

Lo scafoide: diagnostica per immagini

M. Mastantuono

RADIOLOGIA CONVENZIONALE DELLO SCAFOIDE

Nella routine lo studio radiologico dello scafoide viene sempre effettuato nelle proiezioni ortogonali (proiezione dorsovolare standard Fig. 1 e proiezione laterale standard); spesso tuttavia, quando il reperto radiologico non rende ragione della sintomatologia clinica, nel tentativo di visualizzare la condizione patologica si ricorre a proiezioni specifiche ad approfondimenti stratigrafici o ad osservazione fluroscopica. Tra le proiezioni accessorie devono essere ricordate:

1) Proiezione dorsovolare in deviazione ulnare (migliore rispetto al radiogramma dorsovolare standard perché in quest'ultima proiezione lo scafoide appare accorciato per sovrapposizioni proiettive a causa della sua normale inclinazione volare).

Per eseguire questa proiezione l'avambraccio è posizionato sul tavolo radiografico, pronato, con il gomito flesso a 90°. La mano, posta a piatto sulla cassetta radiografica, è in deviazione ulnare.

2) Proiezione obliqua in pronazione: questa proiezione viene effettuata per ben visualizzare la faccia radio-volare dello scafoide e l'articolazione trapezio-scafoidea.

La mano sulla cassetta viene appoggiata sul lato ulnare in semipronazione con una inclinazione compresa tra 40° e 50°. Le



Figura 1. Proiezione dorsovolare standard. Osteolisi neoplastica dello scafoide; i reperti della radiologia convenzionale orientano per una lesione ad alta aggressività. Non si apprezzano infatti fenomeni reattivi perilesionali in presenza di un'estesa distruzione del polo distale dello scafoide.

dita vengono leggermente flesse e disposte l'una vicino all'altra con il pollice che si trova anteriormente ad esse. Il raggio centrale è diretto verso il centro del carpo.

3) Proiezione speciale per lo scafoide: questa proiezione che proietta lo scafoide libero dalle strutture vicine viene eseguita con il polso e la mano poggiati orizzontalmente sulla pellicola, il raggio viene inclinato in senso caudo-craniale (verso il gomito) a 20°.

4) Proiezione del "ponte del carpo". Tale proiezione consente una buona visualizzazione dello scafoide e del semilunare; risulta utile per diagnosticare piccole rime di frattura e/o corpi estranei.

Da un punto di vista tecnico la sensibilità della radiologia convenzionale risulta aumentata utilizzando pellicole industriali, disponibili solo in alcuni centri, eseguendo lo studio radiologico con apparecchi digitali o con il mammografo. Anche se il fuoco fine del mammografo, l'utilizzo di schermi di rinforzo e le tecniche di ingrandimento radiografico migliorano le possibilità di una diagnosi in fase precoce, gli studi riportati in letteratura e l'esperienza quotidiana dimostrano che al primo radiogramma circa il 7,5% delle fratture vengono misconosciute e diventano chiaramente documentabili solo ad un ulteriore controllo radiografico a distanza di 15 giorni (5; 6). Alcuni tipi di fratture dello scafoide vanno più facilmente incontro, se non operate, a complicazioni. Sebbene tutte le fratture complete di scafoide sono, anche in assenza di spostamento radiografico, potenzialmente instabili è importante descrivere il decorso della rima di frattura perché le forze di carico assiali, determinate dai muscoli estrinseci dell'avambraccio, possono agire a seconda dell'orientamento spaziale della rima fratturativa in modo favorevole o contrario alla consolidazione.

Facendo riferimento all'asse dello scafoide le fratture possono essere suddivise in trasverse e in trasverse oblique. Le fratture trasverse possono essere localizzate a carico del terzo medio (70-80%), del terzo distale e del terzo prossimale. Le fratture trasverse oblique sono il più delle volte localizzate a livello del terzo prossimale. Esistono inoltre delle rime di frattura a decorso longitudinale che interessano quasi esclusivamente il tubercolo scafoideo o il polo distale (5-10%).

