riguardino il comparto flessorio, di queste il 25% viene inquadrato con il termine non specifico "*finger tendon injuries*" e 8% con diagnosi di lesione alla pulley A2. Wright et al.²⁴ nel loro studio su 295 frequentatori di palestre d'arrampicata *indoor* hanno rilevato invece come il 32% dei partecipanti avesse subito infortuni alle dita.

Lourie et al.²⁵ riportano invece 4 casi di lanciatori di baseball che presentavano rottura della pulley A4, suggerendo come questo gruppo di sportivi sia più soggetto alla rottura di una diversa puleggia rispetto agli arrampicatori.

1.4 Diagnosi e valutazione delle lesioni delle pulegge

Le lesioni delle pulegge possono essere parziali o complete e possono essere isolate oppure associate alla rottura di altre pulegge dello stesso dito. Spesso i pazienti lamentano un *pop sound* udibile e una sensazione di lacerazione con associato dolore intorno alla sede di lesione. Può esserci associata anche una sensazione di instabilità dell'articolazione interfalangea prossimale^{3,9}. I segni più comuni che si riscontrano all'esame fisico in una

rottura di puleggia isolata sono gonfiore e dolore alla palpazione. Possono tuttavia essere presenti anche ecchimosi ed ematoma. Un *bowstringing* visibile a livello clinico spesso non è presente a meno che non ci siano lesioni di più pulegge nello stesso raggio e di solito si presenta quando si lesionano soprattutto A2 e A4^{2,3,9}. Nelle lesioni complesse si riscontrano lesioni complete in più di una puleggia oppure rottura di una singola puleggia associata a lesioni ai muscoli lombricali^{2,26} o dei legamenti collaterali delle falangi²⁶. Può esserci anche associata perdita di forza e di *range of motion* nei pazienti con una lesione in acuto, mentre nei pazienti con lesione cronica è possibile riscontrare una contrattura in flessione dell'interfalangea prossimale⁹.

Schöffl et al.²⁶ in uno studio del 2003 hanno proposto un sistema di *grading* per valutare l'entità di un infortunio a carico delle pulegge e dare così l'indicazione per il trattamento conservativo o chirurgico. Propongono un algoritmo (fig.7) che si serve di indagini diagnostiche per bioimmagini: le radiografie anteroposteriori e laterali servono per escludere fratture traumatiche o da overuse o avulsioni, successivamente si procede con la risonanza magnetica che si è dimostrata essere molto sensibile nell'individuare le lesioni di pulegge, oppure con l'ecografia, che si è dimostrata essere quasi all'altezza della risonanza magnetica se non a volte superiore, e permette inoltre una valutazione dinamica. Propongono pertanto l'utilizzo dell'ecografia come esame standard con l'eventuale aggiunta della risonanza magnetica nei casi di incertezza nella diagnosi^{2,26}.

Dalle informazioni ottenute dalle immagini, per dare un *grading* alla lesione viene considerata in particolar modo la distanza del tendine dalla falange: se questa distanza è minore di 2 mm si parla di *pulley strain* e la si identifica in un grado I di lesione, se invece è maggiore di 2 mm si parla di rottura della puleggia; in questo caso si assegna il grado II se la lesione è completa di A4 oppure parziale di A2 o A3, si parla di grado III se invece si hanno A2 o A3 completamente danneggiate, mentre il grado IV si assegna nelle lesioni complesse in cui sono coinvolte molte pulegge oppure quando la lesione di una singola puleggia è associata a un danno ai muscoli lombricali o ai legamenti collaterali^{2,26}.

A partire da questo *grading* si identifica il tipo di trattamento maggiormente indicato: nei gradi da I a III si consiglia il trattamento conservativo, mentre nelle lesioni di grado IV è consigliato quello chirurgico^{2,26}. La tabella 1 mostra le procedure terapeutiche in accordo con il grado di lesione²⁶.

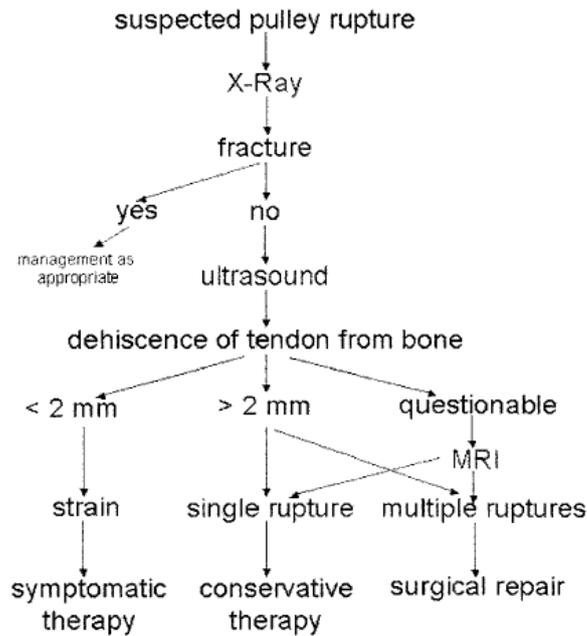


Figura 7. Algoritmo diagnostico per identificare e classificare le lesioni del *flexor pulley system*²⁶.

	Grado I	Grado II	Grado III	Grado IV
Lesione	Pulley strain	Lesione completa di A4 o lesione parziale di A2 o A3	Lesione completa di A2 o A3	Lesioni multiple come A2/A3, A2/A3/A4, o lesioni complete singole (A2 o A3) associate a lesioni dei muscoli lombricali o danni ai legamenti
Terapia	Conservativa	Conservativa	Conservativa	Riparazione chirurgica
Immobilizzazione	Nessuna	10 giorni	10-14 giorni	14 giorni post-operatoria
Terapia funzionale	2-4 settimane	2-4 settimane	4 settimane	4 settimane
Protezione della puleggia	Tape	Tape	Anello termoplastico o soft-cast	Anello termoplastico o soft-cast
Attività sport-specifiche di bassa intensità	Dopo 4 settimane	Dopo 4 settimane	Dopo 6-8 settimane	Dopo 4 mesi
Taping durante l'arrampicata	3 mesi	3 mesi	6 mesi	>12 mesi

Tabella 1. Indicazioni terapeutiche²⁶

1.5 Trattamento conservativo

Il trattamento conservativo risulta essere la prima scelta per lesioni fino al grado III: inizialmente è proposta una immobilizzazione con uno *splint* palmare associato agli antinfiammatori e all'elevazione, la cui durata varia in base al grado, al gonfiore e a quanto tempo è trascorso tra la lesione e il consulto dal clinico. Successivamente viene proposto

un precoce esercizio terapeutico per le dita come la mobilizzazione attiva oppure esercizi contro resistenza utilizzando elastici o palline con vari gradi di resistenza (*Thera-Band Hand Exerciser*) con associata una protezione della puleggia con il *tape* o con *splint* ad anelli termoplastici o anelli *soft-cast*. Le attività sport-specifiche semplici vengono poi riprese tra le 4 e le 24 settimane in base al grado di lesione mentre il ritorno completo allo sport si ha dopo almeno 3 mesi con la protezione del *taping* per i primi 3-6 mesi^{2,26}.

Per quanto riguarda la modalità di applicazione del *tape* a protezione della puleggia è stato proposto la modalità *H-tape*^{9,27}: il *tape* è alto 1,5 cm e lungo 10 cm, viene tagliato fino a circa metà da entrambi i lati lasciando 1 cm centrale; questa parte viene applicata sulla interfalangea prossimale e i lembi del *tape* vengono chiusi prima prossimalmente e poi distalmente alla interfalangea (rispettivamente sulla falange prossimale e intermedia) nella parte posteriore. Il dito dovrebbe rimanere leggermente flesso durante l'applicazione. La modalità è illustrata nelle figure 8 e 9^{9,27}. L'applicazione del *tape* secondo questo metodo è stata indagata con l'ecografia ed è risultata essere efficace nel ridurre significativamente la distanza tra il tendine e la falange facendo guadagnare il 16% di forza in più rispetto ad altre tipologie di applicazione^{9,27}.



Figura 8. *H-Tape*: alto 1,5 cm e lungo 10 cm, viene tagliato fino a circa metà da entrambi i lati lasciando 1 cm centrale²⁷.



Figura 9. Applicazione del *H-Tape*²⁷.

Gli *splint* termoplastici ad anello, rispetto al *tape*, hanno il vantaggio di assicurare una fissazione del tendine sul dito senza andare a comprimere vasi o nervi (fig. 10)²⁸.

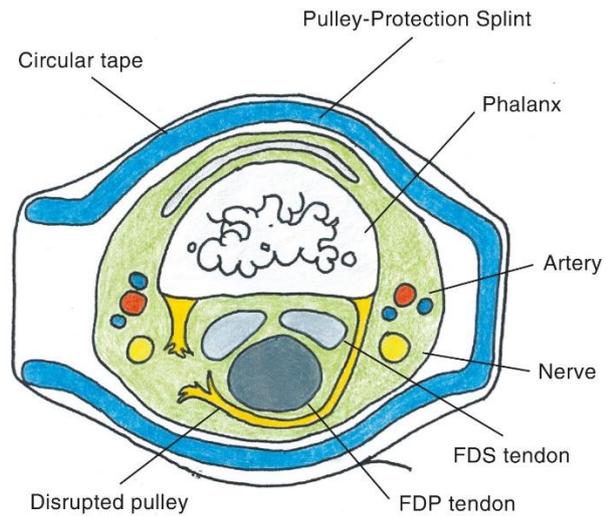


Figura 10. *Splint* termoplastico ad anello, grazie alla sua forma non comprime i vasi e i nervi che sono posti lateralmente al tendine del flessore profondo delle dita ed alla sua puleggia²⁸.

1.6 Trattamento chirurgico

Se la lesione è di grado 4 si procede invece con l'intervento chirurgico, sono presenti varie tecniche operatorie utilizzate in base alle preferenze e alla capacità dei singoli chirurghi. L'obiettivo della chirurgia è quello di prevenire le retrazioni in flessione e la perdita di escursione articolare, che si possono instaurare quando il fenomeno di *bowstringing* è particolarmente marcato.

Sostanzialmente le tecniche possono essere divise in due grandi gruppi: le tecniche che sfruttano ciò che rimane della puleggia danneggiata intrecciando ad essa un *graft* (*non encircling*), e le tecniche che utilizzano il *graft* avvolgendolo attorno la falange un numero variabile di volte andando così a formare una nuova puleggia (*encircling*)²¹.

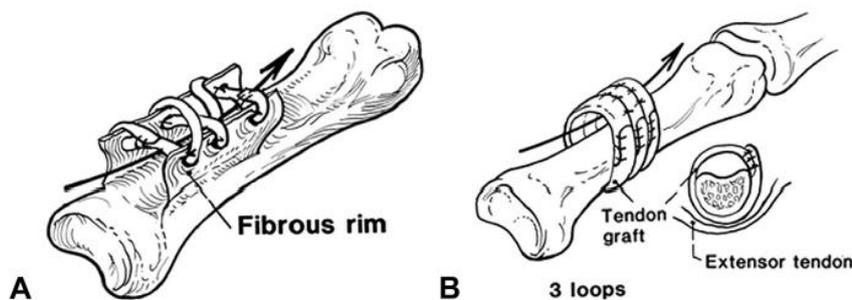


Figura 11. Due tecniche comuni di ricostruzione del *flexor pulley system*: la *nonencircling* (A) e la *looped* (B) *reconstruction*. Nella figura A si notano i margini rimanenti della puleggia che verranno avvicinati. L'ingrandimento della figura B evidenzia come il tendine dell'estensore passi esternamente rispetto alla nuova "puleggia"²⁹.

Il *graft* solitamente è autologo, i siti di prelievo più usati sono il tendine del muscolo palmare lungo e il retinacolo degli estensori a livello del polso²¹.

Widstrom et al³⁰ affermano che la tecnica con la maggior efficienza meccanica sia la tecnica encircling di Karev, la quale prevede l'utilizzo dei legamenti palmari dell'articolazione metacarpofalangea o dell'articolazione interfalangea prossimale. Sempre lo stesso studio evidenzia come il punto di rottura più elevato si abbia con la tecnica *encircling* denominata "a loop and a half". Successivamente all'operazione si imposta poi un programma riabilitativo che utilizza le stesse tecniche descritte in merito al trattamento conservativo, modulando però i tempi che saranno più lunghi sia per quanto riguarda immobilizzazione ed utilizzo di tutori sia per quanto riguarda il ritorno all'attività sportiva²².

1.7 Importanza della revisione sistematica

Guardando nel panorama della letteratura scientifica attuale è possibile notare come le lesioni del *flexor pulley system*, per quanto siano lesioni presenti ma non molto frequenti nella popolazione generale, hanno una certa importanza nell'ambito sportivo, soprattutto nell'arrampicata, in quanto rappresentano la lesione che incorre maggiormente in questo tipo di sport^{3,10,28}. L'arrampicata negli ultimi anni ha visto un'impennata nella sua conoscenza e partecipazione in parte anche grazie alla sua entrata all'interno dei Giochi Olimpici e sta prendendo sempre più campo⁹.

In realtà nel mondo clinico, medico e fisioterapico, le lesioni delle pulegge non sono ben conosciute e spesso non si sa come approcciarci. Diventa pertanto necessario dare uno sguardo più approfondito all'argomento cercando di analizzare ciò che fino ad ora sappiamo e descriverlo in maniera sistematica e trasparente.

1.8 Razionale ed obiettivi

Data la scarsa frequenza con cui si riscontrano lesioni al *flexor pulley system* nella popolazione generale, non vi è ancora un ampio consenso in merito a quali siano le migliori strategie d'intervento sia per quanto riguarda il trattamento conservativo che chirurgico³. Inoltre, nonostante siano presenti alcuni studi, ad oggi non ci risulta presente nessuna revisione sistematica sull'argomento.

Questa revisione sistematica risponde al quesito: "Nei pazienti che presentano una lesione del *flexor pulley system*, quali sono le proposte di trattamento chirurgico e riabilitativo, qual

è la loro efficacia e in quali casi è meglio adottare uno o l'altro?". Pertanto, gli obiettivi di questa revisione sistematica sono:

- Rilevare, analizzare ed esporre le principali evidenze della letteratura scientifica in merito al trattamento conservativo e chirurgico delle lesioni del *flexor pulley system*
- Esplicitare le indicazioni al trattamento riabilitativo e al trattamento chirurgico
- Analizzare le opzioni terapeutiche disponibili per quanto riguarda il trattamento conservativo e quello riabilitativo post-chirurgico

2. MATERIALI E METODI

2.1 Premessa

Questa revisione sistematica è stata condotta seguendo il PRISMA Statement (*Preferred Reporting Items of Systematic Reviews and Meta-Analyses*) del 2020^{31,32}, il quale fornisce le linee guida per la conduzione delle revisioni e ne garantiscono una buona metodologia e trasparenza nel *reporting*.

2.2 Protocollo

A partire da settembre 2021 è stata condotta una ricerca preliminare per poter capire la quantità e la qualità della letteratura presente sull'argomento. Nell'ottobre del 2021 è stato stilato un protocollo di revisione seguendo la check-list *Preferred Reporting Items of Systematic Reviews and Meta-Analyses - Protocols* (PRISMA-P) del 2015^{33,34}, consultabile in appendice 1. Il protocollo non è stato registrato.

2.3 Criteri di eleggibilità

DISEGNO DELLO STUDIO

Data la scarsità di letteratura in grado di soddisfare il quesito clinico si è deciso di includere all'interno della revisione non solo gli studi randomizzati controllati (RCT), ma anche studi osservazionali descrittivi come *case-report* e *case-series*, studi comparativi, studi clinici controllati non randomizzati e studi osservazionali analitici come gli studi di coorte, studi caso-controllo, trial non controllati *before-after*, studi cross-sectional. Sono stati inclusi gli studi con full text reperibile direttamente o tramite il contatto con l'autore. Sono stati esclusi gli studi qualitativi e gli studi con full text non reperibile.

PARTECIPANTI

È stata inclusa una popolazione di individui sopra i 12 anni di età, senza distinzioni di genere o etnia, che presentano una lesione del "*flexor pulley system*" di eziologia traumatica e atraumatica, sia in ambito sportivo che non sportivo. La diagnosi doveva essere effettuata clinicamente su criteri anamnestici ed esame obiettivo adeguati in associazione bioimmagini (ecografia o risonanza magnetica) che confermassero la lesione del "*flexor pulley system*" e che, possibilmente, la inserissero all'interno di un grado di gravità della lesione secondo le classificazioni tipicamente utilizzate.

Sono stati esclusi i partecipanti con età inferiore a 12 anni, che presentano altre patologie della mano o gravi comorbidità sistemiche e gli studi con popolazione animale.

INTERVENTI

Gli studi sono stati selezionati in base alla tipologia di intervento effettuata:

- trattamento conservativo, inteso come qualsiasi modalità di intervento che rientri nella gestione fisioterapica (educazione, terapia manuale, esercizio terapeutico, *splint*, tutori, terapie fisiche, riposo) e trattamento farmacologico e infiltrativo;
- trattamento chirurgico, eventualmente seguito dal trattamento riabilitativo

CONFRONTI

Non si è selezionato un confronto, pertanto sono stati inclusi tutti gli studi che analizzassero le tipologie di trattamento precedentemente descritte a prescindere dalla loro comparazione.

OUTCOME DI STUDIO

Gli *outcome* che sono stati presi in considerazione sono quelli tipici delle lesioni del “*flexor pulley system*”, se possibile riportati su scale validate e standardizzate ed eventuali misure oggettive relative ai disturbi della lesione. In particolare sono stati analizzati:

- dolore valutato con scala VAS o NRS
- *range of motion* passivo e attivo delle articolazioni interfalangee prossimali e distali
- presenza o assenza di *bowstringing*
- presenza di segni infiammatori come gonfiore, rossore e calore
- forza valutata con dinamometro
- disabilità e funzionalità della mano
- partecipazione alla vita sociale, lavorativa e sportiva

PERIODO DI PUBBLICAZIONE

Sono stati inclusi gli studi pubblicati fino a Marzo 2022.

LINGUA

Sono stati inclusi tutti gli studi lingua in inglese, francese, tedesca, spagnola e italiana.

2.4 Fonti d'informazione

La ricerca sistematica della letteratura è stata effettuata su diversi database elettronici: Medline (interfaccia PubMed) e *Cochrane Central Register of Controlled Trials (The Cochrane Library)*. La ricerca è stata condotta da Settembre 2021 a Marzo 2022.

2.5 Strategia di ricerca

La strategia di ricerca è stata effettuata cercando i termini chiave per ciascun elemento del PICO: è stato individuato ogni possibile termine e sinonimo, sono stati poi cercati i *medical subject headings (MeSH Terms)* inerenti ed infine sono state ricercate altre parole chiave dalla lettura degli articoli di *background*. Le parole chiave all'interno di ciascuna categoria (popolazione, intervento e comparazione) sono state unite tra loro con l'operatore boelano "OR"; ciascuna categoria è stata poi unita alle altre tramite l'operatore "AND". È stato deciso di non inserire nella ricerca i *MeSH Term* per la popolazione in quanto risultavano essere troppo sensibili. La stringa per gli outcome è stata costruita ma si è deciso di non inserirla all'interno della stringa di ricerca definitiva in quanto rendeva la ricerca troppo specifica, con il rischio di escludere degli studi rilevanti. Non sono stati applicati filtri alle ricerche. Si è cercato di trovare una strategia che rendesse la ricerca più sensibile che specifica così da reperire il maggior numero di studi possibili, vista la scarsità di letteratura presente sull'argomento.

2.6 Stringhe di ricerca

Essendoci due tipi diversi di intervento, si è deciso di costruire due stringhe di ricerca separate per ciascuno di questi, una in cui l'intervento è il trattamento conservativo e una in cui l'intervento è il trattamento chirurgico. Non sono stati ricercati confronti. In particolare sono state costruite le stringhe di ricerca prima per Medline, tramite l'interfaccia di PubMed, le quali poi sono state adattate agli altri database. Le stringhe sono riportate nelle tabelle 2,3,4 e 5 nella sezione Appendice 2.

2.7 Selezione degli studi

Due revisori hanno effettuato in modo indipendentemente lo *screening* e la selezione degli studi in base ai criteri di eleggibilità, in 4 *step*:

1. Eliminazione degli studi duplicati (in quanto presenti contemporaneamente su diversi database)
2. Selezione degli studi per titolo

3. Selezione degli studi per abstract
4. Selezione degli studi tramite lettura del *full text*

Per la raccolta e la gestione dei papers individuati è stato utilizzato il *software* di *reference management* *Rayyan*. Con questo strumento è infatti possibile importare i risultati delle varie ricerche e compararli, eliminando i duplicati. Le controversie tra i due autori sono state risolte discutendone o con l'aiuto di un terzo revisore.

Il processo di selezione è stato inserito all'interno del *PRISMA flow diagram* ³¹, accompagnato dalle motivazioni dell'esclusione dei singoli studi nel capitolo Risultati.

2.8 Processo di raccolta dei dati

Due ricercatori hanno estrapolato in modo indipendente i dati rilevanti per rispondere al quesito dagli studi selezionati, mentre un terzo ricercatore ha supervisionato e controllato il processo di estrazione. I disaccordi sono stati risolti tramite una discussione tra i ricercatori e l'eventuale aiuto del terzo revisore.

Per estrapolare i dati degli studi è stata utilizzata una scheda di estrazione dati standardizzata (foglio Excel) che ha permesso la costruzione di una tabella di contingenza all'interno della quale, per ogni studio, sono state riportate le caratteristiche dei dati inerenti al quesito clinico.

2.9 Caratteristiche dei dati

Da ogni studio sono stati estratti i seguenti dati:

- Studio (citazione del primo autore e anno di pubblicazione)
- Disegno, durata e obiettivi dello studio
- Numero dei partecipanti e le loro caratteristiche (sesso, età, comorbidità alla *baseline*, assunzione di farmaci, criteri diagnostici, tempo trascorso dalla lesione, stadio e gravità della lesione, anni e livello di arrampicata, pulegge coinvolte)
- Valutazione della lesione del paziente
- Dettagli dell'intervento eseguito: se a gestione conservativa (educazione, terapia manuale, esercizio terapeutico, *splint*, tutori, terapie fisiche, riposo, terapie farmacologiche, terapie infiltrative) o a gestione chirurgica (intervento chirurgico, eventuale riabilitazione post-intervento); sono state estrapolate anche le caratteristiche dell'intervento quali: frequenza, durata, intensità, dosaggio e durata dei *follow-up*.

- Dettagli del confronto, quando eseguito.
- *Outcome*, se possibile su scale validate e standardizzate ed eventuali misure oggettive relative ai disturbi delle lesioni del “*flexor pulley system*” (livello di dolore, ROM, presenza o assenza di *bowstringing*, forza, disabilità, effetto sulle attività quotidiane, sportive e lavorative); tutti i valori sono stati rilevati alla baseline e ai *follow-up* se presenti;
- Risultati e la loro dimensione
- Effetti collaterali

2.10 Valutazione del rischio di *bias* degli studi

La qualità metodologica degli studi è stata valutata in modo indipendente da due revisori. I disaccordi sono stati risolti tramite una discussione tra i due autori e quando necessario l'intervento del terzo revisore.

Per i *case report* e per i *case series* sono stati utilizzati gli strumenti di *critical appraisal* della “*Joanna Briggs Institute*”^{35,36}.

Lo strumento per valutare i *case report* prevede 8 domande che riguardano le modalità di presentazione di: caratteristiche del caso clinico (3 domande), valutazione del paziente (1 domanda), trattamento (1 domanda), condizioni post-intervento compresi eventi inaspettati (2 domande); infine una domanda valuta la capacità dello studio di fornire un *take-home message*. A ciascuna di queste domande è possibile fornire quattro risposte: sì, no, non chiaro, non applicabile.

Lo strumento per valutare i *case series* presenta 10 domande: tre domande sull'inclusione dei partecipanti, quattro domande sulle caratteristiche dei casi clinici, due domande sulla valutazione del paziente, una domanda sugli *outcome* e sui *follow-up* ed infine una domanda sull'analisi statistica. A ciascuna di queste domande è possibile fornire quattro risposte: sì, no, non chiaro, non applicabile.

2.12 Sintesi dei risultati

A causa dell'alto grado di eterogeneità dei dati raccolti non è stato possibile sviluppare una meta-analisi e quindi i risultati della revisione sono stati sintetizzati in maniera qualitativa. Sono stati presentati in una sintesi sistematica narrativa e raccolti in due macrocategorie: i risultati riguardanti la gestione conservativa e i risultati riguardanti la gestione chirurgica, con eventuale annesso trattamento post-chirurgico. Ciascuna categoria è stata suddivisa

poi in sottoparagrafi relativi ai vari tipi di intervento, al razionale per il quale sono stati scelti e ai loro risultati. Verranno descritte brevemente le caratteristiche degli studi relative al quesito clinico, e verranno messe in relazione tra loro, evidenziando elementi di accordo e di disaccordo.

3. RISULTATI

3.1 Selezione degli studi

In totale sono stati identificati 38 studi idonei all'inclusione nella revisione (³⁷⁻⁵⁰). La ricerca nei database di Pubmed e *Cochrane Central Register of Controlled Trials* tramite le due stringhe di ricerca ha fornito un totale di 1503 citazioni. Sono stati rimossi 364 duplicati tramite il software per la selezione degli studi *Ryyan*. Dei 1139 studi rimasti, 1026 articoli sono stati scartati dalla lettura del titolo e dell'abstract in quanto non soddisfacevano i criteri di inclusione, mentre di tutti gli altri è stato esaminato il *full-text*. In questa fase 17 studi sono stati eliminati per mancanza di reperibilità del *full-text*, nonostante il tentativo di mettersi in contatto con gli autori. Dopo questo passaggio sono stati ritenuti idonei all'inclusione 46 articoli, eliminandone pertanto 79: 40 per tipologia di popolazione non idonea (popolazione sana, cadaveri o animali oppure diverso tipo di patologia), 22 per tipologia di studio non idonea.

In seguito alla fase di selezione dei *record* risultati dalle stringhe, è stata inoltre analizzata la bibliografia degli studi inclusi e di alcuni studi esclusi, che ha portato alla selezione di 4 studi ⁴²⁻⁴⁵ ritenuti idonei all'inclusione.

La *flow chart* in figura 12 mostra il processo di selezione degli studi.

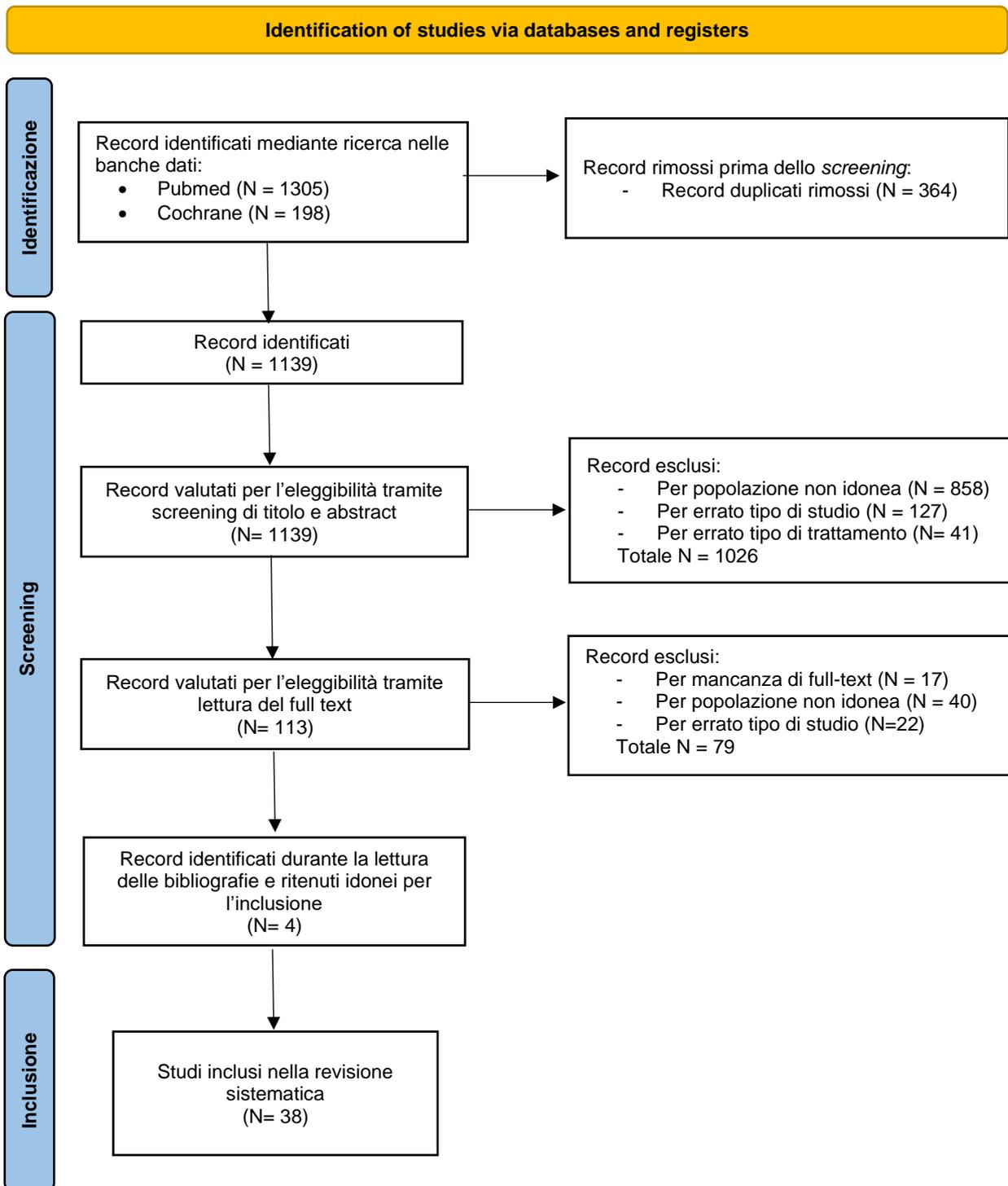


Figura 12. Processo di selezione degli studi schematizzato secondo il "PRISMA 2020 Flow Diagram"

3.2 Caratteristiche degli studi

Nella revisione sistematica sono stati inclusi 38 studi. Nessuno degli studi trovati è un RCT. Degli studi individuati, otto ^{37,38,40,44-47,49} esaminavano solo il trattamento conservativo, venticinque⁵¹⁻⁷⁸ esaminavano solo il trattamento chirurgico, mentre cinque studi ^{39,41-43,50} prendono in considerazione entrambi gli approcci, in base alla gravità della lesione ⁴¹⁻⁴³ oppure in seguito al fallimento del trattamento conservativo³⁹.

Di seguito vengono riportate le tabelle 5, 6 e 7 che riassumono gli studi in base alla tipologia di trattamento che riportano.

Tipologia di trattamento	Studio	Tipologia di studio	N di pazienti con lesione di puleggia e N di pazienti trattati con un metodo conservativo o chirurgico
Chirurgico e conservativo	Schöffl 2003 ⁴¹	<i>Case series</i>	N=122 di cui N=80 trattamento conservativo e N= 7 trattati chirurgicamente
	Scheibler 2021 ³⁹	<i>Case series</i>	N=11 di cui tutti hanno eseguito un iniziale trattamento conservativo e N=2 al fallimento del trattamento conservativo hanno adottato trattamento chirurgico
	Bowers 1994 ⁴³	<i>Case series</i>	N=9 di cui N=2 trattamento conservativo e N=7 trattamento chirurgico
	Gabl 1998 ⁴²	<i>Case series</i>	N=13 di cui N=8 trattamento conservativo e N= 5 trattamento chirurgico
	Yamaguchi 2007 ⁵⁰	<i>Case series</i>	N=8 di cui tutti hanno eseguito un iniziale trattamento conservativo e N=2 al fallimento del trattamento conservativo hanno adottato trattamento chirurgico

Tabella 5. Studi che analizzano sia il trattamento conservativo che quello chirurgico.

Tipologia di trattamento	Studio	Tipologia di studio	N di pazienti trattati
Conservativo	Bollen 1990 ⁴⁰	<i>Case report</i>	N=1
	Scott 2019 ⁴⁹	<i>Case report</i>	N=1
	Schneeberger 2016 ³⁸	<i>Case series</i>	N=47
	Schöffl 2006 ⁴⁷	<i>Case series</i>	N=21
	Moutet 1993 ³⁷	<i>Case series</i>	N=23
	Rohrbough 2000 ⁴⁶	<i>Case series</i>	N=42
	Wyatt 1996 ⁴⁴	<i>Case series</i>	N=19
	Lourie 2010 ⁴⁵	<i>Case series</i>	N=4

Tabella 6. Studi che analizzano il trattamento conservativo.

Tipologia di trattamento	Studio	Tipologia di studio	N di pazienti trattati
Chirurgico	Martinez RA et al. 2019 ⁵¹	<i>Case series</i>	N=10
	Elizabeth Inkellis et al. 2018 ^{52,53}	<i>Case series</i>	N=4
	Jakubietz MG et al 2017 ⁵³	<i>Case report</i>	N=1
	Schöffl et al. 2012 ⁵⁴	<i>Case series</i>	N=5
	Arora R. et al. 2007 ⁵⁵	<i>Case series</i>	N=23
	Desai B et al. 2021 ⁵⁶	<i>Case report</i>	N=1
	Kachouh N. et al 2018 ⁵⁷	<i>Case report</i>	N=1
	Lutter C. et al 2015 ⁵⁹	<i>Case report</i>	N=1
	Johnsen P. et al 2014 ⁶⁰	<i>Case report</i>	N=1
	Kosiyatrakul A. et al. 2009 ⁶¹	<i>Case report</i>	N=1
	Fazilleau F et al. 2014 ⁶²	<i>Case report</i>	N=1
	Lin GT 1999 ⁶³	<i>Case report</i>	N=1

	Schreiber JJ et al. 2015 ⁶⁴	Case report	N=1
	Tropet Y et al. 1990 ⁶⁵	Case report	N=1
	Vandeputte G et al. 2001 ⁶⁶	Case report	N=1
	Sanger JR et al 1990 ⁶⁸	Case report	N=1
	Wray RC Jr et al. 1974 ⁶⁹	Case series	N=7
	Ferran NA et al. 2014 ⁷⁰	Case report	N=1
	Cresswell TR et al. 1998 ⁷¹	Case report	N=1
	Voulliaume D et al. 2004 ⁷²	Case series	N=12
	Arora R et al. 2013 ⁷³	Case series	N=15
	Gabl M et al. 2000 ⁷⁴	Case series	N=6
	Wilson SM et al. 2005 ⁷⁵	Case series	N=2
	Bouyer M et al. 2016 ⁷⁶	Case series	N=38
	Okutsu I et al. 1987 ⁷⁷	Case series	N=6

Tabella 7. Studi che analizzano il trattamento chirurgico.

Per maggiore chiarezza nel riportare i risultati, abbiamo deciso di dividere i dettagli delle caratteristiche dello studio in tre tabelle: pertanto nella tabella 8 vengono riportate le caratteristiche degli studi che analizzano entrambe le tipologie di trattamento, nella tabella 9 vengono riportati quelli relativi al trattamento conservativo e nella tabella 10 quelli relativi al chirurgico. Queste sono riportate in Appendice 3.

Nella loro descrizione in paragrafi sono stati invece analizzati i due gruppi di trattamento per poter riunire i risultati e analizzarli con maggiore visione d'insieme.

3.2.1 Caratteristiche degli studi con trattamento conservativo

Gli studi riguardanti il trattamento conservativo sono 13 in totale ^{37-47,49,50}, 5 dei quali ^{39,41-43,50} esaminano anche quello chirurgico, mentre 8 ^{37,38,40,44-47,49} riguardano esclusivamente quello conservativo.

Nella tabella 3 vengono riportati i dettagli delle caratteristiche di questi studi.

METODI E CARATTERISTICHE DEMOGRAFICHE DEL CAMPIONE

Le tipologie di studio individuate sono *case series* (11 studi^{37-39,41-47,50}) e *case report* (2 studi^{40,49}). Tutti gli studi sono scritti in lingua inglese tranne uno ³⁷ in francese. La dimensione del campione con lesione di puleggia era in tutti i casi modesta, variando da un solo caso all'interno dei *case report* a un massimo di 122 casi nello studio di Schöffl 2003⁴¹ per un totale di 271 casi di cui 216 trattati in modo conservativo (79,70%). Tutti i partecipanti avevano un'età superiore a 12 anni di età. Il sesso maggiormente interessato è quello maschile con un totale di 259 pazienti su 271 (95,56%).

La maggior parte degli studi fa riferimento a una popolazione di arrampicatori tranne lo studio di Scheibler 2021 che riguarda un caso *non climber*³⁹, e due studi in cui sono trattati quattro lanciatori nel *baseball*⁴⁵ e un paziente che gioca a *football*⁴⁹.

VALUTAZIONE DELLA LESIONE E CRITERI DIAGNOSTICI

Quasi tutti gli studi hanno effettuato una valutazione clinica del paziente per poter sospettare di lesione alle pulegge, ma in tre non viene riportata^{41,46,50}. In seguito tre studi^{42,43,45} hanno effettuato una radiografia per fare diagnosi differenziale con fratture o avulsioni ossee, mentre gli altri sono passati direttamente all'utilizzo di altre immagini strumentali per confermare diagnosi e gravità delle lesioni, in particolare ultrasuoni e risonanza magnetica tranne uno studio⁴⁹ dove hanno utilizzato la fluoroscopia. Solo tre articoli^{37,40,44} si sono basati esclusivamente sulla valutazione clinica, mentre due^{46,50} non riportano il metodo di diagnosi.

Negli articoli in cui è riportata la valutazione clinica del paziente le caratteristiche indagate erano: sintomi all'esordio quali *pop sound*, dolore acuto, presenza di gonfiore ed edema subito dopo il trauma e perdita della forza nel *grip*; presenza di *bowstringing* clinico visibile o palpabile; ROM attivo e passivo; uno studio³⁹ riporta il dolore in scala VAS al momento della valutazione; tre studi^{38,45,47} riportano anche la misurazione della forza.

