



Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA
PRESIDENTE: *Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi*

TESI DI LAUREA

LE TECNICHE NEURODINAMICHE NEL TRATTAMENTO CONSERVATIVO DELLA
SINDROME DEL TUNNEL CARPALE: REVISIONE DELLA LETTERATURA

(Neurodynamic techniques in the conservative treatment of carpal tunnel syndrome: literature
review)

RELATORE: Dott. Mag. Ft. Giovanni Volpe

LAUREANDO: Alessandro Barison

Anno Accademico 2021/2022

INDICE

RIASSUNTO

ABSTRACT

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1 – IL NERVO MEDIANO: CENNI DI ANATOMIA.....	3
1.1 Il nervo mediano.....	3
1.2 Il sistema nervoso periferico: cenni di anatomia e fisiologia.....	5
CAPITOLO 2 – LA SINDROME DEL TUNNEL CARPALE	7
2.1 Definizione.....	7
2.2 Epidemiologia	7
2.3 Patofisiologia.....	7
2.4 Fattori di rischio	10
2.5 Presentazione clinica	10
2.6 Diagnosi	11
2.7 Diagnosi differenziale.....	14
2.8 Trattamento	15
2.8.1 Chirurgia.....	15
2.8.2 Trattamento conservativo.....	16
CAPITOLO 3 – MATERIALI E METODI	21
3.1 Ricerca bibliografica	21
3.2 Parole chiave e stringa di ricerca	21
3.3 Criteri di inclusione ed esclusione.....	21
CAPITOLO 4 - RISULTATI.....	23
4.1 Risultati della ricerca bibliografica	23
4.2 Valutazione qualitativa degli studi	25
4.3 Tabella sinottica dei risultati.....	25

4.4	Descrizione dei risultati della ricerca	26
CAPITOLO 5 - DISCUSSIONE.....		31
CONCLUSIONI.....		34
BIBLIOGRAFIA.....		36

RIASSUNTO

Background: La sindrome del tunnel carpale è la neuropatia da compressione sintomatica più comune e interessa il nervo mediano a livello del polso, determinando una diminuzione della funzione del nervo a quel livello. La disabilità indotta dalla sintomatologia tipica è motivo di assenza dal lavoro e, a causa dell'elevata incidenza, questa patologia costituisce un importante problema di salute pubblica. Nella gestione della sindrome del tunnel carpale è consigliato un primo approccio conservativo nei casi lievi e moderati, riservando il trattamento chirurgico ai casi più severi. Tra i molteplici interventi conservativi, nella pratica clinica è sempre più comune l'impiego della terapia manuale e delle tecniche neurodinamiche, le quali prevedono entrambe un approccio che considera l'intero decorso del nervo e i diversi potenziali siti di intrappolamento. L'utilizzo della neurodinamica in questa patologia, considerata una sindrome da intrappolamento, si fonda proprio sullo scorrimento del nervo e sulla sua liberazione da interfacce meccaniche, al fine di ripristinare la sua funzione fisiologica.

Obiettivo dello studio: Considerata la patofisiologia della compressione nervosa e le premesse neurofisiologiche della neurodinamica, questo studio ha lo scopo di esaminare l'efficacia delle tecniche neurodinamiche nel trattamento conservativo della sindrome del tunnel carpale.

Materiali e Metodi: La ricerca è stata effettuata consultando le banche dati online Pubmed, PEDro e Scopus. Sono stati inclusi solo articoli pubblicati negli ultimi 7 anni che analizzassero gli effetti delle tecniche neurodinamiche, applicate in isolamento oppure in associazione alla terapia manuale e all'esercizio terapeutico, su alcuni outcome terapeutici nei pazienti con sindrome del tunnel carpale. Sono stati esclusi gli articoli che combinavano altri interventi conservativi, gli articoli in lingua diversa dall'inglese e gli studi i cui full texts non erano disponibili.

Risultati: Considerando i criteri di inclusione ed esclusione applicati, sono stati individuati in letteratura 937 articoli, di cui solo 11 ($n = 1176$ soggetti) ritenuti eleggibili per la stesura della tesi. In tutti gli studi il fisioterapista ha applicato le tecniche neurodinamiche di scorrimento o tensionamento, mentre solo 5 studi hanno previsto anche l'esecuzione di esercizi neurodinamici in autonomia da parte del paziente. Tutti gli articoli analizzati hanno mostrato effetti positivi in seguito al trattamento conservativo con tecniche neurodinamiche nelle diverse misure di outcome, supportando la scelta del loro utilizzo nella gestione conservativa dei pazienti con sindrome del tunnel carpale.

Conclusioni: Le attuali evidenze scientifiche sembrano supportare strategie di gestione conservativa che considerano, oltre all'interessamento del nervo mediano nel tunnel carpale, anche cambiamenti non locali e processi di sensibilizzazione periferica e centrale, risultando in trattamenti

che considerano l'intero decorso del nervo e le strutture anatomiche che possono costituire potenziali interfacce meccaniche patologiche. Si evidenzia quindi che l'utilizzo di tecniche neurodinamiche, in isolamento o in combinazione con tecniche di terapia manuale o con esercizi terapeutici, produce effetti positivi in termini di dolore, stato funzionale, severità dei sintomi e conduzione nervosa nei pazienti con sindrome del tunnel carpale, sia a breve che a lungo termine. Ulteriori studi sono necessari per determinare quali tecniche neurodinamiche, *sliders* o *tensioners*, sono più efficaci per questa patologia.

Parole chiave: “*tecniche neurodinamiche*”, “*nervo mediano*”, “*tunnel carpale*”, “*neuropatia*”

ABSTRACT

Background: Carpal tunnel syndrome is the most common compression neuropathy and affects the median nerve at the wrist, leading to decreased nerve function at that level. The disability resulting from the typical symptomatology causes absence from work and, due to its high incidence, this condition is a major public health problem. In the management of carpal tunnel syndrome, an initial conservative approach is recommended in mild and moderate cases, opting for surgical treatment in severe cases only. Among the many conservative interventions, the use of manual therapy and neurodynamic techniques is increasingly common in clinical practice, which both consider the entire course of the nerve and the various potential entrapment sites. Since this pathology is considered an entrapment syndrome, the use of neurodynamics focuses on the sliding of the nerve and its release from mechanical interfaces in order to restore its physiological function.

Aim of the study: In light of the neurophysiological premises of neurodynamics and the pathophysiology of nerve compression, this study aims to examine the effectiveness of neurodynamic techniques in the conservative treatment of carpal tunnel syndrome.

Materials and Methods: The research was carried out by consulting the online databases Pubmed, PEDro and Scopus. Only articles published in the last 7 years were included, which analysed the effects of neurodynamic techniques, applied in isolation or in combination with manual therapy and therapeutic exercise, on specific therapeutic outcomes in patients with carpal tunnel syndrome. Articles combining other conservative interventions, articles in languages other than English and studies whose full texts were not available have been excluded.

Results: Considering the inclusion and exclusion criteria applied, 937 articles were identified in the literature, of which only 11 (n = 1176 subjects) were deemed eligible for thesis writing. In all studies, the physiotherapist applied the sliding or tensioning neurodynamic techniques, while only 5 studies also involved the patient performing neurodynamic exercises independently. All analysed articles showed positive effects following conservative treatment with neurodynamic techniques in the different outcome measures, supporting the choice of their use in the conservative management of patients with carpal tunnel syndrome.

Conclusions: Current scientific evidence seems to support conservative management strategies that contemplate, in addition to median nerve involvement in carpal tunnel, non-local changes and peripheral and central sensitisation processes, resulting in treatments that consider the entire nerve course and anatomical structures that may constitute potential pathological mechanical interfaces. Therefore, the use of neurodynamic techniques, in isolation or in combination with manual therapy techniques or therapeutic exercises, turns out to produce positive effects, both in the short and long

term, on pain, functional status, symptom severity and nerve conduction in patients with carpal tunnel syndrome. Further studies are needed to determine which neurodynamic techniques, sliders or tensioners, are the most effective for this condition.

Key words: “*neurodynamic techniques*”, “*median nerve*”, “*carpal tunnel*”, “*neuropathy*”

INTRODUZIONE

La mano costituisce l'organo prensile dell'uomo, permettendo l'afferramento e la manipolazione degli oggetti e, grazie alla sua forte rappresentazione a livello della corteccia cerebrale, funge da importante organo di senso tattile. Ciò rende conto dell'importanza di comprendere le patologie che ne determinano una perdita di funzionalità e risultano in disabilità che condizionano le attività della vita quotidiana. L'integrità e il corretto funzionamento delle strutture della mano e di quelle ad essa connesse ne determinano la sua funzionalità, in particolare i nervi sono importanti strutture del sistema nervoso periferico che hanno il compito di condurre gli impulsi nervosi dal sistema nervoso centrale alla periferia, e viceversa. I nervi che giungono alla mano sono di natura mista, ovvero trasportano informazioni sia di tipo motorio che di tipo sensitivo, dunque, una compromissione del nervo può portare a disturbi motori e/o sensitivi nel suo territorio di innervazione.

La funzionalità del nervo può essere compromessa da diversi meccanismi, tra i quali il più comune è la compressione, che può verificarsi più facilmente nei passaggi del fascicolo nervoso attraverso delle interfacce meccaniche come canali fibrosi o osteofibrosi, osteofiti, calli ossei, edema, cicatrici, fasce, muscoli, tendini, legamenti, eccetera. Sia le compressioni che gli stiramenti del nervo determinano un aumento della pressione intraneurale che, se prolungata nel tempo, provoca cambiamenti nella microcircolazione intraneurale, edema e infiammazione locale, risultando nella progressiva disfunzione e degenerazione delle fibre nervose.

Considerate queste premesse, una delle neuropatie sintomatiche da intrappolamento più frequenti e la più comune dell'arto superiore è quella che coinvolge il nervo mediano nel suo passaggio attraverso il canale carpale [1, 2], denominata sindrome del tunnel carpale (STC o CTS – *Carpal Tunnel Syndrome*). Dunque, la sindrome del tunnel carpale è il risultato di una compressione del nervo mediano, caratterizzata fisiologicamente dall'evidenza di un aumento della pressione nel tunnel carpale e da una diminuzione della funzionalità del nervo distalmente al sito di compressione [3]. L'aumento della pressione determina l'insorgenza di una sintomatologia caratterizzata da dolore, formicolio, intorpidimento e ridotta funzionalità con interessamento del polso e della mano, specialmente delle prime tre dita [4].

La prevalenza della sindrome del tunnel carpale nella vita, sia autoriferita che diagnosticata, raggiunge l'8%, indipendentemente dallo stato lavorativo, e per le donne è quasi doppia rispetto a quella degli uomini (10% rispetto al 5,8%) [5]. Inoltre, la prevalenza aumenta con l'aumentare dell'età: da un 3,7% nei soggetti di età inferiore ai 30 anni ad un 11,9% nei soggetti di età superiore ai 50 anni [6]. Quanto detto finora sottolinea che questa sindrome rappresenta un importante

problema di salute pubblica poiché è una patologia disabilitante che richiede costi elevati e costituisce causa di assenza dal lavoro [6], influenzando in questo modo sia la sfera personale che quella socioeconomica.

In questa revisione della letteratura si è voluto approfondire in primo luogo le caratteristiche di questa patologia e le modalità di gestione comunemente utilizzate, per poi analizzare gli studi che adottavano un trattamento conservativo con tecniche neurodinamiche, con l'obiettivo di stabilirne l'efficacia nella gestione conservativa della STC secondo l'attuale evidenza scientifica.

CAPITOLO 1

IL NERVO MEDIANO: CENNI DI ANATOMIA

1.1 Il nervo mediano

Il nervo mediano è un nervo misto che origina dalle radici cervicali C5-C6-C7-C8-T1 e si forma dall'unione dei due tronchi secondari laterale e mediale del plesso brachiale.

Esso decorre lungo il braccio in prossimità dell'arteria brachiale e medialmente ad essa nella fossa cubitale, quindi prosegue profondamente all'aponeurosi bicipitale (lacertus fibrosus) e sopra il muscolo brachiale. Qui il nervo mediano è palpabile sulla faccia anteriore del gomito, in profondità all'aponeurosi bicipitale.

In prossimità del gomito il nervo mediano innerva i muscoli pronatore rotondo, palmare lungo, flessore radiale del carpo e flessore superficiale delle dita. Comunemente entra nell'avambraccio attraversando i due capi (omerale e ulnare) del muscolo pronatore rotondo, meno frequentemente passa posteriormente ad entrambi i capi del muscolo o attraverso il suo capo omerale. In questa sede il nervo può essere compresso dai due ventri muscolari e dare origine alla sindrome del pronatore rotondo [7].

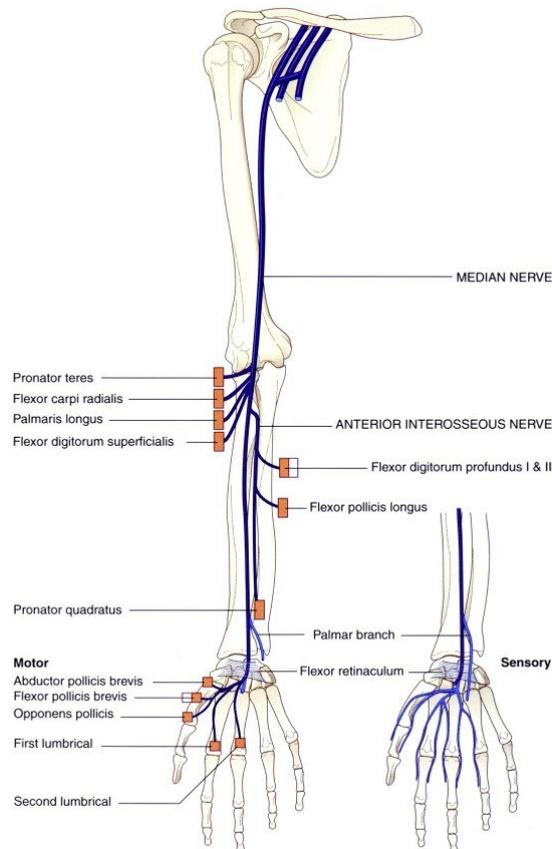


Figura 1.1 Il nervo mediano, i suoi rami cutanei e i muscoli che innerva

All'interno del canale carpale, il nervo mediano è la struttura più superficiale e può essere soggetto alla compressione sia di forze esterne che interne, determinando l'insorgenza della nota sindrome del tunnel carpale [10]. Una volta lasciato il canale carpale, il nervo mediano emette un ramo motorio destinato ai muscoli abduktore breve del pollice, muscolo opponente del pollice, muscolo flessore breve del pollice e, con la sua porzione terminale, ai primi due lombricali. Il ramo motorio può anche originare nel tunnel carpale e perforare il retinacolo dei tendini dei muscoli flessori.