Come accennato la rima di frattura nei giorni seguenti al trauma diviene più evidente e si slarga a causa dei fenomeni di rimaneggiamento con riassorbimento dell'osso; le superfici di sezione tipicamente tendono a diventare concave e con il trascorrere del tempo l'evoluzione del processo può determinare la formazione di una lacuna iperdiafana similcistica (lacuna di Preiser) nel contesto dell'osso.

Deve essere sottolineato che una morfologia concava delle contrapposte superfici di lesione qualifica come non recente la frattura (in genere questo aspetto si osserva a più di due settimane dal trauma), inoltre, sia la presenza di fenomeni di adensamento dei margini (a circa un mese) che la presenza di lacune di Preiser (a tre mesi) non autorizzano ad interpretare il quadro radiologico come fase iniziale di una pseudoartrosi.

In relazione alla specifica vascolarizzazione del polo prossimale dello scafoide meritano particolare cautela interpretativa le alterazioni del trofismo osseo locoregionale; la comparsa in fase precoce (già dopo quattro settimane) di un apparente addensamento strutturale del polo prossimale di uno scafoide fratturato non deve indurre il sospetto di complicazione osteonecrotica. Si tratta infatti, il più delle volte, di una

falsa immagine essendo il tono calcico del polo prossimale dello scafoide perfettamente normale; l'impressione di addensamento è determinata da una osteopenia che si instaura per fenomeni reattivi sia a livello del frammento osseo distale che a carico delle altre ossa carpali.

In genere l'addensamento nell'osteonecrosi è invece un addensamento vero, la porzione di osso risulta più densa rispetto alla corrispondente regione ossea dello scafoide controlaterale. La latenza temporale di non individuabilità radiologica dell'addensamento è in genere, nell'osteonecrosi, significativamente superiore rispetto agli pseudoaddensamenti relativi appena descritti. Il frammento osteonecrotico appare inoltre spesso ridotto nelle dimensioni e la struttura risulta in alcune fasi molto irregolare per il sovrapporsi di fenomeni di frammentazione e processi riparativi parziali.

Nel sospetto di pseudoartrosi gli estremi dei frammenti sono addensati, i margini sono in genere lisci e gli elementi separati risultano abnormemente mobili nei radiogrammi ottenuti nelle diverse posizioni.

LA DIAGNOSTICA TECNOLOGICAMENTE ASSISTITA Rapporto costo beneficio nelle sospette lesioni dello scafoide

Nei paesi ad alta industrializzazione l'incidenza delle fratture di scafoide sta aumentando e negli Stati Uniti ogni anno vengono diagnosticate circa 115.000 nuove fratture di scafoide. Il problema diagnostico relativo a questo tipo di patologia è tuttavia molto più ampio, infatti, sono circa 800.000 le persone che annualmente vengono sottoposte ad accertamenti diagno-

stici (radiografici e clinici) nel sospetto di lesione fratturativa del navicolare carpale. A causa dell'elevato rischio di mancata consolidazione in queste lesioni fratturative è fondamentale un corretto inquadramento diagnostico in fase precoce.

Poiché i ritardi nel trattamento comportano una elevata incidenza di mancata consolidazione e la radiologia convenzionale è spesso negativa in fase precoce i pazienti con sospetta frattura di scafoide vengono comunque immobilizzati in gesso e riesaminati a distanza. Questa pratica clinica corrente, anche se da un punto di vista medico legale tutela il medico ed il paziente, è estremamente costosa per la comunità poiché se da un lato minimizza i rischi di mancata consolidazione dall'altro inibisce l'attività lavorativa di un elevatissimo numero di persone (con sospetto clinico di lesione fratturativa) e comporta ulteriori controlli clinici e spesso radiografici a distanza.

