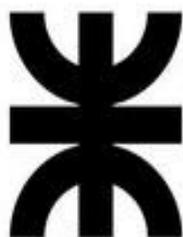


Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Venado Tuerto

Licenciatura en Producción de Bio-imágenes



Tesina de Licenciatura

**Detección temprana de fractura de hueso escafoides en
carpo**

Téc. Biana, María Julieta
Téc. Peperno Venessio, Soledad
Téc. Reniero, Betiana Raquel

Director: Dr. Garma, Manuel (Esp. Traumatología, Mat. N° 16050)

Co-Director: Dr. Ing. Cejas, Ezequiel

Tesina presentada en la Facultad Regional Venado Tuerto, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de

Licenciada en Producción de Bio-imágenes

Lugar y fecha de defensa: Venado Tuerto, 11 de septiembre de 2023

Agradecimientos

A nuestras familias por su paciencia y capacidad de entendernos frente algunas circunstancias ocurridas durante el proceso de elaboración de esta tesis, quienes generosamente estuvieron acompañando y apoyando en todo este tiempo de investigación.

Al Dr. Manuel Garma especialista en traumatología, nuestro tutor, quien de manera desinteresada ha estado brindando su apoyo y conocimiento.

Al Dr. Ing. Ezequiel Cejas, gran persona quien aceptó ser nuestro co-tutor desde el principio, una persona muy cálida, humana quien estuvo también acompañando en todo este proceso e investigación, siempre atento a nuestras necesidades y dudas que iban surgiendo en la elaboración de la misma y dispuesto a colaborarnos.

A los Hospitales de Chañar Ladeado, Arias, Villa Cañas y Venado Tuerto, que aceptaron ser parte de esto permitiéndonos tomar muestras de pacientes para dicho trabajo.

A nuestros amigos y colegas que siempre confiaron en nosotras.

Biana, Maria Julieta

En primer lugar, a mi marido por apoyarme e incentivar a no bajar los brazos y a que crea en mí. A mi papá por su ayuda incondicional, siempre dispuesto a cuidar a mis niños.

A Virginia, mi hija, que desde la panza me acompañó en cada viaje, práctica, y a mi hijo Valentino que se adaptó a que mamá trabajaba y estudiaba.

A mi amiga incondicional Luciana por estar siempre dispuesta a ayudarme. Y qué decir de Betu y Sole, mis colegas, amigas que conocí y con la cual llegamos a terminar este hermoso trabajo que costó pero lo logramos las tres juntas.

Peperno Venessio, Soledad

A mi pareja Gastón y a mis padres por ayudarme y siempre alentarme a más.

A mis compañeras y colegas arienses Fatima Stolle y Jesica Coello por apoyarnos entre las tres, compartir kilómetros, grupos y ayudarme en momentos difíciles mientras cursábamos la licenciatura.

A mis compañeras de tesis, Juli y Beti, que a pesar de la distancia pudimos lograrlo con paciencia, entendiendo los tiempos de cada una.

III

Reniero, Betiana Raquel

De manera muy especial a mi familia que confió en mí para esto.

A mi marido e hijos por su apoyo incondicional en todo este tiempo.

A mis compañeras, Sole y Juli por el entendimiento y acompañamiento inmenso y agradable, a lo largo de todo este tiempo de preparación de la Tesina.

También a mis colegas y amigas quienes han participado de manera desinteresada para concluir con este trabajo.

A Dios por haberme acompañado y dado la posibilidad de concretar sueños como este en mi vida.

Declaración

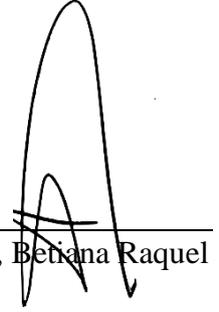
Declaramos que el material incluido en esta Tesina es, a nuestro mejor saber y entender, un producto original de nuestro propio trabajo, y que este material no ha sido presentado, en forma parcial o total, como una Tesina en esta u otra institución.



Biana, María Julieta



Peperno Venessio, Soledad



Reniero, Betiana Raquel

Índice General

Índice de Figuras	VII
Resumen	XI

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Estructura de la mano	1
1.2. Definición de fractura.....	2
1.3. Clasificación de fractura de la articulación radio distal	2
1.4. Fractura de escafoides	3
1.5. Consolidación de una fractura.....	4
1.6. Métodos de detección de fracturas de escafoides.....	5
1.7. Impacto de la fractura de escafoides en la salud	6
1.8. Motivación y objetivos de la Tesina	7
1.8.1. Objetivo general	7
1.8.2. Objetivos específicos.....	7
1.9. Cuestiones éticas	8
1.10. Materiales y métodos	8
1.11. Ordenamiento de la Tesina.....	9

CAPÍTULO 2. EL ESCAFOIDES CARPIANO Y SU RELACIÓN ANATÓMICA

2.1. Anatomía de la mano.....	10
2.2. Morfología del hueso escafoides.....	13
2.3. Ligamentos del carpo	16
2.4. Cinemática del escafoides	18

CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DE LA FRACTURA DE ESCAFOIDES

3.1. Fractura de escafoides	20
3.2. Mecanismo de producción de fractura de escafoides.....	21
3.3. Diagnóstico imagenológico ante una fractura de escafoides	22
3.4. Métodos diagnósticos para detección de fractura de escafoides.....	23
3.4.1. Secuencia en el diagnóstico.....	23
3.4.2. Método radiográfico	24
3.4.3. Resonancia magnética nuclear	27

3.4.4. Tomografía axial computada.....	38
3.5. Clasificación de fractura de escafoides	46
CAPÍTULO 4. DIFICULTADES DERIVADAS DEL DIAGNÓSTICO TARDÍO DE UNA FRACTURA DE ESCAFOIDES	
4.1. Pseudoartrosis.....	49
4.2. Clasificación de los estadios de pseudoartrosis.....	50
4.3. Patogenia de la pseudoartrosis de escafoides	52
4.4. Artrosis de muñeca postraumática.	54
4.5. Necrosis avascular.....	55
CAPÍTULO 5. TRATAMIENTO PARA FRACTURAS DE ESCAFOIDES	
5.1. Tratamientos para la consolidación de una fractura de escafoides	57
5.2. Tratamiento de la pseudoartrosis de escafoides	62
CAPÍTULO 6. CASOS CLÍNICOS	
6.1. Caso clínico N°1.....	66
6.2. Caso clínico N°2.....	68
6.3. Caso clínico N°3.....	70
6.4. Caso clínico N°4.....	72
6.5. Discusión de los casos clínicos.....	74
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES	
7.1. Conclusiones generales	77
Referencias	79

Índice de Figuras

Figura 1.1. Detalle de huesos que forman la mano humana	1
Figura 1.2. Radiografía frontal de muñeca. (a) Normal y (b) patológica.....	4
Figura 1.3. Radiografía de muñeca frente antero–posterior con fractura transversa y bordes escleróticos por falta de consolidación.....	5
Figura 1.4. Imágenes de métodos de diagnóstico en hueso escafoides. (a) Radiografía frontal de muñeca frente, (b) tomografía computada con corte coronal y (c) resonancia magnética corte coronal STIR	6
Figura 2.1. Huesos constitutivos de la mano.....	11
Figura 2.2. Huesos del carpo en una vista posterior (dorsal)	11
Figura 2.3. Anatomía del hueso escafoides.....	14
Figura 2.4. Esquema del hueso escafoides.....	15
Figura 2.5. Vascularización del hueso escafoides.....	16
Figura 2.6. Inserciones ligamentarias del escafoides	16
Figura 2.7. Cinemática del escafoides. (a) La ausencia del escafoides produciría el colapso del carpo, (b) con lesión de los ligamentos y (c) con fractura de escafoides	18
Figura 2.8. Movimiento sinérgico de los huesos de la fila proximal del carpo. (a) Movimiento de flexión y (b) de extensión	19
Figura 3.1. Radiografía muñeca frente postero anterior. a) Normal, sin patología; b) con fractura de cintura del escafoides y c) con fractura del polo proximal del escafoides.....	21
Figura 3.2. Mecanismo lesional de fractura del escafoides	22
Figura 3.3. Fractura de escafoides. (a) Radiografía con desviación cubital y (b) tomografía computada con corte sagital	23
Figura 3.4. Demostración de prueba clínica utilizada para identificar fractura de escafoides. (a) Muñeca en desviación cubital, (b) sensibilidad en el tubérculo del escafoides y (c) compresión longitudinal.....	24
Figura 3.5. Serie de incidencias radiográficas para estudiar hueso escafoides. (a) Frente, (b) perfil estricto, (c) con inclinación radial, (d) con inclinación cubital, (f) 3/4 escafoides, y (g) magnificada	26

Figura 3.6. Artefactos en Resonancia magnética nuclear del carpo en diferentes secuencias. (a) Corte coronal, (b) sagital, (c) coronal, (d) axial, (e) aliasing, (f) cross talk y (g) susceptibilidad magnética	30
Figura 3.7. Resonancia magnética de muñeca (a) normal y (b) patológica	33
Figura 3.8. Resonancia nuclear de muñeca. (a) Secuencia T1, (b) Secuencia T2 y (c) STIR	34
Figura 3.9. Resonancia nuclear de muñeca. (a) ArtroRM de muñeca mostrando rotura del FCT (flechas) y (b) ArtroRM de muñeca que muestra rotura de ligamento luno-triquetral (flecha negra). El FCT se demuestra indemne (flecha blanca)	35
Figura 3.10. Protocolo de estudio en resonancia magnética nuclear para escafoides. (a) Posicionamiento del paciente, (b) y (c) programación de los cortes, y (d) Planificación para corte sagital	36
Figura 3.11. Resonancia magnética nuclear del carpo en diferentes secuencias. (a) Coronal T1, (b) coronal densidad protónica Fat Sat, (c) sagital densidad protónica Fat Sat y (d) axial densidad protónica Fat Sat	37
Figura 3.12. Imágenes de métodos de segmentación. (a) Corte axial original, cortes coronales MPR y MIP y corte axial magnificada, (b) VR axial del cráneo y (c) SSD anteroposterior y lateral del pie	40
Figura 3.13. Imágenes tomográficas con artefactos	42
Figura 3.14. Diferentes cortes tomográficos en muñeca. (a) Plano coronal, (b) plano sagital, (c) plano axial y (d) reconstrucción multiplanar	43
Figura 3.15. Programación de cortes tomográficos para escafoides. (a) Posición del paciente, (b) scout, (c) post-procesado y (d) programación estudio.....	44
Figura 3.16. Ejemplos de fracturas en hueso escafoides. (a) osteocondral central, (b) oblicua y (c) vertical	45
Figura 3.17. Escafoides carpiano con fractura en el surco.....	46
Figura 3.18. Clasificación de fractura de escafoides según Russe.....	46
Figura 3.19 Sistema de clasificación de Herbert de fracturas agudas. (a) Estables y (b) inestables	47
Figura 4.1. Radiografía de muñeca frente con fractura de escafoides. (a) Radiografía frontal de muñeca y (b) resonancia magnética nuclear de muñeca	50
Figura 4.2. Tipo de muñeca SNAC. (a) grado I, (b) grado II, y (c) grado III	51
Figura 4.3. Clasificación tipo C de Herbert	51
Figura 4.4. Clasificación tipo D1 de Herbert	52

Figura 4.5. Clasificación tipo D2 Herbert.....	52
Figura 4.6. Radiografía de muñeca frente con pseudoartrosis de escafoides.....	53
Figura 4.7. Secuencia planos sagitales de tomografía axial. Medición de ángulos intraescafoideo lateral y el cociente altura-longitud.....	54
Figura 4.8. Radiografía de muñeca frente con artrosis	55
Figura 4.9. Distribución arteria nutricia en escafoides	56
Figura 4.10. Resonancia magnética de muñeca en cortes coronales. Necrosis avascular (a) secuencia T1, (b) secuencia T2, (c) secuencia T2 con saturación grasa y (d) T1 Fat Sat.....	56
Figura 5.1. Diferentes tipos de inmovilizaciones. (a) Braquipalmar, (b) antibraquipalmar y (c) esquema de la posición de los huesos ante colocación de yeso	58
Figura 5.2. Elementos de fijación. (a) Tornillos de Herbert, (b) agujas de Kirchner y (c) grampas	60
Figura 5.3. Artroscopia de muñeca	61
Figura 5.4. Tipos de fijación de la fractura de escafoides. (a) Radiografía preoperatoria, b) compresión del tornillo de Herbert y c) radiografía postoperatoria con colocación de agujas de Kirschner	62
Figura 5.5. Control posquirúrgico con fijación de agujas de Kirschner y tornillo de Herbert en hueso escafoides. (a) Radiografía frente y (b) perfil.....	63
Figura 5.6. Radiografía en control posquirúrgico con colocación de tornillos de Herbert.....	64
Figura 6.1. Radiografía de mano derecha del paciente N°1. (a) Frente, (b) oblicua y (c) perfil	66
Figura 6.2. Tomografía computada de la muñeca derecha del paciente N° 1. Cortes axiales a la izquierda y sagitales a la derecha	67
Figura 6.3. Tomografía computada de la muñeca derecha del paciente N° 1 realizada a los 45 días de la primera consulta. (a) Cortes axiales a la izquierda y sagitales a la derecha.....	67
Figura 6.4. Radiografía de muñeca derecha del paciente N°1 realizada a los dos años de la primera consulta. Frente a la izquierda y de perfil a la derecha.....	68
Figura 6.5. Radiografía de mano del paciente N°2. (a) Oblicua, (b) frente con inclinación radial y (c) posquirúrgica con elementos de fijación en pulgar y escafoides.....	69
Figura 6.6. Radiografía de mano del paciente N°2 transcurridos 15 días. (a) frente, (b)mano oblicuo con elementos de fijación en pulgar y escafoides	69

Figura 6.7. Radiografía de mano del paciente N°2 transcurridos 45 días. (a) frente, (b)mano oblicuo con elementos de fijación en pulgar y escafoides	70
Figura 6.8. Radiografía de muñeca izquierda del paciente N°3. (a) frente, (b) perfil, (c) frente con inclinación cubital y (d) 3/4 escafoides	71
Figura 6.9. Cortes axiales de tomografía en muñeca izquierda del paciente N°3.....	73
Figura 6.10. Radiografía posquirúrgica en muñeca izquierda del paciente N°3. (a) Frente, (b) perfil y (c) frente con inclinación cubital	72
Figura 6.11. Radiografía de muñeca frente (a) y perfil (b) del paciente N°4.....	73
Figura 6.12. Secuencia de resonancia magnética de muñeca del paciente N°4 en cortes axiales y coronales.....	73
Figura 6.13. Resonancia magnética en muñeca del paciente N°4. (a) Cortes coronales en secuencia densidad protónica Fat–Sat y (b) corte sagital DP Fat–Sat con saturación grasa....	74
Figura 6.14. Resonancia magnética en muñeca del paciente N°4. (a) Corte coronal T1, (b) corte axial DP Fat–Sat T2 y (c) corte axial DP T1.....	74

Resumen

Se reportan los métodos diagnósticos con mayor especificidad para el diagnóstico de una fractura de escafoides, los cuales permitan la evaluación de fracturas inadvertidas tales que puedan ocasionar futuras complicaciones. La recolección de muestras diagnosticas se realizó en los servicios médicos de Villa Cañas, Chañar Ladeado, Arias (Cba) y Venado Tuerto, de las cuales se extrajeron los casos clínicos con fractura de escafoides a ser estudiados en base a las diferentes evoluciones y tratamientos. La valoración funcional es esencial en el manejo de los problemas del miembro superior, tanto para la toma de decisiones diagnósticas y terapéuticas como para valorar la evolución y la efectividad de los tratamientos. El tratamiento para una fractura de escafoides es variado dependiendo del tipo de rotura, es importante tener en cuenta que el escafoides es un hueso con poca vascularización lo que determina el grado de consolidación de la misma. Todo esto es fundamental para determinar el grado de complicación ante una fractura de este hueso, teniendo en cuenta que la mano/muñeca puede sufrir lesiones como pérdida de fuerza, inestabilidad, hormigueo entre otras. Siendo esto motivo de rechazo frente a la incorporación de un trabajo o complicaciones en la vida cotidiana.

Palabras claves. Fractura de escafoides; pseudoartrosis de escafoides; osteosíntesis de muñeca; tratamientos de fractura de escafoides; vascularización del carpo; métodos de detección de fracturas de escafoides.

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Estructura de la mano humana.

La mano humana está compuesta por un total de 27 huesos, los cuales se dividen en tres zonas: carpo (8 huesos), metacarpo (5 huesos) y falanges (14 huesos). También cuenta con el radio y el cúbito, que son los huesos que forman la articulación radio-cúbito-carpiana comunicando a la mano con el resto del cuerpo. La gran movilidad se obtiene por la interacción de estos 27 huesos, 17 articulaciones y 19 músculos intrínsecos, como se observa en la Figura 1.1 (Prieto Bertrán, s.f).

Figura 1.1

Detalle de huesos que forman la mano humana



Los huesos del carpo se disponen en dos hileras, cada una de cuatro huesos, las cuales se encuentran de lateral a medial: el escafoides, semilunar, piramidal y pisiforme; conformando

la hilera proximal. En la hilera distal, se sitúan de medial a lateral: el trapecio, trapezoide, grande y ganchoso; que se articulan con los metacarpianos (Rodríguez Ramírez y col., 2020), que constituyen el esqueleto de la región palmar y consta de 5 huesos denominados metacarpianos (numerados del 1 al 5 contando desde el pulgar hacia afuera). A estos se unen los dedos que también se enumeran del 1 al 5, comenzando por el pulgar. Cada dedo está formado por tres columnas decrecientes que se denominan falange primera, segunda y tercera; a excepción del pulgar, que solo cuenta con 2 falanges, la primera y la tercera. La articulación radiocubital, la mediocarpiana y la radiocarpiana, forman el complejo articular de la muñeca, la cual comunica a la mano con el antebrazo (Bontrajer, 2004).

1.2 Definición de fractura

Se entiende por fractura a la interrupción de la continuidad ósea como consecuencia de la aplicación sobre el mismo de una fuerza superior a la que éste puede resistir. Generalmente son provocadas por algún tipo de traumatismo, aunque existen otras fracturas que son denominadas patológicas y que se presentan en personas con alguna enfermedad de base sin que se produzca algún traumatismo fuerte. Además, pueden producirse por enfermedades orgánicas o por el debilitamiento óseo propio de la vejez. Hay varias formas de clasificarlas, lo que de por sí permitirá efectuar consideraciones prácticas (Ramos Vertiz, 1984). Por otro lado, las fracturas varían tanto en gravedad como en el tipo de tratamiento requerido, ya que puede ir desde una fisura pequeña en un hueso de la mano (que fácilmente puede ser inadvertida), hasta una importante fractura pélvica que pone en peligro la vida de la persona. La zona lesionada duele, generalmente se inflama y puede estar distorsionada, angulada o fuera de su posición (Campagne, 2021).

1.3 Clasificación de fracturas de la articulación radio distal

Existen varias clasificaciones de la fractura distal del radio (FDR), según el mecanismo que la provoca, el grado de conminución, su relación con la articulación, la presencia y grado de desplazamiento, y la posibilidad de reducción o la extensión intraarticular. La Tabla 1.1 presenta una clasificación de este tipo de fractura. Un sistema alfanumérico es utilizado para asignar un código a las fracturas basadas en estas locaciones y morfología. La complejidad de la fractura es reflejada por un aumento en el orden alfanumérico. Además, hay subdivisiones en grupos y subgrupos, conformando un total de 27 patrones de fractura en el radio distal (Pancorbo Sandoval y col., 2021).

Tabla 1.1

Tabla de clasificación de la fractura radio-carpiana según diferentes aspectos

<i>Según su relación con la articulación</i>	<i>Según el tipo de desplazamiento</i>	<i>Según su reducibilidad</i>	<i>Según el tipo de desplazamiento</i>
Extraarticulares o no articulares	No desplazadas		
	Desplazadas	Reducible estable Reducible inestable Irreducible inestable	Dorsal del fragmento distal (Pouteau-Colles) Palmar del fragmento distal (Goyrand-Smith)
Intraarticulares o articulares	No desplazadas		
	Desplazadas	Reducible estable Reducible inestable Irreducible inestable	Fractura marginal lateral (Hutchinson o Chauffeur) Fractura marginal medial Fractura marginal dorsal (Rhea-Barton) Fractura marginal palmar (Leteneur) Asociación de 2 o 3 fracturas parciales que producen 3 fragmentos epifisarios, uno lateral, medio palmar y dorso medial (Melone 1984). Estas fracturas son conminutas y esta conminución puede ser metafisaria aislada, epifisaria e incluso metafiso-epifisaria
Fracturas complejas (Conminutas)	Desplazadas	Irreducibles, inestables y complejas	

Nota. Adaptada de Tabla 1 en (Medina González y col., 2016).

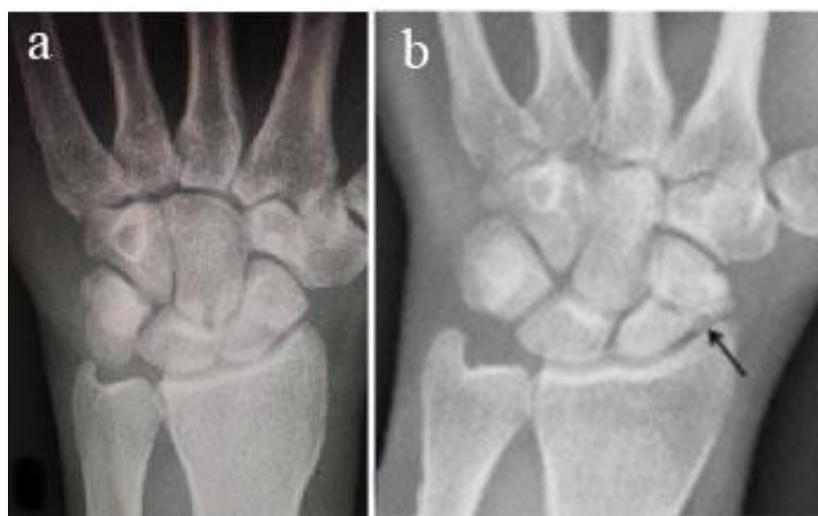
1.4. Fractura de escafoides

La anatomía única del escafoides predispone a la fractura de este hueso, al retraso o falta de unión y de la discapacidad de la muñeca. Debido a que se articula con la extremidad distal del radio y con cuatro de los siete restantes huesos del carpo, el escafoides se mueve con casi todos los movimientos del carpo, especialmente la flexión palmar. Cualquier alteración de su superficie articular a través de fractura, luxación o subluxación o cualquier alteración de su estabilidad por la rotura ligamentosa puede causar severos cambios secundarios a lo largo de toda la altura del carpo (Gómez Quemé, 2015).

El diagnóstico de fractura de escafoides precisa de una buena anamnesis y exploración física. Se debe sospechar ante la presencia de inflamación, hematoma, pérdida de movimiento y/o dolor en tabaquera anatómica o en cara palmar de eminencia tenar o en margen radial de la muñeca en paciente con traumatismo típico. Además, la desviación cubital de la muñeca suele ser dolorosa (Irisarri Castro y col., 2007). Es la fractura más frecuente de los huesos del carpo, siendo más común en hombres y poco frecuente en niños y ancianos. El mayor porcentaje de fractura ocurre en la cintura del escafoides o porción media, las cuales se presentan en la Figura 1.2, tanto normal –Figura 1.2(a)– como patológica –Figura 1.2(b)–.

Figura 1.2

Radiografía frontal de muñeca. (a) Normal y (b) patológica



Nota. Recuperada de (Hernández Ramajo, 2013) y (Llanos Manzano, 2022).

1.5 Consolidación de una fractura

Un hueso para consolidar requiere un adecuado contacto entre los fragmentos, ejerciendo cierta presión y, a su vez, de la inmovilización de la extremidad en cuestión. La recuperación de una fractura tiene características especiales, ya que es un proceso de restauración que se completa sin formación de una cicatriz visible. A diferencia de lo que ocurre en otros tejidos como la piel, se produce una formación de un callo óseo y al finalizar el proceso de reparación sólo queda hueso maduro en lugar de la fractura (Ramos Vertiz, 1984). Entre el 4to y 21mo día, hay un aumento del flujo sanguíneo local (Ruiz del Pino y col., s.f). La rapidez con que se regenera el hueso depende de la edad de la persona y de la presencia de otros trastornos. Por ejemplo, los huesos de los niños se regeneran mucho más rápido que el de los adultos. Los trastornos que afectan el flujo sanguíneo, como la diabetes y la enfermedad arterial periférica, retrasan la regeneración (Campagne, 2021). Por otro lado, en el lugar de la lesión se produce un hematoma fracturario. Este hematoma sufre una reorganización del tejido

conjuntivo vascular regional donde se establece así un puente entre los fragmentos, el callo fibroso, donde en cierto momento se comienza a formar tejido óseo alrededor de la trama vascular que pasa a sustituir al callo fibroso y forma el callo óseo primario. Cuando la lesión se encuentra curada, la remodelación continua del tejido óseo da lugar al callo óseo definitivo, a veces tan perfecto, que no se podría afirmar que allí hubo una fractura (Ramos Vertiz, 1984).

En ciertos casos los huesos sufren un retardo en su consolidación que se define como una alteración evolutiva de aquella fractura bien reducida e inmovilizada, en la que al transcurrir el tiempo suficiente para consolidar (máximo de 9 meses) no aparece una unión ósea completa, y radiográficamente sigue siendo visible la línea de fractura, como se muestra en la Figura 1.3. Esto mayormente ocurre en pacientes con consumo de tabaco, personas mayores, infección y movilización del área.

Figura 1.3

Radiografía de muñeca frente antero-posterior con fractura transversa y bordes escleróticos por falta de consolidación



Nota. Recuperada de Fig. 53 en (Llanos Manzano, 2022).

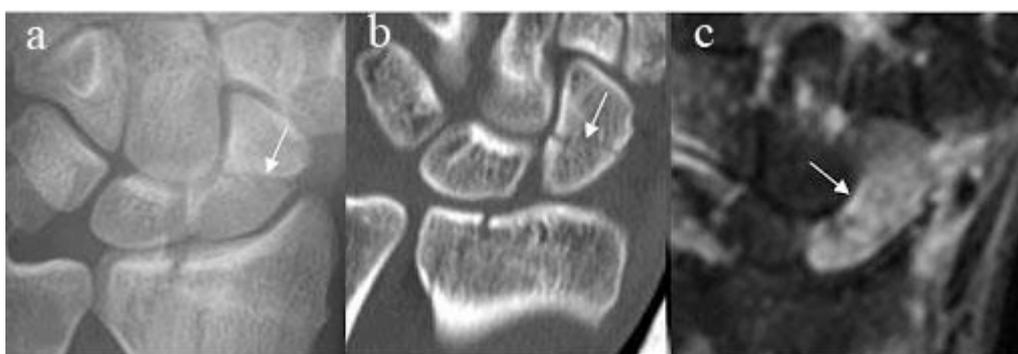
Múltiples estudios han reportado que, en general, las fracturas de escafoides tienen un porcentaje de consolidación del 90%. Sin embargo, cuando existe más de 1 mm de desplazamiento, se asocian con tasas de unión de apenas 55%. Además, las fracturas desplazadas se asocian a necrosis avascular del polo proximal en un 55% y pseudoartrosis en un 19% (Vindas Hernández y col., 2020).