In aggiunta al ramo motorio, i rami terminali del nervo mediano sono costituiti dai rami digitali palmari diretti alle prime tre dita, al versante radiale del quarto dito e alla faccia dorsale delle stesse falangi distali. In alcuni casi, è presente un ramo comunicante tra il nervo digitale comune diretto al 3° e 4° dito (derivante dal nervo mediano) e il nervo digitale comune diretto al 4° e 5° dito (derivante dal nervo ulnare), che può spiegare le variazioni nei pattern sensitivi diversi dalla tipica distribuzione [7].

1.2 Il sistema nervoso periferico: cenni di anatomia e fisiologia

Al fine di comprendere la patomeccanica e la patofisiologia che interessano i nervi periferici è importante considerare il sistema nervoso come un singolo organo, in cui la continuità del tessuto nervoso ne costituisce una caratteristica fondamentale: un cambiamento in una parte del sistema avrà ripercussioni sull'intero sistema.

Nella struttura di un nervo periferico si trovano alcuni strati di tessuto connettivo, dal più profondo al più superficiale si distinguono: endonevrio, perinevrio ed epinevrio.

Il rivestimento connettivale accoglie i vasi sanguigni e funge da protezione per il tessuto nervoso, inoltre ne sostiene l'adattamento meccanico durante i movimenti. Precisamente, il sistema nervoso deve contemporaneamente essere in grado di deformarsi meccanicamente per adeguarsi ai movimenti del corpo, specialmente delle estremità, e condurre gli impulsi elettrici.

Quando, in seguito ad un allungamento, il nervo viene deformato, si verificano alcuni cambiamenti come: l'aumento della pressione all'interno dei tessuti e all'interno del nervo stesso, e il movimento del nervo rispetto ai tessuti limitrofi e del tessuto neurale rispetto al tessuto connettivo [11]. Questo avviene perché il nervo con le sue componenti connettive è organizzato in strati concentrici che fungono da interfacce scorrevoli tra loro, e tra il nervo e i tessuti adiacenti [9]. In questo senso, è opportuno considerare il nervo inserito in una struttura sinergica, con i tessuti circostanti che partecipano al movimento.

Ciò nonostante, un aumento della pressione sul nervo oltre i livelli critici determina una riduzione dell'afflusso di sangue che può facilmente causare deficit funzionali, poiché il tessuto nervoso è molto vulnerabile ai cambiamenti nell'apporto vascolare [12].

Un altro elemento che risente della compressione del nervo è il trasporto assonale, ovvero il sistema che permette il trasporto di sostanze prodotte nel corpo cellulare al terminale dell'assone. Questo trasporto è sia anterogrado, ossia dal centro verso la periferia, che retrogrado, quindi dalla periferia verso il centro.

CAPITOLO 2

LA SINDROME DEL TUNNEL CARPALE

2.1 Definizione

La Sindrome del tunnel carpale (STC) è una neuropatia da compressione sintomatica del nervo mediano a livello del polso, caratterizzata fisiologicamente dall'aumento della pressione all'interno del tunnel carpale e da una diminuzione della funzione del nervo a quel livello.

La sintomatologia è contraddistinta dalla presenza di parestesie, dolore e perdite di sensibilità tipicamente nella distribuzione del nervo mediano, interessando quindi l'aspetto volare del polso, primo, secondo, terzo dito e la metà radiale del quarto dito. Nei casi più gravi si associa anche debolezza dei muscoli innervati distalmente dal nervo mediano e atrofia dell'eminanza tenare.

2.2 Epidemiologia

La prevalenza della sindrome del tunnel carpale nella vita, sia autoriferita che diagnosticata, raggiunge l'8%, specialmente tra i 40 e i 60 anni ed indipendentemente dallo stato lavorativo, e per le donne è quasi doppia rispetto a quella degli uomini (10% rispetto al 5,8%) [5, 13]. Inoltre, i tassi di incidenza relativi alla popolazione attiva sono maggiori rispetto a quelli concernenti la popolazione generale [6, 14]. Infatti, nella popolazione attiva l'incidenza complessiva è di 23 ogni 1000 persone/anno quando la diagnosi viene confermata tramite esame clinico ed elettrodiagnostico, mentre se la diagnosi è fatta esclusivamente sulla base dei sintomi l'incidenza è di 93 ogni 1000 persone/anno e di 40 ogni 1000 persone/anno se è confermata unicamente da test elettrodiagnostici [6]. Le differenze che si riscontrano nei dati epidemiologici sono legate a diversi criteri di diagnosi, suggerendo la necessità di stabilire uno standard diagnostico per confermare la presenza di STC.

2.3 Patofisiologia

La maggior parte dei casi di sindrome del tunnel carpale ha un'origine idiopatica, ovvero la causa è sconosciuta. Lo studio della patofisiologia della STC ha però permesso di individuare alcuni fattori implicati nello sviluppo di questa patologia, quali una pressione elevata nel tunnel carpale, disturbi della microcircolazione intraneurale e conseguenti cambiamenti ischemici del nervo.

Specificatamente, uno studio condotto su pazienti sottoposti ad intervento chirurgico di release del tunnel carpale ha rilevato valori pressori nel canale carpale di 58,9 mmHg prima dell'intervento, contro i 7,7 mmHg misurati nel post chirurgico [15]. Normalmente, la pressione nel tunnel carpale di un individuo sano si aggira intorno a valori pressori di 2,5 – 13 mmHg ed inizia ad essere critica se supera i 20-30 mmHg [16, 17].

In questa patologia, similmente alle altre neuropatie da intrappolamento, la compressione delle strutture nervose causa dei cambiamenti nell'apporto ematico intraneurale, direttamente proporzionali al valore della pressione. Normalmente, le cellule degli strati interni del perinevrio insieme alle cellule endoteliali dei capillari endoneurali formano una barriera di diffusione perineurale, impedendo il passaggio di alcune sostanze e mantenendo un ambiente stabile per le fibre nervose all'interno dei fascicoli. Una rottura della barriera può avvenire in seguito alla compressione del nervo, determinando l'accumulo di proteine e cellule infiammatorie e un'alterazione della permeabilità microvascolare. Le conseguenze sono rappresentate dall'incremento della pressione del fluido endoneurale, dall'interferenza con il microcircolo endoneurale e dalla formazione di edema endoneurale, dovuto alla mancanza di vasi linfatici nell'endonevrio [18]. La persistenza di questo edema conduce alla fibrosi intraneurale e compromette le proprietà viscoelastiche dei tessuti connettivali perineurali, ostacolandone l'estensibilità e lo scorrimento. Come conseguenza dell'alterazione della capacità del nervo di tollerare le normali forze di compressione e trazione, i nocicettori dei nerva nervorum precedentemente sensibilizzati vengono sottoposti a stimoli meccanici più intensi e contribuiscono così all'aumentata meccano-sensibilità tipicamente osservata nel dolore neuropatico periferico [19]. In questo modo viene a crearsi un circolo vizioso in cui la disfunzione delle fibre nervose causata dall'accumulo di edema è perpetrata dall'incapacità del nervo di sopportare le forze di compressione e trazione associate ai movimenti e alle attività di vita quotidiana, determinando un aumento di pressione intraneurale e la formazione di ulteriore edema [19, 12].

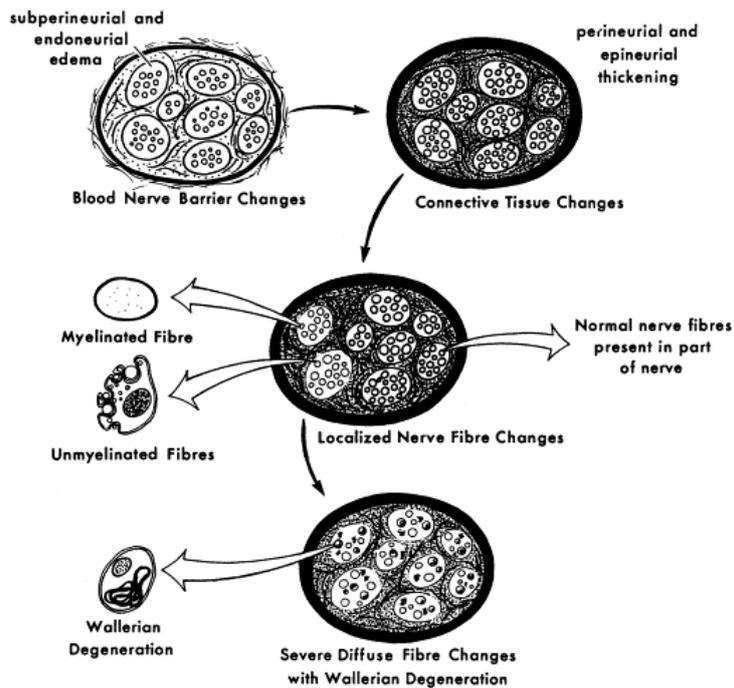


Figura 2.1 Patofisiologia della compressione nervosa

Nello studio delle cause della STC non è da escludere anche l'ipotesi della Double Crush Syndrome, secondo la quale una compressione prossimale del nervo può rendere più suscettibili alla compressione i siti distali, ovvero: due compressioni indipendenti lungo le vie nervose combinano i loro effetti, cosicché il risultato complessivo sia maggiore di quello causato da entrambi singolarmente. L'aumento della vulnerabilità ad una seconda compressione sembra sia dovuto ad una maggiore mecano-sensibilità degli assoni conseguente ad una diminuzione del flusso assoplasmatico. Questa ipotesi è stata proposta per la prima volta da Upton e McComas nel 1973 [20], i quali avevano condotto uno studio su 115 pazienti con STC o lesione del nervo ulnare al gomito; in 81 dei 115 pazienti era stata trovata evidenza elettrofisiologica e clinica di una lesione nervosa associata a livello del collo. Però, a causa della mancanza di una definizione unanimemente riconosciuta e di un gold standard per la diagnosi di double crush syndrome, risulta difficile comprenderne la reale incidenza.

Ciò nonostante, non è da escludere la possibilità che in un paziente con STC sussistano contemporaneamente più siti di compressione oltre al tunnel carpale, come a livello dei forami intervertebrali, del triangolo interscalenico e del muscolo pronatore rotondo. A supportare questa ipotesi è anche la presenza, in molti pazienti con evidenza clinica ed elettromiografica di STC, di dolore all'avambraccio, al gomito, al braccio, alla spalla, e alla parte superiore del torace e della schiena, probabilmente riconducibile ad una compressione a livello prossimale.

2.4 Fattori di rischio

I fattori di rischio intrinseco legati con la STC sono rappresentati dall'obesità, dall'età e dal sesso femminile. In modo particolare, il rischio raddoppia negli individui con un Body Mass Index (BMI) superiore a 30 kg/m² e in quelli di età superiore ai 50 anni. Per i soggetti di sesso femminile il rischio cresce da 1,5 a 4 volte. Non è chiaro il motivo della maggiore incidenza della STC nelle donne, ma sono state proposte alcune ipotesi, tra cui: fattori ormonali, area della sezione trasversale del tunnel carpale minore rispetto agli uomini, forza minore che richiede una percentuale maggiore di contrazione volontaria per eseguire gli stessi compiti [10].

Costituiscono fattori di rischio intrinseco in misura minore per la STC anche le patologie che alterano il metabolismo del tessuto nervoso come il diabete mellito e l'ipotiroidismo. Anche la gravidanza sembra costituire un fattore di rischio per lo sviluppo della STC, probabilmente per una combinazione di edema e cambiamenti ormonali.

Altri fattori di rischio sono rappresentati dalle modificazioni dei compartimenti anatomici attraverso cui passa la struttura nervosa, legate all'artrosi, a fratture o ad altri disturbi muscoloscheletrici. Meno comunemente, una compressione del nervo mediano può avvenire a causa di cisti gangliari, tumori o tessuti cicatriziali [21]. Inoltre, la presenza di interfacce meccaniche come un'ernia cervicale può sensibilizzare il nervo e renderlo più vulnerabile ad una compressione nel tunnel carpale, complicando così il quadro clinico.

Sebbene la STC sia una patologia frequente nei lavoratori, gli studi rispetto una possibile correlazione tra attività lavorativa e STC forniscono risultati contrastanti; tuttavia, l'uso forzato e ripetitivo della mano costituisce il fattore di rischio professionale con la più forte associazione alla Sindrome del tunnel carpale [10].

2.5 Presentazione clinica

La Sindrome del tunnel carpale si differenzia in acuta e cronica:

- STC acuta: è relativamente rara ed è secondaria a diverse cause, quali sanguinamento spontaneo, trombosi, lussazione di una base metacarpale, infezione, gravidanza e fratture, dove le fratture del radio rappresentano la causa principale.
- STC cronica: nella maggior parte dei casi la causa è idiopatica ed è la più frequente;

La sintomatologia nella Sindrome del tunnel carpale comprende classicamente: dolore alla mano, intorpidimento e formicolio alle prime tre dita e alla parte laterale del 4° dito. A questi sintomi si associano, nei casi più severi e avanzati, riduzione progressiva della forza dei muscoli innervati dal

nervo mediano distalmente al tunnel carpale, atrofia dell'eminenza tenare e perdita della coordinazione fine delle dita.

Oltre alla sintomatologia distale, alcuni pazienti possono presentare anche dolore prossimalmente all'avambraccio, al gomito, al braccio e alla spalla. La presenza di sintomi diffusi è una manifestazione clinica di dolore sia neuropatico che nocicettivo, in cui sono coinvolti meccanismi di sensibilizzazione e plasticità. In presenza di sensibilizzazione centrale, l'infiammazione neurogena indotta in seguito all'intrappolamento del nervo mediano al tunnel carpale rappresenterebbe l'input nocicettivo periferico responsabile dei cambiamenti neuroplastici nel sistema nervoso centrale [54, 56, 57].

Solitamente questa patologia ha un'insorgenza graduale, manifestandosi in fase iniziale con parestesie durante la notte o al risveglio, dalle quali le persone trovano sollievo scuotendo la mano e il polso (Flick Sign); durante le ore diurne si possono avvertire sintomi intermittenti che interessano inizialmente un solo dito, e successivamente si distribuiscono alla restante distribuzione dermatomerica del nervo mediano.

