

High-resolution ultrasound anatomy of extrinsic carpal ligaments

Anatomia ecografica ad alta risoluzione dei legamenti estrinseci del carpo

F. Lacelli¹ • A. Muda² • L.M. Sconfienza¹ • D. Schettini¹ • G. Garlaschi¹ • E. Silvestri³

¹ Sezione di Radiodiagnostica, Dipartimento di Medicina Sperimentale, Università degli Studi di Genova, Viale L.B. Alberti 2, 16132 Genova, Italy

² I Divisione Radiologia, ³ Cattedra di Radiologia 'B', Azienda Ospedaliera Universitaria San Martino, Largo R. Benzi 10, 16132 Genova, Italy

Correspondence to: G. Garlaschi, Tel.: +39-010-3538811, Fax +39-010-35338158, e-mail giacomo.garlaschi@fastwebnet.it

Received: 28 March 2007 / Accepted: 18 September 2007 / Published online: 20 May 2008
© Springer-Verlag 2008

Abstract

Purpose. Carpal ligaments can be classified as intrinsic and extrinsic. Extrinsic ligaments are often involved in carpal instability. The purpose of this article is to describe the sonographic appearance of extrinsic carpal ligaments on high-resolution ultrasound (HRUS) using magnetic resonance arthrography (MR arthrography) as a reference standard.

Materials and methods. We studied both wrists in 18 healthy volunteers (ten men, eight women, age range 18–58 years, mean age 34 years) with a Philips iU22 US scanner equipped with a high-resolution linear-array broadband transducer (5–17 MHz). The scans were performed along the long axis of the extrinsic dorsal and ventral ligaments to assess their course, thickness and structure. Ten subjects were also studied with MR arthrography of the wrist.

Results. In all patients, the ligament components could be appreciated as thin fibrillar hyperechoic structures. The course of seven extrinsic carpal ligaments and their relationships with surrounding articular structures could be studied. The radioscapolunate and the ulnar collateral ligaments were not visible on US. MR arthrography depicted all ligaments except for the ulnar collateral, which was never visualised.

Conclusions. The results obtained are consistent with those reported in the literature. HRUS provides good anatomical detail of the extrinsic carpal ligaments, but the role of US in planning the treatment of carpal instability disorders is yet to be demonstrated.

Riassunto

Obiettivo. I legamenti del carpo sono suddivisi in intrinseci ed estrinseci. Questi ultimi sono spesso coinvolti nella patogenesi dell'instabilità carpale. L'obiettivo di questo studio è descrivere l'aspetto ecografico dei legamenti estrinseci del carpo mediante ecografia ad alta risoluzione, utilizzando l'artrografia a risonanza magnetica (artro-RM) come metodica di riferimento.

Materiali e metodi. Abbiamo studiato entrambi i polsi di 18 soggetti volontari sani (10 maschi, 8 femmine, range 18–58 anni, età media 34 anni) mediante un apparecchio Philips iU22 con trasduttore lineare ad alta risoluzione (5–17 MHz). Sono state effettuate scansioni lungo l'asse lungo dei legamenti estrinseci dorsali e ventrali per poterne valutare il decorso, lo spessore e l'ecostruttura. In 10 casi è stato inoltre eseguito un esame artro-RM di polso.

Risultati. In tutti i soggetti è stato possibile riconoscere le componenti legamentose come sottili strutture fibrillari iperecogene. È stato possibile individuare il decorso di sette legamenti estrinseci del carpo ed i rapporti con le strutture articolari circostanti. I legamenti radioscafolunato e collaterale ulnare non sono risultati visibili ecograficamente. Le immagini artro-RM hanno dimostrato tutti i legamenti estrinseci ad eccezione del legamento collaterale ulnare, mai visualizzato.

Conclusioni. I dati ottenuti concordano con quelli presenti in letteratura. L'ecografia ad alta risoluzione ci permette di studiare i legamenti estrinseci del carpo con un buon dettaglio anatomico ma il ruolo dell'ecografia nell'iter terapeutico delle patologie da instabilità del carpo rimane da dimostrare.

Keywords US · Wrist · Carpal joint · Ligaments · Anatomy**Parole chiave** Ecografia · Polso · Carpo · Legamenti · Anatomia

Introduction

Chronic wrist pain is a common clinical query in referrals for musculoskeletal disorders. In most cases, it is accounted for by traumatic events and in particular to injuries causing carpal instability [1]. In this type of instability, there may be pathological involvement of many of the anatomical structures of the wrist [triangular fibrocartilage complex (TFC), intrinsic and extrinsic ligaments, muscles, and tendons], but in most cases, the symptoms are related to traumatic involvement of the extrinsic ligaments [2, 3]. The function of the palmar and dorsal ulnotriquetral ligaments and of the ulnolunate is to stabilise the distal radioulnar joint during wrist pronosupination and to prevent ulnar dislocation of the wrist bones. Furthermore, these ligaments, along with other components of the triangular fibrocartilage (TFC) and the remaining ligaments of the radiocarpal joint, prevent ulnar dislocation of the ends of the carpal bone [4, 5]. Therefore, knowledge of the anatomy of the carpus and in particular of the extrinsic ligaments is extremely important.

The introduction into clinical practice of sonographic equipment with high-resolution transducers, together with the development of new, increasingly sophisticated postprocessing algorithms to optimise image resolution, has led to an increased use of high-resolution ultrasound (HRUS) in the study of small joints. Such systems enable the study of even small-sized superficial tendons and ligaments with a high level of anatomical detail [6–8].

The purpose of this study was to elucidate the potential of HRUS in the study of extrinsic carpal ligaments and describe the imaging technique adopted and the sonographic appearance of the ligaments and their course using magnetic resonance (MR) arthrography as a reference standard.

Materials and methods

We examined a group of 18 asymptomatic healthy volunteers with no history of wrist trauma. The group comprised ten men and eight women (mean age 34 years, range 18–58) referred for musculoskeletal disorders not involving the wrist and enrolled in the study after providing explicit written informed consent. Two radiologists with more than 10 years' experience in musculoskeletal US assessed both wrists (36) using a US scanner (iU22, Koninklijke Philips Electronics, Eindhoven, The Netherlands) equipped with a broadband linear-array transducer (5–17 MHz) with compound imaging and software based on algorithms for opti-

Introduzione

Il dolore cronico di polso rappresenta un quesito comune nell'ambito della patologia muscoloscheletrica. Nella maggior parte dei casi, esso può essere ricondotto ad eventi di tipo traumatico ed, in particolare, a lesioni che determinano un quadro di instabilità carpale [1]. In questo tipo di instabilità, vi può essere un coinvolgimento patologico di molte delle strutture anatomiche del polso (complesso della fibrocartilagine triangolare (TFC), legamenti intrinseci ed estrinseci, muscoli e tendini), ma in molti casi la sintomatologia può essere essenzialmente ricondotta all'interessamento traumatico dei legamenti estrinseci [2, 3]. La funzione del legamento ulnopiramidale palmare e dell'ulnopiramidale dorsale, unitamente all'ulnolunato, è quella di stabilizzare l'articolazione radioulnare distale durante i movimenti di pronosupinazione del polso e di prevenire la dislocazione ulnare delle ossa del carpo. Inoltre, questi legamenti, insieme alle altre componenti della TFC e dei restanti legamenti dell'articolazione radiocarpica, prevengono la dislocazione ulnare dei capi ossei carpalii [4, 5]. Pertanto, è molto importante conoscere l'anatomia del carpo e, in particolare, quella dei legamenti estrinseci.

L'introduzione nell'uso clinico di apparecchiature ecografiche provviste di trasduttori ad elevata definizione, unitamente allo sviluppo di nuovi e sempre più sofisticati algoritmi di post-processing mirati alla ottimizzazione della risoluzione di immagine, ha determinato un aumento dell'utilizzo di tali sistemi nello studio delle piccole articolazioni. Essi forniscono la possibilità di analizzare con elevato dettaglio anatomico strutture tendinee e legamentose superficiali, anche di piccole dimensioni [6–8].

L'obiettivo dello studio è stato quello di chiarire le potenzialità applicative dell'ecografia ad alta risoluzione nello studio delle componenti legamentose estrinseche del carpo descrivendo la tecnica di studio, l'aspetto ecografico dei legamenti e di descriverne il decorso, utilizzando l'artrografia a risonanza magnetica (artro-RM) come metodica di riferimento.