Negli studi in cui è inclusa una popolazione di arrampicatori il meccanismo lesionale avveniva durante l'attività sportiva, in quelle situazioni meglio descritte nel capitolo di Introduzione a questa revisione sistematica che tipicamente portano a una lesione di puleggia. Nell'unico caso *non-climber*³⁹ la lesione è avvenuta a causa del guinzaglio per cani che si è arrotolato intorno al dito, nel giocatore di *football*⁴⁹ è stata causata dall'estensione improvvisa del dito mentre era in massima flessione nell'afferrare la maglia di un avversario durante una partita, e infine nello studio di Lourie 2010⁴⁵ che ha come popolazione i lanciatori nel *baseball* il meccanismo lesionale era il lancio della pallina.

Solo tre studi^{41,47-49} riportano il grado di gravità delle lesioni secondo il metodo di Schöffl 2003⁴¹: 48 pazienti presentano una lesione di grado I, 42 pazienti di grado II, 47 di grado III e 13 di grado IV.

TIPO DI INTERVENTO

Nei due studi di Schöffl 2003 e 2006^{41,47} il tipo di intervento è stato deciso sulla base del grado: dal grado I al III si è optato per un trattamento conservativo, mentre nelle lesioni di

grado IV gli autori hanno ritenuto migliore il trattamento chirurgico; tuttavia nello studio di Schöffl del 2006⁴⁷ tutti i pazienti hanno ricevuto un trattamento conservativo in quanto hanno rifiutato l'intervento chirurgico. Anche nel *case report* di Scott 2019⁴⁹ il paziente è stato classificato di grado IV ma ha ricevuto un trattamento conservativo, sempre per scelta del paziente.

Tra gli studi che non hanno effettuato una stratificazione per gradi dei pazienti, due^{39,50} hanno optato per sottoporre tutti ad un trattamento conservativo per poi passare a quello chirurgico in quattro pazienti dato il fallimento del precedente approccio; uno⁴³ studio aveva arruolato tutti i pazienti per un possibile trattamento chirurgico ma due di loro lo hanno rifiutato passando perciò a quello conservativo; Bollen 1990⁴⁰ ha deciso per il trattamento conservativo assecondando la richiesta del paziente di tornare all'attività sportiva il più velocemente possibile. In quattro^{37,38,44,45} studi non è riportata la motivazione della scelta del tipo di trattamento. Infine Rothbough 2000⁴⁶ è stato inserito negli studi a trattamento conservativo in quanto sono stati arruolati *climber* con lesioni pregresse che avevano continuato a scalare come prima della lesione.

CARATTERISTICHE DEL TRATTAMENTO CONSERVATIVO

Le tipologie di trattamento conservativo che hanno adottato nei vari studi sono molteplici, ma quasi tutti^{37-39,41-43,45,47,49,50} hanno in comune una iniziale immobilizzazione, spesso unita all'applicazione di un supporto per la puleggia lesionata: dagli *splint* termoplastici, maggiormente utilizzati, ad anelli o tutori per dito a martello, fino al semplice *tape*. Solo uno studio⁴⁰ non ha immobilizzato il paziente, consigliando solamente di applicare il *tape* durante l'attività sportiva, mentre un altro⁴⁶ ha arruolato soggetti che non avevano effettuato alcun tipo di trattamento ed hanno continuato a scalare senza restrizioni.

Successivamente all'immobilizzazione e alla protezione delle pulegge molti studi hanno poi proseguito con il trattamento conservativo: alcuni^{39,41,42,45} hanno inserito terapia funzionale per la mano e per le dita sempre applicando una protezione (*splint* o *tape*). In caso di popolazione sportiva dopo a un periodo di riposo (da un minimo di 10 a un massimo di 12 mesi in base alla gravità del danno) è stata consentita una blanda attività sportiva controllata e con restrizioni, per poi tornare gradualmente all'attività sportiva completa; altri studi non hanno applicato altro tipo di trattamento aggiuntivo^{37,43,44,50}; infine in alcuni^{38,45,47,49} è stato effettuato un progressivo ritorno all'attività sportiva modificando il tipo di supporto per la puleggia in base alle esigenze e alla evoluzione clinica, riducendone gradualmente la protezione oppure effettuando uno svezzamento diminuendo i tempi di mantenimento al

dito. Moutet 1993³⁷ propone un programma di prevenzione prima dell'attività sportiva, mentre lo studio di Lourie 2010⁴⁵ e quello di Schöffl 2003⁴¹ sono gli unici che prevedono anche un trattamento farmacologico sia infiltrativo che orale di antinfiammatori.

MISURE DI *OUTCOME* E *FOLLOW-UP*

Gli *outcome* presi in considerazione sono diversi nei vari studi, ma uno in particolare accomuna numerosi articoli ed è il ritorno all'attività sportiva al livello pre-lesionale: 10 studi^{37-41,44,45,47,49,50} su 13 lo valutano e il risultato che ne esce è che 165 pazienti su 218 sono ritornati a praticare attività sportiva come prima della lesione senza bisogno di alcun tipo di support esterno, 25 hanno necessità di mantenerlo senza inficiare sulla prestazione, per un totale di 191 pazienti su 246 che hanno ripreso il livello di attività sportiva pre-lesionale (77,64%).

La valutazione del livello pre-lesionale è stata fatta in quattro studi^{38,41,42,47} secondo una conversione in una scala metrica da 1 a 11 della scala della *Union International des Associations d'Alpinisme* (UIAA) presentata nello studio di Schöffl 2003. I livelli vengono assegnati "a vista" ovvero una via d'arrampicata che lo scalatore non ha mai eseguito nemmeno una volta e ha "chiuso" subito (ovvero è arrivato in fondo alla via senza mai fermarsi) e in *redpoint* ovvero una via che lo scalatore ha provato più di una volta e ha poi chiuso. Scheibler 2021³⁹ e Moutet 1993³⁷ hanno invece utilizzato la scala francese per definire il grado dello scalatore. Rohrbough 2000⁴⁶ studio utilizza lo *Yosemite decimal system* stratificando i pazienti in principianti (da 5.1 a 5.7), livello intermedio (da 5.8 a 5.10c), livello avanzato (da 5.10d a 5.11d) ed esperti (da 5.12° a 5.14d). Lo studio sui lanciatori di *baseball* di Lourie 2011⁴⁵ valuta il ritorno all'attività pre-lesionale tenendo di conto del momento in cui tornano a lanciare regolarmente senza dolore. Nel *case report* di Scott 2019⁴⁹ che tratta il giocatore di *football* il livello pre-lesionale è stato raggiunto ritornando a giocare 11 partite senza ripercussioni. Due studi (Yamaguchi 1991⁵⁰, Bollen 1990⁴⁰) non espongono il metodo per valutare il livello pre-lesionale nonostante lo utilizzino come *outcome*.

Schöffl 2006⁴⁷ utilizza come *outcome* anche il *Buck-Gramko score*⁷⁹ con ottimi risultati.

Negli altri tre studi, Gabl 1998⁴² valuta il *bowstringing* residuo o i gradi di ROM, mentre uno (Rohrbough 2000⁴⁶) tiene in considerazione soltanto la difficoltà durante le attività quotidiane e lo studio di Bowers 1994⁴³ non riporta misure di *outcome*.

Anche altri studi prendono come outcome secondari il ROM^{38,39,47,49,50}, *bowstringing*^{38,40}, dolore^{37,39,41,45}, la forza^{42,47} e soddisfazione del paziente^{38,42}.

I *follow-up* sono molto variabili e non sempre riportati^{44,46,47,50}. Negli studi in cui li troviamo si va da un periodo da 6 settimane a 12 anni.

3.2.2 Caratteristiche degli studi con trattamento chirurgico

Gli studi riguardanti il trattamento chirurgico sono 30 in totale^{20,74,80–82}, 5 dei quali^{20,80–82} esaminano anche quello conservativo, mentre 25^{51–57,59–66,68–77} riguardano esclusivamente quello chirurgico.

Nella tabella 10 vengono riportati i dettagli delle caratteristiche di questi studi.

METODI E CARATTERISTICHE DEMOGRAFICHE DEL CAMPIONE

Le tipologie di studio individuate sono case series (n=16) e case report (n=14). Tutti gli studi sono scritti in lingua inglese tranne 2 in tedesco^{73,74} e 1 in francese⁷². La dimensione del campione con lesione di puleggia era in tutti i casi modesta, variando da un solo caso all'interno dei case report a un massimo di 122 casi nello studio di Schoffl 2003⁸⁰ per un totale di 306 casi di cui 166 trattati chirurgicamente (54,25%). Tutti i partecipanti avevano un'età superiore a 12 anni di età. Il sesso maggiormente interessato è quello maschile con un totale di 206 pazienti su 306 (67,32%).

La maggior parte degli studi fa riferimento a una popolazione di arrampicatori tranne tre studi che riguardano infortuni lavorativi^{63,68,70}, uno studio riguardo un giocatore amatoriale di bowling⁶⁰ e alcuni studi che includono pazienti infortunatisi durante attività quotidiane^{56,57,61,62}

VALUTAZIONE DELLA LESIONE E CRITERI DIAGNOSTICI

Quasi tutti gli studi hanno effettuato una valutazione clinica del paziente per poter sospettare di lesione alle pulegge, in tre studi^{51,70,82} questa è stata effettuata direttamente durante l'esplorazione chirurgica. In seguito tre studi^{42,56,62} hanno effettuato una radiografia per fare diagnosi differenziale con fratture o avulsioni ossee, mentre gli altri sono passati direttamente all'utilizzo di altre immagini strumentali per confermare diagnosi e gravità delle lesioni, in particolare ultrasuoni e risonanza magnetica tranne uno studio⁷⁶ dove hanno utilizzato la tomografia assiale computerizzata. Solo un articolo⁶⁵ si è basato esclusivamente sulla valutazione clinica.

Negli articoli in cui è riportata la valutazione clinica del paziente le caratteristiche indagate erano: sintomi all'esordio quali *pop sound*, dolore acuto e successiva dolenzia alla palpazione, presenza di gonfiore ed edema subito dopo il trauma e perdita della forza nel *grip*; presenza di *bowstringing* clinico visibile o palpabile; ROM attivo e passivo; due studi^{39,72,74} riportano il dolore in scala VAS al momento della valutazione; quattro studi^{55,57,73,74} riportano anche la misurazione della forza; infine tre studi^{55,73,74} valutano la circonferenza del dito affetto.

Negli studi in cui è inclusa una popolazione di arrampicatori il meccanismo lesionale avveniva durante l'attività sportiva, in quelle situazioni meglio descritte nel capitolo di Introduzione a questa revisione sistematica che tipicamente portano a una lesione di puleggia. Negli studi che affrontano infortuni lavorativi^{63,68,70} il meccanismo lesionale è stato costituito dall'incastarsi di una mano in macchine rotanti con conseguenti lesioni da sguantamento. Il giocatore amatoriale di bowling⁶⁰ si è infortunato durante il lancio della palla. Gli infortuni avvenuti durante attività quotidiane hanno riguardato sostanzialmente dita incastrate in guinzagli di cani o il sollevamento di oggetti pesanti con le dita in posizioni affini alla *crimp position*^{56,57,61,62}.

Solo quattro studi^{54,59,76,80} riportano il grado di gravità delle lesioni secondo il metodo di Schöffl 2003⁴¹: 2 pazienti di grado II, 30 di grado III e 20 di grado IV.

TIPO DI INTERVENTO

Nello studio di Schöffl 2003 e 2012^{41,54} il tipo di intervento è stato deciso sulla base del grado: dal grado I al III si è optato per un trattamento conservativo, mentre nelle lesioni di grado IV gli autori hanno ritenuto migliore il trattamento chirurgico; tuttavia nello studio di Bouyer del 2016⁷⁶ anche i pazienti con lesioni di grado II e III hanno ricevuto un trattamento chirurgico.

Tra gli studi che non hanno effettuato una stratificazione per gradi dei pazienti, uno studio ha deciso di operare una rottura singola di puleggia in virtù delle elevate richieste funzionali del paziente che era un microchirurgo⁵³, due^{39,50} hanno optato per sottoporre tutti ad un trattamento conservativo per poi passare a quello chirurgico in quattro pazienti dato il fallimento del precedente approccio; uno⁴³ studio aveva arruolato tutti i pazienti per un possibile trattamento chirurgico ma due di loro lo hanno rifiutato passando perciò a quello conservativo. Uno studio⁵² ha optato per un trattamento chirurgico a causa delle importanti retrazioni in flessione a livello delle articolazioni interfalangee prossimali dei pazienti. Tre

studi^{63,68,70} hanno eseguito la ricostruzione chirurgica di puleggia all'interno di operazioni più complesse per lesioni estese causate da infortuni lavorativi. Wilson et al. 2005⁷⁵ riportano la scelta del trattamento chirurgico successivamente al fallimento di iniezioni di corticosteroidi. Negli altri studi non viene data una chiara spiegazione dell'algoritmo di ragionamento che ha portato alla scelta del trattamento chirurgico.

CARATTERISTICHE DEL TRATTAMENTO CHIRURGICO

Le tipologie di trattamento chirurgico che sono state adottate possono essere divise in base alla tecnica utilizzata ed in base al materiale usato per il trapianto. In 8 studi sono state utilizzate esclusivamente tecniche *encircling*, in 13 studi sono state utilizzate esclusivamente tecniche *non encircling*, mentre nei rimanenti è stata usata una combinazione di tecniche.

Per quanto riguarda le tecniche *encircling*, uno studio⁶² ha utilizzato la tecnica di Bunnel, la quale prevede la costruzione della nuova puleggia con un solo *loop* di tendine del palmare lungo. Due studi^{72,76} hanno utilizzato la tecnica di Lister che si discosta da quella di Bunnel per l'utilizzo del retinacolo degli estensori come trapianto. Due studi^{56,68} hanno utilizzato una tecnica che prevede un doppio *loop*, in un caso è stata utilizzata una porzione del tendine del flessore superficiale delle dita, nell'altro caso non è stato specificato. In sei studi^{51,56,61,63,75,77} è stata invece utilizzata la tecnica di Okutsu, che impiega un *loop* triplo solitamente costituito dal tendine del palmare lungo, anche se sono riportati anche l'utilizzo del tendine flessore ulnare del carpo⁷⁷, del tendine del plantare^{61,77} e del flessore radiale del carpo⁵¹.

Per quanto riguarda le tecniche *non encircling*, sette studi^{20,60,70,80,81,83} utilizzano la tecnica di Weilby, detta anche tecnica di Kleinert modificata o tecnica a "laccio di scarpa", utilizzando come trapianto il tendine del palmare lungo^{20,60}, l'estensore radiale del carpo⁸¹ o il flessore superficiale delle dita²⁰.

Un'altra tecnica usata è quella proposta da Gabl⁷⁴ la quale prevede il trapianto di una striscia di retinacolo degli estensori insieme a due porzioni di periostio che sono necessarie per il fissaggio alla falange. Questa tecnica è stata utilizzata anche in altri due studi^{55,73}.

Alcuni studi, tendenzialmente più datati, hanno utilizzato alcune tecniche che prevedono la sutura diretta delle pulegge lesionate^{20,65,71,82}.

Assimilabili al gruppo delle tecniche *non encircling*, ci sono anche il trapianto dal primo compartimento estensorio associato a sutura della puleggia utilizzato da Jakubietz et al.

2017⁵³ e il trapianto di retinacolo degli estensori ancorato direttamente alla falange utilizzato da Kachouh et al. 2018⁵⁷.

Un'operazione che potrebbe combinare i vantaggi di entrambi i tipi di tecniche è quella proposta da Schoffl et al. 2012⁵⁴ la quale associa una ricostruzione secondo la tecnica di Widstrom, che prevede un *loop* e mezzo, alla tecnica di Weilby. Questa tecnica è stata utilizzata anche da Lutter et al. 2015⁵⁹.

Per la ricostruzione delle pulegge del pollice sono state utilizzate anche due tecniche specifiche⁷⁵: una che prevede l'impiego di un flap dell'adduttore del pollice, l'altra una plastica a Z dei bordi rimanenti della puleggia danneggiata.

Vi sono anche due casi in cui il materiale trapiantato non era autologo: nello studio di Martinez et al. 2019⁵¹ sono state suturate al periostio dei riceventi delle pulegge cadaveriche, nello studio di Wray et al. 1974⁶⁹ sono state utilizzate delle pulegge sintetiche in dacron.

In alcuni studi^{60,64,66} vi era una concomitante lesione del flessore superficiale delle dita, il quale non viene riparato in favore della puleggia. In questo modo si assicura un efficace funzionamento del flessore profondo delle dita rimanente.

Lo studio di Inkellis et al. 2018⁵² propone una tipologia d'intervento diversa rivolta al recupero di importanti retrazioni in flessione associate a rotture concomitanti di A2 e A3. Il trattamento consiste nell'inserimento di *pin* metallici sulla faccia dorsale delle falangi, al fine di attaccarvi un dispositivo che funziona da fissatore esterno regolabile in progressiva estensione.

Per quel che riguarda il trattamento riabilitativo seguito nel post chirurgico diversi studi prescrivono l'utilizzo di uno *splint*, tutore rigido o anello di protezione in estensione per un periodo variabile da 1 a 8 settimane^{20,52-55,57,59,62,65,66,71-77,80-82}, seguito da un periodo compreso fra 28 e 90 giorni in cui, in alcuni studi, veniva utilizzato anche un anello di protezione termoplastico o *H-tape* meno invasivo durante la riabilitazione^{20,53,54,59,76,80}. L'utilizzo dell'anello consente l'inizio della riabilitazione che dura da 3 a 12 settimane^{20,54,59,65,72,76,80-82}. Quest'ultima, negli studi in cui viene riportata, ricalca i principi precedente esposti nel capitolo riguardante il trattamento conservativo. Il ritorno allo sport, alle attività manuali pesanti e ad esercizi di rinforzo contro resistenza è stato consentito fra un mese e mezzo e 6 mesi dopo l'intervento^{54,55,59,64,72,73,76,81,82}.

Quattro studi riportano come evento avverso un riassorbimento osseo^{59,63,68,70} che può portare a frattura della falange⁶⁸. In tre studi^{54,76,81} viene riportato un deficit in estensione dell'articolazione interfalangea prossimale che però non condizionava negativamente la vita dei pazienti.

MISURE DI *OUTCOME* E *FOLLOW-UP*

Gli *outcome* presi in considerazione sono diversi nei vari studi, ma uno in particolare accomuna numerosi articoli ed è il ROM in flesso estensione a livello delle articolazione metacarpo falangee, interfalangee prossimali e interfalangee distali^{20,52,55–57,60,61,63–66,68,69,71,73–77,81}, nonostante i metodi di misura non siano sempre gli stessi si nota in tutti i pazienti un sensibile aumento dell'articolari  attiva in flessione, accompagnata nella maggior parte dei casi da un totale recupero dell'estensione.

Alcuni studi^{54,55,59,73,76} utilizzano inoltre come *outcome* il *Buck-Gramko score*⁷⁹ con risultati eccellenti in 74 casi, buono in 6 casi e sufficiente in 3 casi.

Il *bowstringing*^{53,57,65,71,76} è stato ridotto o eliminato in tutti i casi in cui è stato valutato.

Altri studi riportano come misura di *outcome* la *grip strenght*^{55,57,73–76}, la circonferenza del dito dopo l'operazione^{55,73,74} e il dolore^{52,57,74,81}.

I *follow-up* sono molto variabili e non sempre riportati^{50,68,69,72,74,80}. Negli studi in cui li troviamo si va da un periodo da 2 mesi a 17 anni.

3.3 Rischio dei *bias* negli studi

Per maggiore chiarezza nella revisione, è stato deciso di dividere in tre paragrafi la sezione: in uno verr  analizzato il rischio di *bias* degli studi che analizzano entrambi i trattamenti, in uno quello degli studi relativi al trattamento conservativo e nell'altro quello relativo agli studi che trattano chirurgicamente la patologia.

3.3.1 Rischio dei *bias* negli studi che analizzano il trattamento conservativo e il trattamento chirurgico

Per la valutazione del rischio di *bias* di questi studi^{39,41–43,50} è stato utilizzato lo strumento di *critical appraisal* della "Joanna Briggs Institute" per i *case series*³⁵. Nella tabella 11 è riportata la *checklist* con il dettaglio della spiegazione delle singole domande e il risultato della loro valutazione.

Dai risultati emerge come ci sia un moderato rischio di *bias* negli studi di Gabl 1998⁴² e di Scheibler 2021³⁹, tuttavia è da far notare come la risposta “non applicabile”, che entrambi hanno ricevuto alla domanda sull’analisi statistica, sia risultata la stessa in tutti gli studi; allo stesso modo le risposte negative relative ai criteri di inclusione e alle informazioni demografiche di studio e partecipanti sono tali per tutti gli studi.

Gli altri tre studi invece possono essere ritenuti di scarsa qualità metodologica in quanto gli studi di Bowers 1994⁴³ e Yamaguchi 2007⁵⁰ presentano soltanto due risposte positive e quello di Schöffl 2003⁴¹ ne presenta tre.

Tutti gli articoli hanno tuttavia misurato in modo standard e affidabile la condizione dei partecipanti ed hanno utilizzato metodi validi per la sua identificazione.

CASE SERIES	Schöffl 2003 ⁴¹	Scheibler 2021 ³⁹	Bowers 1994 ⁴³	Gabl 1998 ⁴²	Yamaguchi 2007 ⁵⁰
<p>1. Erano presenti dei chiari criteri di inclusione nel case series? Gli autori dovrebbero fornire chiari criteri di inclusione (e criteri di esclusione dove appropriato) per i partecipanti allo studio. I criteri di inclusione/esclusione dovrebbero essere specificati (ad esempio rischio, stadi di progressione della malattia) con sufficiente dettaglio e tutte le informazioni necessarie e critiche per lo studio.</p>	No	Non chiaro	No	No	No
<p>2. La condizione è stata misurata in modo standard e affidabile per tutti i partecipanti inclusi nel case series? Lo studio dovrebbe descrivere chiaramente il metodo di misurazione della condizione. Questo dovrebbe essere fatto in modo standardizzato (cioè allo stesso modo per tutti i pazienti) e affidabile (cioè risultati ripetibili e riproducibili).</p>	Si	Si	Si	Si	Si
<p>3. Sono stati utilizzati metodi validi per l’identificazione della condizione per tutti i partecipanti inclusi nel case series? Molti problemi di salute non sono facilmente diagnosticati o definiti e alcune misure potrebbero non essere in grado di includere o escludere appropriati livelli o fasi del problema di salute. Se i risultati sono stati valutati sulla base di definizioni o criteri diagnostici esistenti, è probabile che la risposta a questa domanda sia sì. Se i risultati sono stati valutati utilizzando scale segnalate dall’osservatore o auto-riportate, il rischio di segnalazione eccessiva o insufficiente è aumentata e l’obiettività è compromessa. È importante stabilire se gli strumenti di misurazione utilizzati fossero strumenti validati poiché ciò ha un impatto significativo sulla validità della valutazione dei risultati.</p>	Si	Si	Si	Si	Si
<p>4. Il case series ha un’inclusione consecutiva di partecipanti? Gli studi che hanno un’inclusione consecutiva sono più affidabili di quelli che non la presentano. Ad esempio, un case series che afferma “abbiamo incluso tutti i pazienti (24) con osteosarcoma che si sono presentati alla nostra clinica tra marzo 2005 e giugno 2006” sono più affidabili di uno studio che afferma semplicemente “riportiamo una serie di casi di 24 persone con osteosarcoma”</p>	Non chiaro	Si	No	Si	No

<p>5. Il case series presenta una inclusione completa dei partecipanti? La completezza di un <i>case series</i> contribuisce alla sua affidabilità. Gli studi che indicano un'inclusione completa sono quelli più affidabili di quelli che non lo fanno. Come affermato sopra, un <i>case series</i> che afferma "abbiamo incluso tutti i pazienti (24) con osteosarcoma che si sono presentati alla nostra clinica tra marzo 2005 e giugno 2006" sono più affidabili di uno studio che afferma semplicemente "riportiamo una serie di casi di 24 persone con osteosarcoma"</p>	Non chiaro	Si	No	Si	No
<p>6. È presente una chiara segnalazione dei dati demografici dei partecipanti allo studio? I <i>case series</i> dovrebbero descrivere chiaramente i dati demografici rilevanti dei partecipanti, come le seguenti informazioni, ove pertinenti: età sesso, istituzione, regione geografica, etnia, periodo di tempo, istruzione del partecipante.</p>	No	Non chiaro	Non chiaro	No	Non chiaro
<p>7. È presente un chiaro report delle informazioni cliniche dei partecipanti? Dovrebbe esserci un chiaro <i>report</i> delle informazioni cliniche dei partecipanti, come le seguenti informazioni, dove necessarie: stato della malattia, comorbidità, stadio della malattia, precedenti interventi/trattamenti, risultati dei test diagnostici, ecc.</p>	No	Non chiaro	No	Si	No
<p>8. Gli outcome e i follow-up dei casi sono stati chiaramente riportati? I risultati di qualsiasi intervento o trattamento devono essere chiaramente riportati nel <i>case series</i>. Un buon caso dovrebbe descrivere chiaramente la condizione clinica post-intervento in termini di presenza o assenza dei sintomi. I risultati della gestione/trattamento quando vengono presentati come immagini o figure possono aiutare a trasmettere le informazioni al lettore/clinico. È importante che gli eventi avversi siano chiaramente documentati e descritti, in particolare quando viene trattata una condizione nuova unica o quando viene utilizzato un nuovo farmaco o trattamento. Inoltre, devono essere individuati e descritti chiaramente gli eventi imprevisti, qualora ve ne siano, che possano fornire informazioni nuove o utili.</p>	Si	Si	No	Si	Non chiaro
<p>9. È presente un chiaro report delle informazioni demografiche dei siti/delle cliniche di presentazione? Alcune malattie o condizioni variano in prevalenza nelle varie regioni geografiche e popolazioni (ad esempio donne vs. uomini, variabili sociodemografiche tra i paesi). Il campione di studio dovrebbe essere descritto in modo sufficientemente dettagliato in modo che altri ricercatori possano determinare se è paragonabile alla popolazione di loro interesse.</p>	No	Non chiaro	No	No	No
<p>10. L'analisi statistica era appropriata? Come per qualsiasi considerazione sull'analisi statistica, si dovrebbe considerare l'esistenza di un metodo statistico alternativo più appropriato. La sezione dei metodi di studio dovrebbe essere sufficientemente dettagliata da consentire ai revisori di identificare quali tecniche analitiche sono state utilizzate e se queste erano adatte.</p>	NA	NA	NA	NA	NA

NA= non applicabile

Tabella 11. Valutazione del rischio di *bias* dei *case series* tramite lo strumento di *critical appraisal* della "Joanna Briggs Institute"³⁵ negli studi riguardanti entrambi i tipi di trattamenti

3.3.2 Rischio dei *bias* negli studi sul trattamento conservativo

Nella tabella 12 è riportata la valutazione del rischio di *bias* dei *case series* relativi agli studi sul trattamento conservativo, effettuata tramite lo strumento di *critical appraisal* della “*Joanna Briggs Institute*”³⁵. Lo studio di Schneeberger 2016³⁸ è tra quelli metodologicamente meglio eseguiti: presenta infatti due risposte negative riguardo al dettaglio delle informazioni demografiche di partecipanti e luogo di esecuzione dello studio e una risposta “non chiaro” in quanto non è stato fornito un *report* dettagliato dei partecipanti relativamente alle informazioni cliniche; tuttavia è necessario precisare che nessuno studio fornisce chiaramente queste informazioni, nemmeno i *case series* che riguardano entrambi i trattamenti.

Lo studio di Moutet del 1993³⁷ risulta essere invece quello metodologicamente più scarso, presentando tutte risposte negative o non chiare.

Gli altri studi presentano molte risposte negative: in particolare nessuno presenta dei chiari criteri di inclusione dei partecipanti, né fornisce chiare indicazioni demografiche su partecipanti e luogo di esecuzione (tranne Wyatt 1996⁴⁴ che analizza l’area geografica dove avviene lo studio). A parte l’articolo di Wyatt 1996⁴⁴ nessuno ha un’inclusione consecutiva e completa dei partecipanti, tuttavia questo studio non misura in modo standard e affidabile la condizione dei partecipanti, non utilizza metodi validi per individuarla e non fornisce chiari *outcome* e *follow-up*.

Da questi risultati possiamo affermare che lo studio di Schöffl 2006 si presenta con un rischio di *bias* basso-moderato, in quanto riceve quattro risposte positive e applica un’analisi statistica, mentre gli studi di Lourie 2010⁴⁵, Wyatt 1996⁴⁴ e Rohrbough 2000⁴⁶ sono da considerare metodologicamente più scarsi in quanto ricevono solo tre “Si” su 10 domande.

<i>CASE SERIES</i>	Schneeberger 2016 ³⁸	Schöffl 2006 ⁴⁷	Moutet 1993 ³⁷	Rohrbough 2000 ⁴⁶	Wyatt 1996 ⁴⁴	Lourie 2010 ⁴⁵
1. Erano presenti dei chiari criteri di inclusione nel <i>case series</i>?	Si	No	No	Non chiaro	No	No
2. La condizione è stata misurata in modo standard e affidabile per tutti i partecipanti inclusi nel <i>case series</i>?	Si	Si	No	Si	No	Si
3. Sono stati utilizzati metodi validi per l’identificazione della condizione per tutti i partecipanti inclusi nel <i>case series</i>?	Si	Si	No	Si	Non chiaro	Si
4. Il <i>case series</i> ha un’inclusione consecutiva di partecipanti?	Si	NA	No	No	Si	No

5. Il <i>case series</i> presenta una inclusione completa dei partecipanti?	Si	NA	No	No	Si	No
6. È presente una chiara segnalazione dei dati demografici dei partecipanti allo studio?	No	No	No	No	No	No
7. È presente un chiaro report delle informazioni cliniche dei partecipanti?	Non chiaro	Si	No	Non chiaro	No	No
8. Gli <i>outcome</i> e i <i>follow-up</i> dei casi sono stati chiaramente riportati?	No	Si	Non chiaro	No	No	Si
9. È presente un chiaro report delle informazioni demografiche dei siti/delle cliniche di presentazione?	No	No	No	No	Si	No
10. L'analisi statistica era appropriata?	Si	Si	NA	Si	NA	NA

NA= non applicabile

Tabella 12. Valutazione del rischio di *bias* dei *case series* tramite lo strumento di *critical appraisal* della “Joanna Briggs Institute”³⁵ degli studi sul trattamento conservativo

Nella tabella 13 viene riportata la valutazione del rischio di *bias* per i due *case report* che propongono il trattamento conservativo, effettuata tramite lo strumento di *critical appraisal* della “Joanna Briggs Institute”³⁶.

Lo studio di Scott 2019⁴⁹ presenta soltanto un “No” alle domande, quella relativa agli effetti avversi, mentre le altre domande hanno tutte risposte positive dimostrando quindi una buona qualità metodologica; lo studio di Bollen 1990⁴⁰ invece presenta quasi tutte risposte negative tranne tre, presentando un alto rischio di *bias*. Questo è probabilmente giustificabile in parte dall’anno in cui è stato scritto essendo uno dei primi *case report* a trattare delle lesioni di pulegge.

CASE REPORT	Bollen 1990 ⁴⁰	Scott 2019 ⁴⁹
1. Le caratteristiche demografiche del paziente sono state chiaramente descritte? Il <i>case report</i> descrive chiaramente del paziente: l’età, il sesso, l’etnia, la storia medica, la diagnosi, la prognosi, i trattamenti pregressi, i risultati dei test diagnostici passata e attuali, le cure? Il <i>setting</i> e il contesto dovrebbero essere anch’esse descritte	No	Si
2. La storia del paziente è stata chiaramente descritta e presentata in una <i>timeline</i>? Un buon <i>case report</i> dovrebbe descrivere la storia del paziente, la loro anamnesi medica, familiare e psicologica includendo anche informazioni genetiche rilevanti, come anche interventi rilevanti nel passato e i loro <i>outcome</i> .	No	Si
3. La condizione clinica attuale del paziente è stata correttamente descritta? La condizione clinica attuale del paziente dovrebbe essere descritta nel dettaglio incluso l’unicità della condizione/malattia, sintomi, frequenza e severità. I <i>case report</i> dovrebbero anche essere in grado di indicare se una diagnosi differenziale è stata considerata.	Yes	Si
4. I test diagnostici o i metodi di valutazione e i risultati sono stati chiaramente descritti? Il lettore di un <i>case report</i> dovrebbe essere provvisto di sufficienti informazioni per capire come il paziente è stato valutato. È importante che tutti i test siano appropriati e in grado di confermare la diagnosi; inoltre un <i>case report</i> dovrebbe fornire una chiara descrizione dei vari test diagnostici utilizzati (se si tratta di un <i>gold standard</i> oppure un test diagnostico alternativo).	No	Si

Fotografie e illustrazioni delle procedure diagnostiche, radiografie o procedure di trattamento sono solitamente presentate quando appropriate per tramettere un chiaro messaggio ai lettori.		
5. Gli interventi o le procedure di trattamento sono stati chiaramente descritti? È importante descrivere chiaramente il trattamento o le procedure di intervento in modo che gli altri clinici che leggeranno lo studio possano essere in grado di comprendere il protocollo di trattamento. Il <i>report</i> dovrebbe descrivere il protocollo di intervento/trattamento nel dettaglio; per esempio in una gestione farmacologica della ansia mentale dovrebbe essere descritto il tipo di farmaco, il metodo di somministrazione, il dosaggio e la frequenza di assunzione e tutti gli effetti collaterali.	Non chiaro	Si
6. La condizione clinica post-intervento è stata chiaramente descritta? Un buon <i>case report</i> dovrebbe descrivere la condizione clinica post-intervento in termini presenza o assenza dei sintomi. Gli <i>outcome</i> della gestione/trattamento quando vengono presentati come immagini o figure dovrebbero aiutare a veicolare le informazioni al lettore/clinico.	Si	Si
7. Gli eventi avversi (danni) o gli eventi non attesi sono stati identificati e descritti? Con qualsiasi trattamento/ intervento/farmaco, è molto probabile che ci siano effetti avversi e in alcuni casi possono essere severi. È importante che gli eventi avversi siano chiaramente documentati e descritti, in particolare quando una patologia nuova o rara è trattata o quando viene utilizzato un nuovo farmaco o un nuovo trattamento. Inoltre, devono essere individuati e descritti chiaramente gli eventi imprevisi, qualora ve ne siano, che possano fornire informazioni nuove o utili.	No	No
8. Il case report fornisce una <i>takeaway lesson</i>? I <i>case report</i> dovrebbero riassumere le lezioni chiave apprese da un caso in termini di <i>background</i> della condizione/malattia e linee guida per la pratica clinica per i medici quando gli vengono presentati casi simili.	Si	Si

NA= non applicabile

Tabella 13. Valutazione del rischio di *bias* dei *case report* tramite lo strumento di *critical appraisal* della “Joanna Briggs Institute”³⁶

3.3.3 Rischio dei *bias* negli studi sul trattamento chirurgico

L’analisi del rischio di *bias* per i *case series* è raccolta nelle tabelle 14 e 15. Nell’ambito dei *case series* 7 studi su undici hanno ricevuto almeno 5 risposte positive. I due studi di Arora^{55,73} e quello di Martinez⁵¹ hanno totalizzato 6 risposte positive risultando quelli con il miglior risultato. Gli studi di Voulliaume et al.⁷² E Wilson et al.⁷⁵ risultano essere ad un rischio di *bias* maggiore dal momento che presentano solo 3 risposte positive. Nello studio di Wray et al.⁶⁹ l’unica risposta positiva è quella che riguarda il reporting di *outcome* e *follow-up*.

La domanda riguardante i metodi usati per l’identificazione della condizione ha ricevuto risposta positiva in tutti gli studi analizzati tranne quello di Okutsu⁷⁷, nel quale non sono esplicitati in maniera chiara.

CASE SERIES	Elizabeth Inkellis et al. 2018 ⁵²	Schoffl et al. 2012 ⁵⁴	Arora R. et al. 2007 ⁵⁵	Wray RC Jr et al. 1974 ⁶⁹	Voulliau me D et al. 2004 ⁷²	Arora R et al. 2013 ⁷³
1. Erano presenti dei chiari criteri di inclusione nel <i>case series</i>?	No	Si	No	No	No	No

2. La condizione è stata misurata in modo standard e affidabile per tutti i partecipanti inclusi nel <i>case series</i> ?	Si	Si	Si	No	Si	Si
3. Sono stati utilizzati metodi validi per l'identificazione della condizione per tutti i partecipanti inclusi nel <i>case series</i> ?	Si	Si	Si	No	Si	Si
4. Il <i>case series</i> ha un'inclusione consecutiva di partecipanti?	No	No	No	No	Non chiaro	No
5. Il <i>case series</i> presenta una inclusione completa dei partecipanti?	No	No	Si	No	No	Si
6. È presente una chiara segnalazione dei dati demografici dei partecipanti allo studio?	Si	Si	Si	No	No	Si
7. È presente un chiaro report delle informazioni cliniche dei partecipanti?	Si	No	Si	Non chiaro	No	Si
8. Gli <i>outcome</i> e i <i>follow-up</i> dei casi sono stati chiaramente riportati?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
9. È presente un chiaro <i>report</i> delle informazioni demografiche dei siti/delle cliniche di presentazione?	Non chiaro	No	No	No	No	No
10. L'analisi statistica era appropriata?	NA	NA	NA	NA	NA	NA

NA= non applicabile

Tabella 14. Valutazione del rischio di *bias* dei *case series* tramite lo strumento di *critical appraisal* della "Joanna Briggs Institute ³⁵" degli studi sul trattamento chirurgico.