C'è una mancanza di consenso sulla classificazione clinica della STC, ma la frequenza dei sintomi sembra essere un fattore che distingue una STC lieve con sintomi intermittenti, da una STC moderata che mostra sintomi più costanti, da una STC severa caratterizzata per lo più dall'atrofia dell'eminenza tenare.

2.6 Diagnosi

La diagnosi di Sindrome del tunnel carpale è prevalentemente clinica ed è ricavata dall'analisi delle informazioni ottenute tramite l'anamnesi, l'identificazione di potenziali fattori di rischio, l'esame obiettivo e la valutazione clinica. Durante la raccolta dei dati anamnestici è fondamentale indagare la sintomatologia del paziente, approfondendone l'insorgenza, le caratteristiche, la localizzazione e l'evoluzione nel corso della giornata e dal momento d'esordio. I dati anamnestici permettono di guidare il medico nella formulazione di un'ipotesi diagnostica, la quale verrà successivamente approfondita, ed eventualmente confermata, mediante l'esame obiettivo e la valutazione clinica.

La mancanza di un gold standard per la diagnosi di STC contribuisce alla presenza di numerosi metodi diagnostici, il cui utilizzo varia in contesti diversi determinati dal background clinico del medico curante.

Secondo le linee guida pratiche dell'American Academy of Orthopaedic Surgeons [10], i test clinici per la diagnosi di STC possono essere classificati in 4 categorie principali e ognuno di essi ha una capacità limitata di essere utilizzato in maniera univoca come criterio diagnostico per includere o

escludere la STC. Per questo motivo la diagnosi è spesso frutto dell'interpretazione di diversi test appartenenti ai quattro gruppi principali, ovvero:

- Test provocativi;
- Test sensoriali e motori;
- Diagrammi e mappe dei sintomi della mano;
- Scale diagnostiche e questionari.

Tra i diversi test clinici provocativi si trovano: il test di Phalen (sensibilità 68%; specificità 73%), il segno di Tinel (sensibilità 50%; specificità 77%) ed il test di compressione carpale (sensibilità 64%; specificità 83%).

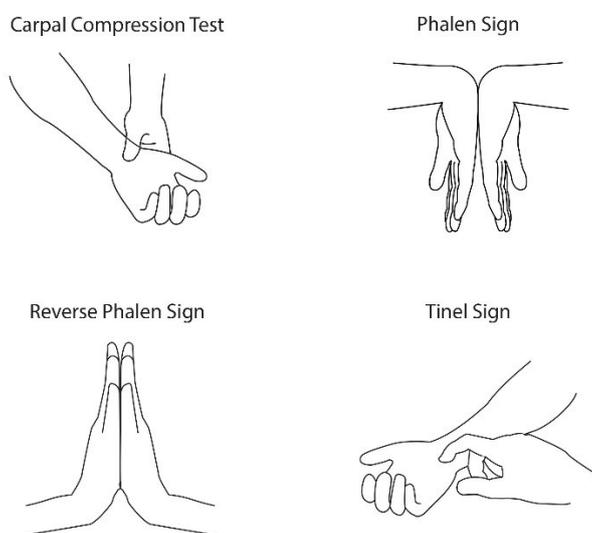


Figura 2.2 Alcuni test clinici provocativi per la sindrome del tunnel carpale

Per esaminare la funzione sensitiva del nervo si può utilizzare il *Semmes-Weinstein Monofilament Test* (SWMT) con monofilamento da 2,83 mm e da 3,22 mm, e lo *Static 2-Point Discrimination Test* (2PD).

Un altro strumento utile alla diagnosi di STC è il *Kats hand diagram* (sensibilità 75%; specificità 72%), attraverso il quale il paziente evidenzia su alcune raffigurazioni di una mano la tipologia di sintomi che prova, come formicolio, intorpidimento o dolore, e la zona topograficamente corrispondente.

Allo scopo di valutare la severità dei sintomi, la funzionalità della mano e le limitazioni autoriferite nelle attività di vita quotidiana, ci si può avvalere di questionari come il *Boston Carpal Tunnel Questionnaire-Symptom Severity Scale* (BCTQ-SSS) e il *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire* (DASH).

L'*Upper Limb Neural Tension Test 1* (ULNT1) e la palpazione del nervo mediano possono rivelarsi utili risorse per indagare la meccano-sensibilità e lo stato di irritabilità nervosa, dimostrando un'affidabilità moderata [22], tuttavia, essi non possiedono un'accuratezza tale da essere utilizzati univocamente per confermare la presenza di STC. Attualmente non esistono forti raccomandazioni anche per l'impegno dello *Scratch-Collaps Test* e del test della sensibilità vibratoria nella diagnosi di STC, poiché le prove di accuratezza diagnostica sono contrastanti.



Figura 2.3 Upper Limb Neural Tension Test 1 (ULNT1)

Sebbene la diagnosi di sindrome del tunnel carpale sia tipicamente clinica, ci sono diversi esami strumentali che possono supportare i risultati ottenuti tramite la valutazione clinica, tra cui:

- **Elettroencefalografia:** consiste nello studio della conduzione nervosa, attraverso il quale è possibile rilevare la presenza di alterazioni neurofisiologiche a carico di un nervo, definendone la gravità in termini di riduzione della conduzione, demielinizzazione e degenerazione assonale. Le alterazioni evidenziate tramite l'elettroencefalografia, associate alla valutazione clinica, rappresentano il gold standard per diagnosticare la STC e sono utili per stimare il danno nervoso.
- **Elettromiografia:** permette di registrare i fenomeni elettrici associati all'attività muscolare, fornendo informazioni sulla funzionalità del nervo. Le attuali linee guida pratiche considerano l'elettromiografia con ago un test opzionale, ma può essere utile nel differenziare una STC da un'altra patologia, come una sindrome radicolare;
- **Ecografia:** attraverso gli ultrasuoni consente di valutare alterazioni o lesioni del nervo. È meno invasiva dell'elettromiografia, tuttavia non ci sono sufficienti evidenze per utilizzare gli ultrasuoni per la diagnosi di STC;

- Risonanza magnetica: non ci sono forti raccomandazioni per l'utilizzo della risonanza magnetica per la diagnosi di STC, ma può essere un utile strumento per la diagnosi differenziale.

2.7 Diagnosi differenziale

La diagnosi differenziale è un processo di ragionamento che aiuta il clinico ad escludere alcune patologie che possono imitare la patologia dell'ipotesi diagnostica.

Essa è il risultato di un'interpretazione complessiva dei dati forniti dall'anamnesi, dall'analisi dei fattori di rischio, dall'esame obiettivo, dai test clinici e da eventuali indagini strumentali.

Prima di confermare la diagnosi di sindrome del tunnel carpale, è importante accertarsi di escludere altre patologie, quali: radicolopatia cervicale, sindrome dello stretto toracico e altre neuropatie del nervo mediano come la sindrome del pronatore rotondo. Anche alcune patologie gravi possono inizialmente imitare i sintomi della STC, come la sclerosi multipla e la sclerosi laterale amiotrofica (SLA) [10].

La radicolopatia cervicale che interessa le radici della cervicale media e bassa può riprodurre la sintomatologia tipica della STC; essa è generalmente caratterizzata da dolore al collo con irradiazione all'arto superiore, perdite di sensibilità con sintomi sensoriali positivi come parestesie e disestesie con tipica distribuzione dermatomericale, oltre ad eventuali perdite di forza. Spesso i sintomi vengono esacerbati dai movimenti della testa e del collo, in particolare da quelli che possono generare tensione o compressione a livello della radice, come l'estensione, la rotazione e l'inclinazione omolaterale all'arto superiore coinvolto. Un altro reperto clinico riscontrabile nella radicolopatia cervicale è la riduzione dei riflessi tendinei profondi. In presenza di una presunta radicolopatia cervicale, l'imaging del rachide cervicale può costituire uno strumento per differenziarla da una presunta sindrome del tunnel carpale.

La sindrome dello stretto toracico (o *Thoracic Outlet Syndrome*, TOS), invece, fa riferimento ad un insieme di segni e sintomi di natura neurogena e/o vascolare causati dalla compressione di alcune strutture nella zona dello stretto toracico. In base alle strutture interessate si presentano alcuni sintomi tipici: una compressione sul plesso brachiale può originare parestesie all'arto superiore, intorpidimento, debolezza, dolore e atrofia muscolare; una compressione sulle strutture vascolari, quali l'arteria e la vena succlavia, può comportare gonfiore, edema, pallore cutaneo, freddezza dell'arto, dolore e intorpidimento.

Se, anziché al tunnel carpale, il nervo mediano venisse compresso a un altro livello, come a livello del gomito nella sindrome del pronatore rotondo, darebbe origine a sintomi con una distribuzione e manifestazione differente in base al sito di compressione. Ad esempio, nella sindrome del pronatore

rotondo, oltre ai sintomi distali, la persona potrebbe lamentare dolore nel terzo prossimale dell'avambraccio esacerbati dai movimenti di prono-supinazione. Inoltre, in questa sindrome sono solitamente assenti le parestesie notturne tipiche della STC [23].

2.8 Trattamento

La gestione della Sindrome del tunnel carpale può essere conservativa o chirurgica, principalmente in relazione alla gravità dei sintomi. La gestione conservativa è spesso scelta come primo approccio quando i sintomi sono lievi o moderati, o in presenza di controindicazioni alla chirurgia. Invece, la chirurgia viene comunemente considerata come prima linea di trattamento quando i sintomi sono gravi o in seguito al fallimento della gestione conservativa. Indipendentemente dalla modalità di gestione, può rivelarsi utile educare il paziente sui meccanismi neurobiologici coinvolti nel comportamento clinico della patologia, sull'identificazione delle posture o attività che aggravano i sintomi e sulla loro autogestione, anche in vista dell'intervento chirurgico. L'educazione del paziente, infatti, può ridurre la sua considerazione negativa dell'esperienza di dolore e ridurre l'impatto delle componenti cognitive ed emotive del dolore.

Per scegliere l'approccio terapeutico più appropriato dovrebbe essere posta particolare attenzione alle possibili strutture anatomiche responsabili della sintomatologia presentata dal paziente; quest'analisi permetterà di non escludere dal trattamento delle probabili fonti di sintomi o di fattori contribuenti all'irritazione di strutture già sensibilizzate. Come nel caso della double crush syndrome, la risoluzione della compressione di un singolo sito non determina necessariamente la risoluzione della sintomatologia, potendo costituire una possibile motivazione per i casi di insuccesso dell'intervento chirurgico.

2.8.1 Chirurgia

Il trattamento chirurgico di neurolisi del nervo mediano avviene attraverso la resezione del legamento trasverso del carpo, tramite una tecnica a cielo aperto o minimamente invasiva, o con una tecnica endoscopica (*Endoscopic Carpal Tunnel Release* o ECTR). Gli studi hanno dimostrato che non vi sono differenze significative tra le varie tecniche chirurgiche in termini di esito funzionale a lungo termine, tuttavia, l'ECTR mostra un recupero post-operatorio più breve e un ritorno al lavoro più precoce [24]. Il razionale del release del tunnel carpale si basa sull'abbassamento della pressione interna al canale ed è confermato dai valori pressori registrati pre- e post-intervento [15].

Le *Clinical Practice Guidelines* pubblicate dall'American Academy of Orthopaedic Surgeons nel 2016 indicano che la chirurgia fornisce un beneficio maggiore a 6 e 12 mesi quando confrontata all'immobilizzazione con tutore, all'uso di farmaci antinfiammatori non steroidei (FANS) e ad una singola iniezione di corticosteroidi [3].

Anche se la decompressione chirurgica del tunnel carpale è efficace e l'80% dei casi ottiene ottimi risultati, in circa il 7-25% dei casi i sintomi non vengono alleviati in misura soddisfacente e il 5-12% si sottopone ad un secondo intervento chirurgico [25]. Secondo la letteratura, il 40-90% dei pazienti sottoposti a ripetute operazioni però continua ad avere sintomi [26]. Per motivare questi risultati sono state proposte diverse ipotesi, tra cui: resezione insufficiente del legamento trasverso del carpo, fibrosi dei tessuti circostanti al nervo che causano un nuovo sito di compressione o un'interfaccia meccanica al suo scorrimento [25], cambiamenti nel tessuto connettivo sottosinoviale [27], cambiamenti nella morfologia vascolare [28], e double crush syndrome.

Nonostante il release del TC sia uno degli interventi chirurgici più comuni e sicuri, i tassi di complicanze variano dall'1% al 25% [29], ma non superano lo 0,5% per complicanze gravi rappresentate da danni strutturali a nervi, arterie o tendini [30]. Alcune complicanze post-operatorie che si possono verificare sono: infezione superficiale della ferita, dolore a pilastro localizzato alle eminenze tenar e ipotenar probabilmente legato alla cicatrice, e sindrome dolorosa regionale complessa.

2.8.2 Trattamento conservativo

La gestione conservativa della sindrome del tunnel carpale include un'ampia gamma di interventi, dall'utilizzo di ortesi alla terapia manuale come parte del trattamento fisioterapico.

Di seguito vengono elencate le principali modalità d'intervento per i pazienti con STC.

Immobilizzazione

L'immobilizzazione del polso tramite l'uso di un'ortesi o splint è la terapia conservativa più conosciuta e utilizzata per la STC. Il rationale per l'utilizzo di ortesi da polso statiche è la riduzione della pressione all'interno del tunnel carpale ottenuta mediante l'immobilizzazione del polso in posizione neutra. Dagli studi emerge infatti che la pressione registrata nel tunnel è maggiore in posizioni di flessione o estensione del polso. Le evidenze scientifiche supportano l'utilizzo di un'ortesi statica durante la notte per il sollievo dei sintomi a breve termine ed eventualmente anche durante le ore diurne, se il solo uso notturno dovesse essere inefficace [10]. In questo ultimo caso,

lo splint può essere utile per limitare i movimenti del polso durante determinate attività provocative e può essere associato all'educazione del paziente all'identificazione dei movimenti, attività o posture che aggravano i sintomi ed alla loro autogestione.

Iniezione di corticosteroidi

La logica del loro utilizzo è l'effetto antinfiammatorio, il quale rappresenta probabilmente il fattore significativo per alleviare i sintomi. Non costituiscono di per sé una soluzione a lungo termine, ma si rivelano efficaci per migliorare i sintomi a breve termine. Nello studio di Chesterton et al. [31] si è messo a confronto una singola iniezione di metilprednisolone e l'uso notturno di un'ortesi in pazienti affetti da sindrome del tunnel carpale lieve o moderata. I pazienti che avevano ricevuto l'iniezione hanno ottenuto punteggi significativamente migliori nel Boston Carpal Tunnel Questionnaire. Le iniezioni di corticosteroidi sono più invasive rispetto ad altre modalità conservative, ma le complicanze sono rare e inferiori alla chirurgia, la più frequente è dolore al sito d'iniezione nel 13% dei casi [32].