Materiali e metodi

È stato esaminato un gruppo di 18 soggetti volontari sani, asintomatici, con anamnesi negativa per traumi a livello del polso. I soggetti sono stati 10 maschi e 8 femmine con un'età media di 34 anni (range 18–58 anni), giunti all'os-

mising image resolution. The two radiologists examined the patients independently without knowledge of the results obtained by the other operator. All examinations were conducted after placing the wrist on a flat surface, in the volar, dorsal and neutral positions and in ulnar deviation. In all cases, a dynamic study was performed by acquiring scans in dorsal and volar wrist flexion to optimise ligament visualisation. The scans were done using the carpal bone surfaces at the points of insertion and along the course of the extrinsic ligaments as anatomical markers. After identifying the ligament on US, the scan plane was optimised to enable visualisation of the entire course of the ligament, and accurate assessment of its echostructure and thickness; thickness was measured at the middle third portion of the ligament.

Ten subjects also underwent MR arthrography of the wrist to obtain accurate anatomical data uninfluenced by the US operator. MR arthrography of the wrist involves a free-hand intra-articular injection of 7 ml of 0.0025 mmol/ml gadoteric acid in 0.9% saline (Dotarem prefilled syringes, Guerbet S.A., Villepinte, France) into the radiocarpal joint. MR imaging was performed using a dedicated C-Scan system with a low magnetic field (0.2 T) (Esaote Biomedica, Genoa, Italy) with T1-weighted gradient echo (GE) and spin echo (SE) sequences in the three orthogonal planes.

Statistical analysis

Statistical analysis was used to calculate the mean thickness of ligaments and assess interobserver variability with Cohen's kappa value. Interobserver agreement was considered poor at values of 0–0.20, fair at 0.21–0.40, moderate at 0.41–0.60, substantial at 0.61–0.80 and almost perfect at values equal to or greater than 0.81 [9].

Results

US study of the carpal region yielded different rates of visualisation of the ligaments of the palmar, dorsal and radial aspects, depending on the ligaments examined, with substantial agreement between the two observers (up to $\kappa = 0.95$) (Table 1). In none of the 36 wrists examined could the radioscapholunate and the ulnar collateral ligaments be visualised.

All ligaments appear as highly echoic fibrillar structures having very similar echostructure to tendons and standing out against the surrounding soft tissues. The dynamic flexion–extension movements of the wrist were particularly useful for the correct positioning of the scan planes. In the coronal plane, the study was always performed in a neutral position, except for the radial collateral ligament, which was evaluated in ulnar deviation of the wrist. From a biome-

servazione per patologie di tipo muscolo-scheletrico non coinvolgenti il carpo e reclutati per lo studio in oggetto, previo ottenimento di esplicito consenso informato scritto riguardante l'intero studio. Due medici radiologi, con esperienza ultradecennale in ecografia muscoloscheletrica, hanno valutato entrambi i polsi (36) dei soggetti reclutati, utilizzando un apparecchiatura ecografica (iU22, Koninklijke Philips Electronics, Eindhoven, Olanda) provvista di trasduttore lineare elettronico a larga banda da 5–17 MHz con sistema compound e software con algoritmi di ottimizzazione della risoluzione di immagine. I due radiologi hanno effettuato la valutazione dei pazienti in maniera separata e senza conoscere il risultato dell'esame eseguito dall'altro operatore. Tutti gli esami sono stati condotti posizionando il polso su superficie piana, volarmente, dorsalmente, in posizione neutra ed in deviazione ulnare. In tutti i casi è stato effettuato uno studio dinamico del polso che prevedeva l'acquisizione di scansioni in flessione dorsale e volare del polso per ottimizzare la visualizzazione dei legamenti. Le scansioni sono state effettuate prendendo come marcatori anatomici le superfici delle ossa carpali nelle sedi di inserzione e decorso dei legamenti estrinseci. Una volta individuato ecograficamente il legamento, si è provveduto ad ottimizzare il piano di scansione in modo da visualizzarlo lungo tutto il suo decorso, valutandone accuratamente anche ecostruttura e spessore; le misurazioni dello spessore sono state effettuate al III medio del legamento.

Inoltre, in 10 casi, è stato eseguito un esame artro-RM di polso, al fine di ottenere informazioni anatomiche precise e non influenzabili dall'operatore ecografico. La tecnica artro-RM di polso prevede l'iniezione intrarticolare a mano libera, a livello dell'articolazione radiocarpica, di 7 ml di una soluzione di 0,0025 mmol/ml di acido gadoterico in soluzione fisiologica di sodio cloruro 0,9% (Dotarem siringhe preimpilate, Guerbet S.A., Villepinte, Francia). L'esame è stato eseguito con apparecchiatura RM dedicata a basso campo magnetico 0,2 T "C Scan" (Esaote Biomedica, Genova, Italia) con sequenze Gradient Echo (GE) e Spin Echo (SE) T1, orientate nei tre piani ortogonali dello spazio.

Analisi statistica

È stata effettuata un'analisi statistica per calcolare il valore medio dello spessore dei legamenti e per valutare la variabilità interosservatore nello studio dei legamenti da parte dei due diversi operatori, utilizzando il valore κ di Cohen. Il livello di concordanza per il valore di κ è stato fissato secondo i limiti seguenti: 0–0,20 scarsa; 0,21–0,40 modesta; 0,41–0,60 moderata; 0,61–0,80 sostanziale; maggiore di 0,81 quasi perfetta [9].

Table 1 Mean ligament visualisation rates and interobserver agreement (κ value)

Palmar side	Dorsal side	Radial side
Radioscaphocapitate 79%, κ 0.77	Radiotriquetral 96%, κ 0.95	Radial collateral 31%, κ 0.80
Radiolunotriquetral 89%, κ 0.82	Ulnotriquetral 63%, κ 0.58	
Ulnolunate 65%, κ 0.69		
Ulnotriquetral 88%, κ 0.79		

Tabella 1 Percentuale media dei pazienti in cui il legamento è risultato visibile e valore di concordanza interosservatore (κ)

Versante palmare	Versante dorsale	Versante radiale
Radioscaphocapitato 79%, κ 0,77	Radiopiramidale 96%, κ 0,95	Collaterale radiale 31%, κ 0,80
Radiolunopiramidale 89%, κ 0,82	Ulnopiramidale 63%, κ 0,58	
Ulnolunato 65%, κ 0,69		
Ulnopiramidale 88%, κ 0,79		

chanical point of view, the extrinsic dorsal ligaments are tensed during flexion, whereas the extrinsic volar ligaments are tensed during extension. US analysis conducted on ligaments under tension allowed better evaluation of their course and echostructure, with a consequent reduction of anisotropy artefacts. As is known, these artefacts are caused by the predominance of diffraction over reflection of the ultrasound beam when the angle of incidence is not perpendicular to the structure being examined. MR arthrography visualised the extrinsic carpal ligaments correctly in all cases, except for the ulnar collateral ligament, which was not seen in any patient.

Extrinsic carpal ligaments originate from the carpal bones and insert onto the radius and ulna externally to the carpal bone. They can be divided into dorsal and volar ligaments (Figs. 1, 2). The normal US anatomy of the single extrinsic wrist ligaments, the scans and the anatomical landmarks used are described below:

- Radioscaphocapitate (RSC) ligament: The RSC ligament arises from the radial aspect of the wrist and extends obliquely to the palmar aspect of the distal scaphoid pole where it attaches with a fibrous band. Distally, it reaches the capitate, with a wide fibrous insertion (Fig. 3, Table 2)
- Radiolunotriquetral (RLT) ligament: The RLT ligament

Risultati

Lo studio ecografico del distretto carpale ha permesso di visualizzare i legamenti del versante palmare, del versante dorsale e del versante radiale con percentuali di visualizzazione differenti a seconda dei legamenti esaminati ed una elevata concordanza tra i due osservatori (fino a $\kappa=0,95$) (Tabella 1). Non è stato possibile studiare i legamenti radioscapholunato e collaterale ulnare in nessuno dei 36 polsi esaminati.

Tutti i legamenti si presentano come strutture caratterizzate da elevata ecogenicità, di aspetto fibrillare, con ecostruttura interna molto simile a quella tendinea e sono riconoscibili nel contesto dei tessuti molli circostanti. Le manovre dinamiche di flessione-estensione del polso sono state particolarmente utili per il corretto orientamento dei piani di scansione. Sul piano coronale, lo studio dei legamenti è stato effettuato sempre in posizione neutra, eccetto per il legamento collaterale radiale che è stato valutato con il carpo in deviazione ulnare. Dal punto di vista biomeccanico, durante la flessione si determina la tensione dei legamenti estrinseci dorsali e durante l'estensione quella dei legamenti estrinseci volari. L'analisi ecografica effettuata su legamenti in tensione ha consentito di apprezzare il loro decorso e l'ecostruttura con migliore dettaglio e con una conseguente riduzione degli artefatti legati all'anisotropia; come noto, la comparsa di tali artefatti è legata alla prevalenza dei fenomeni di diffrazione del fascio ultrasonoro rispetto a quelli di riflessione, quando l'angolo d'incidenza non è ortogonale alla struttura in esame. Le immagini artro-RM hanno evidenziato correttamente in tutti i casi i legamenti estrinseci del carpo, ad eccezione del legamento collaterale ulnare che non è stato dimostrato in nessun paziente.