1.6. Métodos de detección de fracturas de escafoides

Existen tres métodos diagnósticos eficaces para la detección de una patología en el hueso escafoides. La Figura 1.4 muestra diferentes métodos empleados en la detección de patología el hueso escafoides. La Figura 1.4(a) muestra una radiografía de mano frente donde se evidencia fractura transversa en tercio medio del escafoides. La Figura 1.4(b) es una imagen de una tomografía computada en corte coronal la cual confirma que la fractura no está desplazada, mientras que la Figura 1.4(c) es una resonancia magnética nuclear que muestra al hueso escafoides hiperintenso, por contusión ósea con evidencia de fisura en la parte inferior.

Figura 1.4

Imágenes de métodos de diagnóstico en hueso escafoides. (a) Radiografía frontal de muñeca, (b) tomografía computada con corte coronal y (c) resonancia magnética corte coronal STIR



Nota. Recuperada de Fig. 46 y Fig. 47 en (Llanos Manzano, 2022).

La radiografía es la prueba diagnóstica que se utiliza de forma más habitual dado que es un método de diagnóstico rápido y de bajo costo. Estas ofrecen imágenes de estructuras densas, como la de los huesos. Ante la sospecha de una fractura se debe realizar una evaluación radiográfica inicial del escafoides, incluyendo proyecciones simples de muñeca frente postero anterior, perfil estricto, frente con desviación cubital y frente con desviación radial. Cuando en la radiografía no se visualiza la fractura, es importante realizar una comparativa de la muñeca no lesionada que permite comparar el hueso escafoides derecho con el izquierdo, o viceversa. Las fracturas incompletas suelen no ser diagnosticadas por estudios de rayos X simples (Espinosa y Rodríguez Lozano, 2007), por lo que se acude a estudios de mayor complejidad como la resonancia magnética y/o la tomografía computada. Estos métodos tienen una sensibilidad similar, sin embargo, depende en cierto grado de la técnica. La tomografía computada, permite determinar el grado de desplazamiento del foco de fractura, y así decidir el curso terapéutico. Además, brinda la posibilidad de evidenciar puentes óseos en casos de consolidación retardada, y es altamente sensible para detectar la presencia de conminución e incongruencia articular. Su alta resolución y capacidad de mostrar varios planos, incluso 3-D, resultan ideal para el planeamiento quirúrgico. La resonancia magnética nuclear, es acertada en

cuanto a sensibilidad y especificidad para lesiones ocultas del escafoides, lo que la convierte en el estudio de elección en estos casos. Esta también presenta alta efectividad para realizar diagnóstico diferencial (Espinosa y Rodríguez Lozano, 2007).

1.7. Impacto de la fractura de escafoides en la salud

Las fracturas del escafoides, por lo general causan dolor e inflamación en la tabaquera anatómica y muñeca. El dolor puede ser intenso cuando mueve el pulgar o la muñeca, o cuando intenta agarrar un objeto. A menos que tenga deformada la muñeca, tal vez no siempre sea evidente una quebradura. En algunas fracturas del escafoides, el dolor no es intenso y se puede confundir con un esguince de muñeca. Independientemente del tipo de tratamiento que se requiera, ya sea quirúrgico o no, se puede indicar un yeso o una férula durante 6 semanas como máximo o hasta controlar que la fractura haya consolidado. A diferencia de las demás fracturas, las fracturas del escafoides tienden a sanar lentamente por su tipo de vascularización. Durante ese período, a menos que el médico apruebe la actividad avanzada, se deben evitar algunas acciones como, levantar, acarrear, empujar objetos, participar de deportes de contacto, usar maquinaria vibratoria o pesada, etc. Algunos pacientes que usan yeso durante un período prolongado o que requieren una cirugía más amplia. Tienden a contraer una rigidez en la muñeca después de una fractura del escafoides. A pesar de la terapia para manos y del gran esfuerzo por parte del paciente durante la terapia en el hogar, algunos pacientes tal vez no recuperen el mismo rango de movimiento y la fuerza que tenían antes de la cirugía. Todos estos casos implican que la capacidad para reincorporarse al trabajo cotidiano sea más lejana, incluso llegando a ser imposible incorporarse a un trabajo por razones de incapacidad ante la imposibilidad de realizar movimientos con la mano por síntomas como rigidez, atrofia muscular, osteoporosis por desuso y pseudoartrosis que impiden la movilidad (Hernández Ramajo, 2013).

1.8. Motivación y objetivos de la Tesina

La fractura del hueso escafoides es difícil de detectar y las consecuencias una detección no precoz conlleva a que el individuo presente una incapacidad a lo largo de la vida en la mano afectada. El interés principal de la realización de esta Tesina reside en definir el método diagnóstico adecuado para una detección precoz sobre un paciente que recurre a un nosocomio tras haber sufrido un traumatismo en la mano con síntomas típicos de una fractura de hueso escafoides carpiano que, ante el primer método para su detección, como la radiografía, no sea visible el trazo fracturario.

1.8.1. Objetivo general

Definir el método de mayor especificidad diagnóstica tal que le brinde al médico especialista una adecuada información, permitiendo detectar posibles fracturas ocultas que originen futuras complicaciones de salud en el/la paciente.

1.8.2. Objetivos específicos

- Identificar las incidencias radiográficas de muñeca que aporten información certera sobre el hueso escafoides.
- Analizar cuál es el método diagnóstico de elección (radiografía, resonancia magnética, tomografía computada) ante una sospecha de fractura de escafoides.
- Investigar secuelas de pacientes con fracturas de escafoides no diagnosticadas.
- Describir los posibles tratamientos, tanto quirúrgicos como no quirúrgicos, dependiendo de la edad y capacidad del individuo.
- Establecer un protocolo de trabajo en busca de posibles fracturas de escafoides sumando incidencias específicas a la práctica habitual.

1.9. Cuestiones éticas

Se trabajará sobre los preceptos de la Ley 25326 de protección de los datos personales, sobre la base del anonimato del paciente, como base fundamental para la protección de los derechos personales.

1.10. Materiales y métodos

Se utilizará un enfoque cualitativo de alcance explicativo con diseño no-experimental, de tipo transeccional empleando una muestra no-probabilística. Se emplearán radiografías, tomografías y resonancias de muñecas realizadas a pacientes con traumatismos, producto de accidentes de tránsito, doméstico y deportivo; recolectadas de cuatro nosocomios en distintas localidades (SAMCO Chañar Ladeado, SAMCO de Villa Cañas, Hospital para la Comunidad de Arias, Cba y Hospital “Dr. Alejandro Gutierrez” de Vdo Tuerto). El análisis de datos se realizará por análisis de ocurrencias de eventos

El SAMCO Chañar Ladeado cuenta con un equipo de Rayos X (Dinan AF 500, con mesa flotante y potter mural en la pared) y cuarto de revelado con procesadora automática (Daiton Coltd, modelos XP 1000) para el procesamiento y obtención de imágenes.

El SAMCO de Villa Cañas cuenta con equipo de RX (Dinan AF 500 con una camilla flotante y potter mural) y digitalizador Carestream Vita Flex.

La sala de radiología del Hospital para la Comunidad de Arias (Córdoba), dispone de un equipo de RX Carestream modelo lineal MC 150, tubo Toshiba 2017 con un máximo de 8A, mesa móvil, brazo porta tubos y con sistema potter Bucky. Para la adquisición y procesamiento

de la imagen dispone de una sala de comandos con una consola, un digitalizador, una impresora láser y una computadora donde se hace visible la imagen y adjunta a la red. La sala de tomografía computada cuenta con un equipo de marca General Electric Prospeed helicoidal de II canales. Por último, la sala de radiología del Hospital “Dr. Alejandro Gutiérrez” dispone de un equipo de rayos digital indirecto de marca GBA y una sala de procesado con computadora para poder editar, expandir y grabar las imágenes; mientras que la sala de resonancia está compuesta por un resonador cerrado marca Toshiba de alto campo (1,5 T) y bobinas para columna, cerebro, columna cervical, abdomen, codo, hombro, rodilla y tobillo.

1.11. Ordenamiento de la Tesina

Este trabajo de Tesina ha sido ordenado en 7 capítulos. En el Capítulo 2, “El escafoides carpiano y su relación anatómica”, se estudia la formación ósea de la mano humana, la descripción morfológica del hueso escafoides, la estructura ligamentaria del carpo y la cinemática del escafoides. El Capítulo 3, “Diagnóstico de la fractura de escafoides”, se aborda la fractura de escafoides y sus mecanismos de origen, junto a los métodos de detección de la fractura. En el Capítulo 4, “Dificultades derivadas del diagnóstico tardío de una fractura de escafoides”, se estudian las consecuencias del diagnóstico tardío de la fractura de escafoides. El Capítulo 5, “Tratamiento para fracturas de escafoides”, se estudia el diagnóstico y tratamiento de la fractura de escafoides. En el Capítulo 6, “Casos clínicos”, se realiza un abordaje de la influencia de enfermedades (reuma y pseudoartrosis) e intervenciones quirúrgicas sobre la fractura de escafoides y los tratamientos realizados. Por último, en el Capítulo 7, “Conclusiones” se exponen las principales conclusiones obtenidas.

Capítulo 2

EL ESCAFOIDES CARPIANO Y SU RELACIÓN ANATÓMICA

En este capítulo se proporciona un detalle de la formación ósea de la mano humana y se realiza una descripción morfológica del hueso escafoides. Además, se realiza un estudio sobre la estructura ligamentaria del carpo y de la cinemática del escafoides.

2.1. Anatomía de la mano

La anatomía de la mano es uno de los elementos más fascinantes y complejos del cuerpo humano. Ha sido una pieza fundamental en el desarrollo de la especie humana, la capacidad de oposición del pulgar y la prensión, que, en conjunto con la coordinación y la motricidad fina, permitieron a la misma la construcción de herramientas complejas, el inicio de la escritura, la comunicación no verbal, entre otras actividades que llevaron al progreso, el avance cultural y tecnológico de nuestra sociedad (Rodríguez Ramírez y col., 2020). Conformada por 27 huesos, la mano, no solo depende funcionalmente de sus músculos intrínsecos, sino también de un número considerable de estructuras que se originan en niveles más proximales como lo son los músculos extrínsecos y sus tendones, los nervios y los vasos sanguíneos (Rodríguez Ramírez y col., 2020). Los músculos intrínsecos son parcialmente responsables de toda su amplitud de movimiento, esto se debe a que los contribuyentes principales son los músculos extrínsecos, es decir, los músculos del antebrazo, que proyectan sus tendones hacia la mano a través de una estructura anatómica igualmente compleja y flexible, llamada muñeca (Vasković, 2022).

La mano se divide en tres grupos, los dedos o falanges, metacarpo y carpo. Los dedos son esenciales en el tacto, en el movimiento de prensión y son muy móviles. Sus huesos están articulados con los metacarpianos, enumerándose del 1 a 5, comenzando por el pulgar. Está formado por tres columnas decrecientes que se denominan falanges (primera, segunda y tercera) aunque también pueden ser apodadas: falange, falangina y falangeta. Poseen nombres propios como pulgar, índice, medio, anular y meñique. El pulgar solo consta de dos falanges, faltando la segunda o falangina (Bontrajer, 2004). Los metacarpos constituyen el esqueleto de la región palmar y se conforman por 5 huesos, denominados metacarpianos, numerados del 1 al 5 contando desde el pulgar hacia afuera. Son huesos largos, con un cuerpo y los dos extremos, uno superior o proximal y el otro inferior o distal. El cuerpo es ligeramente curvo en el sentido

longitudinal, prismático y triangular, y por consiguiente tiene tres caras y tres bordes. En la extremidad superior o carpiana, los metacarpianos muestran cinco carillas, tres articulares y dos no articulares. La extremidad inferior tiene la forma de una cabeza articular, aplanada en sentido transversal. Se articula con la primera falange de los dedos (Bontrajer, 2004). Un detalle de los huesos de la mano se muestra en la Figura 2.1.

Figura 2.1

Huesos constitutivos de la mano

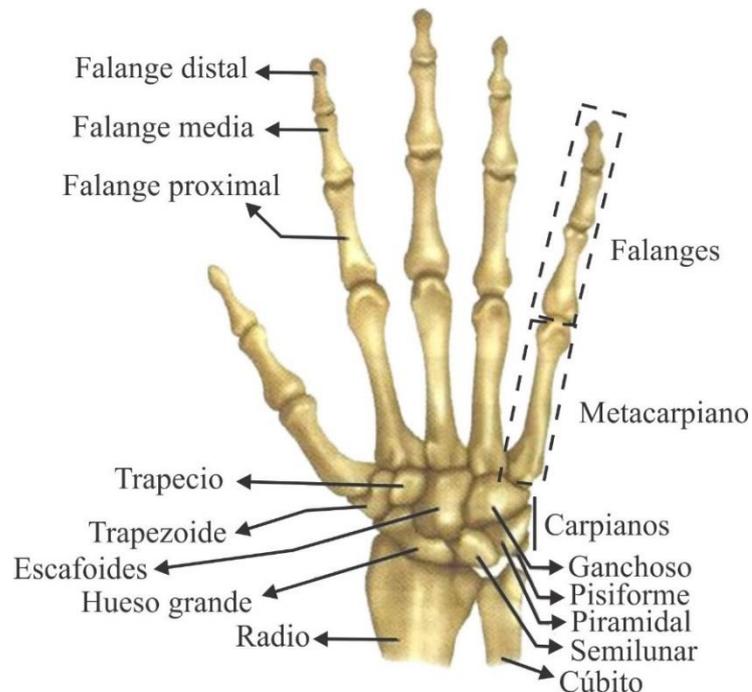
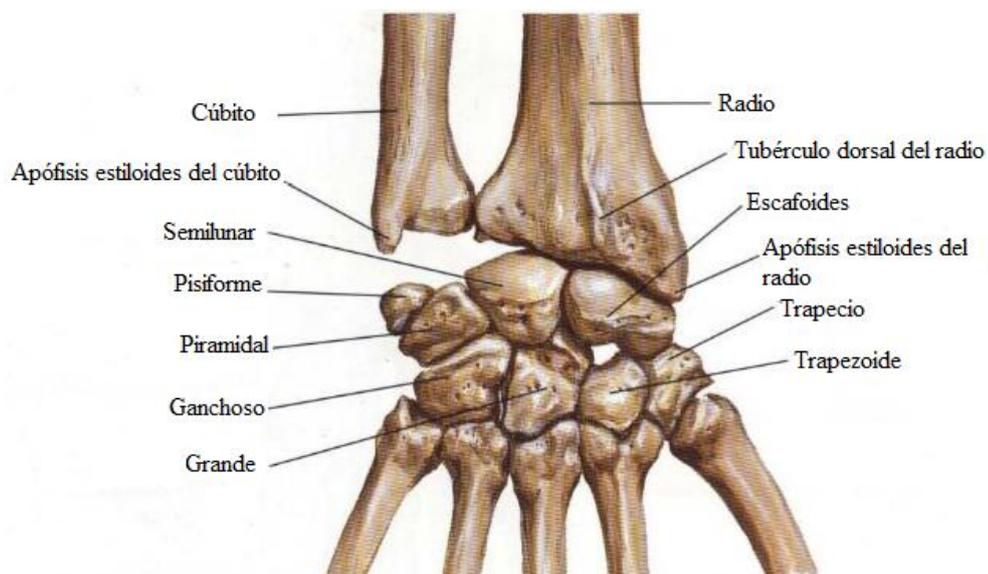


Figura 2.2

Huesos del carpo en una vista posterior (dorsal)



Nota. Créditos a quien corresponda.

Los huesos del carpo se disponen en dos filas, como muestra la Figura 2.2, la primera fila o hilera proximal, está compuesta por el hueso escafoides, semilunar, piramidal y pisiforme, articulándose con el cúbito y radio, formando la articulación de la muñeca o radiocarpiana, y con los huesos de la segunda fila o hilera distal del carpo que está compuesta por el hueso trapecio, trapecoide, grande y ganchoso, estos articulándose con los metacarpianos. El escafoides es un hueso que se divide en tres porciones que son el cuerpo, la zona media o cintura y una porción distal. Presenta una superficie articular proximal convexa, una carilla medial plana para articularse con el semilunar y otra más distal y cóncava que se relaciona con el grande. Mediante su superficie distal que es convexa se articula con el trapecio y el trapecoide (Hernández Ramajo, 2013).

El semilunar cuenta con 4 carillas articulares que ocupan la mayor parte de su superficie, una proximal que se articula con el radio, otra medial para el piramidal y otra lateral para el escafoides. La carilla distal, configura junto con la carilla del escafoides una concavidad para la cabeza del hueso grande creando una articulación cóndilo-glenoidea móvil. (Hernández Ramajo, 2013). Mientras que el piramidal tiene forma de pirámide truncada y forma parte del complejo articular radiocubital distal, presentando una superficie articular proximal lisa, una cara externa que se articula con el semilunar, una cara distal articulada con el ganchoso y a través de su cara palmar con el pisiforme. La cara dorsal y parte de la cara palmar del piramidal son rugosas y reciben la inserción de potentes ligamentos que intervienen en la estabilidad del carpo (Hernández Ramajo, 2013).

El pisiforme es un hueso sesamoideo localizado en el interior del tendón del flexor cubital del carpo. Tiene una superficie articular plana para el piramidal y la concavidad del hueso se inclina hacia el lado radial. Este hueso se articula con la faceta articular palmar del piramidal y, al ser punto de inserciones ligamentosas tiene poca movilidad. El trapecio es un hueso muy importante en la función de la mano. Su articulación distal con el primer metacarpiano es móvil, siendo posibles movimientos en dos ejes perpendiculares entre sí. La articulación trapecio-metacarpiana permite el movimiento de oposición del pulgar. El trapecio se articula mediante carillas internas con el segundo metacarpiano y con el trapecoide y proximalmente se articula con el escafoides. Las superficies no articulares del trapecio son puntos de inserción muscular o ligamentosa. Por otro lado, el trapecoide se coloca como una cuña entre el trapecio y el grande articulándose proximalmente con el escafoides y distalmente sirve de soporte del segundo metacarpiano. (Hernández Ramajo, 2013)

El grande es el hueso de mayor tamaño del carpo. La cabeza es la parte proximal del hueso y se articula con la concavidad que crean el escafoides, el semilunar y la porción más

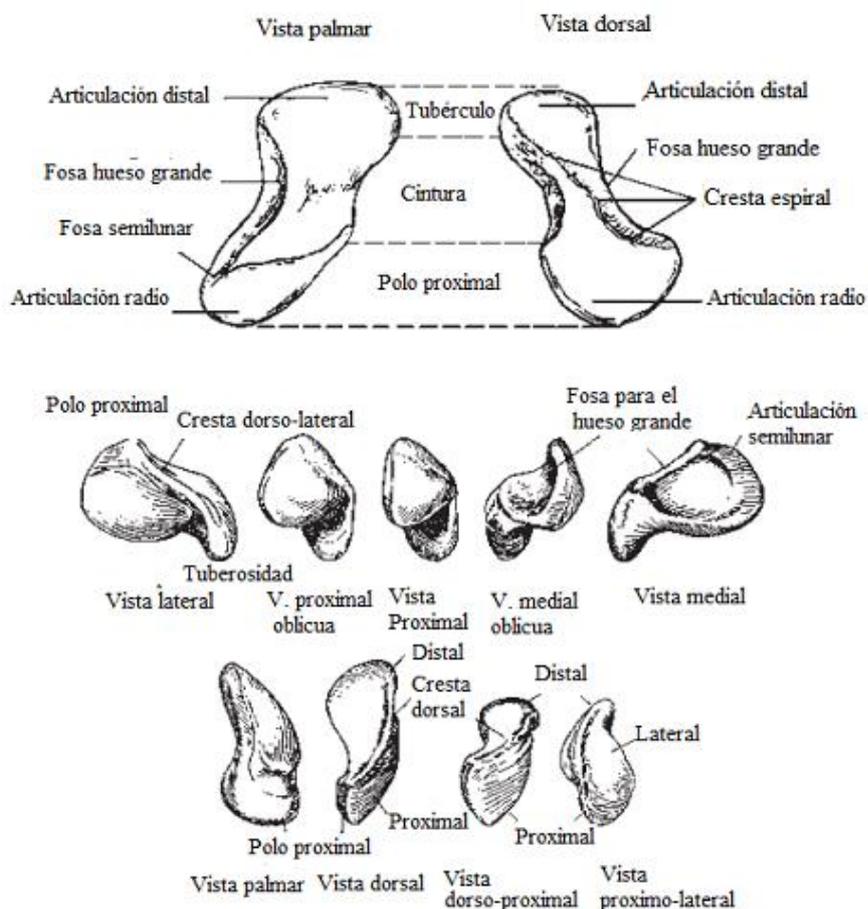
proximal del ganchoso. El ganchoso tiene forma de pirámide de cuña. A su alrededor se producen los movimientos rotatorios de la muñeca. Sus carillas articulares ocupan prácticamente toda la superficie del hueso. En sentido proximal el borde fino de la cuña se articula con el semilunar. En sentido distal se relaciona con el cuarto y quinto metacarpiano. La superficie lateral se articula con el grande y la medial con el piramidal. En su cara palmar se localiza una apófisis encorvada hacia el lado radial llamada gancho o apófisis unciforme, donde se insertan la mayor parte de las fibras del ligamento transversal anterior del carpo (Hernández Ramajo, 2013).

La muñeca es un complejo articular formado por la articulación radiocarpiana, entre la superficie articular del radio, del escafoides y del semilunar del carpo; la articulación radiocubital, entre la cara interna del radio y la cabeza cubital; la articulación mediocarpiana, constituida por condiloartrosis tanto en la primera hilera de huesos (escafoides, semilunar, piramidal y pisiforme) como en la segunda (trapecio, trapecoide, grande y ganchoso). La articulación radiocarpiana son superficies articulares involucradas en la unión radiocarpiana son de lateral a medial, la del escafoides con la faceta externa del radio y la del semilunar con la faceta interna del radio. El hueso piramidal comparte una pequeña región de su superficie dentro de la cápsula, pero no tiene relación directa con el radio, sino que está en contacto con el borde medial del semilunar y sirve de soporte cuando se realiza la desviación cubital de la muñeca para ampliar superficie en este movimiento (Rodríguez Ramírez y col., 2020).

2.2. Morfología del hueso escafoides

El hueso escafoides se encuentra al lado del pulgar, justo por encima del radio. Cumple la función importante de brindar estabilidad y movilidad de la articulación radiocubito–carpiana. La palabra *escafoides* proviene del término griego lo que significa "barco", ya que se parece a un bote con su forma curva relativamente larga (OrthoInfo, 2019). El 80% de la superficie está recubierto de cartílago articular, la zona desprovista de éste sirve para la inserción de estructuras capsulo-ligamentosas que son usadas como elementos de transporte y sostén de los vasos del escafoides (Hernández Ramajo,2013).

El escafoides está distribuido en cuatro superficies articulares: la superficie proximal que es convexa y articula con la fosa escafoidea del radio; la faceta cubital en forma de luna que articula con la superficie lateral del hueso semilunar; la faceta distal y medial cubital que tiene forma oval y articula con la superficie lateral del hueso grande y, la superficie distal que es convexa y puede estar dividida por una cresta en dos: una faceta medial que articula con el trapecoide y una lateral que articula con el trapecio (Galindo,2007).

Figura 2.3*Anatomía del hueso escafoides*

Nota. Recuperada de Fig. 1 y Fig. 2 en (Galindo, 2007).

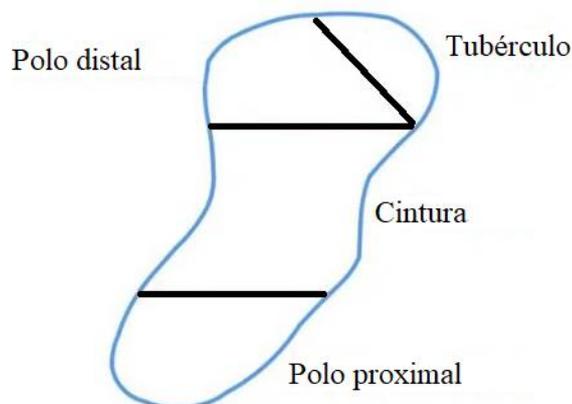
La función principal es la unión mecánica entre la fila proximal y la fila distal del carpo y depende básicamente de sus articulaciones y de la estabilidad que le otorgan los ligamentos extrínsecos e interóseos (Galindo, 2007). Además, posee la característica de permitir relacionarse a través de sus caras con los cinco huesos vecinos, como se observa en la Figura 2.3, proximalmente presenta una cara convexa con dirección proximal y lateral que sirve para articularse con la porción externa de la cavidad glenoidea del radio. Distalmente presenta dos carillas articulares convexas para el trapecio y el trapecoide. Hacia medial tiene una cara cóncava con una depresión en su zona distal que sirve para articularse con la cabeza del hueso grande y otra carilla más plana y pequeña que le sirve para relacionarse con el semilunar (Hernández Ramajo, 2013).

Un esquema del hueso escafoides se muestra en la Figura 2.4. El hueso escafoides se divide en polos proximales, distales y la cintura, que es la parte que se encuentra entre ambos

polos, siendo el sitio más común de fractura. El tubérculo del escafoides es una prominencia ósea en la superficie ventral de la porción lateral del polo distal (Landin & Thione, 2022).

Figura 2.4

Esquema del hueso escafoides



Nota. Adaptada de (Landin & Thione, 2022).

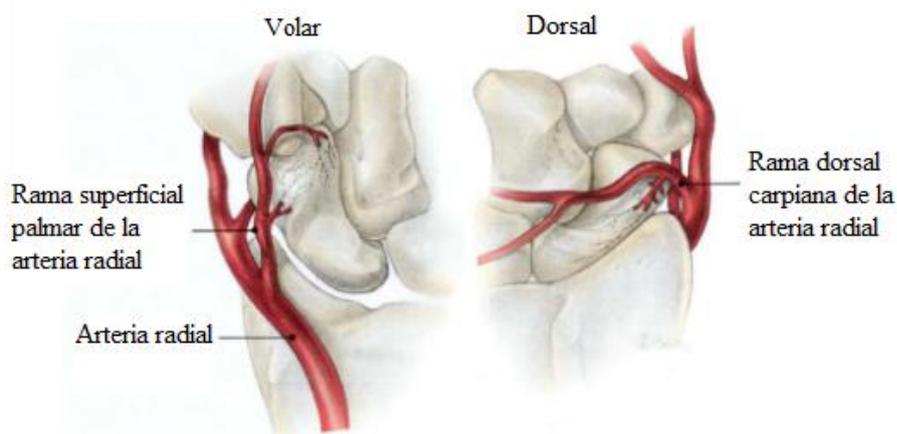
En la radiología es difícil determinar la forma del escafoides, por lo que para ver su geometría se emplean ángulos denominados ángulos intraescafoideos, los cuales se miden tanto en plano sagital como en plano coronal, así mediante técnicas tomográficas y herramientas de medidas estandarizadas se trazan líneas que relacionan el polo proximal con el polo distal (Hernández Ramajo, 2013). Con respecto a su ubicación interna, se puede encontrar con respecto a la anatomía en superficie, en la tabaquera anatómica, donde en el tercio medio se localiza la cintura y el polo distal del escafoides mientras que en zona distal de la tabaquera está la articulación escafo–trapezoidea. (Hernández Ramajo, 2013).