Terapie fisiche

Esiste una moderata evidenza a supporto dell'uso del calore superficiale, della paraffina, della ionoforesi, della diatermia a onde corte e a microonde per ridurre il dolore e migliorare la funzione nel breve e medio termine nei pazienti con STC. Tuttavia, il calore non dovrebbe essere utilizzato se c'è evidenza di infiammazione.

Per quanto riguarda la laser terapia a bassa intensità (Low-level laser therapy o LLLT), non ci sono prove di un effetto biologico nella STC; inoltre, c'è una mancanza di consenso rispetto la lunghezza d'onda, il dosaggio, la frequenza e la durata ottimali del trattamento [10].

Infine, nonostante la presenza di studi che supportino l'utilizzo degli ultrasuoni, non ci sono raccomandazioni sul loro utilizzo come terapia per la STC a causa delle contrastanti evidenze presenti in letteratura e della mancanza di consenso sul dosaggio ottimale [10, 33].

Fisioterapia

La fisioterapia si avvale di diverse metodiche e procedure, sia passive effettuate dal fisioterapista che attive compiute direttamente dal paziente; esse sono indirizzate al miglioramento dei sintomi del paziente e all'individuazione e modifica delle cause o fattori contribuenti della patologia. All'interno del programma fisioterapico trovano spesso parte diversi esercizi che consistono in

sequenze di movimenti del polso e delle dita con lo scopo di indurre dei movimenti di scorrimento dei tendini e del nervo mediano (Figura 2.4). Lo scivolamento dei tendini tra di loro e rispetto ai tessuti circostanti mira a ridurre le aderenze tra il nervo mediano e i tendini e i tessuti circostanti, a diminuire l'edema teno-sinoviale e favorire così il ritorno venoso e la riduzione della pressione all'interno del tunnel carpale. La tipologia di esercizi e la loro posologia devono essere scelti in base al paziente: sintomatologia presente, movimenti provocativi, persistenza dei sintomi dopo l'esercizio sono tutti indicatori che permettono al fisioterapista di adattare il numero di serie e ripetizioni al singolo paziente. Oltre agli esercizi isolati del polso e delle dita, il fisioterapista può ritenere utile far eseguire al paziente altri esercizi che coinvolgono in maniera più globale l'intero arto superiore e la colonna cervicale, ad esempio se la valutazione clinica suggerisce altri potenziali siti di compressione del nervo mediano.

La terapia manuale rappresenta un altro strumento di trattamento per la STC e comprende diversi interventi come mobilizzazioni manuali e strumentali dei tessuti molli, mobilizzazioni o manipolazioni articolari e tecniche neurodinamiche. Il numero di studi che analizzano gli interventi di terapia manuale è aumentato negli ultimi anni e hanno mostrato effetti positivi sui sintomi e sulla funzione fisica dei pazienti con STC [34-38]. Ad oggi, ci sono prove crescenti che dimostrano che programmi di terapia manuale multimodale possono essere altrettanto efficaci quanto l'intervento chirurgico a lungo termine [39, 40]. Infatti, lo studio di Fernández-de-Las-Peñas del 2017 ha rilevato che, dopo 1 anno, i pazienti sottoposti ad un trattamento fisioterapico incentrato sulla terapia manuale nella regione del collo e lungo il decorso del nervo mediano, associato ad esercizi di stretching del rachide cervicale, hanno ottenuto risultati simili a quelli dei pazienti sottoposti ad intervento chirurgico. Inoltre, i pazienti trattati conservativamente hanno sperimentato miglioramenti più significativi ad 1 mese di distanza rispetto ai pazienti trattati chirurgicamente. Anche i risultati di una recente revisione sistematica con metanalisi suggeriscono l'efficacia del trattamento conservativo basato sulla terapia manuale per ridurre il dolore e migliorare la funzione fisica e la conduzione nervosa nei pazienti con STC [41].

Ciò nonostante, i dati presenti in letteratura vanno interpretati con cautela poiché gli studi a supporto degli interventi di terapia manuale presentano alcune limitazioni: spesso le tecniche di esame e di intervento sono differenti tra uno studio e l'altro, inoltre, la mancanza di studi clinici randomizzati porta a riunire diverse tecniche sotto uno stesso concetto, aumentando l'eterogeneità metodologica.

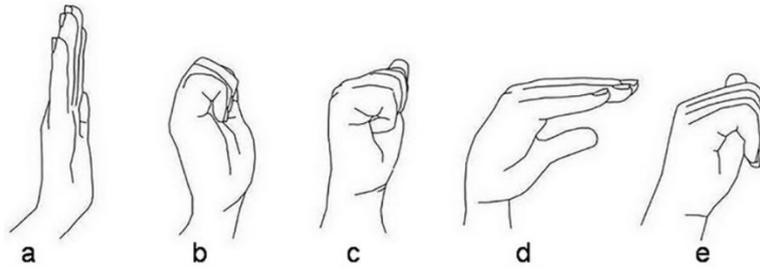


Figura 2.4 Esempi di esercizi di scivolamento tendineo

Neurodinamica

La neurodinamica è un intervento di terapia manuale che si avvale di alcune tecniche di trattamento per stimolare adattamenti del tessuto nervoso. Queste tecniche si basano sulla possibilità del sistema nervoso di adattarsi all'anatomia e al movimento del corpo, derivante dalla capacità di scorrere, allungarsi e interfacciarsi con i tessuti circostanti mantenendo invariata la sua funzione di trasmissione degli impulsi elettrici.

Lo scopo delle mobilizzazioni neurodinamiche è ristabilire una normale mecano-sensibilità del nervo e ripristinare le sue normali capacità di tollerare le frequenti forze di trazione, attrito e compressione associate ai movimenti delle attività quotidiane. Attraverso queste tecniche è possibile migliorare lo scorrimento dei tessuti, ridurre l'edema intrafascicolare, migliorare l'afflusso sanguigno al nervo e ristabilire un trasporto assonale efficiente [42, 43, 44, 58].

Dunque, in virtù dei principi appena elencati, l'impiego delle tecniche neurodinamiche trova spazio nel trattamento delle patologie di intrappolamento nervoso periferico, come la sindrome del tunnel carpale. Le tecniche di neurodinamica più utilizzate sono quelle di tensionamento (*tensioner*) e di scorrimento (*slider*), che prevedono rispettivamente l'allungamento del nervo oppure il suo scorrimento.

Le tecniche di scorrimento, o *slider*, consistono nell'indurre in modo alternato un aumento di tensione ad un'estremità del nervo ed una diminuzione di tensione all'altra estremità allo scopo di produrre uno scorrimento tra le strutture neurali e i tessuti non neurali adiacenti. Un movimento di scorrimento del nervo mediano può essere ottenuto da una posizione di partenza in abduzione ed extrarotazione di omero con gomito, polso e dita in estensione e, ad esempio, mediante una flessione di polso e una contemporanea inclinazione controlaterale della testa.

Diversamente, le tecniche di tensionamento, o *tensioner*, prevedono una messa in tensione di entrambi i capi del nervo, con l'obiettivo di ripristinare le capacità fisiche dei tessuti neurali di tollerare l'allungamento. Un esempio è l'allungamento del nervo mediano attraverso l'estensione del polso e delle dita e l'inclinazione controlaterale della testa, partendo da una posizione di

partenza in abduzione ed extrarotazione di omero, estensione di gomito e supinazione dell'avambraccio.

In relazione all'aumento di pressione nel nervo determinato dal suo allungamento, le tecniche di tensionamento sono più aggressive delle tecniche di scorrimento e possono irritare il nervo con una meccano-sensibilità ridotta [55].

Queste due differenti tecniche possono essere eseguite passivamente dal fisioterapista o attivamente da parte del paziente, in maniera oscillatoria e in modo non provocativo, senza quindi provocare o esacerbare i sintomi. L'intensità della tecnica e la sua posologia possono essere regolate sulla base dell'irritabilità meccanica del nervo.

L'opportunità di adoperare la neurodinamica nella scelta degli esercizi terapeutici offre continuità al trattamento manuale del fisioterapista. Tuttavia, è importante educare il paziente, oltre che alla corretta esecuzione dell'esercizio, anche alla comprensione che è sicuro continuare fintantoché l'esercizio non provoca sintomi, o provoca sintomi di lieve intensità che non perdurano dopo la fine dell'esercizio.

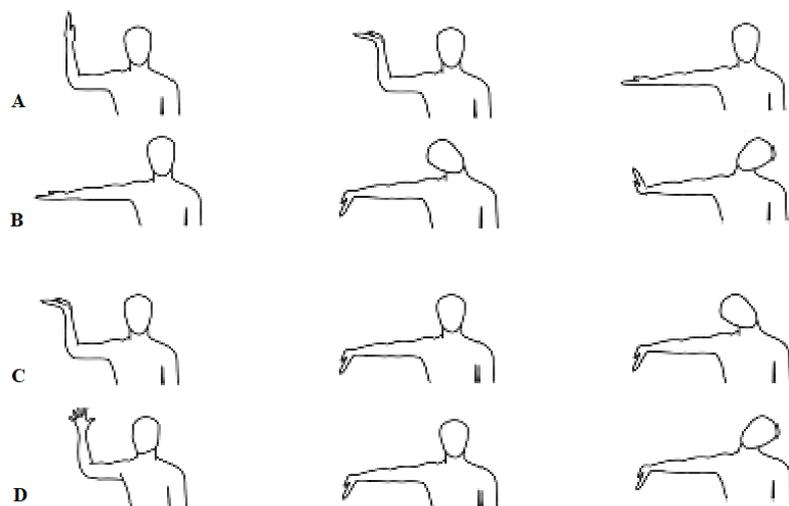


Figura 2.5 Esempi di esercizi di neurodinamica

CAPITOLO 3

MATERIALI E METODI

3.1 Ricerca bibliografica

La ricerca bibliografica è stata condotta mediante l'utilizzo delle seguenti banche dati:

- PubMed: banca dati della "US National Library of Medicine" basata principalmente sul database MEDLINE;
- PEDro: "Physiotherapy Evidence Database", banca dati di studi clinici randomizzati, revisioni sistematiche e linee guida cliniche basate sulle evidenze in fisioterapia;
- Scopus: banca dati della casa editrice Elsevier.

Per accedere alla lettura del full text degli articoli è stato utilizzato il servizio Proxy fornito dall'Università degli Studi di Padova.

3.2 Parole chiave e stringa di ricerca

La strategia di ricerca ha compreso l'utilizzo degli operatori booleani AND e OR in associazione alle seguenti parole chiave: *carpal tunnel syndrome*, *carpal tunnel syndrome* [Mesh Terms], *CTS*, *neurodynamics*, *neurodynamic techniques*, *neural mobilization*, *median nerve mobilization*, *nerve gliding*, *nerve gliding exercises*, *neural gliding*, *neural treatment*, *neuromobilization*, *manual therapy*, *physical therapy*.

In base alle specifiche di ogni database, le strategie di ricerca sono state adattate alle modalità di ricerca.

3.3 Criteri di inclusione ed esclusione

I risultati delle ricerche nelle banche dati sono stati filtrati secondo i criteri riportati di seguito.

Criteri di inclusione

- *Disegno dello studio*: sono stati inclusi soltanto Systematic Reviews, Linee Guida, RCTs, Reviews, Case Report, Studi Osservazioni;

- *Partecipanti*: sono stati inclusi solo studi relativi a soggetti umani con diagnosi di STC;
- *Intervento*: sono stati inclusi tutti gli studi che riguardavano il trattamento conservativo neurodinamico, da solo o in associazione alla terapia manuale o all'esercizio terapeutico, in soggetti con sindrome del tunnel carpale;
- *Data di pubblicazione*: sono stati inclusi solo RCTs pubblicati negli ultimi 7 anni e revisioni sistematiche pubblicate negli ultimi 10 anni;
- *Free full text*: disponibile;
- *Lingua*: inglese;
- *Età*: nessun limite di età.

Criteri di esclusione

- *Disegno dello studio*: sono stati esclusi articoli che non fossero Systematic Reviews, Linee Guida, RCTs, Reviews, Case Reports e Studi Osservazionali;
- *Partecipanti*: sono stati esclusi gli studi che riguardavano soggetti con patologie dismetaboliche/sistemiche o polineuropatie che possono causare una STC;
- *Data di pubblicazione*: sono stati esclusi RCTs con data di pubblicazione antecedente all'anno 2015 e le revisioni antecedenti all'anno 2012;
- *Non pertinenza*: stabilita in seguito alla lettura del titolo/abstract/full text;
- *Intervento*: sono stati esclusi gli articoli che associavano il trattamento conservativo con tecniche neurodinamiche all'utilizzo delle terapie fisiche, o all'uso di ortesi, o alle iniezioni di corticosteroidi, o al kinesiотaping;
- *Free full text*: non disponibile;
- *Lingua*: diversa dall'inglese.

CAPITOLO 4

RISULTATI

4.1 Risultati della ricerca bibliografica

La ricerca bibliografica effettuata nei database elettronici è stata condotta tra giugno e ottobre 2022, producendo un totale di 937 citazioni, così suddivise:

- PubMed: 744 articoli;
- PEDro: 44 articoli;
- Scopus: 149 articoli;

Successivamente alla rimozione degli articoli duplicati si è proceduto all'analisi dei titoli degli articoli, escludendone 833. In seguito, sono stati revisionati gli abstract dei rimanenti articoli, ed ulteriori 69 sono stati esclusi perché non pertinenti o perché non rispettavano i criteri di inclusione; infine, si è proceduto all'analisi dei full text dei rimanenti 35 articoli. Alla fine del processo di selezione, 11 articoli sono stati individuati come utili alla stesura della tesi.

L'intero processo di selezione degli articoli inclusi è rappresentato graficamente nella flowchart (Figura 4.1).