I legamenti estrinseci del carpo hanno origine dalle ossa del carpo e si inseriscono al di fuori di esso, su radio e ulna. Essi possono essere suddivisi a loro volta in legamenti dorsali e volari (Figg. 1, 2). Vengono qui di seguito riportati l'anatomia ecografica normale dei singoli legamenti estrinseci del polso, le scansioni utilizzate ed i riferimenti anatomici:

- legamento radioscaphocapitato (RSC): Il legamento RSC origina dal versante radiale del polso, si estende obliquamente fino al lato palmare del polo distale dello scafoide dove si inserisce mediante una banda fibrosa. Distalmente si porta sul capitato con un'ampia inserzione fibrosa (Fig. 3, Tabella 2);
- legamento radiolunopiramidale (RLP): Il legamento RLP origina dal versante palmare del processo stiloideo del radio, passa al di sopra dello scafoide e si inserisce sul semilunare. Distalmente, infine si porta sul lato radiale dell'articolazione piso-piramidale e in particolare si inserisce sul versante palmare del piramidale (Fig. 4, Tabella 3).

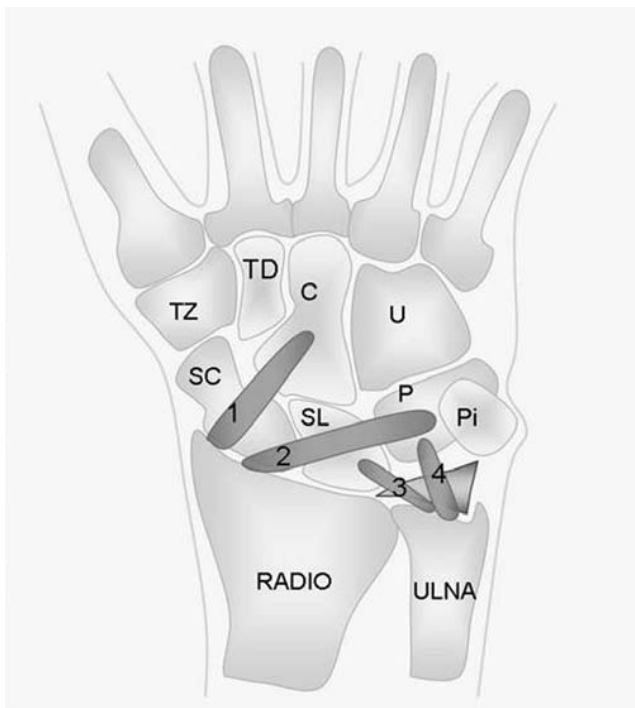


Fig. 1 Extrinsic palmar ligaments: 1 Radioscaphocapitate (RSC), 2 Radiolunopiramide (RLP), 3 Ulnolunate (ULP), 4 Palmar ulnolunate (UPP).

Fig. 1 Legamenti estrinseci palmari: 1 radioscafo-capitato (RSC), 2 radiolunopiramidale (RLP), 3 ulnolunato (ULP), 4 ulnopiramidale palmare (UPP).

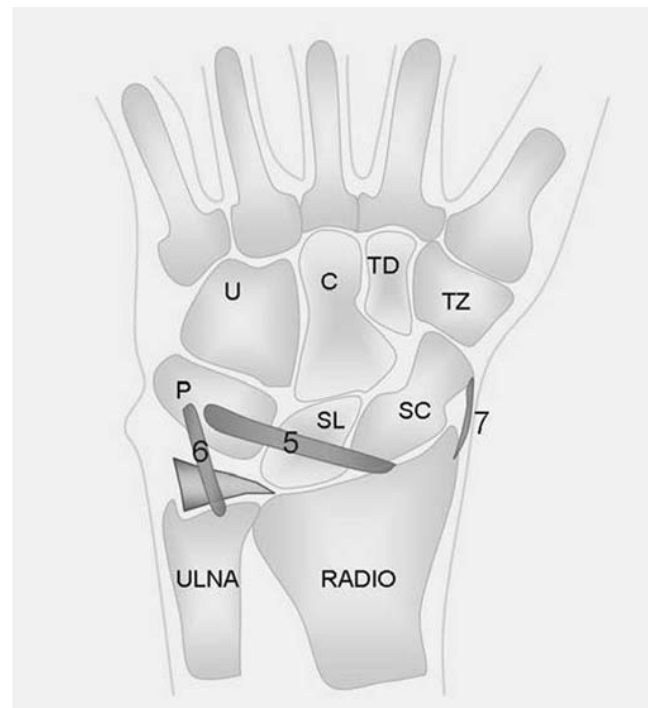


Fig. 2 Extrinsic dorsal ligaments: 5 Dorsal radiolunopiramide (RLPd), 6 Dorsal ulnolunate (UPD), 7 Radial collateral (RC).

Fig. 2 Legamenti estrinseci dorsali: 5 radiolunopiramidale dorsale (RLPd), 6 ulnopiramidale dorsale (UPD), 7 collaterale radiale (RC).

arises from the palmar aspect of the radial styloid process, passes over the scaphoid bone and inserts onto the lunate. Finally, it runs distally to the radial side of the pisotriquetral joint and inserts onto the palmar aspect of the triquetrum (Fig. 4, Table 3)

- Palmar ulnolunate ligament (pUL): The pUL ligament originates from the ulna and the palmar radioulnar ligament, runs parallel to the ulnolunate ligament and inserts onto the palmar aspect of the lunate together with the RLT ligament (Fig. 5, Table 4)
- Palmar ulnolunate ligament (pUT): The pUT ligament inserts proximally onto the palmar side of the ulna and extends perpendicularly to its bone insertion, reaching the palmar aspect of the triquetrum (Fig. 6, Table 5)
- Dorsal radiotriquetral ligament (dRT): The dRT ligament originates from the dorsal side of the distal radius, passes over the lunate without inserting on it and reaches the dorsal side of the triquetrum (Fig. 7, Table 6)
- Dorsal ulnolunate ligament (dUT): The dUT ligament

- *legamento ulnolunato palmare (ULP): Il legamento ULP origina dall'ulna e dal legamento radioulnare palmare, decorre parallelamente al legamento ulnopiramidale e si inserisce sul versante palmare del semilunare in comune con il legamento RLP (Fig. 5, Tabella 4);*
- *legamento ulnopiramidale palmare (UPP): Il legamento UPP si inserisce prossimamente sul versante palmare dell'ulna si estende perpendicolarmente alla sua inserzione ossea, fino alla faccia palmare del piramidale (Fig. 6, Tabella 5);*
- *legamento radiopiramidale dorsale (RPD): Il legamento RPD origina dal lato dorsale del radio distale, passa al di sopra del semilunare senza alcuna inserzione su di esso ed infine si porta sulla faccia dorsale del piramidale (Fig. 7, Tabella 6);*
- *legamento ulnopiramidale dorsale (UPD): Il legamento UPD origina dall'ulna e si porta sul versante ulnare del piramidale dove si inserisce in comune con il legamento RPD (Fig. 8, Tabella 7);*

