

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA**

**SCUOLA DI SCIENZE MEDICHE E FARMACEUTICHE  
DIPARTIMENTO DI MEDICINA SPERIMENTALE (DIMES)**

*Corso di laurea in Medicina e Chirurgia*



**Ecografia ad alta risoluzione delle neuropatie  
dell'interosseo posteriore**

**Relatore**

*Prof. Carlo Martinoli*

**Candidato**

*Davide Del Chiaro*

Anno accademico 2020-2021



## INDICE

### INTRODUZIONE

- Anatomia avambraccio.....1
- Anatomia sistema nervoso periferico arto superiore.....2

### CAPITOLO 1

- Fisiopatologia sindrome nervo interosseo posteriore.....11

### CAPITOLO 2

- Intrappolamento del nervo interosseo posteriore distalmente al margine del supinatore.....23

RIFERIMENTI.....33

RINGRAZIAMENTI.....37



# ANATOMIA

## *Anatomia avambraccio*

I muscoli dell'avambraccio sono rivestiti dalla fascia antibrachiale, i cui setti si inseriscono su radio, ulna e membrana interossea dividendo l'avambraccio in tre compartimenti: anteriore, posteriore e laterale (“mobile wad”). Il compartimento anteriore dell'avambraccio, flessorio, è separato dal compartimento posteriore, estensorio, dalla membrana interossea, la quale unisce radio e ulna.

I muscoli anteriori dell'avambraccio sono otto muscoli disposti in due strati sovrapposti: lo strato superficiale è formato in senso lateromediale da pronatore rotondo, flessore radiale del carpo, palmare lungo e flessore ulnare del carpo (tutti questi muscoli hanno origine dall'epicondilo mediale dell'omero), muscolo flessore superficiale delle dita (il quale origina da omero, radio e ulna) e muscolo pronatore quadrato, posto tra radio ed ulna al terzo distale dell'avambraccio. I muscoli flessore profondo delle dita e flessore lungo del pollice, i quali presentano un'ampia origine dalla membrana interossea, costituiscono invece lo strato profondo della muscolatura anteriore dell'avambraccio.

I muscoli anteriori dell'avambraccio sono innervati dal nervo mediano con l'eccezione del muscolo flessore ulnare del carpo e della metà mediale del flessore profondo delle dita, di pertinenza del nervo ulnare. Il muscolo pronatore rotondo è il più laterale dello strato superficiale e decorre obliquamente nella metà superiore dell'avambraccio.

I muscoli posteriori dell'avambraccio, innervati dal nervo radiale, sono disposti su due piani sovrapposti. I muscoli superficiali, i quali presentano un tendine comune che origina dall'epicondilo laterale dell'omero, sono costituiti dai muscoli estensore comune delle dita, estensore radiale breve del carpo, estensore del mignolo ed estensore ulnare del carpo. Dall'epicondilo laterale traggono poi origine il muscolo anconeale e un capo del muscolo supinatore. I muscoli profondi consistono dei muscoli supinatore, abducente lungo del pollice, estensore breve e lungo del pollice ed estensore proprio dell'indice, i quali traggono varia origine dalla diafisi radiale e ulnare e dalla membrana interossea.

Sul versante radiale dell'avambraccio sono infine presenti anche i muscoli brachioradiale ed estensore radiale lungo del carpo, i quali originano dalla cresta sopracondiloidea laterale dell'omero e sono anch'essi innervati dal nervo radiale.

### ***Anatomia sistema nervoso periferico arto superiore***

Le funzioni dell'arto superiore sono molto complesse: sia dal punto di vista sensitivo sia dal punto di vista motorio si ha a disposizione una vasta gamma di funzioni, alcune di esse più grossolane mentre molte altre più fini, le quali nel complesso permettono l'esecuzione di innumerevoli compiti, il rilevamento di fattori esterni e l'utilizzo e la percezione degli oggetti. Le funzioni neurologiche dell'arto superiore sono sotto il controllo del plesso brachiale, uno dei sei plessi nervosi appartenenti al sistema nervoso periferico; con plesso nervoso si intende una struttura nervosa periferica costituita dall'anastomosi dei rami anteriori dei nervi spinali, nella quale i vari rami si intrecciano fra loro scambiandosi reciprocamente fibre nervose. Ciascun plesso presenta notevoli differenze organizzative dal punto di vista anatomico, di conseguenza in caso di relativa alterazione patologica si ha una sintomatologia lesionale varia a seconda del plesso: nel caso del plesso brachiale abbiamo una sintomatologia mista radicolare-tronculare.

#### **Plesso brachiale**

Il plesso brachiale è il plesso più esteso, complesso ed a maggior rischio di danno traumatico a causa delle sue connessioni con due segmenti del corpo assai mobili, il collo e l'arto superiore. Nasce dalla fusione dei rami ventrali dei nervi spinali C5-T1 in tronchi primari, i cui rami confluiscono in tronchi secondari prima di dare origine ai nervi destinati all'arto superiore. In particolare C5-C6 formano il tronco primario superiore, C7 quello intermedio e C8-T1 quello inferiore.

I tronchi primari si dividono in rami posteriori che confluiscono per formare il tronco secondario posteriore ed in rami anteriori di cui i primi due formano il tronco secondario laterale mentre quello del tronco primario inferiore procede in modo indipendente formando il tronco secondario mediale. Il ramo ventrale del nervo spinale C5 emette il nervo scapolare dorsale e i rami nervo lungo del collo, scaleni e toracico lungo prima di fondersi con il ramo ventrale di C6 e costituire il tronco primario superiore da cui si distacca il nervo

soprascapolare prima della sua divisione, mentre nessun nervo origina dai tronchi primari medio ed inferiore.

### Nervi

I nervi principali originati dai tronchi secondari sono: dal tronco secondario laterale il nervo muscolocutaneo ed il capo esterno del nervo mediale; dal tronco secondario mediale il nervo ulnare, il capo interno del nervo mediale, il nervo cutaneo mediale del braccio ed il nervo cutaneo mediale dell'avambraccio; dal tronco secondario posteriore il nervo ascellare, i nervi sottoscapolari (superiore ed inferiore), il nervo toraco-dorsale ed il nervo radiale.

Il plesso brachiale può essere suddiviso anatomicamente in varie regioni. Una possibile distinzione utilizza la clavicola come linea di demarcazione tra strutture plessiche sopraclaveari (rami ventrali dei nervi spinali e tronchi primari) e sottoclaveari (tronchi secondari e nervi da essi originati).

I tronchi secondari del plesso brachiale costituiscono la porzione sottoclaveare del plesso, al limite tra loggia sopraclavicolare e la cavità ascellare. Da un'iniziale posizione posteriore rispetto all'arteria ascellare i tronchi secondari si dispongono poi attorno ad essa in sede laterale, mediale e posteriore. Anteriormente sono ricoperti dalla fascia clavipettorale e dal muscolo piccolo pettorale e dal muscolo piccolo pettorale; posteriormente appoggiano sul muscolo sottoscapolare e sui tendini dei muscoli grande dorsale e grande rotondo.

Dal tronco secondario posteriore originano il nervo radiale e il nervo ascellare.

Dal tronco secondario laterale prendono origine il nervo muscolocutaneo e la radice laterale del nervo mediano.

Dal tronco secondario mediale nascono la radice mediale del nervo mediano, il nervo ulnare, il nervo cutaneo mediale del braccio e il nervo cutaneo mediale dell'avambraccio.

Questi nervi costituiscono i rami terminali del plesso brachiale, a essi si aggiungono rami anastomotici e rami collaterali; questi ultimi si staccano dai tronchi primari e secondari del plesso.

### Rami terminali

I rami terminali del plesso brachiale si distribuiscono alle parti prossimali e distali dell'arto superiore: sono lunghi nervi che originano come diretta continuazione dei tronchi secondari nella cavità ascellare.

Il nervo muscolocutaneo è un nervo misto e nasce nel cavo dell'ascella dal tronco secondario laterale del plesso brachiale; caratteristicamente esaurisce la sua componente motrice nel braccio per i muscoli della loggia anteriore, mentre i suoi rami cutanei vengono riservati all'avambraccio per la regione laterale dello stesso. Considerata la sua origine il nervo muscolocutaneo risulta il più laterale fra i rami terminali del plesso brachiale e, appoggiato direttamente sul muscolo sottoscapolare, è in sede profonda nel cavo ascellare: scende in basso e in fuori dirigendosi verso la loggia anteriore del braccio che raggiunge attraversando a pieno spessore il muscolo coracobrachiale; è perciò detto anche nervo perforante. Si porta in basso e lateralmente fra bicipite e brachiale e, collocandosi nell'interstizio fra muscolo brachiale e muscolo brachioradiale, raggiunge la piega del gomito, dove perfora la fascia brachiale e diviene sottocutaneo. Prende qui il nome di nervo cutaneo laterale dell'avambraccio e, dividendosi in un ramo anteriore e uno posteriore, si distribuisce alla cute delle regioni anterolaterale e posterolaterale dell'avambraccio.

Durante il suo decorso nel braccio emette rami muscolari per i muscoli della loggia anteriore del braccio (coracobrachiale, bicipite e brachiale); cede anche rami sensitivi per l'omero e un ramo articolare anteriore per l'articolazione del gomito.

Il nervo mediano è un nervo misto e nasce nella cavità ascellare dall'unione di due radici che provengono dal tronco secondario laterale (C5, C6, C7) e dal tronco secondario mediale (C8, T1); è il nervo più voluminoso del plesso e ha la caratteristica di portare le sue fibre all'avambraccio e alla mano senza fornire rami durante il suo percorso nel braccio.

La sua componente motrice si distribuisce ai muscoli dell'epitroclea e ai muscoli dell'eminanza tenar e lombricali (alcuni muscoli degli stessi gruppi sono innervati dal nervo ulnare), mentre la componente sensitiva si distribuisce alla cute della regione anteriore del polso, della parte laterale palmare della mano e della superficie palmare delle prime tre dita e di metà del quarto (il piano passante per l'asse del quarto dito costituisce il confine con l'area



mediale di competenza del nervo ulnare). Le due radici convergono a V formando un'ansa al davanti dell'arteria ascellare nota come forca del nervo mediano: pertanto il nervo mediano è posto davanti all'arteria, medialmente rispetto al nervo muscolocutaneo e lateralmente e in avanti rispetto al nervo ulnare e ai due nervi cutanei del plesso.

Il nervo percorre la loggia anteriore del braccio accompagnato dall'arteria brachiale e dalle vene omonime e separato dal nervo ulnare, che corre nella loggia posteriore, dal setto intermuscolare mediale. Lungo questo tragitto costeggia prima il margine del muscolo coracobrachiale, poi il margine mediale del bicipite: ad altezza variabile scavalca dal davanti l'arteria brachiale per porsi sul suo lato mediale. Arrivato alla piega del gomito e appoggiato sul muscolo brachiale esso è incrociato superficialmente dal lacerto fibroso del bicipite; oltrepassata la piega del gomito prosegue nell'avambraccio, nuovamente approfondendosi, passando tra il capo ulnare e il capo omerale del muscolo pronatore rotondo e poi, incrociata l'arteria ulnare, sotto l'arcata tendinea del muscolo flessore superficiale delle dita. Percorre l'avambraccio fino al polso, mantenendosi sulla linea mediana e satellite rispetto all'arteria mediana, nell'interstizio compreso fra il muscolo flessore lungo del pollice e il muscolo flessore profondo delle dita.