El escafoides recibe irrigación sanguínea a través de las inserciones ligamentarias, entre las que se distinguen principalmente tres grupos de arterias, cuya distribución anatómica se muestra en la Figura 2.5. El grupo dorsal que entra a lo largo de su cresta dorsal, el grupo distal que penetra por su tuberosidad, y el grupo latero–palmar. Este último se considera el más importante, ya que es el que aporta la mayor irrigación intraósea, seguido del sistema dorsal. El 80% de los elementos vasculares que irrigan al escafoides entran a través de la porción no articular de su cintura (Galindo, 2007). El mayor aporte vascular del escafoides se da por su cortical externa mientras que el menor aporte es dado sólo a través de los vasos centrales que le llegan de la mitad distal. En consecuencia, las fracturas en la mitad proximal pueden complicarse con una necrosis avascular que se manifiesta por la típica imagen radiográfica de condensación relativa donde esos segmentos necróticos se suelen aplastar por compresión. Esto favorece la pseudoartrosis del escafoides. (Ramos Vertiz, 2003). Numerosos aspectos anatomopatológicos muestran la precaria vascularización del polo proximal, ya que las

arteriolas principales penetran por el tercio distal. Esto asociado al completo recubrimiento cartilaginoso y a la precariedad de las inserciones ligamentarias en el polo proximal explicaría la elevada causa de necrosis avascular y de pseudoartrosis a este nivel (Mendoza, s.f).

Figura 2.5

Vascularización del escafoides



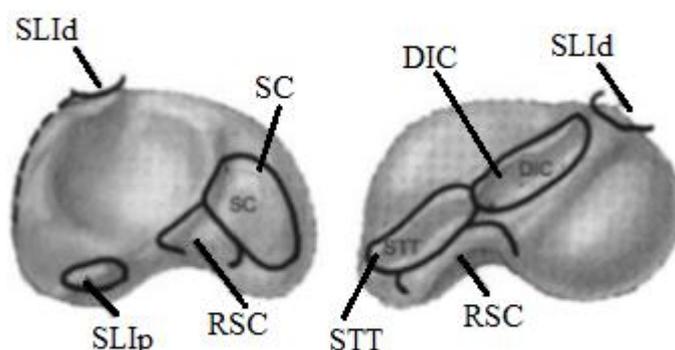
Nota. Adaptada de Fig. 20 en (Mendoza, s.f).

2.3. Ligamentos del carpo

Desde un punto de vista biomecánico el escafoides actúa como un elemento de estabilización entre la hilera proximal y la hilera distal del carpo debido a su morfología y a la presencia de importantes estructuras capsulares y ligamentosas, de tal forma que ante una fractura o una lesión ligamentosa del escafoides se produce la pérdida del papel de este hueso y con ello al colapso del carpo debido a las fuerzas de compresión. La Figura 2.6 muestra distintas inserciones ligamentarias del hueso escafoides.

Figura 2.6

Inserciones ligamentarias del escafoides



Nota. Recuperada de Fig. 3 en (Galindo, 2007).

Posee varias inserciones ligamentarias. Uno de ellos, el ligamento radio-escafo-semilunar, se considera un ligamento palmar intrínseco profundo (SLIp), forma un complejo junto con el ligamento escafo-semilunar interóseo, que se origina del tercio anterior de la prominencia interfacetaria del radio, se dirige distal y dorsalmente hasta su inserción en la base de la articulación escafo-semilunar. Por dentro de la articulación se une mediante una porción membranosa (SLIm) con el ligamento escafo-semilunar interóseo, este posee forma de C, y tiene una porción de fibrocartílago membranosa que funciona como pseudo menisco.

La porción dorsal es gruesa y cubre desde el cuerno dorsal del semilunar hasta el polo proximal del escafoides (SLId). La parte palmar es delgada y se orienta oblicuamente entre el escafoides y el semilunar (SLIp); El ligamento radio-escafo-hueso grande (RSC) es un ligamento extrínseco palmar, es el más radial de los ligamentos radiocarpales, se origina proximalmente a la apófisis estiloides del radio; el escafo-trapecio-trapezoidal (STT), es intrínseco que se origina proximal y palmar en el polo distal del escafoides, inmediatamente distal a la inserción del RSC, forma dos ligamentos: el escafo-trapecio y el escafo-trapezoidal; y el ligamento escafo-hueso grande (SC), es intrínseco medio-palmar que se origina de la superficie no articular palmar y lateral del polo distal, inmediato al STT y al RSC (Green y col., 2007).

Debido a los ligamentos y a la morfología del propio escafoides se consigue la estabilidad longitudinal y transversal del carpo. La hilera proximal del carpo carece de inserciones ligamentosas excepto el pisiforme por lo cual las fuerzas que actúan sobre él ejercen su fuerza sobre la hilera distal y son los huesos de la hilera proximal los que en un segundo tiempo se mueven. En cuanto a la hilera distal, en condiciones normales tiene poca movilidad ya que los huesos que la componen están fuertemente unidos entre sí, por lo cual es muy rígida y actúa como si fuese una unidad funcional. Esto hace que, ante una flexión de la muñeca, la hilera distal del carpo como un conjunto rota en flexión y en desviación cubital, mientras que si se realiza una extensión de la muñeca esta hilera distal va a desviarse o rotar en extensión y en desviación radial en un movimiento denominado flexo-extensión fisiológica. Por el contrario, los huesos de la hilera proximal tienen una unión menos rígida entre sí y aunque se produce un movimiento parecido al que ocurre en la hilera distal, existen diferencias en cuanto a la movilidad de cada uno de los huesos. Cuando se produce una desviación desde una posición radial hacia cubital los huesos de la hilera proximal se dirigen desde la flexión en desviación radial a la extensión y desviación cubital (Hernández Ramajo.2013).

Durante los movimientos de flexión y extensión el escafoides sigue al resto de los huesos de la hilera proximal, pero se desliza en flexión al realizar el movimiento de

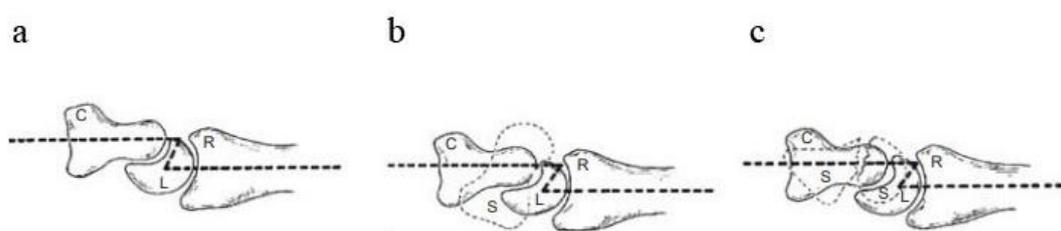
inclinación radial o abducción y en extensión al hacer inclinación cubital o aducción. En los movimientos combinados, con la muñeca en extensión y aducción, el escafoides se horizontaliza colocándose paralelo al eje del radio, mostrándose “extendido”, ajustándose proximalmente la articulación radio carpiana de tal manera que contacta con el semilunar y se encaja por su polo distal con el trapecio y el trapecoide (Hernández Ramajo, 2013).

2.4. Cinemática del escafoides

La cinemática es la parte de la física que estudia el movimiento de los cuerpos sin tener en cuenta las causas. El movimiento de la muñeca es el resultado de la interacción y suma de movimientos individuales de cada uno de los huesos del carpo; esto no sólo permite el entendimiento de las lesiones desde el punto de vista de ciencias básicas, sino también desde el punto de vista clínico.

Figura 2.7

Cinemática del escafoides. (a) La ausencia del escafoides produciría el colapso del carpo, (b) con lesión de los ligamentos y (c) con fractura de escafoides



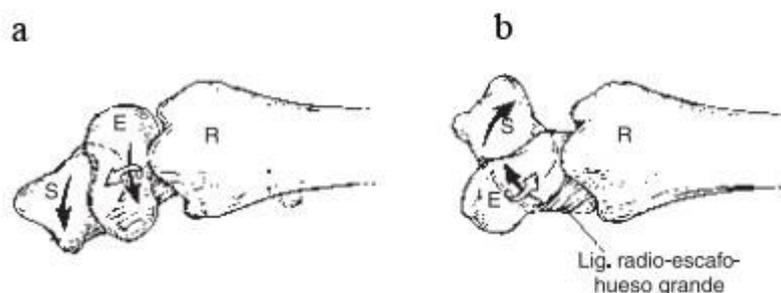
Nota. Recuperada de Fig 3 en (Galindo, 2007).

Si se considera sólo la parte central del carpo, el movimiento de la articulación mediocarpal y radiocarpal proporciona sólo un tercio del movimiento de la muñeca, los dos tercios restantes, cerca de 60% de la flexión, ocurren en la articulación semiluno-hueso grande. En el movimiento de la parte lateral del carpo más de dos terceras partes del movimiento total ocurren en el intervalo radioescafoideo (Galindo,2007). La articulación distal del escafoides se encuentra en posición palmar con respecto a la articulación proximal, lo que produce que durante la flexión el escafoides tenga un momento de flexión con carga axial hacia la muñeca (Galindo,2007).

Como se muestra esquemáticamente en la Figura 2.8, durante la extensión de la muñeca el escafoides se extiende en promedio 50°, se supina 6° y se desvía radial 4°. Durante la flexión, el escafoides se flexiona 58°, se desvía cubital 18° y prona 10°; este movimiento tan complejo del escafoides está controlado por el ligamento radio–escafo–hueso grande que evita que exista flexión pura en el movimiento del escafoides.

Figura 2.8

Movimiento sinérgico de los huesos de la fila proximal del carpo. (a) Movimiento de flexión y (b) de extensión



Nota. Recuperada de Fig 11 en (Galindo, 2007).

Esto produce que el escafoides no sólo tenga movimiento de rodamiento (rolling) sino también de deslizamiento entre el polo proximal y el radio, lo que explica por qué el contacto entre ambos huesos cambia de una posición radial a una palmar y cubital durante el movimiento sinérgico de los huesos de la fila proximal flexión y extensión de la muñeca, donde se puede observar en la Figura 2.8(a) el movimiento de flexión que todos los huesos tienen un movimiento de flexión y desviación cubital, mientras que en el movimiento de extensión – Figura 2.8(b)– sucede lo inverso debido al ligamento radio–escafo–hueso grande (Galindo, 2007). En la desviación radial de la muñeca el escafoides tiene un movimiento combinado de desviación radial de 5°, flexión palmar de 13° y algunos grados de supinación; en la desviación cubital sucede lo inverso, se desvía cubital 16°, flexiona 18° y seprona 11°, movimientos que obedecen a la relación que se presenta entre la articulación escafo–hueso grande, el efecto de constricción de la apófisis estiloides del radio y la fuerza de tracción excéntrica que producen en la parte palmar los ligamentos escafo–trapecio y trapecoide (Galindo, 2007).

Desde un punto de vista biomecánico el escafoides actúa como un elemento de estabilización entre la hilera proximal y la hilera distal del carpo debido a su morfología y a la presencia de importantes estructuras capsulares y ligamentosas, de tal forma que ante una fractura o una lesión ligamentosa del escafoides se produce la pérdida del papel fundamental de este hueso y con ello al colapso del carpo debido a las fuerzas de compresión (Hernández Ramajo, 2013).

Capítulo 3

DIAGNÓSTICO DE LA FRACTURA DE ESCAFOIDES

En este capítulo se realiza un estudio de la fractura de escafoides y se analizan los mecanismos que dan origen a la fractura. Por otro lado, se abordan distintos métodos de detección de la fractura de escafoides, abordando la secuencia usual de diagnóstico y considerando un simple estudio radiográfico o complejos como la tomografía computada y la resonancia magnética. Por último, se estudia la clasificación para este tipo de fractura.

3.1. Fractura de escafoides

El escafoides es el hueso que más comúnmente se lesiona en la región del carpo. Generalmente el diagnóstico se retrasa por lo cual se puede alterar el pronóstico y su futura consolidación. El diagnóstico de las fracturas y dislocaciones de los huesos del carpo puede ser difícil ya que las siluetas de los ocho huesos se superponen en la mayoría de los puntos de vista radiológicos. El esguince de muñeca, que es suficientemente severo, puede confundirse con una fractura de escafoides carpiano por lo que se debe tratar inicialmente como tal, tomando nuevas incidencias radiográficas a las dos semanas a pesar de que las iniciales pueden ser negativas (Gómez Quemé, 2015).

La patología traumática del escafoides tiene una serie de características especiales que deben conocerse para realizar un tratamiento adecuado para evitar futuras complicaciones. En primer lugar, por su incidencia representando un 70% de las fracturas de los huesos del carpo (2% a 7% del total de fracturas ortopédicas), siendo más común en hombres y poco frecuente en niños y ancianos debido a la debilidad relativa del radio distal en comparación con el escafoides en este grupo etario. En segundo lugar, por la cinética y cinemática de la muñeca y en tercer lugar por la alta frecuencia en artropatía degenerativa carpiana en la que puede derivar, especialmente en los casos de errores diagnósticos y de tratamientos insuficientes (Mendoza, s.f). En la Figura 3.1 se muestra una radiografía de muñeca frente. El mayor porcentaje de fractura ocurre en la cintura del escafoides o porción media, como se observa en la Figura 3.1(b), es la segunda fractura más frecuente de la muñeca tras la del extremo distal de radio (Landin & Thione, 2022).

Figura 3.1

Radiografía muñeca frente. a) Normal, sin patología; b) con fractura de cintura del escafoides y c) con fractura del polo proximal del escafoides



Nota. Recuperada de Fig. 37 y Fig. 57 en (Hernández Ramajo, 2013).

El diagnóstico de fractura de escafoides precisa de una buena anamnesis y exploración física. Se debe sospechar ante la presencia de inflamación, hematoma, pérdida de movimiento y/o dolor en tabaquera anatómica (son signos muy sensibles, aunque poco específicos, pudiéndose encontrar también en fracturas de estiloides radial o primero y segundo metacarpiano), dolor en cara palmar de eminencia tenar o en margen radial de la muñeca en paciente con traumatismo típico. Además, la desviación cubital de la muñeca suele ser dolorosa (Irisarri Castro y col., 2007).

3.2. Mecanismo de producción de fractura del escafoides

La fractura de escafoides, por lo general, se produce cuando la persona cae sobre la mano estirada, donde el peso del propio cuerpo es soportado por la palma de la mano. Además, debido a este tipo de caída es probable que se produzca la fractura del extremo del hueso del radio según la posición de la mano al caer. El mecanismo más frecuente es una caída con la muñeca en hiperextensión y desviación radial. Otros motivos lesionales pueden ser la contusión sobre los nudillos llamada lesión del boxeador, producida por un golpe directo a puño cerrado, donde la fuerza externa se transmite a través del segundo metacarpiano, se dispersa por el trapecio y trapecoide y genera un momento flexor en el escafoides el cual provoca la fractura en un porcentaje reducido que también causa fractura de quinto metacarpiano por transmisión de fuerzas (Landin & Thione, 2022).

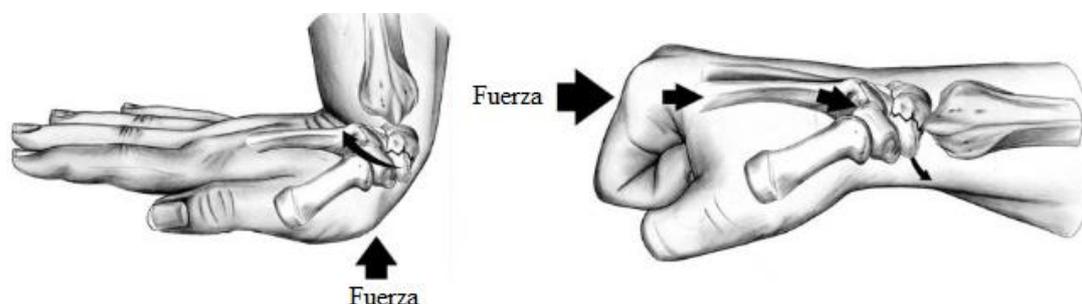
En la infancia, estas fracturas son infrecuentes debido a la gran cantidad de cartílago presente en el hueso escafoides lo que le proporciona un efecto amortiguador durante el desarrollo. El núcleo de osificación del escafoides antes de los 9 años está situado en la porción

más distal del hueso totalmente recubierto de cartílago grueso, por lo que la alteración más frecuente en la infancia son los arrancamientos óseos en la inserción de la cápsula articular así las fracturas menos comunes en los adultos que son las del polo distal son las más frecuentes en los niños y esto se explica por el avance de la osificación del escafoides de distal a proximal. El pico de incidencia de las fracturas en la infancia ocurre entre los 12 y los 15 años y la mayor parte de ellas tiene lugar en el polo distal (Hernández Ramajo, 2013).

La Figura 3.2 presenta esquemáticamente la lesión por compresión causada por una carga longitudinal o impactación de la muñeca que suele provocar la fractura del escafoides sin desplazamiento. Cuando la mano está extendida y la muñeca está en desviación cubital, el escafoides está alineado verticalmente. La carga axial combinada con la curvatura palmar normal del escafoides da como resultado un momento de flexión que colapsa el escafoides. La fractura puede afectar la cintura escafoides, el polo proximal o el tubérculo. Las fracturas del tubérculo pueden ser causadas por compresión o avulsión mientras que las fracturas del polo proximal pueden ser causadas por una avulsión del ligamento escafo-lunar (Landin & Thione, 2022).

Figura 3.2

Mecanismo lesional de fractura de escafoides



Nota. Recuperada de Fig. 1 en (Polo, s.f).

3.3. Diagnóstico imagenológico ante una fractura de escafoides

Ante una fractura de escafoides no tratada por no ser percibida, se produce una fisura lineal que mediante reabsorción fragmentaria con los días la fisura se ensancha, siendo llamado trazo fracturario neto, a los 40 días se produce una osteoporosis difusa del carpo. Debido a la falta de inmovilización se va instalando una imagen típica de la consolidación retardada (fragmentos con imagen quística). Los quistes bien contorneados indican fractura de varios meses. Al año aparece una imagen típica de la pseudoartrosis con dos trazos netos de esclerosis

paralelos. La necrosis del fragmento proximal puede insinuarse a los 30 días (Ramos Vertiz, 1984).

Como se observa en la Figura 3.3(a), en la radiografía de muñeca frente con desviación cubital se identifica una falta de unión entre los fragmentos con esclerosis de los bordes, formación de quistes o geodas adyacentes, aumento del espacio escafosemilunar, resorción ósea y artrosis (pseudoartrosis), mientras que la Figura 3.3(b) es una imagen de tomografía con corte sagital que evidencia pseudoartrosis del escafoides.

Figura 3.3

Fractura de escafoides. (a) Radiografía con desviación cubital y (b) tomografía computada corte sagital



Nota. Adaptada de (Hernández Ramajo, 2013).

3.4. Métodos diagnósticos para detección de fractura de escafoides

La fractura del hueso escafoides suele comportarse de diversas maneras y a su vez puede provocar complicaciones ya que, en su mayoría, son difíciles de detectar. El diagnóstico temprano y el tratamiento de estas son importantes ya que un diagnóstico frustrado puede conducir a la no unión y/o consolidación viciosa, necrosis avascular o artritis secundaria del hueso en cuestión, con muy negativas consecuencias para la estructura y funciones de la muñeca, y sobre todo de la capacidad prensil del dedo pulgar (Mendoza, s.f)

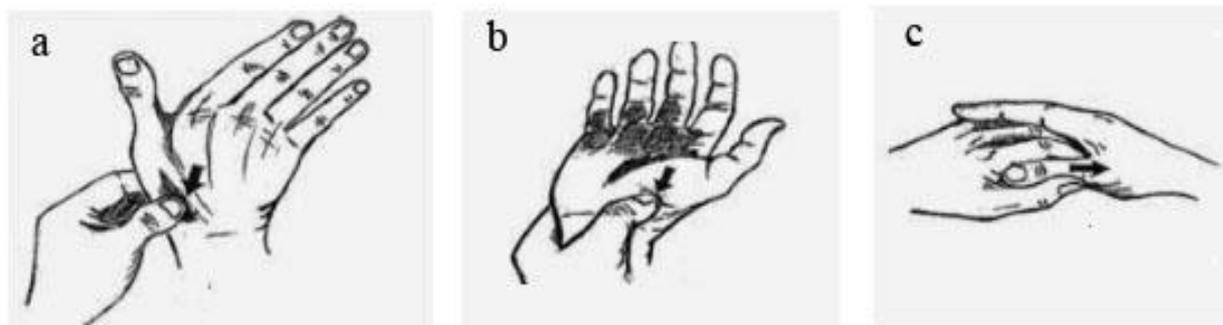
3.4.1. Secuencia en el diagnóstico

Para poder identificar las fracturas de escafoides, según se indica en la Figura 3.4, se deben utilizar en la evaluación clínica tres pruebas para poder llegar a un correcto diagnóstico. Lo cual hace referencia a la sensibilidad en la tabaquera anatómica, situada entre el extensor

largo del pulgar medialmente y los tendones del extensor corto del pulgar y el abductor largo del pulgar lateralmente, con la muñeca en desviación cubital –Figura 3.4(a) –, sensibilidad en el tubérculo del escafoides –Figura 3.4(b)–, y dolor después de la compresión longitudinal del pulgar –Figura 3.4(c) –.

Figura 3.4

Demostración de prueba clínica utilizada para identificar fractura de escafoides. (a) Muñeca en desviación cubital, (b) sensibilidad en el tubérculo del escafoides y (c) compresión longitudinal



Nota. Adaptada de (TC, 2014).

3.4.2. Método radiográfico

Es la prueba diagnóstica que se utiliza de forma más habitual ya que es un método de diagnóstico rápido y de bajo costo. Las radiografías ofrecen imágenes de estructuras densas, como la de los huesos. Utiliza los rayos X, que son ondas electromagnéticas de alta frecuencia, creado por el físico alemán Roentgen. Los rayos X se producen cuando un haz de electrones de alta energía, acelerados a través de un voltaje de miles de voltios, choca con el blanco (tungsteno) del tubo de rayos X. Estos se generan en la nube electromagnética del electrón, a raíz de esto pueden traspasar el cuerpo donde impacta en una pantalla fotomultiplicadores y de esta manera se obtienen imágenes del cuerpo humano (Dillenseger & Moerschel, 2012).

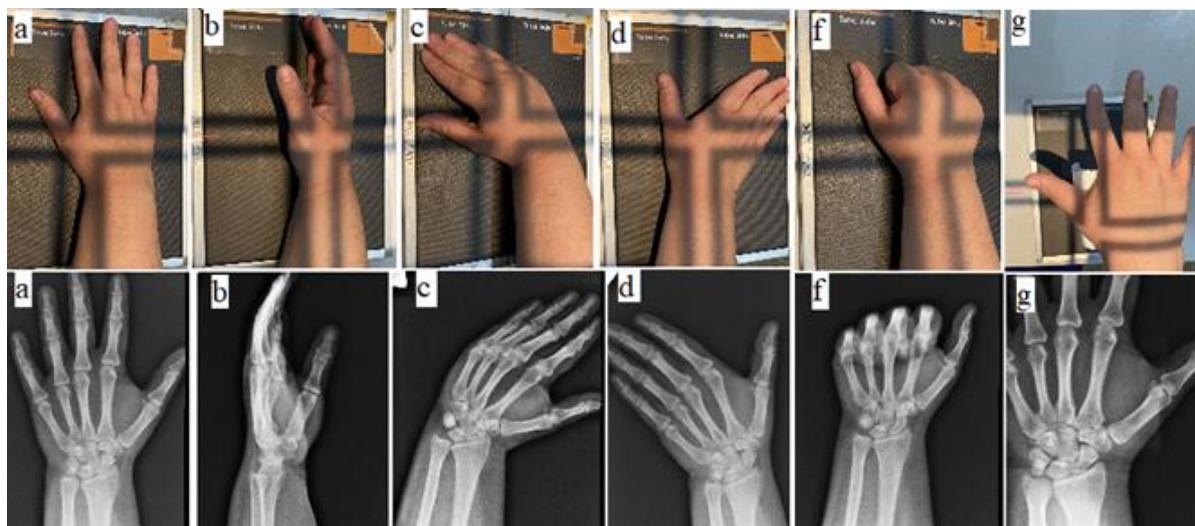
El lugar físico donde se genera esta radiación electromagnética es el tubo de rayos X, mediante un proceso en el cual los electrones acelerados son frenados al colisionar contra un material blanco. Un tubo de rayos X convencional, está compuesto básicamente por un ánodo (generalmente formado por una pieza de cobre (Cu) con un blanco de tungsteno (W) o molibdeno (Mo)), y un cátodo (compuesto por un filamento metálico, es calentado por una corriente eléctrica, lo que imparte calor a sus átomos y genera una “nube” de electrones libres en su superficie) alojados en una cavidad donde se ha practicado vacío. Esta cavidad suele ser una ampolla de vidrio y el proceso de producción de rayos X se da al emerger electrones del

cátodo e impactar en el ánodo. Al aplicarse una diferencia de potencial entre el ánodo y el cátodo, dejando al ánodo como positivo (+), los electrones (de carga negativa) que han sido desprendidos del cátodo por el calentamiento (y se encuentran libres) se dirigirán al ánodo acelerándose por el campo eléctrico. Así, alcanzarán su velocidad máxima al llegar al ánodo. La energía cinética (asociada a la velocidad) de los electrones alcanzará un máximo dependiente del voltaje aplicado. Al impactar (y frenar bruscamente) contra el blanco de W, y perder toda su energía cinética, los electrones producen rayos X (Perez, 2018).

Las radiografías convencionales están siendo reemplazadas por la radiología digital (directa o indirecta). La radiología digital directa funciona con sensores fotosensibles, los cuales convierten la señal luminosa que reciben en una señal eléctrica. Esta señal eléctrica se envía a un convertor analógico digital, transformando la señal analógica a una digital, así se genera finalmente la imagen. La radiología digital indirecta, utiliza placas parecidas a las películas radiográficas convencionales, pero estas están compuestas por una emulsión sensible a la radiación, mediante un proceso se transforman en señal eléctrica. Finalmente, la señal resultante se convierte en digital, mediante un convertor analógico-digital. Las ventajas de su aplicación son la eliminación del uso de películas radiográficas, reducción de la dosis de radiación, sensores reutilizables, fácil y rápida observación, y permiten el almacenamiento y la impresión para posteriores consultas. Además, los programas poseen herramientas que permiten corregir, medir, comparar imágenes.

Figura 3.5

Serie de incidencias radiográficas para estudiar hueso escafoides. (a) Frente, (b) perfil estricto, (c) con inclinación radial, (d) con inclinación cubital, (f) 3/4 escafoides, y (g) magnificada.



El protocolo de rayos X de carpo, como se indica en la Figura 3.5, incluye proyecciones que abarcan desde la parte distal del radio hasta las partes proximales de los metacarpianos. La evaluación radiográfica inicial debe incluir proyecciones simples postero–anterior –Figura 3.5(a)–, lateral o de perfil –Figura 3.5(b)–, postero–anterior con desviación radial –Figura 3.5(c)– y postero–anterior con desviación cubital –Figura 3.5(d)–. Otras proyecciones complementarias son la técnica de 3/4 escafoides o escafoides frente –Figura 3.5(f)– y magnificada de escafoides –Figura 3.5(g)–. En la posición de muñeca frente el paciente debe estar sentado en un extremo de la mesa, extendiendo el miembro superior a radiografiar y realizando un apoyo palmar del carpo sobre el chasis 13×18 o 18×24 en forma vertical. El rayo central debe ingresar en forma perpendicular con una línea longitudinal que pasa por la mitad del carpo siguiendo la línea del 3er dedo y una línea transversal que pasa 1 través de dedo por debajo de la cabeza del cúbito, coincidiendo con la mitad del chasis radiográfico. El criterio para una buena imagen, se debe observar parte de los metacarpianos de la fila proximal y distal de los huesos del carpo y las articulaciones radiocarpianas y radiocubital inferior.