Un'analisi della UCSF (4) che ha preso in considerazione tutti i costi indotti dalla sospetta frattura di scafoide (esame radiografico in acuto, tutela in gesso, visite specialistiche e studi radiografici a distanza, nonché la temporanea limitazione lavorativa) e quelli delle lesioni accertate, complicate e non, ha evidenziato che esiste una soglia di spesa al di sotto della quale risulta più economico ricorrere ad accertamenti diagnostici più costosi come la RM che consentono in fase acuta di escludere o confermare con certezza la presenza o l'assenza di una rima di frattura. Anche se questa soglia di spesa è stata in passato utilizzata proprio per escludere la RM dalle risorse da utilizzare in prima istanza per lo studio delle lesioni fratturative dello scafoide, attualmente, l'introduzione in commercio di apparecchi RM dedicati

(Fig. 2) sembra destinata a modificare profondamente l'iter diagnosticato tradizionalmente seguito. Infatti, questa evoluzione tecnologica diminuendo i costi dell'esame RM al di sotto della soglia sopracitata ne consiglia l'utilizzo in fase precoce, anche da un punto di vista economico in tutti i casi di sospetta lesione scafoidea.



Figura 2. Apparecchio RM dedicato allo studio delle estremità. Per l'esame del polso viene introdotta la sola mano all'interno dell'apparecchiatura. Con questo tipo di apparecchi è possibile eseguire esami RM a basso costo anche in pazienti acuti o con problemi di claustrofobia.

LO STUDIO RM DELLO SCAFOIDE

Malgrado la selettiva cecità della Risonanza Magnetica per la componente minerale dell'osso che non fornisce un segnale registrabile con i comuni apparecchi commerciali questa metodica ha dimostrato di essere la più sensibile rispetto alle tecniche di imaging e più specifica rispetto alla scintigrafia (1, 3, 7, 9, 16). Queste

caratteristiche rendono la RM particolarmente utile per studiare segmenti ossei critici come lo scafoide nel quale vi è un alto rischio di fratture e di complicanze ischemiche post traumatiche e non.

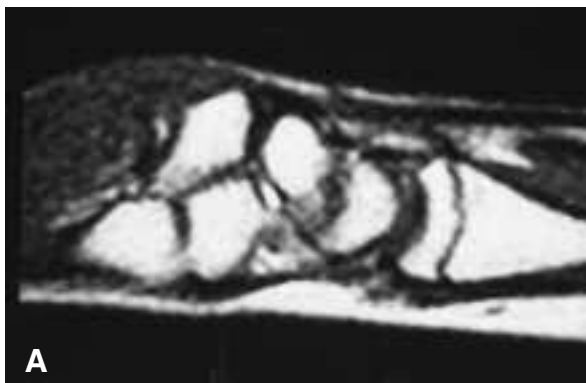
All'esame RM la corticale ossea pur non fornendo un segnale registrabile risulta ben visualizzabile poiché il vuoto di segnale che le corrisponde descrive nettamente i contorni dell'osso nei confronti dei tessuti circostanti che emettono segnale. Il minerale infatti, pur non emettendo segnale, viene visualizzato come materiale immerso.

Un ruolo particolare nella valutazione dell'osso spetta al grasso che presenta un alto segnale sia nelle sequenze T1 "pesate" che in T2 per la sua elevatissima densità protonica (numero di protoni per unità di volume). In condizioni fisiologiche quindi l'atmosfera adiposa della spongiosa dello scafoide viene rappresentata omogeneamente iperintesa in T1; nelle sequenze T2 si evidenzia invece un lieve decremento del segnale che rimane comunque elevato per il prevalere del parametro densità protonica sulle caratteristiche di rilassamento del tessuto. Le sequenze a soppressione del grasso possono in questo senso risultare particolarmente utili perché, azzerando il segnale proveniente dalla spongiosa normale, offrono un contrasto notevolissimo nei confronti delle sue alterazioni patologiche (edema, sostituzione etc.). Le sequenze G. E. (Fig. 3) pur risultando molto sensibili nel rappresentare le modificazioni patologiche iniziali richiedono particolari cautele interpretative (rischio di sovrastadiazione) (Fig. 4 A e B) e risultano molto sensibili a fini deterioramenti dell'omogeneità del campo magnetico.

Ogni condizione patologica a carico dello scafoide sarà visualizzata in RM come discontinuità del profilo osseo della corti-



Figura 3. Risonanza Magnetica, immagine coronale (sequenza Gradient echo). In condizioni fisiologiche lo scafoide presenta una omogenea iperintensità di segnale; l'osso risulta ben demarcato dalla ipointensità della corticale. Ben evidenti il legamento scafolunato ed il lunopiramidale e la fibrocartilagine triangolare (TFC).