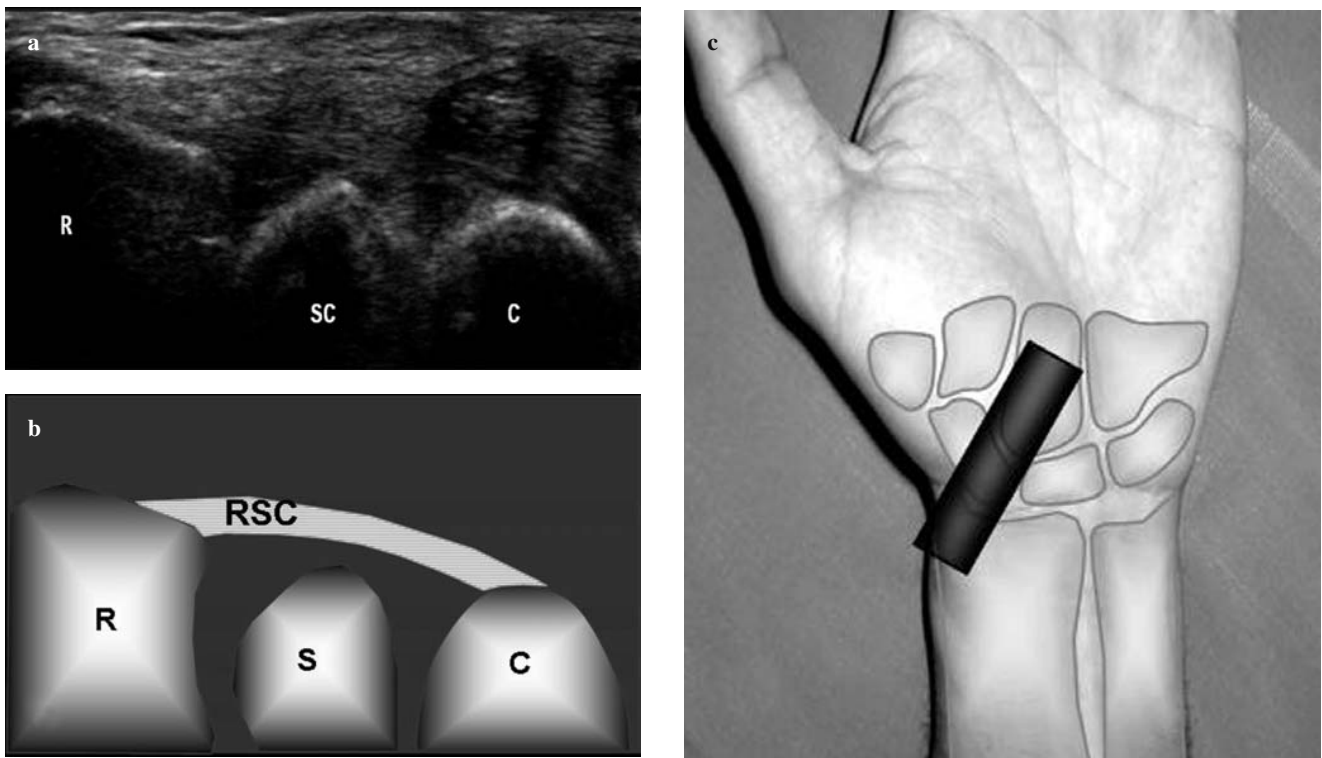


Fig. 3a-c Radioscaphocapitate ligament. **a** Ultrasound normal anatomy (R, radius; SC, scaphoid; C, capitate). **b** Ultrasound anatomy scheme (R, radius; S, scaphoid; C, capitate; RSC, radioscaphocapitate ligament). **c** Scan orientation.

Fig. 3a-c Legamento radioscaphocapitato. **a** Anatomia ecografica normale (R, radio; SC, scafoide; C, capitato). **b** Schema dell'anatomia ecografica (R, radio; S, scafoide; C, capitato; RSC, legamento radioscaphocapitato). **c** Modalità di scansione.

originates from the ulna and reaches the ulnar aspect of the triquetrum where it shares an insertion with the dRT ligament (Fig. 8, Table 7)

- Radial collateral ligament (RC): The RC ligament arises laterally from the radial styloid and inserts on the lateral aspect of the scaphoid (Fig. 9, Table 8).

Table 2 Ultrasound assessment of the radioscaphocapitate ligament

Radioscaphocapitate ligament	
Thickness	2,5±0,3 mm
Bony landmarks	Radial styloid, capitate
Wrist position	Slight dorsiflexion
Probe orientation	Longitudinal oblique scan with a 20°–25° medial inclination

Tabella 2 Valutazione ecografica del legamento radioscaphocapitato

Legamento radioscaphocapitato	
Spessore	2,5±0,3 mm
Riferimenti ossei	Stiloide radiale, capitate
Posizione del polso	Leggera dorsiflessione
Orientamento della sonda	Scansione longitudinale obliqua con 20°–25° di inclinazione mediale

- legamento collaterale radiale (CR): Il legamento CR origina lateralmente allo stiloide radiale e si inserisce sul versante laterale dello scafoide (Fig. 9, Tabella 8).

Discussione

I legamenti estrinseci del carpo stabilizzano il polso agendo in opposizione a diverse forze vettoriali, particolarmente contrastando quelle che tendono a far scivolare la superficie distale del radio dorsalmente o volarmente [10]. L'instabilità meccanica del radio è pertanto contenuta da legamenti estrinseci, principalmente dal RSC e dal RLP, che grazie al loro orientamento obliquo creano un contenimento all'articolazione radiocarpica in ogni direzione [11, 12]. Il legamento collaterale ulnare, non visualizzabile in nessuno dei soggetti esaminati, è parte del complesso della fibrocartilagine triangolare. In realtà, questa struttura anatomica viene considerata più propriamente un ispessimento della capsula articolare che si estende dal processo stiloideo ulnare fino al piramidale e al pisiforme, piuttosto che un legamento vero e proprio [13, 14]. Il legamento radioscapholunato è strettamente adeso al versante profondo del legamento radiolunopiramidale e non è da

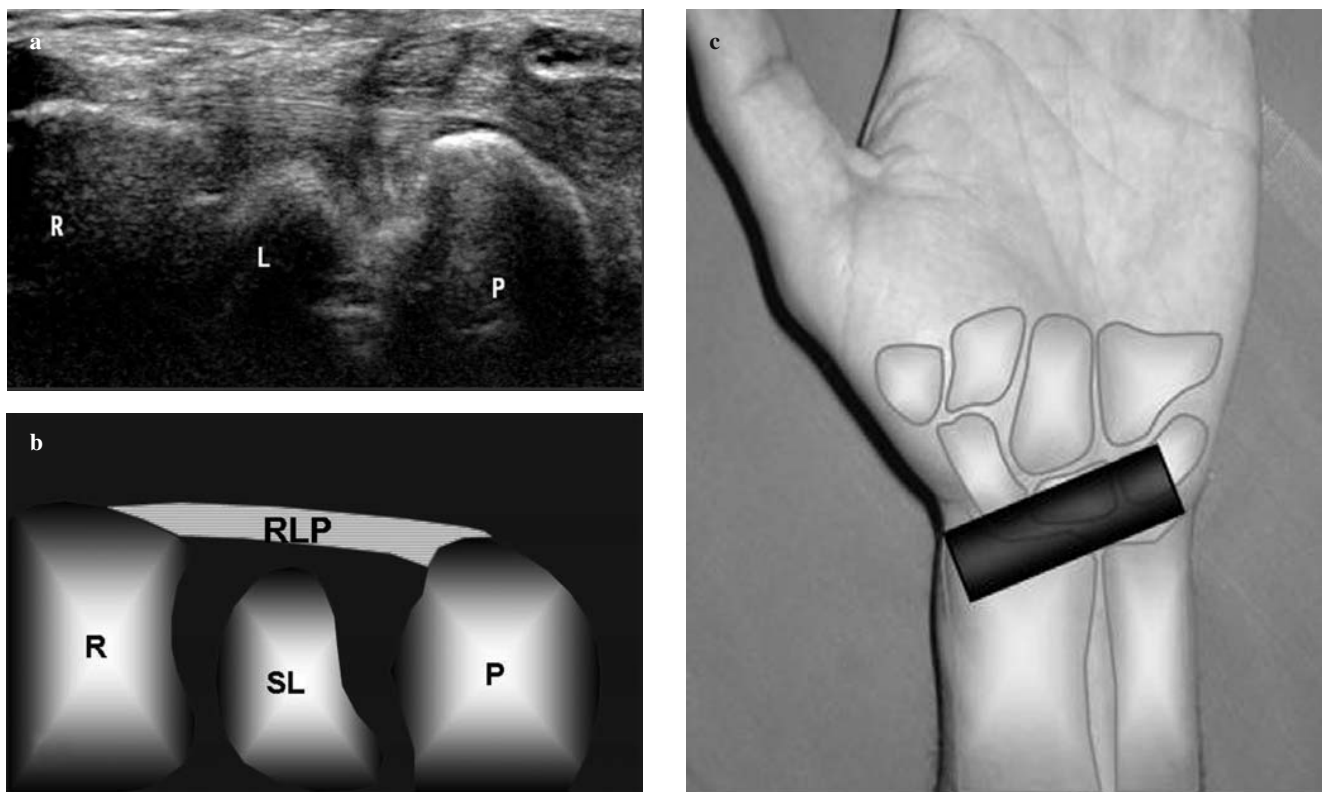


Fig. 4a-c Radiolunotriquetral ligament. **a** Ultrasound normal anatomy (R, radius; L, lunate; P, triquetrum). **b** Ultrasound anatomy scheme (R, radius; SL, lunate; P, triquetrum; RLS, radiolunotriquetral ligament). **c** Scan orientation.

Fig. 4a-c Legamento radiolunopiramidale. **a** Anatomia ecografica normale (R, radio; L, semilunare; P, piramidale). **b** Schema dell'anatomia ecografica (R, radio; SL, semilunare; P, piramidale; RLP, legamento radiolunopiramidale). **c** Modalità di scansione.