CASE SERIES	Gabl M et al. 2000 ⁷⁴	Wilson SM et al. 2005 ⁷⁵	Bouyer M et al. 2016 ⁷⁶	Okutsu I et al. 1987 ⁷⁷	Martinez et al. 2019 ⁵¹
1. Erano presenti dei chiari criteri di inclusione nel <i>case series</i> ?	No	No	No	No	Si
2. La condizione è stata misurata in modo standard e affidabile per tutti i partecipanti inclusi nel <i>case series</i> ?	Si	Si	No	No	No
3. Sono stati utilizzati metodi validi per l'identificazione della condizione per tutti i partecipanti inclusi nel <i>case series</i> ?	Si	Si	Si	Non chiaro	Si
4. Il <i>case series</i> ha un'inclusione consecutiva di partecipanti?	No	No	Si	Si	Si
5. Il <i>case series</i> presenta una inclusione completa dei partecipanti?	No	No	Si	Non chiaro	Si
6. È presente una chiara segnalazione dei dati demografici dei partecipanti allo studio?	Si	No	No	No	No
7. È presente un chiaro report delle informazioni cliniche dei partecipanti?	Si	Si	Si	No	Non chiaro
8. Gli <i>outcome</i> e i <i>follow-up</i> dei casi sono stati chiaramente riportati?	Si	No	Si	No	Si
9. È presente un chiaro <i>report</i> delle informazioni demografiche dei siti/delle cliniche di presentazione?	No	No	No	No	No
10. L'analisi statistica era appropriata?	NA	NA	NA	NA	Si

NA= non applicabile

Tabella 15. Valutazione del rischio di *bias* dei *case series* tramite lo strumento di *critical appraisal* della "Joanna Briggs Institute ³⁵" degli studi sul trattamento chirurgico

L'analisi del rischio di bias per i case report è raccolta nelle tabelle 16 e 17 e 18. Per quanto riguarda i case report 9 studi hanno ottenuto risposta positiva ad almeno 6 domande, Cresswell et al. 1998⁷¹, Schreiber et al.2015⁶⁴, Lutter et al.2015⁵⁹ e Desai et al. 2021⁵⁶ hanno avuto 6 risposte positive.

Lo studio di Kosiyatrakul et al. 2009⁶¹ risulta invece essere il peggiore con solo due risposte positive.

<i>CASE REPORT</i>	Jakubietz MG et al 2017 ⁵³	Desai B et al. 2021 ⁵⁶	Kachouh N. et al 2018 ⁵⁷	Lutter C. et al 2015 ⁵⁹	Johnsen P. et al 2014 ⁶⁰
1. Le caratteristiche demografiche del paziente sono state chiaramente descritte?	No	Si	Si	Si	No
2. La storia del paziente è stata chiaramente descritta e presentata in una <i>timeline</i>?	No	No	No	Si	Non chiaro
3. La condizione clinica attuale del paziente è stata correttamente descritta?	No	Si	Si	Si	Si
4. I test diagnostici o i metodi di valutazione e i risultati sono stati chiaramente descritti?	Si	Si	Si	Si	Si
5. Gli interventi o le procedure di trattamento sono stati chiaramente descritti?	Si	Si	Si	Si	Si
6. La condizione clinica post-intervento è stata chiaramente descritta?	No	Si	Si	No	Si
7. Gli eventi avversi (danni) o gli eventi non attesi sono stati identificati e descritti?	Si	Non chiaro	No	Si	Si
8. Il case report fornisce una <i>takeaway lesson</i>?	Si	Si	No	No	No

Tabella 16. Valutazione del rischio di *bias* dei *case report* tramite lo strumento di *critical appraisal* della "Joanna Briggs Institute" ³⁶ degli studi sul trattamento chirurgico

In generale dall'analisi delle tabelle 16, 17, 18 si può evidenziare come le domande che hanno ricevuto il maggior numero di risposte positive siano quella riguardante la descrizione della condizione clinica del paziente e quella che indagava la descrizione dei test diagnostici e dei metodi di valutazione

<i>CASE REPORT</i>	Kosiyatrakul A. et al. 2009 ⁶¹	Fazilleau F et al. 2014 ⁶²	Schreiber JJ et al. 2015 ⁶⁴	Tropet Y et al. 1990 ⁶⁵	Vandeputte G et al. 2001 ⁶⁶
1. Le caratteristiche demografiche del paziente sono state chiaramente descritte?	Si	Si	Si	No	No
2. La storia del paziente è stata chiaramente descritta e presentata in una <i>timeline</i>?	No	No	Si	Si	Si
3. La condizione clinica attuale del paziente è stata correttamente descritta?	Si	Si	Si	Si	Si
4. I test diagnostici o i metodi di valutazione e i risultati sono stati chiaramente descritti?	No	Si	Si	Si	Si

5. Gli interventi o le procedure di trattamento sono stati chiaramente descritti?	No	Si	No	No	Si
6. La condizione clinica post-intervento è stata chiaramente descritta?	No	Si	Si	No	No
7. Gli eventi avversi (danni) o gli eventi non attesi sono stati identificati e descritti?	No	No	No	No	No
8. Il <i>case report</i> fornisce una <i>takeaway lesson</i> ?	No	No	Si	Si	Si

Tabella 17. Valutazione del rischio di *bias* dei *case report* tramite lo strumento di *critical appraisal* della “Joanna Briggs Institute”³⁶ degli studi sul trattamento chirurgico

CASE REPORT	Sanger JR et al 1990 ⁶⁸	Ferran NA et al. 2014 ⁷⁰	Cresswell TR et al. 1998 ⁷¹	Lin GT 1999 ⁶³
1. Le caratteristiche demografiche del paziente sono state chiaramente descritte?	No	No	Si	Si
2. La storia del paziente è stata chiaramente descritta e presentata in una <i>timeline</i> ?	Si	Si	No	Si
3. La condizione clinica attuale del paziente è stata correttamente descritta?	No	Si	Si	No
4. I test diagnostici o i metodi di valutazione e i risultati sono stati chiaramente descritti?	No	No	Si	No
5. Gli interventi o le procedure di trattamento sono stati chiaramente descritti?	No	No	No	Si
6. La condizione clinica post-intervento è stata chiaramente descritta?	No	No	Si	Si
7. Gli eventi avversi (danni) o gli eventi non attesi sono stati identificati e descritti?	Si	Si	Si	Si
8. Il <i>case report</i> fornisce una <i>takeaway lesson</i> ?	Si	No	Si	No

Tabella 18. Valutazione del rischio di *bias* dei *case report* tramite lo strumento di *critical appraisal* della “Joanna Briggs

3.4 Risultati dei singoli studi

Per una maggiore chiarezza è stato deciso di analizzare i risultati dei singoli studi dividendoli in due paragrafi, uno relativo al trattamento conservativo e l'altro a quello chirurgico.

3.4.1 Risultati degli studi individuali relativi al trattamento conservativo

Quattro^{40,41,44,47} studi hanno utilizzato come terapia conservativa principale il *tape*, nove utilizzano lo *splint*, mentre due studi^{39,46} analizzano casi che non hanno ricevuto alcun tipo di trattamento.

UTILIZZO DEL TAPE

Dei quattro studi^{40,41,44,47} che analizzano il *tape* come principale strategia di trattamento, uno⁴¹ lo inserisce all'interno di un programma più articolato che comprende riposo iniziale e vi associa terapia funzionale e ripresa graduale dell'attività sportiva, due^{44,47} associano

soltanto il riposo precedente alla ripresa dell'attività, mentre uno⁴⁰ fa riprendere immediatamente l'arrampicata con la protezione del *tape*.

Schöffl 2003⁴¹ come rationale per definire che tipo di *iter* utilizzare nel trattamento utilizza la divisione in gradi presentata nel suo studio del 2003²⁶ (riferimento alla Tabella 1 di questa revisione sistematica nel capitolo di Introduzione). Tutti i pazienti sono arrampicatori. Nei casi di lesione di grado I, definito *pulley strain*, non è stata prevista alcuna immobilizzazione iniziale, è stata effettuata terapia funzionale per 2-4 settimane, a protezione della puleggia è stato applicato ed utilizzato il *tape* per i primi 3 mesi durante l'attività sportiva la quale è stata ripresa dopo 4 settimane; nei pazienti con grado II è invece stata adottata l'immobilizzazione per 10 giorni, la terapia funzionale è stata svolta per 2-4 settimane, a protezione della puleggia è stato utilizzato il *tape*, mantenuto per i primi 3 mesi durante l'attività sport-specifica che è stata riavviata dopo 4 settimane. Gli *outcome* di questo studio non sono stati divisi per i diversi gruppi di trattamento, ma sono stati riportati in modo generale per gli 80 pazienti con lesione di grado dal I al III (grado III descritto nel successivo paragrafo): è emerso che 7 pazienti avevano dolore persistente dopo 3 mesi a causa di una tenovaginite post-traumatica che si è risolta dopo infiltrazione di cortisone locale e un periodo di prolungato di riposo permettendogli di tornare ad arrampicare al loro livello pre-lesionale. Gli altri 73 sono ritornati pienamente all'attività sportiva con dolore minore occasionale. Solo 6 hanno riportato un continuo bisogno di *taping* del dito danneggiato per più di 12 mesi.

Lo studio Schöffl 2006⁴⁷ è un *case series* retrospettivo in cui l'autore ha selezionato 21 *climber* che avevano avuto una lesione alle pulegge in media 3.46 anni prima, li ha rivalutati clinicamente, confermando la lesione con gli ultrasuoni e li ha divisi nei vari gradi di lesione secondo il metodo nello studio di Schöffl 2003²⁶. Lo scopo di questo studio era capire se il deficit di forza che gli arrampicatori riscontrano in seguito a una lesione di puleggia si mantenga nel tempo oppure se con la terapia conservativa potesse tornare al livello pre-lesionale. L'autore ha quindi individuato il tipo di trattamento che questi pazienti avevano effettuato ed ha valutato poi la forza secondo il protocollo descritto da Köstermeyer and Weineck⁸⁴. Ciò che emerso è che 14 pazienti avevano eseguito un adeguato trattamento conservativo applicando del *tape* (per una media di 26 settimane) a protezione della puleggia danneggiata durante l'attività sportiva, la quale è stata ripresa in media dopo 6 settimane; 6 *climber* al momento della valutazione continuavano ad utilizzarlo. Sugli altri pazienti non viene riportato il trattamento, sappiamo però che i 5 pazienti di grado IV che

secondo il rationale di Schöffl 2006²⁶ dovrebbe rientrare nel trattamento chirurgico lo hanno rifiutato eseguendo il trattamento conservativo sopra descritto. Gli *outcome* che risultano da questo studio sono i seguenti: 8 pazienti hanno riportato problemi occasionali durante l'attività sportiva, di cui 2 anche nella vita quotidiana; il livello precedente di attività sportiva è stato recuperato da tutti i soggetti entro un anno ed i soggetti più giovani hanno recuperato in un tempo minore, tra 4 e 6 mesi. Per quanto riguarda il deficit di forza non è stata trovata alcuna differenza, né tra dita lesionate paragonate a quelle sane, né tra pazienti che avevano effettuato lesioni più recenti (meno di un anno) rispetto a quelle più remote (maggiori di un anno).

Lo studio di Wyatt 1996⁴⁴ è un *case series* che recluta gli arrampicatori che si presentano al pronto soccorso di Glasgow con lesioni all'arto superiore e li studia prospetticamente per un anno. Soltanto un soggetto si è presentato con lesione di puleggia: rottura di A2 con *bowstringing*. Lo studio non fornisce tuttavia dettagli sul trattamento conservativo eseguito dicendo solo che il paziente è stato trattato con diverse settimane di riposo e dopo due mesi è stato in grado di tornare a scalare usando il *tape* a protezione del dito. L'*outcome* è stato soddisfacente.

Anche nel case report di Bollen 1990⁴⁰ viene utilizzato il *tape* come trattamento sulla lesione di puleggia di un arrampicatore: non ci sono dati su quale puleggia abbia subito la lesione dal momento che non è stato effettuato alcun esame strumentale, ma dall'esame clinico risultava un *bowstringing* marcato sull'articolazione interfalangea prossimale. Dato che la richiesta del paziente era quella di tornare all'attività sportiva il più rapidamente possibile è stato escluso il trattamento chirurgico e il paziente è semplicemente tornato a scalare con il consiglio di posizionare un *tape* ben stretto alla base del dito. Dopo 6 mesi il *bowstringing* era sempre visibile ma non procurava problemi nella vita di tutti i giorni e il paziente era tornato a scalare come prima con la continua protezione del *tape*.

UTILIZZO DELLO SPLINT

Nove studi^{37-39,41-43,45,49,50} hanno utilizzato lo *splint* come principale trattamento: quattro articoli^{37,41,42,45} lo associano a un riposo iniziale in base al grado di lesione, alla terapia funzionale e a un ritorno graduale all'attività sportiva, tre^{38,39,49} lo hanno associato un riposo iniziale e un graduale ritorno all'attività sportiva senza alcun tipo di terapia funzionale associata, due^{43,50} hanno utilizzato lo *splint* come unica strategia.

Come già descritto nel precedente paragrafo, Schöffl 2003⁴¹ come razionale per la scelta del trattamento utilizza la gradazione nel suo studio del 2003²⁶ (riferimento alla Tabella 1). Negli arrampicatori con lesioni di grado III è stata adottata l'immobilizzazione per 10-14 giorni, la terapia funzionale è stata svolta per 4 settimane ed a protezione della puleggia è stato confezionato un anello termoplastico o un *soft-cast*, l'attività sport-specifica è stata riavviata dopo 6-8 settimane con il *tape* mantenuto per i primi 6 mesi. Avendo riportato gli *outcome* non divisi per gruppi di trattamento ma tutti insieme, la loro descrizione è riportata nel paragrafo precedente.

Anche Gabl 1998⁴² tratta 13 atleti di arrampicata di alto livello con lesioni alle pulegge da circa 3 settimane (range dalle 2 alle 15 settimane): 8 pazienti vengono assegnati al trattamento conservativo in base alla gravità della lesione, infatti questi pazienti presentano delle interruzioni non complete delle pulegge alla risonanza magnetica. Il trattamento proposto consiste in un'iniziale immobilizzazione della mano e dell'avambraccio per circa 2 settimane (fino alla riduzione del dolore) con un tutore palmare fino alle dita. Poi il dito coinvolto viene fissato per 4 settimane con quelli vicini tramite un *soft-cast* che va dal polpastrello fino alla piega palmare prossimale per impedire la flessione delle articolazioni interfalangee prossimali. Dopo la rimozione del tutore vengono iniziati gli esercizi di ROM attivo sotto sorveglianza del fisioterapista e dopo 12 settimane si ha la ripresa dell'allenamento in carico della mano coinvolta con l'utilizzo di un altro anello modellato su misura per proteggere la puleggia. Dopo 6 mesi viene riavviata l'attività sportiva solo se presenti la forza nel *grip* e il ROM completo. Il *follow-up* è stato effettuato per una media di 31 mesi (range tra 18 e 43) e i risultati sono stati comparati con la mano non coinvolta. Gli *outcome* al *follow-up* sono i seguenti: il ROM dell'articolazione interfalangea prossimale era ancora ridotto in media di 5.6° (range tra 0° e 10°) mentre tutte le altre articolazioni del dito potevano muoversi senza limitazioni; la circonferenza del dito lesionato era in media 4.2 mm (range da 0 a 10) in più rispetto alla mano non coinvolta e la forza nel *grip* era ridotta in media di 20 N (range da 10 a 50). È stata valutata anche la soddisfazione soggettiva dei partecipanti tramite una scala che va da 0 (eccellente) a 5 (scarso) e la media del punteggio è stata 0.62 punti. Due pazienti presentavano un significativo *bowstringing* clinico, mentre in tutti gli pazienti era visibile solo alla risonanza magnetica e in questi casi non si è dimostrato né ridotto né aumentato. In questo studio sono stati anche trattati 5 pazienti chirurgicamente, i quali verranno descritti nel prossimo paragrafo. Le conclusioni che trae Gabl da questo studio (che verranno approfondite nel capitolo Discussione) è che gli *outcome* funzionali dopo i due trattamenti sono equiparabili.

Anche Moutet 1993³⁷, che presenta 23 casi di arrampicatori nel suo *case series*, utilizza soprattutto gli *splint* per il trattamento conservativo ma riporta soltanto i risultati su 14 pazienti (12 dei quali di alto livello). Il trattamento si basa soprattutto su un iniziale riposo assoluto senza alcuna sollecitazione delle dita e l'utilizzo di un anello di protezione sulla puleggia A2 (ritenuta lesionata su tutti i casi solo tramite una valutazione clinica) in materiale termoplastico rigido, che può essere associato anche a una sindattilia col dito vicino. Veniva inoltre associato un trattamento preventivo consistente in una buona idratazione, un riscaldamento sistematico, uno *stretching* progressivo non doloroso e prolungato (1 minuto) dei flessori comuni delle dita prima dell'attività sportiva. L'anello doveva essere mantenuto in sindattilia per i primi 15 giorni di ripresa della scalata. Il *follow-up* è durato 15 mesi e gli *outcome* sono i seguenti: sei pazienti hanno ripreso l'attività senza dolore e senza ripercussioni sul livello, cinque hanno avuto qualche dolore residuo senza inficiare sul livello; un paziente invece ha avuto dolore persistente ed ha dovuto abbassare il livello di allenamento.

Lourie 2010⁴⁵ è uno dei pochi studi inclusi in questa revisione che parla di una popolazione diversa da quella degli arrampicatori, in quanto ha incluso nel suo *case series* 4 lanciatori di *baseball* con lesione alla puleggia A4. Il *follow-up* è stato lungo in tutti i casi, di due anni nei casi 1, 2 e 4 e di tre anni nel terzo caso. Nel primo caso il paziente in seguito a una diagnosi di tenosinovite ha effettuato un ciclo di ibuprofene, riposo per due settimane ed infine un'infiltrazione di corticosteroidi; tuttavia non ha ricevuto beneficio da questo trattamento in quanto persisteva il dolore al lancio della pallina, risultato essere il meccanismo lesionale. Ha successivamente riposato per altre 6 settimane ed indossato uno *splint*, ma anche in questo caso persisteva il dolore sul dito durante il lancio e al test resistito per il flessore profondo delle dita. Successivamente gli è stata diagnosticata una rottura della puleggia A4 ed ha iniziato ad eseguire esercizi di rinforzo e di mobilità per un mese e un programma di progressione per il lancio. In questo caso l'*outcome* è risultato ottimale con ritorno al lancio senza dolore e il trattamento è durato in totale 6 mesi. Nel secondo caso è stata invece eseguita una immediata fasciatura iniziale con del bendaggio autoadesivo dopo l'infortunio alla puleggia, ghiaccio ed è stata concessa una cauta mobilitazione iniziale; poi per 2 settimane è stato indossato un supporto per la puleggia alternato a *tape* ed è stato iniziato un programma di ritorno al lancio. A tre mesi dall'infortunio il paziente è tornato a lanciare nelle competizioni in assenza di dolore ed ha continuato l'attività sportiva ininterrottamente per due anni. Nel terzo caso è stato applicato immediatamente uno *splint* e il ghiaccio, è stato concesso un iniziale ROM con cautela e dopo un mese è stato iniziato un programma

di ritorno progressivo al lancio; anche in questo caso il paziente è tonato a lanciare in competizione senza dolore in tre mesi. Infine nel caso 4 il trattamento è stato più veloce, con l'applicazione di uno *splint* iniziale e dopo due settimane è stato iniziato un programma di ripresa del lancio con la protezione applicata; a sei settimane ha ripreso a lanciare nelle competizioni senza dolore ed ha continuato per i successivi due anni.

Schneeberger 2016³⁸ risulta essere uno dei *case series* più numerosi presentando 47 casi di lesione di puleggia su 45 arrampicatori. Il trattamento conservativo da lui proposto consiste in uno *splint* di protezione della puleggia confezionato su misura e denominato "Pulley Protection Splint", posizionato vicino all'articolazione interfalangea prossimale e indossato continuativamente fino al primo *follow-up* a due mesi. Lo *splint*, rispetto a quello convenzionale, presenta una forma che consente la fissazione sul dito con un *tape* anelastico ma che impedisce la compressione dei vasi e dei nervi. Il PPS, forzando i tendini dei flessori vicino alla falange nella loro posizione anatomica, permette di far guarire la puleggia con la sua effettiva lunghezza e quindi ridurre la distanza tra tendine e falange. Viene concessa un'attività sportiva blanda su prese molto larghe e su pareti verticali (senza strapiombo) a circa 3-4 settimane dopo la lesione. Il graduale svezzamento dallo *splint* viene iniziato dopo due mesi e viene sostituito da un *tape*. I pazienti potevano poi svolgere la loro normale attività sportiva dopo 3-5 mesi in base al progresso della guarigione. Il *follow-up* a due mesi dalla diagnosi è stato effettuato con ultrasuoni dinamici su 39 pazienti: in tutti pazienti la distanza tra tendine e falange si è ridotta, il ROM era limitato in 7 dita su 42 e in 6 dita il paziente descriveva soggettivamente che il *pattern* di movimento del dito era leggermente disturbato. Una perdita di forza è stata rilevata in 4 sui 22 casi nei quali è stata misurata e 8 *climber* su 43 hanno riportato una perdita di forza minore. In generale la forza della mano trattata era normale in più di 4 *climber* su 5, con una differenza media del 96% rispetto al lato sano solo nella misurazione durante una *crimp grip*. Trentotto pazienti su 43 hanno ripreso il loro livello di arrampicata pre-lesionale in circa 8.8 mesi in media (range 2-36 mesi), mentre dei 5 pazienti rimanenti, 3 riportano di aver scalato meno di prima della lesione per altre ragioni e due hanno invece scalato quanto prima. Quaranta su 43 pazienti hanno dichiarato che durante la scalata potevano portare il massimo carico sul dito trattato in una media di 7.3 mesi (range da 2 a 18 mesi), tuttavia in 3 pazienti la capacità di carico è rimasta ridotta. Solo 2 partecipanti erano disturbati da un dolore occasionale durante o dopo l'attività sportiva, mentre degli altri 31 non riportavano dolore, 10 quasi nessun dolore. Dieci pazienti hanno messo il *tape* al dito per più di 12 mesi, e di questi, 7 partecipanti considerano il *tape* come anche un supporto mentale, 3 lo considerano utile, nessuno però

lo considera indispensabile. Entrambi i partecipanti che hanno lesionato la puleggia meno di 12 mesi prima hanno smesso di applicare il *tape* dopo il *follow-up*. Relativamente alle limitazioni nella vita di tutti i giorni (dolore o ridotto ROM) un paziente riporta una destrezza ridotta del dito nel suonare la chitarra, 39 pazienti sono stati valutati con *outcome* molto buoni, 4 con *outcome* buoni, e 43 rifarebbero lo stesso trattamento proposto. Infine un paziente che presentava anche una rottura del tendine del flessore superficiale delle dita, inizialmente migliorata molto con ritorno all'attività sportiva su gradi difficili senza dolore, ha tuttavia sperimentato un secondo trauma 6 mesi dopo: questo paziente non è stato considerato nelle valutazioni finali dello studio.

Scheibler 2021³⁹ propone un iniziale trattamento conservativo per tutti gli 11 pazienti con lesione tripla alle pulegge arruolati nel suo *case series* (di cui 10 arrampicatori e un *non climber*), e successivamente al fallimento del conservativo tratta due pazienti chirurgicamente. Il trattamento conservativo consiste nell'applicazione di uno *splint* termoplastico intorno alle falangi prossimale e media per due mesi, modellato su ogni paziente con una convessità laterale per prevenire la compressione dell'apparato neurovascolare; i partecipanti avevano la possibilità di rimuovere lo *splint* in estensione del dito per dare sollievo alla pelle. È stato confezionato anche uno *splint* per l'estensione dell'articolazione interfalangea prossimale. I pazienti nel mobilizzare il dito erano supervisionati da un terapeuta occupazionale. Una volta rimosso lo *splint* questo veniva sostituito da un *tape* per altre due mesi con l'intenzione di fornire un *reminder* della recente lesione, così da ricordare agli arrampicatori di evitare le *crimp position* per almeno 5-6 mesi. Il *follow-up* è stato eseguito a 6 mesi dalla prima visita: i 6 pazienti che presentavano una lesione acuta e il paziente con lesione subacuta avevano riguadagnato il ROM e non avevano dolore o restrizioni durante le attività quotidiane o lavorative. Tutti i pazienti raggiungevano la completa flessione nella chiusura del pugno, ma qualcuno aveva un lieve deficit in estensione. Nel paziente cronico valutato dopo 4 settimane, l'iniziale deficit in estensione della IFP era aumentato da 5° (alla diagnosi) a 25° al *follow-up*; nonostante ciò era presente solo un minimo dolore (VAS 1) durante la scalata e il livello pre-lesionale era stato riguadagnato in 6 mesi. Il paziente che era stato valutato dopo 2 mesi dalla lesione aveva un deficit in estensione dell'articolazione interfalangea prossimale di 30° senza alcuna restrizione durante le attività quotidiane e senza dolore durante la scalata; è stata considerata l'opzione chirurgica ma alla fine non è stata eseguita per mancanza di dolore e la soddisfacente funzionalità del dito; infine un paziente asintomatico valutato dopo più di due mesi dalla lesione non ha ricevuto trattamento e verrà riportato nel prossimo paragrafo.

Due pazienti hanno tuttavia eseguito il trattamento chirurgico a seguito del fallimento di quello conservativo: sono stati valutati dopo più di due mesi dalla lesione e al *follow-up* presentavano ancora dolore al movimento e un incrementato deficit in estensione dell'articolazione IFP. Verranno descritti nel paragrafo 3.4.2.

Scott 2019⁴⁹ è l'altro studio che presenta una popolazione diversa da quella degli arrampicatori, presentando infatti il *case report* di un giocatore di *football* con lesione di puleggia avvenuta 12 settimane prima della valutazione. Inoltre questo è anche uno dei pochi studi nel quale il paziente, nonostante avesse una lesione classificata di grado IV (secondo il sistema di gradazione di Schöffl 2003²⁶), è stato trattato conservativamente, in quanto il trattamento chirurgico è stato rifiutato dal paziente stesso. È stato applicato uno *splint* termoplastico modellato in lieve flessione con punti di pressione sulla falange prossimale e media, a tempo pieno per 6 settimane da rimuovere solo occasionalmente per dare sollievo alla pelle. Quando rimosso il dito doveva rimanere completamente esteso. Durante l'attività sportiva lo *splint* veniva fasciato con il *tape* per evitare che si spostasse involontariamente. Successivamente il paziente ha effettuato una nuova risonanza magnetica con e senza lo *splint* indossato, che ha mostrato un miglioramento del *bowstringing* e una riduzione dell'edema. Dopo 6 settimane, il paziente poteva indossarlo solo durante l'allenamento, le partite e la notte; durante il giorno portava un altro *splint* ad anello che consentiva la flesso-estensione attiva. A 8 settimane è stato rivalutato e per riguadagnare l'estensione mancante di 5°-10° della articolazione IFP ed è stato confezionato un ulteriore *splint* per mantenerla in estensione; inoltre doveva indossarne anche uno più rigido che permettesse la completa flessione. All'ultima rivalutazione a 12 settimane il paziente aveva 5° di ROM mancanti all'articolazione interfalangea prossimale correggibile passivamente, nella completa flessione non c'era evidenza di *bowstringing* e il paziente aveva una buona forza nel *grip*. Pertanto a 12 settimane, doveva indossare l'anello solo durante il gioco ed ha partecipato ad 11 partite senza alcun fastidio.

Yamaguchi 2007⁵⁰ presenta 8 *climber* a cui ha proposto il trattamento conservativo, ma due pazienti sono passati a quello chirurgico per il fallimento del precedente dopo 3 mesi. Purtroppo i dettagli sul trattamento conservativo sono scarsi, al contrario della descrizione di quello chirurgico che verrà riportata nel paragrafo 3.4.2; è stato applicato per un mese un tutore per il dito a martello indossato al contrario per prevenire il *bowstringing*, insieme al riposo dall'attività sportiva. Gli *outcome* per 6 pazienti sono stati buoni in quanto è

scomparso il dolore e il ROM è stato completamente ristabilito, consentendo ai pazienti di poter tornare a scalare liberamente dopo 3 mesi.

Bowers 1994⁴³ presenta un *case series* di 9 arrampicatori a cui viene proposto il trattamento chirurgico (spiegato nel dettaglio nel prossimo paragrafo), tuttavia due pazienti lo rifiutano passando a quello conservativo. Questi due casi presentano una lesione di A2/A3 e quindi meno estesa rispetto agli altri. Purtroppo un paziente è stato perso al *follow-up* e sull'altro paziente vengono riportate poche informazioni: il trattamento proposto è stato l'applicazione di uno *splint* a supporto della puleggia. Gli *outcome* non sono stati riportati, ma viene solo accennato il successo del trattamento.

NESSUN TRATTAMENTO

Solo due studi^{39,46} presentano un trattamento, definibile come conservativo, che tuttavia consiste nel non applicare alcun tipo di strategia.

Il primo è uno dei casi dello studio di Scheibler 2021³⁹: infatti un paziente nel suo *case series* ha scoperto di avere una lesione di puleggia tripla bilaterale sul IV dito dovuta a probabili infortuni passati durante l'arrampicata. Anche se questo paziente non ha ricevuto alcun trattamento non riportava dolore, aveva una completa flessione e non aveva deficit in estensione dell'articolazione IFP; presentava solo un deficit in estensione di 10° della interfalangea distale.

L'altro studio è quello di Rohrbough 2000⁴⁶ che indaga la prevalenza delle lesioni di puleggia. In questo studio infatti i 42 casi arruolati erano partecipanti al campionato nazionale del 1995 dell'*American Sport Climbing Federation* e in 10 di loro è stata evidenziata una lesione di puleggia durante la valutazione. Tuttavia i *climber* avevano continuato a scalare normalmente dopo la lesione e non avevano difficoltà nell'eseguire le attività della vita quotidiana.

3.4.2 Risultati degli studi individuali relativi al trattamento chirurgico

Gli studi presi in considerazione usano diverse tecniche chirurgiche, si è perciò deciso di analizzare i risultati degli studi dividendoli per tecnica chirurgica impiegata piuttosto che analizzarli singolarmente.

TECNICHE ENCIRCLING

Schoffl, nel suo studio del 2003⁸⁰, ci riporta l'utilizzo della tecnica di Widstrom. Questa tecnica viene anche definita "*loop and a half*" in virtù del numero di avvolgimenti che

vengono fatti per ricostruire la puleggia. In questo studio è stata data maggior importanza alla descrizione del trattamento conservativo e perciò non viene descritto il trattamento chirurgico in maniera approfondita, per questo motivo non sappiamo quanti dei sette pazienti sono stati operati con questa tecnica, quanti invece hanno ricevuto una tecnica *non encircling* chiamata tecnica di Weilby e nemmeno che tessuto è stato utilizzato per il trapianto. Sappiamo però che è stata data l'indicazione al trattamento chirurgico solo nei pazienti con rotture di grado 4 e che questa gradazione è stata confermata con ultrasuono e risonanza magnetica nei casi dubbi. Dopo l'intervento si procede con un'immobilizzazione attraverso *splint* per 2 settimane e successivamente trattamento funzionale con protezione offerta da un anello termoplastico per 4 settimane. L'efficacia dell'intervento è stata descritta con una scala funzionale ed una scala sport specifica. Entrambe queste scale sono state sviluppate dal gruppo di lavoro di Schoffl e sono state utilizzate solo nei suoi studi. Nello studio del 2003 la scala funzionale ha dato risultato "molto buono" per un paziente, "buono" per 5 pazienti e "soddisfacente" per un paziente; la scala sport specifica ha dato risultati simili: "molto buono" per un paziente, "buono" per tre pazienti, "sufficiente" per due pazienti e "scarso" per un paziente.

Lo studio di Martinez et al. 2019⁵¹ confronta l'utilizzo di un allotrapianto e l'utilizzo di un trapianto autologo, nel gruppo che ha ricevuto un trapianto autologo è stata utilizzata la tecnica di Okutsu, o "*triple loop*". I trapianti utilizzati sono stati il tendine del palmare lungo o del flessore radiale del carpo. Il gruppo in questione era composto da 5 pazienti, le lesioni potevano interessare più della metà di A2 oppure essere lesioni complete e concomitanti di A3 e A4, non viene specificato il tipo di lesione per singolo paziente. L'entità delle lesioni è stata accertata tramite esplorazione chirurgica. Gli outcome presi in considerazione nello studio comprendono il tempo medio con laccio emostatico che era pari a 63 minuti, il tempo operatorio totale medio che ammontava a 89 minuti, la Dash postoperatoria media con un punteggio di 56.3. Sempre in questo gruppo viene anche riportata un'infezione postchirurgica ed una revisione chirurgica. Non viene specificato se e quale percorso riabilitativo sia stato seguito successivamente all'intervento.

Desai et al.⁵⁶ nel case report del 2021 descrivono il caso di un paziente con lesione di A2, A3 e A4, associata a rottura del tendine del flessore superficiale delle dita (FDS), avvenuta 9 mesi prima dell'intervento chirurgico. La lesione è stata indagata attraverso esame fisico, Rx, ultrasuono e risonanza magnetica. Gli autori hanno deciso di ricostruire A2 con la tecnica di Okutsu e A4 con una tecnica "*double loop*". Per A2 è stato usato un trapianto del

tendine del palmare lungo mentre per A4 una porzione rimanente del tendine del FDS; A3 non è stata ricostruita perché gli autori hanno valutato che ciò non avrebbe comportato un'ulteriore riduzione del bowstringing. Il FDS non è stato ricostruito perché ciò avrebbe portato a problemi di scivolamento del flessore profondo delle dita nella zona II. Tutto ciò che sappiamo sulla gestione post chirurgica è che dopo l'intervento è stato applicato uno *splint* rigido in estensione.

Un altro case report in cui si descrive una lesione di A2, A3 e A4 associata a rottura del flessore superficiale delle dita è quello di Vandeputte et al. 2001⁶⁶. La lesione è stata sospettata attraverso l'esame fisico e confermata durante l'esplorazione chirurgica. La tecnica di ricostruzione non viene definita in maniera precisa, si può tuttavia evincere che appartenga alla categoria *encircling* e che sia stata realizzata con un trapianto di tendine del palmare lungo. Nella descrizione dell'intervento chirurgico viene specificato come nel ricostruire A2 si sia posta attenzione a far passare il *graft* al di sotto dell'apparato estensorio, cosa che non è stata ritenuta necessaria per la ricostruzione di A4. All'esame fisico era stata riscontrata una limitazione dell'estensione sia passiva che attiva sia a livello dell'articolazione interfalangea prossimale (PIP) sia di quella distale (DIP); questa era causata da estese zone di fibrosi fra il moncone del FDS e il FDP e fra il FDP e la superficie volare della falange per le quali si è reso necessario effettuare *debridment* e tenolisi. L'unico outcome di cui si è tenuto conto nel case report è stata l'articolarietà a livello di PIP e DIP: prima dell'operazione l'articolarietà risultava essere compresa fra 50° e 80° di flessione per quanto riguarda la PIP e fra 10° e 40° per la DIP, all'ultima rilevazione a 3 mesi post intervento il ROM a livello della PIP era compreso fra 10° e 90° mentre a livello della DIP era completo sia in flessione che in estensione.

Il *case series* di Okutsu et al. 1987⁷⁷ propone per la prima volta la tecnica "*three loop*". Vi sono inclusi 6 partecipanti di cui 4 presentano rottura della sola A2 e due rotture associate di A2 e A4. I pazienti sono stati valutati solo attraverso esame fisico, infatti la gravità delle lesioni era già conosciuta essendo tutte secondarie ad interventi chirurgici precedenti. L'operazione è stata effettuata con un trapianto di tendine del palmare lungo in 5 pazienti, in un caso sono stati utilizzati il tendine del muscolo plantare e del flessore ulnare del carpo. Immediatamente dopo l'intervento veniva posizionato un anello di protezione a livello della falange prossimale e dal secondo giorno venivano iniziati esercizi attivi sia in flessione che in estensione. I punti di sutura e l'anello di protezione venivano rimossi al 14° giorno. In alcuni casi gli autori hanno ritenuto necessario anche l'utilizzo di uno *splint* in estensione. In

tutti i pazienti è stato riscontrato un miglioramento nei due parametri usati come valutazione e successivamente come misura di outcome: il ROM composito in flessione delle articolazioni metacarpofalangee (MCP), PIP e DIP e la distanza fra polpastrello e palmo in massima flessione.

Voulliaume et al. 2004⁷² hanno prodotto un *case series* composto da 12 partecipanti che hanno subito una ricostruzione di puleggia con la tecnica di Lister. Questa tecnica *encircling* è caratterizzata da una procedura simile alla tecnica di Widstrom, utilizzando però come trapianto esclusivamente una striscia di retinacolo degli estensori. Nello studio non viene descritta in maniera specifica la gravità di ogni singola lesione, viene solo evidenziato come la lesione più comune fosse a livello di A2. Oltre all'esame fisico e alla raccolta anamnestica, le lesioni venivano poi confermate attraverso ultrasuono e risonanza magnetica. La gestione post chirurgica prevedeva l'utilizzo di una *splint* rigido per 45 giorni e l'inizio della riabilitazione fra i 3 e i 7 giorni dopo l'operazione. La popolazione di questo studio era composta esclusivamente da arrampicatori, viene perciò evidenziato anche il tempo medio di ritorno allo sport che è risultato essere di 4 mesi e mezzo. Per quanto riguarda gli outcome, è stato utilizzato esclusivamente il livello di arrampicata rispetto al momento pre lesionale: 5 pazienti hanno aumentato il loro livello di arrampicata rispetto a prima della lesione, 5 paziente sono tornati al livello d'arrampicata pre-infortunio, 2 pazienti hanno diminuito il loro livello di arrampicata rispetto a prima della lesione.