A



B

Figura 4. Risonanza Magnetica, immagini sagittali, sequenza Spin Echo T2 "pesata" (A) e sequenza Gradient echo (B). Frattura di scafoide al terzo medio; in fase precoce (B) la presenza di un'estesa sofferenza ossea post-contusiva può in queste sequenze indurre ad errori di sovrastadiazione. Una sequenza Spin Echo (A) T2 "pesata" è sempre indispensabile per un corretto inquadramento della sofferenza ossea.

cale (comparsa di segnale in sostituzione del vuoto di segnale) e modificazioni dell'ambiente midollare ove, in luogo del normale segnale del grasso, si apprezzeranno edema, fenomeni fibrotici, distruttivi o sostitutivi. Questa possibilità di poter visualizzare con elevatissima risoluzione di contrasto anche finissime modificazioni dell'ambiente midollare conferisce alla metodica una sensibilità pre-radiologica; infatti, è frequente quando si fa ricorso alla RM in fase acuta, evidenziare fratture, sofferenze ischemiche precoci o condizioni reattive a carattere iperemico dell'osso molto prima che queste possano essere visualizzabili nei radiogrammi convenzionali. L'edema del midollo osseo (BME "bone marrow edema") è un reperto non specifico che viene identificato da solo o in associazione con altri reperti in molti pazienti con sofferenza scafoidea. All'esame di Risonanza magnetica l'edema appare come una regione midollare a segnale omogeneamente alterato; tipicamente si osserva, rispetto al segnale dell'osso sano, un decremento del segnale nelle sequenze T1 "pesate" (ipointensità) e un incremento del segnale (iperintensità) nelle sequenze T2 "pesate". La presenza o l'assenza di edema midollare costituisce un fattore importante anche nello studio di reperti patologici banali. Nelle fratture di scafoide il riscontro di edema della spongiosa a ridosso della discontinuità dell'osso (Fig. 5) è spesso il primo e unico segno di lesione nelle fasi iperacute. L'edema compare precocissimamente (nella nostra esperienza abbiamo documentato edema in scansioni eseguite anche solo 5 minuti dopo il trauma) evidenziando il decorso della rima di lesione e, in questa fase, rimane limitato all'area lesionata. Quando la rima di frattura, che in RM è rappresen-

tata come sottile rima ipointensa, risulta comunque evidente, la presenza dell'edema testimonia che la frattura è recente. L'assenza di edema a ridosso della rima fratturativa non solo è indizio di lesione non recente ma è anche un segno prognosticamente sfavorevole ai fini della consolidazione. Il reperto di assenza di edema è inoltre tipicamente presente nei quadri di pseudoartrosi (Fig. 6).

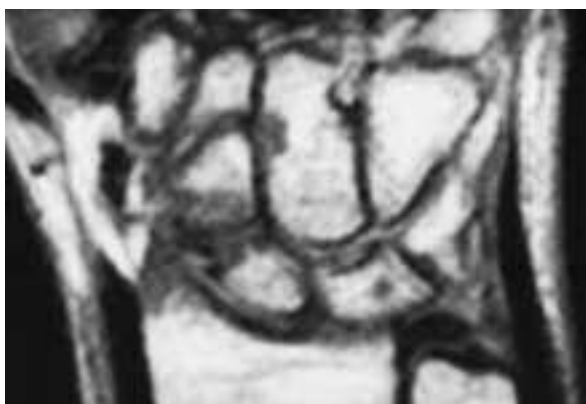


Figura 5. Risonanza Magnetica, immagine coronale (sequenza Spin Echo T1 "pesata"). Frattura di scafoide visualizzata in fase pre radiologica; il riscontro di edema della spongiosa a ridosso della discontinuità dell'osso rende più evidente la rima di frattura e dimostra che la frattura è recente.