Discussion

Extrinsic carpal ligaments stabilise the wrist by countering various vectorial forces, in particular, those tending to produce a dorsal or volar sliding of the distal radial surface [10]. Mechanical instability of the radius is thus contained by the extrinsic ligaments, mainly by the RSC and by the RLT, which, with their oblique orientation, contain the radiocarpal joint in all directions [11, 12]. The ulnar collateral ligament, which was never visualised in any of the subjects examined, is part of the triangular fibrocartilage com-

esso differenziabile dal punto di vista ecografico. Questo legamento è stato correttamente evidenziato e valutato mediante tecnica artro-RM [15]. Attualmente, i legamenti estrinseci del carpo hanno acquisito una importanza rilevante nello studio del polso traumatico; essi sono infatti coinvolti nella patogenesi dell'instabilità carpale, che in passato si pensava ascrivibile unicamente ai legamenti intrinseci scafolunato e lunopiramidale [16]. La perfetta conoscenza di tali strutture risulta pertanto necessaria al fine di un corretto inquadramento diagnostico ed all'eventuale successiva pianificazione terapeutica.

Table 3 Ultrasound assessment of the radiolunotriquetral ligament

Radiolunotriquetral ligament	
Thickness	2.1±0.7 mm
Bony landmarks	Palmar side of the styloid process, triquetrum
Wrist position	Slight dorsiflexion
Probe orientation	Axial oblique scan with a 10°–15° medial inclination

Tabella 3 Valutazione ecografica del legamento radiolunopiramidale

Legamento radiolunopiramidale	
Spessore	2,1±0,7 mm
Riferimenti ossei	Lato palmare processo stiloideo, piramidale
Posizione del polso	Leggera dorsiflessione
Orientamento della sonda	Scansione assiale obliqua con 10°–15° di inclinazione mediale

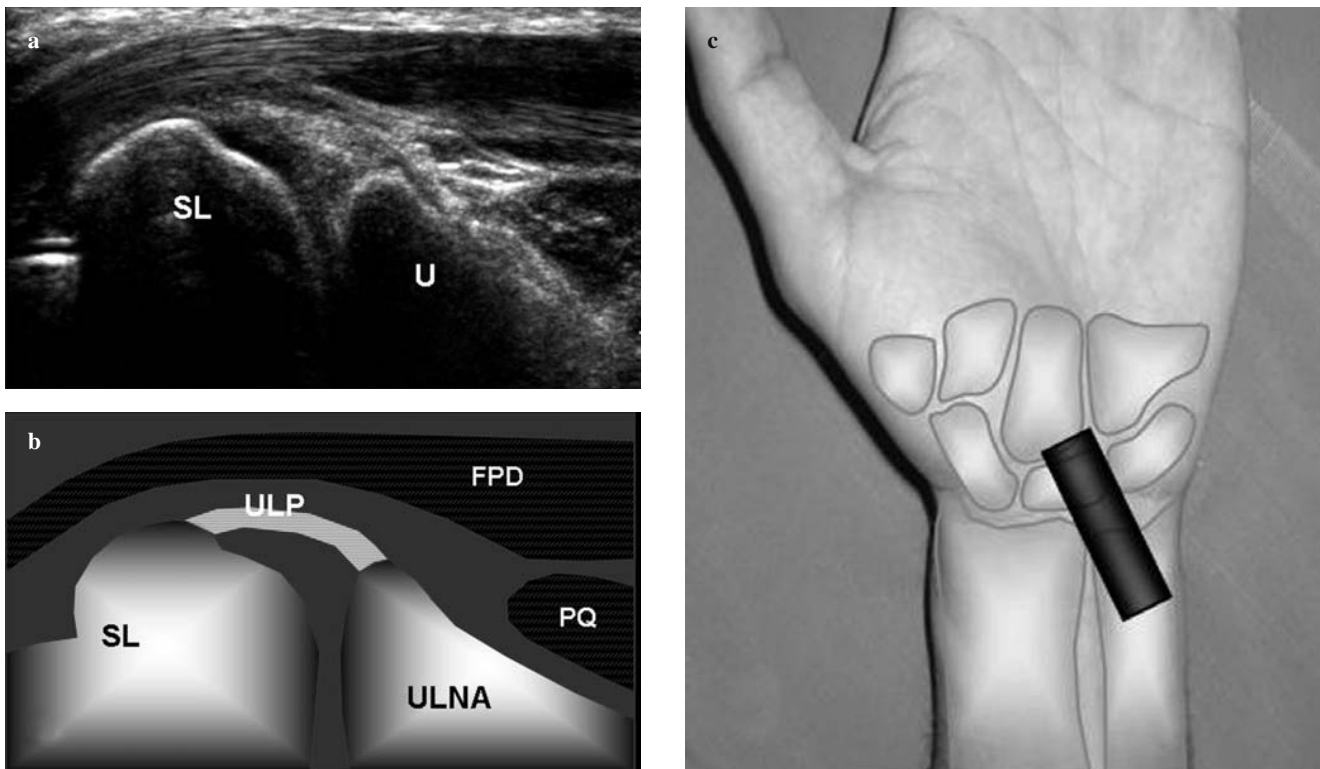


Fig. 5a-c Palmar ulnolunate ligament. **a** Ultrasound normal anatomy (SL, lunate; U, ulna). **b** Ultrasound anatomy scheme (SL, lunate; ULP, palmar ulnolunate ligament; FPD, flexor digitorum profundus; PQ, pronator quadratus). **c** Scan orientation.

Fig 5a-c Legamento ulnolunato palmare. **a** Anatomia ecografica normale (SL, semilunare; U, ulna). **b** Schema dell'anatomia ecografica (SL, semilunare; ULP, legamento ulnolunato palmare; FPD, flessore profondo delle dita; PQ, pronatore quadrato). **c** Modalità di scansione.

plex. In fact, this anatomical structure is more appropriately considered as a thickening of the joint capsule extending from the ulnar styloid process to the triquetrum and the pisiform rather than a ligament proper [13, 14]. The ra-

Table 4 Ultrasound assessment of the palmar ulnolunate ligament

Palmar ulnolunate ligament	
Thickness	1.9±0.7 mm
Bony landmarks	Ulna, lunate
Wrist position	Slight dorsiflexion
Probe orientation	Longitudinal oblique scan with a 5°–10° craniocaudal lateral inclination

Tabella 4 Valutazione ecografica del legamento ulnolunato palmare

Legamento ulnolunato palmare	
Spessore	1,9±0,7 mm
Riferimenti ossei	Ulna, semilunare
Posizione del polso	Leggera dorsiflessione
Orientamento della sonda	Scansione longitudinale obliqua con 5°–10° di inclinazione laterale craniocaudale

Sono state proposte diverse metodiche di imaging per la valutazione diagnostica delle componenti legamentose estrinseche ed intrinseche del carpo. Molti autori concordano nel considerare l'artro-RM l'esame di riferimento nella diagnostica per immagini delle patologie del carpo. Nell'artro-RM, infatti, l'iniezione intrarticolare di una miscela di soluzione fisiologica e gadolinio è in grado di distendere le strutture capsulari articolari permettendone una visualizzazione ottimale con un'accuratezza diagnostica pari al 95% [17–19]. I recenti progressi tecnologici delle apparecchiature ecografiche hanno spinto alcuni Autori a considerare l'impiego diagnostico dell'ultrasonografia nella valutazione del carpo instabile.

Nel lavoro di Boutry et al. [20], la percentuale di visualizzazione completa dei legamenti è stata di 73% per il legamento radiolunopiramidale, 62% per il radioscafocapitato, 74% per l'ulnopiramidale palmare ed il 93% per il radiopiramidale dorsale. Nel nostro studio, è stato possibile identificare i legamenti radiolunopiramidale (89% dei casi esaminati), radioscafocapitato (79%), ulnopiramidale palmare (88%) e radiopiramidale dorsale (96%) con un'ottima concordanza tra i due osservatori (Tabella 1), con un'accuratezza diagnostica superiore a quanto riportato nello stu-