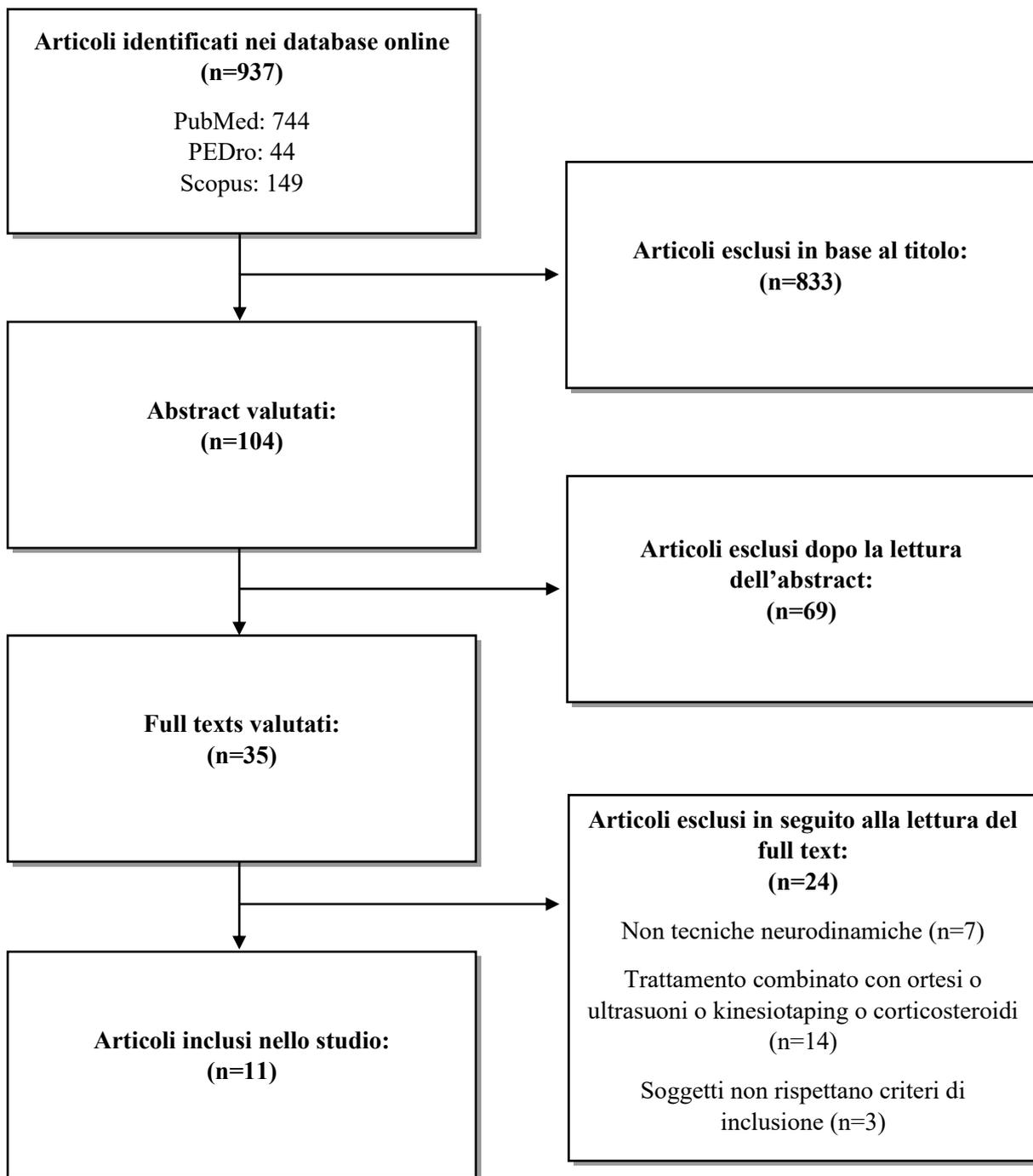


Figura 4.1 Flowchart dei risultati numerici della ricerca

4.2 Valutazione qualitativa degli studi

Per valutare la qualità ed affidabilità degli studi è stata utilizzata la PEDro Scale, scala costituita da 11 items finalizzata alla valutazione qualitativa interna degli studi sperimentali. Come da regolamento di utilizzo di tale scala, nell'assegnare il punteggio finale ad ogni trial clinico non viene preso in considerazione il primo item (*criteri di eleggibilità*). Per la stesura della tesi sono stati valutati con questa scala 10 articoli su 11. La tabella qui sotto riportata elenca gli studi inclusi nella tesi e ne descrive le caratteristiche metodologiche.

Studio	Quesiti da 1 a 11 della scala PEDro											Totale
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Sheereen FJ et al. (2022) [45]	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	7/10
Wolny et al. (2018) [46]	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	5/10
Wolny et al. (2019) [47]	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	6/10
Hamzeh et al. (2021) [49]	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	7/10
Wolny et al. (2016) [35]	-	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	6/10
Wolny et al. (2018) [50]	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	5/10
Fernández-de-Las Peñas et al. (2015) [39]	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	8/10
Fernández-de-Las Peñas et al. (2020) [51]	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	7/10
Fernández-de-Las Peñas et al. (2017) [52]	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	8/10
Fernández-de-Las Peñas et al. (2019) [53]	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	7/10

Tabella 1. Riassunto della valutazione degli articoli inclusi nello studio secondo la PEDro Scale. Le colonne sono numerate secondo gli item della scala, mentre nelle righe sono presenti gli studi analizzati.

4.3 Tabella sinottica dei risultati

La tabella sinottica dei risultanti derivanti dall'analisi degli studi considerati è stata inserita come allegato a fine documento, successivamente alla bibliografia.

4.4 Descrizione dei risultati della ricerca

Analisi dei partecipanti e degli interventi:

La revisione ha identificato e incluso 11 articoli, di cui 10 RCTs e uno studio osservazionale, con un campione di pazienti totale di 1176, composto da 1075 donne e 101 uomini. Tutti i soggetti inclusi negli studi analizzati avevano una diagnosi di Sindrome del tunnel carpale, confermata sulla base dei risultati dell'esame clinico e degli studi di conduzione nervosa. In tutti gli studi presi in considerazione il fisioterapista ha applicato le tecniche neurodinamiche al paziente che giaceva in posizione supina, precisamente nella posizione del test neurodinamico per il nervo mediano o ULNT1. Nonostante la sequenza e la durata del trattamento neurodinamico fossero differenti nei diversi studi, tutte le tecniche sono state eseguite in modo tale da considerare l'intero decorso del nervo mediano, distinguendosi da un trattamento prettamente locale. Infatti, le tecniche neurodinamiche utilizzate consistevano nello scorrimento o nel tensionamento del nervo mediano attraverso simultanei movimenti del gomito e del polso. Tutti gli studi hanno previsto l'esecuzione passiva del trattamento neurodinamico da parte del terapeuta, ma solo 5 su 11 hanno compreso anche l'esecuzione di esercizi neurodinamici in autonomia da parte del paziente [49, 39, 51-53].

Nello studio di Sheereen et al. [45] 30 soggetti con STC unilaterale sono stati suddivisi in due gruppi, un gruppo ha ricevuto un trattamento neurodinamico composto da tecniche di scorrimento del nervo mediano per due serie da cinque minuti l'una, mentre l'altro gruppo è stato sottoposto a delle mobilizzazioni delle ossa carpali per tre serie da trenta ripetizioni. Inoltre, in entrambi i gruppi era prevista anche l'esecuzione in autonomia di esercizi di scivolamento tendineo a livello del polso e delle dita. Ogni intervento è stato condotto tre volte alla settimana per tre settimane consecutive.

Anche lo studio di Wolny et al. [46] ha analizzato gli effetti di un trattamento basato solamente sull'applicazione di tecniche neurodinamiche in confronto ad un trattamento "sham" su 150 pazienti con STC. Nel gruppo d'intervento il protocollo ha previsto l'applicazione di tecniche neurodinamiche di scorrimento e tensionamento per tre serie da sessanta ripetizioni, due volte la settimana per dieci settimane. Lo stesso trattamento basato su tecniche neurodinamiche di scorrimento e tensionamento del nervo mediano è ripreso in un altro studio di Wolny et al. [47], in cui viene esaminata la sua efficacia su 103 soggetti affetti da STC lieve o moderata. L'analisi degli effetti a lungo termine (6 mesi) di questi due trial è stata condotta da Wolny et al. [48], il cui studio osservazionale ha incluso un campione totale di 107 pazienti sottoposti all'intervento di terapia manuale basata sulle tecniche neurodinamiche.

Hamzeh et al. [49] ha esaminato gli effetti a lungo termine della neurodinamica paragonati alla terapia basata su esercizi rispetto al dolore e alla funzione in 41 soggetti con diagnosi di STC, di cui 11 bilaterale. Il trattamento manuale era composto da mobilizzazioni neurodinamiche, alla quale erano associati esercizi neurodinamici da svolgere in autonomia due volte al giorno. Diversamente, la terapia nel gruppo di controllo consisteva nell'esecuzione supervisionata di esercizi basati sulle raccomandazioni dell'Arthritis United Kingdom e della Chartered Society of Physiotherapy, combinata all'esecuzione in autonomia degli stessi esercizi due volte al giorno. I due programmi sono stati attuati in quattro sessioni nell'arco di quattro settimane.

In un altro studio di Wolny et al. [35], i 140 partecipanti, di cui 40 con STC bilaterale, sono stati randomizzati in un gruppo sottoposto a trattamento conservativo basato sulle tecniche neurodinamiche associate alla terapia manuale, e in un gruppo sottoposto a terapia laser e ad ultrasuoni. La sessione di terapia manuale e di neurodinamica era così suddivisa: tre minuti di massaggio funzionale della parte discendente del muscolo trapezio, 15 minuti di terapia manuale al polso, e 12 minuti di mobilizzazioni del nervo mediano. Entrambi i gruppi hanno eseguito gli interventi due volte a settimana per dieci settimane. L'obiettivo di questo studio era di confrontare queste due modalità di trattamento conservativo, utilizzando come misura di outcome il *2-Point-Discrimination Test* (2PD). Adoperando la medesima metodica di trattamento manuale e neurodinamico, Wolny et al. [50] ha analizzato gli effetti di questa rispetto le componenti fisiche e mentali dell'*Overall Health Status* (OHS) in un campione di 189 pazienti con STC lieve o moderata.

Fernández-de-las-Peñas et al. [39] ha condotto un doppio RCT, con follow-up a 4 anni [51], in cui ha messo a confronto la terapia manuale, compresa la neurodinamica, con la chirurgia. In base al gruppo d'intervento, 113 donne (97 al follow-up) con diagnosi di STC sono state sottoposte a 3 sessioni di trattamento conservativo nell'arco di tre settimane, oppure all'intervento chirurgico di release del tunnel carpale. La terapia conservativa prevedeva un trattamento di 30 minuti basato sulla terapia manuale diretta al rachide cervicale e ai siti anatomici di potenziale intrappolamento del nervo mediano (muscoli scaleni, piccolo pettorale, aponeurosi bicipitale, pronatore rotondo, legamento trasverso del carpo), in associazione ad esercizi di scorrimento per i tendini e per il nervo mediano. In particolare, le mobilizzazioni neurodinamiche venivano applicate per due serie da 5 minuti ciascuna. Invece, il secondo gruppo è stato sottoposto alla chirurgia mediante una tecnica a cielo aperto o endoscopica, sulla base delle preferenze del chirurgo. Entrambi i gruppi hanno ricevuto una sessione educativa sugli esercizi di scorrimento tendineo e nervoso da fare in autonomia a casa.

In un ulteriore trial [52], Fernández-de-las-Peñas ha valutato gli effetti dello stesso programma di trattamento conservativo sul dolore a 3, 6, 9 e 12 mesi in 95 donne con STC. Infine, in un RCT [53] è stato anche valutato il peso economico dei diversi trattamenti.

I trial inclusi in questa revisione hanno valutato i seguenti outcome terapeutici: dolore tramite la *Visual Analogue Scale* (VAS) o la *Numeric Pain Rating Scale* (NPRS), funzione e gravità dei sintomi tramite il *Boston Carpal Tunnel Questionnaire* (BCTQ-SSS e BCCTQ-FSS), velocità di conduzione nervosa, discriminazione sensoriale tattile tramite il 2PD e forza di presa.

Effetto degli interventi:

Lo studio di Sheereen et al. [45], nonostante il campione limitato di soggetti, ha riscontrato miglioramenti statisticamente significativi all'interno di ciascun gruppo in termini di intensità del dolore, funzione auto-riferita, forza di presa e velocità di conduzione nervosa. A seguito degli interventi, il gruppo trattato con tecniche neurodinamiche ed esercizi di scivolamento tendineo ha sperimentato una riduzione maggiore dell'intensità del dolore rispetto al gruppo trattato con la mobilizzazione delle ossa carpali ed esercizi di scivolamento tendineo (69% contro 66%); tuttavia, nessuna differenza statisticamente significativa è stata rilevata a 3 e 4 settimane dopo il trattamento. Il gruppo sottoposto all'intervento di neurodinamica ha ottenuto un miglioramento maggiore dello stato funzionale auto-riferito (43,42%) rispetto al gruppo di mobilizzazione carpale (20,94%), riscontrato anche al follow-up di una settimana. Anche la velocità di conduzione nervosa ha visto miglioramenti più importanti nel gruppo trattato con la neurodinamica, ma non ci sono state differenze statisticamente significative tra i due gruppi per quanto riguarda la forza di presa.

Anche i due RCT di Wolny et al. [46, 47] sono giunti a risultati favorevoli in seguito al trattamento con tecniche neurodinamiche. Il primo ha evidenziato differenze statisticamente significative ($p < 0.01$) tra il gruppo di mobilizzazione neurodinamica rispetto al gruppo di trattamento sham per quanto riguarda il dolore sulla VAS (1.42 SD 1.02 vs 5.42 SD 0.99), la gravità dei sintomi sul BCTQ-SSS (1.77 SD 0.48 vs 2.86 SD 0.72), lo stato funzionale sul BCTQ-FSS (1.94 SD 0.61 vs 3.09 SD 0.68), la velocità di conduzione sensoriale (39.8 SD 11.3 vs 25.1 SD 7.77), la latenza motoria (4.43 SD 0.81 vs 5.33 SD 1.13), e il test 2PD.