In considerazione delle specificità anatomiche e fisiopatologiche dell'elemento scheletrico in questione, un'alterazione di segnale della spongiosa ha nello scafoide un significato del tutto particolare. Anche quando il comportamento del segnale depone per edema del midollo il reperto è da considerarsi significativo. Se in un altro elemento scheletrico viene considerata "benigna" un'alterazione di segnale con le caratteristiche dell'edema (si pensa massimo ad un'algodistrofia) nel caso dello scafoide anche una semplice sofferenza ossea post contusiva (bone bruise) può rappresentare l'inizio di un quadro di osteonecrosi. In fase molto precoce, in par-

ticolare quando ancora non si apprezzano le alterazioni di segnale della spongiosa tipiche dell'osteonecrosi, si può osservare nell'ambito di una più ampia area di sofferenza della spongiosa a carattere edematoso, la demarcazione di una regione ossea ristretta ad opera di una banda lineare (vallo) di alterato segnale. Il riconoscimento di un vallo di demarcazione lineare nel contesto di un osso sofferente specie se,

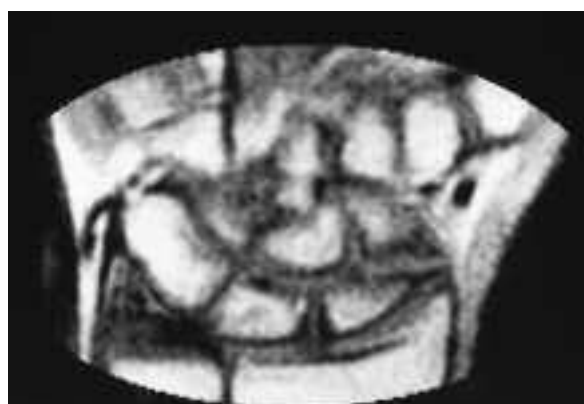


Figura 6. Risonanza Magnetica, immagine coronale (sequenza Spin Echo T1 "pesata"). Pseudoartrosi di scafoide. La bassa intensità di segnale in corrispondenza della rima di frattura è in questo caso legata ai fenomeni di sclerosi; nella pseudoartrosi l'ipointensità rimarrà comunque tale nelle sequenze T2 "pesate". Non evidenza di segni di sofferenza ossea a carico del polo prossimale. Questo reperto è particolarmente utile nelle valutazioni pre operatorie.

la linea di demarcazione appare ipointensa in T1 e a binario in T2 (linea ipointensa accanto ad una linea iperintensa), costituisce un segno quasi certo di osteonecrosi in fase iniziale.

Sempre in considerazione della specifica vascularizzazione dell'osso assumono importanza fondamentale, per la documentazione del danno ischemico in fase precocissima, le considerazioni in merito alla distribuzione dell'edema; in particolare, va considerata come altamente predittiva per osteonecrosi la presenza, di un'a-

rea della spongiosa non edematosa nel contesto di un esteso edema dell'osso. Contrariamente alle apparenze quest'area di osso a segnale normale non è in realtà esente da patologia, al contrario, è una regione dell'osso esclusa dal circolo e pertanto incapace a divenire sede, in fase acuta, di fenomeni reattivi che richiedano integrità della vascolarizzazione. Ovviamente quest'ultimo reperto è particolarmente significativo quando è osservato a carico della regione polare prossimale dello scafoide.

In fase più avanzata la necrosi avascolare di parte o di tutto lo scafoide è classicamente documentata da una bassa intensità di segnale sia nelle sequenze T1 "pesate" (Fig. 7) che nelle sequenze T2 "pesate". Le T2 "pesate", le STIR e le T2 a soppressione del grasso, sono particolarmente utili perché consentono di visualizzare le aree di vascolarizzazione residua nel contesto di una regione necrotica e di riconoscere con chiarezza le aree francamente necrotiche nei confronti delle quasi sempre presenti alterazioni reattive a carattere iperemico del resto della spongiosa.

La somministrazione di mezzo di contrasto RM può ulteriormente sottolineare

questi reperti dimostrando in particolare nelle aree necrotiche l'assenza di potenziamento del segnale per esclusione dal circolo. Dopo contrasto si osserva inoltre iperintensità accentuata nelle aree di spongiosa iperemiche e lungo il decorso delle rime di frattura recenti.