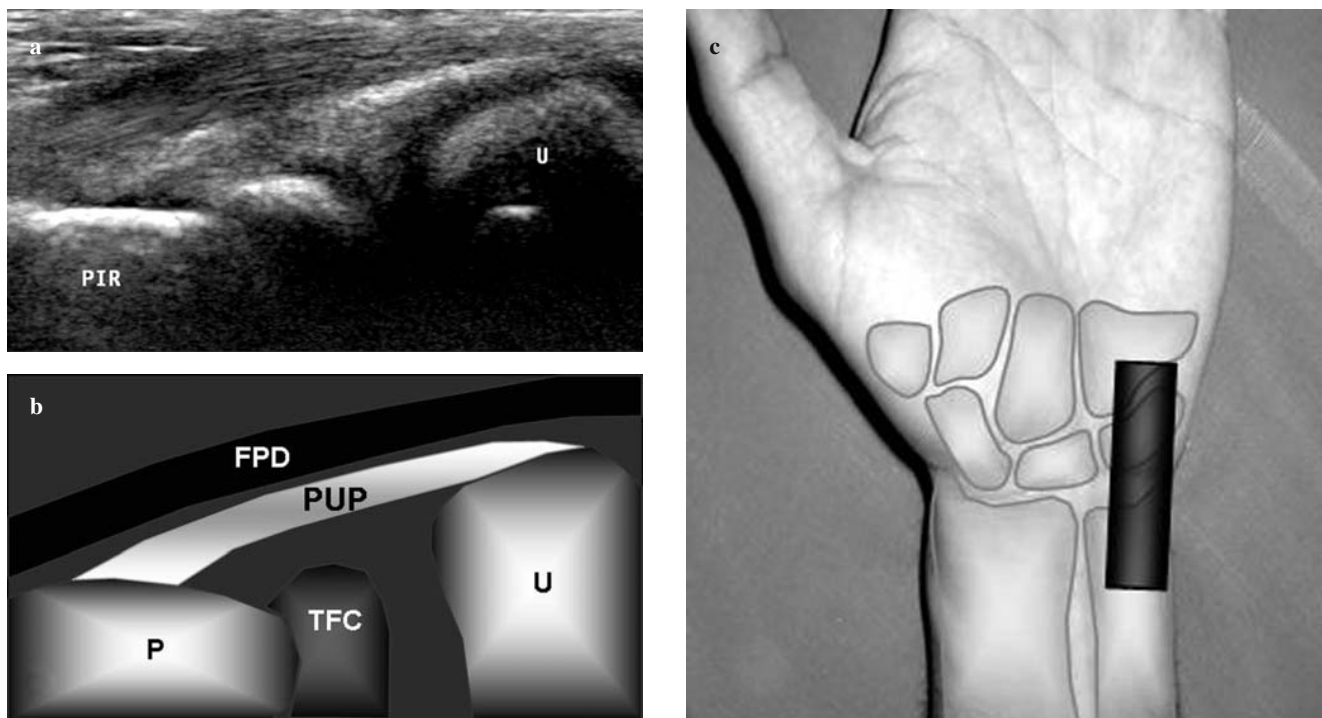


Fig. 6a-c Palmar ulnotriquetral ligament. **a** Ultrasound normal anatomy (PIR, triquetrum; U, ulna). **b** Ultrasound anatomy scheme (P, triquetrum; U, ulna; TFC, triangular fibrocartilage; PUP, palmar ulnotriquetral ligament; FPD, flexor digitorum profundus). **c** Scan orientation.

Fig. 6a-c Legamento ulnoperamidale palmare. **a** Anatomia ecografica normale (PIR, piramidale; U, ulna). **b** Schema dell'anatomia ecografica (P, piramidale; U, ulna; TFC, fibrocartilagine triangolare; PUP, legamento ulnoperamidale palmare; FPD, flessore profondo delle dita). **c** Modalità di scansione.

dioscapulohumeral ligament is tightly adherent to the deep aspect of the radiolunotriquetral ligament and cannot be differentiated from it on US. This ligament was correctly seen and evaluated using MR arthrography [15]. Currently, the extrinsic carpal ligaments have become very important in the study of the traumatised wrist, given their involvement in the pathogenesis of carpal instability, which in the past was thought to be ascribable to the intrinsic scapholunate and lunotriquetral ligaments alone [16]. Excellent knowledge of these structures is therefore required to establish the correct diagnosis and plan treatment appropriately.

Different imaging methods have been proposed for evaluating the extrinsic and intrinsic carpal ligaments. A number of authors agree in considering MR arthrography the reference standard in the imaging of carpal disorders. At MR arthrography, the intra-articular injection of a mixture of saline solution and gadolinium can distend the joint capsular

di di Boutry et al. [20]. È necessario tuttavia sottolineare che il lavoro citato è stato condotto con una sonda ecografica a minor frequenza (12 MHz contro 17 MHz del nostro studio) e con operatori di minor esperienza in ecografia muscoloscheletrica (operatori con 4 e 7 anni di esperienza in ecografia muscolo-scheletrica, contro radiologi che eseguono questo tipo di esami da oltre 10 anni). I rimanenti legamenti sono stati più difficili da visualizzare (con un valore basso di κ) ed, in particolare, il collaterale ulnare e il radiolunato non stati mai individuati, sia per le ridotte dimensioni sia per il decorso irregolare rispetto alla superficie cutanea. La mancata visualizzazione di questi due legamenti è in accordo con Boutry et al. [20], Jacobson et al. [15] e Theumann et al. [13]. Le corrispondenti immagini di artro-RM ci hanno permesso di confrontare le principali caratteristiche anatomiche dei legamenti, con una coerente correlazione anatomica tra ecografia e risonanza, sia nei valori

Table 5 Ultrasound assessment of the palmar ulnotriquetral ligament

Palmar ulnotriquetral ligament	
Thickness	2.1±0.4 mm
Bony landmarks	Ulna, triquetrum
Wrist position	Slight dorsiflexion
Probe orientation	Pure longitudinal scan

Tabella 5 Valutazione ecografica del legamento ulnoperamidale palmare

Legamento ulnoperamidale palmare	
Spessore	2,1±0,4 mm
Riferimenti ossei	Ulna, piramidale
Posizione del polso	Leggera dorsiflessione
Orientamento della sonda	Scansione longitudinale pura

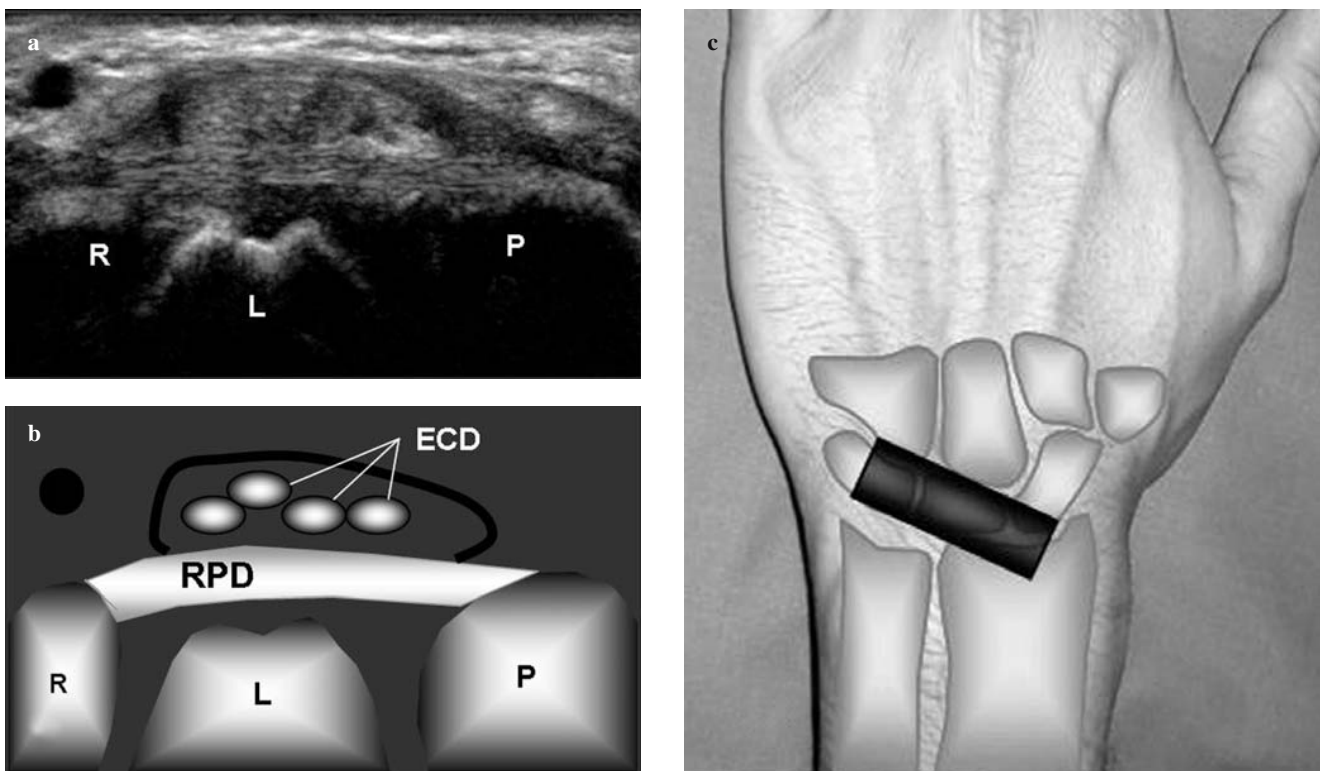


Fig. 7a-c Dorsal radiotriquetral ligament. **a** Ultrasound normal anatomy (R, radius; L, lunate; P, triquetrum). **b** Ultrasound anatomy scheme (R, radius; L, lunate; P, triquetrum; RPD, dorsal radiotriquetral ligament; ECD, extensor digitorum communis). **c** Scan orientation.