Al polso il nervo si colloca nel canale del carpo decorrendo tra le guaine del tendine del muscolo flessore lungo del pollice e dei tendini del muscolo flessore comune profondo delle dita. In corrispondenza della palma della mano si risolve nei suoi rami terminali: il nervo dell'eminanza tenar, i nervi digitali palmari propri e i nervi digitali palmari comuni.

Il nervo ulnare è un nervo misto e origina nella cavità ascellare dal tronco secondario mediale del plesso brachiale (C8, T1); spesso riceve anche un contingente di fibre dal ramo ventrale di C7. Anche il nervo ulnare lungo il suo decorso nel braccio non emette rami.

Le fibre motrici si portano a muscoli dell'avambraccio (flessore ulnare del carpo e i due capi mediali del muscolo flessore profondo delle dita i cui tendini sono destinati all'anulare e al mignolo), ma soprattutto ai muscoli della mano (tutti i muscoli dell'eminanza ipotenar, tutti i muscoli interossei, due muscoli lombricali e due muscoli dell'eminanza tenar).

Le fibre sensitive si distribuiscono alla cute mediale del carpo sia dorsalmente sia ventralmente e, successivamente, alla cute della mano: il piano divisorio passante per l'asse del quarto dito palmarmente lo separa dal territorio del nervo mediano mentre dorsalmente l'asse del terzo dito lo separa dal territorio del nervo radiale.

Il nervo attraversa la cavità ascellare in posizione più mediale e superficiale rispetto agli altri nervi del plesso, poi penetra nella loggia anteriore del braccio in compagnia dell'arteria brachiale e del nervo mediano (posti lateralmente). Mentre discende verso il gomito verticalmente parallelo alle due formazioni ora ricordate se ne discosta obliquando posteriormente e, perforando il setto intermuscolare mediale, entra nella loggia posteriore del braccio. Raggiunge il gomito sul lato mediale del muscolo tricipite e qui si impegna in un canale osteofibroso formato dalla doccia epitrocleocranica e da fasci fibrosi che passano a ponte da un margine all'altro della doccia stessa. Alla sua uscita dal canale, il nervo si fa nuovamente profondo passando fra il capo omerale e il capo ulnare del muscolo flessore ulnare del carpo e contornando l'ulna, raggiunge la regione anteriore dell'avambraccio.

Nell'avambraccio scende a fianco dell'arteria ulnare applicato alla superficie ventrale del muscolo flessore profondo delle dita, essendo ricoperto in alto dai tendini dei muscoli epitrocleari e più in basso dal muscolo flessore ulnare del carpo.

Nel polso il nervo ulnare, sempre accompagnato dall'arteria ulnare, scorre dietro alla parte superficiale del legamento trasverso del carpo e a livello dell'osso pisiforme si divide nei suoi rami terminali: un ramo terminale superficiale (ramo palmare superficiale della mano) e un ramo terminale profondo (ramo palmare profondo della mano).

Il nervo cutaneo mediale dell'avambraccio è un nervo esclusivamente sensitivo e origina nella parte alta della cavità ascellare dal tronco secondario mediale. Si distribuisce alla cute della faccia mediale dell'avambraccio e a una parte ventrale mediana del settore distale del braccio. Inizialmente è situato fra arteria e vena ascellare e si porta nel braccio medialmente all'arteria brachiale. In questo primo tratto emette un filamento che perfora la fascia brachiale e si distribuisce alla cute che ricopre il bicipite in corrispondenza della superficie ventrale del braccio fino al gomito.

Il nervo cutaneo mediale dell'avambraccio continua il suo percorso fino nella parte media del braccio mantenendosi satellite della vena basilica, quindi attraversa insieme a questa la fascia brachiale e passa nello strato sottocutaneo. Al terzo inferiore del braccio sopra l'epitroclea il nervo si divide in un ramo anteriore e uno posteriore.

Il ramo anteriore prosegue percorrendo la piega del gomito e poi la faccia anteriore

dell'avambraccio mentre il ramo posteriore si porta dorsalmente e percorre la faccia posteriore dell'avambraccio fino al polso.

Il nervo radiale è un nervo misto, tra i più voluminosi del plesso brachiale e le sue fibre originano da tutti i nervi spinali del plesso brachiale stesso. Percorre la parte estensoria dell'arto superiore: con le sue fibre motrici fornisce i muscoli posteriori del braccio e i muscoli laterali e posteriori dell'avambraccio; con la sua componente sensitiva innerva la cute di una parte posteriore del braccio, della regione mediana posteriore dell'avambraccio e del polso, nonché della metà laterale del dorso della mano e delle prime tre dita, eccettuate le due ultime falangi dell'indice e del medio.

Nasce nell'ascella in continuazione del tronco secondario posteriore insieme al nervo ascellare, si dirige obliquamente in basso, indietro ed esternamente abbandonando la cavità ascellare verso la loggia posteriore del braccio dove vi giunge insieme all'arteria omerale profonda, posta lateralmente, e passa tra il capo lungo e il capo mediale del muscolo tricipite, passando sotto il margine inferiore del muscolo grande rotondo. Insieme all'arteria omerale profonda decorre nel solco del nervo radiale dell'omero, tra capo mediale e capo laterale del muscolo tricipite e in prossimità del gomito raggiunge il margine laterale dell'omero; in questa sede perfora il setto intermuscolare laterale per passare nella loggia anteriore del braccio e decorrere tra il muscolo brachiale posto medialmente e il muscolo brachioradiale posto lateralmente. A questo livello, giunto davanti all'epicondilo, si divide nei suoi due rami terminali: il nervo radiale superficiale e il nervo radiale profondo o interosseo posteriore.

Durante il suo decorso il nervo radiale da origine a numerosi nervi sensitivi dediti all'innervazione sensitiva della parte posteriore del braccio e dell'avambraccio: il nervo cutaneo posteriore del braccio, nervo cutaneo inferiore laterale del braccio e il nervo cutaneo posteriore dell'avambraccio. Inoltre il nervo radiale tramite ramificazioni di natura motoria innerva i muscoli tricipite, anconeo, brachioradiale, estensore radiale lungo del carpo ed estensore radiale breve del carpo.

Terminato il suo decorso nella sua parte finale passa tra l'estensore radiale lungo del carpo e l'estensore radiale breve del carpo e a circa 3 cm dall'epicondilo laterale si divide in due grossi rami terminali:

-il nervo radiale superficiale, il più sottile dei due, si porta nella regione anterolaterale dell'avambraccio dove si affianca ai vasi radiali, ricoperto dai muscoli estensori radiali del carpo. In corrispondenza del terzo distale si separa dai vasi e, contornando il margine laterale dell'avambraccio, ripiega nella regione posteriore dell'avambraccio incrociando profondamente e obliquamente il muscolo brachioradiale; quindi perfora la fascia antibrachiale e, nella parte laterodorsale del polso, si sfiocca in rami superficiali che si distribuiscono alla cute della metà laterale del dorso della mano. Con i nervi digitali dorsali proprio del pollice, dell'indice e del medio, si distribuisce anche alla cute della superficie dorsale delle prime tre dita, eccetto le falangi distali dell'indice e del medio di competenza del nervo mediano.

-il nervo radiale profondo o nervo interosseo posteriore rappresenta il più voluminoso dei due rami terminali del nervo radiale; esso si porta dalla piega del gomito alla regione posteriore dell'avambraccio attraversando i due capi del muscolo supinatore. Continua poi fra lo strato muscolare profondo e il superficiale di questa regione e, giunto al terzo distale dell'avambraccio, cambia il suo nome in nervo interosseo dorsale, distribuendosi alla superficie dorsale dell'articolazione del polso. Le sue fibre motrici innervano la parte posteriore dell'avambraccio, ovvero la componente con funzione flessoria, i muscoli estensore radiale breve del carpo, supinatore, estensore comune delle dita, estensore proprio del mignolo, estensore ulnare del carpo, abduzione lungo del pollice, estensore breve del pollice, estensore lungo del pollice ed estensore proprio dell'indice. La sua branca terminale decorre fino al pavimento del quarto compartimento dorsale del polso per innervare la capsula dorsale del polso per la quale dà innervazione sensitiva e propriocettiva.

Esiste una variante anatomica del decorso del nervo interosseo posteriore nella quale esso passa attraverso l'arcata di Frohse, chiamata anche arco del supinatore, la quale corrisponde ad una struttura fibromuscolare che costituisce il margine superiore del muscolo supinatore. Descritta per la prima volta da Frohse e Frankel questa struttura anatomica rappresenta il sito prevalente di intrappolamento del nervo interosseo posteriore, infatti la variante anatomica nella quale il nervo passa attraverso l'arcata stessa è un fattore di rischio per la sindrome dell'intrappolamento del nervo interosseo posteriore (PIN). E' stato rilevato che il diametro del nervo interosseo posteriore varia a seconda che esso passi o meno attraverso l'arcata di Frohse, nel primo caso si è riscontrato prossimalmente un diametro anteroposteriore di

0,85 mm e un diametro laterale di 3,4 mm, mentre nel caso in cui non passi attraverso l'arcata di Frohse un diametro anteroposteriore di 1,1 mm e un diametro laterale di 2,6 mm.

Il nervo interosseo posteriore può essere suddiviso in 3 zone: la Zona I che è la zona prossimale, la Zona II che è la zona media e la Zona III che è la zona distale.

La Zona I è la zona più complessa e costituisce la parte dove nascono la maggior parte dei rami motorii. I rami dello strato superficiale dei muscoli (estensore delle dita, estensore del carpo e estensore proprio del mignolo) nascono immediatamente (circa 1 cm) distalmente al muscolo supinatore; in circa il 20% delle persone si registra la presenza di un piccolo plesso all'origine dei nervi. Nel 35% delle persone vi possono essere rami che innervano l'abduktore lungo del pollice e l'estensore breve del pollice. Nel tessuto connettivo fibroso e grasso presente al bordo distale del supinatore troviamo una rete vascolare tra la branca anteriore e quella posteriore dell'arteria radiale. La Zona I è caratterizzata da uno strato fibro-grasso il quale ricopre i primi 2 cm del nervo interosseo posteriore.

La Zona II contiene l'origine dei nervi dello strato profondo dei muscoli (abduktore lungo del pollice, estensore breve del pollice ed estensore dell'indice); in questa zona la parte distale del nervo interosseo posteriore passa tra i muscoli superficiali (estensore del carpo ed estensore breve del carpo) e quelli profondi (abduktore lungo del pollice, estensore breve del pollice ed estensore lungo del pollice).