Para realizar un perfil de muñeca se utiliza un chasis 13×18 cm o 18×24 cm y de la posición de carpo frente se realiza una rotación externa quedando un apoyo cubital hasta formar un ángulo de 90° entre la cara palmar del carpo y el chasis radiográfico. El rayo central ingresa en forma perpendicular 2 través de dedo por encima de la articulación metacarpo falángica del primer dedo. (Bontrajer, 2004). Esta proyección es útil para la evaluación de la alineación del carpo y para ver una posible inestabilidad carpiana, comprobando si existe un colapso o no del carpo, sin embargo, no es muy buena para determinar la presencia de una fractura puesto que hay superposiciones óseas que sólo permitan ver la porción más distal del carpo con claridad, a pesar de que se realice una extensión de la muñeca (Hernández Ramajo, 2013).

La posición muñeca frente con inclinación cubital se realiza partiendo de la posición muñeca frente, el paciente realiza una inclinación de la mano hacia el lado cubital hasta que el dedo pulgar forme una línea recta con el radio. El rayo central ingresa en forma perpendicular con una línea longitudinal que pasa por la mitad del carpo siguiendo la línea del 3er dedo y una línea transversal que pasa 1 través de dedo por debajo de la cabeza del cúbito, coincidiendo con la mitad del chasis radiográfico. Para un buen criterio de buena imagen, el escafoides debe apreciarse libre de superposición de los huesos del carpo y del radio. Para realizar con inclinación radial, de la posición muñeca frente el paciente realiza una inclinación máxima de la mano hacia el lado radial. El rayo central ingresa en forma perpendicular con una línea longitudinal que pasa por la mitad del carpo siguiendo la línea del 3er dedo y una línea transversal que pasa 1 través de dedo por debajo de la cabeza del cúbito, coincidiendo con la

mitad del chasis radiográfico. Para obtener una buena imagen al escafoides lo debemos observar acortado con el signo del anillo que se corresponde con el tubérculo (Bontrajer, 2004). En las proyecciones con desviación radial y cubital deberá de compararse la longitud ósea del escafoides, la cual no deberá variar ya que aquéllas pueden demostrar una deformidad que es el resultado de una fractura o de una lesión ligamentaria. En desviación radial una fractura inestable se angula hacia delante produciendo acortamiento. Cuando hacemos referencia a la incidencia de escafoides frente o $\frac{3}{4}$ escafoides: el paciente flexiona los dedos de forma tal que los mismos queden en puño cerrado, otra variante es colocar un buen elemento radiolúcido en forma de cuña, con los dedos extendidos formando un ángulo de 20 grados con el chasis. En el caso que el paciente no pueda realizar ninguna de las anteriores se puede angular el rayo 20 grados, en todos los casos el rayo incide en la tabaquera anatómica. Donde se debe observar el escafoides en posición frontal libre de superposición y sus relaciones articulares. Por último, en la radiografía magnificada de escafoides, se separa con un elemento radiolúcido al carpo, en posición PA, del chasis radiográfico unos 25 o 20 centímetros. Se observa el escafoides de mayor tamaño con sus bordes un tanto difusos, esto permite apreciar de mejor manera cualquier fractura pequeña (Bontrajer, 2004).

3.4.3. Resonancia magnética nuclear

La resonancia magnética nuclear (RMN) se basa en la aplicación de pulsos de radiofrecuencia sobre los tejidos dentro de un campo magnético variable, de acuerdo al tipo de imán utilizado (superconductivos, electroimanes, etc.), donde a mayor campo magnético mayor es la calidad de imagen. Los campos magnéticos varían en el rango de 0,23 T hasta 3T. Debido a esto, las resonancias magnéticas de bajo campo se denominan de baja resolución (hasta 0,5T) y las de alto campo de alta resolución (Lafuente y Oleaga, 2007).

Normalmente, los protones dentro de los tejidos giran para producir campos magnéticos diminutos que están alineados al azar. Cuando están rodeados por el fuerte campo magnético de un dispositivo de resonancia, los ejes magnéticos se alinean a lo largo de ese campo. Luego se aplica un pulso de radiofrecuencia, que determina que los ejes de varios protones queden momentáneamente alineados contra el campo en un estado de alta energía. Tras el pulso, los protones se relajan y reanudan su alineación basal en el campo magnético del dispositivo de RMN. La magnitud y la velocidad de liberación de energía que se produce cuando los protones reanudan esta alineación (relajación T1) y se balancean (precesión) durante el proceso (relajación T2), se registran como intensidades de señal espacialmente localizadas por una

bobina (antena) dentro del resonador magnético. Algoritmos computarizados analizan estas señales y producen imágenes anatómicas minuciosas (Kocak, 2021).

Para que se pueda construir la imagen, los ecos recibidos del paciente se insertan y ordenan en una matriz de datos crudos, llamada espacio K. La información de este espacio esta expresada en coordenadas de frecuencias, y mediante la utilización de cálculos matemáticos complejos (transformada de Fourier) estas frecuencias se convierten en datos binarios que el ordenador será capaz de transformar en una imagen. Para la formación de la imagen de resonancia se aplican pulsos de radiofrecuencias selectivos, tanto para definir el grosor de la adquisición como para su localización en los tres planos del espacio, definiendo así un corte del paciente (slice). En los pasos siguientes, se independiza la señal que proviene de cada voxel (el elemento más pequeño tridimensional eje x,y.z) del paciente y a ese pixel (el elemento más pequeño en que se divide una imagen bidimensional ejes x, y) se le asigna un tono de gris que conformara la imagen final en la pantalla de procesado. Los gradientes de campo realizan funciones fundamentales para la formación de la imagen, como la codificación espacial (selección de corte y grosor de corte), la codificación de frecuencia (localización de la señal en el eje largo de la zona anatómica excitada) y la codificación de las fases (localización de señal sobre el eje corto de la imagen) de los espines en los tejidos selectivamente excitados. Además, son capaces de cambiar la fuerza del campo magnético de manera lineal excepto en el centro del imán donde no hay variación de la intensidad. (Lafuente y Oleaga, 2007)

La importancia de la RMN radica en que es capaz de demostrar los cambios en la señal que emite el tejido tras producirse la lesión. La relajación transversal (T2) se realiza paralelamente a la recuperación de la magnetización longitudinal (T1), es decir, absolutamente todas las imágenes obtenidas mediante RM llevan inherentes un componente T1 y otro T2. Precisamente en la selección de los parámetros de exploración radica la posibilidad de que una imagen tenga un predominio de T1 (potenciada en T1) o de T2 (potenciada en T2) o la combinación adecuada de ambos (potenciada en densidad protónica) (Lafuente y Oleaga, 2007).

Las imágenes en RMN se adquieren mediante las secuencias. La obtención de una imagen diagnóstica requiere la adecuada elección de la antena receptora y la aplicación correcta de los parámetros de la secuencia. Cada secuencia posee una serie de parámetros que el técnico puede modificar, teniendo en cuenta las características del equipo de RM, la región anatómica y la patología que se vaya a estudiar. Los parámetros escogidos determinarán la ponderación o potenciación de las imágenes. Los cambios y adaptaciones que se realicen sobre la secuencia

se deben ajustar a cuatro criterios de calidad: el tiempo de adquisición (TA), la relación señal-ruido (SNR), el contraste y la resolución espacial (Costa y Soria, 2015).

Dentro del parámetro tiempo, se diferencian entre tiempo de adquisición y tiempo de repetición. El tiempo de adquisición (TA), o tiempo de exploración, es el que se requiere para completar la adquisición de los datos, es decir, el tiempo que dura una secuencia. Debe ser lo más corto posible para disminuir el movimiento en el paciente y evitar así artefactos. El tiempo de repetición (TR) es uno de los parámetros que caracteriza el contraste entre los diferentes tejidos. Se define como el período de tiempo que transcurre entre dos pulsos de excitación consecutivos de radiofrecuencia dentro de una secuencia se mide en milisegundos e indica la relajación longitudinal. Otros parámetros a destacar que influyen sobre los tiempos de relajación de los tejidos son, el tiempo de eco (TE) es el período de tiempo que transcurre desde que se emite el pulso de radiofrecuencia hasta el pico de la señal inducida en la bobina, es decir, desde la aplicación del pulso hasta la recogida de la señal o eco. Determina el contraste de la imagen, ya que si es muy largo significa que el sistema tardará más en captar la señal y la secuencia se potenciará en T2. Cuanto más corto sea el tiempo TE, más fuerte será la señal que se obtendrá de un tejido. El ángulo de inclinación (flip angle, FA) implica la basculación del vector de la magnetización longitudinal, en un ángulo distinto a 90° . El tiempo de inversión (TI) es el intervalo entre un pulso de inversión de 180° y un pulso de activación de 90° . Ese primer pulso de 180° hace que la magnetización longitudinal se disponga en la dirección opuesta, y antes de que se recupere el vector magnetización, se aplica un segundo pulso de 90° que produce una magnetización transversal. Este parámetro se utiliza en las secuencias inversión-recuperación, y suprime la señal grasa en los tejidos en las secuencias STIR y la señal de los líquidos en las secuencias FLAIR (fluid attenuated inversion recovery) (Costa y Soria, 2015).

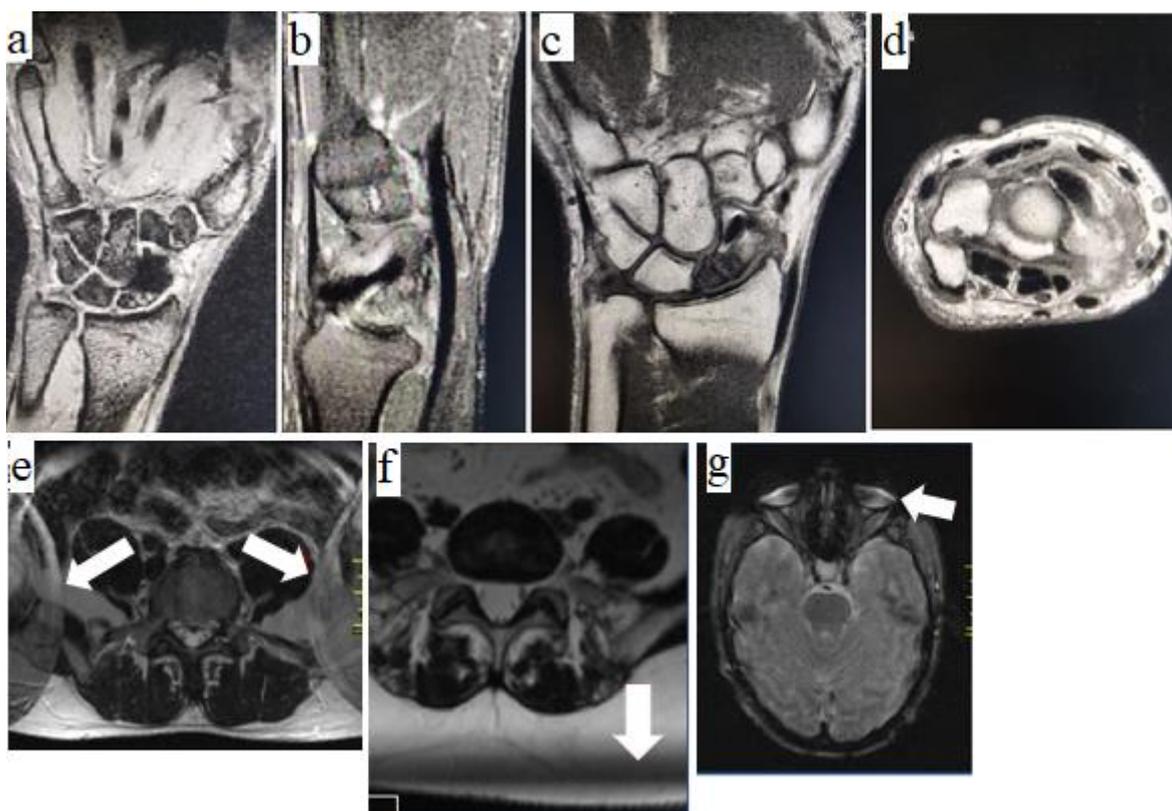
La relación señal-ruido constituye un parámetro fundamental para la calidad de las imágenes. Representa el cociente de dos elementos, la señal y el ruido. La señal es la suma de todas las señales emitidas por los protones que presenta en un tejido. Es recogida por la antena receptora, aporta información sobre las estructuras tisulares y su intensidad puede variar: a mayor intensidad de señal, mayor contraste de la imagen. El ruido es una oscilación estática de la intensidad de la señal que aparece en forma de granulado. Este no ayuda a la formación de la imagen, sino que la empeora. Se debe evitar, ya que disminuye la resolución espacial. Existen varios factores que afectan a la relación señal-ruido. Se pueden dividir en dos grandes grupos según se puedan modificar o no por el técnico: Los factores no modificables, que son el imán y los gradientes. La intensidad de la señal será mayor cuanto más potente y homogéneo sea el

campo magnético; y el paciente, ya que el movimiento molecular es diferente en cada persona, depende de factores físicos tales como la edad, la grasa corporal o el estado de hidratación entre otros; y los factores modificables por el técnico son las antenas, ya que si no es la correcta se puede originar ruido. Su tamaño debe adecuarse a la anatomía del paciente y la distancia antena-paciente debe ser proporcional; y los parámetros de la secuencia. La relación señal–ruido mejorará si se realizan ciertas modificaciones sobre ellos. Para mejorar la relación señal–ruido se puede aumentar el tiempo de repetición (TR) y el número de adquisiciones o disminuir el tiempo de eco (Costa y Soria, 2015).

Los artefactos son un aspecto de una imagen que falsifica las relaciones anatómicas y geométricas en el organismo, estos degradan la calidad de imagen y pueden interferir en el diagnóstico.

Figura 3.6

Artefactos en resonancia magnética nuclear del carpo en diferentes secuencias. (a) Corte coronal, (b) sagital, (c) coronal, (d) axial, (e) aliasing, (f) cross talk y (g) susceptibilidad magnética



Nota. Figuras (a)–(d) cedidas por autoridades del Sanatorio Mapaci (Rosario). Figuras (e)–(g) recuperadas de (Palauzo y col., 2013).

Es importante que el técnico este familiarizado con las causas de estos, para mantener una óptima calidad de imagen y conocer las posibles soluciones. Suelen clasificarse en función

a la causa que lo ha generado: paciente, obtención de la imagen, campo magnético, gradientes de campo y antena. Como se puede observar en la Figura 3.6(a) a Figura 3.6(d), la mayoría de las prótesis quirúrgicas (reemplazos articulares, tornillos quirúrgicos, placas óseas) empleadas por los cirujanos ortopédicos son implantes de titanio por su fuerza y su compatibilidad con los tejidos del cuerpo. El titanio tiene propiedades no magnéticas lo hace compatible con las pruebas de RM sin causar ningún inconveniente ni interferir en el resultado. Los empastes dentales metálicos y los aparatos de ortodoncia en general no son afectados por el campo magnético, pero sí pueden distorsionar las imágenes de la cara o el cerebro, mientras que los marcapasos cardiacos, sujetadores metálicos, implante coclear, entre otros, están contraindicados. En la Figura 3.6(e) se puede observar un artefacto por *aliasing* (relacionado con la obtención de la imagen) ocasiona una superposición del tejido, porque el campo de visión es menor a la zona de estudio. En la Figura 3.6(f) se observa un *cross talk* (relacionado con la antena) donde aparecen bandas oscuras como consecuencia de pérdida de señal en esa zona. En cambio, en la Figura 3.6(g) se observa un artefacto por *susceptibilidad magnética* (generados por el campo magnético) donde la presencia de un objeto metálico se caracteriza por la pérdida de señal de la zona de estudio, que suele ir acompañada por un borde de alta intensidad (Costa y Soria, 2015).

Las sustancias o material de osteosíntesis se pueden separar en 3 efectos relacionados a los metales en resonancia magnética: diamagnético (pequeño efecto repulsivo sobre el campo magnético local. Puede ser producido por el tejido blando, agua, cobre y nitrógeno. De forma general, el cuerpo humano puede verse como un gran interferente diamagnético), paramagnético (efecto atrayente relativamente pequeño sobre el campo local y las sustancias paramagnéticas que tienen un momento magnético positivo. Sustancias como el gadolinio, productos de degradación de la hemoglobina, oxígeno y magnesio tienen un efecto paramagnético) o ferromagnético (sustancias que tienen momento y susceptibilidad magnética positivas y fuerte; por ejemplo, hierro, cobalto, níquel y aleaciones de los mismos). La susceptibilidad del campo magnético aumenta en relación lineal al campo magnético. Por lo tanto, el grado general de artefacto es mayor en 3T que en 1,5T y tiende a preferirse en estos pacientes el magneto de menor campo. Algunos artefactos atribuidos a implantes son: pérdida de señal y apilamiento (corresponde a un área de baja intensidad de señal alrededor del metal rodeado de un halo hiperintenso. Es mediada por el desfase $T2^*$), o distorsión geométrica (presencia de metal y tejido en un mismo vóxel lleva a la distorsión de la imagen) (Estrada Castellón y col., 2017).

El contraste de la imagen, es la capacidad por la que se pueden diferenciar dos tipos de tejidos próximos gracias a las distintas intensidades de señal que emiten. Esas distintas densidades se representan gráficamente en toda la gama de grises, desde el negro (ausencia de señal) hasta el blanco brillante (señal alta). El contraste depende del entorno y debe haber diferentes señales para poder detectar las estructuras más pequeñas. Es un parámetro importante en la calidad de la imagen y constituye una base fundamental para el diagnóstico (Costa y Soria, 2015).

La resolución o definición de la imagen, es la capacidad para diferenciar dos estructuras próximas de manera nítida. Contribuye también a la calidad de la imagen, ya que ésta se visualizará de forma más clara y precisa cuanto mayor sea su resolución, lo que se pretende al tratar de obtener una imagen es que ésta tenga gran señal y contraste, buena resolución y que se obtenga en el menor tiempo posible. Puede ser de dos tipos, superficial es la que indica la magnitud del píxel, y espacial o volumétrica, es la que indica la magnitud del voxel (Costa y Soria, 2015).

Las secuencias están compuestas por pulsos de radiofrecuencia, indispensables para el fenómeno de resonancia, y por pulsos de gradientes de codificación espacial (2D o 3D), determinantes en las variantes de llenado del espacio K. Los tejidos dan respuesta a estas secuencias, con señales que forman las imágenes diagnósticas. El conjunto de parámetros que componen cada secuencia están diseñados y denominados, muchas veces de manera diferente, por las distintas casas comerciales de los equipos. La clasificación de secuencias se basa en la forma de conseguir el eco: si es por un pulso de radiofrecuencia, son las secuencias eco de espín o RF; si es por un desfase de gradientes, son las secuencias eco de gradiente; o si proceden de una combinación de ambas, son las secuencias híbridas. Por tanto, se clasifican como grupo eco de espín (SE), secuencias inversión-recuperación, secuencias eco de espín turbo y todas las variantes con pulsos de radiofrecuencia de 90° y/o 180° ; el grupo eco de gradiente (EG), son secuencias eco de gradiente clásicas, secuencias eco de gradiente rápidas (EGR) coherentes e incoherentes, EGR con preparación tisular, secuencias EPI (eco planar imagen); y el grupo de secuencias híbridas: GRASE. Las secuencias clásicas eco espín (SE) y sus variantes se caracteriza por el uso de pulsos radiofrecuencia de 90° y 180° (eco de espín clásica, las secuencias eco de espín turbo, eco de espín rápida, las secuencias eco de espín ultrarrápidas (ultra fast spin echo). Las secuencias inversión-recuperación y saturación, se caracterizan por el uso inicial de un pulso invertido de 180° , que revierte la magnetización de los tejidos en sentido antiparalelo. El tiempo de inversión (TI) es clave en el resultado de la imagen, y según su valor se podrán obtener diferentes contrastes con la anulación de la señal de distintos tejidos,

como la grasa (secuencias STIR) o líquido (secuencias FLAIR). Las secuencias STIR (short time inversion recovery), la señal nula o supresión de la señal de la grasa. Tiene dos ventajas, la anulación de la grasa o tejidos con un TI corto, tiene baja sensibilidad a inhomogeneidades del campo magnético o artefactos metálicos. Tiene aplicaciones en estudios de sistema musculoesquelético y en técnicas de supresión grasa en diferentes áreas anatómicas. En el caso de secuencias FLAIR, la aplicación más importante es en neuroradiología y en especial en patología periventricular craneal, dado que la supresión de la señal del líquido cefalorraquídeo ayuda a resaltar la patología adyacente. Existen técnicas avanzadas de saturación de la grasa y fluidos que son alternativas a las mencionadas anteriormente. Las técnicas de saturación de la grasa por selección de frecuencia o saturación espectral, incluyen Fas-Sat (Fat Saturation), SPIR (Spectral Presaturation with IR) o SPECIAL, que pueden asociarse a cualquier secuencia, tanto SE como EG. Ofrecen un gran detalle anatómico y se pueden usar en estudios poscontraste; sin embargo, necesitan una gran homogeneidad del campo magnético y requieren tiempos largos; las técnicas por excitación selectiva (PROSET o Water Excitation), es una aplicación de un módulo de pulsos combinados y separados por un tiempo corto. Las secuencias Eco de gradiente (EG) clásicas y rápidas, son las secuencias eco de gradiente (G) surgen como alternativa a las SE por la necesidad de disminuir los tiempos de exploración. La clásica tiene diversas aplicaciones, desde el sistema músculo esquelético, donde se consigue un buen contraste hueso-cartílago, hasta estudios abdominales dinámicos y angiografías por resonancia magnética. Y las rápidas son ultrarrápidas para secuencias en apnea, adquisiciones 2-D y 3-D; aunque su principal desventaja es que son muy ruidosas (Costa y Soria, 2015).

La resonancia magnética precoz suele ser útil para la identificación de las fracturas del escafoides, tal como se muestra en la Figura 3.7, donde su sensibilidad radica en la evidencia del hematoma fracturario entre los polos de este. Es considerado el mejor estudio para el diagnóstico de la necrosis avascular en las lesiones tardías y también para poder diferenciarla de la isquemia. El diagnóstico por resonancia magnética de lesiones en las manos y muñecas se ha convertido en una de las mejores herramientas para diagnosticar o descartar lesiones que pueden pasar desapercibidas (Medina González y col., 2016). El uso de esta es empleado ante trastornos de la vascularización ósea al ser capaz de valorar la viabilidad de los fragmentos, lesiones ligamentosas asociadas del carpo y para el seguimiento de la consolidación de las fracturas.

Figura 3.7

Resonancia magnética de muñeca (a) normal y (b) patológica



Nota. (a) Cedida por autoridades del Sanatorio “San Martín” y (b) recuperada de Fig. 6 en (Espinosa & Rodríguez Lozano, 2007).

Las imágenes ponderadas en T1 muestran en forma óptima la anatomía normal del tejido blando y la grasa, donde aparece brillante –Figura 3.8(a)–. Las imágenes ponderadas en T2 muestran de manera óptima líquido y alteraciones (por ejemplo, edema óseo, tumores, inflamación, traumatismo), donde el tejido aparece oscuro –Figura 3.8(b)–. Por último, en secuencia STIR que suprime la señal grasa –Figura 3.8(c)–.

Figura 3.8

Resonancia nuclear de muñeca. (a) Secuencia T1, (b) Secuencia T2 y (c) STIR



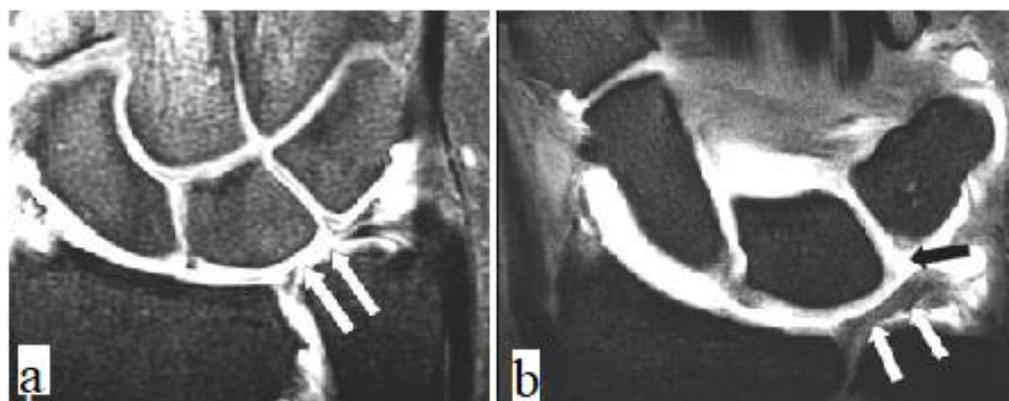
Nota. Recuperada de Fig 3.8(a) y Fig. 3.8 (b) en (García–Valtuille, 2016). 3.8(c) Cedida por autoridades del sanatorio “San Martín”.

Un avance importante en el uso de la RMN ha sido el empleo del gadolinio que es un elemento metálico de la serie de los lantánidos que tiene propiedades magnéticas por lo que se emplea como señalizador de la vascularización. Hay que asociar siempre su uso a la técnica de supresión grasa para así eliminar su señal. Su fundamento se basa en que cuando existe una ausencia de vascularización la señal no mejora tras su administración, pero sí en el caso de que persista alguna red vascular (Hernández Ramajo, 2013).

La artroresonancia (ArthroRM) es un método semi-invasivo de diagnóstico por imagen en donde se distiende la cavidad articular por medio de una punción articular e inyección de contraste paramagnético. Muchas veces una fractura de escafoides oculta es un hallazgo en este estudio. La punción se realiza bajo radioscopia, tomografía, o ecografía (según el criterio de cada servicio) usando técnica específica para cada articulación, en el caso de la muñeca, la aguja se sitúa en la depresión existente entre la punta de la apófisis estiloides del cubito y el hueso piramidal del carpo, y se realiza por vía lateral comprobando con una pequeña cantidad de contraste yodado la correcta localización de la aguja, y luego se inyecta el gadolinio diluido. El protocolo básico del estudio, en general, consta de secuencias T1 habitualmente con supresión de la grasa en los tres planos convencionales axial, coronal y sagital, en donde la dilución de gadolinio tiene alta señal. Es necesario también incluir en al menos un plano una secuencia potenciada en T2, con el objeto de hacer evidente alguna alteración no evidente en T1, como por ejemplo la presencia de gangliones quísticos peri-articulares. Dentro de sus indicaciones generales se utiliza para la evaluación de cuerpos libres intraarticulares, la evaluación de lesiones osteocondrales para definir su condición de lesión estable versus inestable, y la evaluación del cartílago articular. Particularmente en muñeca se utiliza para la evaluación de roturas del fibrocartílago triangular (FCT), como se observa en la figura 3.9(a), y las lesiones de los ligamentos interóseos de la primera fila del carpo (escafo-lunar y luno-triquetral, como se observa en la Figura 3.9(b) (Delgado y col., 2005).