L'altro studio che utilizza la tecnica di Lister è quello di Bouyer et al. 2016⁷⁶. Anche questo lavoro è un *case series* che ha compreso 38 partecipanti. Gli autori dello studio hanno deciso di adottare il sistema di gradazione della gravità lesionale utilizzato da Schoffl⁸⁰, sono stati inclusi due pazienti con lesioni di grado II, 30 pazienti di grado III e 6 pazienti di grado IV. La lesione è stata sospettata durante l'esame fisico ed è stata confermata attraverso l'utilizzo di ultrasuono, risonanza magnetica e in un caso tomodensitometria. Nel post operatorio è stato utilizzato uno *splint* che manteneva MCP a 80° di flessione ed il polso a 30° di flessione per 45 giorni. Veniva poi utilizzato un anello in materiale termoplastico a livello della puleggia operata per 90 giorni. La fisioterapia veniva svolta con cadenza giornaliera ed era iniziata in terza giornata post chirurgia. La riabilitazione ha incluso massaggi drenanti, pressure therapy e ultrasuono pulsato; inoltre si svolgeva mobilizzazione attiva e passiva senza resistenza nei primi 45 giorni, dopo i quali veniva aggiunta gradualmente della resistenza. L'arrampicata veniva ripresa progressivamente dal terzo mese post operatorio con iniziali limitazioni all'utilizzo della *crimp grip position*. Gli

outcome presi in esame sono molteplici e comprendono il livello di arrampicata post chirurgia, il bowstringing residuo, il Buck-Gramcko score, la grip e *pinch strenght*, il livello del dolore e il ROM. 30 pazienti sono tornati al loro livello iniziale dopo in media 6.4 mesi dopo essere tornati ad arrampicare, di questi 15 hanno migliorato il loro livello. Il bowstringing è stato ridotto a meno di 2mm in 18 pazienti, con una riduzione in media di 2 mm rispetto al preoperatorio e rimanendo in media 1.1 mm maggiore rispetto al controlaterale. Tutti i pazienti hanno avuto un eccellente (14/15 o 15/15) Buck-Gramcko score. Non c'erano differenze significative fra lato operato e non operato in *grip strength* e *pinch strength*. I pazienti che avevano dolore sono diminuiti da 25 a 10. 7 pazienti hanno avuto una perdita di 16 ° in estensione della PIP, un paziente ha avuto una perdita di estensione di 14° a MCP. 3 pazienti hanno avuto una perdita di estensione del polso di 17°. 35 pazienti hanno giudicato il trattamento come eccellente o buono, 1 paziente l'ha giudicato sufficiente e 2 insufficiente. 30 pazienti hanno dichiarato che si sarebbero sottoposti nuovamente alla procedura. Infine gli autori ci riportano anche alcuni eventi avversi: successivamente all'operazione due pazienti lamentavano parestesie al polpastrello del dito operato, un paziente ha sviluppato un nodulo flessorio che è tuttavia rimasto asintomatico ed infine 10 pazienti hanno sviluppato bowstringing degli estensori a livello del sito di prelievo del trapianto.

Vi sono tre studi che utilizzano tecniche *encircling* accomunati dallo stesso evento avverso: il riassorbimento osseo precisamente al di sotto della puleggia ricostruita. Lin 1999⁶³ ci riporta il caso di un paziente con lesione da sguantamento, amputazione di tre falangi distali con conseguente rottura del FDP e lesione della puleggia A2 durante un primo tentativo di ricostruzione tendinea. In questo caso si è proceduto alla ricostruzione con la tecnica di Okutsu, ai follow up successivi è stato però evidenziato riassorbimento osseo a livello della falange operata con caratteristica presentazione a clessidra al RX. Questa condizione non si è più risolta ed è stata presente anche ai controlli radiologici svolti ad anni di distanza.

Sanger et al. 1990⁶⁸ ci riporta il caso di un paziente con lesioni complesse quali frattura di falange con rottura del FDP, alla quale è seguita un'infezione con conseguente nuova rottura del FDP e successive operazioni di tenolisi e ricostruzione. Per cercare di assicurare funzionalità alla mano si è tentato di ricostruire la puleggia A2 con una tecnica che prevede un doppio avvolgimento del trapianto attorno alla falange. Durante la quarta settimana post intervento è stato evidenziato un movimento anomalo a livello della falange prossimale per il quale è stata eseguita un RX di controllo, questa ha evidenziato una nuova frattura

falangea causato da un marcato riassorbimento osseo a clessidra nella zona della puleggia ricostruita. Questo evento avverso ha portato ad una sensibile riduzione del ROM a livello della DIP e della PIP, tale per cui si è deciso di eseguire un'amputazione per consentire una miglior funzionalità della mano.

Ferran et al. 2014⁷⁰ riportano un altro caso di lesione da sguantamento seguita da ricostruzione del FDP, che è stata però complicata da un'infezione la quale ha esitato in una retrazione in flessione a livello delle PIP di anulare e mignolo. La retrazione ha reso necessario intervenire con una tenolisi che ha però esitato in un marcato bowstringing e perdita di funzionalità. Si è perciò proceduto alla ricostruzione di A2 a livello di delle due dita: la puleggia del dito anulare è stata ricostruita con una tecnica *encircling* non meglio definita con un trapianto di tendine del palmare lungo, mentre A2 del mignolo è stata costruita con una tecnica *non encircling*. A 7 mesi dall'operazione la paziente lamentava rigidità a livello della PIP dell'anulare e, ad un RX di controllo, è stato evidenziato riassorbimento osseo con presentazione a clessidra della falange.

TECNICHE NON ENCIRCLING

Scheibler et al. 2021⁸¹ hanno eseguito un *case series* su 11 partecipanti con l'obiettivo di valutare l'efficacia del trattamento conservativo nei casi di rottura concomitante di tre pulegge, i quali normalmente vengono operati. Due partecipanti hanno avuto necessità di trattamento chirurgico in seguito al fallimento del trattamento inizialmente proposto. In entrambi i pazienti la diagnosi è stata confermata con l'utilizzo di ultrasuoni dinamici. Entrambi i pazienti sono stati operati con la tecnica di Kleinert modificata, chiamata anche tecnica di Weilby, utilizzando come trapianto il tendine dell'estensore radiale del carpo. Successivamente all'operazione veniva immobilizzato il dito operato per 14 giorni, a cui succedevano 3 settimane di riabilitazione funzionale. Il ritorno all'arrampicata si è avuto fra i 4 e i 6 mesi post chirurgia. Gli outcome presi in considerazione sono stati la VAS a riposo, che era 0 per entrambi i pazienti, e durante l'attività, che era 1 per un paziente e 0 per l'altro. Si è anche andato a valutare il ROM in flessione ed in estensione a livello di PIP e DIP. Il primo paziente presentava un ROM della PIP che andava da 5° a 90° di flessione e un ROM della DIP che andava da 0° a 60°. Il secondo paziente presentava ROM della PIP che andava da 0° a 90° e ROM della DIP che andava da 30° a 70° di flessione. La diminuzione del bowstringing era comparabile con i pazienti che avevano concluso con successo il trattamento conservativo.

Bowers et al. 1994²⁰ propongono un *case series* composto da 9 partecipanti, di cui 7 hanno eseguito trattamento chirurgico. In quattro pazienti gli autori hanno ritenuto sufficiente l'esame fisico per diagnosticare la lesione delle pulegge, mentre per tre pazienti hanno poi confermato la diagnosi con la risonanza magnetica. Tutti i pazienti operati presentavano la rottura di A2, A3 e A4. Tre pazienti sono stati sottoposti a ricostruzione della puleggia secondo la tecnica di Kleinert con trapianto del tendine del palmare lungo, in quattro pazienti invece si è proceduto alla sutura della puleggia che in un caso è stata rinforzata da un trapianto di retinacolo degli estensori. Nel post intervento la PIP rimaneva bloccata a 0° per tre settimane e successivamente si eseguiva riabilitazione per 12 settimane usando un anello di supporto alla puleggia ricostruita. Un paziente ha subito un'artrodesi a livello della PIP. Come unica misura di outcome è stato utilizzato il ROM livello di PIP e DIP. Un solo paziente presentava limitazione dell'estensione a livello della PIP con una retrazione in flessione di 30°, la flessione massima della PIP variava da 85° nel paziente con retrazione in flessione ad un massimo di 120°. Nessun paziente presentava limitazioni dell'estensione al livello della DIP, la massima flessione era compresa fra i 30° e i 60°.

Gabl et al. 1998²⁰, ci riportano 13 pazienti, di cui 5 hanno ricevuto un trattamento chirurgico al fallimento del trattamento conservativo. La diagnosi di lesione è stata confermata con RX e risonanza magnetica successive all'esame fisico. Tre pazienti presentavano rottura di A2 e A3, due pazienti anche di A4. La ricostruzione è stata eseguita secondo la tecnica di Weilby con un trapianto di tendine del palmare lungo. Successivamente veniva applicato uno *splint* rigido sulla superficie palmare di tutte le dita per 2 settimane, dopodiché il dito operato veniva fissato ad un dito adiacente con una fasciatura morbida per altre 4 settimane al fine di evitare la flessione a livello della PIP e della MCP. In seguito si iniziavano esercizi di mobilità attiva supervisionati da un fisioterapista. L'allenamento con sovraccarico veniva iniziato a 12 settimane in concomitanza all'applicazione di un tutore ad anello per supportare la puleggia. Dopo 6 mesi, riguadagnata *grip strength* e movimento senza dolore veniva ripresa l'arrampicata. Come outcome sono stati presi in considerazione: la riduzione di ROM a livello della PIP, aumento di gonfiore, diminuzione della *grip strength*, intensità del dolore e performance sportiva. Tre pazienti presentavano riduzione del ROM al livello della PIP compreso fra 5° e 10°, quattro pazienti presentavano un aumentato gonfiore compreso fra 5 mm e 8 mm. Tre pazienti presentavano poi una riduzione della *grip strength* rispetto al controlaterale compresa fra 10 N e 30 N. Un solo paziente lamentava dolore, il quale era presente solo ad elevati carichi, e una media restrizione della performance sportiva. Gli

outcome dei pazienti trattati chirurgicamente non si sono rilevati migliori di quelli trattati conservativamente in questo studio.

Yamaguchi et al. 2007⁸² nel loro *case series* hanno trattato chirurgicamente due degli otto partecipanti a causa del fallimento del trattamento conservativo a 3-6 mesi. Entrambi i pazienti presentavano lesioni incomplete di A2 e complete di C1, confermate attraverso esplorazione chirurgica. Le pulegge sono state suture e successivamente la PIP è stata bloccata in estensione per 3 settimane. Dopo questo periodo sono stati iniziati esercizi di mobilizzazione e a 5 settimane entrambi i pazienti presentavano ROM completo. Il ritorno all'arrampicata è avvenuto per entrambi a 3 mesi dall'operazione. Come misura di outcome sono stati utilizzati *JSSH criteria* che sono risultati eccellenti per entrambi i pazienti.

Martinez et al. 2019⁵¹ oltre a confrontare l'utilizzo di un allotrapianto e di un trapianto autologo, hanno anche confrontato l'impiego di due tecniche diverse: nel gruppo che ha ricevuto l'allotrapianto è stata utilizzata una tecnica di sutura diretta delle pulegge cadaveriche sulla falange dei pazienti risultando quindi in una tecnica *non encircling*. In questo gruppo il tempo con il laccio emostatico è stato di 34 minuti, il tempo operatorio totale 46 minuti, la DASH post operatorio aveva un punteggio medio di 3.6 e non si sono verificati eventi avversi. La differenza fra a DASH dei due gruppi non è risultata statisticamente significativa.

Jakubietz et al. 2017⁵³ riporta il caso di un microchirurgo con lesione completa di A4 e intrappolamento dei margini di quest'ultima al di sotto del FDP. In virtù delle elevate richieste funzionali del paziente è stato deciso di intervenire chirurgicamente, l'operazione ha previsto il recupero della puleggia intrappolata, la sua sutura sul bordo radiale dove era avvenuta la rottura e il successivo posizionamento di un trapianto di superficie dal primo compartimento estensorio del retinacolo che è stato suturato a rinforzo della puleggia ricostruita. Nella prima settimana post chirurgia è stato utilizzato un *splint*, seguito da 5 settimane con un anello termoplastico. Il paziente è stato in grado di riprendere il suo lavoro dopo due settimane, l'arrampicata dopo 6 settimane mentre la *full crimp position* è stata consentita dopo 6 mesi.

Gabl et al. 2000⁷⁴ nel loro *case series* riportano l'operazione svolta su 6 pazienti che presentavano tutti lesione di A2 e A3 confermata tramite ultrasuono e risonanza magnetica. La tecnica utilizzata è stata sviluppata dall'autore stesso e prevede il trapianto di una striscia di retinacolo espiantata insieme al periostio, in modo tale che quest'ultimo possa essere utilizzato per la fissazione del trapianto sulla falange mentre le rimanenze della falange vengono suture alla parte legamentosa. Successivamente all'intervento chirurgico si

posiziona uno *splint* palmare per 4 settimane che mantiene MCP, PIP e DIP in estensione. In seguito si inizia con la mobilizzazione attiva. Il tape è raccomandato per usi intensi della mano fino a 6 mesi post operazione. Le misure di outcome riportate erano la VAS media pari a 7/100, la circonferenza media della falange prossimale era di 71 mm, la flessione media a livello della PIP ammontava a 116°, la *pinch strength* media era 56 N e l'impairment medio nello sport era giudicato come assente. Alla risonanza magnetica il *bowstringing* era assente in 5 pazienti e migliorato in 1. Tutti i pazienti erano soddisfatti e si sarebbero sottoposti nuovamente alla procedura chirurgica nel caso di un nuovo infortunio ad un altro dito, nessuno ha dovuto cambiare lavoro e sono tutti tornati ad arrampicare al livello pre-infortunio.

Arora nel suo *case series* del 2007⁵⁵ mette a confronto 13 pazienti operati con la tecnica descritta da Gabl 2000 e 10 pazienti operati con la tecnica di Kleinert. Il primo gruppo presentava 8 lesioni di A2 e 5 lesioni di A2 e A3, mentre il secondo gruppo presentava 6 lesioni di A2 e 4 lesioni di A2 e A3. Le lesioni sono state sospettate successivamente all'esame fisico e confermate con ultrasuono e risonanza magnetica. Entrambi i gruppi hanno seguito lo stesso protocollo riabilitativo post operazione: 4 settimane di immobilizzazione con *splint* a cui seguiva l'inizio della fisioterapia, l'attività sportiva, il trasporto di pesi e lavori manuali pesanti non erano consentiti prima di tre mesi. Le misure di outcome utilizzate sono state il ROM in flessione massima a livello di PIP, la circonferenza del dito, la *grip strength*, la *pinch strength* e il Buck-Gramcko score. Nel gruppo che ha ricevuto l'intervento con la tecnica di Gabl il ROM in flessione medio era di 91°, la circonferenza del dito media era 70 mm, la *grip strength* media era di 48 kg, la *pinch strength* media era di 8 kg e i risultati al Buck-Gramcko score sono stati eccellenti in 10 casi, buoni in due casi e soddisfacenti in un caso. Nel gruppo che ha ricevuto l'intervento con la tecnica di Kleinert il ROM in flessione medio era di 91°, la circonferenza del dito media era 62 mm, la *grip strength* media era di 48 kg, la *pinch strength* media era di 7 kg e i risultati al Buck-Gramcko score sono stati eccellenti in 7 casi, buoni in due casi e soddisfacenti in un caso. In nessuna misura di outcome le differenze fra i due gruppi sono risultate statisticamente significative.

Sempre Arora et al.⁷³ hanno prodotto un ulteriore *case series* nel 2013 composto da 15 partecipanti, di questi 6 presentavano rottura di A2, mentre 9 di A2 e A3. Queste lesioni sono state sospettate tramite l'esame fisico e confermate con ultrasuono e risonanza magnetica. La tecnica ricostruttiva utilizzata è quella descritta da Gabl 2000.

Successivamente all'intervento chirurgico si posiziona uno *splint* palmare per 4 settimane che mantiene MCP, PIP e DIP in estensione. Lavori manuali pesanti e arrampicata non sono stati permessi prima di 3 mesi post operazione. Le misure di outcome prese in considerazione sono state: ROM PIP medio che era pari a 91°, *grip strength* media 48 kg, *pich strength* media 8 kg, circonferenza media 70 mm e Buck-Gramcko score che si è rivelato eccellente in 12 pazienti, buono in 2 e soddisfacente in 1.

Johnsen et al. 2014⁶⁰ riportano il caso di un paziente che ha riportato una lesione di A2, A3 e rottura del FDS durante una partita di *bowling*. La lesione è stata sospettata durante l'esame fisico e confermata attraverso l'ultrasuono. Gli autori hanno proceduto alla ricostruzione con la tecnica di Weilby utilizzando come trapianto il tendine del palmare lungo ed il moncone rimanente del FDS è stato sezionato prossimalmente ad A1. La fisioterapia è iniziata 3 giorni dopo l'intervento con esercizi di estensione attiva e "*place-and-hold tenodesis exercises*". Una volta diminuito il gonfiore si è iniziato ad usare un tutore ad anello per supportare la puleggia. Le misure di outcome utilizzate sono state il ROM in flessione a livello di MCP, PIP e DIP. A 15 mesi dall'operazione il ROM in flessione era 85° a livello della MCP, 100° a livello della PIP e 85° a livello della DIP. Il paziente è stato in grado di riprendere tutte le sue attività nonostante si sia instaurata una contrattura in flessione della PIP di 10°.

Un altro *case report* che ci descrive una lesione multipla di pulegge associata ad avulsione del FDS è quello di Schreiber et al. 2015⁶⁴. Il paziente presentava lesione di A2, A3, A4 ed avulsione del FDS a livello della zona II. La diagnosi è stata confermata con MRI dopo l'esame fisico. La tecnica di ricostruzione viene definita come non encircling, ma non viene descritta in maniera più specifica. La ricostruzione è stata fatta usando il tendine del FDS asportato, una metà è stata impiegata per la ricostruzione di A2 mentre l'altra metà per la ricostruzione congiunta di A3 e A4. La riabilitazione è iniziata 4 giorni dopo l'intervento con esercizi di "tendon gliding" per riguadagnare ROM attivo evitando esercizi di rinforzo prima della sesta settimana. A 9 mesi il ROM era completo in estensione, in flessione ammontava a 90° per la MCP, 90° per la PIP e 50° per la DIP, mentre la distanza palmo-polpastrello era pari a 11 mm.

Tropet et al. 1990⁶⁵ riportano il caso di un paziente con lesione della sola A2, che è stato deciso di operare in virtù del bowstringing evidenziato all'esame fisico. La tecnica utilizzata è stata la sutura della puleggia. Dopo la sutura della puleggia il dito è stato mantenuto in uno *splint* rigido per 21 giorni. Successivamente si è svolta mobilizzazione attiva per 1 mese.

A 6 mesi il paziente aveva recuperato 70° di flessione attiva dell'interfalangea distale e non era più apprezzabile *bowstringing*.

Cresswell et al 1998⁷¹ hanno riportato il caso di un paziente con lesione completa della puleggia A3. La lesione, sospettata attraverso l'esame fisico, è stata confermata con ultrasuono. La tecnica scelta è stata, anche in questo caso, la sutura della puleggia. Il dito è stato immobilizzato per 2 settimane, successivamente è stata iniziata mobilizzazione progressiva. Questo studio ha utilizzato diverse misure di outcome: il ROM a livello della MCP andava da 5° a 80° di flessione, a livello della PIP da 10° a 95° e a livello della DIP da 4° a 76°, la distanza fra tendine del FDP e osso a riposo era 9.4 mm, il diametro del tendine era 4.7 mm, il diametro del canale osteofibroso era 6.9 mm, il *bowstringing* in flessione ammontava a 1.4 mm, Lo spostamento longitudinale del tendine in flessione era di 7.2 mm, il rapporto fra spostamento longitudinale e angolo di flessione era 0.16 mm per ogni grado ed infine il rapporto fra *bowstringing* in flessione e spostamento longitudinale in flessione era 5. Questi valori sono risultati molto simili al confronto con il controlaterale.

TECNICA MISTA DI SCHOFFL ET AL. 2012

Nel loro *case series* composto da 6 partecipanti⁵⁴, Schoffl e colleghi propongono una tecnica chirurgica di ricostruzione della puleggia che unisce la tecnica *encircling* di Widstrom alla tecnica *non encircling* di Weilby. Dei sei partecipanti 3 presentavano lesione di A2 e A3, mentre i rimanenti avevano subito la rottura anche di A4. La valutazione della gravità delle lesioni è stata effettuata direttamente tramite ultrasuono svolto durante una flessione contro resistenza del dito, andando a valutare il *bowstringing*. Il sito di trapianto è il palmare lungo. Successivamente all'intervento viene utilizzato uno *splint* per 2 settimane, seguito da un anello semi flessibile per 4 settimane. Dopo queste 6 settimane di recupero il movimento è consentito liberamente, mentre l'esercizio fisico è consentito con l'applicazione di H tape. Successivamente si segue il protocollo di Schoffl et al. 2003. Le misure di outcome utilizzate sono state diverse: tutti i pazienti hanno mantenuto retrazioni in flessione a livello della PIP che erano precedenti all'operazione e che non sono state completamente risolte, il deficit in estensione era compreso fra 5° e 30°. Quattro pazienti su sei hanno recuperato completamente il livello di arrampicata pre-lesionale, due pazienti hanno recuperato un livello di arrampicata leggermente inferiore al precedente. In tutti i pazienti il Buck-Gramcko score è stato eccellente. Quattro pazienti hanno definito buono il loro livello funzionale in base alla scala di valutazione ideata da Schoffl, un paziente l'ha definito soddisfacente ed un sufficiente. Per quanto riguarda, infine, la scala riguardante la performance sport

specifica, cinque pazienti hanno definito il loro livello eccellente ed uno soddisfacente. Questa tecnica permette con un solo trapianto di poter ricostruire A2, A3, A4 e le pulegge crociate, il *functional score* non è sempre ottimale a causa delle precedenti contratture in flessione a livello della PIP.

Anche Lutter et al. 2015⁵⁹ nel loro *case report* hanno utilizzato la tecnica sopra descritta. La paziente presentava lesione completa di A2 e A3, nonché una lesione parziale di A4. La lesione dopo essere stata sospettata all'esame fisico è stata confermata con ultrasuono e risonanza magnetica. Il trapianto è stato fatto con il tendine del palmare lungo. L'intervento chirurgico è stato seguito da 2 settimane di immobilizzazione con *splint* e 4 settimane di mobilizzazione con anello termoplastico. Dalla settima alla dodicesima settimana è stata concessa mobilizzazione senza protezione della puleggia e blando allenamento di forza del dito interessato con H taping. L'arrampicata controllata è stata concessa dopo 16 settimane con H taping e arrampicata senza limitazioni con H taping dopo 6 mesi. Ad 1 anno la paziente si è ripresentata lamentando dolore a PIP e MCP. La radiografia mostrava atrofia corticale della falange prossimale nella zona della ricostruzione, la quale risulta essere intatta. La MRI mostra un edema intramidollare. Si procede con 2 settimane di immobilizzazione con *splint* e Diclofenac, mentre l'arrampicata viene vietata per 6 settimane. Non cambiando i referti RX e MRI si decide per una terapia con cortisone e non essendoci miglioramenti si impongono altre 6 settimane di stop all'arrampicata al termine delle quali la sintomatologia è scomparsa. Le misure di outcome al follow up finale sono state: Buck-Gramcko score eccellente, score funzionale secondo Schoffl buono, score sportivo secondo Schoffl buono. Il dito operato mostrava maggior forza (+29.3%) nella *slope hanging position* e minor forza (-58.9%) nella *full crimp position*.

RICOSTRUZIONE DELLE PULEGGE DEL POLLICE

Kachouh et al. 2018⁵⁷ ci riporta il caso di una lesione alle pulegge del pollice che, sebbene si sospetti sia avvenuta nell'infanzia, è diventata sintomatica solo in età adulta. La lesione interessava A1, A2 e A obliqua e, dopo essere stata sospettata attraverso l'esame fisico, è stata confermata con ultrasuono e risonanza magnetica. Gli autori hanno proceduto alla ricostruzione della sola puleggia A1, ma la tecnica utilizzata non viene descritta in maniera approfondita: sappiamo solo che il trapianto proviene dal retinacolo degli estensori e che è stato fissato attraverso degli ancoraggi tipo Mitek 2/0 a causa della mancanza di qualsivoglia parte rimanente delle pulegge. Il pollice è stato immobilizzato in estensione con uno *splint* e la riabilitazione sia passiva che attiva è iniziata a 3 settimane. Come misure di outcome,

a 6 mesi sono state valutate l'assenza di dolore, ROM passivo e attivo completi, *grip strenght* della mano operata che era pari a 26 kg (controlaterale 32 kg), Kapandji score 10/10 e la QuickDASH 15.4/100. Ad un anno non era visibile bowstringing all'ultrasuono.

Kosiyatrakul et al. 2009⁶¹ ci descrive un altro caso in cui le lesioni interessano A1, A2 e A obliqua. In seguito al riscontro di bowstringing all'esame fisico le lesioni sono state confermate attraverso risonanza magnetica. Anche in questo caso è stato deciso di ricostruire una sola puleggia che è stata posizionata a livello di A obliqua. La tecnica ricostruttiva scelta è stata quella di Okutsu ed è stata svolta utilizzando un trapianto di tendine del plantare. Una settimana dopo l'intervento sono stati iniziati esercizi di mobilità attiva e a 2 mesi il ROM attivo era completo.

Fazilleau et al. 2014⁶² riportano un caso di rottura di A1 e A obliqua. Le lesioni sono state sospettate attraverso l'esame fisico e confermate con RX e risonanza magnetica. Entrambe le pulegge sono state ricostruite con un solo trapianto di tendine del palmare lungo secondo la tecnica di Bunnel che prevede un singolo avvolgimento del trapianto intorno alla falange. La riabilitazione attiva è stata iniziata immediatamente dopo l'operazione chirurgica associata all'utilizzo di uno *splint* statico per otto settimane. Come unica misura di outcome viene riportata il Kapandji score che, a 6 mesi, era pari a 10/10.

L'unico *case series* riguardante le lesioni del flexor pulley system nel pollice è quello di Wilson et al. 2005⁷⁵. Entrambi i pazienti avevano precedente subito iniezioni di corticosteroidi per dolore nella zona volare del pollice senza risultato. Le lesioni sono state sospettate attraverso l'esame fisico, una successiva conferma con TAC ha mostrato in entrambi i casi la rottura di A1, A2 e A obliqua. In entrambe le pazienti sono state ricostruite sia A1 che A obliqua; la prima paziente ha subito la ricostruzione di A obliqua con la tecnica di Okutsu e trapianto del tendine del palmare lungo, mentre per A1 è stata utilizzata una tecnica propria della chirurgia del pollice che prevede l'impiego di un flap dal tendine dell'adduttore del pollice. Questa seconda tecnica è stata impiegata anche nella seconda paziente per ricostruire A obliqua, mentre A1 è stata ricostruita con una plastica a Z e successiva sutura; inoltre la paziente ha subito un allungamento del flessore lungo del pollice a livello della giunzione miotendinea. La prima paziente ha iniziato la riabilitazione attiva immediatamente usando uno *splint* statico in posizione neutrale per il polso associato ad una fasciatura circolare della falange prossimale del pollice per 5 settimane. A causa di rigidità a livello di IP sono state eseguite una tenolisi ed un'artrolisi a 7 mesi dall'operazione iniziale. Per la seconda paziente è stato usato uno *splint* termoplastico dorsale con una

fascia attorno alla falange prossimale del pollice per mantenere MCP in estensione e consentire la flessione attiva di IP per 6 settimane. Al follow up finale la prima paziente presentava ROM attivo da 0° a 60° a livello di IP e da 20° a 90° a livello di MCP, la seconda paziente presentava ROM completo e *grip strength* uguale al controlaterale.

DIGIT WIDGET

Lo studio di Inkellis et al. 2018⁵² propone un particolare intervento invasivo per il trattamento di lesioni delle pulegge associate a gravi retrazioni in flessione della PIP. Dei quattro pazienti descritti, tre presentavano rottura di A2 e A3 e uno anche di A4. Tutti presentavano bowstringing all'esame fisico e retrazioni in flessione a livello della PIP che variavano da 45° a 90°. Il digit widget consiste in un dispositivo che applica un momento in estensione all'articolazione interfalangea prossimale attraverso delle bande elastiche che agiscono su un perno fissato chirurgicamente a livello della falange media nella sua faccia dorsale. Una volta rimosso questo dispositivo segue un follow up con trattamento dei tessuti e molli e contestuale utilizzo di *splint* e tutori per mantenere l'articolazione guadagnata a livello della PIP. I pazienti hanno ricevuto questo trattamento per un minimo di 9 settimane fino ad un massimo di 14 settimane. Le misure di outcome rilevate all'ultimo follow up erano la VAS che era pari a 0 in due pazienti, 1 in un paziente e 2 nell'altro paziente, la Likert scale che ammontava a 5 in tutti i pazienti, il *Michigan Hand Outcomes Questionnaire* che variava da un punteggio minimo di 64 ad uno massimo di 97 e il ROM a livello della PIP che in un caso non presentava più retrazione in flessione, in un caso la retrazione ammontava a 15 ° ed in due casi a 30°.

PULEGGE SINTETICHE IN DACRON

Wray et al. 1974⁶⁹ descrivono nel loro *case series* una tecnica unica e che non è stata più utilizzata per la ricostruzione di pulegge rotte. I sette pazienti descritti in questo *case series* presentavano operazioni fallite di riparazione di FDS e FDP associate a rotture di pulegge. Non viene specificato che pulegge erano state lesionate e neanche quale fosse il meccanismo lesionale. L'operazione prevede l'inserimento di una puleggia fatta in Dacron di 5 mm di diametro per 2/3 mm di lunghezza. Questa viene fissata alla falange ribaltando una sezione di periostio, facendo aderire la puleggia all'osso con una procedura di *scarring* e facendovi poi ripassare dentro la sezione di periostio che viene poi suturato nella sede iniziale. Dopodiché un inserto di silicone è posto all'interno del canale del flessore per 2/3 mesi in attesa della riparazione tendinea. Al follow up successivo anche alla ricostruzione tendinea due pazienti erano in grado di contattare il palmo con il polpastrello in massima

flessione di dito, due pazienti avevano una distanza fra 1 e 3 cm fra polpastrello e palmo, un paziente aveva una distanza maggiore ai 3 cm fra polpastrello e palmo ed in un paziente non è stato possibile eseguire misurazioni del ROM.

4. DISCUSSIONE

Questa revisione sistematica si pone i seguenti obiettivi:

- Rilevare le principali evidenze della letteratura scientifica in merito al trattamento delle lesioni del *flexor pulley system*;
- Esplicitare le indicazioni al trattamento conservativo e al trattamento chirurgico
- Analizzare le opzioni terapeutiche disponibili per quanto riguarda il trattamento conservativo e quello chirurgico/riabilitativo post-chirurgico;
- Se possibile confrontare i due trattamenti;

4.1 Sintesi delle evidenze

Un aspetto che si pone immediatamente in evidenza analizzando gli studi è come la popolazione che presenta una lesione al *flexor pulley system* sia maggiormente rappresentata dagli arrampicatori sportivi. Infatti 357 pazienti su un totale di 412 all'interno di questa Revisione sistematica sono arrampicatori: sarà pertanto questa la popolazione sulla quale questo studio potrà trarre le maggiori conclusioni.

4.1.1 Razionale per la scelta del trattamento e outcome

La maggior parte degli studi utilizza come razionale per la scelta del tipo di trattamento da proporre la gravità della lesione del *flexor pulley system*, spesso indicata dalla presenza (o assenza) di *bowstringing* evidente già a livello clinico.

Gabl 1998⁴² assegna al trattamento conservativo i pazienti che presentano interruzioni non complete delle pulegge, mentre al chirurgico le lesioni più gravi. A livello di *outcome* questo studio afferma che i risultati del trattamento conservativo e di quello chirurgico sono sostanzialmente equiparabili. Infatti una diminuzione del ROM nell'estensione delle articolazioni interfalangee prossimali è stata osservata in entrambi i casi con una perdita in media di 5.6° nel conservativo e di 4° nel chirurgico. I pazienti sottoposti ai due tipi di trattamento lamentavano entrambi perdita di forza nel *grip*, nonostante poi alla misurazione l'effettiva forza persa fosse solo di 20 N nel conservativo e di 12 N nel chirurgico. Conclude quindi che dovrebbe essere considerato l'intervento chirurgico solo nel momento in cui viene individuata una lesione della puleggia con *bowstringing* importante alla risonanza magnetica.

Cinque studi, Schöffl 2003⁴¹, Schöffl 2006⁴⁷, Schöffl 2012, Lutter 2015 e Bouyer 2016, dividono i pazienti in due grandi gruppi sulla base del grado di lesione indicata dallo studio

di Schöffl 2003²⁶: un gruppo in cui rientrano i pazienti con lesioni dal grado I al III, considerate minori, e l'altro in cui rientrano tutti quei pazienti di grado IV, dove le lesioni sono di norma più estese coinvolgendo più di una puleggia. Al primo gruppo viene proposto pertanto il trattamento conservativo, mentre nel grado IV il chirurgico.

Tuttavia nello studio di Schöffl del 2006⁴⁷ i cinque pazienti che rientravano nel grado IV, e quindi nella strategia del trattamento chirurgico, lo hanno rifiutato e i loro *outcome* si sono dimostrati simili a quelli dei pazienti assegnati fin dall'inizio al trattamento conservativo. Lo studio trae quindi come conclusioni che la strategia conservativa si dimostra valida nei pazienti con lesioni di tutti i gradi, dal I al IV; tuttavia questi pazienti con grado IV non mostravano lesioni a tutte e tre le pulegge più importanti (A2, A3 e A4), nessuno aveva un importante limite iniziale del ROM o *bowstringing*. Pertanto l'autore sostiene che nei pazienti di grado IV che presentano le caratteristiche appena descritte, sia comunque meglio partire con un trattamento conservativo e in caso di un suo fallimento passare a quello chirurgico, mentre per coloro che presentano lesioni più importanti con un *bowstringing* clinico la soluzione migliore sia optare per la strada chirurgica.

Anche Scott 2019⁴⁹ presenta un paziente con una lesione di grado IV il quale rifiuta l'intervento chirurgico, intraprendendo la strada del conservativo. I risultati ottenuti sono stati ottimali. È necessario far presente che in questo studio il paziente non appartiene alla popolazione degli arrampicatori, in quanto giocatore di *football* che si è lesionato accidentalmente e non a causa di un gesto sportivo; pertanto non si può trasferire questo risultato su chi arrampica.

Due studi hanno invece preferito applicare a tutti i soggetti un trattamento conservativo iniziale e in caso di insuccesso passare a quello chirurgico.

Nello studio di Yamaguchi 2007⁵⁰ due pazienti sono passati al trattamento chirurgico in quanto quello conservativo dopo 3 mesi aveva fallito. Tuttavia, anche se i 6 pazienti trattati conservativamente hanno avuto dei buoni *outcome*, occorre ricordare che il trattamento si è avvalso solo dell'applicazione di un tutore per ridurre il *bowstringing* e del riposo, senza associazione con nessun'altro tipo di strategia. L'autore conclude dicendo che in una fase iniziale la lesione dovrebbe essere lasciata guarire naturalmente con del riposo appropriato e se ciò non funziona dopo 3 mesi optare per il trattamento chirurgico. Probabilmente però è possibile affermare che se fosse stata adottata una strategia conservativa più articolata anche i due pazienti condotti alla chirurgia avrebbero forse ottenuto *outcome* migliori,

evitando così l'intervento chirurgico. Oltretutto occorre evidenziare come questo studio sia uno tra i metodologicamente più scarsi.

Anche nello studio di Scheibler 2021³⁹ due pazienti hanno eseguito il trattamento chirurgico a seguito del fallimento di quello conservativo, data la persistenza del dolore al movimento e un peggioramento del ROM in estensione della IFP al *follow-up*. Tuttavia tutti i pazienti arruolati presentavano lesione tripla alle pulegge e soltanto due su undici casi sono passati al trattamento chirurgico, mentre tutti gli altri hanno ottenuto dei buoni *outcome*. I risultati suggeriscono quindi che un precoce intervento conservativo per lesioni triple di pulegge acute e subacute è consigliato e in caso di insuccesso si può passare al chirurgico. Questo studio presenta un rischio di *bias* moderato.

I razionali fino ad ora descritti non corrispondono a quelli applicati in due studi che propongono invece un trattamento conservativo, nonostante alla valutazione i pazienti presentassero *bowstringing* marcati a livello clinico. Il primo è Bollen 1990⁴⁰ che sceglie l'approccio non chirurgico data la richiesta del paziente di tornare all'attività sportiva il più rapidamente possibile. Anche se al *follow-up* il *bowstringing* era sempre visibile non procurava problemi nella vita di tutti i giorni e il paziente ha avuto *outcome* soddisfacenti anche nell'attività sportiva. Il secondo è quello di Wyatt 1996⁴⁴: questo studio non fornisce dettagli sul trattamento né sugli *outcome*; entrambi gli studi hanno inoltre un rischio di *bias* elevato.

Infine abbiamo lo studio di Bowers 1994⁴³ che propone come primo approccio quello chirurgico a tutti i suoi pazienti in quanto presentavano lesioni estese: A2/A3/A4 in sette pazienti e lesioni di A2/A3 in due pazienti. Questi ultimi hanno rifiutato l'intervento chirurgico sottoponendosi a quello conservativo. Purtroppo lo studio presenta pochi dati per poter trarre delle conclusioni, infatti accenna soltanto all'applicazione di uno *splint* per proteggere la puleggia, ma non indica alcuna tempistica né alcun tipo di *outcome*. È da considerare inoltre che questo studio presenta un rischio di *bias* tra i più elevati.

Alcuni studi sul trattamento conservativo come Moutet 1993³⁷, Lourie 2010⁴⁵ e Schneeberger 2016³⁸ non esplicitano il perché della scelta di questa strategia.

Negli studi riguardanti esclusivamente il trattamento chirurgico solo tre utilizzano il sistema di gradazione proposto da Schöffl 2003²⁶. Di questi lo studio di Schöffl 2012 e di Lutter 2015 riportano di pazienti con lesioni esclusivamente di grado IV per i quali si è proceduto direttamente all'intervento chirurgico.