La Zona III corrisponde alla parte terminale del nervo interosseo posteriore; la zona di congiunzione della Zona II e III è situata tra l'estensore lungo del pollice e l'estensore proprio dell'indice; da questa zona essenzialmente partono solamente rami sensitivi che innervano il polso. E' accompagnato dall'arteria interossea e sempre circondato da tessuto fibro-grasso che lo fa aderire fermamente alla membrana interossea; questa branca sensoria finisce nella capsula fibrosa posteriore dell'articolazione del polso al livello del terzo o quarto spazio.

Un altro locus di potenziale intrappolamento del nervo interosseo posteriore è il tunnel radiale, struttura formata dai setti muscolo-aponeurotici della parte distale del braccio e della

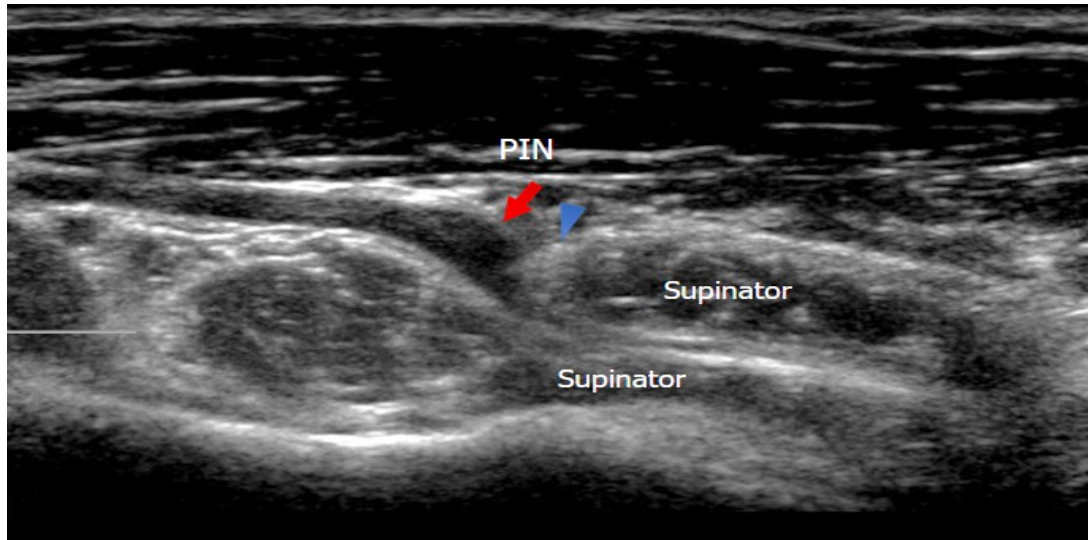
parte prossimale dell'avambraccio; esso si estende 5 cm dalla testa radiale fino al margine distale del supinatore. E' connesso lateralmente dal fascio mobile costituito dai muscoli brachioradiale, estensore radiale lungo del carpo, estensore radiale breve del carpo, e medialmente dai tendini dei muscoli bicipite e brachioradiale.

La parte superiore del tunnel è formata dal fascio vascolare, dalle teste superficiali del supinatore e del brachioradiale, mentre il pavimento è formato dalla capsula dell'articolazione radiocapitellare e dalla testa profonda del supinatore più distalmente.

# FISIOPATOLOGIA SINDROME DEL NERVO INTEROSSEO POSTERIORE

## Eziologia

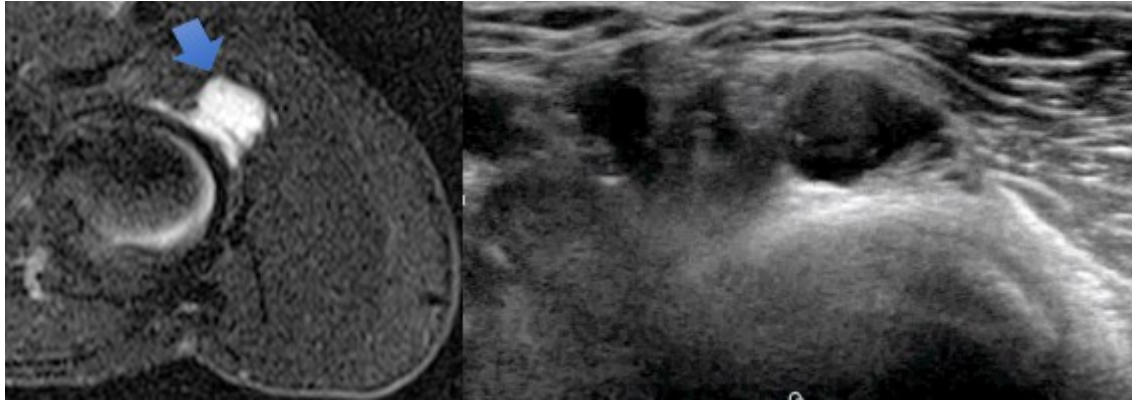
La sindrome del nervo interosseo posteriore può avere diverse eziologie.



*Immagine ecografica di PINs a livello dell'arcata di Frohse con presenza di “notch sign”.*

La più frequente causa di PINs risulta essere la presenza di cisti gangliari a livello dell'arcata di Frohse (si stima circa il 20% dei pazienti con sintomi); le cisti gangliari sono dei rigonfiamenti contenenti un liquido gelatinoso che compaiono sulle articolazioni o sui rivestimenti dei tendini a causa ignota, i quali se di dimensioni considerevoli possono causare una sindrome compressiva. La loro sede più frequente nell'ambito della PINs è l'arcata di Frohse, tuttavia possono presentarsi lungo tutto l'avambraccio a qualunque livello.

La seconda causa più frequente è la presenza di una banda fibrosa muscolo-aponeurotica a livello dell'arcata di Frohse la quale causa una compressione a questo livello; essa rappresenta circa il 16,7% dei pazienti.



*Immagine RM (sinistra) ed ecografica (destra) di PINs causata da un lipoma prossimale all'arcata di Frohse.*

Le cause iatrogene soprattutto dopo correzione chirurgica del tendine distale del muscolo bicipite rappresentano circa il 10% dei casi.

Un'altra causa è rappresentata da traumi (penetranti, iatrogeni, rotture tendinee) a livello dell'avambraccio, in particolare in caso di frattura di Monteggia (frattura nella quale si ha l'associazione di una frattura del III prossimale dell'ulna con una dislocazione anteriore della testa radiale) o fratture dislocate della testa del radio; in questi casi se si chiede al paziente di stringere il pugno si ha deviazione radiale del polso a causa della debolezza dell'estensore ulnare del carpo.

Nel caso invece di pazienti con PINs da sindrome compressiva la patogenesi della sindrome è da ricondursi alla presenza di masse: le più frequenti come già detto sono le cisti gangliari, in altri casi possono riscontrarsi lipomi (tumori benigni composti da adipociti maturi, rappresentano uno dei tumori di origine mesenchimale più frequenti, presentandosi di solito a livello del gomito con coinvolgimento della branca radiale posteriore), schwannomi (tumori benigni originanti dalle cellule di Schwann), cisti sinoviali, sinovite reumatoide, monoartriti, artriti reumatoidi compressive, neurite brachiale o compressione da bande fibrose, muscoli anomali e deformità ossee.

La PINS non è necessariamente causata da una lesione focale, spesso infatti è causata da lesioni fascicolari parziali del tronco del nervo radiale a livello dell'avambraccio prossimale. Altri considerano che la PINs sia causata da una compressione intermittente e dinamica del

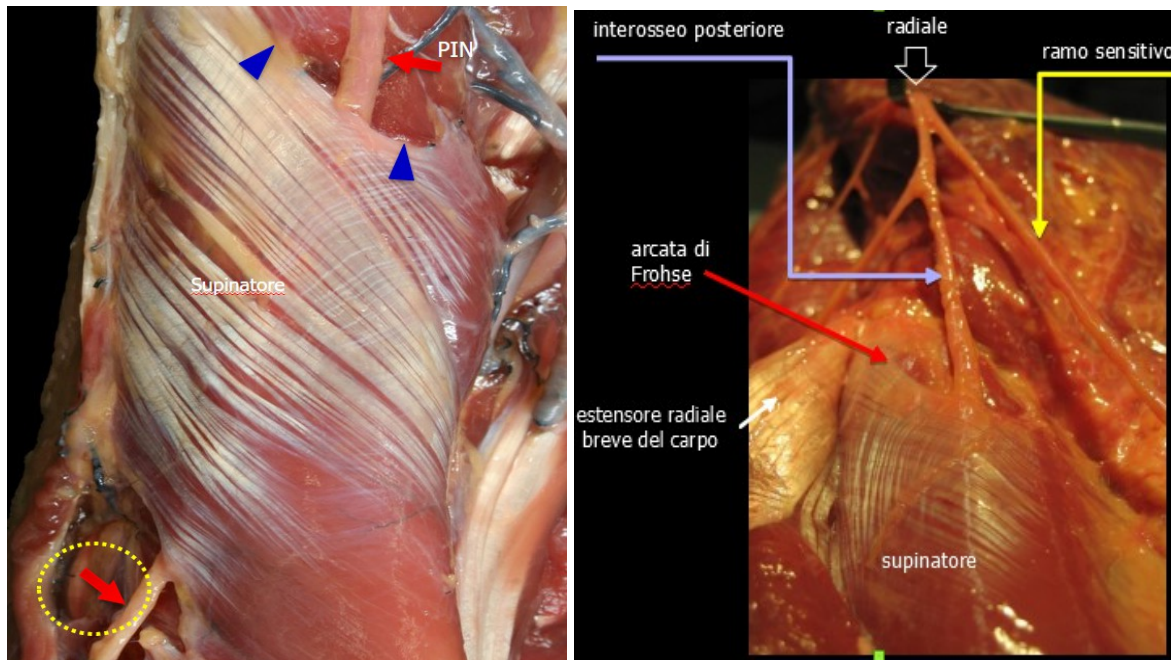


nervo nella parte prossimale dell'avambraccio associata a ripetuti movimenti di pronazione e supinazione: ciò potrebbe spiegare lo sviluppo lento dei sintomi e la compressione macroscopica del nervo nel 46-88% dei casi. È stata evidenziata infatti un'associazione della sindrome a ripetuti movimenti di pronosupinazione, i quali possono scatenare la sindrome dal momento che è risultata una sollecitazione del nervo interosseo posteriore in entrambi i movimenti: precisamente durante la supinazione si ha elongazione e rotazione del nervo, il quale si sposta lateralmente lontano dalla linea mediana, mentre lo strato superficiale del muscolo supinatore rimane rilassato durante il movimento di supinazione passiva, tuttavia non sappiamo se la contrazione attiva di questo muscolo può comprimere il nervo; durante la pronazione si ha compressione dello stesso accompagnata da un assottigliamento dello strato superficiale del muscolo supinatore, il nervo ha uno spostamento mediale e rotatorio seguito da una trazione che causano nel complesso una compressione ciclica da parte della porzione superficiale del supinatore; questo caso potrebbe essere responsabile della PINs in un significativo numero di pazienti la cui elettromiografia sia normale. In generale si è dimostrata un'associazione tra un sovraccarico prolungato causato da azioni che richiedono movimenti ripetuti da parte dell'avambraccio e la PINs.