La definizione dei rapporti articolari dello scafoide è particolarmente agevole con la risonanza magnetica sia per il contrasto intrinseco che consente una visualizzazione diretta delle cartilagini articolari che per la multiplanarità della metodica. La RM offrendo una completa libertà tridimensionale nell'orientamento dei piani di scansione consente sempre non solo di ottimizzare il profilo osseo visualizzato ma di rappresentare un'articolazione in modo più confacente alla sua biomeccanica (Fig. 8 A e B). Poiché queste caratteristiche risultano tanto più importanti quanto più è elevato il grado di complessità di un'articolazione, nel carpo e in particolare nello studio dello scafoide, la metodica può offrire vantaggi notevolissimi. Particolarmente interessante risulta inoltre la possibilità di montare in cine animazione più immagini acquisite in successione durante il movimento, il risultato di questa operazione è un video che consente un'analisi finissima in vivo della biomeccanica articolare normale e patologica (Fig. 9 A e B).

Lo studio delle componenti legamentose periscafoidee può essere di particolare importanza nella valutazione delle instabilità di polso e in particolare sono fondamentali il legamento scafo-lunato e i legamenti estrinseci radio-scafo-capitato e radio-luno-piramidale. Il legamento scafo-lunato è praticamente sempre visualizzabile nelle immagini RM presentando nei piani di scansione coronali una morfologia triangolare con apice distale che occupa

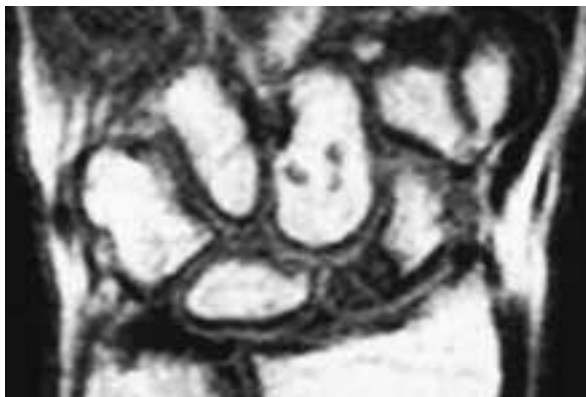


Figura 7. Risonanza Magnetica, immagine coronale (sequenza Spin Echo T1 "pesata"). Osteonecrosi del polo prossimale dello scafoide.