Figura 3.9

Resonancia nuclear de muñeca. (a) ArthroRM de muñeca mostrando rotura del FCT (flechas) y (b) ArthroRM de muñeca que muestra rotura de ligamento luno-triquetral (flecha negra). El FCT se demuestra indemne (flecha blanca)



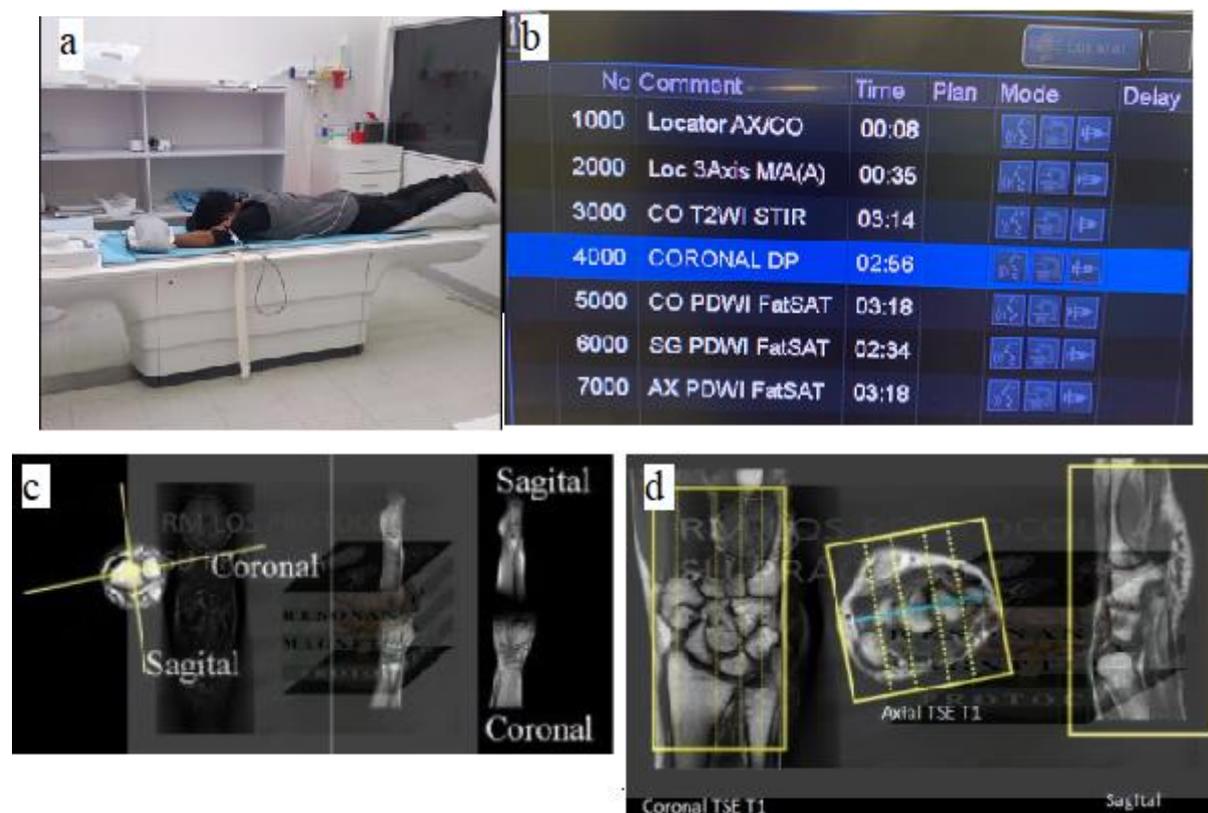
Nota. Recuperada de Fig. 12 y Fig. 13 en (Delgado y col., 2005).

Para el estudio del escafoides se utiliza el mismo protocolo que de muñeca, cuya secuencia de muestra en la Figura 3.10. Consiste en acostar al paciente en la camilla del

resonador en decúbito ventral con el brazo extendido hacia arriba (la típica posición de superman) apoyado sobre la mesa y la mano en pronación, por encima de esta se coloca una bobina de 16 canales y se centra el rayo sobre la mitad de la misma –Figura 3.10(a)–. Se realiza una secuencia localizadora donde se obtienen los tres planos del espacio –Figura 3.10(b)–. Se obtienen las imágenes de planos coronales, axiales y sagitales –Figura 3.10(c)–.

Figura 3.10

Protocolo de estudio en resonancia magnética nuclear para escafoides. (a) Posicionamiento del paciente, (b) y (c) programación de los cortes (d) Planificación para corte sagital

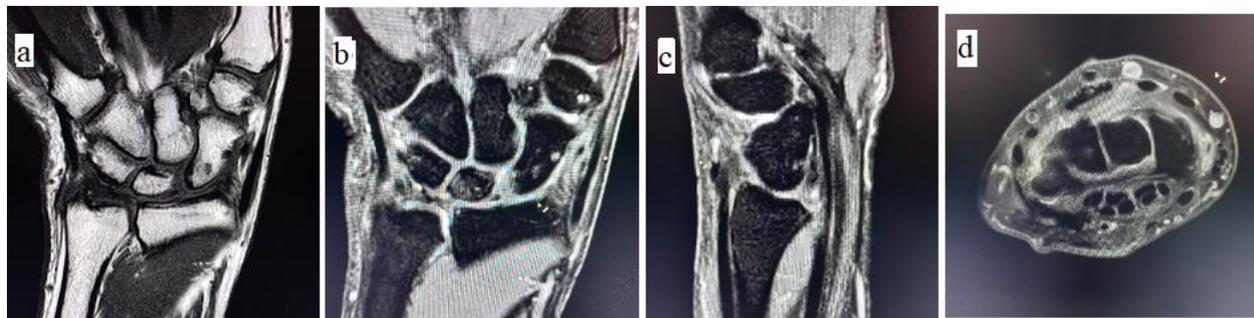


Nota. Recuperada de Fig. c y Fig. d en (Alcañaz Martínez, s.f). Fig. a cedida por colega. Fig. b cedida por Hospital Gutiérrez.

Se realizan aproximadamente 20 cortes finos, cuyas secuencias se muestran en la Figura 3.11, tratándose de secuencias coronal T1 –Figura 3.11(a)–, coronal densidad protónica Fat Sat –Figura 3.11(b)–, sagital densidad protónica Fat Sat –Figura 3.11(c)– y axial densidad protónica Fat Sat –Figura 3.11(d)–. Las limitaciones respecto a la accesibilidad y el costo de la resonancia magnética generalmente se consideran factores limitantes para su uso ya que no todos los servicios disponen del mismo. Pero en el caso de sufrir alguna secuela, este estudio hace un gran aporte en el diagnóstico diferencial entre la isquemia y la necrosis avascular.

Figura 3.11

Resonancia magnética nuclear del carpo en diferentes secuencias. (a) Coronal T1, (b) coronal densidad protónica Fat Sat, (c) sagital densidad protónica Fat Sat y (d) axial densidad protónica Fat Sat



Nota. Cedidas por autoridades del sanatorio “San Martín”.

3.4.4. Tomografía computada

La tomografía computada utiliza un haz de rayos X emitidos desde diferentes ángulos para crear imágenes transversales del cuerpo. Es un aparato de rayos X en el cual la placa radiográfica ha sido sustituida por detectores. El tubo gira alrededor del paciente y los detectores situados en el lado opuesto, recogen la radiación que atraviesa al paciente. Los datos recogidos por los detectores se envían a un ordenador que integra y reconstruye la información obtenida y la presenta como una imagen morfológica en el monitor (OrthoInfo, 2019). Con los datos brutos obtenidos se realiza una reconstrucción primaria en el mismo plano que en el que se han adquirido las imágenes con un cierto grosor. Posteriormente se realiza una reconstrucción secundaria de un menor grosor que servirá para realizar un análisis volumétrico, y es este último bloque de imágenes con el que se permite realizar reformateos, que no incorrectamente llamamos reconstrucciones, en otros planos del espacio distintos, renderizaciones volumétricas o cualquier otro posprocesado deseado (Lafuente y Oleaga, 2007). La reconstrucción se realiza mediante ecuaciones matemáticas adaptadas a ordenadores que reciben el nombre de algoritmos. Es una herramienta muy útil en el diagnóstico por imágenes de las fracturas del escafoides sin evidencia radiográfica inicial. Las imágenes de un tomógrafo multicorte con reconstrucción tridimensional permiten evaluar y definir la arquitectura completa del escafoides, manipular las imágenes y cortes al suprimir los tejidos vecinos, así como aislar y rotar independiente el escafoides (Espinosa & Rodríguez Lozano, 2007).

Desde su creación hasta la actualidad los escáneres han evolucionado mucho. Los escáneres de primera generación constaban de un haz colimado y un solo detector, donde el

tiempo de reconstrucción de la imagen era de unos 5 minutos; los escáneres de segunda generación constaban de un haz en abanico y una matriz de detectores, el tiempo de reconstrucción de la imagen era de unos 30 segundos; los tomógrafos helicoides o de tercera generación, consta de un haz en abanico y una matriz de detectores, el tiempo de reconstrucción es inferior a 1 segundo. El movimiento continuo del tubo de rayos X se lleva a cabo mediante un sistema de escobillas que transmiten la electricidad necesaria para mover el tubo de rayos X, la adquisición continua de datos y el movimiento de la mesa de exploración hacen que exista una hélice imaginaria en el espacio. La adquisición helicoidal obtiene un volumen de datos que se convierten en imágenes reconstruidas mediante un algoritmo matemático de interpolación. Y los tomógrafos o escáner helicoidal multicorte o de cuarta generación, constan de un haz en abanico y múltiples matrices de detectores, por lo que se obtienen múltiples cortes por giro, donde el tiempo de reconstrucción es inferior a 0,5 segundos, formado por una fuente dual que consiste en el uso combinado de dos tubos de rayos X, con sus respectivos detectores separados 90°. El haz de rayos X es de forma cónica y adquiere el volumen total de las imágenes con solo una rotación. La tecnología espectral, ayuda a caracterizar las lesiones porque introduce una nueva capacidad para cuantificar y separar materiales tales como el calcio, yodo y agua, permitiendo así determinar la composición química de las lesiones y su evolución. Permite reducir las dosis de radiación hasta un 90% a la vez que mejora la resolución de la imagen hasta un 50%. La combinación con otros equipos se basa en la fusión de imágenes morfológicas y funcionales. Principalmente consiste en la fusión de un equipo de tomografía con un escáner de tomografía de positrones (PET-CT) o con un equipo de tomografía por emisión de fotón único (SPECT-CT) (Costa y Soria, 2015).

Los equipos actuales de TC tienen la capacidad de representar más de 4.000 tonalidades de gris, que representan diferentes valores de atenuación de las unidades de Hounsfield (UH). Los monitores de trabajo solo pueden diferenciar entre 256 tonalidades de grises entre el blanco y el negro, y el ojo humano no es capaz de discriminar más de 30, por lo que se asigna un número determinado de UH para cada tonalidad de gris que puede representarse en el monitor. Para que estas limitaciones no supongan un impedimento a la hora de que una imagen sea diagnóstica, se han desarrollado una serie de filtros que permiten ajustar y limitar los rangos de densidades a las necesidades de estudio, llamada ventana. Hay que diferenciar entre filtros de reconstrucción de la imagen y ventanas de visualización. Cambiar el algoritmo de reconstrucción supone cambiar la forma en que los raw data (datos primarios obtenidos en cada corte) son manipulados para reconstruir la imagen. Cambiando la configuración de la ventana simplemente cambia la forma en la que la imagen se ve en el monitor. Una función que permite

definir una región de interés dentro de la imagen es el ROI, que permite calcular áreas, valores medios de los píxeles, desviaciones o comparaciones entre varias regiones de interés. La delimitación del ROI y su ubicación exacta en la imagen han de ser definidas por el técnico y son esenciales, por ejemplo, para la realización de estudios de angiografías con contraste. (Costa y Soria, 2015)

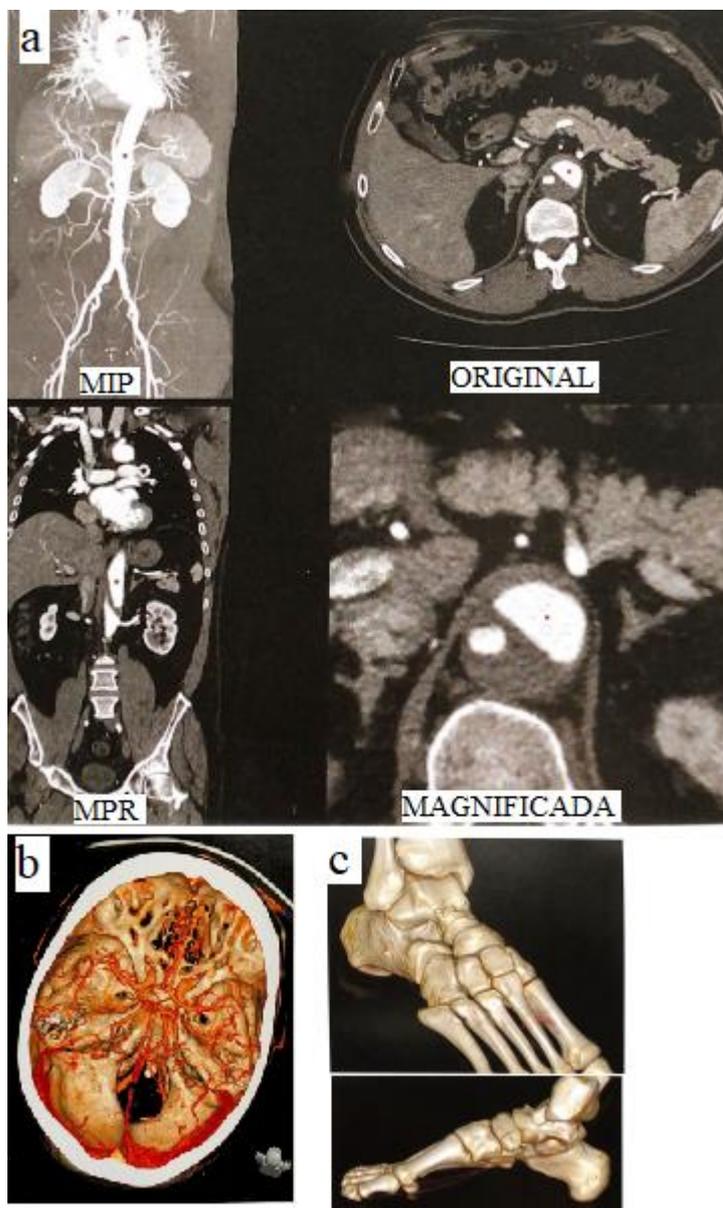
Las estaciones de trabajo tienen un software específico diseñado por cada casa comercial, pero todas tienen en común que cuentan con herramientas de reconstrucción y segmentación de datos e imágenes. La segmentación permite extraer información paramétrica de un tipo de lesión, tejido u órgano de interés al permitir eliminar los vóxeles que puedan ocultar posibles patologías. Tiene que ver con la diferenciación entre las variaciones de las densidades e intensidades de los diferentes tejidos a estudiar, de tal modo que gracias a la segmentación se pueden aislar estructuras específicas descartando las que no interesen. La reconstrucción es el manejo de las secuencias o volúmenes 3D adquiridos en los equipos de radiología pueden ser tratados con multitud de herramientas. La reconstrucción multiplanar (MPR, multiplana reconstruction) no es una reconstrucción 3D, sino una deformación geométrica del volumen de datos. Por su facilidad de utilización, rapidez de implementación y cantidad de información suministrada, se encuentra entre las de mayor uso en la práctica diaria.

La reconstrucción multiplanar –Figura 3.12(a)– es la primera reconstrucción que hace el equipo en los ejes coronal, axial y sagital. Permite moverse dentro de estos planos hasta obtener la posición deseada para proceder a realizar las reconstrucciones más complejas. En la actualidad existen tres grandes sistemas de reconstrucción de imágenes 3D: la reconstrucción de superficie sombreada, la proyección máxima intensidad y la reconstrucción volumétrica. La reconstrucción de máxima intensidad de proyección (MIP, maximum intensity projection), es una técnica de representación que crea una imagen bidimensional a partir de la información tridimensional incluida en un volumen determinado. Partiendo de una línea de visión, similar a una proyección radiológica, se representan en una imagen bidimensional los vóxeles más contrastados que conforman el volumen seleccionado. De esta forma, en la imagen final quedan representadas las estructuras del volumen estudiado que mayor atenuación han presentado. Sólo se muestran en la imagen los píxeles de mayor intensidad en el grosor reconstruido. Si se realiza un promedio en toda la captura, la mínima intensidad de proyección (MiniMIP) busca en la adquisición las estructuras menos densas, como por ejemplo el aire. En MiniMIP solamente se utilizan y se muestran los valores de atenuación menores, y sólo se muestran en la imagen los píxeles de menor intensidad en el grosor reconstruido. La imagen obtenida es un negativo de la MIP y realza estructuras de baja densidad, mostrando por ejemplo las características del

atrapamiento aéreo, enfisema o cualquier cavidad con aire, como los pulmones o los senos paranasales. Es la base de la broncoscopia y la colonoscopia virtual.

Figura 3.12

Imágenes de métodos de segmentación. (a) Corte axial original, cortes coronales MPR y MIP y corte axial magnificada, (b) VR axial del cráneo y (c) SSD anteroposterior y lateral del pie



Nota. Recuperada de (Costa y Soria, 2015).

La reconstrucción volumétrica (VR, volumen tendering) es una representación 3-D del estudio que tiene en cuenta todos los vóxeles de la imagen. Según sus valores de atenuación, se asignan distintos grados de transparencia, brillo y color a los distintos vóxeles que conforman la región estudiada. Existen múltiples tipos de reconstrucción volumétrica, orientados a regiones o estructuras determinadas. Para diferenciar entre las distintas estructuras, se asignan

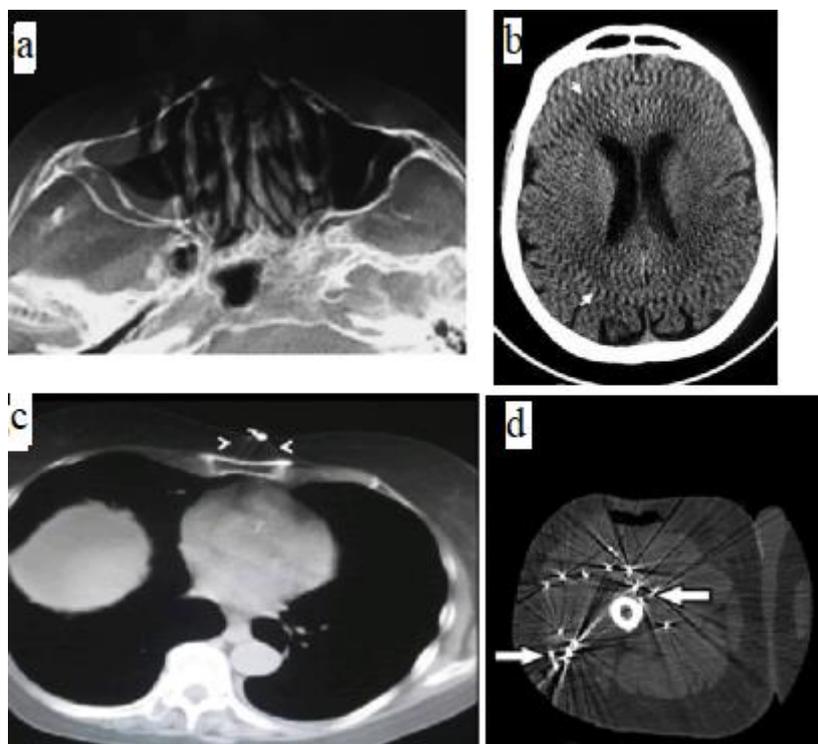
colores diferentes en función de la densidad. El resto de tejidos que conforman el volumen, menos densos, se hacen transparentes, con lo que no contribuyen a la imagen. La VR, –Figura 3.12(b)–, es la reconstrucción 3–D que da mayor cantidad y calidad de información, y, por lo tanto, la más utilizada en la práctica diaria, sobre todo a la hora de representar estructuras vasculares. La imagen se puede rotar para visualizarla desde distintos puntos del espacio. También se pueden controlar los grados de transparencia, color y brillo de la imagen final. Y la reconstrucción de superficie sombreada (SSD, shaded surface display), –Figura 3.12(c)–, fue la primera técnica de reconstrucción 3–D utilizada. Este método muestra la superficie de un órgano o de un hueso que ha sido definida en unidades Hounsfield (UH) por encima de un determinado valor de umbral. El ángulo de visión y la localización de la hipotética fuente de luz virtual son cruciales para obtener reconstrucciones óptimas. En la práctica general solo se utiliza en las reconstrucciones óseas sencillas; en el caso de los aneurismas no se utiliza porque se pierde mucha información (Costa y Soria, 2015).

Las desventajas que poseen las tomografías son los artefactos que ocurren como resultado de la interacción entre el paciente y el tomógrafo. Se dividen según su origen, sea cual sea su naturaleza, se observan como rayas, anillos, ruido y bandas blancas y negras superpuestas (Sartori y col.,2015). Entre ellos mencionamos a los artificios por movimiento –Figura 3.13 (a)–, los cuales se producen por movimientos del paciente (respiración, latidos cardíacos, temblor, excitación, nerviosismo, deglución, peristaltismo, etc.). Se aprecian como bandas blancas y negras intercaladas, manchas o lunares negros, pérdida de la resolución, desdoblamiento de los contornos de las diferentes estructuras o distorsión de la anatomía. La penumbra geométrica, es una geometría de los rayos X por descuido o falta de linealidad por una inadecuada alineación de los rayos X del tubo con los detectores. En esta figura se observa una distorsión de la anatomía normal (macizo craneofacial en ventana ósea en corte axial), generándose la apariencia de fantasmas o imágenes que se reiteran en forma difuminada. Corresponde a un artefacto por movimiento del paciente Los artefactos de los blancos por alteración de los detectores o error de estabilidad –Figura 3.13(b), donde se muestra una TC de cerebro encorte axial que se evidencian múltiples anillos concéntricos que aparentan una "rueda de carro" (flechas) –, ocurren por una alteración en la calibración y balance de los detectores. Si estos no se encuentran intercalibrados o alineados, la proyección individual de cada anillo de datos es diferente, causando múltiples anillos concéntricos de intensidad variable. También aparecen cuando el haz de rayos no está centrado sobre los detectores. El endurecimiento del haz de rayos, se genera por la absorción preferencial de los fotones de baja energía del rayo en los tejidos. Este efecto es más pronunciado en áreas de gran atenuación (como el hueso). Se

aprecian líneas o bandas espiculadas e intercaladas, claras y oscuras, como una sombra debajo de las costillas o como un aumento de sombras espiculadas en el mediastino, la cintura escapular o la base del cráneo.

Figura 3.13

Imágenes tomográficas con artefactos.



Nota. Recuperadas de (Sartori y col., 2015).

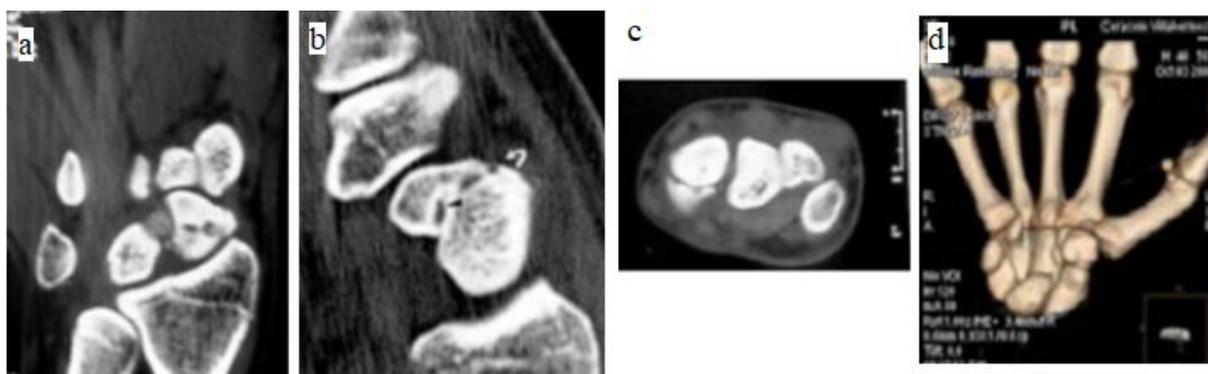
Los cuerpos extraños e implementos médicos de alta densidad –Figura 3.13(c) y 3.13(d)– (es un plano abdominal alto en corte axial, donde se objetiva un elemento metálico sobre la pared abdominal anterior de la paciente, que corresponde a la vía de solución parenteral y genera artificios en "rayos de sol" (cabezas de flecha) y una TC de muslo derecho, corte axial donde se aprecian múltiples perdigones que provocan un artefacto en "rayos de sol", degradando la calidad de la imagen (flechas), respectivamente), se originan por elementos o instrumentos quirúrgicos compuestos por algún metal, como prótesis dentales, material de osteosíntesis, piercings, joyas, aparatos de vigilancia, cables, utensilios médicos, semillas de radioterapia, contrastes orales o endovenosos, y accesorios de ropa (botones, cierres, etc.). Aunque en menor medida, también puede generarse por el gas (p. ej., a nivel de la cámara gástrica). Este artefacto se reconoce porque el elemento de alta densidad genera un halo de falsa absorción en una o varias direcciones, como consecuencia de la variación abrupta de densidad. Aparece como bandas o "rayos de sol", forzando a los detectores a operar en una región de respuesta no lineal, o como líneas de transición hipo e hiperdensas centradas en las imágenes

metálicas presentes en el corte estudiado. El ruido, es una falla del cálculo estadístico que genera rayas y líneas espiculadas dispuestas al azar, preferentemente en la dirección de mayor atenuación. Al aumentar el ruido, los objetos con alta densidad (como el hueso) se manifiestan con bajo contraste, mientras que los tejidos blandos tienen una pobre visualización. El ruido disminuye aumentando el miliamperaje o combinando la información de distintos escaneos, como el contraste de fases (Costa y Soria, 2015).

En la tomografía habitualmente se muestran las fracturas ocultas en un periodo de 24 a 48 hs después de la lesión, siendo positiva en etapas tempranas ya que dan mayor información frente a la alineación de los fragmentos. Permite valorar de forma definitiva el estado del hueso puesto que esta prueba muestra la presencia o no de puentes corticales y por tanto si existe o no consolidación de la fractura, y evaluar lesiones que no se recuperan y que han producido necrosis avascular (Bucholz & Heckman, 2003). Esta prueba sirve para ver la presencia de la pseudoartrosis, la morfología de la lesión con la deformidad ósea en joroba, así como la presencia o no de osteoartritis. Además, es una gran herramienta para la planificación quirúrgica en pacientes con grandes áreas de colapso y de reabsorción ósea ya que ayudará a determinar el tipo de injerto y dónde se debe colocar, ya que permite visualizar los tres planos, según se muestra en la –Figura 3.14– (Hernández Ramajo, 2013).