### Siti anatomici di intrappolamento

Il sito anatomico dove più frequentemente si presenta la sindrome da compressione del nervo interosseo posteriore è in corrispondenza dell'arcata di Frohse, ovvero il margine prossimale del muscolo supinatore; altri siti di PINs sono stati riscontrati in vari pazienti tuttavia rappresentano evenienze molto rare come ad esempio il margine mediale dell'estensore radiale breve del carpo, il fascio vascolare radiale ricorrente, il margine inferiore dello strato superficiale del muscolo supinatore e il margine distale del muscolo supinatore.

Distalmente al muscolo supinatore il nervo interosseo posteriore può essere compresso da varie strutture, tra queste ricordiamo il margine distale del muscolo supinatore, le ramificazioni anteriori e posteriori del fascio vascolare interosseo e il setto compreso tra l'estensore ulnare del carpo e l'estensore proprio del mignolo.



*Dissezione anatomica della porzione prossimale dell'avambraccio. Si nota il nervo radiale che si divide nelle sue due branche terminali prossimalmente al margine prossimale del supinatore. La branca profonda, che prende il nome di nervo interosseo posteriore, perfora il supinatore stesso passando inferiormente al suo margine prossimale (arcata di Frohse), decorre all'interno del tunnel del supinatore per poi emergere al suo margine distale.*

### Clinica

La PINs è associata a dolore dell'avambraccio in sede laterale con tensione alla palpazione sopra al tunnel radiale e va distinta dall'epicondilite laterale. Il dolore può essere esacerbato eseguendo azioni che necessitano di rotazioni forzate dell'avambraccio o estensioni del polso; si tratta di un dolore sordo localizzato in sede dorsoradiale della porzione prossimale dell'avambraccio seguito da una debolezza progressiva degli estensori delle dita e dell'estensore radiale breve.



*Presentazione clinica di PINs. Si nota la caduta del dito a causa della debolezza degli estensori.*

Le manovre provocative consistono nella supinazione contro resistenza dell'avambraccio (con il gomito esteso), la compressione del muscolo supinatore a livello dell'arcata di Frohse durante la supinazione contro resistenza e l'estensione del dito medio contro resistenza. Mentre nella sindrome del tunnel radiale non si hanno sintomi motori, nella PINs è sempre presente compromissione motoria e debolezza muscolare accompagnate dall'amiotrofia dei muscoli posteriori dell'avambraccio con l'eccezione del muscolo brachioradiale e del muscolo estensore radiale lungo del carpo; la PINs include anche la caduta ulnare del polso e la caduta del dito.

Lesioni più prossimali possono includere debolezza dell'estensione del gomito, caduta completa del polso e debolezza supinatoria; i sintomi dipendono dalla precisa localizzazione della lesione e dei fasci coinvolti.

### Fisiopatologia

La fisiopatologia del danno neurologico consta in tre gradi differenti a seconda della gravità della lesione del nervo: neuroprassia, assonotmesi, neurotmesi.

La neuroaprassia rappresenta la forma di danno nervoso più leggera e consiste nella perdita della funzione di conduzione nervosa di un nervo a causa della demielinizzazione con conservazione dello stesso nella zona soggetta al danno.

Le cause possono essere una compressione o una trazione, con conseguente minore velocità di conduzione; a seconda della gravità può causare debolezza muscolare ma il segno di Tinel risulta essere sempre negativo (consiste nel comprimere attraverso ripetute percussioni un determinato nervo nei punti in cui si rende superficiale, può essere considerato positivo quando il paziente avverte parestesie o talvolta un franco dolore).

La prognosi risulta eccellente, infatti si ha risoluzione dei sintomi in pochi giorni fino ad un massimo di 12 settimane. Clinicamente e strumentalmente la conduzione nervosa è rallentata o assente, sebbene essa sia preservata prossimalmente e distalmente alla lesione.

L'assonotmesi rappresenta invece un danno nervoso più accentuato rispetto alla neuroaprassia e consiste nell'interruzione anatomica degli assoni con conseguente degenerazione walleriana distale e mantenimento dell'integrità della struttura del nervo nel suo ordinamento fascicolare, con conservazione delle strutture connettivali, per cui la rigenerazione è di norma perfetta.

Clinicamente vi è paralisi motoria, sensitiva e vegetativa nel territorio di pertinenza, con conseguente atrofia muscolare. Il ripristino avviene in maniera prossimo-distale e procede nell'arco di molti mesi, secondo la distanza dei muscoli dalla lesione. In questo il segno di Tinel risulta positivo all'esame obiettivo.

La neurotmesi è la condizione di danno nervoso più grave e consiste nella recisione completa del nervo con assenza della trasmissione dell'impulso; a differenza dell'assonotmesi, non si ha il recupero funzionale, perché è impossibile la ricrescita delle fibre nervose.

La distinzione fra assonotmesi e neurotmesi non sempre tuttavia è agevole nel periodo immediatamente successivo alla lesione: i segni clinici ed elettromiografici di ripresa della conduzione nervosa in caso di assonotmesi (e la loro totale assenza nella neurotmesi) si possono manifestare solo alcuni mesi dopo l'evento traumatico.

L'unica possibilità di rigenerazione, nei casi di neurotmesi, può esistere solo se i due monconi rimangono vicini nonostante il taglio netto; distanziando i due monconi, le possibilità di rigenerazione vengono meno e in questo caso è necessaria la riparazione chirurgica.

Comparando i vari gradi di lesione la rigenerazione della guaina mielinica impiega settimane mentre la rigenerazione degli assoni nervosi avanza di circa 1 mm al giorno.

## **DIAGNOSI**

La diagnosi di PINs necessita dapprima di una valutazione clinica con riscontro di dolore dell'avambraccio in sede dorsolaterale con tensione alla palpazione sopra al tunnel radiale; il dolore sordo è localizzato in sede dorsoradiale nella porzione prossimale dell'avambraccio seguito da una debolezza progressiva degli estensori delle dita e dell'estensore radiale breve.

### Semeiotica

Dal punto di vista semeiologico test provocativi che possono essere utilizzate per fare diagnosi di PINs sono:

-segno di Tinel: consiste nel comprimere attraverso ripetute percussioni un determinato nervo

nei punti in cui si rende superficiale: può essere considerato positivo quando il paziente avverte parestesie o talvolta un franco dolore, in questo caso si ha assonotmesi o neurotmesi del nervo; risulta invece negativo solo in caso di danno lieve o iniziale, ovvero in caso di neuroaprassia.

-segno di Finkelstein: consiste nella deviazione ulnare passiva del polso mentre il pollice è in flessione e le dita sono piegate, da cui una recrudescenza della sintomatologia, esso risulta positivo nella sindrome di De Quervain (infiammazione cronica dei tendini dei muscoli estensore breve del pollice e abduuttore lungo del pollice) o nella sindrome di Wartenberg (sindrome del ramo superficiale del nervo radiale) permettendo quindi una diagnosi differenziale.

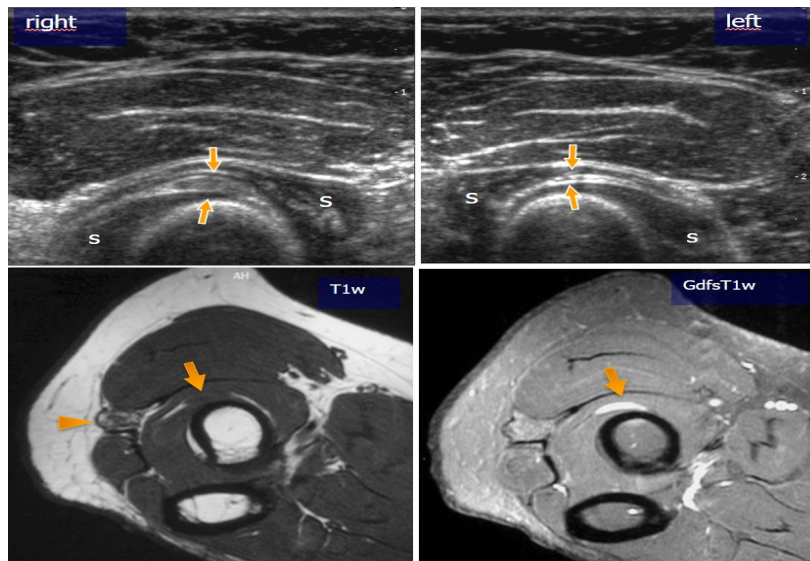
### Diagnosi strumentale

Dal punto di vista strumentale possono essere utilizzate metodiche multiple di diagnosi per valutare la PINs e possono includere:

•**Studi di elettromiografia:** Gli studi di elettromiografia e di conduzione nervosa aiutano a localizzare il nervo coinvolto in una sintomatologia periferica stabilendone il grado di gravità ma non riescono a localizzare la zona dove il nervo presenta la lesione; inoltre queste metodiche diagnostiche possono essere utilizzate per studi futuri tramite attività di follow up durante il trattamento. Nel caso in cui gli studi elettrodiagnostici risultino negativi non escludono la diagnosi e i risultati devono sempre essere correlati con la storia clinica e i riscontri semeiologici dell'esame obiettivo. Infatti è risultato che un'alterazione elettromiografica in caso di patologia risulti negativa nel caso di studi precedenti alle 3 settimane o antecedenti le 12 settimane rispetto all'insorgenza della neuropatia.

•**Radiografia diretta:** può essere utile in quei casi dove vi è storia di trauma o dove vi è sospetto di una frattura. Può inoltre aiutare a identificare i casi di osteoartrite, prominenze ossee o osteofiti e la presenza di impianti ortopedici che possono comprimere i nervi.

•**Risonanza magnetica (MRI):** può essere utile nell'identificazione di cisti gangliari, cisti sinoviali o ipertrofia muscolare, edema, disturbi vascolari così come alterazioni nervose. Possono essere inoltre misurati l'area di sezione nervosa e lo spazio circostante il nervo ed essere comparati ai valori normali. La risonanza magnetica rileva le lesioni nervose come un incremento di segnale in T2 ed aiuta a discriminare le neuropatie di origine compressiva da altre eziologie grazie al pattern della lesione localizzata.



*Immagini ecografiche (sopra) e RM (sotto). Si nota l'ispessimento del nervo nel punto di intrappolamento e l'iperintensità in T1w a causa dall'infiammazione.*

•**Ultrasuoni:** L'uso dell'ultrasonografia è notevolmente incrementato negli ultimi anni. Essa infatti trova numerosi utilizzi nel contesto della PINs in quanto permette di misurare l'area di sezione nervosa, il diametro longitudinale e le lesioni compressive del nervo, la presenza o meno di edema locale. Inoltre gli ultrasuoni possono aiutare a distinguere le differenti cause di dolore al polso che possono includere tendiniti ed osteoartriti. Un altro vantaggio dell'ultrasonografia è la visualizzazione diretta in alta risoluzione del nervo interosseo posteriore stesso all'interno del canale del supinatore e delle strutture anatomiche adiacenti; questo permette all'esaminatore di identificare varie potenziali lesioni causanti la sintomatologia così come atrofie secondarie da denervazione dei muscoli affetti.