Nel secondo RCT, rispetto al gruppo di controllo che non aveva ricevuto alcun trattamento, i pazienti nel gruppo sperimentale avevano un'intensità del dolore inferiore di 4,08 punti (*Confidence Interval* [CI] 95% = 3,73–4,43), una velocità di conduzione sensoriale superiore di 12,4 m/s (CI 95% = 9,1–15,6) e una latenza motoria inferiore di 0,92 m/s (CI 95% = 0,58–1,23). Anche i risultati della gravità dei sintomi (SSS) e dello stato funzionale (FSS) del gruppo sperimentale, ottenuti mediante il BCTQ, erano inferiori di 1,79 (CI 95% = 0,91–1,31) e 0,91 (CI 95% = 0,78–1,24)

rispetto a chi non aveva ricevuto il trattamento. Ad esclusione della velocità di conduzione nervosa che è stata testata un mese dopo la fine delle sessioni di trattamento, una limitazione di questo studio è costituita dalla misurazione degli indicatori di outcome alla fine dell'ultima seduta, i quali possono essere stati condizionati dall'effetto immediato degli interventi. Ciò nonostante, dai risultati del follow-up [48] si evidenzia che, a 6 mesi dall'ultima seduta di terapia manuale basata sulle tecniche neurodinamiche, i parametri di conduzione nervosa (velocità di conduzione sensoriale, velocità di conduzione motoria e latenza motoria distale) e lo stato funzionale dei pazienti erano ad un livello simile ai risultati ottenuti immediatamente dopo la terapia. Inoltre, nei 6 mesi successivi l'applicazione della terapia, sono stati osservati una ulteriore riduzione del dolore e un miglioramento della forza di presa.

Anche Hamzeh et al. [49] ha indagato gli effetti a lungo termine di quattro sessioni di terapia manuale neurodinamica combinate ad esercizi di neurodinamica, trovando un'efficacia maggiore in tutte le misure di esito rispetto al gruppo trattato solamente con esercizi di scivolamento tendineo, stretching, rinforzo della mano ed esercizi per il range di movimento attivo. Le differenze più elevate tra i gruppi sono state notate nell'intensità del dolore, BCTQ e QuickDASH, mentre non sono state riscontrate differenze significative in termini di ROM e forza di presa. Inoltre, a distanza di un anno dal trattamento, nessuno dei pazienti ha scelto di eseguire l'intervento chirurgico di decompressione.

Wolny et al. [35] ha osservato che entrambi i gruppi dell'RCT, uno sottoposto al trattamento di terapia manuale combinato alla neurodinamica e l'altro al trattamento con laser e ultrasuoni, hanno mostrato risultati positivi sul test 2PD. Sebbene non ci siano state differenze intergruppo statisticamente significative, i gruppi erano considerevolmente eterogenei prima di iniziare il ciclo di trattamento, con un test 2PD peggiore per il gruppo di terapia manuale. Per questo motivo gli autori concludono che si è verificato un miglioramento maggiore nel gruppo che ha ricevuto il trattamento combinato di terapia manuale e neurodinamica.

Lo stesso trattamento di terapia manuale e tecniche neurodinamiche è stato utilizzato in un altro studio di Wolny et al. [50] per analizzarne gli effetti sull'*Overall Health Status* in soggetti con STC lieve o moderata (la gravità della STC è stata stabilita sulla base dell'*Historical-Objective Scale*). Dall'analisi dei risultati emerge che il protocollo utilizzato in questo studio ha condotto ad un miglioramento delle componenti fisiche e mentali dello stato di salute generale degli individui con STC lieve o moderata, statisticamente significativo rispetto al gruppo di controllo che non ha ricevuto alcuna terapia. Anche in questo studio le valutazioni effettuate subito dopo la fine del trattamento e la mancanza di un gruppo di controllo che si sottoponga ad una terapia placebo costituiscono delle limitazioni.

Anche Fernández-de-las-Peñas et al. [39] ha studiato gli effetti di un trattamento conservativo basato sulla terapia manuale combinata a tecniche ed esercizi di neurodinamica, comparandoli alla chirurgia. I pazienti sottoposti alla fisioterapia hanno mostrato riduzioni maggiori a 1 e 3 mesi del valore medio di dolore (Δ -2,0 [CI 95% da -2,8 a -1,2] e -1,3 [CI al 95% da 2,1 a 0,6], rispettivamente; $p < 0.001$) e della intensità del dolore peggiore (Δ -2.9 [da -4.0 a -2.0] e 2.0 [da -3.0 a -0.9], rispettivamente; $p < 0.001$) rispetto ai pazienti che hanno subito un intervento chirurgico. Inoltre, i pazienti trattati con la fisioterapia hanno mostrato un aumento della funzione più elevato a 1 e 3 mesi (Δ -0.8 [da -1.0 a -0.6], $p < 0.001$; e -0.3 [da -0.5 a -0.1], $p < 0.01$) rispetto ai pazienti sottoposti a intervento chirurgico. Non sono state osservate differenze significative tra i gruppi a 6 e 12 mesi sia per quanto riguarda il dolore ($p > 0.1$), sia per la funzione auto-riferita ($p > 0.3$), ed entrambi hanno mostrato miglioramenti simili nella gravità dei sintomi in tutti i periodi di follow-up. Sulla base dei risultati dello studio, gli autori dello studio supportano il trattamento conservativo basato sulla terapia manuale e sulla neurodinamica come prima opzione di gestione per la STC. Anche al follow-up a 4 anni dall'intervento [51] i risultati in termini di dolore e funzione nelle donne con STC sono simili tra il gruppo di trattamento conservativo e quello chirurgico. Allo stesso modo, anche il miglioramento auto-percepito, il tasso di intervento chirurgico post-intervento e la percentuale di altri trattamenti conservativi ricevuti sono simili in entrambi i gruppi. Un dato interessante è costituito dal fatto che solo il 15% delle donne che ha ricevuto il trattamento fisioterapico ha richiesto un'operazione chirurgica nei 4 anni successivi all'intervento. Quindi, i dati dell'RCT e del suo follow-up indicano che entrambi gli interventi sembrano essere ugualmente efficaci a lungo termine.

Un seguente trial di Fernández-de-las-Peñas et al. [52], in cui è stato nuovamente messo a confronto il medesimo programma di terapia manuale con la chirurgia, mostra che entrambi i trattamenti hanno ottenuto risultati simili in termini di dolore e sensibilità alla pressione nei periodi di follow-up a medio e lungo termine, ma miglioramenti più significativi sono stati ottenuti nel breve termine dal gruppo di terapia manuale.

I risultati dell'analisi economica del trattamento conservativo attuato nel trial di Fernández-de-las-Peñas et al. [53] hanno rivelato che questo approccio era più conveniente rispetto all'intervento chirurgico e presentava un minore assenteismo dal lavoro.

CAPITOLO 5

DISCUSSIONE

Tutti gli articoli analizzati hanno mostrato effetti favorevoli in seguito al trattamento conservativo con tecniche neurodinamiche in diverse misure di outcome. Tuttavia, la mancanza di una standardizzazione nella tipologia e nella posologia dell'intervento utilizzato rende più difficoltosa la comparazione dei risultati ottenuti nei diversi trials, costituendo un ostacolo all'interpretazione degli effetti terapeutici oltre che all'individuazione dell'approccio terapeutico migliore. In questa revisione, infatti, sono stati inclusi sia RCTs in cui il trattamento consisteva nell'applicazione di tecniche neurodinamiche, sia trials in cui la neurodinamica era combinata con la terapia manuale o con esercizi di scivolamento tendineo. Degli studi che hanno utilizzato esclusivamente la neurodinamica come metodo di trattamento, tre [46-48] hanno adottato un intervento costituito da venti sessioni (della durata di 20 minuti circa ciascuna) di tecniche di scorrimento e tensionamento nervoso distribuite in 10 settimane, mentre un RCT [49] ha sviluppato un trattamento su quattro settimane composto da quattro sessioni di trattamento passivo (una sessione settimanale di 60 minuti circa) e dall'esecuzione di esercizi neurodinamici a casa. In particolare, i risultati di due RCTs di Wolny et al. [46, 47] dimostrano l'efficacia dell'impiego delle tecniche neurodinamiche per ridurre il dolore, la gravità dei sintomi e migliorare la conduzione nervosa e lo stato funzionale a breve termine nei pazienti con sindrome del tunnel carpale. Il mantenimento dei miglioramenti ottenuti in termini di conduzione nervosa e stato funzionale, oltre ad un ulteriore miglioramento del dolore e della forza di presa, è stato osservato a 6 mesi di distanza [48]; questi risultati sono simili a quelli ottenuti da Hamzeh et al. [49].

Anche i trials che hanno considerato il trattamento neurodinamico quale parte di un approccio conservativo basato sulla terapia manuale ed esercizio terapeutico hanno osservato benefici sul dolore e sulla funzione auto-percepita. Tra questi, tre RCTs [39, 51, 52] di Fernández-de-las-Peñas et al. hanno considerato un trattamento costituito da 3 sessioni della durata approssimativa di 30 minuti, 1 volta alla settimana, e, confrontandolo con l'intervento chirurgico, hanno trovato risultati simili sia a 6 che a 12 mesi nelle donne con STC, ma migliori benefici per il gruppo di trattamento conservativo nel breve termine. Ciò è probabilmente dovuto all'incisione e alla rigidità della cicatrice chirurgica. Un unico trial ha confrontato gli effetti di questi due trattamenti a 4 anni di distanza [51], producendo differenze non statisticamente significative tra il gruppo di trattamento di terapia manuale e il gruppo di trattamento chirurgico sul dolore, sullo stato funzionale e sul miglioramento auto-percepito. Dall'analisi del tasso di intervento chirurgico post-intervento o altri trattamenti conservativi emerge che solo il 15% delle donne che avevano ricevuto il trattamento

conservativo erano state poi sottoposte ad intervento chirurgico nei 4 anni successivi. Questo dato diverge da precedenti risultati che stimavano un tasso di intervento chirurgico molto più alto in seguito ad un trattamento conservativo localizzato. Gli autori imputano questa importante discrepanza alla differenza nell'approccio terapeutico, asserendo che studi precedenti hanno utilizzato principalmente approcci localizzati al polso e/o alla mano, risultando in prove limitate. Questi approcci si basano sulla considerazione della sindrome del tunnel carpale come una patologia esclusivamente localizzata alla sede di compressione del nervo mediano al polso, ma studi recenti suggeriscono che la STC è un disturbo complesso che mostra anche sintomi di sensibilizzazione centrale [54]. Pertanto, un approccio che consideri il decorso del nervo mediano, i potenziali siti anatomici di intrappolamento nervoso e i meccanismi di sensibilizzazione si può rivelare più efficace di un intervento rivolto solo al polso e/o alla mano.

Un differente metodo di trattamento comprendente venti sessioni (due sessioni settimanali) di tecniche neurodinamiche in associazione a mobilizzazioni del polso e massaggio del muscolo trapezio è stato adottato in due studi di Wolny et al. [50, 35]: un trial ha mostrato miglioramenti significativi sullo stato di salute generale negli individui con STC rispetto al gruppo di controllo che non ha ricevuto alcuna terapia; nell'altro trial il programma ha determinato effetti positivi significativi sul test 2PD, dimostrandosi superiore rispetto ad una terapia di ultrasuoni e laser.

Una limitazione di diversi studi inclusi in questa analisi è la registrazione degli outcomes subito dopo la conclusione del ciclo terapeutico, i quali possono non essere indicativi di un miglioramento consolidato, potendo essere influenzati positivamente dal beneficio ottenuto in seguito all'ultima sessione di trattamento. Invece, la rilevazione degli outcomes a lungo termine fornisce dati più efficaci nel comprendere gli effetti del trattamento a distanza di tempo, i quali sono i più importanti per migliorare lo stato di salute dei pazienti e ridurre i costi associati alle cure. Altre limitazioni di alcuni studi sono la mancanza di cecità dei riceventi il trattamento e l'assenza di gruppi di controllo che ricevano una terapia placebo.

In aggiunta all'eterogeneità delle metodiche di trattamento nei diversi studi, vi è da considerare che in alcuni trials vengono utilizzate sia tecniche di scorrimento che di tensionamento del nervo, mentre in altri vengono utilizzate solamente tecniche di scorrimento del nervo. Ad oggi, non esistono prove che supportino l'impiego di una mobilizzazione rispetto all'altra, ma gli studi suggeriscono che gli effetti meccanici delle due tecniche sul sistema nervoso periferico sono differenti [55]. È dimostrato infatti che, attraverso i movimenti di articolazioni adiacenti, le tecniche di scorrimento determinano una maggiore escursione longitudinale del nervo senza aumentarne la deformazione. Diversamente, le tecniche di tensionamento del nervo inducono uno scorrimento combinato ad una modificazione del letto nervoso, e quindi ad una sua deformazione. Poiché la

deformazione del nervo comporta modifiche pressorie e quindi cambiamenti nell'apporto sanguigno e nel trasporto assonale, si ritiene che le tecniche di tensionamento siano più aggressive. La consapevolezza che differenti tecniche producono effetti meccanici distinti può condurre alla selezione della mobilizzazione più appropriata alla patologia.

Infine, sebbene solamente pochi studi abbiano previsto l'esecuzione di esercizi neurodinamici in autonomia da parte del paziente, non è da sottostimare, previa adeguata educazione, la possibilità di assegnare esercizi per offrire continuità al trattamento manuale del fisioterapista.

I miglioramenti osservati in seguito al trattamento neurodinamico possono essere spiegati dalla diminuzione della meccano-sensibilità del sistema nervoso legata al miglioramento del trasporto assonale e alla riduzione dell'edema intrafascicolare, dalla riduzione di aderenze nel tunnel carpale, dai cambiamenti neuroplastici associati al dolore, dalla modulazione del dolore discendente e dalla riduzione della pressione nel tunnel carpale [45].

I risultati positivi ottenuti dagli studi inclusi in questa revisione sembrano incoraggianti circa l'efficacia delle tecniche neurodinamiche, siano esse applicate in isolamento o in combinazione a tecniche di terapia manuale nei potenziali siti di intrappolamento nervoso, nel trattamento conservativo dei pazienti con sindrome del tunnel carpale.

CONCLUSIONI

Nonostante la neurodinamica sia una branca della terapia manuale relativamente recente, l'utilizzo di tecniche di scorrimento o tensionamento nervoso è sempre più comune nella gestione conservativa dei pazienti con sindrome del tunnel carpale. A tal riguardo, la letteratura scientifica attuale è ancora carente, ma gli studi inerenti la neurodinamica sono in aumento e forniscono risultati incoraggianti per il suo impiego nel trattamento della sindrome del tunnel carpale. Le ipotesi neurofisiologiche alla base dell'utilizzo della mobilizzazione neurodinamica in questa patologia sono: il ripristino di una normale meccano-sensibilità nervosa, la riduzione dell'edema intraneurale ed il miglioramento del trasporto assonale e dell'afflusso sanguigno.

Nella sindrome del tunnel carpale, considerata una sindrome da intrappolamento nervoso, la neurodinamica mira alla risoluzione dei processi patologici interessanti il nervo mediano mediante l'impiego di mobilizzazioni che hanno lo scopo di generare uno scorrimento del nervo in relazione ai tessuti limitrofi e liberarlo da interfacce meccaniche patologiche.