Figura 3.14

Diferentes cortes tomográficos en muñeca. (a) Plano coronal, (b) plano sagital, (c) plano axial y (d) reconstrucción multiplanar



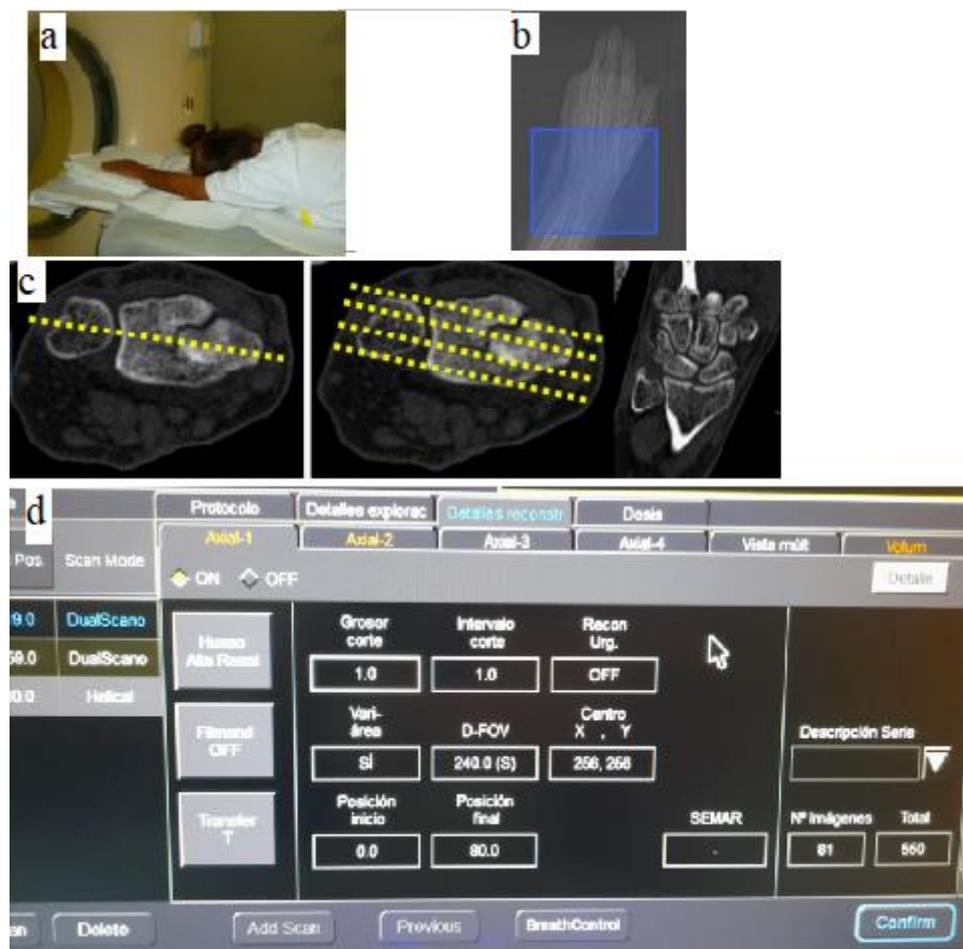
Nota. Recuperada de Fig. 5 en (Espinoza & Rodríguez Lozano, 2007).

Para determinar el grado de colapso carpiano en el plano sagital del escafoide es necesario medir el ángulo intraescafoideo lateral y el cociente altura–longitud en las secuencias sagitales del TAC, para la planificación quirúrgica en pacientes con grandes áreas de colapso y de reabsorción ósea ya que ayudará a determinar el tipo de injerto y dónde se debe colocar (Hernández Ramajo, 2013).

La programación de los diferentes cortes tomográficos para el estudio del escafoides se muestra en la Figura 3.15 donde la posición para realizar el estudio de tomografía –Figura 3.15(a)– comprende al paciente en decúbito ventral con el brazo extendido hacia adelante y la palma de la mano hacia abajo apoyada sobre la camilla o paciente sentado al costado de la camilla con el brazo en la misma posición que acostado. El rayo va ubicado 20 cm por debajo de la articulación de la muñeca y el lateral en el centro de la mano. –Figura 3.15(b)(Scout)–. El corte varía dependiendo del servicio, pudiendo ser cortes axiales 5–5mm con reconstrucción volumétrica de 1–1mm en planos sagitales, cortes coronales y con filtro óseo y de partes blandas con reconstrucción MPR y 3–D –Figura 3.15(c) –.

Figura 3.15

Programación de cortes tomográficos para escafoides. (a) Posición del paciente, (b) scout, (c) post-procesado y (d) programación estudio



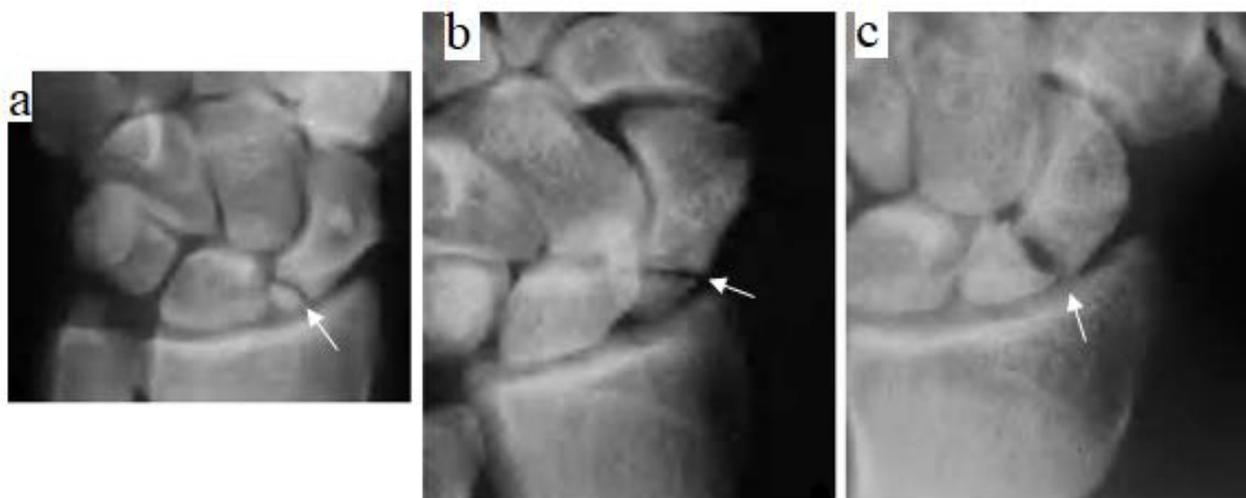
Nota. Recuperada de (Puerta Sales & García Medina, 2015) y del servicio de programación de tomografía Hospital “Alejandro Gutierrez”.

3.5. Clasificación de fractura de escafoides

Las fracturas se clasifican según la localización de la trama fracturaria en el hueso y si están desplazadas o no. Es posible distinguir dentro de las fracturas del polo proximal los siguientes tipos de fracturas, las osteocondrales donde el pequeño fragmento puede estar unido al ligamento escafo–lunar avulsionado del semilunar, y en consecuencia con diástasis entre ambos huesos, o por el contrario ocupar una posición central sin separación escafo–lunar – Figura. 3.16(a)–. Cuando es horizontal u oblicua –Figura 3.16(b)–, el ligamento escafo–lunar mantiene una parte de su inserción en ambos fragmentos, lo que otorga una relativa estabilidad a la fractura. Por el contrario, cuando la fractura es más vertical –Figura 3.16(c)–, el ligamento escafo–lunar dorsal está todo él insertado en el fragmento proximal, lo que la convierte en una fractura claramente inestable (Irisarri Castro y col., 2007).

Figura 3.16

Ejemplos de fracturas en hueso escafoides. (a) Osteocondral central, (b) oblicua y (c) vertical



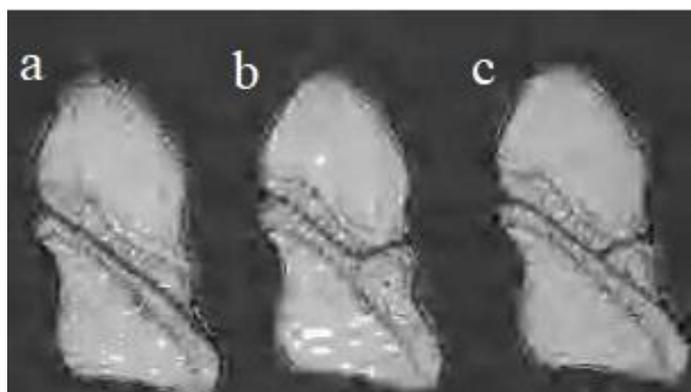
Nota. Recuperada de Fig. 2 en (Irisarri Castro y col., 2007).

Por otra parte, como señala Compson, las fracturas del tercio medio solamente en raras ocasiones su trazo discurre por la auténtica cintura o istmo del escafoides, y lo hace por el contrario a nivel del surco, con diversas variantes como se observa en la Figura 3.17, incluyendo la presencia de un pequeño tercer fragmento radial. Por su parte, en las fracturas del tercio distal la consolidación mediante inmovilización es habitualmente obtenida, y la presencia de un trazo de fractura alcanzando la superficie articular distal no tiene una repercusión significativa, aun existiendo un discreto escalón articular. Por último, las fracturas limitadas al tubérculo del escafoides no merecen una inmovilización prolongada, dado que, aunque no se llegue a formar un puente óseo, tienen un excelente pronóstico funcional (Irisarri Castro y col., 2007). Cuando la fractura es horizontal u oblicua, el ligamento escafo–lunar mantiene una parte de su inserción en ambos fragmentos, lo que otorga una relativa estabilidad a la fractura. Por el contrario,

cuando es más vertical como muestra la –Figura 3.17(c)–, el ligamento escafo–lunar dorsal está todo insertado en el fragmento proximal, lo que la convierte en una fractura claramente inestable (Irisarri Castro y col., 2007).

Figura 3.17

Escafoides carpiano con fractura en el surco

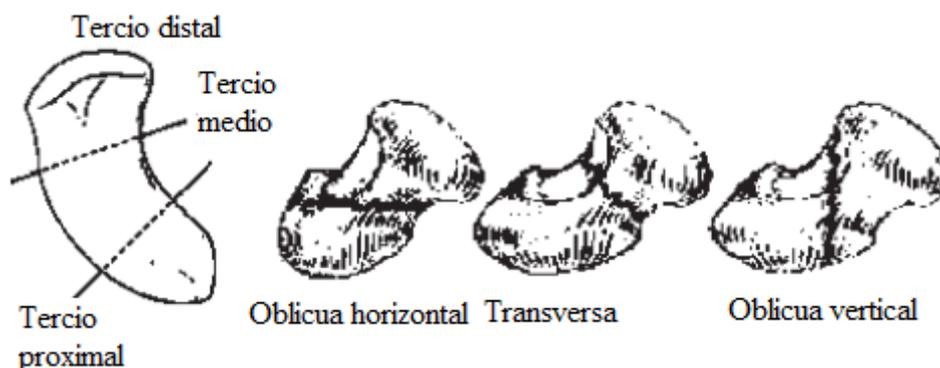


Nota. Recuperada de Fig. 3 en (Irisarri Castro y col., 2007).

La clasificación de Russe, divide al escafoides en tres partes, tercio proximal, medio y distal para luego poder describir la localización de la fractura. Las fracturas del tercio medio se subdividen de acuerdo a la orientación de la línea de la fractura con relación al eje longitudinal del hueso. Como se observa en la Figura 3.18, las fuerzas de cizallamiento tienden a desplazar aquellas fracturas cuyo plano de orientación sea vertical (OV), mientras que las fracturas transversas (T) y oblicuos horizontales (OH) están bajo fuerzas compresivas mayores y es menos frecuente que se desplacen (Fernández Vázquez, 2007).

Figura 3.18

Clasificación de fractura de escafoides según Russe



Nota. Recuperada de Fig. 1 en (Fernández Vázquez, 2007).

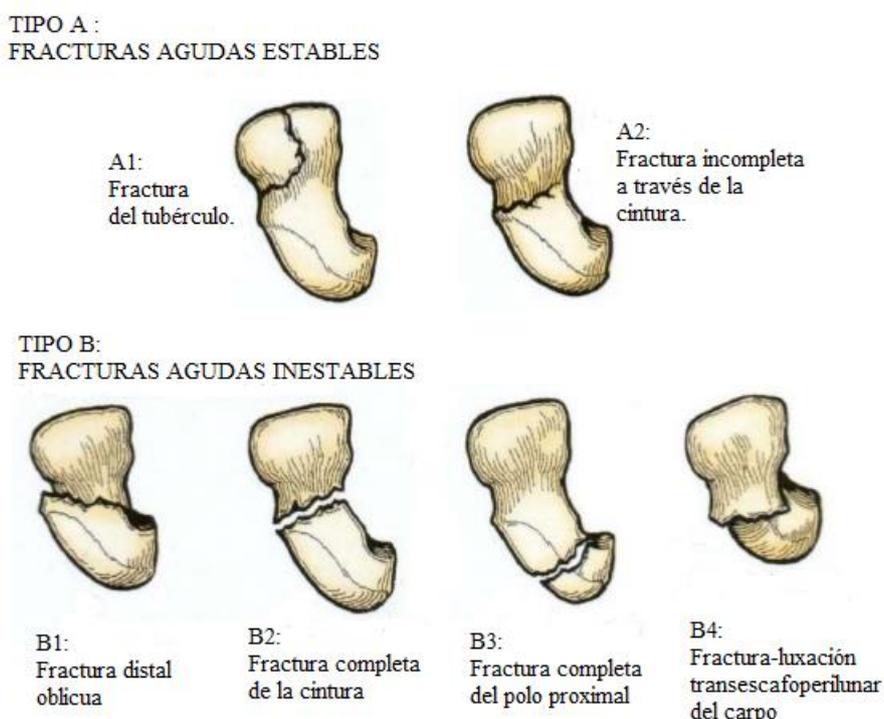
Weber clasifica a las fracturas de escafoides en tres grupos que definen mejor el pronóstico para la consolidación. Esta clasificación está basada en el principio de que el desplazamiento de la fractura está relacionado con el grado de lesión de los tejidos blandos y

que el potencial de cicatrización de la fractura dependerá de su irrigación sanguínea. La fractura no desplazada es el producto de un movimiento de flexión puro a través de la cintura del escafoides y no está asociada con ruptura de los ligamentos interóseos ni extrínsecos; en la fractura angulada, una de las inserciones ligamentarias en el área de la cintura se rompe produciendo angulación de la fractura. Radiográficamente se observa rotación anormal del semilunar habitualmente por inestabilidad segmentaria intercalar dorsal; y en las fracturas desplazadas, los ligamentos que están rotos dorsal y palmar en las crestas, desplazando los fragmentos (Fernández Vázquez, 2007).

En la actualidad la clasificación de Herbert es la más certera en presencia de una fractura de escafoides carpiano, la cual se basa en la anatomía de la fractura y permite establecer un pronóstico de la lesión orientando al tratamiento adecuado cuya clasificación divide a las fracturas y pseudoartrosis en estables e inestables (Mendoza, s.f), como se muestra en la Figura 3.19.

Figura 3.19

Sistema de clasificación de Herbert de fracturas agudas. (a) Estables y (b) inestables



Nota. Recuperada de (Bontrajer, 2004).

Las fracturas estables, son aquellas en las que la forma y el volumen del escafoides no varía siendo estas fracturas en el tubérculo del escafoides, fracturas incompletas del cuerpo. En cuanto, a las fracturas inestables, son las fracturas completas que afectan ambas corticales del

hueso. Están asociadas a una pérdida de forma y volumen. Son inestables porque alteran el equilibrio dinámico carpiano y no permite la captación fragmentaria, asociando a estas fracturas del cuerpo en forma oblicuas, horizontales o verticales, completas transversales del cuerpo, del polo proximal, conminutas y las fracturas producidas en el contexto de una fractura luxación transescafooperilunar. Cuando la forma y volumen del escafoides se conservan, pero hay una existencia de fractura no desplazada existe probabilidad de contraer una pseudoartrosis, siendo el menor riesgo de artrosis. Mientras que la pseudoartrosis ante una fractura inestable consiste en la pérdida de la masa ósea, del volumen y de la forma del escafoides, que de no ser tratada provocará un colapso del carpo (Mir y col. 1998).

Capítulo 4

DIFICULTADES DERIVADAS DEL DIAGNÓSTICO TARDÍO DE UNA FRACTURA DE ESCAFOIDES

En este capítulo se realiza un análisis de las consecuencias originadas por el diagnóstico tardío de una fractura de escafoides. Se realiza un abordaje de las consecuencias producidas por la pseudoartrosis, en sus distintas clasificaciones, estudiándose su patogenia. Además, se aborda el impacto de la artrosis y la necrosis avascular.

4.1. Pseudoartrosis

El término pseudoartrosis se reserva para aquellas fracturas del hueso escafoides que no hayan consolidado ni clínica ni radiológicamente tras el término de 6–8 meses de haberse producido, cualquiera que sea su tratamiento previo; estando ya en una fase irreversible, es decir, que no llegaron nunca a consolidar de forma espontánea o mediante la utilización de la inmovilización. Por esto, únicamente mediante una cirugía puede conseguir que se ponga de nuevo en marcha el proceso de osteogénesis, y alcanzar de esta forma la consolidación (Irisarri Castro y col., 2007).

Los trastornos de la consolidación se tratan de procesos que se diferencian sólo por los tiempos de aparición; sin embargo, son dos procesos que difieren en su fisiopatología, evolución, pronóstico y tratamiento. Cuando la consolidación no ha avanzado a la velocidad media esperada para la localización y tipo de fractura (3–6 meses), se habla de retardo de la consolidación. En cambio, la pseudoartrosis es la incapacidad completa de la consolidación por fracaso definitivo de la osteogénesis. La pseudoartrosis es un proceso terminal, es una cicatriz fibrosa definitiva e irreversible (Pretell Mazzini y col., 2009). La Figura 4.1 muestra una radiografía de muñeca donde puede observarse la pseudoartrosis del hueso escafoides –Figura 4.1(a)–; mientras que en la Figura 4.1(b), la imagen de resonancia magnética en secuencia T2 Fat Sat de fractura transversa de la cintura del hueso escafoides, indica una imagen lineal hiperintensa con separación de sus fragmentos (flecha).

Figura 4.1

Radiografía de muñeca frente con fractura de escafoides. (a) Radiografía frontal de muñeca y (b) resonancia magnética nuclear de muñeca



Nota. Recuperada de (Hernández Ramajo, 2013).

El riesgo de aparición de pseudoartrosis puede relacionarse también al tipo de trazo fracturario, es así que las transversales u oblicuas cortas ocupan el primer lugar de riesgo, seguidas de las conminutas, luego las segmentarias en su foco distal y, por último, las espiroideas u oblicuas largas. Esto se explica por la zona de contacto entre los fragmentos óseos siendo este pequeño para las transversales y oblicuas cortas y mayor (hasta 3 veces) para las oblicuas largas (Pretell Mazzini y col.,2009).

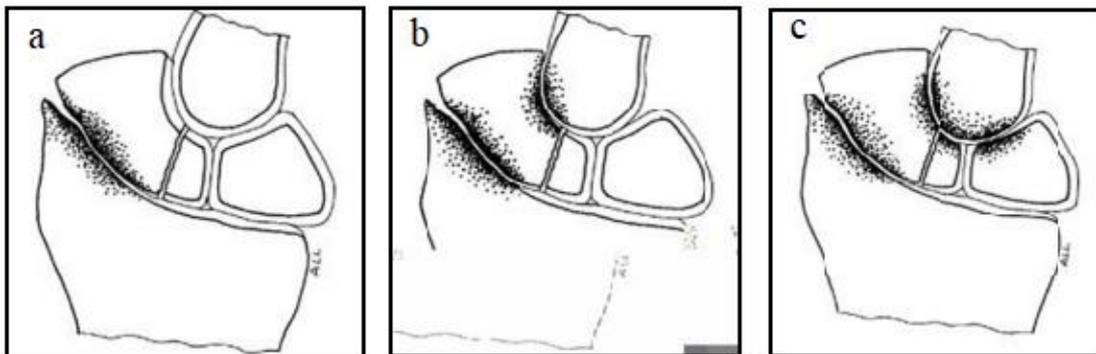
4.2. Clasificación de los estadios de pseudoartrosis

En pseudoartrosis se diferencian los siguientes estadios dependiendo de su gravedad. El estadio I, tiene su origen en una fractura no desplazada incorrectamente tratada, ya sea por ausencia de diagnóstico o por una inmovilización muy corta. En las radiografías normalmente se observa reabsorción del foco de fractura, pese a lo cual puede existir un tejido fibroso interfragmentario que durante un tiempo evite la separación de los fragmentos, por lo que tienen una escasa repercusión clínica inicialmente. El estadio II se caracteriza por presentar una amplia reabsorción del foco de fractura primitivo. Es muy variable la diástasis entre los fragmentos, detectando en algunos casos la colocación en dorsiflexión tanto del fragmento proximal del escafoides como del semilunar. El estadio III se corresponde con la denominada “muñeca SNAC” de grado I, caracterizada por el pinzamiento degenerativo entre la estiloides radial y el fragmento distal. Donde con frecuencia se observan quistes o geodas en uno o ambos fragmentos –Figura 4.2(a)–. El estadio IV corresponde al grado II de SNAC, estando ya afectada la articulación entre el hueso grande y uno o ambos fragmentos del escafoides. En

algún caso, el fragmento proximal comienza a fragmentarse y hasta a reabsorberse –Figura 4.2(b)–. Por último, el estadio V corresponde con la muñeca SNAC grado III, con afectación de las articulaciones del hueso grande con el semilunar y escafoides, y de forma pronunciada del extremo distal del radio con el fragmento distal del escafoides –Figura 4.2(c)– (Irisarri Castro y col., 2007).

Figura 4.2

Tipo de muñeca SNAC. (a) grado I, (b) grado II, y (c) grado III

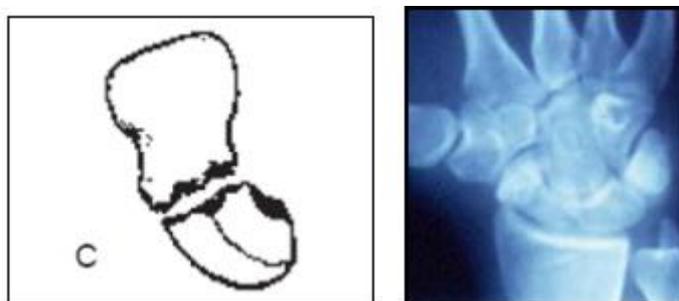


Nota. Adaptada de Fig.1–Fig. 3 en (Lluch Homedes, 1998).

Son varias las clasificaciones que existen para la pseudoartrosis, entre las que se destaca también la clasificación de Herbert donde clasifica las fracturas de escafoides en diferentes tipos (Hernández Ramajo, 2013). La clasificación tipo C, que se muestra en el Figura 4.3, corresponde con el retardo de consolidación y se caracteriza por el ensanchamiento de la línea de fractura y la presencia de lesiones quísticas adyacentes a ésta. Además, se suele apreciar la presencia de osteoporosis con el incremento de la densidad del polo proximal del escafoides (Hernández Ramajo, 2013).

Figura 4.3

Clasificación tipo C de Herbert

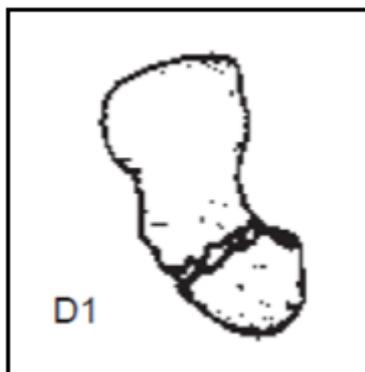


Nota. Recuperada de Fig. 94 en (Hernández Ramajo, 2013).

La clasificación tipo D corresponde a la verdadera pseudoartrosis y a su vez las clasifica en: D1, como muestra la Figura 4.4, donde la pseudoartrosis fibrosa suele ser estable, con poca deformidad o nula y con cambios quísticos variables.

Figura 4.4

Clasificación tipo D1 de Herbert

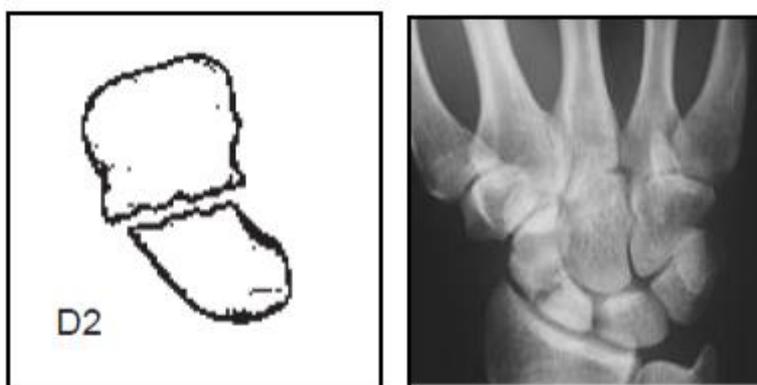


Nota. Recuperada de Fig. 95 en (Hernández Ramajo, 2013).

El paciente suele estar asintomático ya que el escafoides mantiene su altura y longitud, en escasas ocasiones lleva a la artrosis. Aparece generalmente tras un tratamiento ortopédico y para su curación necesita de tratamiento quirúrgico. Mientras que, el tipo D2 corresponde con la pseudoartrosis establecida con la deformidad progresiva e inestable, que conduce casi siempre al colapso carpiano y la evolución de la artrosis, por lo que conlleva a tratamiento quirúrgico (Hernández Ramajo, 2013). Esta clasificación se muestra en la Figura 4.5.

Figura 4.5

Clasificación tipo D2 Herbert



Nota. Recuperada de Fig. 96 en (Hernández Ramajo, 2013).

4.3. Patogenia de la pseudoartrosis de escafoides

Uno de los factores que determinan la evolución de la fractura hacia la pseudoartrosis puede ser la falta de diagnóstico, la cual puede ocurrir porque el paciente no acude a la consulta

de inmediato y cuando asiste ya se encuentra en fase avanzada o bien porque se ha hecho un mal diagnóstico previo de una fractura confundiendo con esguinces de muñeca u otros traumatismos banales. Por tratamiento inadecuado, ocurre cuando las fracturas de escafoides desplazadas son tratadas erróneamente de forma ortopédica o bien una fractura no desplazada se inmoviliza en posición incorrecta y no se tiene el tiempo suficiente inmovilizada, o se produce un movimiento excesivo en el lugar de la fractura. Una inadecuada inmovilización por sí misma podría ser causa de pseudoartrosis produciendo una detención en el proceso de reparación natural, tal como se indica en la Figura 4.6 (Hernández Ramajo, 2013).

Figura 4.6

Radiografía de muñeca frente con pseudoartrosis de escafoides



Nota. Recuperada de Fig.1 en (Polo, s.f).

Otro factor es el desplazamiento de los fragmentos de la fractura. Se dice que una fractura está desplazada cuando existe una separación de sus fragmentos mayor de 2 mm. Este es un factor importante a la hora de la evolución de la fractura ya que la diástasis fragmentaria dificulta la creación de trabéculas óseas entre los extremos. A pesar de que se reduzca de forma cerrada la diástasis, ésta sigue siendo un factor a tener en cuenta en la evolución. La inestabilidad ligamentaria dorsal intercalada segmentaria (DISI), se produce como consecuencia de la rotura del ligamento escafolunar de tal forma que el escafoide se colapsa en flexión y pronación en lo que se denomina subluxación rotatoria del escafoide y la superficie cóncava distal del semilunar se inclina hacia dorsal. De esta forma el ángulo escafolunar que en condiciones normales mide entre 30 y 60° se hace mayor de 80°. En condiciones normales el escafoide y el semilunar se mueven conjuntamente, pero si existe la lesión de este ligamento se mueven en direcciones opuestas (Hernández Ramajo, 2013).