L'ultrasonografia nella sindrome del supinatore è risultata utile nel rilevare rigonfiamenti locali del nervo interosseo posteriore a livello della sua entrata nel muscolo supinatore; con rigonfiamento del nervo si intende un incremento del

diametro con alterazioni ipoecogene e una morfologia fascicolare indistinta comparata alla sua porzione prossimale o alla stessa porzione controlaterale.

Con compressione del nervo invece si intende un decremento del diametro del nervo interosseo posteriore comparato alle porzioni adiacenti o alla stessa porzione controlaterale, il tutto causato da una struttura esterna.

Con dislocamento del nervo si intende invece un'alterazione nel normale percorso anatomico del nervo interosseo posteriore.

L'atrofia muscolare da denervazione è invece definita come una diffusa iperecogenicità o iperecogenicità mista ad alterazioni ipoecogene del muscolo originalmente innervato dal nervo interosseo posteriore.

La perdita di grasso perineurale è invece definita come la non-visualizzazione del sottile strato iperecogeno a livello ecografico che circonda il nervo interosseo posteriore.

In uno studio precedente il diametro anteroposteriore del nervo interosseo posteriore è stato misurato in B mode a livello del gomito in tre locus diversi, precisamente all'entrata dell'arcata (0,6 mm) di Frohse, 5 mm prossimalmente (0,83 mm) e 5 mm distalmente (0,49) alla stessa; questi tre valori sono stati comparati utilizzando t-test ed è emerso che una disparità nel diametro anteroposteriore del nervo interosseo posteriore nel gomito a livello dell'arcata di Frohse è un reperto normale che non deve essere erroneamente interpretato come un intrappolamento quando si rileva senza presenza di sintomi associati. Durante il rilevamento il braccio era inizialmente in supinazione durante l'esaminazione del tunnel radiale e dopo è stato gradualmente ruotato in pronazione mentre il trasduttore è stato spostato distalmente per tracciare il nervo interosseo posteriore nell'ambito del muscolo supinatore.

•**Studi sierologici:** Non ci sono test specifici sierologici che possono supportare la diagnosi di compressione nervosa ma l'uso di questi test può essere necessario per condizioni mediche che possono sia promuovere la compressione nervosa sia mimare la stessa; tra queste abbiamo alcune delle condizioni cliniche più frequenti come il diabete e l'ipotiroidismo.

Il dosaggio della glicemia, dell'emoglobina glicata e della funzione tiroidea può essere utile nella gestione generale del paziente. Altre condizioni che possono mimare una compressione nervosa includono il deficit di vitamina B12 o folati, le vasculiti e la fibromialgia.

### *Diagnosi differenziale*

La PINs entra in diagnosi differenziale principalmente con la sindrome del tunnel radiale e con la sindrome di Wartenberg.

La sindrome del tunnel radiale può coinvolgere gli stessi siti della PINs, ma non presenta mai coinvolgimento motorio presentandosi solo con sintomi sensitivi, tra i quali il principale risulta essere il dolore, il quale di solito inizia nella parte dorsoradiale dell'avambraccio e può irradiarsi lungo l'avambraccio laterale fino alla zona dorsale della mano. Può esserci tensione che spesso viene confusa con l'epicondilite laterale, tuttavia la tensione nella sindrome del tunnel radiale di solito risulta essere più distale; la tensione massima è approssimativamente dai 3 ai 5 cm distalmente all'epicondilo laterale.

La sindrome di Wartenberg, anche conosciuta come cheiralgia parestetica, è una compressione della branca superficiale del nervo radiale. Questo nervo è di solito compresso tra il brachioradiale e il tendine dell'estensore radiale lungo del carpo. Dal momento che il nervo radiale superficiale non ha fibre motorie ma solo sensitive i sintomi della sindrome sono solo di natura sensitiva. I pazienti infatti possono presentarsi con parestesie, intorpidimento o dolore vago sopra la zona radiale della mano; può anche esserci un'associazione con la sindrome di Wartenberg e la tenosinovite di De Quervain.

La diagnosi puramente clinica di PINs risulta difficile in quanto altre condizioni patologiche a carico dell'avambraccio presentano un quadro clinico simile, come l'epicondilite laterale, la plessopatia brachiale e la sindrome del nervo interosseo anteriore; si ha dunque la necessità di supportare l'esame clinico con indagini diagnostiche strumentali.



## TRATTAMENTO

Il trattamento della PINs dipende dalla gravità e dalla durata dei sintomi; si parte con trattamenti di tipo conservativo e in caso di refrattarietà agli stessi si passa a trattamenti più invasivi.

### Trattamento conservativo

La prima linea di terapia nella PINs consiste nel trattamento conservativo dell'avambraccio interessato, che consiste nell'immobilizzazione dello stesso tramite tutore, il quale limitando i movimenti allevia la sintomatologia e promuove la guarigione del sito interessato, in concomitanza a fisioterapia e terapia fisica; dal punto di vista farmacologico si utilizzano i FANS con l'obiettivo di trattare il dolore e l'infiammazione, in alternativa possono essere considerati come terapia locale l'iniezione di corticosteroidi, mentre non si danno mai oppioidi di nessun grado.

Questi trattamenti conservativi permettono un miglioramento dei sintomi nella maggior parte dei pazienti, tuttavia queste sindromi compressive possono progredire ed eventualmente richiedere un intervento chirurgico.

### Trattamento chirurgico

Nel caso appunto di progressione della sindrome compressiva o di refrattarietà alla terapia conservativa per almeno 3 mesi si ricorre a trattamento chirurgico: si esegue un'incisione a livello dell'avambraccio con esposizione del nervo cutaneo posteriore dell'avambraccio, si identifica l'intervallo tra il muscolo brachioradiale e l'estensore radiale lungo del carpo con esposizione dello stesso, si identifica la branca superficiale del nervo radiale e il fascio vascolo-nervoso, quest'ultimo viene quindi legato (tramite accesso di Henry) e si ha poi un rilasciamento del bordo prossimale dell'estensore radiale lungo del carpo; successivamente si rilascia il bordo prossimale del supinatore e si ha un'esposizione della zona prossimale in cerca di strutture compressive addizionali ed eventuale loro rimozione con conseguente decompressione della zona interessata.

Dopo l'intervento chirurgico si avvia il paziente alla riabilitazione attiva e alla fisioterapia per permettere la graduale ripresa motoria dell'avambraccio e dei muscoli coinvolti.

La terapia fisica è un trattamento utile in molti pazienti che può garantire la guarigione evitando l'intervento chirurgico ma richiede pazienza dal momento che la reversione dei sintomi e la ripresa funzionale è tempo-dipendente e graduale; il trattamento chirurgico invece ha un tasso di successo molto variabile che può variare dal 20 al 96,5%.

# INTRAPPOLAMENTO DEL NERVO INTEROSSEO POSTERIORE DISTALMENTE AL MARGINE DEL SUPINATORE

## SCOPO

A livello del gomito prossimalmente al muscolo supinatore il nervo radiale si divide nel ramo superficiale di natura sensitiva e nel nervo interosseo posteriore.

Il nervo interosseo posteriore è un nervo prevalentemente motorio e decorre nel contesto di diverse strutture potenzialmente compressive, come il margine aponeurotico prossimale del muscolo supinatore, il quale viene comunemente indicato come arcata di Frohse, il fascio vascolare ricorrente radiale (fascio mobile di Henry) e il margine inferiore dello strato superficiale del muscolo supinatore.

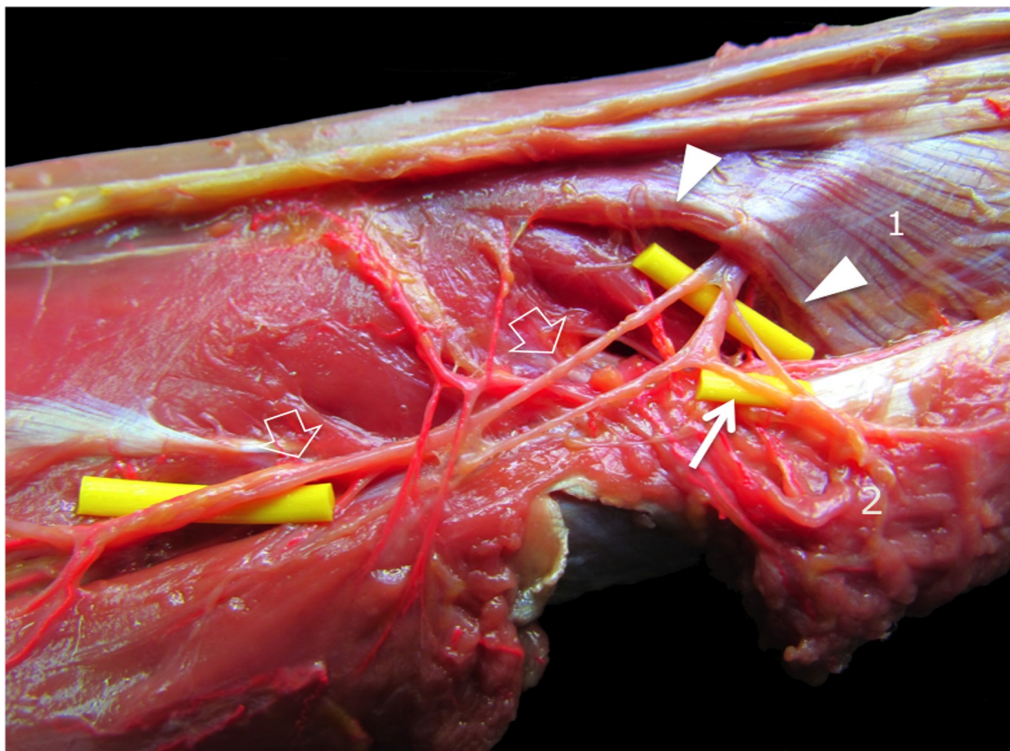
L'arcata di Frohse rappresenta il sito più frequente di intrappolamento del nervo interosseo posteriore; nelle dissezioni autoptiche Clavert e colleghi hanno riscontrato che lo stesso è di natura tendinea nell'80% dei casi. All'interno del tunnel del supinatore il nervo interosseo posteriore può essere intrappolato da bande fibrose e, meno comunemente, da masse occupanti spazio (come ad esempio lipomi). Può anche essere stirato dal momento che la metà del muscolo supinatore funge da punto di fissazione per il nervo.

In letteratura sono già stati pubblicati studi di imaging riguardo alla compressione distale del PIN a livello del margine inferiore della porzione superficiale del muscolo supinatore; non è ancora chiara tuttavia la prevalenza di questo tipo di compressione distale nei pazienti affetti da neuropatia dell'interosseo posteriore.

Con queste considerazioni l'obiettivo di questo studio è 1) determinare il valore dell'ecografia ad alta risoluzione per diagnosticare l'intrappolamento del PIN sotto il margine distale del muscolo supinatore 2) di comprendere la prevalenza di tale compressione in una serie di pazienti con evidenze cliniche e neurofisiologiche del nervo interosseo posteriore.