Bouyer 2016 invece, dopo aver stratificato i pazienti in base al sistema di gradazione sopra descritto, decide comunque di proseguire con il trattamento chirurgico anche nei pazienti di grado II e III senza fornire particolari motivazioni a supporto di questa scelta.

Fra gli studi che non propongono gradazioni standardizzate per la gravità delle lesioni di pulegge, otto studi^{55,63,65,68,71-73,77} hanno deciso di intervenire chirurgicamente anche in presenza di rottura di una sola puleggia. Questi studi adducono come unica motivazione alla scelta del trattamento chirurgico, la presenza di evidente *bowstringing* all'esame clinico.

Nello studio di Inkellis 2018 si è scelto di intervenire con un particolare metodo chiamato "*Digit Widget*", da considerarsi a tutti gli effetti un intervento invasivo e quindi chirurgico, a causa della presenza di importanti retrazioni in flessione a livello della PIP che non avrebbero consentito un'efficace riabilitazione di tipo conservativo.

Nei rimanenti studi che si sono occupati esclusivamente di trattamento chirurgico, la presenza di *bowstringing* all'esame clinico e la successiva conferma, con indagini strumentali, della completa rottura di almeno due pulegge sono stati ritenuti motivazioni sufficienti alla scelta del trattamento invasivo.

4.1.2 Sintesi delle evidenze sul trattamento conservativo

Il trattamento conservativo si può sintetizzare in due approcci: l'utilizzo dello *splint* e l'utilizzo del *tape*. Questi a sua volta possono essere associate o meno ad altre strategie quali riposo, terapia funzionale e più o meno graduale ripresa dell'attività sportiva. Un altro approccio che può essere considerato conservativo è quello del non-trattamento.

UTILIZZO DEL TAPE

Gli studi che prevedono l'utilizzo del *tape* sono quattro^{40,41,44,47}. Quello che prevede una più complessa strategia riabilitativa è quello di Schöffl 2003⁴¹, nel quale è prevista l'applicazione di *tape* nel grado I, associata a terapia funzionale e una graduale ripresa dell'attività sportiva con tempi ben precisi e descritti. Questo studio riporta dei buoni *outcome* funzionali, è quello che descrive più nel dettaglio la tipologia di trattamento ed è lo studio con più numerosità campionaria; tuttavia ha un elevato rischio di *bias*.

Anche lo studio di Schöffl 2006⁴⁷ analizza *climber* che erano stati trattati con il *tape* associato a una graduale ripresa dell'attività sportiva. Gli *outcome* sono molto buoni anche in quei pazienti per cui era stato previsto un intervento chirurgico perché classificati con lesioni di grado IV. Inoltre è uno dei pochi studi che presenta un rischio di *bias* basso-moderato.

Anche Wyatt 1996⁴⁴ e Bollen 1990⁴⁰ presentano come strategia di trattamento il *tape*. Entrambi hanno *outcome* soddisfacenti: nel caso di Bollen persiste il *bowstringing* a livello clinico ma non influisce sulla funzionalità del dito, né sulla vita di tutti i giorni, né nell'attività sportiva; Wyatt non fornisce dati sul trattamento e sugli *outcome*. Purtroppo entrambi gli studi presentano un solo caso e sono metodologicamente scarsi.

Dalle evidenze disponibili di medio – bassa qualità presenti, il *tape* potrebbe essere una strategia terapeutica valida nei pazienti con lesione del *flexor pulley system*, in particolar modo nel lungo termine utilizzandolo durante l'attività sportiva, ma anche nel breve termine come tipologia di protezione delle pulegge soprattutto nelle lesioni non gravi.

UTILIZZO DELLO SPLINT

Dei nove studi che utilizzano lo *splint*, Schöffl 2003⁴¹ e Gabl 1998⁴² associano la sua applicazione a un riposo iniziale, alla terapia funzionale e ad un ritorno programmato all'attività sportiva con *outcome* molto buoni. Infatti sono pochi i pazienti che non hanno raggiunto risultati soddisfacenti al *follow-up*. Questi due studi descrivono nel dettaglio il trattamento effettuato ma presentano rischio di *bias* scarso-moderato. Tuttavia la numerosità del campione nel complesso è alta (135 pazienti totali).

Anche Moutet 1993³⁷ applica uno *splint*, anche in sindattilia, con *outcome* soddisfacenti. Infatti l'autore, tenendo di conto dei risultati ottenuti su 14 arrampicatori, sostiene che essi non avrebbero beneficiato della chirurgia. Tuttavia nessuno di loro aveva *bowstringing* a livello clinico ma se fosse stato presente, l'autore li avrebbe condotti direttamente all'intervento chirurgico. Conclude quindi affermando che, nonostante il numero di pazienti sia insufficiente per poter trarre delle conclusioni, è tuttavia possibile ipotizzare che il trattamento conservativo nelle lesioni senza *bowstringing* possa essere intrapreso in un primo tempo ed in caso di un suo fallimento, ricorrere al trattamento chirurgico.

Schneeberger 2016³⁸ applica uno *splint* da lui ideato e chiamato "*Pulley Protection Splint*", il quale mira in particolare a ridurre la distanza tra tendine e falange e vi associa la ripresa dell'attività sportiva graduale. Gli *outcome* si sono dimostrati molto buoni, pertanto anche questo studio suggerisce che dopo una singola lesione di puleggia la chirurgia - presentando rischi associati come *impairment* neuro-vascolari, infezione, formazione di cicatrici ed adesioni, fallimento del *graft* e dolore- dovrebbe essere eseguita soltanto in caso di insuccesso del trattamento conservativo. Inoltre viene raccomandato l'utilizzo del *PPS* come metodo di trattamento conservativo in quanto ha un effetto positivo sulla riduzione della

distanza tra tendine e falange rispetto ai metodi convenzionali. In ogni caso non è possibile sapere se una piccola riduzione di questa distanza possa effettivamente essere responsabile dei buoni *outcome* raggiunti e in questo studio un piccolo numero di partecipanti ha avuto risultati non soddisfacenti. Inoltre gli *outcome* funzionali e sport specifici con questo trattamento si sono mostrati essere molto simili rispetto ai trattamenti convenzionali.

Anche Scheibler 2021³⁹ e Scott 2019⁴⁹ nonostante proponano sempre l'utilizzo di *splint* associato alla ripresa dell'attività sportiva in modo graduale, elaborano un trattamento diverso dagli altri. Infatti presentano un susseguirsi di anelli termoplastici diversi in base alle esigenze del paziente in ogni tappa del trattamento. Anche in questo caso gli *outcome* sono stati buoni soprattutto nei pazienti con lesione acuta e subacuta, ma leggermente più scarsi nei pazienti che presentavano la lesione da più tempo.

Lourie 2010⁴⁵ è uno dei pochi a non trattare arrampicatori bensì quattro giocatori di *baseball*, pertanto ciò che emerge da questo studio è applicabile a questo tipo di popolazione. Nel suo studio il trattamento si può sintetizzare in: riposo, ghiaccio, applicazione di uno *splint*, eventuale mobilizzazione cauta iniziale e un graduale programma di ritorno al lancio. Inoltre il protocollo di trattamento è diventato sempre più rapido, infatti il quarto caso è tornato a lanciare gradualmente dopo due settimane con applicato uno *splint* protettivo. Tuttavia almeno due settimane di riposo sembrano essere raccomandate, seguite da un programma di ritorno al lancio con protezione della puleggia. Il precoce ritorno al lancio è concesso solo se tollerato, mentre il ritorno alle competizioni è possibile tra le 6 e le 12 settimane e dovrebbe essere concesso solo se presente ROM completo in assenza di dolore e dopo un'appropriata riabilitazione dell'arto affetto. In questo studio emerge un'altra considerazione degna di nota: il trattamento con iniezioni di corticosteroidi dovrebbe essere evitato nel caso di infiammazione delle strutture del dito. Infatti il paziente del primo caso ne aveva effettuata una anche diversi anni prima in seguito ad una diagnosi di tenosinovite, ripetuta poi durante il trattamento oggetto di questo studio; come si è visto però si può incorrere in una rottura di puleggia oppure in un ritardo nella guarigione in seguito a questo tipo di strategia.

Infine gli studi di Yamaguchi 2007⁵⁰ e Bowers 1994⁴³ accennano all'applicazione di uno *splint* senza associare alcun tipo di strategia in più, ma non riferiscono dati sul trattamento e sugli *outcome* tali da poter trarre conclusioni.

Da ciò che si può evincere da questi studi, tenendo in considerazione che presentano rischi di *bias* basso-moderati, lo *splint* può essere utilizzato in molti casi come strategia terapeutica per proteggere la puleggia riducendo il *bowstringing* e per recuperare funzionalità e ROM deficitari, possibilmente facendo susseguire tipologie diverse di *splint* modellate sul paziente in base alle sue esigenze nel corso del trattamento. Se questo viene anche associato a terapia funzionale come esercizi sotto supervisione e recupero dell'attività sportiva in modo controllato e graduale, porta ad *outcome* migliori rispetto al suo utilizzo isolato.

NESSUN TRATTAMENTO

Sono solo due gli studi che analizzano una possibile opzione terapeutica in cui la patologia viene lasciata semplicemente al suo decorso naturale: lo studio di Scheibler 2021³⁹, nel quale uno dei pazienti inclusi nel suo *case series* scopre di aver subito una lesione di puleggia tripla bilaterale dovuta ad infortuni pregressi; l'altro è quello di Rohrbough 2000⁴⁶, che recluta arrampicatori con lesioni di puleggia, i quali dopo la lesione non avevano effettuato alcun tipo di trattamento ma erano tornati a scalare come prima senza alcun tipo di ripercussione.

Questo potrebbe suggerire che la storia naturale della lesione di puleggia possa essere più positiva di quanto si pensasse e pertanto anche non applicando alcun tipo di trattamento queste lesioni, se non gravi, tendano a guarire da sole senza dare ripercussioni sulle funzioni. Tuttavia si tratta solo di pochi casi e lo studio di Rohrbough 2000⁴⁶ che prevede 42 casi su 43 che non hanno ricevuto trattamento ha un elevato rischio di *bias*.

4.1.3 Sintesi delle evidenze sul trattamento chirurgico

Il trattamento chirurgico può essere diviso nelle due grandi categorie delle tecniche *encircling* e *non encircling*. La grande variabilità nelle misure di *outcome* utilizzate rende complesso un confronto oggettivo fra le varie tecniche.

TECNICHE ENCIRCLING

Gli studi in cui è stata utilizzata una delle diverse tecniche *encircling* sono 10, di questi 4^{51,56,63,77} hanno utilizzato la tecnica di Okutsu che risulta quindi la più utilizzata. A seguire due studi hanno utilizzato la tecnica "double loop"^{56,68} e due studi hanno utilizzato la tecnica di Lister^{72,76}. In due studi^{66,70} non è stata esplicitata la tecnica utilizzata, che è stata tuttavia descritta come appartenente alla categoria *encircling*. La tecnica di Okutsu potrebbe essere quella più utilizzata in virtù del fatto che essendo la più spesso garantisce un inizio precoce

di esercizi attivi anche contro resistenza. Il materiale più utilizzato per il trapianto è stato il tendine del palmare lungo, seguito dal retinacolo degli estensori usato nella tecnica di Lister. In alcuni casi isolati si è ricorso a trapianti da siti diversi. Gli outcome presi in considerazione nei vari studi non permettono quasi mai un confronto diretto, tuttavia se presi singolarmente dimostrano un'elevata efficacia del trattamento chirurgico che sembra indipendente dal tipo di tecnica utilizzata e dal materiale usato per il trapianto. In questo gruppo di tecniche vengono riportate due tipologie di eventi avversi: il bowstringing degli estensori nel sito di espianto successivo all'impiego della tecnica di Lister⁷⁶ e il riassorbimento osseo al di sotto della puleggia ricostruita che insieme costituiscono il 18.6% di tutti i casi. Il riassorbimento osseo parrebbe essere causato da un'ipoperfusione della corticale ossea causata da un'eccessiva pressione e nello studio di Sanger 1990⁶⁸ ha portato a frattura della falange con conseguente fallimento dell'intervento chirurgico.

Questo gruppo di tecniche appare quindi una buona scelta ricostruttiva del *flexor pulley system* in termini di resistenza della puleggia ricostruita e soddisfazione del paziente. Si segnala però come la tecnica di Lister presenti *bowstringing* degli estensori a livello del sito donatore nel 20% dei casi, rendendola l'unica tecnica con un così elevato numero di eventi avversi. L'atrofia della corticale ossea è invece un evento avverso più grave, ma anche più raro (2.4% dei casi), che comunque può essere gestito in maniera ottimale come riportato da Lutter 2015⁵⁹.

TECNICHE NON ENCIRCLING

Gli studi in cui è stata utilizzata una tecnica *non encircling* sono 14, la più utilizzata risulta essere la tecnica di Weilby^{20,55,60,80,81}, seguita dalla sutura diretta delle pulegge^{20,65,71,82} e dalla tecnica proposta da Gabl 2000^{55,73,74}. La tecnica di Weilby potrebbe essere la più utilizzata per la discreta facilità di esecuzione e per il fatto che solo in rari casi non sono presenti monconi rimanenti delle pulegge: Questi ultimi sono infatti un presupposto fondamentale per poter operare secondo questa tecnica. La sutura delle pulegge ha subito negli anni un progressivo abbandono dovuto alla bassa resistenza biomeccanica della ricostruzione così ottenuta, questo è riscontrabile dal fatto che gli studi nei quali è proposta sono tutti antecedenti al 2000 tranne nel caso di Yamaguchi 2007⁸². Un progresso delle suture semplici risulta essere la tecnica descritta da Jakubietz 2017⁵³, nel cui studio la puleggia suturata viene poi rinforzata da un trapianto di superficie sulla puleggia stessa, con l'obiettivo di rinforzarla. La tecnica di Gabl 2000⁷⁴ propone l'utilizzo di due porzioni di periostio che consentano un ancoraggio più solido del trapianto alla falange, tuttavia lo

studio di Arora 2007⁵⁵ che mette a confronto questa tecnica con la tecnica di Weilby non ha evidenziato differenze statisticamente significative. Il materiale più utilizzato per il trapianto è stato il retinacolo degli estensori che viene utilizzato anche nella tecnica di Gabl 2000, seguito dal tendine del palmare lungo e dall'estensore radiale del carpo che è stato utilizzato in un solo caso. Come per le tecniche *encircling* non è possibile stabilire la superiorità di una tecnica rispetto all'altra e nemmeno di un tipo di trapianto rispetto ad un altro; sebbene l'utilizzo della sutura diretta della puleggia sia andato a diminuire nel corso degli anni, gli studi presentati in questa revisione mostrano outcome da soddisfacenti a ottimi anche con questa tecnica. Nessuno studio segnala eventi avversi, ciò potrebbe far propendere per una maggiore sicurezza ed affidabilità delle tecniche *non encircling* rispetto a quelle *encircling*. Sebbene le analisi biomeccaniche abbiamo mostrato una minore resistenza di questo tipo di tecniche, non vi sono state rotture di alcuna riparazione ed i tempi d'immobilizzazione post chirurgica risultano essere comparabili, nella maggior parte dei casi, a quelli proposti successivamente alle tecniche *encircling*.

L'utilizzo di questa tipologia di tecniche appare perciò indicato nella maggior parte delle rotture acute e subacute, non è stato registrato nessun evento avverso e la soddisfazione dei pazienti è stata comparabile agli altri gruppi. Gli autori che sostengono la maggior debolezza di questo tipo di ricostruzioni lo fanno in virtù di studi biomeccanici su cadavere^{30,85}, i quali però non sono supportati dagli studi *in vivo* condotti fino ad ora.

TECNICA MISTA DI SCHOFFL ET AL. 2012

Vi sono solo due studi all'interno della revisione che impiegano questa tecnica. La tecnica prevede la combinazione della tecnica "a loop and a half" di Wldstrom con la tecnica di Weilby al fine di consentire con un solo trapianto di poter ricostruire A2, A3, A4 e le pulegge crociate. Nello studio di Schoffl et al. 2012⁵⁴ i risultati ottenuti attraverso l'utilizzo di questa tecnica sono stati più che soddisfacenti, ma non se ne ricava una chiara superiorità rispetto ad altre tecniche. In oltre, nello studio di Lutter et al. 2015⁵⁹, il fatto che una parte della ricostruzione sia fatta con una tecnica *encircling* ha comportato riassorbimento osseo assimilabile a quello osservato in questo gruppo di tecniche.

Il vantaggio offerto da questa tecnica in termini di massimo sfruttamento del singolo trapianto potrebbe quindi essere controbilanciato da un maggior rischio di eventi avversi che non sono stati osservati nelle tecniche *non encircling*.

RICOSTRUZIONE DELLE PULEGGE DEL POLLICE

In questa revisione sono stati inclusi solo 4 studi^{57,61,62,75} riguardanti la ricostruzione delle pulegge del pollice. Le due tecniche più utilizzate sono risultate essere quella di Okutsu e quella che prevede l'utilizzo di un flap del tendine dell'adduttore del pollice. In un caso si è ricorso alla tecnica di Bunnel, in un caso una puleggia è stata suturata con una plastica a Z ed infine in un caso è stato fatto un trapianto di retinacolo degli estensori. In tre studi^{57,61,62} si è provveduto alla ricostruzione di una sola puleggia, adducendo come motivazione che quest'ultima, se ben posizionata, limita a sufficienza il *bowstringing*. Gli outcome di questi interventi sono sempre stati più che soddisfacenti e non sono stati segnalati eventi avversi. Questi studi si sono concentrati principalmente sulla tecnica chirurgica utilizzata e per questo motivo è stato difficoltoso estrapolare dati riguardo al trattamento riabilitativo post chirurgico, in tutti gli studi è stato prescritta una qualche forma di immobilizzazione post chirurgica associata a riabilitazione.

Nessuna di queste tecniche sembra essere superiore alle altre ed il loro utilizzo dipende dal singolo caso cui si trova davanti il chirurgo, nonché dalle sue conoscenze e capacità.

DIGIT WIDGET

Le evidenze sull'utilizzo del Digit Widget si limitano ad un solo studio⁵² da cui si può supporre che un'indicazione valida al suo utilizzo sia la presenza di importanti retrazioni delle PIP in associazione a lesioni delle pulegge croniche. Secondo lo studio riportato la riduzione delle retrazioni è stata evidente e questo porta ad ipotizzare che questo particolare trattamento possa avere una buona efficacia, ma ogni tipo di inferenza risulta essere supportata da un numero davvero troppo esiguo di casi.

PULEGGE SINTETICHE E PULEGGE CADAVERICHE

Per quanto riguarda l'utilizzo di pulegge sintetiche è stato trovato un solo esempio in letteratura⁶⁹, lo studio in questione risulta essere molto datato ad elevato rischio di bias. Risulta tuttavia interessante notare come gli outcome riportati siano stati soddisfacenti anche con questo peculiare tipo di intervento chirurgico.

Martinez 2019⁵¹ ha provato a trarre delle conclusioni sull'utilizzo di pulegge cadaveriche in alternativa al trapianto autologo, concludendo che la maggior semplicità della procedura chirurgica necessaria all'allograpianto potrebbe costituire un valore aggiunto. Purtroppo anche questo studio è singolo e presenta un moderato rischio di bias. In oltre il recupero, il

trattamento e la conservazione delle pulegge cadaveriche risulta logisticamente molto più complesso rispetto al trapianto autologo alimentando così dubbi sulla reale fattibilità della tecnica descritta in un setting diverso da quello di uno studio sperimentale.

TRATTAMENTO RIABILITATIVO POST-CHIRURGICO

L'immobilizzazione post-chirurgica è la prima strategia messa in atto nella maggioranza degli studi e viene mantenuta per un periodo variabile da 1 fino ad un massimo di 8 settimane. Successivamente a questo periodo è comune proseguire la protezione della puleggia ricostruita attraverso l'uso di un anello termoplastico durante attività specifiche per almeno altri 3 mesi.

I trattamenti fisioterapici impiegati sono variabili e raramente ben descritti; la maggior parte degli studi inizia la riabilitazione, che sia passiva o attiva, successivamente al periodo di immobilizzazione con *splint*, ma non mancano gli studi in cui qualche tipologia di trattamento viene impiegato fin dalla terza giornata post-operatoria^{72,76}.

I trattamenti comprendono proposte di mobilizzazione passiva, mobilizzazione attiva ed esercizio contro resistenza. In alcuni casi sono stati impiegati trattamenti passivi come massaggio e ultrasuono⁷⁶. Negli arrampicatori, il ritorno all'attività sportiva non è mai stato concesso prima dei 3 mesi, si è quasi sempre consigliato l'utilizzo del tape protettivo o dell'anello termoplastico e in alcuni casi gli autori hanno consigliato di evitare la *full crimp position* nei primi periodi a favore della *slope hanging position*. La scarsità di informazioni e dati riguardo il trattamento post chirurgico non ci permette di evidenziare la superiorità di nessuna scelta rispetto alle altre; nonostante ciò l'approccio più razionale sembra quello di seguire le raccomandazioni tratte dal capitolo sul trattamento conservativo nel rispetto dei tempi di guarigione chirurgica.

4.2 Limite della revisione sistematica

Questa revisione presenta alcuni limiti in quanto le evidenze a disposizione sono ancora troppo poche e di scarsa qualità per poter trarre delle reali conclusioni. Tutti gli studi inclusi sono *case series* e *case report*, ovvero tipologie di studio con livelli di evidenza molto bassi. Infatti è difficile stabilire se ci possa essere una strategia più efficace delle altre non avendo un confronto tra tipologie di trattamento, né tra chirurgico e conservativo, ma neppure tra i vari tipi di approcci all'interno di queste categorie. L'assenza di RCT limita inevitabilmente la qualità delle evidenze. Inoltre è da considerare che la maggior parte degli studi trovati sono stati condotti con poco rigore metodologico, presentando molto spesso alti rischi di *bias*.

Infine, un altro limite della revisione è stato quello di condurre una ricerca sistematica su poche banche dati, rischiando quindi di perdere alcuni studi.

4.3 Indicazioni per la ricerca futura

La revisione ha evidenziato come siano necessarie ulteriori ricerche nell'ambito del trattamento del *flexor pulley system*. In particolare si presenta la necessità di avere all'interno della letteratura scientifica tipologie di studi con un livello di evidenza più alto come gli RCT per poter trarre delle effettive conclusioni sulle tipologie di trattamento e quale sia più redditizio proporre. Inoltre, in generale, gli studi dovrebbero essere condotti secondo una metodologia più rigorosa per minimizzare il rischio di *bias*. Solo in questo modo sarà possibile evidenziare le reali potenzialità, necessità e differenze tra i due tipi di trattamenti.

5. CONCLUSIONI

Questa revisione, come principale obiettivo, mirava a valutare le migliori evidenze disponibili in letteratura relative al trattamento delle lesioni di pulegge, per poi confrontare le due principali strategie: il trattamento conservativo e quello chirurgico.

Con l'avvento di un maggiore successo nell'arrampicata, sport che sta prendendo campo dalla sua introduzione alle Olimpiadi di Tokio 2020, le lesioni del *flexor pulley system* sono sempre più frequenti, in quanto la popolazione più colpita è proprio quella degli arrampicatori. Non è stato trovato alcun RCT o alcuno studio di alta qualità da permetterci delle affermazioni definitive. Infatti tutti gli studi trovati in letteratura ed inclusi in questa revisione sistematica sono *case series* e *case report*.

Oltretutto è quasi impossibile avere un reale confronto tra i due trattamenti, infatti quello chirurgico è normalmente applicato in situazioni in cui le lesioni sono più estese e coinvolgono più di una puleggia (riportando quindi il fenomeno del *bowstringing* anche a livello clinico), mentre quello conservativo viene applicato in tutte quelle situazioni nelle quali le lesioni non sono così importanti da richiedere un intervento di ricostruzione.

È tuttavia possibile fare alcune considerazioni per ottenere un piccolo confronto, in quanto alcuni studi applicano il trattamento conservativo anche in quelle lesioni che dovrebbero essere trattate chirurgicamente, spesso per un rifiuto dell'intervento da parte dei pazienti. Si tratta degli studi di Schöffl 2006⁴⁷, Scott 2019⁴⁹, Bollen 1990⁴⁰, Wyatt 1996⁴⁴ e Bowers 1994⁴³, ma anche di Scheibler 2021³⁹ nel quale su pazienti con tripla lesione di puleggia solo due hanno avuto necessità di ricorrere all'intervento chirurgico. In questi pazienti gli *outcome* sono stati spesso ottimi ed equiparabili ai risultati ottenuti dall'intervento chirurgico. tuttavia è necessario precisare che nessuno di loro presentava un *bowstringing* marcato a livello clinico, indice di una lesione massiva.

Tenendo di conto che ogni intervento chirurgico porta con sé numerosi rischi e che i tempi di guarigione e di riabilitazione possono essere anche molto lunghi, probabilmente vale la pena tentare un approccio conservativo e in caso di fallimento passare a quello chirurgico, soprattutto nei casi in cui le lesioni, seppur gravi, non hanno un'importanza tale da presentare il fenomeno del *bowstringing* clinico. In questi casi il trattamento da applicare è quello chirurgico.

6. KEY POINTS

1. Le lesioni del *flexor pulley system* coinvolgono prevalentemente la popolazione degli arrampicatori
2. Le lesioni del *flexor pulley system* possono essere divise in due grandi categorie, le lesioni minori, normalmente classificate dal grado I al grado III e le lesioni più estese che coinvolgono più pulegge, classificate col grado IV. Tuttavia esistono anche all'interno di questa ultima categoria, lesioni più gravi che spesso vengono identificate da un *bowstringing* clinico e lesioni meno gravi che non lo presentano.
3. In base alla gravità della lesione viene scelto se attuare il trattamento conservativo oppure il trattamento chirurgico. Da ciò che è emerso la migliore soluzione sembra essere attuare il trattamento conservativo a tutti coloro che non presentano un *bowstringing* a livello clinico, anche se la lesione è classificata di IV grado a causa del coinvolgimento di più di una puleggia. Nel caso in cui il trattamento conservativo non fosse sufficiente o fallisse, si può passare poi al trattamento chirurgico.
4. Le opzioni a disposizione per il trattamento conservativo prevedono l'applicazione di *tape* o *splint*, in associazione o meno ad altre strategie quali il riposo, la terapia funzionale e una ripresa graduale dell'attività sportiva.
5. Le opzioni chirurgiche sono molteplici e possono essere divise nei due grandi gruppi *encircling* e *non encircling*. Dalla revisione non emerge una chiara superiorità di una tecnica rispetto alle altre sul piano della resistenza biomeccanica. Le tecniche *encircling* sembrerebbero essere leggermente più a rischio di eventi avversi quali atrofia della corticale ossea della falange e *bowstringing* degli estensori nel caso venga utilizzata la tecnica di Lister.

BIBLIOGRAFIA

1. Doyle JR. Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. *Journal of Hand Surgery*. 1988;13(4):473-484. doi:10.1016/S0363-5023(88)80082-0
2. Rainer Schöffl V, Schöffl I. *Injuries to the Finger Flexor Pulley System in Rock Climbers: Current Concepts*.
3. Zafonte B, Rendulic D, Szabo RM. Flexor pulley system: Anatomy, injury, and management. *Journal of Hand Surgery*. 2014;39(12):2525-2532. doi:10.1016/j.jhsa.2014.06.005
4. Schubert MF, Shah VS, Craig CL, Zeller JL. Varied anatomy of the thumb pulley system: Implications for successful trigger thumb release. *Journal of Hand Surgery*. 2012;37(11):2278-2285. doi:10.1016/j.jhsa.2012.08.005
5. Goodman HJ, Choueka J. Biomechanics of the flexor tendons. *Hand Clinics*. 2005;21(2):129-149. doi:10.1016/j.hcl.2004.11.002
6. Peterson WW, Manske PR, Bollinger BA, Lesker PA, Mccarthy JA. *Effect of Pulley Excision on Flexor Tendon Biomechanics*. Vol 4. Orthopaedic Research Society; 1986.
7. Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System : Foundations for Physical Rehabilitation*. Mosby; 2002.
8. Doyle JR. *Anatomy of the Flexor Tendon Sheath and Pulley System: A Current Review*.
9. King EA, Lien JR. Flexor Tendon Pulley Injuries in Rock Climbers. *Hand Clinics*. 2017;33(1):141-148. doi:10.1016/j.hcl.2016.08.006
10. Logan AJ, Makwana N, Mason G, Dias J. Acute hand and wrist injuries in experienced rock climbers. *Br J Sports Med*. 2004;38:545-548. doi:10.1136/bjism.2003.003558
11. Schöffl I, Oppelt K, Jüngert J, Schweizer A, Neuhuber W, Schöffl V. The influence of the crimp and slope grip position on the finger pulley system. *Journal of Biomechanics*. 2009;42(13):2183-2187. doi:10.1016/j.jbiomech.2009.04.049
12. Schweizer A. *Biomechanical Properties of the Crimp Grip Position in Rock Climbers*. Vol 34.; 2001.
13. Lourie GM, Hamby Z, Raasch WG, Chandler JB, Porter JL. Annular flexor pulley injuries in professional baseball pitchers: A case series. *American Journal of Sports Medicine*. 2011;39(2):421-424. doi:10.1177/0363546510387506
14. Wiater BP, Hentzen ER, Meunier MJ, Abrams RA. A2 pulley insufficiency. *Journal of Hand Surgery*. 2013;38(1):158-163. doi:10.1016/j.jhsa.2012.07.021
15. Rainer Schöffl V, Jüngert J. *Closed Flexor Pulley Injuries in Nonclimbing Activities*.; 2006.
16. Desai B, Sumarriva G, Dunbar R. Closed traumatic a2 through a4 pulley rupture and flexor digitorum superficialis avulsion treated with reconstruction. *Ochsner Journal*. 2021;21(1):99-103. doi:10.31486/toj.19.0109
17. Gyuricza C, Umoh E, Wolfe SW. Multiple Pulley Rupture Following Corticosteroid Injection for Trigger Digit: Case Report. *Journal of Hand Surgery*. 2009;34(8):1444-1448. doi:10.1016/j.jhsa.2009.04.037

18. Molendijk EB, de Jongh GJ. Adverse effect of repeated corticosteroid injections for trigger finger on flexor pulley system. *J Hand Surg Eur Vol.* 2013;38(3):325-326. doi:10.1177/1753193412465727
19. Dy CJ, Lyman S, Schreiber JJ, Do HT, Daluiski A. The epidemiology of reoperation after flexor pulley reconstruction. *Journal of Hand Surgery.* 2013;38(9):1705-1711. doi:10.1016/j.jhsa.2013.05.015
20. Bowers WH, Kuzma GR. *Closed Traumatic Rupture of Finger Flexor Pulleys.*
21. Zafonte B, Rendulic D, Szabo RM. Flexor pulley system: Anatomy, injury, and management. *Journal of Hand Surgery.* 2014;39(12):2525-2532. doi:10.1016/j.jhsa.2014.06.005
22. Rainer Schöffl V, Schöffl I. *Injuries to the Finger Flexor Pulley System in Rock Climbers: Current Concepts.*
23. Logan AJ, Makwana N, Mason G, Dias J. Acute hand and wrist injuries in experienced rock climbers. *Br J Sports Med.* 2004;38:545-548. doi:10.1136/bjism.2003.003558
24. Wright DM, Royle TJ, Marshall T. Indoor rock climbing: Who gets injured? *British Journal of Sports Medicine.* 2001;35(3):181-185. doi:10.1136/bjism.35.3.181
25. Lourie GM, Hamby Z, Raasch WG, Chandler JB, Porter JL. Annular flexor pulley injuries in professional baseball pitchers: A case series. *American Journal of Sports Medicine.* 2011;39(2):421-424. doi:10.1177/0363546510387506
26. Schöffl V, Hochholzer T, Winkelmann HP, Strecker W. Pulley injuries in rock climbers. *Wilderness and Environmental Medicine.* 2003;14(2):94-100. doi:10.1580/1080-6032(2003)014[0094:PIIRC]2.0.CO;2
27. Algar L, Moschetto M. Pulley injuries in rock climbers: Hand therapy clinical application. *Journal of Hand Therapy.* 2018;31(3):416-420. doi:10.1016/j.jht.2017.05.019
28. Schneeberger M, Schweizer A. Pulley Ruptures in Rock Climbers: Outcome of Conservative Treatment with the Pulley-Protection Splint - A Series of 47 Cases. In: *Wilderness and Environmental Medicine.* Vol 27. Elsevier Ltd; 2016:211-218. doi:10.1016/j.wem.2015.12.017
29. Lin GT, Amadio PC, An KN, Cooney WP, Chao EYS. *BIOMECHANICAL ANALYSIS OF FINGER FLEXOR PULLEY RECONSTRUCTION.* Vol 14.; 1989.
30. Widstrom CJ, Doyle JR, Johnson G, Manske PR, McGee R. A mechanical study of six digital pulley reconstruction techniques: Part II. Strength of individual reconstructions. *Journal of Hand Surgery.* 1989;14(5):826-829. doi:10.1016/S0363-5023(89)80083-8
31. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ.* 2021;372. doi:10.1136/bmj.n71
32. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ.* 2021;372. doi:10.1136/bmj.n71
33. Shamseer L, Moher D, Clarke M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (prisma-p) 2015: Elaboration and explanation. *BMJ (Online).* 2015;349. doi:10.1136/bmj.g7647
34. Moher D, Shamseer L, Clarke M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica.* 2016;20(2):148-160. doi:10.1186/2046-4053-4-1

35. The Joanna Briggs Institute. *Checklist for Case Series Critical Appraisal Checklist for Case Series 2.*; 2017. <http://joannabriggs.org/research/critical-appraisal-tools.html>www.joannabriggs.org
36. Joanna Briggs Insitute. *Checklist for Case Reports.*; 2017. <http://joannabriggs.org/research/critical-appraisal-tools.html>www.joannabriggs.org
37. Moutet F, Guinard D, Gerard P, Mugnier C. *Les Ruptures Sous-Cutanées Des Poulies Des Fléchisseurs Des Doigts Longs Chez Les Grimpeurs de Haut Niveau A Propos de Douze Cas.* Vol 12.; 1993.
38. Schneeberger M, Schweizer A. Pulley Ruptures in Rock Climbers: Outcome of Conservative Treatment with the Pulley-Protection Splint - A Series of 47 Cases. In: *Wilderness and Environmental Medicine.* Vol 27. Elsevier Ltd; 2016:211-218. doi:10.1016/j.wem.2015.12.017
39. Scheibler AG, Janig C, Schweizer A. Primarily conservative treatment for triple (A2-A3-A4) finger flexor tendon pulley disruption. *Hand Surgery and Rehabilitation.* 2021;40(3):314-318. doi:10.1016/j.hansur.2020.12.018
40. Bollen SR. Injury to the A2 pulley in rock climbers. *Journal of Hand Surgery.* 1990;British volume:268-270.
41. Schöffl V, Hochholzer T, Winkelmann HP, Strecker W. Pulley injuries in rock climbers. *Wilderness and Environmental Medicine.* 2003;14(2):94-100. doi:10.1580/1080-6032(2003)014[0094:PIIRC]2.0.CO;2
42. Gabl M, Md †, Rangger C, et al. *Disruption of the Finger Flexor Pulley System in Elite Rock Climbers.*; 1998.
43. Bowers WH, Kuzma GR. *Closed Traumatic Rupture of Finger Flexor Pulleys.*
44. Wyatt JP, McNaughton GW, Grant PT, Wyatt J, registrar S. *A Prospective Study of Rock Climbing Injuries.* Vol 30.; 1996.
45. Lourie GM, Hamby Z, Raasch WG, Chandler JB, Porter JL. Annular flexor pulley injuries in professional baseball pitchers: A case series. *American Journal of Sports Medicine.* 2011;39(2):421-424. doi:10.1177/0363546510387506
46. Rohrbough JT, Mudge MK, Schilling RC. *Overuse Injuries in the Elite Rock Climber.* Vol 32.; 2000. <http://www.msse.org>
47. Schöffl VR, Einwag F, Strecker W, Schöffl I. Strength measurement and clinical outcome after pulley ruptures in climbers. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2006;38(4):637-643. doi:10.1249/01.mss.0000210199.87328.6a
48. Rainer Schöffl V, Jüngert J. *Closed Flexor Pulley Injuries in Nonclimbing Activities.*; 2006.
49. Scott K, Dulle D, Garcia G, Flug JA, Chhabra A. Multiple flexor tendon pulley ruptures in a division 1 collegiate football player. *Orthopedic Reviews.* 2019;11(4):189-191. doi:10.4081/or.2019.8316
50. Yamaguchi T, Ikuta Y. *CLIMBER'S FINGER.* Vol 12.; 1991. www.worldscientific.com
51. Martinez RA, Liston J, Archual AJ, Gui J, Drake DB, DeGeorge BR. Digital Pulley Reconstruction Using Pulley Allografts: A Comparison With Traditional Tendon-Based Techniques. *Ann Plast Surg.* 2019;82(6S Suppl 5):S386-S388. doi:10.1097/SAP.0000000000001793
52. Inkellis E, Altman E, Wolfe S. Management of Flexor Pulley Injuries with Proximal Interphalangeal Joint Contracture. *Hand Clinics.* 2018;34(2):251-266. doi:10.1016/j.hcl.2017.12.001

53. Jakubietz MG, Meffert RH, Schmidt K, Gruenert JG, Jakubietz RG. Acute A4 Pulley Reconstruction with a First Extensor Compartment Onlay Graft. *Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open*. 2017;5(6). doi:10.1097/GOX.0000000000001361
54. Schöffl V, Küpper T, Hartmann J, Schöffl I. Surgical repair of multiple pulley injuriesevaluation of a new combined pulley repair. *Journal of Hand Surgery*. 2012;37(2):224-230. doi:10.1016/j.jhsa.2011.10.008
55. Arora R, Fritz D, Zimmermann R, et al. Reconstruction of the digital flexor pulley system: A retrospective comparison of two methods of treatment. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*. 2007;32(1):60-66. doi:10.1016/j.jhsb.2006.09.019
56. Desai B, Sumarriva G, Dunbar R. Closed traumatic a2 through a4 pulley rupture and flexor digitorum superficialis avulsion treated with reconstruction. *Ochsner Journal*. 2021;21(1):99-103. doi:10.31486/toj.19.0109
57. Kachouh N, Cerlier A, Bouyer M, Legré R. Result of A1 pulley reconstruction after closed rupture of the thumb pulleys during childbirth. *Hand Surgery and Rehabilitation*. 2018;37(5):311-315. doi:10.1016/j.hansur.2018.06.002
58. Kimura M, Kuroshima N, Matsushita T. Flexor pulley reconstruction after rupture following corticosteroid injections for trigger thumb: a case report. *Hand Surg*. 2013;18(3):425-428. doi:10.1142/S0218810413720301
59. Lutter C, Schoeffl V. Intermittent unspecific osteitis and cortex atrophy of the proximal phalanx after surgical pulley repair. doi:10.1136/bcr-2015
60. Johnsen P, O'Shea K, Wolfe SW. Traumatic flexor digitorum superficialis and A2-A3 pulley rupture: Case report. *Journal of Hand Surgery*. 2014;39(3):524-526. doi:10.1016/j.jhsa.2013.12.020
61. Kosiyatrakul A, Jitprapaikularn S, Durand S, Oberlin C. *CLOSED FLEXOR PULLEY RUPTURE OF THE THUMB: CASE REPORT AND REVIEW OF LITERATURE*. Vol 14.; 2010. www.worldscientific.com
62. Fazilleau F, Cheval D, Richou J, le Nen D. Reconstruction of closed rupture of thumb flexor tendon pulleys with a single free palmaris longus tendon graft: A case report and review of literature. *Chirurgie de la Main*. 2014;33(1):51-54. doi:10.1016/j.main.2013.11.009
63. Lin GT. *Bone Resorption of the Proximal Phalanx After Tendon Pulley Reconstruction*.; 1999.
64. Schreiber J, Suh N, Weiland AJ. Spontaneous, isolated rupture of the flexor digitorum superficialis tendon in zone II and annular pulley ruptures. *The journal of hand surgery*. 2015;European:316-318.
65. Tropet Y, Menez D, Balmat P, Pem R, Vichard P. *Closed Traumatic Rupture of the Ring Finger Flexor Tendon Pulley*.
66. Vandeputte G, Dubert T. Closed traumatic rupture of the flexor pulleys of a long finger associated with avulsion of the flexor digitorum superficialis. *Journal of Hand Surgery*. 2001;26 B(3):266-268. doi:10.1054/jhsb.2001.0559
67. Gyuricza C, Umoh E, Wolfe SW. Multiple Pulley Rupture Following Corticosteroid Injection for Trigger Digit: Case Report. *Journal of Hand Surgery*. 2009;34(8):1444-1448. doi:10.1016/j.jhsa.2009.04.037
68. Sanger JR, Buebendorf ND, Matloub HS, John Yousif N. *Proximal Phalangeal Fracture after Tendon Pulley Reconstruction*.