Le evidenze presenti in letteratura individuano nell'approccio conservativo il primo tentativo di gestione per i casi lievi e moderati, riservando l'intervento chirurgico di release del tunnel carpale ai casi più gravi, contraddistinti dalla presenza di atrofia dei muscoli dell'eminanza tenare. Inoltre, a supporto di questa strategia di gestione, recenti studi mostrano che il trattamento conservativo basato sulla terapia manuale sui potenziali siti di intrappolamento nervoso e sulle tecniche neurodinamiche sia ugualmente efficace al trattamento chirurgico anche a distanza di 1 anno nelle donne con sindrome del tunnel carpale. Dietro questa tipologia di trattamento conservativo vi è la considerazione di una patologia che interessa il nervo mediano al polso, ma alla quale conseguono delle modificazioni non locali e dei processi di sensibilizzazione periferica e centrale. Ne deriva un intervento che tiene in considerazione l'intero decorso del nervo mediano, le strutture anatomiche che possono costituire un'interfaccia meccanica e l'interferenza dei meccanismi di sensibilizzazione centrale.

Dall'analisi di studi recenti emergono miglioramenti in termini di dolore, stato funzionale, severità dei sintomi e conduzione nervosa nei pazienti con sindrome del tunnel carpale in seguito all'applicazione di tecniche neurodinamiche, sia che vengano utilizzate in isolamento sia in associazione alla terapia manuale o all'esercizio terapeutico. Gli effetti terapeutici sono evidenti sia a breve termine che a lungo termine, fornendo prova del possibile mantenimento dei cambiamenti fisiologici indotti dal trattamento.

Quindi, i risultati della ricerca corroborano l'ipotesi iniziale sull'efficacia della neurodinamica nel trattamento conservativo della sindrome del tunnel carpale, il quale dovrebbe essere prediletto come primo approccio di gestione dalle figure professionali che per prime diagnosticano questa patologia. È altresì importante considerare che l'eterogeneità delle metodologie d'intervento nei diversi studi costituisce un ostacolo all'individuazione precisa degli effetti terapeutici e che ulteriori ricerche sono necessarie per definire se le tecniche di scorrimento nervoso sono più efficaci rispetto alle tecniche di tensionamento del nervo nel trattamento di questa sindrome.

BIBLIOGRAFIA

1. Dabbagh A, MacDermid JC, Yong J, Macedo LG, Packham TL (2020). Diagnosing Carpal Tunnel Syndrome: Diagnostic Test Accuracy of Scales, Questionnaires, and Hand Symptom Diagrams - A Systematic Review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 50(11), 622-631. doi:10.2519/jospt.2020.9599
2. Padua L, Coraci D, Erra C, Pazzaglia C, Paolasso I, Loreti C, Caliandro P, Hobson-Webb LD (2016). Carpal tunnel syndrome: clinical features, diagnosis, and management. *The Lancet Neurology*, 15(12), 1273-1284. doi:10.1016/S1474-4422(16)30231-9
3. American Academy of Orthopaedic Surgeons (2016). Management of Carpal Tunnel Syndrome Evidence-Based Clinical Practice Guideline. Disponibile on-line all'indirizzo <https://www.aaos.org/ctscpg>
4. Calandruccio JH, Thompson NB (2018). Carpal Tunnel Syndrome: Making Evidence-Based Treatment Decisions. *Orthopedic Clinics of North America*, 49(2), 223-229. doi:10.1016/j.ocl.2017.11.009
5. Luckhaupt SE, Dahlhamer JM, Ward BW, Sweeney MH, Sestito JP, Calvert GM (2013). Prevalence and work-relatedness of carpal tunnel syndrome in the working population, United States, 2010 National Health Interview Survey. *American Journal of Industrial Medicine*, 56, 615-624. doi:10.1002/ajim.22048
6. Dale AM, Harris-Adamson C, Rempel D, et al (2013). Prevalence and incidence of carpal tunnel syndrome in US working populations: pooled analysis of six prospective studies. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 39, 495-505. doi:10.5271/sjweh.3351
7. Standring S (2017). Anatomia del Gray. Le basi anatomiche per la pratica clinica (Quarantunesima edizione). Edra S.p.A., Milano.
8. Akhondi H, Varacallo M (2022). Anterior Interosseous Syndrome. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. PMID: 30247831.
9. Stecco C, Giordani F, Fan C, Biz C, Pirri C, Frigo AC, Fede C, Macchi V, Masiero S, De Caro R (2020). Role of fasciae around the median nerve in pathogenesis of carpal tunnel syndrome: microscopic and ultrasound study. *Journal of Anatomy*, 236(4), 660-667. doi:10.1111/joa.13124
10. Erickson M, Lawrence M, Jansen CWS, Coker D, Amadio P, Cleary C (2019). Hand Pain and Sensory Deficits: Carpal Tunnel Syndrome: Clinical Practice Guidelines Linked to the International Classification of Functioning, Disability and Health From the Academy of Hand and Upper Extremity Physical Therapy and the Academy of Orthopaedic Physical Therapy of the American Physical Therapy Association. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 49(5), 1-85.
11. Butler SD (1991). Mobilisation of the nervous system. Churchill Livingstone - Longman Group UK Limited, Melbourne.
12. Lundborg G, Dahlin LB (1996). Anatomy, function, and pathophysiology of peripheral nerves and nerve compression. *Hand Clinics*, 12(2), 185-93.
13. Aboonq MS (2015). Pathophysiology of carpal tunnel syndrome. *Neurosciences (Riyadh)*, 20(1), 4-9.
14. Roquelaure Y, Ha C, Pelier-Cady MC, Nicolas G, Descatha A, Leclerc A, Raimbeau G, Goldberg M, Imbernon E (2008). Work increases the incidence of carpal tunnel syndrome in the general population. *Muscle & Nerve*, 37(4), 477-82. doi:10.1002/mus.20952
15. Chen SJ, Lin HS, Hsieh CH (2013). Carpal tunnel pressure is correlated with electrophysiological parameters but not the 3 month surgical outcome. *Journal of Clinical Neuroscience*, 20(2), 272-7. doi:10.1016/j.jocn.2012.03.032

16. Luchetti R, Schoenhuber R, Alfarano M, Deluca S, De Cicco G, Landi A (1990). Carpal tunnel syndrome: correlations between pressure measurement and intraoperative electrophysiological nerve study. *Muscle & Nerve*, 13(12), 1164-8. doi:10.1002/mus.880131211
17. Lundborg G, Gelberman RH, Minteer-Convery M, Lee YF, Hargens AR (1982). Median nerve compression in the carpal tunnel--functional response to experimentally induced controlled pressure. *Journal of Hand Surgery (American Volume)*, 7(3), 252-9. doi:10.1016/s0363-5023(82)80175-5
18. Mackinnon SE (2002). Pathophysiology of nerve compression. *Hand Clinics*, 18(2), 231-41. doi:10.1016/s0749-0712(01)00012-9
19. Nee RJ, Butler D (2006). Management of peripheral neuropathic pain: integrating neurobiology, neurodynamics, and clinical evidence. *Physical Therapy in Sport*, 7, 36-49. doi:10.1016/j.ptsp.2005.10.002
20. Upton AR, McComas AJ (1973). The double crush in nerve entrapment syndromes. *The Lancet*, 2(7825), 359-62. doi:10.1016/s0140-6736(73)93196-6
21. Wright AR, Atkinson RE (2019). Carpal Tunnel Syndrome: An Update for the Primary Care Physician. *Hawai'i Journal of Health & Social Welfare*, 78(11 Suppl 2), 6-10.
22. Schmid AB, Brunner F, Luomajoki H, Held U, Bachmann LM, Künzer S, Coppieters MW (2009). Reliability of clinical tests to evaluate nerve function and mechanosensitivity of the upper limb peripheral nervous system. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 10:11. doi:10.1186/1471-2474-10-11
23. Dididze M, Tafti D, Sherman AL (2022). Pronator Teres Syndrome. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. PMID: 30252346.
24. Orhurhu V, Orman S, Peck J, Urits I, Orhurhu MS, Jones MR, Manchikanti L, Kaye AD, Odonkor C, Hirji S, Cornett EM, Imani F, Varrassi G, Viswanath O (2020). Carpal Tunnel Release Surgery- A Systematic Review of Open and Endoscopic Approaches. *Anesthesiology and Pain Medicine*, 10(6):e112291. doi:10.5812/aapm.112291
25. Karl JW, Gancarczyk SM, Strauch RJ (2016). Complications of Carpal Tunnel Release. *Orthopedic Clinics of North America*, 47(2), 425-33. doi:10.1016/j.ocl.2015.09.015
26. Mosier BA, Hughes TB (2013). Recurrent carpal tunnel syndrome. *Hand Clinics*, 29(3), 427-34. doi:10.1016/j.hcl.2013.04.011
27. Festen-Schrier VJMM, Amadio PC (2018). The biomechanics of subsynovial connective tissue in health and its role in carpal tunnel syndrome. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 38, 232-239. doi:10.1016/j.jelekin.2017.10.007
28. Jinrok O, Zhao C, Amadio PC, An KN, Zobitz ME, Wold LE (2004). Vascular pathologic changes in the flexor tenosynovium (subsynovial connective tissue) in idiopathic carpal tunnel syndrome. *Journal of Orthopaedic Research*, 22(6), 1310-5. doi:10.1016/j.orthres.2004.03.005
29. Soltani AM, Allan BJ, Best MJ, Mir HS, Panthaki ZJ (2014). Revision decompression and collagen nerve wrap for recurrent and persistent compression neuropathies of the upper extremity. *Annals of Plastic Surgery*, 72(5), 572-8. doi:10.1097/SAP.0b013e3182956475
30. Benson LS, Bare AA, Nagle DJ, Harder VS, Williams CS, Visotsky JL (2006). Complications of endoscopic and open carpal tunnel release. *Arthroscopy*, 22(9), 919-24, 924.e1-2. doi: 10.1016/j.arthro.2006.05.008
31. Chesterton LS, Blagojevic-Bucknall M, Burton C, Dziedzic KS, Davenport G, Jowett SM, Myers HL, Oppong R, Rathod-Mistry T, van der Windt DA, Hay EM, Roddy E (2018). The clinical and cost-effectiveness of corticosteroid injection versus night splints for carpal tunnel syndrome (INSTINCTS trial): an open-label, parallel group, randomised controlled trial. *The Lancet*, 392(10156), 1423-1433. doi:10.1016/S0140-6736(18)31572-1

32. Ostergaard PJ, Meyer MA, Earp BE (2020). Non-operative Treatment of Carpal Tunnel Syndrome. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 13(2), 141-147. doi:10.1007/s12178-020-09616-0
33. Parish R, Morgan C, Burnett CA, Baker BC, Manning C, Sisson SK, Shipp ER (2020). Practice patterns in the conservative treatment of carpal tunnel syndrome: Survey results from members of the American Society of Hand Therapy. *Journal of Hand Therapy*, 33(3), 346-353. doi:10.1016/j.jht.2019.03.003
34. Jiménez Del Barrio S, Estébanez de Miguel E, Bueno Gracia E, Haddad Garay M, Tricás Moreno JM, Hidalgo García C (2018). Effects of diacutaneous fibrolysis in patients with mild to moderate symptomatic carpal tunnel syndrome: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 32(12), 1645-1655. doi:10.1177/0269215518787316
35. Wolny T, Saulicz E, Linek P, Myśliwiec A, Saulicz M (2016). Effect of manual therapy and neurodynamic techniques vs ultrasound and laser on 2PD in patients with CTS: A randomized controlled trial. *Journal of Hand Therapy*, 29(3), 235-45. doi:10.1016/j.jht.2016.03.006
36. Pratelli E, Pintucci M, Cultrera P, Baldini E, Stecco A, Petrocelli A, Pasquetti P (2015). Conservative treatment of carpal tunnel syndrome: comparison between laser therapy and Fascial Manipulation®. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 19(1), 113-8. doi:10.1016/j.jbmt.2014.08.002
37. Talebi GA, Saadat P, Javadian Y, Taghipour M (2020). Comparison of two manual therapy techniques in patients with carpal tunnel syndrome: A randomized clinical trial. *Caspian Journal of Internal Medicine*, 11(2), 163-170. doi:10.22088/cjim.11.2.163
38. Bialosky JE, Bishop MD, Price DD, Robinson ME, Vincent KR, George SZ (2009). A randomized sham-controlled trial of a neurodynamic technique in the treatment of carpal tunnel syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(10), 709-23. doi:10.2519/jospt.2009.3117
39. Fernández-de-Las Peñas C, Ortega-Santiago R, de la Llave-Rincón AI, Martínez-Perez A, Fahandezh-Saddi Díaz H, Martínez-Martín J, Pareja JA, Cuadrado-Pérez ML (2015). Manual Physical Therapy Versus Surgery for Carpal Tunnel Syndrome: A Randomized Parallel-Group Trial. *The Journal of Pain*, 16(11), 1087-94. doi:10.1016/j.jpain.2015.07.012
40. Fernández-de-Las-Peñas C, Cleland J, Palacios-Ceña M, Fuensalida-Novo S, Pareja JA, Alonso-Blanco C (2017). The Effectiveness of Manual Therapy Versus Surgery on Self-reported Function, Cervical Range of Motion, and Pinch Grip Force in Carpal Tunnel Syndrome: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 47(3), 151-161. doi:10.2519/jospt.2017.7090
41. Jiménez-Del-Barrio S, Cadellans-Arróniz A, Ceballos-Laita L, Estébanez-de-Miguel E, López-de-Celis C, Bueno-Gracia E, Pérez-Bellmunt A (2022). The effectiveness of manual therapy on pain, physical function, and nerve conduction studies in carpal tunnel syndrome patients: a systematic review and meta-analysis. *International Orthopaedics*, 46(2), 301-312. doi:10.1007/s00264-021-05272
42. Boudier-Revéret M, Gilbert KK, Allégue DR, Moussadyk M, Brismée JM, Sizer PS Jr, Feipel V, Dugailly PM, Sobczak S (2017). Effect of neurodynamic mobilization on fluid dispersion in median nerve at the level of the carpal tunnel: A cadaveric study. *Musculoskeletal Science and Practice*, 31, 45-51. doi:10.1016/j.msksp.2017.07.004
43. Basson A, Olivier B, Ellis R, Coppieters M, Stewart A, Mudzi W (2017). The Effectiveness of Neural Mobilization for Neuromusculoskeletal Conditions: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 47(9), 593-615. doi:10.2519/jospt.2017.7117