## METODOLOGIA E MATERIALI

### *Studio anatomico*



*Anatomia macroscopica al margine distale del muscolo supinatore. La vista cadaverica della porta distale del tunnel supinatore rivela il nervo interosseo posteriore e i suoi rami divisionali (barre gialle) mentre escono dal muscolo passando in profondità fino al bordo distale del suo ventre superficiale (1). Subito dopo la sua uscita dal supinatore, il nervo interosseo posteriore si divide in un ramo ricorrente che fornisce fibre al muscolo estensore comune delle dita (EDC) e un ramo longitudinale che decorre dorsalmente fornendo la muscolatura estensoria.*

Uno studio di dissezione è stato eseguito su 3 gomiti congelati per analizzare la regione anatomica del nervo interosseo posteriore e i suoi rami di divisione che hanno origine in corrispondenza del margine distale del muscolo supinatore; i rami di divisione sono rappresentati da tre rami per l'estensore comune delle dita, l'estensore proprio del mignolo e l'estensore ulnare del carpo, da un ramo mediale per l'estensore lungo del pollice e l'estensore

proprio dell'indice e da un ramo laterale per l'abduktore lungo del pollice e l'estensore breve del pollice.

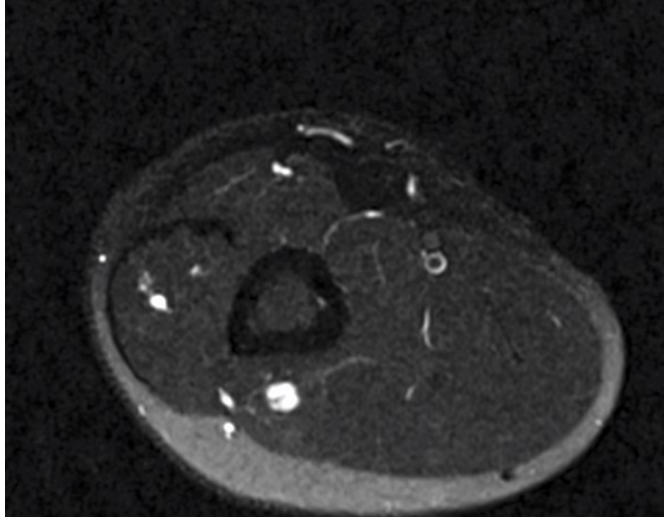
I gomiti da analizzare sono stati portati a temperatura ambiente subito prima dello studio e valutati ecograficamente prima dell'inizio della dissezione. Le dissezioni anatomiche sono state eseguite con lo scopo di definire precisamente l'anatomia del PIN e dei suoi rami di divisione in corrispondenza del margine distale del muscolo supinatore. A tale livello, al fine di validarne la localizzazione per via ecografica, sono state eseguite delle iniezioni ecoguidate di 0.2-0.3 ml di latex blu diluito dentro e attorno al PIN utilizzando un ago in acciaio di 22 gauge di diametro e 38 mm di lunghezza; ciascun campione è stato poi dissezionato per identificare direttamente il PIN e i suoi rami e determinarne il rapporto con il latex iniettato.

### *Studio clinico*

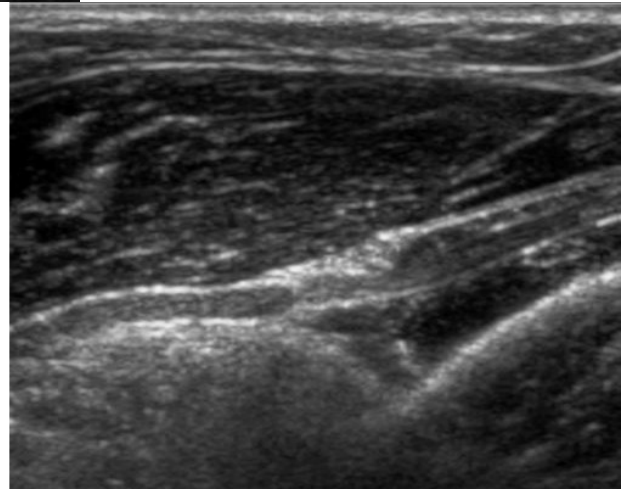
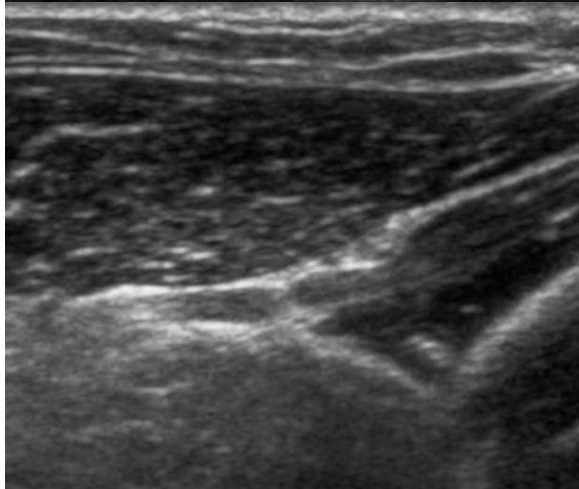
Da Gennaio 2018 a Marzo 2021 è stata quindi esaminata una serie di 32 pazienti (età  $45 \pm 12$ , range di età 24-70) con neuropatia del PIN diagnosticata clinicamente (caduta delle dita e atrofia dei muscoli posteriori dell'avambraccio con esclusione dei muscoli brachioradiale, estensore radiale breve e lungo del carpo e del supinatore, e comparsa di dolore sul versante laterale del gomito e del terzo prossimale dell'avambraccio) e sulla base dei dati neurofisiologici (riscontro di onde a punta positive e/o potenziali di fibrillazione e riduzione dell'ampiezza del potenziale motorio).

In ciascun paziente il PIN è stato valutato ecograficamente dalla biforcazione del nervo radiale fino ai suoi rami di divisione nell'avambraccio.

Sono stati quindi individuati quattro potenziali livelli di compressione del PIN: #1 dalla biforcazione del nervo radiale fino al margine prossimale del muscolo supinatore (arcata di Frohse) e al margine prossimale mediale dell'estensore radiale breve del carpo, incluse l'area anteriore all'articolazione radio-omerale e i vasi ricorrenti radiali ("leash of Henry") che circondano il PIN in corrispondenza del collo radiale #2 in corrispondenza del margine prossimale del muscolo supinatore (arcata di Frohse); #3 all'interno del tunnel del supinatore, quando il nervo decorre tra i capi superficiale e profondo del muscolo supinatore; #4 al margine distale del muscolo supinatore o distalmente a tale livello.



*Neuropatia torsionale prossimale all'arcata di Frohse visibile alla RM (immagine a sinistra) e all'esame ecografico (immagini sottostanti).*



La diagnosi ecografica di intrappolamento del nervo radiale è basata su cambiamenti di forma del nervo e restringimento focale di uno o più dei suoi fasci. Dopo l'esame ecografico tutti i pazienti sono stati sottoposti a RM e decompressione chirurgica.

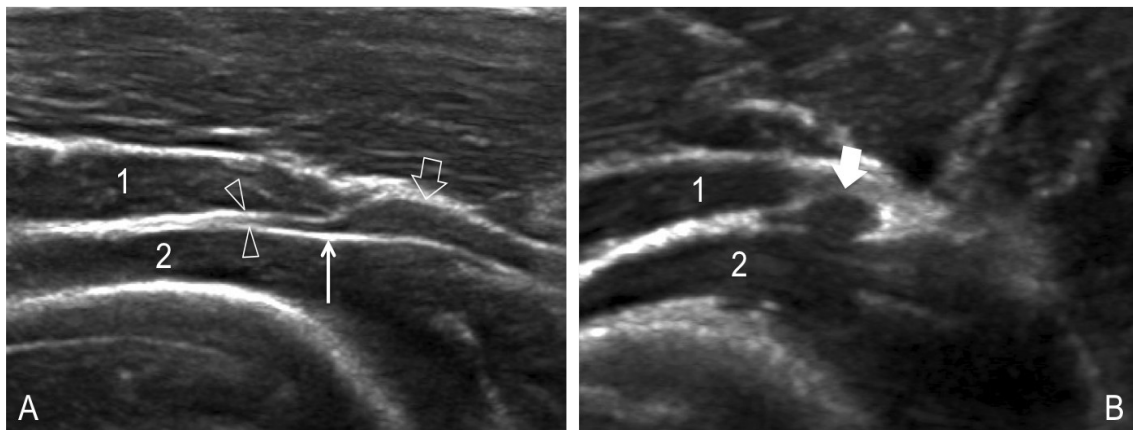
### *Valutazione*

Sia per lo studio anatomico sia per quello clinico è stato utilizzato un ecografo Philips IU22 con trasduttore lineare a banda larga a 17-5 Mhz /Philips Healthcare, Bothell, WA).

La valutazione del tunnel del supinatore richiede una specifica tecnica di scansione con l'avambraccio esteso sul lettino in supinazione. La sonda va inizialmente posizionata sopra l'arcata di Frohse sul piano trasversale e viene quindi spostata in senso antero-posteriore

durante movimento di pronazione dell'avambraccio, allo scopo di mantenere al centro del campo di vista il PIN ed i suoi rami di divisione all'interno del tunnel e al suo margine distale. Una volta che la valutazione del PIN e dei suoi rami di divisione distali al muscolo supinatore è stata completata, si ripete la scansione in senso inverso spostando la sonda in direzione postero-anteriore durante supinazione dell'avambraccio, allo scopo di raggiungere nuovamente l'arcata di Frohse.