69. Wray Robert C Jr, Weeks Paul M. reconstruction of digital pulleys. *Annual Meeting of the american association of plastic surgeon*. Published online 1973.
70. Ferran NA, Dias JJ. Bone resorption of the proximal phalanx secondary to pulley reconstruction. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*. 2012;39(3):315-316. doi:10.1177/1753193412453413
71. CRESSWELL TR, ALLOTT C, AUCHINCLOSS JM. Colour Doppler Ultrasound in the Diagnosis, Management and Follow-Up of a Digital Flexor Pulley Injury. *Journal of Hand Surgery*. 1998;23(5):655-657. doi:10.1016/S0266-7681(98)80021-1
72. Voulliaume D, Forli A, Parzy O, Moutet F. Réparation des ruptures de poulie chez le grimpeur. *Chirurgie de la Main*. 2004;23(5):243-248. doi:10.1016/j.main.2004.08.005
73. Arora R, Lutz M, Haug L, Struve P, Deml C, Gabl M. Secondary reconstruction of the digital A2-flexor pulley. *Operative Orthopadie und Traumatologie*. 2013;25(5):499-504. doi:10.1007/s00064-011-0053-7
74. Gabl M, Reinhart C, Lutz M, Bodner G, Angermann P, Pechlaner S. The use of a graft from the second extensor compartment to reconstruct the A2 flexor pulley in the long finger. *Journal of Hand Surgery*. 2000;British and European:98-101.
75. Wilson SM, Roulot E, le Viet D. Closed rupture of the thumb flexor tendon pulleys. *Journal of Hand Surgery*. 2005;30(6):621-623. doi:10.1016/j.jhsb.2005.06.006
76. Bouyer M, Forli A, Semere A, Chedal Bornu BJ, Corcella D, Moutet F. Recovery of rock climbing performance after surgical reconstruction of finger pulleys. *Journal of Hand Surgery: European Volume*. 2016;41(4):406-412. doi:10.1177/1753193415623914
77. Okutsu I, Ninomiya S, Hiraki S, Inanami H, Kuroshima N. Three-loop technique for A2 pulley reconstruction. *Journal of Hand Surgery*. 1987;12(5):790-794. doi:10.1016/S0363-5023(87)80071-0
78. Kaufmann RA, Pacek CA. Pulley reconstruction using palmaris longus autograft after repeat trigger release. *Journal of Hand Surgery*. 2006;31(3):285-287. doi:10.1016/j.jhsb.2005.12.011
79. Buck-Gramcko D DFGS. [Evaluation criteria in follow-up studies of flexor tendon therapy]. *Handchirurgie*. 1976;8(2):65-9.
80. Schöffl V, Hochholzer T, Winkelmann HP, Strecker W. Pulley injuries in rock climbers. *Wilderness and Environmental Medicine*. 2003;14(2):94-100. doi:10.1580/1080-6032(2003)014[0094:PIIRC]2.0.CO;2
81. Scheibler AG, Janig C, Schweizer A. Primarily conservative treatment for triple (A2-A3-A4) finger flexor tendon pulley disruption. *Hand Surgery and Rehabilitation*. 2021;40(3):314-318. doi:https://doi.org/10.1016/j.hansur.2020.12.018
82. Yamaguchi T, Ikuta Y. *CLIMBER'S FINGER*. Vol 12.; 1991. www.worldscientific.com
83. Arora R, Fritz D, Zimmermann R, et al. Reconstruction of the digital flexor pulley system: A retrospective comparison of two methods of treatment. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*. 2007;32(1):60-66. doi:10.1016/j.jhsb.2006.09.019
84. Köstermeyer G, & WJ. Necessity of one-finger-training for the increase of performance in climbing. Comparison of force development between one- and four-finger maximum voluntary contraction. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 1995;46(7/8):356-362.

85. Widstrom CJ, Johnson G, Doyle JR, Manske PR, Inhofe P. A mechanical study of six digital pulley reconstruction techniques: Part I. Mechanical effectiveness. *Journal of Hand Surgery*. 1989;14(5):821-825. doi:10.1016/S0363-5023(89)80082-6

APPENDICI

Appendice 1. Protocollo di revisione sistematica

Eseguito secondo PRISMA-P (*Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-Analysis Protocols*) 2015 checklist.

INFORMAZIONI AMMINISTRATIVE

Titolo: La gestione delle lesioni del "flexor pulley system" di mano e dita: opzioni di trattamento conservativo e chirurgico a confronto. Protocollo per una revisione sistematica.

Registrazione: non registrato

Autori:

- Matilda Melani, Dott.ssa in Fisioterapia, studentessa del Master di I livello in Riabilitazione dei disordini Muscoloscheletrici (Università degli Studi di Genova – Campus di Savona). E-mail: matimelani@gmail.com
- Matteo Genesi, Dott. in Fisioterapia, studente del Master di I livello in Riabilitazione dei disordini Muscoloscheletrici (Università degli Studi di Genova – Campus di Savona). E-mail: mattegene1@gmail.com
- Relatore e garante della revisione: Riccardo Padovani, Dott. in Fisioterapia, OMPT, collaboratore alla didattica del Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici (Università degli Studi di Genova - Campus di Savona). E- mail: riccardo.pado93@gmail.com

Modifiche: nel caso di modifiche al protocollo la data di ogni modifica sarà accompagnata da una descrizione del cambiamento e del rationale.

Fonti di supporto e sponsor: assenti.

INTRODUZIONE

Background: Il *flexor pulley system* è un insieme di strutture che lavorano in sinergia con il flessore superficiale e il flessore profondo delle dita assicurando un movimento completo ed efficace. Questo sistema sacrifica la forza per l'efficienza: mantenendo un braccio di leva più corto, le pulegge diminuiscono la forza disponibile per il movimento articolare ma rendono più semplice il controllo fine delle dita. Questa loro funzione è fondamentale per trasformare la traslazione lineare generata a livello muscolare in un momento angolare a livello delle articolazioni metacarpofalangee ed interfalangee.

Il meccanismo lesionale più comune si osserva frequentemente in arrampicata sportiva in tre posizioni della mano, la *crimp position* (o presa arcuata), la *hanging finger position* e la *slope position* (o presa monodito); la *crimp position* è quella che più frequentemente provoca lesioni rispetto alle altre tipologie di presa a causa delle sue proprietà biomeccaniche. Nonostante la maggioranza degli studi sia relativa all'ambito sportivo, alcuni studi riportano lesioni delle pulegge anche nella popolazione generale. Anche in questo caso il meccanismo lesionale sarebbe dovuto a una improvvisa estensione applicata ad un dito iperflesso.

Le lesioni del *flexor pulley system* sono una tipologia d'infortunio rara nella popolazione generale con un'incidenza media di 0.27 su 100.000 nella popolazione generale. Negli atleti praticanti alcune attività sportive l'incidenza è di gran lunga maggiore. Si stima infatti che il 75% degli arrampicatori andrà incontro ad almeno un infortunio dell'arto superiore, di cui il 60% sarà a carico della mano o del polso con un 30-50% a carico proprio del *flexor pulley system*.

Le lesioni delle pulegge possono essere parziali o complete e possono essere isolate oppure associate alla rottura di altre pulegge dello stesso dito. I segni più comuni che si riscontrano all'esame fisico in una rottura di puleggia isolata sono gonfiore e dolore alla palpazione. Shöffl et al. in uno studio del 2003 hanno proposto un sistema di *grading* per valutare l'entità di un infortunio a carico delle pulegge e dare così l'indicazione per il trattamento conservativo o chirurgico. Propongono un algoritmo che si serve di indagini diagnostiche per bioimmagini. Dalle informazioni ottenute con le immagini, per dare un *grading* alla lesione viene considerata in particolar modo la distanza del tendine dalla falange: se questa distanza è minore di 2 mm si parla di *pulley strain* e la si identifica in un grado I di lesione, se invece è maggiore di 2 mm si parla di rottura della puleggia che potrà essere di grado II, III o IV a seconda della gravità. Le lesioni fino al grado III vengono solitamente trattate in maniera conservativa, mentre il trattamento chirurgico è riservato alle lesioni di grado IV.

Il trattamento conservativo risulta essere la prima scelta per lesioni che non superino il grado 3. Si basa essenzialmente sull'immobilizzazione, sull'esercizio terapeutico e sull'utilizzo di fasciature e splint, a cui si va progressivamente ad aggiungere il ritorno all'attività sportiva. Se la lesione è di grado 4 si procede invece con l'intervento chirurgico, sono presenti varie tecniche operatorie utilizzate in base alle preferenze e alla capacità dei singoli chirurghi. Sostanzialmente le tecniche possono essere divise in due grandi gruppi: le tecniche che sfruttano ciò che rimane della puleggia danneggiata intrecciando ad essa un *graft* (*nonencircling*), e le tecniche che utilizzano il *graft* avvolgendolo attorno la falange un numero variabile di volte andando così a formare una nuova puleggia (*encircling*)²¹.

Razionale: Ad oggi non ci risulta presente nessuna revisione sistematica sulle lesioni del "**flexor pulley system**" e della loro gestione. Si ritiene pertanto necessario analizzare e riportare in maniera trasparente e

sistematica le evidenze ad oggi presenti, in modo tale da poter fornire un quadro generale organico ed aggiornato rispetto alla gestione delle lesioni del flexor pulley system.

Obiettivi:

Lo scopo di questo studio è effettuare una revisione sistematica di ciò che c'è di disponibile nella letteratura scientifica relativamente alla gestione di una lesione del "flexor pulley system" negli arrampicatori e non, andando a:

- Rilevare, analizzare ed esporre le principali evidenze della letteratura scientifica in merito al trattamento conservativo e chirurgico delle lesioni del *flexor pulley system*
- Esplicitare le indicazioni al trattamento riabilitativo e al trattamento chirurgico
- Analizzare le opzioni terapeutiche disponibili per quanto riguarda il trattamento conservativo e quello riabilitativo post-chirurgico

METODI

Criteri di eleggibilità: gli studi saranno selezionati secondo i criteri sotto descritti.

- Disegno dello studio:
 - Criteri di inclusione: studi randomizzati controllati (RCT), studi clinici controllati non randomizzati, studi osservazionali descrittivi (*case-report* e *case-series*), studi comparativi, studi osservazionali analitici come gli studi di coorte, studi caso-controllo, studi cross-sectional.
Studi con *full text* reperibile direttamente o tramite il contatto con l'autore.
 - Criteri di esclusione: trial non controllati *before-after*, studi qualitativi, studi con *full text* non reperibile.
- Partecipanti:
 - Criteri di inclusione: individui sopra i 12 anni di età, senza distinzioni di genere o etnia, che presentano una lesione del "*flexor pulley system*" di eziologia traumatica e atraumatica, sia in ambito sportivo che non sportivo; diagnosi di lesione effettuata clinicamente su criteri anamnestici ed esame obiettivo adeguati in associazione bioimmagini (ecografia o risonanza magnetica); se possibile, grado di gravità della lesione secondo le classificazioni tipicamente utilizzate per questo tipo di lesioni.
 - Criteri di esclusione: età inferiore a 12 anni, con altre patologie della mano o gravi comorbidità sistemiche, studi su animali
- Interventi:
 - Criteri di inclusione: due tipi di intervento, quello conservativo (qualsiasi modalità che rientri nella gestione fisioterapica, trattamento farmacologico e infiltrativo) e trattamento chirurgico, eventualmente seguito dal trattamento riabilitativo
 - Criteri di esclusione: nessuno
- Confronti: non si è selezionato un confronto, pertanto saranno inclusi tutti gli studi che analizzassero le tipologie di trattamento precedentemente descritte a prescindere dalla loro comparazione.
- Outcome di studio:

- Criteri di inclusione: outcome su scale validate e standardizzate, eventuali misure oggettive relative ai disturbi della lesione del “*flexor pulley system*”. In particolare: dolore valutato con scala VAS o NRS, *range of motion* passivo e attivo delle articolazioni interfalangee prossimali e distali, presenza o assenza di *bowstringing*, presenza di segni infiammatori come gonfiore, rossore e calore, forza valutata con dinamometro, disabilità e funzionalità della mano, partecipazione alla vita sociale, lavorativa e sportiva
 - Criteri di esclusione: nessuno
- Periodo di pubblicazione: saranno inclusi gli studi pubblicati fino a marzo 2022
 - Lingua: verranno inclusi tutti gli studi lingua in inglese, francese, tedesca, spagnola e italiana.

Fonti d’informazione: la ricerca sistematica della letteratura verrà effettuata sui seguenti database elettronici: Medline (interfaccia PubMed) e *Cochrane Central Register of Controlled Trials (The Cochrane Library)*. Inoltre verrà fatta una ricerca negli studi estrapolati dalla ricerca preliminare. L’ultima ricerca sarà condotta a marzo 2022.

Strategie di ricerca: sono stati cercati i termini chiave per ciascun elemento del PICO, i *medical subject headings (MeSH Terms)* e parole chiave dalla lettura degli articoli di *background*. Le parole chiave delle categorie del PICO (popolazione, intervento e comparazione) saranno unite tra loro con l’operatore boelano “OR” e le categorie tra di loro tramite l’operatore “AND”. Essendoci due tipi diversi di intervento, si è deciso di costruire due stringhe di ricerca separate per ciascuno di questi, una in cui l’intervento è il trattamento conservativo e una in cui l’intervento è il trattamento chirurgico. In particolare sono state costruite le stringhe di ricerca per Medline, tramite l’interfaccia di PubMed, le quali poi sono state adattate agli altri database. Le stringhe sono riportate nelle tabelle sottostanti.

P	I (conservativo)		I (chirurgico)	O		
pulley* injur* pulley* damage* pulley* rupture* pulley* lesion* pulley* break* pulley* affect* pulley* tear* “flexor pulley system” “flexor-tendon-pulley system”	physiotherapy rehab* exercise* stretching “exercise therap*” “functional therap*” “hand therap*” mobilization* manipulative manipulation* training “manual therap*” “manipulation therap*” “manipulative therap*” splint* orthosis education immobilisation	rest “conservative treatment*” “conservative management” “conservative therap*” “non surgical treatment” “pharmacological therap*” “pharmacological intervention” “pharmacological management” pharmacotherap* NSAID “anti-inflammatory” analgesic injection* infiltration* drug* “laser therap*” “electric* stimulation therap*”	electrotherap* tape kinesiotap* taping bandage* cryotherap* ultrasound ultrasonic therap* “extracorporeal shockwave therap*” ESWT “blood flow restriction training” diathermy “pain management” “thermoplastic ring*” acupuncture	surgery pulley* reconstruction pulley* repa* pulley* restoration “surgical management” pulley* plasty pulley* venting synthetic replacement pulley allograft* pulley release surgical repair free tendon graft loop retinacular graft loop “belt loop technique” “single loop technique” loop and a half technique triple-loop technique Lister repair Doyle technique Widstrom technique “operative procedures”	“hand function” pain VAS “visual analogue scale” NPRS “numeric pain rating scale” “analogue pain scale” ache* ROM “range of motion” joint excurtion power strength “hand strength” strength* “pinch strength” swelling	edema ecchymosis bowstringing “tendon-bone distance” “joint flexion contracture” “joint flexibility” disability assessment “return to work” “return to sport” “absence from work” “sport-specific outcome” social participation “activities of daily living”
MeSH	MeSH		MeSH	MeSH		

finger injury [MeSH term] finger injuries [MeSH term]	physical therapy modalities [MeSH term] rehabilitation [MeSH term] conservative treatment [MeSH term] exercise [MeSH term] pharmacology [MeSH term] drug therapy [MeSH term] NSAIDs [MeSH term] hyaluronic acid [MeSH Term]	diathermy [MeSH Term] Extracorporeal Shockwave Therapies [MeSH term] splints [MeSH term] ultrasonic therapy [MeSH term] orthotic device [MeSH term] education [MeSH term] cryotherapy [MeSH term] bandages [MeSH term] athletic tape [MeSH term]	musculoskeletal manipulation [MeSH term] laser therapy [MeSH term] electric stimulation therapy [MeSH term] pain management [MeSH Term] immobilisation [MeSH Term] rest [MeSH Term] anti-inflammatory Agents, Non-Steroidal [MeSH Term] injection [MeSH Term] acupuncture [MeSH term]	surgery [MeSH term] surgical procedure, operative [MeSH term] suture techniques [MeSH term]	pain [MeSH term] visual analogue scale [MeSH term] pain measurement [MeSH term] range of motion, articular [MeSH term] hand strength [MeSH term] muscle strength [MeSH term] pinch strength [MeSH term] edema [MeSH term]	ecchymosis [MeSH term] disability evaluation [MeSH term] return to work [MeSH term] return to sport [MeSH term] activities of daily living [MeSH term] treatment outcome [MeSH term]
--	--	--	---	---	--	---

Record degli studi:

- Gestione dei dati: gli studi individuati verranno suddivisi in base al tipo di intervento (conservativo o chirurgico). Gli studi verranno selezionati indipendentemente dai due autori e le controversie verranno risolte tramite una discussione o con l'aiuto di un revisore. Gli studi raccolti dai diversi database saranno raccolti nel programma *Mendeley* per essere in un primo momento filtrati per eliminare le doppie copie, e per facilitare la gestione e l'analisi dei dati.
- Processo di selezione: gli autori effettueranno il processo di selezione in base ai criteri di eleggibilità in 4 step: inizialmente rimuoveranno gli studi che sono doppiati, successivamente verrà fatta una prima selezione leggendo titoli, poi una seconda selezione leggendo gli abstract, ed infine verrà effettuata la selezione definitiva leggendo i *full text* degli studi rimasti. Verranno riportati i motivi dell'esclusione dei singoli studi. Il processo di selezione verrà inserito all'interno del *PRISMA flow diagram*.
- Processo di estrapolazione dei dati: due ricercatori estrapoleranno in modo indipendente i dati dagli studi selezionati, mentre un terzo ricercatore farà da supervisore. I disaccordi saranno risolti tramite una discussione tra i ricercatori e l'eventuale aiuto del terzo revisore. Per estrapolare i dati verrà utilizzata una scheda di estrazione dati standardizzata (foglio Excel) con la costruzione di una tabella di contingenza all'interno della quale, per ogni studio, verranno riportate le caratteristiche dei dati inerenti al quesito clinico.

Caratteristiche dei dati: da ogni studio verranno estratti dati come tipologia di disegno dello studio, durata, obiettivi, caratteristiche dei partecipanti, dettagli dell'intervento eseguito come tipologia di intervento (conservativo o chirurgico), dosaggio, intensità frequenza e durata del trattamento; verranno estratti i vari outcome riportati dagli studi, in particolare informazioni relative a dolore, ROM, forza, disabilità, partecipazione; verranno estrapolati i risultati e le loro dimensioni e gli effetti collaterali, se presenti.

Outcome e prioritizzazione: gli *outcome* saranno in ordine di importanza: livello del dolore secondo una scala VAS o NRPS, forza valutata con dinamometro, ROM valutato con goniometro, disabilità/funzionalità della mano, partecipazione alla vita sociale, lavorativa e sportiva.

Rischio di bias nei singoli studi: il rischio di *bias* degli studi verrà valutato in modo indipendente dai due autori. I disaccordi verranno risolti tramite una discussione tra i due autori e se necessario l'intervento del terzo revisore. Per i *case report* e per i *case series* verranno utilizzati gli strumenti di *critical appraisal* della "Joanna Briggs Institute".

Sintesi dei dati: non verrà effettuata una sintesi quantitativa dei dati (meta analisi) pertanto i risultati della revisione saranno sintetizzati in maniera qualitativa, in una sintesi sistematica narrativa. I risultati verranno prima divisi in due macrocategorie: quelli riguardanti la gestione conservativa e quelli riguardanti la gestione chirurgica, con eventuale annesso trattamento post-chirurgico. Ciascuna categoria verrà suddivisa poi in sottoparagrafi relativi ai vari tipi di intervento, al rationale per cui sono stati scelti, e ai loro risultati. Verranno descritte brevemente le caratteristiche degli studi relative al quesito clinico, e verranno messe in relazione tra loro, evidenziando elementi di accordo e di disaccordo.

Appendice 2. Tabelle delle stringhe di ricerca

Tabella 2. Parole chiave e *MeSH Terms* da inserire nella stringa di ricerca

P	I (conservativo)		I (chirurgico)	O		
pulley* injur*	physiotherapy	rest	electrotherap*	surgery	"hand	edema
pulley*	rehab*	"conservative	tape	pulley*	function"	ecchymosis
damage*	exercise*	treatment**	kinesiotap*	reconstruction	pain	bowstringing
pulley*	stretching	"conservative	taping	pulley* repa*	VAS	"tendon-
rupture*	"exercise	management"	bandage*	pulley* restoration	"visual	bone
pulley* lesion*	therap**	"conservative	cryotherap*	"surgical	analogue	distance"
pulley* break*	"functional	therap**	ultrasound	management"	scale"	"joint flexion
pulley* affect*	therap**	"non surgical	ultrasonic therap*	pulley* plasty	NPRS	contracture"
pulley* tear*	"hand therap**	treatment"	"extracorporeal	pulley* venting	"numeric pain	"joint
"flexor pulley	mobilization*	"pharmacological	shockwave	synthetic	rating scale"	flexibility"
system"	manipulative	therap**	therap**	replacement	"analogue	disability
"flexor-tendon-	manipulation*	"pharmacological	ESWT	pulley allograft*	pain scale"	assessment
pulley system"	training	intervention"	"blood flow	pulley release	ache*	"return to
	"manual	"pharmacological	restriction training"	surgical repair	ROM	work"
	therap**	management"	diathermy	free tendon graft	"range of	"return to
	"manipulation	pharmacotherap*	"pain	loop	motion"	sport"
	therap**	NSAID	management"	retinacular graft	joint excurtion	"absence
	"manipulative	"anti-	"thermoplastic	loop	power	from work"
	therap**	inflammatory"	ring**	"belt loop	strength	"sport-
	splint*	analgesic	acupuncture	technique"	"hand	specific
	orthosis	injection*		"single loop	strength"	outcome"
	education	infiltration*		technique"	"pinch	social
	immobilisation	drug*		loop and a half	strength"	participation
		"laser therap**		technique	swelling	"activities of
		"electric*		triple-loop		daily living"
		stimulation		technique		
		therap**		Lister repair		
				Doyle technique		
				Widstrom technique		
				"operative		
				procedures"		
MeSH	MeSH		MeSH	MeSH		

	(Acupuncture[MeSH Terms]) OR (Musculoskeletal Manipulations[MeSH Terms]) OR (Manipulative Therapies[MeSH Terms]) OR (Manipulation Therapies[MeSH Terms])	
P + intervento chirurgico	(((((pulley* injur*) OR (pulley* damage*) OR (pulley* rupture*)) OR (pulley* lesion*)) OR (pulley* break*)) OR (pulley* affect*)) OR (pulley* tear*)) OR ("flexor pulley system") OR ("flexor-tendon-pulley system") AND (((((((((((((((((((((((surgery) OR (pulley* reconstruction)) OR (pulley* repa*)) OR (pulley* restoration)) OR ("surgical management")) OR (pulley* plasty)) OR (pulley* venting)) OR (synthetic replacement)) OR (pulley allograft*)) OR (pulley release)) OR (surgical repair)) OR (free tendon graft loop)) OR (retinacular graft loop)) OR ("belt loop technique")) OR ("single loop technique")) OR (loop and a half technique)) OR (triple-loop technique)) OR (Lister repair)) OR (Doyle technique)) OR (Widstrom technique)) OR ("operative procedures")) OR (surgery[MeSH Terms]) OR (surgical procedure, operative[MeSH Terms]) OR (suture techniques[MeSH Terms]))	771

Tabella 4. Stringhe di ricerca per *Cochrane Library*

Stringhe di ricerca su <i>Cochrane Library</i>		Risultati
Popolazione	(Flexor pulley system) OR (pulley injur*) OR (Finger injuries [mesh term])	182
Intervento conservativo	(Conservative treatment) OR (physiotherap*) OR (Rehabilitation [mesh term])	66.357
Intervento chirurgico	(Surgery) OR (general surgery [mesh term])	228.950
P + Intervento conservativo	((Flexor pulley system) OR (pulley injur*) OR (Finger injuries [mesh term])) AND ((Conservative treatment) OR (physiotherapy*) OR (Rehabilitation[mesh term]))	60
P + intervento chirurgico	((Flexor pulley system) OR (pulley injur*) OR (Finger injuries [mesh term])) AND ((Surgery) OR (general surgery [mesh term]))	138

Appendice 3. Tabelle relative alle caratteristiche degli studi

Tabella 8. Caratteristiche degli studi che riportano entrambe le tipologie di trattamento

Studio	Disegno e durata dello studio e obiettivi principali, outcome primario	Numero e caratteristiche dei partecipanti (sesso, età, comorbidità alla <i>baseline</i> , assunzione di farmaci, anni e livello di arrampicata)	Criteri diagnostici, tempo trascorso dalla lesione, pulegge colpite	Valutazione della lesione del paziente	Stadio e gravità della lesione	Tipo di intervento	Dettagli dell'intervento eseguito	Outcome	Follow-up Risultati e la loro dimensione. Effetti collaterali
Schöffl 2003 ⁴¹	<p><i>Case series</i></p> <p>4 anni (1 gennaio 1998 – 31 dicembre 2001)</p> <p>Obiettivi: determinare la frequenza degli infortuni alle pulegge e delineare linee guida per diagnosticarli e trattarli</p>	<p>N= 604 arrampicatori con infortunio di cui N=122 con danno alle pulegge: 74 con rottura completa di puleggia e 48 con <i>pulley strain</i>.</p> <p>Dei 604 totali: età media 28.3 (13-52), sesso 302 M- 117 F. Dei 122 delle pulegge:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nei pazienti con lesione 67 M e 7 F - Nei pazienti con <i>pulley strain</i> 43 M e 5 F. <p>Nel gruppo totale di 604 media di anni di arrampicata: 7.3 (2-35).</p> <p>Livello di arrampicata valutato secondo la Union International des</p>	<p>Ultrasuoni e MRI. Algoritmo presentato nella figura 7.</p> <p>Tempo trascorso dalla lesione: da pochi minuti a 1,5 anni.</p> <p>Pulegge colpite nel <i>pulley strain</i>: 31 di A2, 3 di A3, 14 di A4</p> <p>Pulegge con lesione: 50 - A2 (17 parziale e 33 completa), 3 di A3, 14 di A4, 4 di A3/A4, 3 di A2/A3/A4.</p>	-	48 grado I, 31 grado II, 36 grado III, 7 grado IV (gradazioni e secondo la Tabella 2)	<p>Dal grado I al III: intervento conservativo (80 casi)</p> <p>Grado IV: intervento chirurgico (7 casi, 6%)</p>	<p>CONSERVATIVO: vedi Tabella 1: iniziale immobilizzazione dai 10 ai 14 gg con un <i>tape</i> o con uno <i>splint</i> palmare, elevazione e antinfiammatori. Poi precoce terapia funzionale in protezione della puleggia con <i>tape</i> o <i>soft-cast ring</i> termoplastico, ginnastica delle dita o <i>Theraband Hand Exerciser</i>. Leggere attività sport-specifiche, sono consentite nel grado 3 dopo 6-8 settimane con <i>tape</i>, completa attività sportiva concessa dopo 3 mesi con <i>tape</i> tenuto fino almeno ai 6 mesi. Il grado 2 può essere trattato nello stesso modo ma più rapidamente. Gli iniziali deficit di forza si risolvono in 3-6 mesi. Agli ultrasuoni la <i>deiscenza bone-to-tendon</i> si stabilizza in 3-6 mesi.</p> <p>CHIRURGICO: Tecnica one loop and a half di Widstrom o tecnica di Weilby. Successivamente all'intervento si procede con un immobilizzazione con splint per 2 settimane e successivamente trattamento funzionale con protezione offerta da un anello termoplastico per 4 settimane</p>	<p>CONSERVATIVO: 7 su 80 avevano dolore persistente dopo 3 mesi (causa: tenovaginite post traumatica), ma dopo infiltrazione di cortisone locale e un periodo di prolungato di riposo hanno ripreso il loro livello iniziale di attività sportiva. Gli altri 73 sono ritornati pienamente all'attività sportiva valutata secondo la scala UIAA con dolore minore occasionale. Solo 6 hanno riportato un continuo bisogno di <i>taping</i> del dito danneggiato per più di 12 mesi.</p> <p>CHIRURGICO: Risultato funzionale: 1 molto buono, 5 buono, 1 soddisfacente; risultato sport-specifico: 1 molto buono, 3 buono, 2 sufficiente, 1 scarso. L'utilizzo di <i>tape</i> protettivo è stato necessario in tutti i pazienti durante l'attività di arrampicata</p>	<p>Follow-up: 4 anni 87 pazienti</p>

		Associations d'Alpinisme (UIAA) convertito in una scala metrica da da 1 a 11.							
Scheibler 2021 ³⁹	<p><i>Case series</i></p> <p>9 anni (dal 2011 al 2020)</p> <p>Obiettivo: valutare gli <i>outcome</i> di un primario trattamento conservativo in 9 pazienti con rottura completa di 3 pulegge, che normalmente effettuerebbero un trattamento chirurgico. Presentare inoltre una tecnica di riparazione chirurgica innovativa e i suoi risultati.</p>	<p>N=11, maschi, età media 39 (da 25 a 55), 10 arrampicatori (livello 6c-8b secondo la scala di livelli francese), 1 <i>non climber</i>.</p> <p>I pazienti trattati chirurgicamente:</p> <p>Pz 1 Età 51 anni Dito anulare della mano destra</p> <p>Pz 2 Età 45 anni Dito anulare della mano destra Livello di arrampicata pre lesione 7c</p>	<p>Ultrasuoni dinamici.</p> <p>2 settimane per 6 pazienti, 4 settimane per 1 paziente, più di 2 mesi per 4 pazienti</p> <p>Entrambi i pazienti chirurgici erano incorsi nella lesione più di due mesi prima, lesione di A2+A3+A4</p>	<p>Meccanismo lesionale: 10 arrampicatori durante l'attività sportiva in una <i>crimp position</i>, 1 a causa del guinzaglio per cani che si è arrotolato intorno al dito.</p> <p>VAS a riposo: in 11 pazienti 0, in 1 paziente 2. VAS durante sforzo: in 7 pazienti 0, in 4 pazienti 1, in 1 paziente 3.</p> <p>Deficit di ROM in estensione:</p> <ul style="list-style-type: none"> - IFP: presente in 6 pazienti, 2 pazienti di 10°, gli altri di 15°, 25° e 30° - IFD: presente in 4 pazienti, 2 pazienti di 10°, gli altri di 5° e 30° <p>ROM in flessione:</p> <ul style="list-style-type: none"> - IFP: 110° in 4 pazienti, 105° in un paziente, 100° in 5 pazienti, 90° in 2 pazienti - IFD: 90° in 1 paziente, 75° in 1 paziente, 70° in 2 pazienti, 65° in 1 	<p>Inizialmente conservativo, poi chirurgico per N=2 pazienti dopo il fallimento del trattamento conservativo per persistenza del dolore e aumento del deficit in estensione a livello della PIP</p>	<p>CONSERVATIVO: <i>Splint</i> termoplastico intorno alla falange prossimale e media per 2 mesi, modellato su ogni paziente con una convessità laterale per prevenire la compressione dell'apparato neurovascolare. Possibilità di rimuovere lo <i>splint</i> in estensione del dito solo per dare sollievo alla pelle. È stato confezionato anche uno <i>splint</i> per l'estensione della IFP. I pazienti erano inoltre sotto alla supervisione di una terapeuta occupazionale. Dopo 2 mesi veniva usato un <i>tape</i> per la protezione della puleggia per altri 2 mesi, non con lo scopo di ridurre il carico sulla puleggia ma per avere un <i>reminder</i> della recente lesione per evitare la <i>crimp position</i>. Il ritorno allo sport è stato permesso dopo 2 mesi dalla lesione, ma l'utilizzo della <i>crimp position</i> è stato permesso dopo 5-6 mesi. Un paziente asintomatico che ha scoperto di avere lesioni alle pulegge non ha ricevuto alcun tipo di trattamento.</p> <p>CHIRURGICO: Tecnica di Kleinert modificata. Per il la ricostruzione è stato usato un trapianto del tendine dell'estensore radiale lungo del carpo. I tessuti cicatriziali ad andamento longitudinale che attraversavano la PIP sono stati rimossi. La tecnica di Kleinert è una tecnica <i>non encircling</i>. Successivamente all'intervento chirurgico vi è stato un periodo</p>	<p>CONSERVATIVO: Dopo 6 mesi, i 7 pazienti che presentavano la lesione acuta (6) e subacuta (1) avevano riguadagnato il loro livello in arrampicata pre-lesionale (valutato secondo la scala francese) e non avevano quasi affatto dolore o restrizioni durante le attività quotidiane o lavorative. Tutti i pazienti raggiungevano la completa flessione nella chiusura del pugno, ma qualcuno aveva un lieve deficit in estensione. Nel paziente cronico valutato dopo 4 settimane, l'iniziale deficit in estensione della IFP era aumentato da 5° a 25° al FU; nonostante ciò era presente solo un minimo dolore (VAS 1) durante la scalata e il livello pre-lesionale era stato riguadagnato in 6 mesi. 1 paziente che era stato valutato dopo 2 mesi dalla lesione aveva un deficit in estensione di 30° della IFP, senza alcuna restrizione durante le attività quotidiane e senza dolore durante la scalata; è stata considerata la ricostruzione chirurgica della puleggia per riguadagnare il ROM, ma non è stata effettuata data la mancanza di dolore e la soddisfacente funzionalità del dito. Il paziente asintomatico valutato dopo più di 2 mesi dalla lesione non ha ricevuto trattamento ha riscontrato solo deficit in estensione nella IFD di 10°, probabilmente dovuto a lassità legamentosa. Due pazienti valutati dopo oltre 2 mesi dalla lesione, presentavano al FU ancora dolore al movimento, incrementato deficit in estensione della IFP, per cui è stato deciso di intervenire chirurgicamente.</p>	<p><i>Follow-up:</i> 6 mesi</p> <p>CONSERVATIVO: Un precoce intervento conservativo per lesioni triple di pulegge acute e subacute è consigliato. È stato dimostrato un riduzione del bowstringing da 4,1 mm a 2,4 mm nella falange media e prossimale. La completa flessione e il ritorno al livello pre-lesionale è stato riguadagnato in tutti i casi acuti e subacuti. Nonostante un residuo deficit in estensione di 0-25° della IFP, la soddisfazione del paziente relativo alla funzione era eccellente.</p> <p>CHIRURGICO: Il bowstringing è diminuito da 4.11 mm a 2.44 mm per A2 e da 3.02 mm a 2.07 mm per A4 senza evidenti differenze fra pazienti trattati conservativamente e chirurgicamente</p>	