44. Núñez de Arenas-Arroyo S, Cavero-Redondo I, Torres-Costoso A, Reina-Gutiérrez S, Álvarez-Bueno C, Martínez-Vizcaíno V (2021). Short-term Effects of Neurodynamic Techniques for Treating Carpal Tunnel Syndrome: A Systematic Review With Meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 51(12), 566-580. doi:10.2519/jospt.2021.10533
45. Sheereen FJ, Sarkar B, Sahay P, Shaphe MA, Alghadir AH, Iqbal A, Ali T, Ahmad F (2022). Comparison of Two Manual Therapy Programs, including Tendon Gliding Exercises as a Common Adjunct, While Managing the Participants with Chronic Carpal Tunnel Syndrome. *Pain Research and Management*, 2022:1975803. doi:10.1155/2022/1975803
46. Wolny T, Linek P (2018). Neurodynamic Techniques Versus "Sham" Therapy in the Treatment of Carpal Tunnel Syndrome: A Randomized Placebo-Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 99(5), 843-854. doi:10.1016/j.apmr.2017.12.005
47. Wolny T, Linek P (2019). Is manual therapy based on neurodynamic techniques effective in the treatment of carpal tunnel syndrome? A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 33(3), 408-417. doi:10.1177/0269215518805213
48. Wolny T, Linek P (2019). Long-term patient observation after conservative treatment of carpal tunnel syndrome: a summary of two randomised controlled trials. *PeerJ*, 7:e8012. doi:10.7717/peerj.8012
49. Hamzeh H, Madi M, Alghwiri AA, Hawamdeh Z (2021). The long-term effect of neurodynamics vs exercise therapy on pain and function in people with carpal tunnel syndrome: A randomized parallel-group clinical trial. *Journal of Hand Therapy*, 34(4), 521-530. doi:10.1016/j.jht.2020.07.005
50. Wolny T, Linek P (2018). The Effect of Manual Therapy Including Neurodynamic Techniques on the Overall Health Status of People With Carpal Tunnel Syndrome: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Manipulative Physiological Therapeutics*, 41(8), 641-649. doi:10.1016/j.jmpt.2018.11.001
51. Fernández-de-Las-Peñas C, Arias-Burúa JL, Cleland JA, Pareja JA, Plaza-Manzano G, Ortega-Santiago R (2020). Manual Therapy Versus Surgery for Carpal Tunnel Syndrome: 4-Year Follow-Up From a Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*, 100(11), 1987-1996. doi:10.1093/ptj/pzaa150
52. Fernández-de-Las-Peñas C, Cleland J, Palacios-Ceña M, Fuensalida-Novo S, Alonso-Blanco C, Pareja JA, Albuquerque-Sendín F (2017). Effectiveness of manual therapy versus surgery in pain processing due to carpal tunnel syndrome: A randomized clinical trial. *European Journal of Pain*, 21(7), 1266-1276. doi:10.1002/ejp.1026
53. Fernández-de-Las-Peñas C, Ortega-Santiago R, Díaz HF, Salom-Moreno J, Cleland JA, Pareja JA, Arias-Burúa JL (2019). Cost-Effectiveness Evaluation of Manual Physical Therapy Versus Surgery for Carpal Tunnel Syndrome: Evidence From a Randomized Clinical Trial. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 49(2), 55-63. doi:10.2519/jospt.2019.8483
54. Fernández-de-Las-Peñas C, Arias-Burúa JL, Ortega-Santiago R, De-la-Llave-Rincón AI (2020). Understanding central sensitization for advances in management of carpal tunnel syndrome. *F1000Research*, 9:F1000 Faculty Rev-605. doi:10.12688/f1000research.22570.1
55. Coppieters MW, Butler DS (2008). Do 'sliders' slide and 'tensioners' tension? An analysis of neurodynamic techniques and considerations regarding their application. *Manual Therapy*, 13(3):213-21. doi:10.1016/j.math.2006.12.008
56. Arendt-Nielsen L, Fernández-de-Las-Peñas C, Graven-Nielsen T (2011). Basic aspects of musculoskeletal pain: from acute to chronic pain. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 19(4), 186-93. doi:10.1179/106698111X13129729551903.

57. Woolf CJ (2011). Central sensitization: implications for the diagnosis and treatment of pain. *Pain*, 152(3 Suppl), S2-S15. doi:10.1016/j.pain.2010.09.030
58. Schmid AB, Hailey L, Tampin B (2018). Entrapment Neuropathies: Challenging Common Beliefs With Novel Evidence. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 48(2):58-62. doi:10.2519/jospt.2018.0603

ALLEGATI

Tabella sinottica dei risultati

Autore e anno di pubblicazione	Tipologia di studio	Materiali e metodi	Conclusioni dello studio	Outcome utilizzati
Sheeren FJ et al. 2022 [45]	RCT	<p>30 pazienti (24 donne, 6 uomini) con STC, divisi in due gruppi, hanno ricevuto nove trattamenti totali (tre a settimana):</p> <ul style="list-style-type: none"> 1° gruppo: due serie da cinque minuti di sliders neurodinamici ed esercizi di scivolamento tendineo; 2° gruppo: tre serie da trenta ripetizioni di mobilizzazione delle ossa carpali. 	<p>L'intervento di mobilizzazione neurodinamica in combinazione ad esercizi di scivolamento dei tendini ha ottenuto miglioramenti più significativi nella velocità di conduzione nervosa e nello stato funzionale rispetto al gruppo di mobilizzazione carpale. Entrambi gli interventi sono stati ugualmente efficaci nel ridurre il dolore e migliorare la forza di presa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • VAS • BCTQ • Grip Strength (GS) • Nerve conduction study (NCS)
Wolny et al. 2018 [46]	RCT	<p>150 pazienti (135 donne, 15 uomini) con STC, divisi in due gruppi, hanno ricevuto venti trattamenti totali (due a settimana):</p> <ul style="list-style-type: none"> 1° gruppo: tre serie da 60 ripetizioni di tecniche neurodinamiche; 2° gruppo: tre serie da 60 ripetizioni di tecniche "sham" (terapia placebo). 	<p>L'applicazione delle tecniche neurodinamiche come unico intervento nel trattamento conservativo dei pazienti con STC lieve e moderata si è rivelata più efficace della terapia simulata. Sono stati ottenuti miglioramenti significativi in tutte le misure di esito, ad eccezione della forza di presa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • NPRS • BCTQ-SSS • BCTQ-FSS • Sensory conduction velocity (SCV) • Motor conduction velocity (MCV) • Motor latency (MT) • 2PD • Grip strength
Wolny et al. 2019 [47]	RCT	<p>103 pazienti (92 donne, 11 uomini) con STC lieve o moderata, suddivisi in due gruppi: uno ha ricevuto un trattamento di venti sessioni totali, due a settimana, composto da 3 serie di 60 ripetizioni di tecniche neurodinamiche di scorrimento e tensionamento, il secondo gruppo non ha ricevuto alcun trattamento.</p>	<p>L'uso di tecniche neurodinamiche nel trattamento conservativo dei casi lievi e moderati ha ottenuto significativi miglioramenti a breve termine nella conduzione nervosa, nello stato funzionale, nel dolore e nella severità dei sintomi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • NPRS • BCTQ-SSS • BCTQ-FSS • Sensory conduction velocity • Motor conduction velocity • Motor latency

Wolny et al. 2019 [48]	Studio osservazionale	107 pazienti con STC da due RCTs [2, 3] sono stati osservati per i 6 mesi successivi al trattamento conservativo basato sulla neurodinamica. L'obiettivo è valutare i cambiamenti degli outcomes del trattamento sei mesi dopo.	Dopo sei mesi dalla fine del trattamento basato sulle tecniche neurodinamiche non ci sono stati cambiamenti statisticamente significativi nella velocità di conduzione nervosa, nello stato funzionale e nella discriminazione sensoriale. Si sono registrati un'ulteriore riduzione del dolore e un aumento della forza di presa.	<ul style="list-style-type: none"> • NPRS • BCTQ-SSS • BCTQ-FSS • Sensory conduction velocity (SCV) • Motor conduction velocity (MCV) • Motor latency (MT) • 2PD • Grip strength
Hamzeh et al. (2021) [49]	RCT	<p>41 pazienti (37 donne, 4 uomini) con STC, divisi in due gruppi, hanno ricevuto quattro trattamenti totali (uno a settimana) così composti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1° gruppo: tecniche manuali neurodinamiche ed esercizi neurodinamici da svolgere in autonomia; • 2° gruppo: esercizi di scivolamento tendineo, di rinforzo, di stretching e di mobilizzazione attiva durante la sessione con il fisioterapista ed esercizi da svolgere in autonomia. <p>L'obiettivo è valutare gli effetti di questi due interventi a distanza di 6 mesi.</p>	Entrambi i gruppi hanno ottenuto miglioramenti significativi sia ad uno che a sei mesi, ma il gruppo di trattamento neurodinamico ha dimostrato benefici maggiori in tutte le misure di esito. Differenze significative tra i due gruppi sono state osservate nel dolore, stato funzionale e severità dei sintomi.	<ul style="list-style-type: none"> • NPRS • BCTQ-SSS • BCTQ-FSS • QuickDASH • Grip Strength
Wolny et al. (2016) [35]	RCT	<p>140 pazienti (122 donne, 18 uomini) con STC, suddivisi in due gruppi, hanno ricevuto 20 sessioni di trattamento (due a settimana) così composto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1° gruppo: massaggio funzionale del muscolo trapezio, tecniche di apertura e chiusura del polso, tecniche neurodinamiche di scorrimento e tensionamento; • 2° gruppo: laser e ultrasuoni. 	Entrambi gli interventi hanno migliorato i risultati al test 2PD, ma la terapia manuale con tecniche neurodinamiche ha ottenuto risultati più significativi rispetto al laser ed ultrasuoni.	<ul style="list-style-type: none"> • 2PD

Wolny et al. (2018) [50]	RCT	189 pazienti (169 donne, 20 uomini) con STC lieve o moderata sono stati suddivisi in due gruppi, di cui uno non ha ricevuto alcun trattamento, mentre l'altro ha ricevuto 20 sessioni di trattamento (due a settimana) composto da terapia manuale (massaggio del muscolo trapezio e tecniche di mobilizzazione del polso) e tecniche neurodinamiche (sliders e tensioners). L'obiettivo è valutare gli effetti di questo trattamento sull' <i>Overall Health Status</i> dei pazienti con STC.	Il trattamento ha prodotto miglioramenti significativi sia nelle componenti fisiche sia nelle componenti mentali dello stato di salute generale rispetto al gruppo di controllo.	<ul style="list-style-type: none"> • Short Form Health Survey (SF-36)
Fernández-de-Las Peñas et al. (2015) [39]	RCT	111 donne con STC suddivise in due gruppi, di cui uno è stato sottoposto a intervento chirurgico di release del tunnel carpale, mentre l'altro ha ricevuto un trattamento di tipo conservativo composto da 3 sessioni (una a settimana) di terapia manuale e tecniche neurodinamiche. Entrambi i gruppi hanno ricevuto una sessione educativa sugli esercizi di scorrimento tendineo e nervoso da eseguire in autonomia. L'obiettivo è confrontare gli effetti dell'intervento chirurgico con quelli del trattamento conservativo basato sulla terapia manuale.	La terapia manuale in combinazione a tecniche neurodinamiche è risultata essere più efficace del trattamento chirurgico a 1 e 3 mesi. Non sono state osservate differenze significative tra i due interventi a 6 e 12 mesi.	<ul style="list-style-type: none"> • NPRS • BCTQ-SSS • BCTQ-FSS
Fernández-de-Las Peñas et al. (2020) [51]	RCT	97 donne con STC suddivise in due gruppi, di cui uno è stato sottoposto a intervento chirurgico di release del tunnel carpale, mentre l'altro ha ricevuto un trattamento di tipo conservativo composto da 3 sessioni (una a settimana) di terapia manuale e tecniche neurodinamiche. L'obiettivo è confrontare gli effetti dell'intervento chirurgico con quelli del trattamento conservativo basato sulla terapia manuale a distanza di 4 anni.	Nessuna differenza significativa tra i due gruppi sul dolore e sullo stato funzionale ai follow-up a 1 e 4 anni. Anche il tasso di intervento chirurgico (o re-intervento) è simile in entrambi i gruppi.	<ul style="list-style-type: none"> • NPRS • BCTQ-SSS • BCTQ-FSS

Fernández-de-Las Peñas et al. (2017) [52]	RCT	95 donne con STC (con sintomi da almeno sei mesi) suddivise in due gruppi, di cui uno è stato sottoposto a intervento chirurgico di release del tunnel carpale, mentre l'altro ha ricevuto un trattamento di tipo conservativo composto da 3 sessioni (una a settimana) di terapia manuale e tecniche neurodinamiche. Entrambi i gruppi hanno ricevuto una sessione educativa sugli esercizi di scorrimento tendineo e nervoso da eseguire in autonomia. L'obiettivo è confrontare gli effetti dell'intervento chirurgico con quelli del trattamento conservativo basato sulla terapia manuale sul dolore nei pazienti con STC.	Entrambi i gruppi hanno ottenuto risultati simili in termini di intensità del dolore e sensibilità alla pressione nei periodi di follow-up a medio e lungo termine (6, 9, 12 mesi). Il gruppo di trattamento conservativo ha sperimentato benefici migliori nel breve termine (3 mesi).	<p>Outcome primario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pressure pain thresholds (PPTs) <p>Outcome secondario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • NPRS
Fernández-de-Las Peñas et al. (2019) [53]	RCT	118 donne con STC suddivise in due gruppi, di cui uno è stato sottoposto a intervento chirurgico di release del tunnel carpale, mentre l'altro ha ricevuto un trattamento di tipo conservativo composto da 3 sessioni (una a settimana) di terapia manuale e tecniche neurodinamiche. Entrambi i gruppi hanno ricevuto una sessione educativa sugli esercizi di scorrimento tendineo e nervoso da eseguire in autonomia. L'obiettivo è valutare le differenze di costo-efficacia di questo trattamento conservativo rispetto alla chirurgia nelle donne con STC.	L'efficacia dei due trattamenti è risultata simile, ma il trattamento conservativo adottato dallo studio si è verificato meno costoso; inoltre, l'assenza dal lavoro è stata maggiore per il gruppo chirurgico.	<ul style="list-style-type: none"> • European Quality of Life-5 Dimensions scale (EQ-5D-5L)