## RISULTATI



*Neuropatia interossea posteriore. (A) Le immagini ecografiche longitudinali e (B) trasversali a 17-5 MHz mostrano il nervo interosseo posteriore (punte di freccia) attraverso il tunnel supinatore distale che passa tra il ventre superficiale (1) e quello profondo (2) del muscolo. Un brusco restringimento di calibro del nervo (freccia sottile) con ingrandimento ipoecogeno fusiforme (freccia grande) del nervo si apprezza al bordo distale del ventre superficiale del supinatore in rapporto a compressione del nervo. A differenza di quanto si osserva tipicamente nella più comune compressione nervosa all'arcata di Frohse, l'ispessimento del nervo si trova distale (e non prossimale) al punto di compressione.*

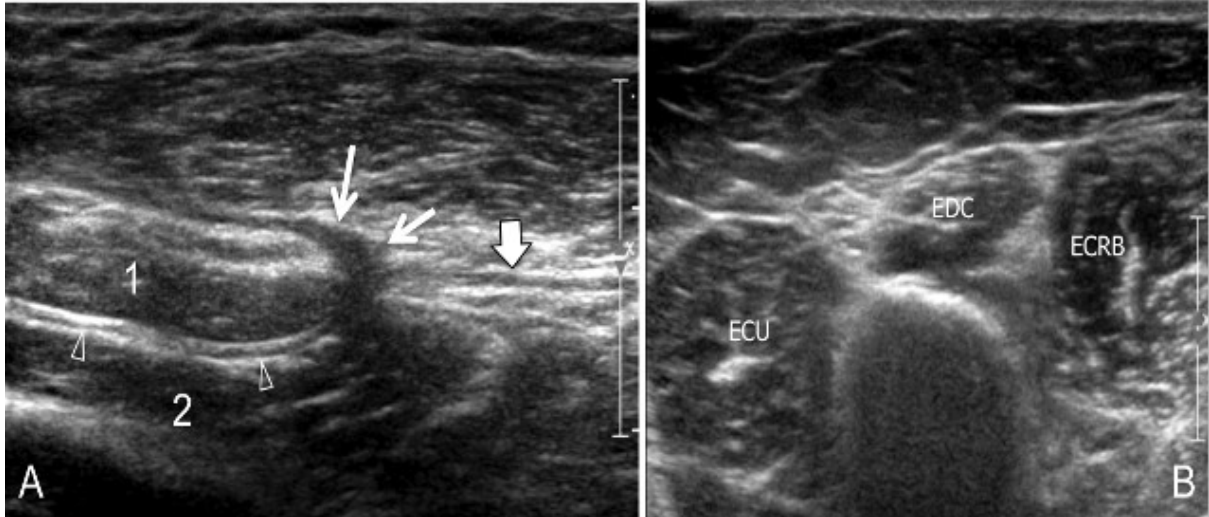
In tutti i campioni esaminati l'analisi anatomica ha rivelato che il nervo interosseo posteriore si divide in due rami all'uscita del tunnel supinatore. Il primo ramo prosegue lungo il decorso del PIN attraverso il compartimento dorsale dell'avambraccio per innervare i muscoli estensori della regione. Il secondo, risulta più corto, ha un decorso ricorrente e innerva l'estensore comune delle dita.

La guida ecografica per l'iniezione di latex è risultata eccellente in tutti i tre campioni; l'ecografia ad alta risoluzione (17-5 MhZ) è stata in grado di localizzare i presunti fascicoli del nervo interosseo posteriore ed i suoi rami di divisione all'uscita dal tunnel del supinatore. Le successive dissezioni hanno confermato il corretto posizionamento del latex in corrispondenza dei rami di divisione del PIN.

In 6 dei 32 pazienti affetti da neuropatia del PIN, l'ecografia ha dimostrato un intrappolamento in zona #4 (19% circa dei casi). Il PIN è risultato compresso invece in zona #2 (arcata di Frohse) e #3 (nel tunnel del supinatore) nei restanti 19 pazienti (59% circa dei casi). In un paziente la compressione del nervo interosseo posteriore era localizzata prossimalmente alla zona #1 in relazione a un quadro di neuropatia torsionale. In sei pazienti l'ecografia non ha invece dimostrato evidenti compressioni lungo il decorso del PIN. Infine, in due casi con intrappolamento in zona #4 l'ecografia ha evidenziato un rigonfiamento fusiforme ipoecogeno del nervo con "notch sign" in sede immediatamente distale al capo superficiale del muscolo supinatore.; le alterazioni ecostrutturali del nervo sono perciò stata interpretate come il risultato dell'intrappolamento dei suoi fascicoli a livello del margine distale del supinatore.

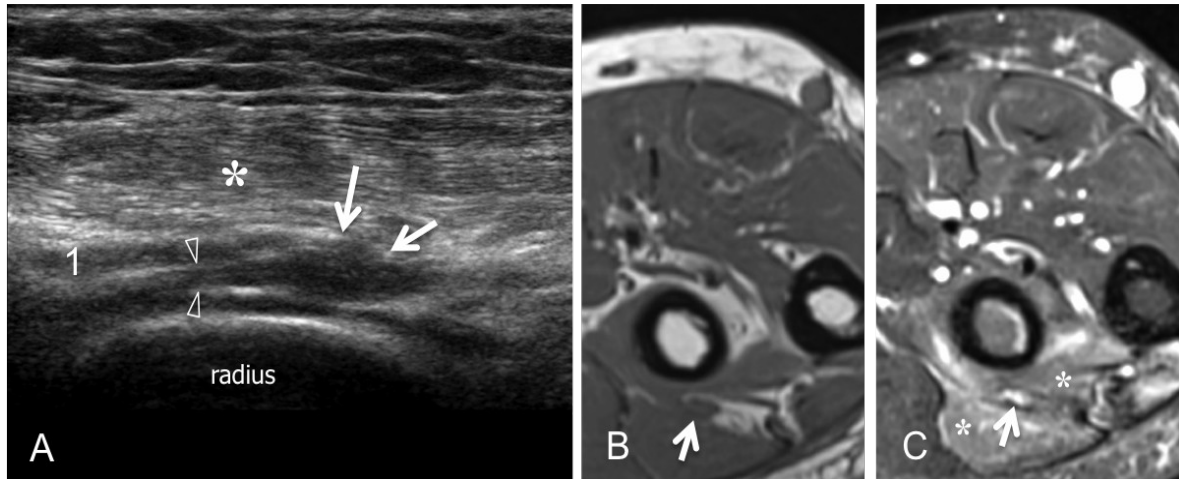
L'ecografia non ha mostrato alterazioni muscolari o perineurali. In un solo caso si è riscontrato un coinvolgimento selettivo del ramo ricorrente per l'estensore comune delle dita con risparmio del PIN e del suo ramo discendente terminale. La valutazione dello stato di trofismo dei muscoli innervati dal PIN ha confermato un coinvolgimento selettivo del ramo ricorrente con segni di atrofia muscolare dell'estensore comune delle dita, di volume ridotto e aspetto iperecogeno.





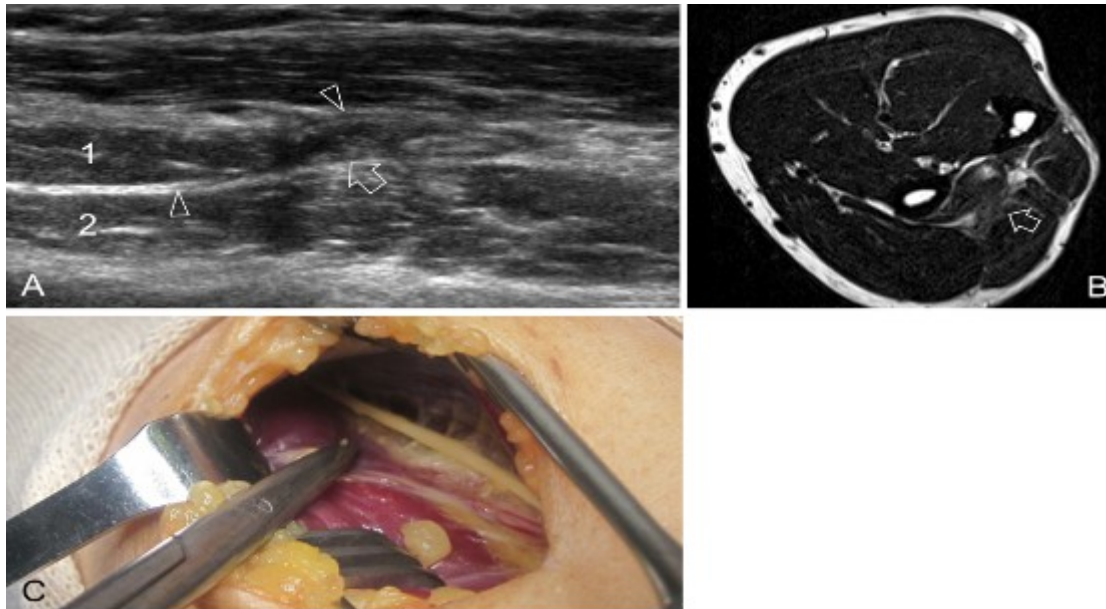
*Neuropatia interossea posteriore con coinvolgimento selettivo del ramo ricorrente per l'estensore delle dita. (A) L'immagine ecografica longitudinale a 17.5 MHz del nervo interosseo posteriore (punte di freccia) e dei suoi rami rivela un ispessimento fusiforme selettivo di quello ricorrente (freccie sottili) mentre curva attorno al bordo distale del ventre superficiale del supinatore per raggiungere l'estensore digitorum communis. Normalmente compaiono sia il tronco nervoso principale all'interno del supinatore che il ramo divisionale discendente (freccia grande). (B) Distalmente al livello di compressione, l'immagine ecografica trasversale 17.5MHz mostra la perdita di massa dell'estensore comune delle dita rispetto all'adiacente estensore ulnare del carpo (ECU) e dell'estensore radiale del carpo breve (ECRB) a causa dell'atrofia da denervazione.*

In un caso la neuropatia del nervo interosseo posteriore è insorta in seguito a rimozione di una placca metallica nell'avambraccio. L'ecografia ha dimostrato un assottigliamento fusiforme irregolare del PIN all'uscita distale del tunnel del supinatore in assenza di alterazioni perineurali, in verosimile rapporto ad una lesione da stiramento.

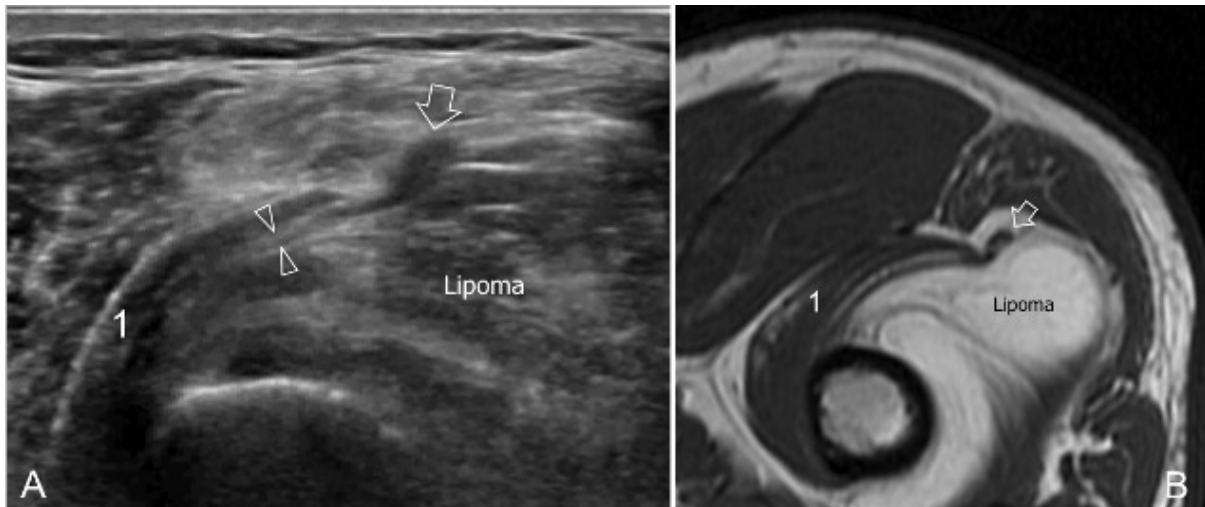


*Lesione del nervo interosseo posteriore dopo la rimozione di una placca metallica in un paziente con frattura radiale. (A) L'immagine ecografica 17-5MHz ottenuta in asse lungo al margine distale del tunnel supinatore con relative immagini RM T1 pesate (B) e T2 pesate con soppressione del grasso (C) rivelano un ispessimento fusiforme (freccia) del nervo interosseo posteriore (punte di freccia) in rapporto a una lesione da stiramento su base iatrogena. Notare i cambiamenti di denervazione coesistenti (asterisco) nei muscoli supinatore ed estensore.*

Alterazioni fibrotico-cicatriziali sono state identificate in un altro paziente che non presentava in anamnesi traumi precedenti o interventi chirurgici a livello dell'avambraccio. L'ecografia ad alta risoluzione ha evidenziato la presenza di tessuto ipoecogeno, irregolare, contiguo al margine distale dello strato superficiale del muscolo supinatore, superficialmente al PIN e ai suoi rami di divisione. Infine un voluminoso lipoma intramuscolare localizzato nel capo profondo del muscolo supinatore ha determinato compressione del PIN al margine distale del tunnel del supinatore.