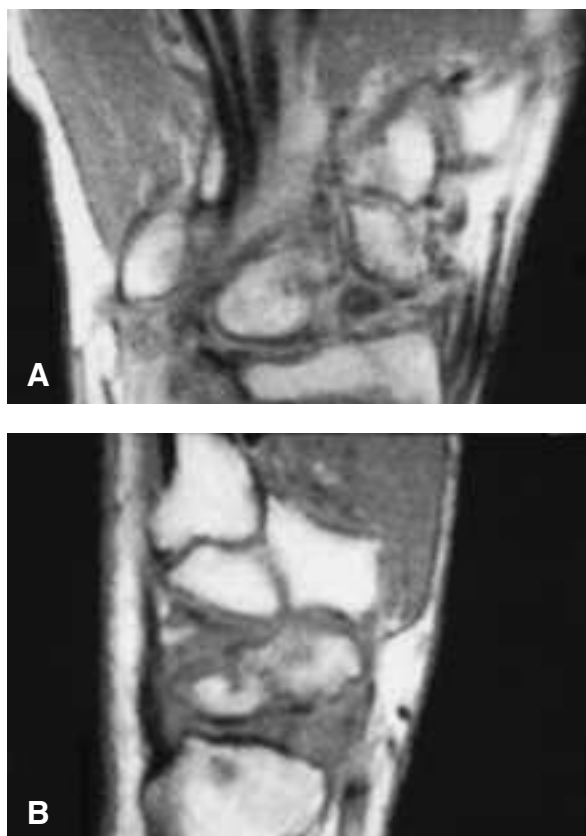


Figura 8. A-B Risonanza Magnetica, immagine coronale (A) e sagittale (B) (sequenze Spin Echo T1 “pesante”) Nell’immagine coronale (A) si evidenzia un completo sovvertimento strutturale dei rapporti articolari della radiocarpica legato ad una frattura parcellare non consolidata in pseudoartrosi del polo prossimale dello scafoide. Tilt dorsale del semilunare; l’elemento scafoideo di maggiori dimensioni, non più vincolato al semilunare, risulta nell’immagine sagittale (B) flessso. Sono presenti diffuse alterazioni involutive e un impegno sinoviale reattivo di notevole entità.



Figura 9. A-B Risonanza Magnetica, immagini coronali (sequenze Gradient echo) acquisite in deviazione radiale (A) ed ulnare (B). Si noti il relativo accorciamento dello scafoide, che si flette in deviazione radiale.

senza soluzioni di continuo lo spazio tra scafoide e semilunare che pertanto nelle immagini RM del polso sano risulta uno spazio “virtuale”. In Risonanza Magnetica le lesioni del legamento scafo-lunato non seguono i caratteri morfologici tipici delle strutture legamentose a banda lineare (che saranno accennati parlando dei legamenti estrinseci periscafoidei) ma appaiono come un sovvertimento strutturale dell’anatomia triangolare del legamento (Fig. 10).

La RM per le sue caratteristiche di indagine tomografica ad alta risoluzione di contrasto può consentire in particolare di discriminare in termini di entità di lesione dimostrando sia un eventuale interessamento preva-



Figura 10. Risonanza Magnetica immagine coronale (sequenza Gradient echo) Lesione del legamento scafo-lunato: aumento della distanza tra scafoide e semilunare e sovvertimento strutturale dell’anatomia triangolare del legamento.



lente a livello della regione dorsale o volare del legamento che una fine analisi univoca delle lassità legamentose con apprezzamento diretto della dissociazione dello scafoide dal semilunare (fig. 11).



Figura 11. Risonanza Magnetica, immagine coronale (sequenza Spin Echo T2 "pesata"). Aumento dello spazio interosseo con dissociazione dello scafoide dal semilunare per lesione del legamento scafo-lunato; si noti nel contesto dell'edema un moncone della struttura legamentosa lesionata. Ben evidente nell'immagine coronale la perdita dei normali rapporti anatomici con apparente incremento di volume per scivolamento anteriore (DISI) del semilunare.

I legamenti estrinseci radio-scafo-capitato e radio-luno-piramidale si apprezzano nell'immagine RM al davanti della concavità anteriore del navicolare come strutture a bassa intensità di segnale in tutte le sequenze. Le lesioni legamentose di strutture così piccole intracapsulari ma extrasinoviali risultano particolarmente impegnative in RM e spesso è necessaria una valutazione complessiva che tenga conto di tutti i reperti morfologici per farsi un convincimento diagnostico. I legamenti quando interessati in acuto appaiono usualmente slargati, disomogenei ed iperintensi divenendo così mal riconoscibili specie nelle sequenze T1 "pesate". Le sequenze T2, quando è presente versamento, aggiungono in genere informazioni utili.

Risulta particolarmente impegnativo il riconoscimento di una lesione legamentosa cronica perché la riduzione dell'edema può restituire alla struttura legamentosa un segnale indistinguibile da quello di un legamento sano; in questi casi anche se una verifica anatomica stringente può indurre un sospetto clinico di esiti stabilizzati di lesione distrattiva è solo lo studio dinamico o le misurazioni di angoli posturali che possono confermare la presenza di una lassità legamentosa post distrattiva. Va inoltre ricordato che in presenza di esiti di lesioni distrattive di alto grado o di instabilità protratta è talora difficile uno studio fine delle strutture legamentose per la presenza di fenomeni di organizzazione sinoviale a ridosso delle strutture da valutare.

RUOLO DELLA TC E DELLA SCINTIGRAFIA NELLO STUDIO SCAFOIDE

Il ruolo della TC risulta notevolmente ridotto dall'introduzione nella diagnostica degli apparecchi RM dedicati allo studio delle estremità. Attualmente la metodica può offrire ancora un contributo nel riconoscimento di piccoli frammenti ossei, nello studio delle rime di frattura incomplete e nella valutazione delle pseudoartrosi.