Fig. 7a-c Legamento radiopiramidale dorsale. **a** Anatomia ecografica normale (R, radio; L, semilunare; P, piramidale). **b** Schema dell'anatomia ecografica (R, radio; L, semilunare; P, piramidale; RPD, legamento radiopiramidale dorsale; ECD, tendini estensori comuni delle dita). **c** Modalità di scansione.

structures, allowing optimal visualisation with a diagnostic accuracy of 95% [17–19]. The recent technological advances in US equipment have led some authors to consider the use of US in evaluating the unstable wrist.

Boutry et al. [20] reported a rate of complete visualisation of 73% for the radiolunotriquetral, 62% for the radioscapocapitate, 74% for the palmar ulnotriquetral and 93% for the dorsal radiotriquetral ligament. In our study, we identified the radiolunotriquetral (89% of cases), radioscapocapitate (79%), palmar ulnotriquetral (88%) and dorsal radiotriquetral (96%) ligaments with significant interobserver agreement (Table 1) and a higher diagnostic accuracy than that re-

di spessore (in accordo con quelli ottenuti da Jacobson et al. [15] e Theumann et al. [13]) sia per ciò che riguarda il decorso.

Le immagini artro-RM e quelle ecografiche non sono state confrontate dal punto di vista dell'accuratezza diagnostica poiché lo scopo dello studio era esclusivamente di valutare la capacità dell'ecografia di identificare le componenti legamentose estrinseche normali del polso. La correlazione anatomica ecografia-artro-RM può avere una base razionale ma tale valutazione non è stata oggetto di studio. Altri limiti di questo studio derivano essenzialmente dai limiti intrinseci della metodica con cui esso è stato condotto. A li-

Table 6 Ultrasound assessment of the dorsal radiotriquetral ligament

Dorsal radiotriquetral ligament	
Thickness	2.6±0.4 mm
Bony landmarks	Radium, triquetrum
Wrist position	Slight palmar flexion
Probe orientation	Oblique axial scan with a 20°–30° craniocaudal medial inclination

Tabella 6 Valutazione ecografica del legamento radiopiramidale dorsale

Legamento radiopiramidale dorsale	
Spessore	2,6±0,4 mm
Riferimenti ossei	Radio, piramidale
Posizione del polso	Leggera flessione palmare
Orientamento della sonda	Scansione assiale obliqua con 20°–30° di inclinazione mediale craniocaudale

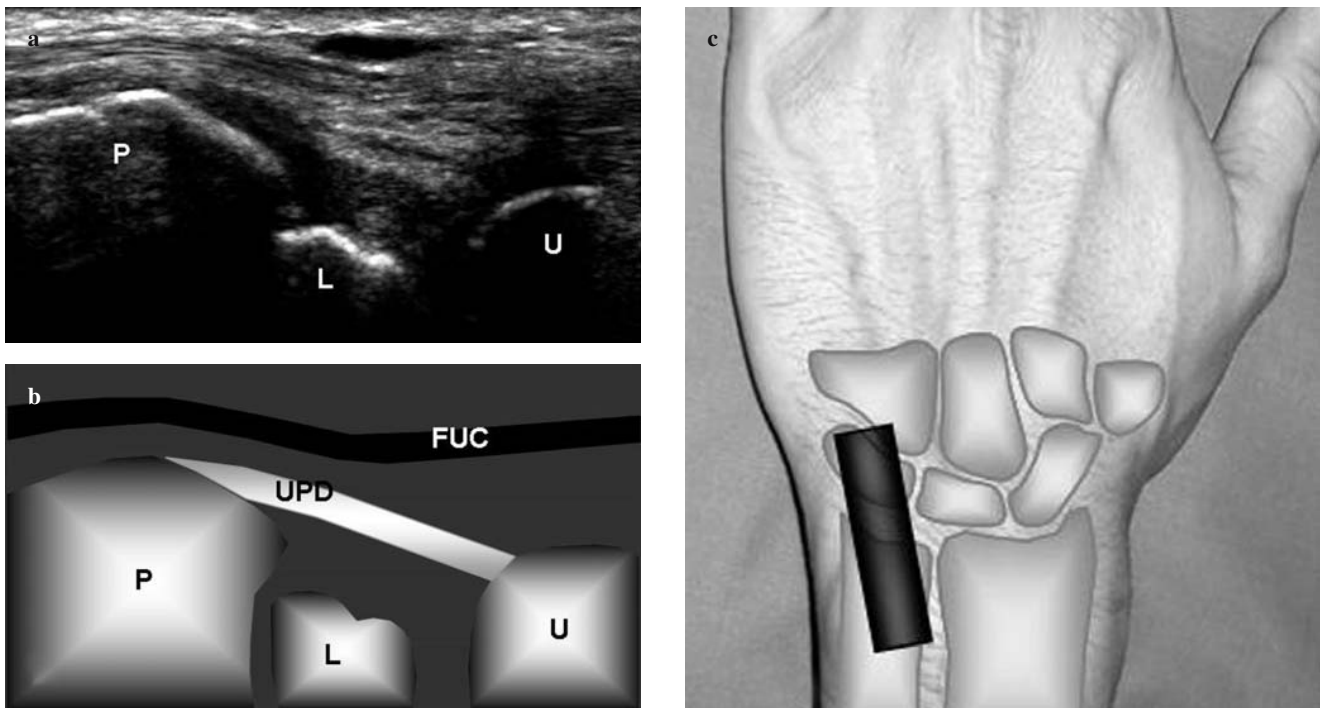


Fig 8a-c Dorsal ulnotriquetral ligament. **a** Ultrasound normal anatomy (P, triquetrum; L, lunate; U, ulna). **b** Ultrasound anatomy scheme (P, triquetrum; L, lunate; U, ulna; UPD, dorsal ulnotriquetral ligament; FUC, flexor carpi ulnaris). **c** Scan orientation.

Fig. 8a-c Legamento ulnopiramidale dorsale. **a** Anatomia ecografica normale (P, piramidale; L, semilunare; U, ulna). **b** Schema dell'anatomia ecografica (P, piramidale; L, semilunare; U, ulna; UPD, legamento ulnopiramidale dorsale; FUC, flessore ulnare del carpo). **c** Modalità di scansione.

ported by Boutry et al. [20]. However, it is worth noting that the latter study was conducted with a lower frequency transducer (12 MHz against 17 MHz in our study) and with operators with less experience in musculoskeletal ultrasonography (4 and 7 years vs. >10 years). The remaining ligaments were more difficult to visualise (low κ values) and, in particular, the collateral ulnar and the radiolunate were never identified, owing both to their small size and irregular course relative to the skin surface. The failure to visualise these two ligaments was also reported by Boutry et al. [20], Jacobson et al. [15], and Theumann et al. [13]. The corresponding MR arthrography images enabled us to compare the main anatomical features of ligaments, with a good anatomical

vello carpale, infatti, l'ecografia non consente una valutazione ottimale delle componenti ossee e si rivela solo parzialmente utile nella caratterizzazione delle superfici cartilaginee e delle strutture intrarticolari [7].

L'ecografia richiede una lunga curva d'apprendimento e, se eseguita con apparecchiature di vecchia generazione, possiede un'accuratezza diagnostica inferiore rispetto all'artro-RM. Tuttavia, allo stato dell'arte, non esiste alcuno studio scientifico che dimostri che le tecniche ecografiche ad alta risoluzione con macchine di nuova generazione siano inferiori all'artro-RM relativamente all'accuratezza diagnostica. Ad ogni buon conto, l'ecografia ad alta risoluzione è da considerarsi come una metodica emergente, a

Table 7 Ultrasound assessment of the dorsal ulnotriquetral ligament

Dorsal ulnotriquetral ligament	
Thickness	2.2±0.5 mm
Bony landmarks	Ulna, triquetrum
Wrist position	Wrist in slight dorsiflexion and in ulnar deviation
Probe orientation	Pure longitudinal scan

Tabella 7 Valutazione ecografica del legamento ulnopiramidale dorsale

Legamento ulnopiramidale dorsale	
Spessore	2,2±0,5 mm
Riferimenti ossei	Ulna, piramidale
Posizione del polso	Polso in flessione dorsale e deviazione ulnare
Orientamento	Scansione longitudinale pura della sonda