En la Figura 4.7 se observan imágenes tomográficas con mediciones de los ángulos ante un colapso carpiano en el plano sagital de escafoides.

Figura 4.7

Secuencia planos sagitales de tomografía axial. Medición de ángulos intraescafoideo lateral y el cociente altura–longitud.



Nota. Recuperada de (Trumble y col., 2003).

4.4. Artrosis de muñeca postraumática

La artrosis de muñeca es una patología que se origina generalmente luego de una lesión ligamentosa intraósea del carpo, producto de la no unión de una fractura de escafoides o después de una fractura articular del radio.

La artrosis no mejora ni retrocede, por lo que se debe tener el tratamiento adecuado para cada paciente según sus propias necesidades, que van desde el manejo médico (cambios de actividad, inmovilización, AINES o infiltración con corticoides). Cuando falla el tratamiento médico, se pueden realizar procedimientos poco invasivos como la denervación, carpectomía proximal o una artrodesis de cuatro esquinas. En estadios avanzados, sólo se puede proponer una artroplastia o artrodesis total de la muñeca (Andrade, 2014). Estas articulaciones pueden sufrir deterioro de su cartílago articular (artrosis), como muestra la Figura 4.8, y las causas que la pueden ocasionar son postraumáticas o idiopáticas. Dentro del primer grupo destacan las secundarias a lesiones del ligamento escafo–lunar, cuya evolución natural recibe la sigla SLAC (Scapho Lunar Advanced Collapse), que generará un deterioro progresivo del cartílago articular, comenzando por la articulación radioescafoídea; luego mediocarpiana, terminando con una artrosis radiocarpiana generalizada. El daño de la articulación radiolunar generalmente es tardío, lo que da tiempo de realizar cirugías de salvataje conservando esta articulación. La evolución natural de la necrosis avascular del escafoides, secundaria a fracturas de este hueso, también puede generar artrosis de la muñeca (entre el 13 al 50% de las fracturas de escafoides

pueden terminar en la necrosis del polo proximal de este hueso, por la circulación retrógrada que recibe y su estado evolutivo recibe la denominación SNAC (Scaphoid Necrosis Advanced Collapse). La tercera causa postraumática de artrosis de muñeca son las secundarias a fracturas articulares de radio distal, el tipo C3 de la AO, que son las de peor pronóstico por su compromiso articular desplazado (Andrade, 2014).

Figura 4.8

Radiografía de muñeca frente con artrosis



Nota. Adaptada de Fig. 2 en (Polo, s. f).

La radiografía simple, acompañada de la clínica, es suficiente para su diagnóstico. Los hallazgos que se encuentran son pinzamiento asimétrico del espacio articular que afecta a articulaciones del cuerpo de forma simétrica pero la afectación es asimétrica dentro de una misma articulación, la esclerosis subcondral dada por formación de nuevo hueso subcondral, osteofitos, quistes subcondrales, subluxación, mineralización ósea normal. En la artrosis primaria se afecta la primera articulación carpo-metacarpiana, escafo-trapezoidea e interfalángicas (Lluch Homedes, 1998).

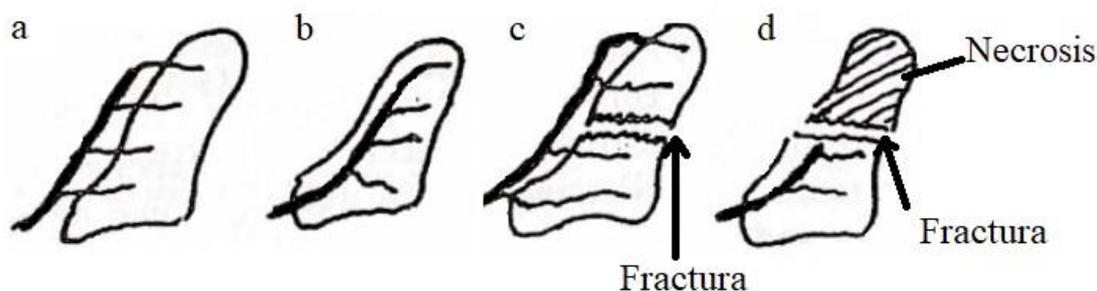
4.5. Necrosis avascular

Es una enfermedad causada por la disminución del flujo sanguíneo en los huesos a raíz de que el trazo de la fractura interrumpe la vía de vascularización. Esa falta de flujo de sangre hace que el hueso se deteriore más rápido que lo que el cuerpo puede producirlo y es reportada con una incidencia del 13 al 50% de las fracturas del escafoides, variando su incidencia en función de la localización y del desplazamiento que presente, con predominio en los fragmentos de la porción proximal debido a la pobre vascularidad aportada a esta porción (Peralta Gallo y col., 2018).

En la Figura 4.9 se presenta la distribución de la arteria nutricia ante la presencia de necrosis en fractura de escafoides. a) y b) distribución normal. c) fractura, pero sin complicación en el hueso. d) fractura con necrosis.

Figura 4.9

Distribución arteria nutricia en escafoides

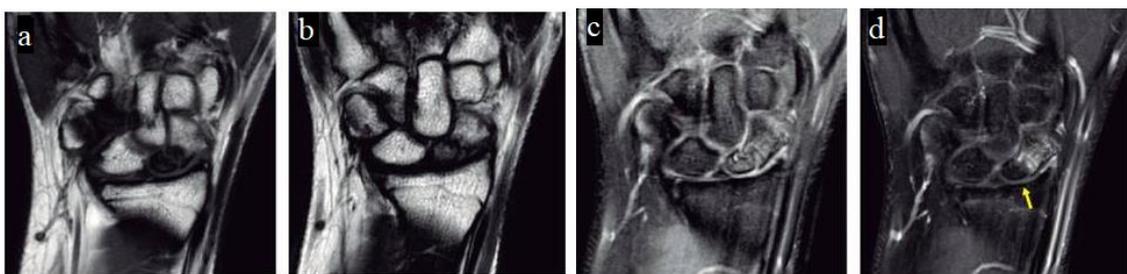


Nota. Recuperada de Fig. 658 en (Ramos Vertiz, 1984).

En la Figura 4.10 se observa un estudio de resonancia magnética de muñeca con necrosis avascular de cortes coronales con evidencia de fractura de la cintura de hueso escafoides con hipo intensidad del fragmento proximal que persiste en secuencia T1 y T2 y de comportamiento heterogéneo en secuencia T2 con saturación grasa. En secuencia T1 Fat Sat, posterior a la aplicación de gadolinio, no existe reforzamiento del fragmento del polo proximal (ver flecha indicativa) (Peralta Gallo y col.,2018).

Figura 4.10

Resonancia magnética de muñeca en cortes coronales. Necrosis avascular (a) secuencia T1, (b) secuencia T2, (c) secuencia T2 con saturación grasa y (d) T1 Fat Sat



Nota. Adaptada de Fig. 2 en (Peralta Gallo y col., 2015).

Capítulo 5

TRATAMIENTO PARA FRACTURAS DE ESCAFOIDES

En este capítulo se realiza el estudio relacionado con el tratamiento de la fractura de escafoides. Se abordan los mecanismos y las técnicas empleadas en la consolidación de la fractura.

5.1. Tratamientos para la consolidación de una fractura de escafoides

Existen factores que influyen de manera importante en la estabilidad de la fractura que son en primer lugar el desplazamiento de los fragmentos, en segundo lugar, la conminución y por último la presencia de la inestabilidad asociada del carpo. Tras producirse una fractura la evolución también va a depender de la vascularización residual que llegue a los fragmentos óseos. De una forma genérica se considera que la fractura se ha consolidado cuando se observa el paso de trabéculas óseas uniendo ambos fragmentos. El tipo de tratamiento para lograr la consolidación puede ser quirúrgico o no quirúrgico (Irisarri Castro y col., 2007).

Los tratamientos no quirúrgicos, hacen referencia a métodos ortopédicos no invasivos ante la presencia de una fractura estable, donde se procede a inmovilizar como se observa en la Figura 5.1, desde la base de la primera falange del pulgar hasta el codo las primeras 6 semanas, teniendo en cuenta en primer lugar las articulaciones a incluir, como las fracturas estables del tercio distal del escafoides que son infrecuentes, pero posee buena vascularización. En la Figura 5.1(a) se observa yeso braquipalmar con primer dedo en abducción y mano con inclinación neutra. Mientras que en la Figura 5.1(b), se observa yeso antibraquipalmar con primer dedo en abducción y mano con inclinación neutra. Por otro lado, en la figura 5.1(c) se observa un esquema de huesos tras colocación del yeso. En cuanto a la duración de la inmovilización varía entre 10 y 12 semanas, siendo preferible alargar el tiempo de no retirarlo de forma precoz. En la radiología la consolidación de la fractura se hace visible entre las 10 y 14 semanas y no debe prolongarse más allá de este tiempo el periodo de inmovilización salvo en el caso de pacientes jóvenes que prefieran mantener el yeso un tiempo antes de una eventual cirugía. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el determinar que el hueso está consolidado es difícil tanto en la clínica con la ausencia de dolor del paciente como en las radiografías ya que existen muchas diferencias inter e intra observador.

Figura 5.1

Diferentes tipos de inmovilizaciones. (a) Braquipalmar, (b) antibraquipalmar y (c) esquema de la posición de los huesos ante colocación de yeso



Nota. Adaptada de (Hernández Ramajo,2013).

La forma más eficaz es la realización de una tomografía computada que permite identificar la presencia de hueso trabecular a las 12 semanas. De cualquier forma, es importante revisar al paciente uno o dos meses después de retirar la inmovilización con un nuevo control radiográfico para confirmar la consolidación o su ausencia. Tras retirar el yeso la movilidad de la muñeca se recupera entre la 1^o y 5^o semana y en ocasiones deja de ser dolorosa incluso cuando no se ha conseguido una adecuada consolidación. Una fractura que no se ha consolidado en tres meses tiene muy escasas posibilidades de llegar a hacerlo, siendo su tratamiento quirúrgico la opción más lógica (Hernández Ramajo,2013).

Cuando las fracturas del polo proximal del escafoides son recientes pueden consolidar con una inmovilización de la muñeca, pero teniendo en cuenta que la pobre vascularización de esta zona hace que sean más susceptibles de evolucionar hacia una pseudoartrosis por lo que se prefiere un tratamiento quirúrgico. Las fracturas agudas desplazadas, anguladas o con mala alineación del carpo deben ser tratadas mediante reducción abierta y fijación interna (Irisarri Castro y col., 2007).

Existe una serie de criterios para intervenir quirúrgicamente una fractura aguda de escafoides, las fracturas desplazadas e inestables en la que los fragmentos presentan un desplazamiento mayor de 1mm en la proyección anteroposterior, las fracturas en las que el ángulo hueso grande semilunar es mayor de 15°, las fracturas en las que el ángulo escafo-semilunar es mayor de 45°, aquellas fracturas osteocondrales por avulsión con disociación escafo-lunar. Las luxaciones que asociado a la fractura del escafoides existe otra lesión que precisa de reparación quirúrgica como en el síndrome de Fenton (asociación de fractura de escafoides y fractura de hueso grande) o en casos raros de asociación de fractura de escafoides

y extremo distal del radio. Otros criterios de desplazamiento son: el ángulo intraescafoideo lateral mayor de 45°, el ángulo intraescafoideo anteroposterior menor de 35°, y la relación altura longitud de escafoides mayor o igual de 0,65 (Hernández Ramajo, 2013).

El primer factor a tener en cuenta a la hora de realizar un tratamiento quirúrgico de una fractura de escafoides es la vía de abordaje (acceso dorsal o volar) ya que la elección de la vía debe hacerse en función de la localización de la fractura o pseudoartrosis para conseguir la mejor exposición, de tal manera que la facilidad para la síntesis y la rapidez sean lo mayor posible. Además, la elección de la vía va a depender de la experiencia del cirujano y del material que se disponga en el quirófano (Irisarri Castro y col., 2007).

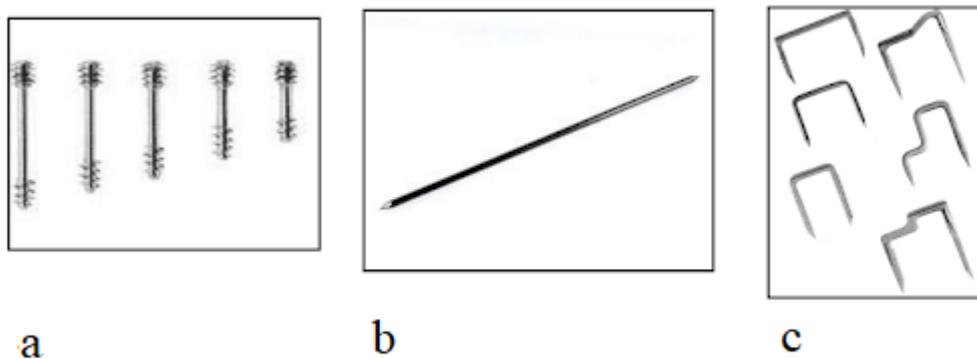
En las fracturas del tercio proximal la vía de acceso dorsal es más sencilla y proporciona una mejor visión, al mismo tiempo que facilita la técnica de osteosíntesis mediante un tornillo introducido de proximal a distal, una variante técnica introducida por Herbert, que difundió De Maagd. Por el contrario, en las fracturas aisladas del tercio medio y distal el método más utilizado es por abordaje volar. Siempre se debe intentar seccionar la menor extensión posible del ligamento radio–escafoideo, siendo habitualmente posible conservar intacta su parte proximal, especialmente en las lesiones del tercio distal. En las fracturas-luxaciones debe valorarse la totalidad de las lesiones existentes antes de elegir la vía de acceso. En algunos casos deberá ser doble para tratar simultáneamente las lesiones óseas y las ligamentosas (Irisarri Castro y col., 2007).

El tratamiento quirúrgico está establecido por diferentes tipos de tornillos, como muestra la Figura 5.2(a), agujas de Kirschner como se observa en la Figura 5.2(b) o grapas Figura 5.2(c). Los tornillos de osteosíntesis son indicados por el mismo motivo que en la utilización de aguja de Kirschner y en fracasos de consolidación del escafoides. Estos reducen el periodo de inmovilización, tienen una fijación interna sólida y efecto arrastre entre los dos fragmentos dando compresión al foco de la fractura. La utilización de estos se realizó inicialmente introduciendo el tornillo desde el fragmento distal al proximal. El gran volumen de los tornillos disponibles en la época en la que se inició la técnica de McLaughlin (1954), dificultaba y hasta imposibilitaba su utilización cuando el tamaño del fragmento proximal era inferior a una quinta parte del total del escafoides. En la década de los años ochenta, el panorama de la osteosíntesis del escafoides cambió de forma radical, cuando Herbert comenzó a usar su tornillo sin cabeza, comenzando en 1983 a introducir el tornillo de proximal a distal en las fracturas del polo proximal, con la técnica que denomina manos libres (*free-hand*), debido a que con este abordaje no es posible utilizar la guía empleada en el atornillado de distal a proximal establecida por Morán, comienza su empleo ese mismo año; en la que reconoce la

complejidad de la síntesis en las fracturas proximales, y aconseja su atornillado retrógrado, de distal a proximal, más que en atención a la orientación espacial del mismo. La versión mini del tornillo de Herbert, tornillo de titanio de minifragmentos con cabeza plana de 3 diámetros diferentes, lo que unido a que es de rosca continua, permite su utilización cualquiera que sea el tamaño del polo proximal y su cabeza es pequeña y plana, lo que permite su fácil introducción hasta impactar en la cortical, provocando, además, un área de lesión cartilaginosa muy limitada. Este gesto quirúrgico permite obtener la captación interfragmentaria, especialmente cuando no existe una pérdida ósea significativa, lo que acorta el período de inmovilización postoperatoria. Posteriormente salieron al mercado otros modelos de tornillos apropiados para su introducción desde proximal, incluso con la posibilidad de introducirlos de forma percutánea (mini Acutrak) (Lluch Homedes, 1998).

Figura 5.2

Elementos de fijación. (a) Tornillos de Herbert, (b) agujas de Kirchner y (c) grampas



Nota. Adaptada de Fig. 79, Fig. 80 y Fig. 82 en (Hernández Ramajo, 2013).

El tornillo sin cabeza desarrollado por Herbert fue un paso revolucionario, aunque también es posible utilizar en las fracturas del polo proximal un tornillo de cabeza plana, que puede ser introducida en su totalidad en el espesor del cartílago, hasta impactar en el hueso subcondral. Los tornillos canulados tienen varios inconvenientes: su elevado coste, su exagerado grosor en algunos modelos con relación al diámetro del escafoides y la curva de aprendizaje que requieren, ya sean utilizados a cielo abierto o de forma percutánea. No son infrecuentes las complicaciones perioperatorias, que incluyen la dificultad de manejar de la fina aguja-guía, así como la provocación de diastasis, inexistente previamente antes de la intervención, de los fragmentos al introducir el tornillo. Pese a ello, su utilización es cada vez más frecuente, aunque todavía se usa ocasionalmente los tornillos no canulados, fijando los fragmentos en caso necesario de forma previa, con una aguja interfragmentaria suplementaria,

que en alguna ocasión se deja también colocada cuando el tornillo no ha proporcionado una inmovilización convincente de los fragmentos (Irisarri Castro y col., 2007).

El deficitario aporte vascular, los micro-movimientos en el sitio de la fractura y la cubierta articular cartilaginosa son factores que dificultan la consolidación, aún en fracturas con mínimo desplazamiento y biomecánicamente estables. Debido a esto existe en la actualidad una tendencia a tratar en forma quirúrgica, por vía percutánea, este tipo de fracturas. La utilización de las agujas de Kirschner está indicada para fracturas con desplazamiento, angulación o mala alineación del carpo. Son percutáneas, menos estables y no requiere estiloidectomía o abordaje ampliado. Una vez formado el callo óseo se procede a retirarlas. Su fundamento es evitar el daño vascular y de los ligamentos cardinales de la muñeca que conlleva el tratamiento a cielo abierto. La menor agresión quirúrgica permitiría acortar los tiempos de consolidación y los períodos de inmovilización e incapacidad laboral y/o deportiva (Seré y col., 2009).

Las grapas fueron muy usadas en los años 80 y en el momento actual no se emplean mucho debido a la mejoría del resto de tratamientos. Con las grapas se conseguían resultados satisfactorios en el 85-90% de los casos, aunque su principal problema es que precisaban de una técnica quirúrgica compleja ya que la reducción de la fractura dependía de una buena colocación de la grapa (Hernández Ramajo, 2013).

La artroscopia ha ganado un importante papel en el tratamiento de estas fracturas articulares, como se observa en la Figura 5.3, ya que permite la visualización de la reducción, el correcto posicionamiento de la osteosíntesis y el diagnóstico de lesiones ligamentarias y/o condrales asociadas a la fractura.

Figura 5.3

Artroscopia de muñeca



Nota. Recuperada de Fig. 1 en (Seré y col., 2009).

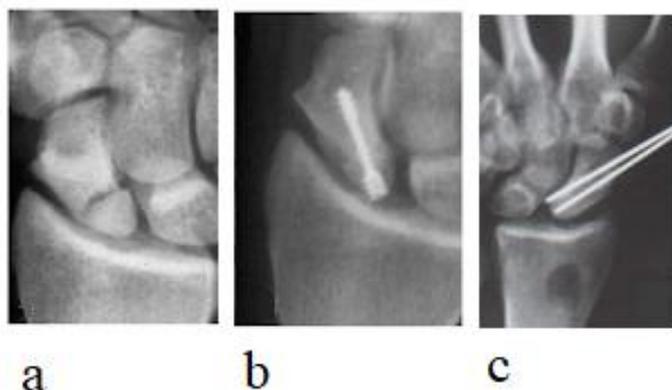
Las indicaciones para la asistencia artroscópica en las fracturas de escafoides son para fracturas del polo proximal del escafoides, para fracturas completas de la cintura, sin

desplazamiento o mínimamente desplazadas y para fracturas de la cintura desplazadas y reductibles. También permite documentar las lesiones de partes blandas asociadas y tratarlas en el mismo acto operatorio (Seré y col., 2009).

En la Figura 5.4 se presenta una radiografía preoperatoria con control al año de la osteosíntesis con tornillo tipo Herbert y postoperatoria con colocación de agujas de Kirschner. Un tratamiento quirúrgico precoz puede evitar una pseudoartrosis en desplazamiento de la fractura mayor o igual a 1mm., en fracturas conminutas, del polo proximal, con retraso en el diagnóstico y tratamiento inicial, fracturas con ángulo intraescafoideo lateral mayor de 45° o cociente altura longitud mayor de 0,65; o en pacientes no colaboradores (Hernández Ramajo, 2013).

Figura 5.4

Tipos de fijación de la fractura de escafoides. (a) Radiografía preoperatoria, b) compresión del tornillo de Herbert y c) radiografía postoperatoria con colocación de agujas de Kirschner



Nota. Adaptada de (Gómez Quemé, 2015).

5.3. Tratamiento de la pseudoartrosis de escafoides

Los objetivos del tratamiento de la pseudoartrosis del escafoides es la reparación ósea mediante la restauración de su forma y la preservación de las conexiones ligamentosas por lo que se ha empleado una gran cantidad de métodos desde lo más sencillo que es mantener la inmovilización durante un tiempo más prolongado hasta la artrodesis total del carpo pasando por el empleo de injertos óseos libres o pediculados, y procedimientos de rescate como estoliectomía radial y la neurectomía total o parcial del carpo o las artrodesis parciales de muñeca.

El tratamiento no quirúrgico puede incluir el uso de muñequeras, fármacos antiinflamatorios o infiltraciones para mejorar el dolor. Los tratamientos varían desde tratamientos con estimulación eléctrica y ultrasónica, la estimulación eléctrica se emplea en

combinación con la inmovilización con yeso en pacientes en los que no se puede realizar la cirugía. El uso de la electroterapia se puede realizar de forma directa o invasiva colocando el implante a nivel del foco de pseudoartrosis o de forma percutánea mediante unas bobinas localizadas en el yeso que crean un campo electromagnético alrededor de la lesión, es un método indoloro, los ultrasonidos se emplean porque a bajas dosis aumentan la actividad metabólica al favorecer el flujo sanguíneo a nivel del foco de la lesión e incrementan la mineralización del hueso por el efecto que tienen sobre el metabolismo del calcio. Tratamiento con oxígeno hiperbárico, que consiste en administrar oxígeno al 100% de manera intermitente a unas presiones superiores a una atmósfera en una cámara de presión (Hernández Ramajo, 2013).

Generalmente, es necesario el tratamiento quirúrgico para limpiar y legar el foco de la fractura para poder poner algún tipo de injerto óseo y estabilizar la fractura con agujas o tornillos, según se indica en la Figura 5.5.

Figura 5.5

Control posquirúrgico con fijación de agujas de Kirschner y tornillo de Herbert en hueso escafoides. (a) Radiografía frente y (b) perfil



Nota. Adaptada de Fig. 4 en (Polo, s. f).

Dentro de las opciones quirúrgicas, se incluyen injerto óseo como también la estiloidectomía del radio, la carppectomía proximal, la extirpación del escafoides y artrodesis o fusión parcial de la muñeca, como se observa en la Figura 5.6; e incluso la artrodesis o fusión total de la muñeca, dependiendo entre otras cosas del grado de degeneración artrósica de la muñeca asociada a la pseudoartrosis (Polo, s. f).

Figura 5.6

Radiografía en control posquirúrgico con colocación de tornillos de Herbert



Nota. Adaptada de Fig. 4 en (Polo, s. f).

Capítulo 6

TRATAMIENTO PARA FRACTURAS DE ESCAFOIDES

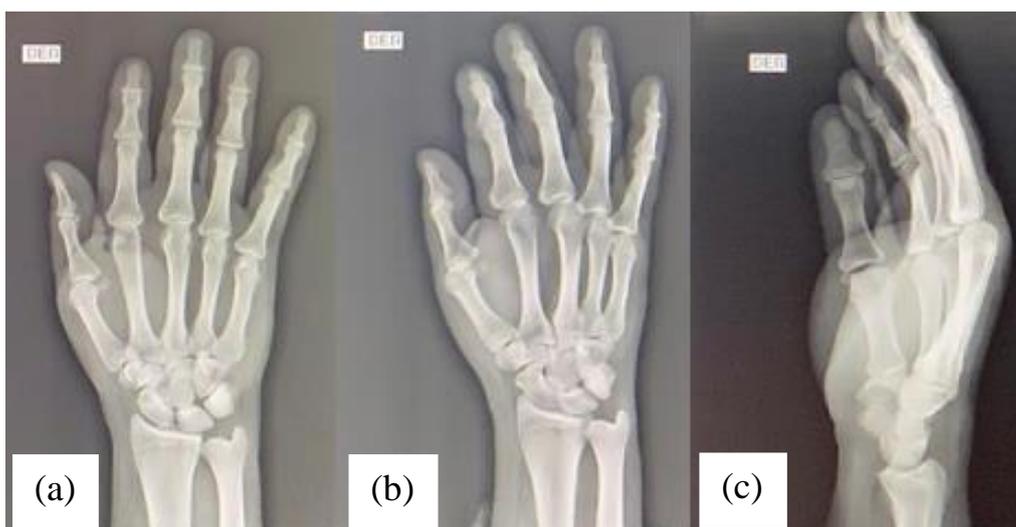
En este capítulo se presentan 4 casos clínicos de pacientes con fractura de escafoides. Los mismos fueron obtenidos de los centros de salud de las localidades de Chañar Ladeado, Arias, Villa Cañas y Venado Tuerto.

6.1. Caso clínico N°1

Se aborda el caso de un paciente masculino de 45 años de edad con traumatismo de miembro superior, de profesión albañil. El mismo acude a la guardia del hospital presentando síntomas de edema y tumefacción en su mano y muñeca derecha de dos semanas de evolución, tras caer de su propia altura portando en sus manos una viga. En la exploración física se comprobó impotencia funcional de mano derecha con grosero edema en partes blandas. Se realizan radiografías de mano y muñeca frente, perfil y oblicua, como se muestra en la Figura 6.1, que no evidencian cambios óseos, pero si gran componente inflamatorio en partes blandas.

Figura 6.1

Radiografía de mano y muñeca derecha del paciente N°1. (a) Frente, (b) oblicua, y (c) perfil



Se procede a la inmovilización del miembro mediante férula braquial como tratamiento conservador y se le indica la realización de un estudio de tomografía computada – Figura 6.2–, para su posterior evolución y tratamiento. El informe tomográfico indica pérdida difusa de la densidad mineral con alteración en la cortical posterior del radio, sin clara imagen

de fractura a su nivel. Se observa importante alteración degenerativa articular entre las estructuras de la primer y segunda línea del carpo con formaciones geólicas a predominio escafosemilunar, con importante aumento en el espesor de las partes blandas y probable liquido articular. Los tendones flexores y extensores son intensidad de morfología normal y ejes conservados. Las estructuras vasculares no muestran alteraciones.