Le ricostruzioni multiplanari o tridimensionali possono aiutare a visualizzare l'anatomia dello scafoide ma le immagini ottenute sono più spesso belle che utili da un punto di vista diagnostico. Nello studio del polso risulta significativo il contributo diagnostico offerto dalla TC nella valutazione della fibrocartilagine triangolare in corso di artrografia (Fig. 12).



Figura 12. Artro-TC di polso; in casi selezionati, quando dopo una valutazione RM permangono dubbi diagnostici, può essere utile eseguire uno studio invasivo dell'articolazione del polso. Buono il contributo della metodica artro-TC specie nella valutazione del complesso fibrocartilagineo triangolare

Anche se la scintigrafia scheletrica può essere utile nel localizzare in fase precoce le lesioni fratturative e le localizzazioni tumorali primitive e/o secondarie a carico dello scafoide è bene ricordare che la metodica è altamente sensibile ma scarsamente specifica; solo occasionalmente è in grado di discriminare i differenti processi patologici che possono determinare un'alterazione di captazione; una ridotta captazione a livello dello scafoide può aiutare comunque ad orientarsi dopo un trauma suggerendo in fase precoce una iniziale osteonecrosi.

BIBLIOGRAFIA

1. Baker L. L., et al. High resolution magnetic resonance imaging of the wrist: normal anatomy. *Skeletal Radiol* 1987; 16: 128.
2. Berger R. A. et al. Radioscapholunate ligament; a gross anatomic study of fetal and adult wrist joints. *J Hand Surg [Am]* 1991 16: 350-355.
3. Cristiani G., et al. Evaluation of ischemic necrosis of carpal bones by magnetic resonance imaging. *J Hand Surg [Br]* 1990; 15: 249.
4. Daniel N., et al., Economic issues: occult scaphoid fractures. UCSF (University of California San Francisco). Second International Symposium on Musculoskeletal MRI. Book of abstracts. S. Francisco June 1-5 1997.
5. Munk B. et al. Diagnosis of scaphoid fractures. A prospective multicenter study of 1052 patients with 160 fractures. *Acta Orthop Scand* 1995; 66 (4): 359-360.
6. Nicholl J. E. et al. Pattern of scaphoid fracture union detected by macroradiology. *J Hand Surg* 1995 [Br]; 20B: 189-193.
7. Reinus W. R., et al. Carpal avascular necrosis: MR imaging. *Radiology* 1986; 160:689.
8. Ruby L. K. et al. The effect of scapholunate ligament section on scapholunate motion. *J Hand Surg* 1987 [Am]; 12: 767-771.
9. Ruby L. K., et al. Natural history of scaphoid non union. *Radiology* 1988; 156: 856.
10. Sakuma M. et al. Analysis of proximal fragment sclerosis and surgical outcome of scaphoid non union by Magnetic Resonance Imaging. *J Hand Surg* 1995 [Br]; 20B: 201-205.
11. Sides D. et al. Carpal scaphoid: radiographic pattern of dislocation. *Radiology* 1995; 195: 215-216.
12. Taleisnik J. et al. Current concepts review: carpal instability. *J. Bone Joint Surg [Am]* 1990; 15: 268-278.
13. Timins M. E. et al. MR imaging of the major carpal stabilizing ligaments: normal anatomy and clinical examples. *RadioGraphics* 1995; 15: 575-587.
14. Tsuyuguchi Y. et al. Anterior wedge shaped bone graft for old scaphoid fractures or non union. *J Hand Surg* 1995 [Br]; 20B: 194-200.
15. Waizenegger M. et al. Scintigraphy in the evaluation of the "clinical" scaphoid fracture. *J Hand Surg* 1995 [Br]; 19B: 6: 750-753.
16. Weiss K. L., et al. High field MR surface coil imaging of the hand and wrist: normal anatomy. *Skeletal Radiol* 1987; 16: 128.