*Rivestimento del nervo interosseo posteriore da tessuto fibroso intorno al bordo distale del supinatore. A) L'ecografia in asse lungo 17-5 MHz al margine distale del tunnel supinatore con immagine RM corrispondente T2 pesata (N) mostra una cicatrice fibrosa ipoecogena che intrappola il nervo interosseo posteriore (punte di freccia) lungo il margine distale del muscolo. Notare il ventre superficiale (1) e profondo (2) del supinatore. (C) L'ispezione chirurgica dopo la neurolisi esterna mostra il tessuto giallastro, di natura cicatriziale, che circonda il nervo.*



*Neuropatia interossea posteriore da compressione del lipoma. (A) L'immagine ecografica 17-5MHz trasversale con corrispondente immagine RM T1 pesata (B) mostra l'intrappolamento del nervo interosseo posteriore tra il margine distale del ventre superficiale (1) del muscolo supinatore e una massa lipomatosa di grandi dimensioni. Il nervo è distorto e gonfio (freccia) all'uscita del tunnel supinatore.*

## CONCLUSIONI

Nonostante l'importanza dal punto di vista clinico di individuare l'esatto livello di intrappolamento in pazienti con neuropatia del PIN, nessuno studio precedente ha investigato l'abilità dell'ecografia nell'identificare i casi di compressione distale del PIN a livello del margine inferiore del capo superficiale del muscolo supinatore. Nella nostra serie di pazienti l'intrappolamento del PIN a livello del margine distale del tunnel del supinatore è risultato relativamente comune, rappresentando circa il 19% dei casi. Gli esaminatori dovrebbero di conseguenza valutare sistematicamente il tunnel distale in pazienti con neuropatia del PIN; estendere l'esame ecografico oltre il margine distale del muscolo supinatore può ridurre i casi di falsi negativi. In ambito preoperatorio, la precisa localizzazione del sito di intrappolamento del PIN gioca un ruolo fondamentale; l'accesso chirurgico è infatti generalmente praticato in forma mirata a livello dell'arcata di Frohse e di conseguenza l'incisione può non essere abbastanza ampia da permettere un controllo intraoperatorio dello stato del nervo in corrispondenza del margine distale del tunnel del supinatore. L'ecografia dovrebbe perciò essere utilizzata proprio nell'ottica di pianificare in modo accurato l'intervento chirurgico, data anche la scarsa utilità degli esami elettrofisiologici nell'identificare l'esatto livello di compressione del PIN.

## RIFERIMENTI

- 1. Radial nerve compression** *Eaton CJI, Lister GD. Hand Clin. 1992 May;8(2):345-57.*
- 2. Surgical treatment for radial tunnel syndrome** *Rosenbaum R. J Hand Surg Am. 1999 Nov;24(6):1345-6.*
- 3. Anatomic bases for the compression and neurolysis of the deep branch of the radial nerve in the radial tunnel** *Riffaud L, Morandi X, Godey B, Brassier G, Guegan Y, Darnault P, Scarabin JM. Surg Radiol Anat. 1999;21(4):229-33.*
- 4. Radial nerve in the radial tunnel: anatomic sites of entrapment neuropathy** *Konjengbam M, Elangbam J. Clin Anat. 2004 Jan;17(1):21-5.*
- 5. Frohse's arcade is not the exclusive compression site of the radial nerve in its tunnel** *Clavert P, Lutz JC, Adam P, Wolfram-Gabel R, Liverneaux P, Kahn JL. Orthop Traumatol Surg Res. 2009 Apr;95(2):114-8. doi: 10.1016/j.otsr.2008.11.001. Epub 2009 Mar 17.*
- 6. Atypical double nerve lesion after humeral fracture: diagnosis by ultrasound** *Liotta G, Granata G, Librante A, di Pasquale A, Caliandro P, Martinoli C, Padua L. Muscle Nerve. 2010 Feb;41(2):287-8. doi: 10.1002/mus.21580.*
- 7. Sonography and MR imaging of posterior interosseous nerve syndrome with surgical correlation** *Chien AJ, Jamadar DA, Jacobson JA, Hayes CW, Louis DS. AJR Am J Roentgenol. 2003 Jul;181(1):219-21.*
- 8. Ultrasonographic appearance of supinator syndrome** *Bodner GI, Harpf C, Meirer R, Gardetto A, Kovacs P, Gruber H. J Ultrasound Med. 2002 Nov;21(11):1289-93.*
- 9. Posterior Interosseous Nerve Syndrome** *Rachel Wheeler, Alexei DeCastro, 2021 May 10*
- 10. Posterior Interosseous Nerve Palsy Caused by a Ganglion**, *Akira Yokote, Shinsuke Fujioka, Toshiyuki Ishiko, Yoshio Tsuboi, Intern Med. 2019 Jun 1;58(11):1661-1662*

- 11. Diagnosis and treatment of posterior interosseous nerve entrapment: systematic review** Moraes MA, Gonçalves RG, Santos JBGD, Belloti JC, Faloppa F, Moraes VY, *Acta Ortop Bras.* 2017 Jan-Feb;25(1):52-54.
- 12. Posterior interosseous nerve of the elbow at the arcade of Frohse: Ultrasound appearance in asymptomatic subjects** Ceri T, Podda A, Behr J, Brumpt E, Alilet M, Aubry S. **Posterior interosseous nerve palsy after closed proximal forearm fractures** Bulstra LF, Schep NWL, van der Vlies CH, *Diagn Interv Imaging.* 2019 Sep;100(9):521-525.
- 13. Posterior interosseous nerve entrapment due to bilobed parosteal lipoma** Vikas V, Bhatia N, Garg J, *J Clin Orthop Trauma.* 2020 Feb;11(Suppl 1):S174-S176.
- 14. Morphology of the Posterior Interosseous Nerve with Regard to Entrapment Syndrome** Hohenberger GM, Schwarz AM, Grechenig P, Maier MJ, Schwarz U, Kuchling S, Gänsölen A, Weiglein AH, *Indian J Orthop.* 2020 Mar 14;54(Suppl 1):188-192.
- 15. Ultrasonographic findings of posterior interosseous nerve syndrome** Kim Y, Ha DH, Lee SM, *Ultrasonography.* 2017 Oct;36(4):363-369.
- 16. Posterior Interosseous Nerve Palsy Caused by a Ganglion of the Arcade of Frohse** Lee SJ, Hyun YS, Baek SH, Seo JH, Kim HH, *Clin Shoulder Elb.* 2018 Dec 1;21(4):252-255.
- 17. Posterior interosseous nerve syndrome due to intramuscular lipoma** Allagui M, Maghrebi S, Touati B, Koubaa M, Hadhri R, Hamdi MF, Abid A, *Eur Orthop Traumatol.* 2014;5(1):75-79.
- 18. Posterior Interosseous Nerve Syndrome Resulting from Parosteal Lipoma of the Proximal Radius: An Elusive Diagnosis Yet Excellent Outcome** Saaiq M, Siddiui S, *World J Plast Surg.* 2017 Jan;6(1):100-105.
- 19. The posterior interosseous nerve and the radial tunnel syndrome: an anatomical study** Portilla Molina AE, Bour C, Oberlin C, Nzeusseu A, Vanwijck R, *Int Orthop.* 1998;22(2):102-6.

- 20. The utility of ultrasound in showing a unique cause of posterior interosseous nerve syndrome** *Soh D, Cappelen-Smith C, Korber J, Heath T, Cordato D, eNeurologicalSci. 2017 Jul 20;8:34-35.*
- 21. Sonographic Diagnosis Of Posterior Interosseous Nerve Entrapment Syndrome** *Ong C, Nallamshetty HS, Nazarian LN, Rekant MS, Mandel S, Radiol Case Rep. 2016 Jan 5;2(1):1-4.*
- 22. Posterior interosseous nerve localization within the proximal forearm - a patient normalized parameter** *Kamineni S, Norgren CR, Davidson EM, Kamineni EP, Deane AS, World J Orthop. 2017 Apr 18;8(4):310-316.*
- 23. Nerve ultrasound identifies abnormalities in the posterior interosseous nerve in patients with proximal radial neuropathies** *Dietz AR, Bucelli RC, Pestronk A, Zaidman CM, Muscle Nerve. 2016 Mar;53(3):379-83.*
- 24. Posterior interosseous nerve palsy due to Bado type-III Monteggia fracture** *Yoshida N, Tsuchida Y, BMJ Case Rep. 2018 Jul 30;2018:bcr2018226254.*
- 25. Posterior Interosseous Nerve Palsy Caused by a Ganglion of the Arcade of Frohse** *Lee SJ, Hyun YS, Baek SH, Seo JH, Kim HH, Clin Shoulder Elb. 2018 Dec 1;21(4):252-255.*
- 26. Posterior interosseous nerve palsy secondary to deep lipoma** *Flores Robles BJ, Sanz Sanz J, Sanabria Sanchinel AA, Hualde Juvera A, Neurologia. 2017 Oct;32(8):557-558.*
- 27. A posterior interosseous nerve syndrome associated with spontaneous rupture of the extensor pollicis longus tendon** *Casal D, Moniz P, e Castro V, Angélica-Almeida M, Acta Reumatol Port. 2010 Jan-Mar;35(1):85-9.*
- 28. Posterior interosseous neuropathy: electrodiagnostic evaluation** *Bevelacqua AC, Hayter CL, Feinberg JH, Rodeo SA, HSS J. 2012 Jul;8(2):184-9.*

**29. Posterior interosseous nerve syndrome caused by a ganglion cyst and its surgical release with intraoperative neurophysiological monitoring: A case report** *ark D, Kim DY, Eom YS, Lee SE, Chae SB, Medicine (Baltimore). 2021 Feb 26;100(8):e24702.*

**30. Paralysis of posterior interosseous nerve caused by parosteal lipoma** *Hamdi MF, Aloui I, Allagui M, Abid A, Neurol India. 2010 Mar-Apr;58(2):319-20.*