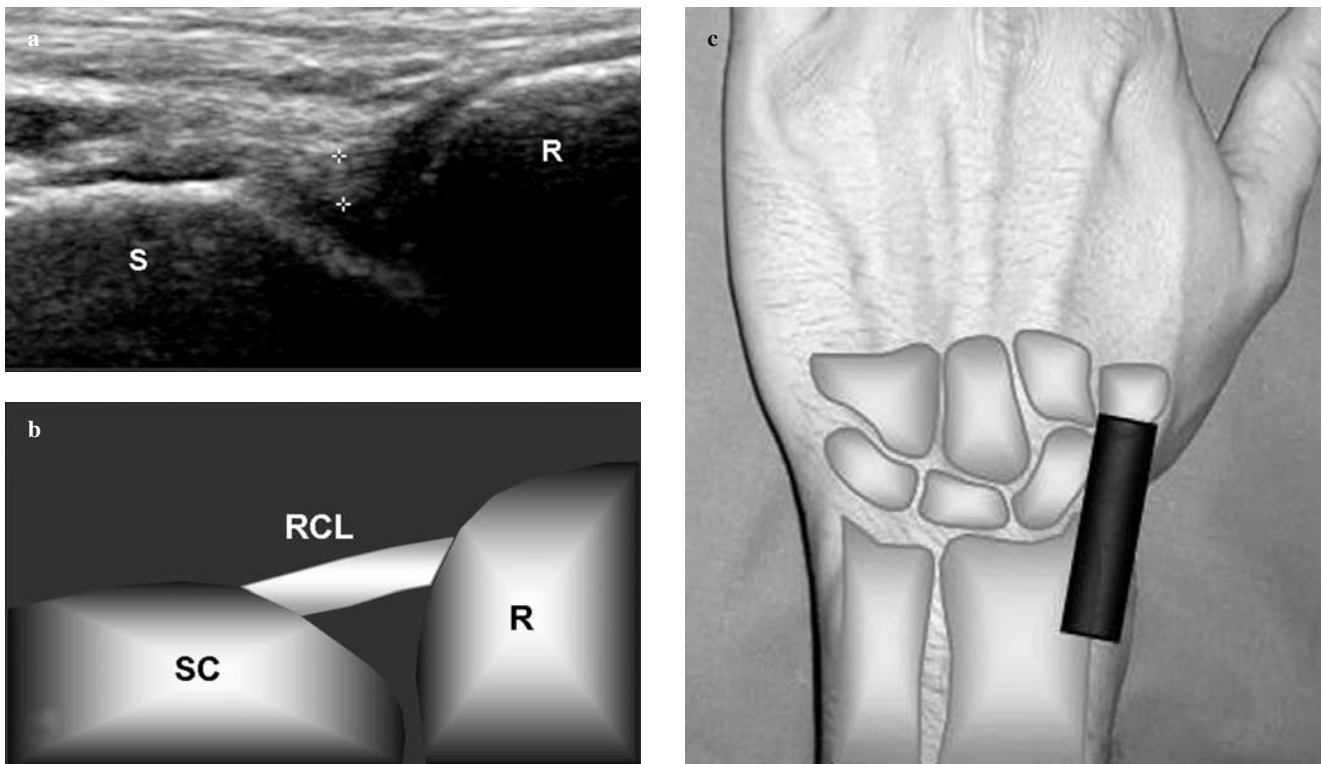


Fig. 9a-c Radial collateral ligament. **a** Ultrasound normal anatomy (S, scaphoid; R, radius). **b** Ultrasound anatomy scheme (SC, scaphoid; R, radius; RCL, radial collateral ligament). **c** Scan orientation.

Fig. 9a-c Legamento collaterale radiale. **a** Anatomia ecografica normale (S, scafoide; R, radio). **b** Schema dell'anatomia ecografica (SC, scafoide; R, radio; RCL, legamento collaterale radiale). **c** Modalità di scansione.

correlation between US and MR imaging, as regards both thickness values – similar to those obtained by Jacobson et al. [15] and Theumann et al. [13] – and course.

MR arthrography and US images were not compared in terms of diagnostic accuracy, as the purpose of our study was to evaluate the ability of US to identify normal extrinsic ligaments of the wrist. An anatomical correlation between US and MR arthrography may have a rational basis, but this was beyond the scope of our study. Further limitations to the study are related to the intrinsic limits of the modality used. At the carpal level, US does not allow optimal assessment of the bony components and is only partially useful for characterising cartilage surfaces and intra-articular structures [7].

US has a long learning curve and, if performed with old-generation equipment, it has lower diagnostic accuracy than MR arthrography. No report to date has, however, demonstrated that high-resolution US with new-generation scanners is inferior to MR arthrography in terms of diagnostic accuracy. High-resolution US should be considered an inexpensive, emerging method that can be performed rapidly and can offer an accurate dynamic and noninvasive study of the carpal ligaments [2, 20].

Table 8 Ultrasound assessment of the radial collateral ligament

Radial collateral ligament	
Thickness	1.7±0.4 mm
Bony landmarks	Radial styloid, scaphoid
Wrist position	Slight palmar flexion and ulnar deviation
Probe orientation	Pure longitudinal scan

Tabella 8 Valutazione ecografica del legamento collaterale radiale

Legamento collaterale radiale	
Spessore	1,7±0,4 mm
Riferimenti ossei	Stiloide radiale, scafoide
Posizione del polso	Leggera flessione palmare e deviazione ulnare
Orientamento della sonda	Scansione longitudinale pura

basso costo e di rapida esecuzione, in grado di fornire uno studio dinamico accurato e non invasivo dei legamenti del carpo [2, 20].

References/Bibliografia

1. Ozelik A, Gunal I, Kose N et al (2005) Wrist ligaments: their significance in carpal instability. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 11:115–120
2. Schmitt R, Frochner S, Coblenz G et al (2006) Carpal instability. *Eur Radiol* 16:2161–2178
3. Linn MR, Mann FA, Gilula LA (1990) Imaging of the symptomatic wrist. *Orthop Clin North Am* 21:512–543
4. Mayfield JK (1992) Wrist ligament anatomy and biomechanics. In: Gilula LA (ed) *The traumatized hand and wrist: radiographic and anatomic correlation*. Saunders, Philadelphia, pp 241–248
5. Taleisnik J (1976) The ligaments of the wrist. *J Hand Surg* 1A:110–118
6. Van Holsbeeck MT, Introcaso JH (2001) *Musculoskeletal ultrasound*, 2nd edition. Mosby, St Louis
7. Martino F, Silvestri E, Grassi W et al (2006) *Musculoskeletal ultrasound of joint disorders*. Springer, Milano
8. Lin EC, Middleton WD, Teefey SA (1999) Extended field of view sonography in musculoskeletal imaging. *J ultrasound Med* 18:147–152
9. Landis JR, Kock GG (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33:159–174
10. Linscheid RL, Dobyns JH, Beabout JW et al (1972) Traumatic instability of the wrist: diagnosis, classification and pathomechanics. *J Bone Surg* 54A:1612–1632
11. Viegas SF, Patterson RM, Ward K (1995) Extrinsic wrist ligaments in the pathomechanics of ulnar translation instability. *J Hand Surg* 20A:312–318
12. Wright TW, Dobyns JH, Linscheid RL et al (1994) Carpal instability non-dissociative. *J Hand Surg [Br]* 19:763–773
13. Theumann NH, Pfirrmann CW, Antonio GE et al (2003) Extrinsic carpal ligaments: normal MR arthrographic appearance in cadavers. *Radiology* 226:171–179
14. Brown RR, Fliszar E, Cotten A et al (1998) Extrinsic and intrinsic ligaments of the wrist: normal and pathological anatomy at MR arthrography with three-compartment enhancement. *Radiographics* 18:667–674
15. Jacobson GA, Oh E, Propeck T et al (2002) Sonography of the scapholunate ligament in four cadaveric wrist: correlation with MR arthrography and anatomy. *AJR Am J Roentgenol* 179:523–527
16. Adler BD, Logan PM, Janzen DL (1996) Extrinsic radiocarpal ligaments: magnetic resonance imaging of normal wrists and scapholunate dissociation. *Can Assoc Radiol J* 47:417–422
17. Metz VM, Mann FA, Gilula LA (1993) Three-compartment wrist arthrography: correlation of pain site with location of uni- and bidirectional communications. *AJR Am J Roentgenol* 160:819–822
18. Schmitt R, Christopoulos G, Meier R et al (2003) Direct MR arthrography of the wrist in comparison with arthroscopy: a prospective study on 125 patients. *Fortschr Rontgenstr* 175:911–919
19. Freeland AE, Ferguson CA, McCraney WO (2006) Palmar radiocarpal dislocation resulting in ulnar radiocarpal translocation and multidirectional instability. *Orthopedics* 29:604–608
20. Boutry N, Lapegue F, Masi L et al (2005) Ultrasonographic evaluation of normal extrinsic and intrinsic carpal ligaments: preliminary experience. *Skeletal Radiol* 34:513–521