				<p>paziente, 60° in 4 pazienti, 45° in 2 pazienti.</p> <p>Un paziente valutato a più di due mesi dalla lesione, presentava lesioni al IV dito di entrambe le mani dovute a vecchie lesioni, per le quali è sempre stato asintomatico.</p>			<p>di 14 giorni di immobilizzazione per assicurare la guarigione della ferita, seguito da 3 settimane di riabilitazione funzionale. Il ritorno dell'arrampicata si è avuto a 4-6 mesi dopo l'operazione.</p>	<p>Il paziente che ha scoperto di avere le lesioni alle pulegge era asintomatico pertanto non presentava dolore, aveva una completa flessione, non aveva deficit in estensione delle IFP. Presentava solo un deficit di 10° alla IFD probabilmente dovuto a una sua lassità legamentosa generale.</p> <p>CHIRURGICO: A 6 mesi Pz 1 VAS: a riposo 0, durante l'attività 1 Deficit ROM estensione PIP: 5° Deficit ROM estensione DIP: 0° ROM flessione PIP: 90° ROM flessione DIP: 60° Pz 2 VAS: a riposo 0, durante l'attività 0 Deficit ROM estensione PIP: 0° Deficit ROM estensione DIP: 30° ROM flessione PIP: 90° ROM flessione DIP: 70</p>	
Bowers 1994 ⁴³	Case series	<p>N=9, maschi, climber, età media 45 anni (range da 28 a 59),</p> <p>I 7 pazienti chirurgici: Pz 1 Età 41 anni Mignolo destro ROM flessione PIP: 85-100° DIP: 0-60° Pz 2 Età 32 anni Anulare sinistro ROM flessione PIP: 70-120° DIP: 0-60° Pz 3 Età 54 anni Anulare destro ROM flessione PIP: 60-120° DIP: 0-70° Pz 4</p>	<p>Raggi X negativi per frattura, valutazione clinica per sospetta lesione di puleggia, confermata tramite MRI in 4 casi e tenogramma in un caso, negli altri non confermata.</p> <p>Media del tempo trascorso dalla lesione: 16 mesi (range da 2 settimane a 36 mesi)</p> <p>Nei pazienti chirurgici: Pz 1: 36 mesi Pz 2: 18 mesi Pz 3: 3 mesi Pz 4: 4 mesi Pz 5: 4 mesi</p>	<p>Il disagio maggiore riportato dai pazienti era una contrattura in flessione con una media di 64° (range da 20° a 85°) e una completa ma debole flessione con presenza di <i>bowstringing</i>, anche clinicamente evidenziabile. Tutti hanno avuto la sensazione di uno "strappo" ma solo dolore moderato, no ematoma, no immediata perdita di potenza nel <i>grip</i>. Solo successivamente hanno sviluppato</p>	-	<p>Chirurgico per 7 pazienti, conservativo nei 2 pazienti con lesione di A2/A3 (rifiuto del trattamento chirurgico)</p>	<p>CONSERVATIVO: Trattato con uno splint di supporto per le pulegge</p> <p>CHIRURGICO : In 3 casi sono stati utilizzati i bordi rimanenti delle pulegge, in una quarta la ricostruzione è stata rinforzata da un trapianto di retinacolo degli estensori. In 3 casi è stata utilizzata la tecnica di Kleinert, di queste in una è stato trapiantato il flessore superficiale delle dita e nelle altre due è stato utilizzato un trapianto di palmare lungo Successivamente all'intervento la PIP rimane bloccata a 0 gradi per tre settimane e successivamente si esegue riabilitazione per 12 settimane usando un anello di supporto per la puleggia. Il paziente 4 ha subito un'artrodesi a livello della DIP.</p>	<p>CONSERVATIVO Successo nel trattamento conservativo quando adottato.</p> <p>CHIRURGICO: Pz 1 ROM flessione PIP: 0-100° ROM flessione DIP: 0-60° Pz 2 ROM flessione PIP: 0-100° ROM flessione DIP: 0-30° Pz 3 ROM flessione PIP: 0-120° ROM flessione DIP: 0-60° Pz 4 ROM flessione PIP: 0-90° ROM flessione DIP: 20° Pz 5 ROM flessione PIP: 30-85° ROM flessione DIP: 0-40° Pz 6 ROM flessione PIP 0-120° ROM flessione DIP: 0-60° Pz 7 ROM flessione PIP: 0-120° ROM flessione DIP: 0-60°</p>	<p><i>Follow-up:</i> Variabile per ogni paziente dai 6 mesi ai 12 anni. Perso al FU uno dei pazienti con trattamento conservativo. CHIRURGICO: Pz 1: 12 anni Pz 2: 8 anni Pz 3: 9anni Pz 4: 6 anni Pz 5: 6 mesi Pz 6: 1 anno Pz 7: 9 mesi</p>

		<p>Età 54 anni Anulare sinistro ROM flessione PIP: 60-100° DIP: 0à</p> <p>Pz 5 Età 43 anni Anulare destro ROM flessione PIP: 90-95° DIP: 0-60°</p> <p>Pz 6 Età 59 anni Medio sinistro ROM flessione PIP: 60-120° DIP: 0-60°</p> <p>Pz 7 Età 28 anni Anulare destro ROM flessione PIP: 20-90° DIP: 0-40°</p>	<p>Pz 6 24 mesi Pz 7 3 settimane.</p> <p>Completa lesione di A2/A3/A4 in 7 pazienti (che sono stati poi trattati tutti chirurgicamente) . In 2 pazienti lesione completa di A2/A3.</p>	<p>la contrattura in flessione.</p> <p>Meccanismo lesionale: improvvisa e forzata estensione di un dito flesso durante l'attività sportiva.</p>					
Gabl 1998 ⁴²	<p><i>Case series</i></p> <p>Da aprile 1991 a agosto 1995</p> <p>Obiettivo: stabilire la diagnosi e il trattamento delle lesioni del "pulley system" del dito e valutare i risultati dopo il trattamento chirurgico e conservativo</p>	<p>N=13 <i>elite climber</i>, 1 donna e 12 uomini, età media 27 anni (range da 20 a 51), livello dal 6 al 10 secondo la scala UIAA</p> <p>I 5 pazienti trattati chirurgicamente:</p> <p>Pz 1 Età 27 anni Dito medio</p> <p>Pz 2 Età 24 anni Dito medio</p> <p>Pz 3 Età 51 anni Dito medio</p> <p>Pz 4 Età 38 anni Dito medio</p> <p>Pz 5 Età 20 anni Dito anulare</p>	<p>Radiografie e MRI.</p> <p>Tempo dalla lesione medio 3 settimane (<i>range</i> da 2 a 15 settimane). Nei 5 trattati chirurgicamente: pz 12 settimane, negli altri 1 settimana</p> <p>A2 in 2 pazienti, A2/A3 in 6 pazienti, di cui due chirurgici e A2/A3/A4 in 2 pazienti anch'essi chirurgici.</p>	<p>Iniziale valutazione clinica rivela gonfiore, dolore, dolorabilità alla palpazione della puleggia lesionata. ROM della IFP ridotto a causa del gonfiore e del dolore.</p> <p><i>Bowstringing</i> presente in 11 pazienti a livello della IFP (coinvolgimento odi A2/A3) e in 2 pazienti più prossimale e vicino alla IFP (coinvolgimento di A2 solamente).</p> <p>Il tipo di trattamento è stato scelto in base al <i>bowstringing</i>, disabilità funzionale,</p>		<p>Trattamento conservativo per N=8 pazienti, con lesione di A2/A3 e 2 pazienti con lesione di A2; chirurgico per N=5 pazienti</p>	<p>CONSERVATIVO: Immobilizzazione della mano e dell'avambraccio per 2 settimane in un tutore palmare che coprisse tutte le dita fino alla riduzione del dolore. Poi il dito coinvolto era fissato a quello vicini in un <i>soft cast</i> che coinvolgeva il dito dal polpastrello fino alla piega palmare prossimale, per altre 4 settimane per prevenire la flessione delle IFP. Dopo la rimozione del cast si sono iniziati gli esercizi di ROM attivo sotto sorveglianza del fisioterapista. Dopo 12 settimane si è iniziato l'allenamento in carico della mano coinvolta con l'utilizzo di un anello modellato su misura per proteggere la puleggia. Dopo 6 mesi, la forza del <i>grip</i> e il completo ROM senza dolore erano raggiunti e veniva ripresa l'attività sportiva.</p> <p>CHIRURGICO: Tecnica di weilby.</p>	<p>CONSERVATIVO: ROM della IFP ridotto in media di 5.6° (<i>range</i> da 0° a 10°). Tutte le altre articolazioni potevano muoversi liberamente. La circonferenza del dito lesionato era in media 4.2 mm (<i>range</i> da 0 a 10) in più rispetto alla mano non lesionata. La forza del <i>grip</i> era ridotta di 20 N in media (<i>range</i> da 10 a 50). A livello soggettivo i pazienti hanno valutato gli outcome con una media di 0.62 punti basandosi su una scala che va da 0 (eccellente) a 5 (povero). Due pazienti presentavano un significativo <i>bowstringing</i> alla valutazione clinica. Alla MRI il <i>bowstringing</i> era presente in tutti i pazienti dimostrandosi né ridotto né aumentato.</p> <p>CHIRURGICO: ROM PIP, gonfiore e grip strength sono comparati al controlaterale Criteri soggettivi Dolore: 0 no dolore, 1 dolore ad alti carichi, 2 dolore a bassi carichi, 3 dolore continuo</p>	<p><i>Follow-up:</i> Media di 31 mesi (range da 18 a 43).</p> <p>CHIRURGICO: Pz 1: 40 sett. Pz 2: 18 sett. Pz 3: 34 sett. Pz 4: 22 sett. Pz 5: 19 sett.</p> <p>RISULTATI: In questo studio gli outcome del trattamento chirurgico e conservativo sono equiparabili.</p>

				<p>fallimento del trattamento conservativo. I pazienti con lesioni incomplete sono stati trattati conservativamente</p> <p>I pazienti con lesioni complete sono stati trattati chirurgicamente dopo che il fallimento del trattamento conservativo.</p>			<p>Trapianto dal tendine del palmare lungo. Successivamente veniva applicato uno splint rigido sulla superficie palmare di tutte le dita per 2 settimane, dopodiché il dito operato veniva fissato ad un dito adiacente con una fasciatura morbida per altre 4 settimane al fine di evitare la flessione a livello della PIP e dell'articolazione metacarpofalangea. In seguito si iniziavano esercizi di mobilità attiva supervisionati da un fisioterapista. L'allenamento con sovraccarico veniva iniziato a 12 settimane in concomitanza all'applicazione di un tutore ad anello per supportare la puleggia. Dopo 6 mesi, riguadagnata grip strength e movimento senza dolore veniva ripresa l'arrampicata</p>	<p>Sport: 0 stessa performance, 1 media restrizione della performance, 2 significativa restrizione della performance</p> <p>Pz 1 Riduzione ROM PIP al follow up: 0° Aumento gonfiore: 0 mm Diminuzione forza: 0 N Dolore: 0 Sport: 0</p> <p>Pz 2 Riduzione ROM PIP al follow up: 10° Aumento gonfiore: 5 mm Diminuzione forza: 30 N Dolore: 1 Sport: 1</p> <p>Pz 3 Riduzione ROM PIP al follow up: 5° Aumento gonfiore: 8 mm Diminuzione forza: 20 N Dolore: 0 Sport: 0</p> <p>Pz 4 Riduzione ROM PIP al follow up: 5° Aumento gonfiore: 5 mm Diminuzione forza: 0 N Dolore: 0 Sport: 0</p> <p>Pz 5 Riduzione ROM PIP al follow up: 0° Aumento gonfiore: 6 mm Diminuzione forza: 10 N Dolore: 0 Sport: 0</p>	
Yamaguchi 2007 ⁵⁰	<p><i>Case series</i></p> <p>Obiettivo: descrivere cause e trattamento delle lesioni di pulegge nei <i>climber</i></p>	<p>N=8 <i>climber</i>, età tra i 23 e 52 anni, 6 maschi e 2 femmine.</p> <p>I pazienti chirurgici: Pz 1 Età 37 anni Dito medio della mano destra ROM flessione PIP: 20-70° Distanza tra polpastrello e palmo in</p>	<p>Riportata solo quella dei pazienti chirurgici:</p> <p>Pz 1 Lesione avvenuta 3 mesi prima dell'intervento chirurgico, rottura di C1 e della metà distale di A2 Pz 2 Lesione avvenuta 6 mesi</p>	Esplorazione chirurgica		<p>Trattamento conservativo per tutti i pazienti ma in N=2 casi si è optato per il trattamento chirurgico</p>	<p>CONSERVATIVO: Riposo dall'attività sportiva e tutore per dito a martello applicato al contrario (come un anello) sulla puleggia lesionata.</p> <p>CHIRURGICO: Pz 1 È stato rimosso il tessuto cicatriziale che avvolgeva la parte finale di A2 e C1, esso era la causa dello "snap" udibile. Successivamente all'operazione la PIP è stata bloccata in estensione per 3 settimane, MCP e DIP avevano libertà di movimento. Dopo 3 settimane</p>	<p>CONSERVATIVO: No dolore, ROM completo e ritorno all'attività sportiva libera dopo 3 mesi.</p> <p>CHIRURGICO: Pz 1 JSSH criteria: excellent Pz 2 JSSH criteria: excellent</p>	<p><i>Follow-up:</i> -</p> <p>RISULTATI: In questo studio affermano che la lesione debba essere lasciata guarire naturalmente con del riposo, tranne nei casi più gravi dove questo trattamento non ha successo.</p>

		<p>massima flessione: 7 mm Grip strength ridotta di 30% "Snap" udibile alla flessione del dito Protrusione di 7 mm appena prossimale a PIP</p> <p>Pz 2 Età 52 anni Dito medio della mano destra ROM flessione PIP: 0-70° "Snap" udibile alla flessione del dito Protrusione in zona C1 e A2</p>	<p>prima dell'intervento chirurgico, rottura di C1 e della metà distale di A2 che era anche staccata all'inserzione sulla falange</p>				<p>sono stati iniziati esercizi passivi per il ROM. Il ROM completo è stato raggiunto 5 settimane dopo l'inizio degli esercizi. A 3 mesi dall'operazione il paziente ha ricominciato l'arrampicata</p> <p>Pz 2 È stato rimosso il tessuto cicatriziale che avvolgeva la parte finale di A2 e C1, esso era la causa dello "snap" udibile. Successivamente all'operazione la PIP è stata bloccata in estensione per 3 settimane, MCP e DIP avevano libertà di movimento. Dopo 3 settimane è iniziata la mobilizzazione in flessione e a 5 settimane dall'intervento la paziente ha ricominciato a lavorare. A 3 mesi dall'operazione la paziente ha ricominciato l'arrampicata.</p>		
--	--	--	---	--	--	--	--	--	--

Tabella 9. Caratteristiche degli studi che analizzano il trattamento conservativo

Studio (autore e anno)	Disegno e durata dello studio e obiettivi principali, outcome primario	Numero e caratteristiche dei partecipanti (sesso, età, comorbidità alla <i>baseline</i> , assunzione di farmaci, anni e livello di arrampicata)	Criteri diagnostici, tempo trascorso dalla lesione, pulegge colpite	Valutazione della lesione del paziente	Stadio e gravità della lesione	Tipo di intervento	Dettagli dell'intervento eseguito	Outcome	Follow-up Risultati e la loro dimensione. Effetti collaterali
Bollen 1990 ⁴⁰	Case report 6 mesi	N= 1, età 20 anni, maschio, arrampicatore	Diagnosi basata sulla clinica Circa 4 settimane	No gonfiore o ematoma; normale funzionalità del tendine del flessore superficiale e profondo delle dita, no dolore se testati alla massima potenza. Unico segno clinico su cui si basa la diagnosi: <i>bowstringing</i> del tendine visibile e palpabile attraverso l'articolazione IFP alla flessione del dito	-	Conservativo	Consiglio di mettere <i>taping</i> "molto adeso" alla base del dito durante la scalata	Dopo 6 mesi il <i>bowstringing</i> era sempre molto evidente, tuttavia non limitava la funzione della mano nella vita di tutti i giorni. Nell'attività sportiva non riscontrava differenze rispetto alla situazione pre-lesionale tranne che la necessità continua di mettere il <i>tape</i> .	Follow-up: 6 mesi
Scott 2019 ⁴⁹	Case report 12 settimane	N=1, giocatore di <i>football</i> , 22 anni, maschio.	Fluoroscopia il giorno dell'infortuni	Valutazione: il paziente principalmente lamentava dolore. Diffuso gonfiore	Grado IV	Conservativo	<i>Splint</i> termoplastico modellato in lieve flessione con punti di pressione sulla	A tre settimane la MRI mostrava miglioramento del <i>bowstringing</i> e dell'edema.	Follow-up: 12 settimane

		No pregresse lesioni al dito. No assunzione di farmaci	o: negativa per frattura o anomalie ossee acute. MRI: completa rottura delle pulegge A2,A3,A4, C1 e C2 con edema dei tessuti molli circostante. <i>Bowstringing</i> presente.	senza deformità visibili o palpabili. L'aspetto volare della MCF e IFP del IV dito erano dolenti alla palpazione. Possibile la flessione della IFP e IFD e la completa estensione attiva era mantenuta in assenza di <i>bowstringing</i> . Meccanismo lesionale: estensione improvvisa del dito mentre era in massima flessione nell'afferrare la maglia di un avversario durante una partita			falange prossimale e media tutto il giorno per 6 settimane, da rimuovere solo occasionalmente per dare sollievo alla pelle, e quando rimosso doveva mantenere il dito completamente esteso. Durante l'attività sportiva lo <i>splint</i> veniva fasciato con il <i>tape</i> per mantenerlo in sede. Dopo 6 settimane, doveva indossarlo solo durante il gioco e le partite e la notte, mentre durante il giorno aveva uno <i>splint</i> ad anello che consentiva la flessione-estensione attiva. A 8 settimane è stato anche fatto uno <i>splint</i> per riguadagnare l'estensione mancante (5-10° della IFP), inoltre doveva tenere anche uno <i>splint</i> più rigido che permettesse la completa flessione. A 12 settimane, doveva indossare solo l'anello, solo durante il gioco.	A 8 settimane, mancavano 5°-10° di estensione della PIP, per cui stato fatto uno <i>splint</i> apposito. A 12 settimane, aveva solo 5° di <i>lag</i> in estensione della IFP correggibile passivamente, completa flessione senza <i>bowstringing</i> ed eccellente forza nel <i>grip</i> . Successivamente ha giocato 11 partite senza ripercussioni; è stato consigliato di mantenere lo <i>splint</i> durante le partite.	Successo del trattamento conservativo anche in un grado IV
Schneeberger 2016 ³⁸	Case series Valutare la efficacia del trattamento conservativo nelle lesioni delle pulegge con uno splint di protezione per la puleggia quantificando la riduzione della distanza tra tendine e falange e investigando	N=45 arrampicatori con 47 lesioni di puleggia (2 climbers hanno rotto la puleggia su due dita e sono stati considerati come due casi separati) 40 maschi e 7 femmine con età media all'evento 33.4 (21.8- 56.2), media degli anni di pratica	Valutazione clinica e ultrasuoni per quantificare il <i>bowstringing</i> Intervallo tra lesione e valutazione tra 1 e 18 giorni. A2 e A4	Questionario sulle circostanze dell'incidento e sugli <i>outcome</i> funzionali e sport-specifici. Misurazione del ROM auto-somministrata (7 pazienti hanno riscontrato deficit, 6 delle limitazioni più lievi). Misurazione della forza delle dita dopo un appropriato riscaldamento (4 pazienti hanno riduzione di forza delle dita, 8 hanno una perdita di forza lieve del dito trattato). Valutazione del livello di arrampicata basata sulla via più difficile scalata nei 2 anni prima della lesione.		Trattamento conservativo	Trattamento conservativo con un <i>pulley-protection splint</i> su misura posizionato vicino alla IFP indossato continuamente fino al primo FU a 2 mesi. Un'attività sportiva blanda utilizzando prese larghe, su pareti al massimo verticali (non strapiombanti) è stata permessa da 3 a 4 settimane dopo la lesione. Il graduale svezamento allo <i>splint</i> è iniziato dopo 2 mesi usando un <i>tape</i> al suo posto. I pazienti potevano infine effettuare esercizi di arrampicata normali dopo 3-5 mesi, in base al progresso della guarigione	39 pazienti sono stati valutati tramite ultrasuoni per calcolare la distanza tra tendine e falange e in tutti si è ridotta. Il ROM era limitato in 7 dita su 42 e in 6 dita il paziente descriveva soggettivamente che il pattern di movimento del dito era leggermente disturbato. Le misurazioni della forza hanno rivelato che c'è stata una perdita in 4 su 22 casi in cui è stata misurata e 8 su 43 climber hanno riportato una perdita minore. 38 pazienti hanno ripreso il loro livello pre-lesionale in una media di 8.8 mesi (2-36 mesi) valutato secondo la conversione dalla scala della UIAA. I 5 rimanenti, 3 riportano di aver scalato meno rispetto a prima della lesione per altre ragioni, mentre gli altri 2 avevano scalato quanto facevano prima.	<i>Follow-up</i> : primo FU a 2 mesi dalla diagnosi. La forza della mano trattata era normale nella maggior parte dei climber, con una differenza media del 96% rispetto al lato sano solo nella misurazione durante una crimp grip in un piccolo numero di casi. No differenza nella forza del dito. Tutti i casi hanno ripreso

	sugli <i>outcome</i> sport-specifici	sportiva 11 (1-30). Livello di arrampicata valutato con la scala francese convertito nella scala metrica da Schöffl 2003 ⁴¹ . Media del livello a vista 7.87 (5.50-9.50), livello medio <i>redpoint</i> 8.44 (6.25-10-25).						43 pazienti hanno dichiarato che potevano portare il massimo carico sul dito trattato in una media di 7.3 mesi (2-18), in 3 pazienti la capacità di carico è rimasta ridotta. Solo 2 partecipanti erano disturbati dal dolore durante o dopo l'attività sportiva, mentre degli altri, 31 non riportavano dolore, 10 non riportavano un dolore forte. 10 pazienti hanno messo il <i>tape</i> al dito per più di 12 mesi, e di questi 7 partecipanti considerano il <i>tape</i> come anche un supporto mentale, 3 lo considerano utile, nessuno però lo considera indispensabile. Entrambi i partecipanti che hanno fatto lesione di puleggia meno di 12 mesi prima hanno smesso di fare il <i>tape</i> dopo il FU. Relativamente alle limitazioni nella vita di tutti i giorni (dolore o ridotto ROM) 1 paziente riporta una destrezza ridotta del dito nel suonare la chitarra, 39 pazienti sono stati valutati con outcome molto buoni, 4 con outcome buoni, e 43 rifarebbero lo stesso trattamento proposto. Infine un paziente presentava anche una rottura del tendine del flessore superficiale delle dita che all'inizio era migliorata molto con ritorno a scalare su gradi difficili senza dolore dopo 3 mesi, tuttavia ha sperimentato un secondo trauma 6 mesi dopo il primo infortunio che gli provoca dolore fino alla fine dello studio.	il livello di attività precedente in 12 mesi. ¼ dei partecipanti è senza dolore durante o dopo l'attività. Gli outcome funzionali e sport specifici con questo trattamento si sono mostrati essere molto simili rispetto ai trattamenti convenzionali o a quelli chirurgici.
Schöffl 2006 ⁴⁷	<i>Case series</i> Obiettivo: capire se l'iniziale deficit di forza successivo a una lesione di puleggia può risolversi con il tempo durante il	N= 21, <i>climber</i> , 2 femmine e 19 maschi, età 34 ± 9 anni, anni di arrampicata in media 10.79 Livello di arrampicata valutato secondo la conversione nella scala	Clinica e ultrasuoni a conferma della lesione e per misurare la distanza tra tendine e falange. Tempo trascorso dalla lesione alla	Iniziale questionario e protocollo di esame (con incluso il Buck-Gramko-Score ⁷⁹ ROM misurato tramite goniometro: in 10 pazienti è presente una diminuzione dell'estensione della IFP, in uno della IFD. La forza delle dita è stata misurata secondo il protocollo descritto da Köstermeyer and Weineck ⁸⁴ .	11 casi grado II, 11 casi di grado III, 5 casi di grado IV	Trattamento conservativo anche per i pazienti di grado IV che hanno rifiutato l'intervento	N=14 di pazienti ha seguito un adeguato trattamento conservativo: scalata con protezione del <i>taping</i> iniziata in media 6 settimane dopo la lesione (±6 settimane, <i>range</i> 0-27 settimane), <i>taping</i> utilizzato per una media di 26 settimane (range 1 giorno – 5 anni).; 6 <i>climber</i> continuano ad utilizzarlo.	8 pazienti riportano problemi occasionali durante la scalata dovuti alla lesione, ma solo 2 riportano problemi anche nella vita quotidiana. Il livello precedente di attività sportiva è stato recuperato in tutti i soggetti entro 1 anno, sia a vista che <i>redpoint</i> , di cui i due soggetti più giovani lo hanno recuperato in 4-6 mesi. Secondo il Buck-Gramko-Score ⁷⁹ tutte le dita infortunate hanno mostrato un risultato eccellente per quanto riguarda il ROM.	<i>Follow-up:</i> - Gli outcome clinici del trattamento conservativo sui gradi I, II e III sono eccellenti, tuttavia anche sul grado IV il conservativo mostra risultati eccellenti: ciò dimostra che in assenza di

	trattamento conservativo e se il <i>climber</i> può tornare al livello pre-lesionale di attività sportiva e avere <i>outcome</i> funzionali e clinici buoni	metrica partendo dalla UIAA presentata in Schöffl 2003 ⁴¹ . Livello medio <i>redpoint</i> 8.52± 1.11, a vista 7.85± 1.05.	valutazione: media 3.46 anni (range 0.25 – 18) 10 casi lesione di A2, 1 caso di A3 e 11 casi di A4, 3 casi di A2/A3, 2 casi di A2/A4	Per valutare la differenza di forza rispetto al tempo subito dopo la lesione, i soggetti sono stati divisi in base a quanto tempo era trascorso dalla lesione: 11 soggetti da più di 1 anno, 6 soggetti da meno di 1 anno. Negli altri soggetti non è stato possibile misurare la forza. Meccanismo lesionale: durante l'attività sportiva				Per quanto riguarda i deficit di forza non è stata trovata una differenza né tra il dito lesionato in confronto a quello sano, né tra i due gruppi che avevano fatto lesioni in tempistiche differenti (no differenza probabilmente anche perché piccolo gruppo di persone e molti pazienti avevano già guadagnato velocemente il livello pre-lesionale di attività sportiva)	bowstringing e senza un iniziale limitazione del ROM, anche in questi casi l'approccio conservativo è possibile e valido, per poi eventualmente rivalutare l'operazione in caso di <i>outcome</i> sfavorevoli.
Moutet 1993 ⁴⁴	<i>Case series</i>	N=23, di cui N=12 climber di alto livello (sopra il 7a secondo la scala francese). 3 pazienti presentavano problemi anche alla spalla e 2 al gomito 10 maschi e 2 femmine negli <i>elite climber</i> , il sesso degli altri partecipanti non è specificato	Clinici Nei 12 casi di alto livello 1 settimana dopo la lesione, negli altri casi: 1 caso in a 3 settimane, 1 caso a 6 settimane e gli altri non è riportato. A2 in tutti i casi	I pazienti in anamnesi riferivano <i>pop-sound</i> con dolore associato. All'EO: dolore alla palpazione di A2, ai movimenti resistenti, edema e crepitii. Deficit di forza e deficit di ROM in estensione antalgico. No <i>bowstringing</i> in nessun caso. Meccanismo lesionale: durante l'attività sportiva		Conservativo su 14 pazienti	Riposo assoluto senza alcuna sollecitazione delle dita, sospesa dunque l'attività sportiva. Utilizzo di un anello di protezione di A2 in materiale termoplastico rigido oppure con <i>tape</i> per 45 giorni. Un trattamento di prevenzione consisteva in una buona idratazione, un riscaldamento sistematico e uno stretching progressivo dei flessori comuni delle dita e di flessori del carpo, prima di riprendere a scalare. L'anello associato per i primi 15 giorni dalla ripresa dell'attività.	Nei 12 casi di sportivi di alto livello, 6 pazienti hanno ripreso l'attività pre-lesionale (sopra il 7a) senza dolore e senza ripercussioni sul livello, 5 pazienti hanno avuto qualche dolore residuo senza ripercussioni sul livello, 1 paziente ha avuto dolore persistente e ha dovuto abbassare il livello di allenamento. Nei due casi di arrampicatori non di alto livello hanno portato agli stessi <i>outcome</i> .	<i>Follow-up</i> : 15 mesi Per quanto ci siano numeri insufficienti per poter trarre conclusioni, sembra che il trattamento chirurgico non sia fondamentale nei casi di lesioni alla puleggia in assenza di <i>bowstringing</i> .
Rohrbough 2000 ⁴⁶	<i>Case series</i> Obiettivo: esaminare un gruppo di <i>elite climber</i> in America per determinare la prevalenza delle lesioni di puleggia e	N=42 <i>climber</i> , di cui N=10 con dolore alla puleggia A2, età media 30,7 ±8.2 anni 7 femmine e 35 maschi Livello di arrampicata valutato	Clinica: questionario sugli infortuni e esame obiettivo di mano e arto superiore	Natura e localizzazione del dolore, tipo e difficoltà del movimento che ha causato l'infortunio, durata e intensità del dolore; è stato inoltre rilevato se il paziente ha contattato una figura sanitaria per l'infortunio e se ha ricevuto raccomandazioni o cure mediche. È stato inoltre esaminato il bowstringing, la lassità dei legamenti	-	Conservativo	Nessun trattamento, i pazienti hanno continuato a scalare al loro livello	Nessuna difficoltà nei task della mano durante le attività della vita quotidiana.	<i>Follow-up</i> : - Questo studio suggerisce che la storia naturale delle lesioni di puleggia possono essere più benigne di quanto si sia affermato finora.

	descrivere altre sindromi da infortunio in questa popolazione.	secondo lo <i>Yosemite decimal system</i> e sono stati suddivisi i pazienti in principianti (da 5.1 a 5.7), livello intermedio (da 5.8 a 5.10c), livello avanzato (da 5.10d a 5.11d), esperti (da 5.12° a 5.14d)		collaterali delle IFP e la loro dolorabilità, la funzionalità dei tendini del flessore profondo e superficiale delle dita, presenza di noduli su questi tendini e meccanismi a scatto.					
Wyatt 1996 ⁴⁴	<i>Case series</i> Obiettivo: studiare il tasso, le cause e la natura degli infortuni negli arrampicatori che si presentano al pronto soccorso	N=19 <i>climber</i> , di cui N=1 con lesione di puleggia, maschio	Clinici A2	Dolore dopo che durante l'attività sportiva era rimasto col peso sulla mano, su una presa piccola, per colpa di un piede scivolato via. All' EO presentava dolore, gonfiore della IFP, <i>bowstringing</i> .	-	Conservativo	Diverse settimane di riposo, utilizzo di tape durante l'attività	Ritorno al livello pre-lesionale dopo 2 mesi con utilizzo di tape per protezione della puleggia.	<i>Follow-up</i> : -
Lourie 2010 ⁴⁵	<i>Case series</i>	N=4, lanciatori di <i>baseball</i> in <i>major league</i> , maschi, età: 21, 26, 29 e 31 anni.	Clinica, radiografie, MRI Tempo immediato di valutazione Nel caso 4 MRI e ultrasuoni A4	Pz 1 e 3 : dolore riferito al terzo dito della mano sinistra da 2 settimane, con <i>pop</i> , sensazione di tirare e dolore improvviso riferito 3 settimane dopo. All'EO gonfiore sull'aspetto palmare di A2, no dolore alla flessione resistita del flessore superficiale delle dita ma presente al test del flessore profondo. Normali gli esami neurologici e vascolari. Tenosinovite leggera, considerata come prima diagnosi. Successivamente diagnosi di lesione di A4.		Conservativo	Pz 1 : per diagnosi di tenosinovite leggera ibuprofene e riposo per 2 settimane. Poi iniezioni di corticosteroidi. Successivamente <i>splint</i> e riposo per 6 settimane. Poi esercizi di rinforzo e ROM per 1 mese e poi un programma di progressione del lancio. Questo paziente aveva eseguito diversi anni prima infiltrazioni di corticosteroidi per una tenosinovite. Pz 2 : nell'immediato fasciatura iniziale con bendaggio autoadesivo Coban, ghiaccio, concesso	Pz 1 : no beneficio di ibuprofene e corticosteroidi iniziali, con dolore al lancio. Dopo le 6 settimane di <i>splint</i> e riposo ancora dolore presente su P2 e al test resistito del flessore profondo delle dita. Dopo 1 mese di esercizi e il programma di ritorno al lancio è tornato a lanciare senza dolore, in totale dopo 6 mesi dall'infortunio iniziale. Pz 2 : A 3 mesi il paziente è tornato a lanciare in partita senza dolore Pz 3 : ritorno a lanciare senza dolore in partita dopo 3 mesi. Pz 4 : ritorno a lanciare senza dolore a 6 mesi	<i>Follow-up</i> : 2 anni nei pz 1, 2 e 4, 3 anni nel pz 3. In tutti e 4 i casi A4 è stata lesionata isolatamente. Due settimane di riposo sono necessarie, seguite da un programma di ritorno al lancio graduale con protezione del dito. Precoce ritorno al lancio solo se tollerato. Ritorno alle partite in 6 – 12 settimane,

			<p>Pz 2: dolore iniziale vicino all'IFD per 7-10 giorni e dopo, durante un lancio, sensazione e suono di <i>pop</i> e dolore gonfiore immediati. All'EO gonfiore, ecchimosi sopra A2, dolore alla flessione resistita del flessore profondo delle dita, no <i>bowstringing</i> e normali esami neurologici e vascolari. Alla MRI <i>bowstringing</i> di A2 ed edema, rottura di A4.</p> <p>Pz 4: no sintomi precedenti al <i>pop</i> e dolore che hanno portato all'infortunio. Alla MRI rottura di A4 e <i>bowstringing</i>.</p> <p>Meccanismo lesionale: lancio della pallina durante attività sportiva</p>		<p>una cauta mobilizzazione iniziale. Per 2 settimane indossato supporto per la puleggia alternato a <i>tape</i> e iniziato un programma di ritorno al lancio.</p> <p>Pz 3: <i>splint</i>, ghiaccio, ROM iniziale concesso con cautela e dopo 1 mese iniziato un ritorno al lancio progressivo.</p> <p>Pz 4: trattamento più veloce, con <i>splint</i> iniziale e a due settimane inizio del programma di ripresa del lancio con la protezione del dito.</p>	<p>concesso solo senza dolore. 3 casi su 4 hanno avuto dolore prima dell'infortunio il che suggerisce un periodo infiammatorio precedente. Le infiltrazioni di corticosteroidi potrebbero essere dannose per la puleggia come suggerisce il caso 1.</p>
--	--	--	---	--	--	---

Tabella 10. Caratteristiche degli studi che analizzano il trattamento chirurgico

Studio (autore e anno)	Disegno e durata dello studio e obiettivi principali, outcome primario	Numero e caratteristiche dei partecipanti (sesso, età, comorbidità alla <i>baseline</i> , assunzione di farmaci, anni di arrampicata)	Criteri diagnostici, tempo trascorso dalla lesione, pulegge colpite	Valutazione del paziente	Stadio e gravità della lesione	Tipo di intervento	Dettagli dell'intervento eseguito	Outcome	Follow-up Risultati e la loro dimensione. Effetti collaterali
Martinez RA et al. 2019 ⁵¹	Studio retrospettivo Outcome primari: tempo operatorio e tempo con laccio emostatico	10 partecipanti divisi in due gruppi: gruppo allograft: n=5 età media: 47.8 anni BMI medio: 26.6 Fumatori: 0 Diabete mellito: 2 Immunosoppressi: 0 Follow up: 12 mesi Gruppo autograft: n=5 Età media: 42.6 anni BMI medio: 28.6 Fumatori: 2 Diabete mellito: 0 Immunosoppressi: 0 Follow up: 12.8 mesi	Rottura maggiore del 50% di A2, rottura concomitante di A3 e A4,	Bowstringing durante esplorazione chirurgica		Gruppo allograft: quattro pazienti con ricostruzione di più pulegge Gruppo autograft: un paziente con ricostruzione di più pulegge	Gruppo allograft: sutura delle pulegge cadaveriche al periostio delle falangi sul lato radiale e ulnare con 6 suture a materasso Gruppo autograft: triple loop con utilizzo del tendine del palmare lungo o del flessore radiale del carpo	Gruppo allograft: Tempo con laccio emostatico: 34 min Tempo operatorio: 46 min Dash postoperatoria: 3.6 Infezione del sito chirurgico: 0 Revisione chirurgica: 0 Gruppo autograft: Tempo con laccio emostatico: 63 min Tempo operatorio: 89 min Dash postoperatoria: 56.3 Infezione del sito chirurgico: 1 Revisione chirurgica: 1	Follow-up: 12.5 ± 2.9 mesi Risultati: Maggior efficienza della tecnica con allograft, outcome comparabili, differenza tra dash non statisticamente significativa (p 0.11)
Elizabeth Inkellis et al. 2018 ⁵²	Case series	4 partecipanti Paziente 1 Età 56 anni Dito anulare della mano destra dominante Paziente 2 Età 57 anni Dito anulare della mano destra dominante Paziente 3 Età 33 anni Dito mignolo della mano sinistra non dominante Fasciectomia per malattia di Dupuytren Paziente 4 Età 38 anni Dito mignolo della mano destra dominante	MRI o ultrasuono Paziente 1 Rottura A2 e A3 con bowstringing 8 mesi prima Paziente 2 Rottura A2 e A3 13 mesi prima Paziente 3 Rottura A2, A3 e A4 60 mesi prima Paziente 4 Rottura di A2 e A3 9 mesi prima	Bowstringing all'esame fisico Pz 1 Articolarità PIP: 45-100° Pz 2 Articolarità PIP: 60-100° Pz 3 Articolarità PIP: 90-100° Pz 4 Articolarità PIP: 70-100°		Posizionamento Digit Widget e successivo utilizzo di splint e tutori	IL digit widget consiste in un dispositivo che applica un momento in estensione all'articolazione interfalangea prossimale attraverso delle bande elastiche che agiscono su un perno fissato chirurgicamente a livello della falange media nella sua faccia dorsale. Una volta rimosso questo dispositivo segue un follow up con trattamento dei tessuti e molli e contestuale utilizzo di splint e tutori per mantenere l'articolazione guadagnata a livello della PIP Pz 1 Tempo con digit widget: 13 sett. Pz 2 Tempo con digit widget: 9 sett. Pz 3 Tempo con widget: 14 sett. Pz 4 Tempo con widget: 13 sett.	Outcome misurati a fine follow up Pz 1 VAS: 0 Likert scale: 5 Michigan Hand Outcomes Questionnaire: 97 ROM PIP post op : 0-100° Pz 2 VAS : 1 Likert scale : 5 Michigan Hand Outcomes Questionnaire: 93 ROM PIP post op : 15-85° Pz 3 VAS : 0 Likert scale : 5 Michigan Hand Outcomes Questionnaire: 97 ROM PIP post op : 30-80° Pz 4 VAS : 2 Likert scale : 5 Michigan Hand Outcomes Questionnaire 64	Follow-up: Pz 1: 5 mesi Pz 2: 11 mesi Pz 3: 18 mesi Pz 4: 33 mesi Risultati: 3 pz su 4 hanno sviluppato infezione a livello dei perni fissati chirurgicamente, ma questo non ha precluso la continuazione del trattamento

		Riparazione tendinea dei flessori superficiale e profondo delle dita						ROM PIP post op : 30-80°	
Jakubietz MG et al 2017 ⁵³	Case report	Un partecipante, microchirurgo con lesione acquisita durante la pratica di arrampicata all'anulare di sinistra	MRI Rottura completa di A4 con intrappolamento della stessa al di sotto del flessore profondo	E space = 4 mm	La lesione viene definita acuta	Ricostruzione con un trapianto di superficie dal primo compartimento estensorio	La puleggia è stata liberata da sotto il flessore profondo e suturata nella sua posizione originale sul lato radiale dove era avvenuta la rottura, successivamente vi è stata suturato sopra il trapianto di superficie a rinforzo. Uno splint è stato utilizzato nella prima settimana post op seguito da un anello termoplastico per 5 settimane.	Controllo con ultrasuono a 2 anni mostra E space = 0 mm	Follow-up: 2 anni Risultati: Microchirurgia ripresa dopo 2 settimane, operazioni più impegnative dopo 6 settimane. Arrampicata ripresa dopo 6 settimane, full crimp position consentita dopo 6 mesi. No deficit di rom a parte iperestensione DIP.
Schoffl et al. 2012 ⁵⁴	Case series	5 partecipanti Pz 1 Età 42 anni Dito medio della mano sinistra non dominante Deficit estensione PIP 10° Livello arrampicata (UIAA) 6.5 Pz 2 Età 33 anni Dito medio della mano destra dominante Deficit estensione PIP 10° Livello arrampicata (UIAA) 9.7 Pz 3 Età 40 anni Dito medio della mano sinistra non dominante Deficit estensione PIP 5° Livello arrampicata (UIAA) 7.3 Pz 4 Età 50 anni	Ultrasuono con flessione contro resistenza Pz 1 Rottura di A2, A3 e A4 Pz 2 Rottura di A2 e A3 Pz 3 Rottura di A2 e A3 Pz 4 Rottura di A2, A3 e A4 Pz 5 Rottura di A2, A3 e A4 Pz 6 Rottura di A2 e A3	Valutazione della distanza tendine-osso a livello della metà della falange prossimale per A2, a livello della metà della falange intermedia per A4 e a livello della parte prossimale della PIP per A3	Tutte le lesioni erano di grado 4	Intervento chirurgico che combina la tecnica one and a half loop con la tecnica di Weilby	Il sito di trapianto è il palmare lungo. Successivamente all'intervento viene utilizzato uno splint per 2 settimane, seguito da un anello semi flessibile per 4 settimane. Dopo queste 6 settimane di recupero il movimento è consentito liberamente, mentre l'esercizio fisico è consentito con l'applicazione di H tape. Successivamente si segue il protocollo di Schoffl et al. 2003	Pz 1 Deficit estensione PIP post op 10° Livello arrampicata (UIAA) post op 6.5 Buck-Gramcko score 15/15 Functional outcome Schoffl score: Good Sport specific outcome Schoffl score: Excellent Pz 2 Deficit estensione PIP post op 10° Livello arrampicata (UIAA) post op 9.7 Buck-Gramcko score 15/15 Functional outcome Schoffl score: Good Sport specific outcome Schoffl score: Excellent Pz 3 Deficit estensione PIP post op 5° Livello arrampicata (UIAA) post op 6.7 Buck-Gramcko score 15/15 Functional outcome Schoffl score: Good Sport specific outcome Schoffl score: Excellent Pz 4	Follow-up: rivalutazione singola Pz 1: 18 mesi Pz 2: 19 mesi Pz 3: 18 mesi Pz 4: 12 mesi Pz 5: 52 mesi Pz 6: 6 mesi Risultati: Questa tecnica permette con un solo trapianto di poter ricostruire A2, A3, A4 e le pulegge crociate, il functional score non è sempre ottimale a causa delle precedenti contratture in flessione a livello della PIP

		<p>Dito medio della mano sinistra non dominante Deficit estensione PIP 20° Livello arrampicata (UIAA) 6.7 Pz 5 Età 45 anni Dito medio della mano sinistra non dominante Deficit estensione PIP 25° Livello arrampicata (UIAA) 7.0 Pz 6 Età 52 anni Dito anulare della mano destra dominante Deficit estensione PIP 10° Livello arrampicata (UIAA) 8.7</p>						<p>Deficit estensione PIP post op 30° Livello arrampicata (UIAA) post op 5.0 Buck-Gramcko score 15/15 Functional outcome Schoffl score: Fair Sport specific outcome Schoffl score: Satisfactory Pz 5 Deficit estensione PIP post op 25° Livello arrampicata (UIAA) post op 7.0 Buck-Gramcko score 15/15 Functional outcome Schoffl score: Satisfactory Sport specific outcome Schoffl score: Excellent Pz 6 Deficit estensione PIP post op 10° Livello arrampicata (UIAA) post op 8.7 Buck-Gramcko score 15/15 Functional outcome Schoffl score: Good Sport specific outcome Schoffl score: Excellent</p>	
Arora R. et al. 2007 ⁵⁵	Case series con analisi retrospettiva	<p>23 partecipanti Gruppo trapianto dal retinacolo degli estensori (A) 13 pazienti, 2 F e 11 M Età media 41 anni (26-51) 10 medi e 3 anulari Tutte lesioni durante arrampicata Gruppo trapianto tendine del palmare lungo (B) 10 pazienti, 1 F e 9M Età media 38 (24-59) 7 medi e 3 anulari 2 lesioni durante arrampicata 3 lesioni durante il sollevamento di pesi 5 lesioni durante l'apertura di porte/cassetti.</p>	<p>Ultrasuono e MRI</p> <p>Gruppo A Tempo medio dalla lesione 9 settimane (6-13) 8 lesioni di A2 e 5 di A2+A3 Gruppo B Tempo medio dalla lesione 7 settimane (5-9) 6 lesioni di A2 e 4 lesioni di A2+A3</p>	<p>Bowstringing all'esame fisico Gruppo A Flessione PIP: 82° (70-90°) Circonferenza dito: 76mm (60-90)</p> <p>Gruppo B Flessione PIP: 80° (75-90) Circonferenza dito: 66 mm (58-80)</p> <p>Per entrambi i gruppi la grip strenght era 42 kg (29-57) e la pinch strenght era 6 kg (3-9)</p>		<p>Entrambe le tecniche chirurgich e sono non-encircling</p>	<p>Nel gruppo A è stata utilizzata la tecnica descritta da Gabl et al. 2000 che prevede l'utilizzo di una striscia del retinacolo degli estensori espianata insieme al periostio, il trapianto viene fissato attraverso il periostio alla falange, mentre la parte legamentosa è stata suturata al bordo rimanente della puleggia. Nel gruppo B è stata utilizzata la tecnica descritta da Kleinert e Bennet 1989 facendo passare il trapianto tendineo nei bordi rimanenti della puleggia come se fosse un laccio da scarpe. In entrambi i gruppi è stato utilizzato uno splint per limitare la flessione nelle prime 4 settimane. Dopo la rimozione si iniziava la fisioterapia. Attività sportiva, trasporto di pesi e lavori manuali pesanti sono stati vietati per i primi tre mesi</p>	<p>Gruppo A Flessione PIP post op: 91° (85-100°) Circonferenza dito post op: 70mm (58-88) Grip strength post op: 48 kg (34-60) Pinch strength post op: 8 kg (4-11) Buck Gramcko score: 10 excellent, 2 good e 1 fair Gruppo B Flessione PIP post op: 91° (80-100°) Circonferenza dito post op: 62mm (54-82) Grip strength post op: 48 kg (32-68) Pinch strength post op: 7 kg (3-10) Buck Gramcko score: 7 excellent, 2 good e 1 fair</p>	<p><i>Follow-up:</i> Gruppo A 48 mesi Gruppo B 57 mesi</p> <p>Risultati: nessuna differenza statisticamente significativa in ROM attivo, grip e pinch strength è stata osservata fra i due gruppi</p>

Desai B et al. 2021 ⁵⁶	Case report	1 partecipante Età 58 anni Maschio Destrimane Dito medio sinistro	RX, ultrasuono e MRI Lesione avvenuta 9 mesi prima dell'intervent o chirurgico, pulegge colpite A2+A3+A4	Bowstringing alla flessione resistita Articolarità PIP: 60- 100° Rottura del tendine del flessore superficiale dele dita con conseguente assenza di movimento attivo a livello della PIP e anche della DIP		Triple loop per A2 e double loop per A4	Il chirurgo ha ricostruito la puleggia A2 con un trapianto del tendine del palmare lungo, mentre ha ricostruito la puleggia A4 con una porzione del tendine del flessore superficiale delle dita precedente rimosso a livello palmare. La ricostruzione di A3 non è stata eseguita essendo stato valutato che non avrebbe ulteriormente limitato il bowstringing. Il flessore superficiale delle dita non è stato ricostruito per evitare problemi di scivolamento del flessore profondo delle dita nella zona II. È stata eseguita una capsulotomia a livello della PIP per correggere la retrazione in flessione. Dopo l'intervento è stato applicato uno splint rigido in estensione.	6 settimane dopo l'operazione Rom passivo PIP: 0-55° Rom attivo PIP: 0-5° Rom passivo DIP: 0-40° Rom attivo DIP: 0-5° 3 mesi dopo l'operazione Rom passivo PIP: 0-50° Rom attivo PIP: 0-20° Rom passivo DIP: 25-50° Rom attivo DIP: 25-40°	Follow-up: 3 mesi Risultati: il paziente ha sviluppato una retrazione in estensione che però egli stesso ha riferito come meno limitante nella vita di tutti i giorni e per questo si è ritenuto soddisfatto
Kachouh N. et al 2018 ⁵⁷	Case report	1 partecipante Età 38 anni Donna Pollice sinistro	Ultrasuono e MRI La lesione sembra avvenuta durante l'infanzia, dolore da 3 anni, rottura di A1+A2+A obliqua	Bowstringing durante flessione forzata ROM passivo completo a livello di MCP e IP, ROM attivo limitato in flessione a livello di IP. Grip strength mano colpita: 15 kg Grip strength mano sana: 32 kg Mobilità pollice secondo Kapandji score: 8/10 QuickDASH: 25/100		Trapianto dal retinacolo degli estensori per la ricostruzio ne di A1	Il trapianto è stato fissato con due ancoraggi tipo Mitek 2/0 a causa della mancanza di qualsivoglia parte rimanente delle pulegge. Il pollice è stato immobilizzato in estensione con uno splint. La riabilitazione sia passiva che attiva è iniziata a 3 settimane	A 6 mesi Assenza di dolore ROM passivo e attivo completi Grip strength mano operata: 26 kg Mobilità del pollice secondo il Kapandji score: 10/10 QuickDASH: 15.4/100 A 1 anno No bowstringing all'ultrasuono	Follow-up: 1 anno
Lutter C. et al 2015 ⁵⁹	Case report	1 partecipante Età 36 anni Donna Dito anulare mano sinistra non dominante	Ultrasuono e MRI Lesione 7 settimane prima dell'intervent o chirurgico, lesione completa di A2+A3 e lesione parziale di A4	Dolore alla palpazione sulla superficie palmare del dito a livello di A2 e A3 Perdita di forza nel dito Limitazione estensione PIP di 10° Distanza di 1 cm fra polpastrello e palmo in massima flessione	Grado 4	Intervento chirurgico che combina la tecnica one and a half loop con la tecnica di Weilby	Trapianto di tendine del palmare lungo. Intervento chirurgico seguito da 2 settimane di immobilizzazione con splint, 4 settimane di mobilizzazione con anello termoplastico. Dalla 7a alla 12a settimana è stata concessa mobilizzazione senza protezione della puleggia e blando allenamento di forza del dito interessato con H taping. Arrampicata controllata è stata concessa dopo 16 settimane con H taping e arrampicata senza limitazioni con H taping dopo 6 mesi. Ad 1 anno la paziente si ripresenta lamentando dolore a PIP e MCP. LA	Al follow up finale: Buck-Gramcko score: excellent Functional score: good Sport.specific score: good Maggior forza del dito operato nella hanging position rispetto al dito sano (+29.3%), minor forza nella crimping position (-58.9%)	Follow-up: 3 anni

							radiografia mostra atrofia corticale della falange prossimale nella zona dove passa il trapianto, il quale risulta essere intatto. La MRI mostra un edema intramidollare. Si procede con 2 settimane di immobilizzazione con splint e diclofenac, l'arrampicata vietata per 6 settimane. Non cambiando i referti RX e MRI si decide per una terapia con cortisone e non essendoci miglioramenti si impongono altre 6 settimane di stop all'arrampicata al termine delle quali la sintomatologia è scomparsa. Dopo altri 2 anni la paziente viene rivalutata, nulla da segnalare		
Johnsen P. et al 2014 ⁶⁰	Case report	1 partecipante Età 56 anni Uomo Giocatore amatoriale di bowling Dito medio mano destra dominante	Ultrasuono Lesione 17 giorni prima dell'intervento chirurgico, rottura di A2+A3 e avulsione del flessore superficiale delle dita	Distanza di 2 cm fra polpastrello e palmo in massima flessione ROM flessione MCP: 80° ROM flessione PIP: 70° ROM flessione DIP: 55° Estensione completa a tutte le articolazioni Bowstringing durante la flessione contro resistenza Flessione attiva della sola PIP assente		Tecnica di Weilby	Trapianto di tendine del palmare lungo. Il FDS è stato sezionato prossimalmente ad A1. La fisioterapia è iniziata 3 giorni dopo l'intervento con esercizi di estensione attiva e "place-and-hold tenodesis exercises". Una volta diminuito il gonfiore si è iniziato ad usare un tutore ad anello per supportare la puleggia.	A 2 mesi di follow up: ROM flessione MCP: 90° ROM flessione PIP: 90° Estensione attiva completa A 15 mesi di follow up: ROM flessione MCP: 85° ROM flessione PIP: 100° ROM flessione DIP: 85°	Follow-up: 15 mesi Risultati: il paziente ha ripreso tutte le sue attività, si è instaurata una contrattura in flessione della PIP di 10°.
Kosiyatrakul A. et al. 2009 ⁶¹	Case report	1 partecipante Età 53 anni Donna Pollice destro	MRI Lesione 1 anno prima dell'intervento chirurgico, rottura di A1+A obliqua+A2	Bowstringing da MCP a IP all'esame fisico		Triple loop technique	Trapianto di tendine del plantare posizionato a livello di A obliqua. Esercizi di mobilità attiva sono stati iniziati una settimana dopo l'intervento	A 2 mesi ROM attivo completo	Follow-up: 2 mesi
Fazilleau F et al. 2014 ⁶²	Case report	1 partecipante Età 48 anni Donna Pollice della mano destra dominante	RX e MRI Rottura di A1+A obliqua	Ridotto ROM in flessione attiva a livello di MCP e IP associato a bowstringing		Bunnel technique	Trapianto di tendine del palmare lungo usato per ricostruire sia A obliqua che A1 insieme. La riabilitazione attiva è stata iniziata immediatamente dopo l'operazione chirurgica associata all'utilizzo di uno splint statico per otto settimane	Kapandji Opposition Index 10/10	Follow-up: 6 mesi

Lin GT 1999 ⁶³	Case report	1 partecipante Età 35 anni Uomo Lesione da sguantamento con amputazione della falange distale di indice, medio e anulare e successive tenolisi con apertura di A2 a livello del dito medio	Lesione iatrogena di A2	Esplorazione chirurgica		Triple loop technique	La puleggia ricostruita è stata fatta passare sotto all'apparato estensorio ed al periostio. La lunghezza della puleggia ricostruita era pari al 47% dell'originale	Nonostante si fosse ottenuto un miglioramento nella mobilità della PIP attraverso la ricostruzione della puleggia e della tenolisi, ad un controllo a 6 anni la PIP aveva sviluppato anchilosi. 8 anni e 3 mesi dopo la lesione da sguantamento è stata fatta un RX per indagare l'anchilosi la quale mostrava riassorbimento osseo, con presentazione a clessidra della falange, al di sotto della puleggia ricostruita. Questa anomalia si è mantenuta presente nelle rx di controllo svolte a 9 e 10 anni.	Follow-up: 10 anni
Schreiber JJ et al. 2015 ⁶⁴	Case report	1 partecipante Età 29 anni Uomo Dito anulare mano destra	MRI Lesione avvenuta 10 giorni prima dell'intervento o chirurgico, rottura di A2+A3+A4 associate a rottura del tendine del FDS in zona II	Assenza di movimento attivo segmentale a livello di PIP		Tecnica non encircling non meglio definita, verosimilmente tecnica di Weilby	È stato trapiantato il tendine del FDS lesionato, mezzo è stato usato per ricostruire A2 e l'altra metà per ricostruire A3 e A4. La riabilitazione è iniziata 4 giorni dopo l'intervento con esercizi di "tendon gliding" per riguadagnare ROM attivo evitando esercizi di rinforzo prima della 6a settimana.	A 9 mesi: ROM MCP: 0-90° ROM PIP: 0-90° ROM DIP: 0-50° Distanza tra polpastrello e palmo in massima flessione: 11 mm	Follow-up: 9 mesi
Tropet Y et al. 1990 ⁶⁵	Case report	1 partecipante Età 21 anni Uomo Dito anulare della mano destra	Esame fisico svolto 5 giorni dopo la lesione, rottura di A2	Esame obiettivo positivo per bowstringing nell'opposizione pollice anulare e limitazione della flessione attiva della falange distale in questa posizione Flessione attiva della falange distale possibile per 20°, ciò esclude la possibilità di lesione del FDP		Sutura della puleggia	Dopo la sutura della puleggia il dito è stato mantenuto in uno splint rigido per 21 giorni. Successivamente si è svolta mobilizzazione attiva per 1 mese	A 6 mesi il paziente aveva recuperato 70° di flessione attiva dell'interfalangea distale e non era più apprezzabile bowstringing	Follow-up: 6 mesi
Vandepuut e G et al. 2001 ⁶⁶	Case report	1 partecipante Età 48 anni Uomo	Lesione avvenuta 3 mesi prima dell'intervento	Esame obiettivo che evidenziava bowstringing e successiva conferma		Encircling technique non	La ricostruzione è avvenuta con un trapianto di tendine del palmare lungo. Per la ricostruzione di A2 il graft è stato avvolto attorno alla falange prossimale e	A 5 settimane: ROM PIP: 20-85° A 3 mesi: ROM PIP: 10-90°	Follow-up: 3 mesi

		Dito anulare della mano destra	o chirurgico, rottura di A2+A3+A4 con associata ad avulsione del FDS	attraverso esplorazione chirurgica ROM PIP: 50-80° ROM DIP: 10-40°		meglio definita	sotto l'apparato estensorio, mentre per A4 è stato fatto passare attorno alla falange intermedia ed all'apparato estensorio. Entrambi i graft sono poi stati suturati a se stessi e ai rimanenti bordi delle pulegge rotte. La mobilizzazione è stata iniziata immediatamente con una protezione palmare. La fibrosi che si era formata fra il moncone del FDS e il tendine del FDP, nonché fra il FDP e la superficie volare causavano il deficit in estensione e per questo si è reso necessario debridment e tenolisi del FDS.	ROM DIP: completo	
Sanger JR et al 1990 ⁶⁸	Case report	1 partecipante Età 55 anni Nel 1977 frattura della falange prossimale del dito medio della mano sinistra, a cui segue ricostruzione del FDP complicata da infezione e conseguente rottura del tendine Nel 1979 ricostruzione del tendine e delle pulegge. Nel 1980 tenolisi e artrodesi di DIP. Nel 1981 ulteriore tenolisi per ridotto ROM e ricostruzione di A2. Nel 1985 ulteriore tenolisi con successiva rottura del tendine, a questo punto è stata consigliata artrodesi PIP che la paziente rifiuta. Nel 1987 ricostruzione del tendine con estensore dell'alluce. Nel 1988 ulteriore tenolisi e ricostruzione di A2	Rottura di A2	Esame clinico ed esplorazione chirurgica		Double loop technique	Durante la 4a settimana post intervento di ricostruzione di A2 si osserva movimento anomalo della falange prossimale e tramite RX si conferma la frattura della stessa e si nota riassorbimento osseo, con presentazione a clessidra della falange, maggiore a livello dorsale, ma comunque presente in tutta la zona avvolta dalla puleggia ricostruita. La frattura è stata stabilizzata con un fissatore esterno e in questo modo si è consolidata.	La paziente stava guadagnando ROM prima della frattura, successivamente a quest'ultima si è instaurata nuovamente una perdita consistente di ROM.	Follow-up: - Vista la riduzione di ROM si è deciso per un'amputazione e successivamente la paziente ha riguadagnato una buona funzione della mano
Wray RC Jr et al. 1974 ⁶⁹	Case series	7 partecipanti per un totale di 14 pulegge ricostruite.				Tecnica di ricostruzione con	L'operazione prevede l'inserimento di una puleggia fatta in Dacron di 5 mm di diametro per 2/3 mm di lunghezza.	Dopo le due operazioni (puleggia e tendine):	Follow-up: -

		Tutti i pazienti avevano subito operazioni di riparazione dei tendini di FDS e FDP senza successo.				puleggia in dacron	Questa viene fissata alla falange ribaltando una sezione di periostio, facendo aderire la puleggia all'osso con una procedura di scarring e facendovi poi ripassare dentro la sezione di periostio che viene poi suturato nella sede iniziale. Dopodiché un inserto di silicone è posto all'interno del canale del flessore per 2/3 mesi in attesa della riparazione tendinea.	2 pazienti erano in grado di contattare il palmo con il polpastrello in massima flessione di dito 2 pazienti avevano una distanza fra 1 e 3 cm fra polpastrello e palmo 1 paziente aveva una distanza maggiore ai 3 cm fra polpastrello e palmo In 1 paziente non è stato possibile eseguire misurazioni del ROM	
Ferran NA et al. 2014 ⁷⁰	Case report	1 partecipante Età 27 anni Donna Infortunio da sguantamento con lesione di FDS e FDP all'anulare e mignolo, trattati chirurgicamente con ricostruzione FDP complicata da infezione delle ferite chirurgiche ed esitata in contrattura in flessione di PIP ad entrambe le dita. La contrattura è stata tratta con tenolisi che ha però portato a <i>bowstringing</i>	3 anni dopo la lesione iniziale e 6 mesi dopo la tenolisi, rottura di A2+A3+A4	Esplorazione chirurgica		A2 dell'anular e ricostruita con tecnica encircling A2 del mignolo ricostruita con tecnica di Weilby	Entrambe le ricostruzioni sono state eseguite con un trapianto di palmare lungo	A 7 mesi dalla ricostruzione della puleggia la paziente lamentava nuovamente rigidità a livello della PIP a livello dell'anulare. Un RX ha mostrato segni di riassorbimento osseo con presentazione a clessidra della falange.	Follow-up: 7 mesi
Cresswell TR et al. 1998 ⁷¹	Case report	1 partecipante Età 43 anni Uomo Mano destra dominante Trattato conservativamente per 6 settimane Distanza fra tendine FDP e osso a riposo: 10.4 mm Diametro tendine: 4.6 mm Diametro canale: 10.2 mm Bowstringing in flessione: 4.1 mm	Ultrasuono Lesione avvenuta 11 settimane prima dell'intervento chirurgico, rottura di A3	Bowstringing e dolore al carico del dito in flessione		Sutura della puleggia	Il dito è stato immobilizzato per 2 settimane, successivamente è stata iniziata mobilizzazione progressiva	A 6 settimane ROM MCP: 5-80° ROM PIP: 10-95° ROM DIP: 4-76° In parentesi il confronto con il controlaterale Distanza fra tendine FDP e osso a riposo: 9.4 mm (7.2 mm) Diametro tendine: 4.7 mm (4.4 mm) Diametro canale: 6.9 mm (6.6 mm) Bowstringing in flessione: 1.4 mm (1.4 mm) Spostamento longitudinale in flessione: 7.2 mm (8 mm)	Follow-up: 9 mesi

		Spostamento longitudinale in flessione: 4.2 mm Spostamento longitudinale/angolo di flessione: 0.11 mm per grado Bowstringing in flessione/spostamento longitudinale in flessione: 1.0						Spostamento longitudinale/angolo di flessione: 0.16 mm per grado (0.17 mm per grado) Bowstringing in flessione/spostamento longitudinale in flessione: 5 (5.7)	
Voulliaum e D et al. 2004 ⁷²	Case series	12 partecipanti Età media 28 anni 9 uomini e 3 donne tutti arrampicatori Più coinvolto il dito anulare della mano non dominante	Ultrasuono e MRI Lesione di A2 più comune	Bowstringing in flessione Aver udito un clack al momento della lesione Dolore con vas da 4/10 a 8/10		Tecnica di Lister	La ricostruzione è stata fatta usando un trapianto di retinacolo degli estensori del 4o compartimento. È stato portato uno splint rigido per 45 giorni. La riabilitazione è stata iniziata fra i 3 e i 7 giorni dopo l'operazione con cadenza di quattro volte a settimana. L'arrampicata è stata iniziata in media 4.5 mesi dopo l'operazione	5 pazienti hanno aumentato il loro livello di arrampicata rispetto a prima della lesione 5 paziente sono tornati al livello d'arrampicata pre infortunio 2 pazienti hanno diminuito il loro livello di arrampicata rispetto a prima della lesione	Follow-up: -
Arora R et al. 2013 ⁷³	Case series	15 partecipanti	Ultrasuono e MRI 6 rotture di A2 e 9 di A2+A3	Bowstringing ROM PIP medio 82° Grip strength media 42 kg Finger pinch strength media 6 kg Circonferenza media 76 mm		Tecnica non encircling come descritta da Gabl	La ricostruzione utilizza una striscia del retinacolo degli estensori espantata insieme al periostio, il trapianto viene fissato attraverso il periostio alla falange, mentre la parte legamentosa è stata suturata al bordo rimanente della puleggia e presenta il bordo sinoviale all'interno. Successivamente all'intervento chirurgico si posiziona uno splint palmare per 4 settimane che mantiene MCP, PIP e DIP in estensione. Lavori manuali pesanti e arrampicata non sono stati permessi prima di 3 mesi post op	ROM PIP medio 91° Grip strength media 48 kg Finger pinch strength media 8 kg Circonferenza media 70 mm Buck Gramcko score: 12 excellent 2 good 1 fair	Follow-up: 48 mesi
Gabl M et al. 2000 ⁷⁴	Case series	6 partecipanti Età media 40 anni (29-48) 5 maschi e 1 donna In 5 pazienti era interessato il dito medio ed in 1 paziente era interessato l'anulare 3 pazienti hanno sostenuto l'infortunio durante l'arrampicata 1 paziente durante il sollevamento di una	MRI e ultrasuono La lesione è avvenuta in media 11 settimane (6-23) prima dell'intervento chirurgico, lesione di A2+A3	VAS media: 35 (30-45) Flessione PIP media: 27° Circonferenza media alla falange prossimale: 76 mm Pinch grip media: 28 N		Tecnica non encircling	La ricostruzione utilizza una striscia del retinacolo degli estensori espantata insieme al periostio, il trapianto viene fissato attraverso il periostio alla falange, mentre la parte legamentosa è stata suturata al bordo rimanente della puleggia e presenta il bordo sinoviale all'interno. Successivamente all'intervento chirurgico si posiziona uno splint palmare per 4 settimane che mantiene MCP, PIP e DIP in estensione. Successivamente si inizia con la mobilizzazione attiva. Il tape è raccomandato per usi intensi della mano fino a 6 mesi post op.	Al follow up finale: VAS media: 7 (0-15) Flessione PIP media: 116° (105-125) Circonferenza media alla falange prossimale: 71 mm(65-74) Pinch grip media: 56 N (50-65) Impairment medio nello sport: 0.2 (0-1) 0 = assente, 1 = minimo, 2 = moderato, 3 = importante, 4 = permanente Alla risonanza magnetica il bostringing era assente in 5 pazienti e migliorato in 1.	Follow-up: -

		scatola pesante che è scivolata 1 paziente stava alzando una finestra pesante 1 paziente stava partecipando ad una sfida folcloristica alpina in cui ci si sfida a tirarsi con il dito medio						Tutti i pazienti erano soddisfatti e si sarebbero sottoposti nuovamente alla procedura chirurgica nel caso di un nuovo infortunio ad un altro dito, nessuno ha dovuto cambiare lavoro e sono tutti tornati ad arrampicare al livello pre infortunio	
Wilson SM et al. 2005 ⁷⁵	Case series	2 partecipanti Pz 1 Età 38 anni Donna Pollice sinistro Tenosinovite a livello MCP per 12 mesi Due iniezioni di corticosteroidi dopo la seconda impossibilità a flettere IP e debolezza nella presa Pz 2 Età 37 anni Donna Pollice della mano sinistra dominante Dopo 2 mesi di dolore, contrattura in flessione IP e debolezza nella presa, riceve iniezione di corticosteroidi. Tre settimane dopo iniezione avverte un click Contrattura in flessione MCP: 40° Contrattura in flessione IP: 50°	CT Pz 1 Si presenta 3 mesi dopo la seconda iniezione, rottura di A1+A2+A obliqua Pz 2 Rottura di A1+A2+A obliqua	Pz 1 Bowstringing del flessore lungo del pollice e riduzione del ROM attivo di MCP e IP Pz 2 Area di ecchimosi sull'eminanza tenar Contrattura in flessione di 40° della MCP e 50° della PIP Impossibile l'estensione attiva di IP Bowstringing		Pz 1 A obliqua è stata ricostruita con la tecnica di Okutsu Pz 2 A obliqua è stata ricostruita con un flap dell'adduttore del pollice. A1 è stata ricostruita con una plastica a Z delle parti rimanenti della stessa.	Pz 1 Per A obliqua è stato fatto un trapianto del tendine del palmare lungo. La riabilitazione attiva è iniziata immediatamente, usando uno splint statico in posizione neutrale per il polso associato ad una fasciatura circolare della falange prossimale del pollice per 5 settimane. A causa di rigidità a livello di IP sono state eseguite una tenolisi ed un'artrolisi a 7 mesi dall'operazione iniziale Pz 2 La resezione del tessuto fibrotico sottostante il flessore lungo del pollice ha permesso l'estensione completa di MCP, ma non di IP. È stato eseguito un allungamento del flessore lungo del pollice alla giunzione muscolo tendinea. È stato usato uno splint termoplastico dorsale con una fascia attorno alla flange prossimale del pollice per mantenere MCP in estensione e consentire la flessione attiva di IP per 6 settimane.	Pz 1 ROM attivo IP: 0-60° ROM attivo MCP: 20-90° Pz 2 A 12 settimane presentava ROM attivo e passivo completo sia a livello di MCP che di IP e grip strength uguale al controlaterale	<i>Follow-up:</i> Pz 1: 7 mesi Pz 2: 6 anni
Bouyer M et al. 2016 ⁷⁶	Case series	38 partecipanti Età media 28 anni (18-40) 31 maschi e 7 donne 18 lesioni interessavano la mano dominante	Ultrasuono, MRI o tomografia metria Operazione chirurgica	Bowstringing dei flessori	2 pazienti grado II 30 pazienti grado III 6	Tecnica di Lister	Trapianto di retinacolo degli estensori. Nel post operatorio i pazienti portavano uno splint che manteneva MCP a 80° di flessione ed il polso a 30° di flessione per 45 giorni. Un anello termoplastico, a livello della puleggia colpita, veniva portato per 90 giorni. Fisioterapia	30 pazienti sono tornati al loro livello iniziale dopo in media 6.4 mesi (SD 2.8) dopo essere tornati ad arrampicare, di questi 15 hanno migliorato il loro livello. Il bowstringing è stato ridotto a meno di 2mm in 18 pazienti, con	<i>Follow-up:</i> in media 85 mesi (11-207) Risultati: operazioni fallite, 2 polpastrelli con

		24 lesione dell'anulare 13 lesioni del dito medio 1 lesione del dito indice	svolta in media 109 giorni (3-622) dopo l'infortunio. 27 pazienti pazienti hanno subito rottura di A2, 3 pazienti di A3, 1 paziente di A4, 6 pazienti A2+A3, 1 paziente A3+A4		pazienti grado IV		quotidiana veniva iniziata 3 giorni dopo l'operazione ed includeva massaggio drenante, "pressure therapy" e ultrasuono pulsato. Nei primi 45 giorni di riabilitazione veniva svolta mobilizzazione attiva e passiva senza resistenza, dopo veniva aggiunta gradualmente resistenza. L'arrampicata veniva ripresa gradualmente dal 3o mese dopo l'operazione, la crimp grip position era consentita, ma veniva consigliato l'uso della slope grip position	una riduzione in media di 2 mm (SD 1.6) rispetto al preoperatorio e rimanendo in media 1.1 mm (SD 1.2) maggiore rispetto al controlaterale. Tutti i pazienti hanno avuto un eccellente (14/15 o 15/15) Buck-Gramcko score. Non c'erano differenze significative fra lato operato e non operato in grip strength e pinch strength. I pazienti che avevano dolore sono diminuiti da 25 a 10. 7 pazienti hanno avuto una perdita di 16 ° (SD 4) in estensione della PIP, un paziente ha avuto una perdita di estensione di 14° a MCP. 3 pazienti hanno avuto una perdita di estensione del polso di 17° (SD 5). 35 pazienti hanno giudicato il trattamento come eccellente o buono, 1 paziente l'ha giudicato sufficiente e 2 insufficiente. 30 pazienti hanno dichiarato che si sarebbero sottoposti nuovamente alla procedura	parestesie dopo l'operazione, 1 nodulo flessorio asintomatico, 10 bowstringing degli estensori ne sito di prelievo del trapianto
Okutsu I et al. 1987 ⁷⁷	Case series	6 partecipanti I pazienti hanno subito ricostruzione secondaria delle puleggie in seguito a rimozione di un tumore a cellule giganti in 1 paziente e ricostruzione di tendini in 5 pazienti Pz 1 Età 13 anni Maschio Pz 2 Età 23 anni Donna Pz 3 Età 29 anni Maschio Pz 4 Età 9 anni Donna Pz 5	Tutte le operazioni subite dai pazienti sono state eseguite almeno 6 mesi prima Pz 1 A2 Pz 2 A2+A4 Pz 3 A2 Pz 4 A2 Pz 5 A2+A4 Pz 6 A2	Pz 1 ROM MCP+PIP+DIP 215° Distanza polpastrello palmo in massima flessione 20 mm Pz 2 ROM MCP+PIP+DIP 200° Distanza polpastrello palmo in massima flessione 20 mm Pz 3 ROM MCP+PIP+DIP 150° Distanza polpastrello palmo in massima flessione 58 mm Pz 4 ROM MCP+PIP+DIP 215°		Three loop technique	Il tessuto trapiantato passa dorsalmente al tendine dell'estensore. La regolazione della tensione e del posizionamento della puleggia ricostruita viene fatta chiedendo al paziente una flessione attiva del dito durante l'operazione. Successivamente all'operazione veniva immediatamente posizionato un anello di protezione a livello della falange prossimale e dal secondo giorno post operazione venivano iniziati esercizi di flessione ed estensione attiva. I punti di sutura e l'anello di protezione venivano rimossi al 14o giorno post operazione. In alcuni posti è stato utilizzato anche uno splint in estensione per il dito operato. Pz 1 Trapianto di tendine di palmare lungo Pz 2 Trapianto di tendine di palmare lungo Pz 3 Trapianto di tendine di palmare lungo Pz 4	Pz 1 ROM MCP+PIP+DIP 235° Distanza polpastrello palmo in massima flessione 10 mm Pz 2 ROM MCP+PIP+DIP 230° Distanza polpastrello palmo in massima flessione 5 mm Pz 3 ROM MCP+PIP+DIP 170° Distanza polpastrello palmo in massima flessione 50 mm Pz 4 ROM MCP+PIP+DIP 225° Distanza polpastrello palmo in massima flessione 18 mm Pz 5 ROM MCP+PIP+DIP 160° Distanza polpastrello palmo in massima flessione 50 mm Pz 6 ROM MCP+PIP+DIP 220°	<i>Follow-up:</i> 21 mesi in media (9 mesi – 3 anni) Risultati: la maggiore larghezza della puleggia ricostruita consente un precoce inizio degli esercizi attivi secondo gli autori

		<p>Età 36 anni Maschio Pz 6 Età 38 anni Maschio</p>		<p>Distanza polpastrello palmo in massima flessione 20 mm Pz 5 ROM MCP+PIP+DIP 60° Distanza polpastrello palmo in massima flessione 61 mm Pz 6 ROM MCP+PIP+DIP 210° Distanza polpastrello palmo in massima flessione 15 mm</p>			<p>Trapianto di tendine di palmare lungo Pz 5 Trapianto di tendine di plantare e flessore ulnare del carpo Pz 6 Trapianto di tendine di palmare lungo</p>	<p>Distanza polpastrello palmo in massima flessione 0 mm</p>	
--	--	--	--	--	--	--	---	--	--