Figura 6.2

Tomografía computada de la muñeca derecha del paciente N° 1. Cortes axiales a la izquierda y sagitales a la derecha

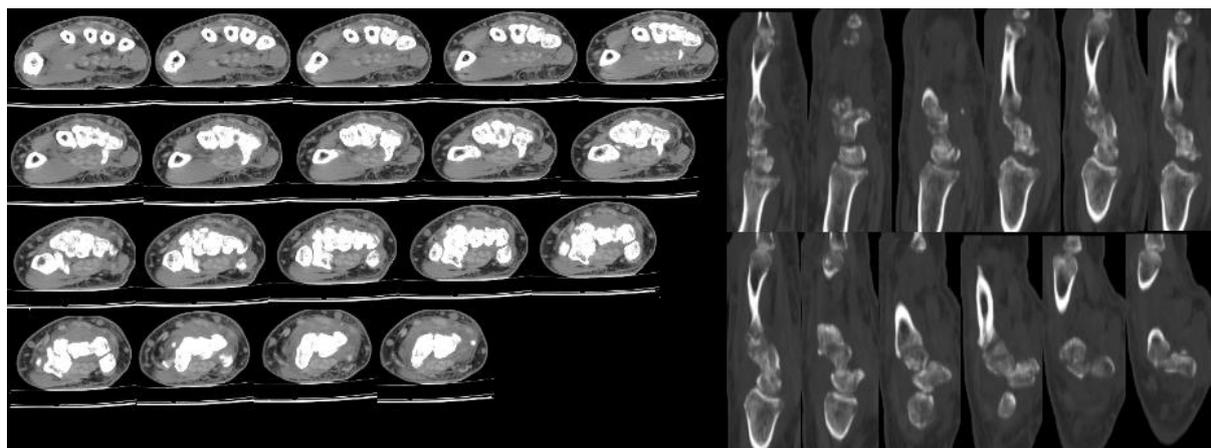
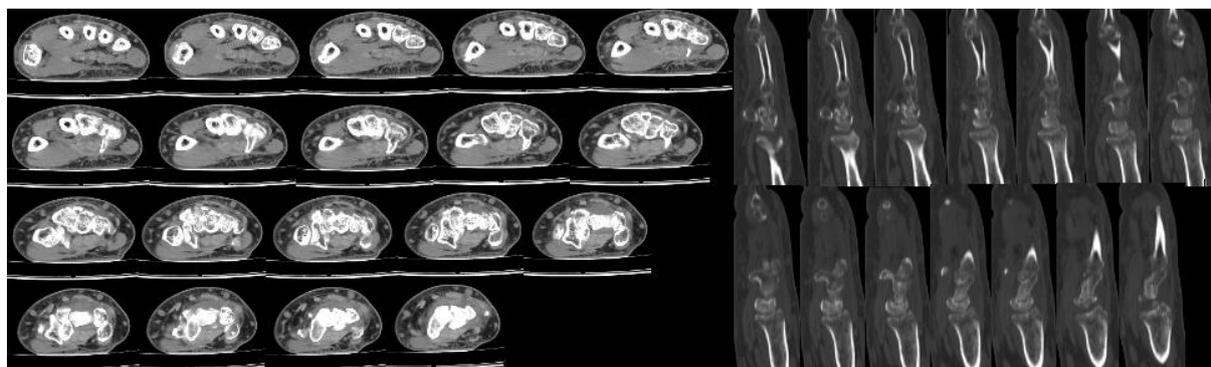


Figura 6.3

Tomografía computada de la muñeca derecha del paciente N° 1 realizada a los 45 días de la primera consulta. (a) Cortes axiales a la izquierda y sagitales a la derecha



Posteriormente, al transcurrir un tiempo superior a una semana, el paciente consulta por equivalentes febriles, persistencia del edema y dolor a la movilización activa y pasiva. Se procede a cambio de férula y se solicita la realización de análisis de laboratorio. A los 45 días de evolución, el paciente vuelve a presentarse con la valva corta de yeso en mal estado, con lo que se requiere un estudio tomográfico, como muestra la Figura 6.3, el cual evidencia fractura de escafoides carpiano, procediendo a la inmovilización con yeso antibraquipalmar, indicándosele la realización de controles a las dos semanas. El paciente, finalmente, desiste de

realizarse los controles indicados. Luego de transcurrido un periodo de dos años, el paciente (quien a ese momento contaba con 47 años de edad), reingresa a consultar debido a síntomas de dolor en la muñeca derecha, no presentando movilidad pasiva de la muñeca, pero con presencia de edemas. En esta etapa, se le indica la realización de estudios radiográficos, cuyos resultados se presentan en la Figura 6.4, y cuyo informe arroja artrosis radiocarpiana y pancarpiana. De este modo, se produce la derivación a un especialista de miembro superior.

Figura 6.4

Radiografía de muñeca derecha del paciente N°1 realizada a los dos años de la primera consulta. Frente a la izquierda y de perfil a la derecha



6.2. Caso clínico N°2

Se aborda el caso de un paciente de sexo masculino de 30 años de edad sin antecedentes patológicos previo y de profesión metalúrgico. Ingresa al nosocomio local tras sufrir un accidente en la vía pública con su vehículo particular (moto vehículo de 125 cc), el cual viajaba a alta velocidad y fue embestido por una camioneta de alto porte. Es llevado por el sistema de emergencia hasta el hospital Samco. Recibido por el médico de guardia, se le realiza el examen clínico inicial, constatando una deformidad, edema en partes blandas e impotencia funcional en su mano y muñeca derecha. Se solicitan incidencias radiográficas para descartar fractura (mano oblicua y muñeca frente con desviación cubital). Una vez realizadas, se puede constatar fractura de la cintura del escafoides de trazo simple y sin desplazamiento, además de un trazo fracturario a nivel de la falange proximal del dedo pulgar de la misma mano, según se indica en la Figura 6.5. Se suministran analgésicos, frío y se procede a la inmovilización con una férula braquipalmar para poder calmar el dolor.

Figura 6.5

Radiografía de mano del paciente N°2. (a) Oblicua, (b) frente con inclinación radial y (c) posquirúrgica con elementos de fijación en pulgar y escafoides

**Figura 6.6**

Radiografía de mano del paciente N°2 transcurridos 15 días. (a) frente, (b) mano oblicuo con elementos de fijación en pulgar y escafoides



Se solicita una interconsulta con un médico especialista en traumatología, quien, al observar las incidencias radiográficas y la clínica del paciente, recomienda la derivación a un centro de mayor complejidad para resolver quirúrgicamente ambas fracturas. Como tratamiento definitivo se le realizó osteosíntesis percutánea con tornillo de Herbert en la fractura de escafoides y osteosíntesis con placa bloqueada en dedo pulgar –Figura 6.5(c)–. Se inmoviliza con yeso braquipalmar, indicándosele la realización de controles a los 15 días. Posteriormente el paciente acude a la correspondiente observación de control, donde se le realizaron nuevos

estudios radiográficos, como se muestra en la Figura 6.6. Se observa el tornillo de Herbert en correcta posición y sin desplazamientos en escafoides y con respecto a la placa con tornillos colocada en falange proximal del primer dedo también se encuentra en correcta posición y sin desplazamientos. De acuerdo a esto, se le indicó la realización de actividades de kinesiología y realizaciones de control radiográfico a los 30 días siguientes. Pasado el tiempo correspondiente, reingresó con el control radiográfico, como se muestra en la Figura 6.7, observándose el material de osteosíntesis en correcta posición, tanto en el escafoides como en la falange media del primer dedo, donde las interlineas articulares estaban respetadas. Dado la mejora clínica notable observada, el paciente es dado de alta.

Figura 6.7

Radiografía de mano del paciente N°2 transcurridos 45 días. (a) frente, (b)mano oblicuo con elementos de fijación en pulgar y escafoides



6.3. Caso clínico N°3

Se aborda el caso de un paciente masculino de 28 años de edad sin antecedentes patológicos previos en su muñeca. El paciente sufrió hace aproximadamente 10 años un accidente en la vía pública donde cae de un motovehículo a alta velocidad. Mediante los exámenes clínico-radiológicos se realizó el diagnóstico de fractura de escafoides de mano izquierda, realizando una inmovilización braquipalmar con el codo en 90° de flexión, el antebrazo y muñeca en posición neutra, incluyendo el pulgar hasta la articulación interfalángica como tratamiento conservador. Al cabo de dos semanas de la inmovilización, el paciente por voluntad propia (sin previa consulta con el traumatólogo) retiró el yeso inmovilizador y no

realizó consulta y/o control con el profesional. Mencionó, además, que no accedió a sesiones de rehabilitación. Con el tiempo comienza a notar cambios en la movilidad de la muñeca, con disminución de la amplitud de los movimientos e impotencia funcional moderada. Esto motivó la realización de una consulta con el especialista en traumatología, el cual solicitó las radiografías como primer método, en muñeca izquierda frente, perfil, frente con inclinación cubital y $\frac{3}{4}$ de escafoides, según se muestra en la Figura 6.8.

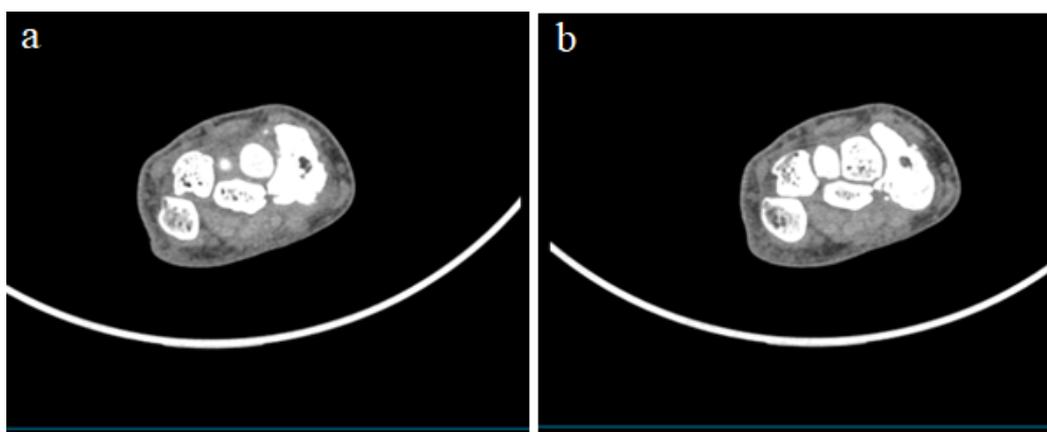
Figura 6.8

Radiografía de muñeca izquierda del paciente N°3. (a) Frente, (b) perfil, (c) frente con inclinación cubital y (d) 3/4 escafoides



Figura 6.9

Cortes axiales de tomografía computada en muñeca izquierda del paciente N°3



Nota. (a) y (b) indican diferente número de corte axial

El informe radiológico constató la presencia de una alteración en la morfología del escafoides, con imágenes lineales de aspectos escleróticos sugiriendo alteraciones de características osteocondrales. Ante la sospecha diagnóstica de posibles complicaciones postraumáticas se solicitó la realización de una tomografía de muñeca sin contraste, la cual se

presenta en la Figura 6.9. Se reportó sobre la presencia de una fractura de la cintura del escafoides, con márgenes escleróticos de los trazos de fractura, asociado a geodas, sugiriendo así una pseudoartrosis de la misma. Con dicho informe, el médico determinó realización de un tratamiento resolutivo de la misma, efectuándose una osteosíntesis percutánea con tornillo de Herbert e injerto óseo para dicha fractura, como se observa en la Figura 6.10. En esta se constata la presencia de elementos de fijación metálico correspondiente a tornillo de Herbert

Figura 6.10

Radiografía posquirúrgica en muñeca izquierda del paciente N°3. (a) Frente, (b) perfil y (c) frente con inclinación cubital



6.4. Caso clínico N°4

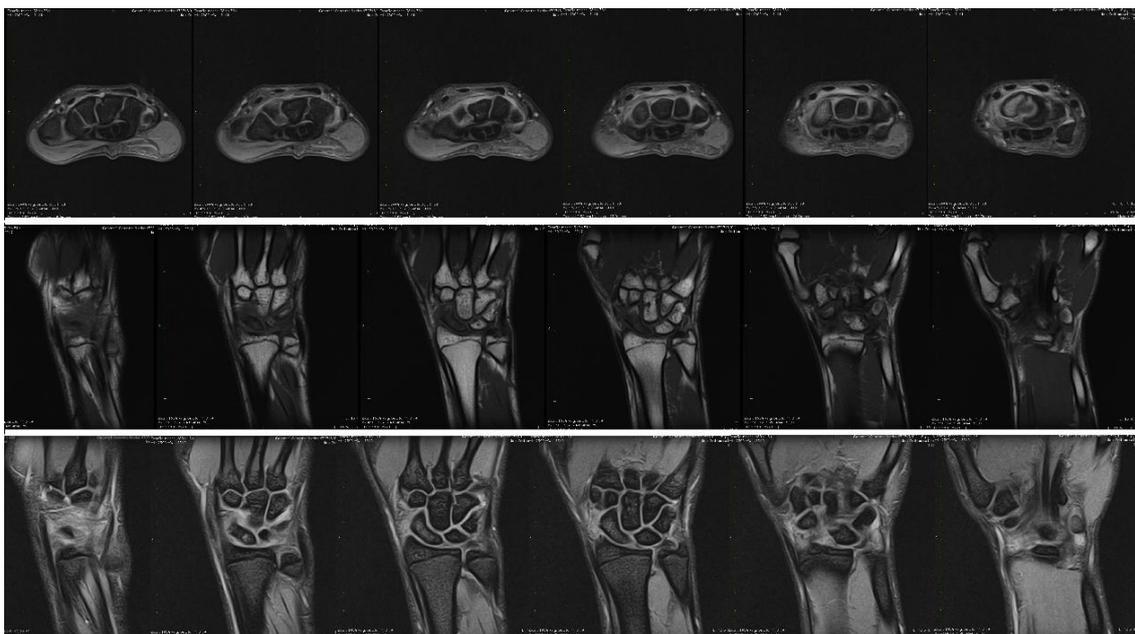
Se trata de un paciente de 9 años de edad que ingresó a la guardia del Hospital Alejandro Gutiérrez de Venado Tuerto tras sufrir un traumatismo por caída de su propia altura en la mano derecha, la cual presenta edema y dolor zonal. Luego del examen clínico, se le indicó la realizarse incidencias radiográficas de muñeca frente y perfil, como muestra la Figura 6.11, donde no se constatan cambios óseos degenerativos. Con el correr de los días, la clínica del paciente sigue siendo positiva; el mismo siguió refiriendo dolor en la zona de la tabaquera anatómica y el edema de partes blandas persistía, motivo por el cual se decidió la realización de una resonancia magnética de muñeca. Este estudio se muestra en la Figura 6.12. Este estudio se realizó para constatar si se presentaba algún cambio no evidenciado en el estudio inicial radiológico. Realizada la resonancia magnética se observó un edema óseo del hueso escafoides correspondiente a fractura de la cintura del mismo.

Figura 6.11

Radiografía de muñeca del paciente N°4. (a) Frente y (b) perfil

**Figura 6.12**

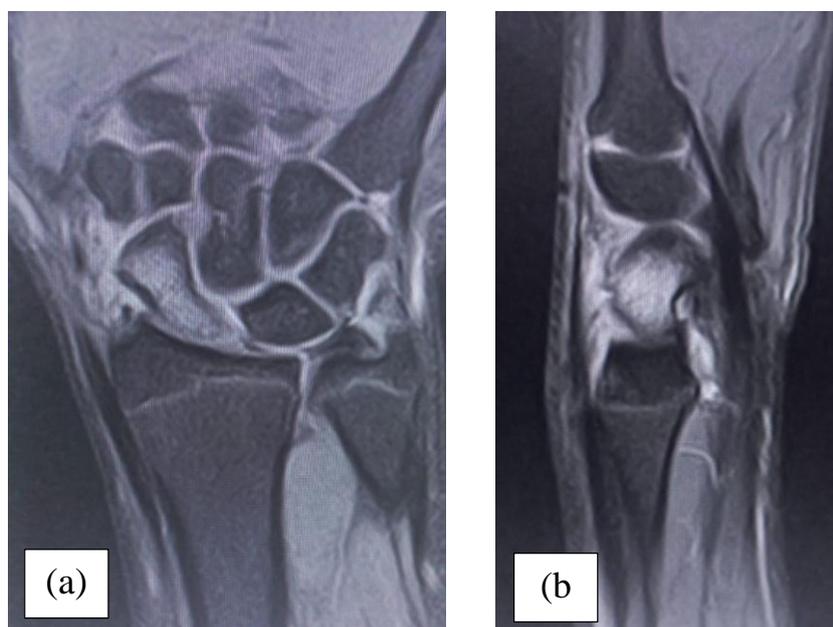
Secuencia de resonancia magnética de muñeca del paciente N°4 en cortes axiales y coronales



En la Figura 6.13(a) se muestra el estudio de resonancia magnética con cortes coronales en secuencia densidad protónica Fat-Sat. Se observa un edema óseo del hueso correspondiente a una fractura oculta del escafoides. Por otro lado, el corte sagital DP Fat-Sat con saturación grasa que se muestra de la Figura 6.13(b), permitió observar el brillo del líquido en el edema óseo.

Figura 6.13

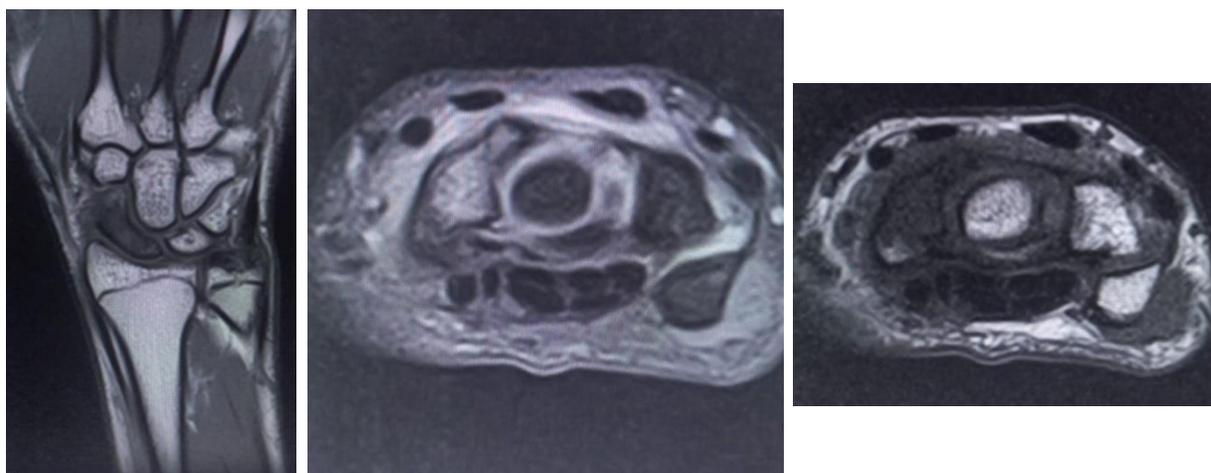
Resonancia magnética en muñeca del paciente N°4. (a) Cortes coronales en secuencia densidad protónica Fat–Sat y (b) corte sagital DP Fat–Sat con saturación grasa



La Figura 6.14(a) presenta un corte coronal T1, se observa el cambio de intensidad en el escafoides viéndose hipointenso. En la Figura 6.14(b) muestra un corte axial DP Fat–Sat T2 en el que puede observarse el edema óseo, y en la Figura 6.14(c), se observa un corte axial DP T1 donde se observa el escafoides hipointenso.

Figura 6.14

Resonancia magnética en muñeca del paciente N°4. (a) Corte coronal T1, (b) corte axial DP Fat–Sat T2 y (c) corte axial DP T1

**6.5. Discusión de los casos clínicos**

Al evaluar los casos clínicos expuestos, las fracturas de escafoides se dan en mayor medida ante un traumatismo por caída, ya sea accidente de tránsito o laboral, y en un rango de edad de adultos jóvenes activos, característica que comparten todos los casos descriptos.

Las fracturas del escafoides ocurren en tres sitios anatómicos principales. Más comúnmente suceden en la cintura del hueso, como es el caso de los pacientes N°2 y N°4; luego en el polo proximal y el resto ocurre en el polo distal. Estas pueden pasarse por alto o diagnosticarse y tratarse erróneamente, como resultó ser el caso del paciente N° 1, y desarrollar complicaciones como: consolidación defectuosa, falta de unión, artrosis, pseudoartrosis o necrosis avascular; con el consiguiente dolor, osteoartritis y reducción del rango de movimiento de la muñeca.

Las radiografías simples son la investigación inicial de las sospechas de fracturas de escafoides. Generalmente se indican radiografías estándar (frente y perfil de muñeca) pero podrían realizarse, además, las incidencias frente con inclinación cubital y 3/4 escafoides que aportan mayor información sobre la estructura del hueso en cuestión. Es importante mantener un alto nivel de sospecha de fractura para evitar resultados erróneos y seguir una escala diagnóstica, con métodos de diagnóstico de fácil acceso (radiografía) para luego seleccionar que pacientes podrán ser direccionados a métodos de mayor complejidad.

Las fracturas pueden tardar de 1–2 semanas en resultar evidentes al ojo desnudo en radiografías y algunas pueden permanecer ocultas radiológicamente hasta por 6 semanas. En pacientes con alta sospecha clínica con radiografías negativas, al momento de la presentación en una práctica convencional se sugiere la repetición de los estudios radiográficos y el examen clínico posteriores a las 2 semanas de producida la inmovilización. Sin embargo, se ha demostrado que la resonancia magnética es la modalidad más sensible y específica para detectar la presencia de una fractura, por lo que no resultaría necesaria la espera de posteriores radiografías, sino que realizar un estudio complementario aceleraría el proceso, como es el caso del paciente N° 4. Mientras que, la tomografía computada se utilizó en el paciente N°3 ante la sospecha de complicaciones postraumáticas (pseudoartrosis) y para la determinación del método quirúrgico, ya que brindó la ubicación de la fractura, morfología, desplazamiento y estado de consolidación; y en el paciente N°1 evidenció una degeneración articular entre los huesos del carpo.

Puede determinarse que en el caso del paciente N° 3, al realizar un tratamiento incorrecto posterior al diagnóstico y contraer pseudoartrosis, debió ser realizada una intervención quirúrgica para su resolución. En cambio, en el paciente N°1 al realizar un tratamiento conservador erróneo contrajo artrosis radiocarpiana y pancarpiana, lo que derivó en una

impotencia funcional en su mano. A diferencia de los casos anteriores, el paciente N° 2 y N°4 fueron tratados n el tiempo adecuado, beneficiando así su posterior tratamiento y evolución. Por otro lado, se hace énfasis en la necesidad de recurrir a los controles posteriores, dado que el seguimiento adecuado por el medico interviniente se puede posibilitar encontrar nuevos hallazgos y evitar complicaciones futuras.

Capítulo 7

CONCLUSIONES

7.1. Conclusiones generales

El diagnóstico de las fracturas de escafoides y luxaciones de los huesos del carpo en varias ocasiones son difíciles de visualizar, ya que las siluetas de los ocho huesos del carpo se superponen en la mayoría de los puntos de vista radiológicos. Si bien los métodos más sensibles y de mayor especificidad son la tomografía multislice y la resonancia magnética, ante una sospecha de fractura de escafoides resulta adecuado que el examen inicial clínico, sea seguido por el examen radiológico, dado que la mayoría de los nosocomios cuentan con un equipo de rayos X, siendo un método de bajo costo por lo tanto accesible para todos a diferencia de equipos tomógrafos y resonadores. Las incidencias que aportan información certera sobre la estructura del hueso escafoides son muñeca frente, muñeca frente con inclinación cubital y escafoides 3/4. Si hay sospecha se puede realizar comparativa de ambas muñecas frente.

Cuando el profesional interviniente tiene una clínica positiva pero el examen radiográfico inicial es negativo o dudoso, el paso a seguir sería un estudio de resonancia magnética de alto campo o tomografía computada multislice, para corroborar si existe fractura oculta y así poder diferenciar el tipo de trazo, desplazamiento, evaluar en vista 3D.

El estudio de resonancia magnética es de gran eficacia, en especial en sus cortes coronales con secuencia en supresión grasa. Además, las imágenes obtenidas resultan más precisas que con otras técnicas (radiografía y tomografía) en la predicción de la vascularización de pseudoartrosis de escafoides. Para interpretar las imágenes de resonancia magnética, es importante comprender los parámetros usados para crearlas, pues el contraste en la imagen depende específicamente de la combinación de parámetros en que se ha adquirido la información. Se han revisado las bases físicas de la resonancia magnética y su importante papel en la generación de las diferentes secuencias. Se han descrito las características de cada secuencia y su utilidad. La secuencia T1 aporta información anatómica completa. T2, FLAIR y T1 con medio de contraste, son esenciales para detectar y caracterizar lesiones. La T2* o susceptibilidad magnética es imprescindible para identificar factores que alteran la homogeneidad del campo magnético, como hemorragias, calcificaciones, metales, etc.

Por lo general, las fracturas del escafoides que están en el polo distal, más cerca del dedo pulgar, sanan en cuestión de semanas con férula y con actividad restringida, ya que esta parte del hueso escafoides tiene una buena irrigación sanguínea, lo que es necesario para recuperarse. El tiempo de consolidación varía según el paciente. El médico controlará el proceso de formación de callo óseo con radiografías periódicas u otros estudios por imágenes. Si el escafoides se fractura en su cintura, en el polo proximal, o tiene fragmentos desplazados puede ser más difícil curarse y es donde se analiza realizar un tratamiento quirúrgico. Por lo expuesto, resulta fundamental el conocimiento de las características anatómicas, vasculares y biomecánicas del escafoides, así como de las técnicas disponibles para abordar este tipo de lesiones con la máxima eficacia, minimizando sus secuelas.

Un diagnóstico tardío de una fractura de escafoides puede llevar a secuelas como pseudoartrosis, artrosis de muñeca postraumática o una necrosis avascular. Todos estos casos implican que la capacidad para reincorporarse a la actividad cotidiana sea más lejana, incluso llegando a ser imposible incorporarse a un trabajo por razones de incapacidad ante la imposibilidad de realizar ciertos movimientos con la mano.

Referencias

- Alcañaz Martínez, U. (s.f). *Resonancia Magnética, los protocolos y su práctica*. Recuperado el 12 de diciembre de 2022 de <https://protocolosresonanciamagnetica.org/2017/01/24/carpo/>
- Andrade, G. (2014). Artrosis de muñeca, estudio y opciones de tratamiento. *Rev. Med. Clin. Condes.*, 25(5): 750–755.
- Bertran Prieto, P. (s.f). *Huesos de la mano: ¿cuales hay y como se llaman?*. Medico plus. Recuperado el 15 de enero de 2022 de <https://medicoplus.com/medicina-general/huesos-mano>
- Bontrajer, K. (2004). Posiciones radiológicas y correlación anatómica (5ta ed.). Médica Panamericana: Buenos Aires.
- Bucholz, R., & Heckman, J. (2003). *Fracturas en el adulto* (Vol. 1). Marbán.
- Camacho Galindo J. (2007). *Anatomía del escafoides*. *Ortho-tips*, 3(4): 217–226.
- Campagne, D. (2021). *Introducción a las fracturas*. Manual MSD. Recuperado el 13 de enero de 2022 de <https://www.msdmanuals.com/es-ar/hogar/traumatismos-y-venenamientos/fracturas/introducci%C3%B3n-a-las-fracturas>
- Costa, J., & Soria, J. A (2015). *Resonancia Magnética dirigida a Técnicos Superiores en Imagen para el Diagnóstico*. Elsevier: Barcelona.
- Costa, J., & Soria, J. A (2015). *Tomografía Computarizada dirigida a Técnicos Superiores en Imagen para el Diagnóstico*. Elsevier: Barcelona.
- Delgado, P., Gonzalo, Bosch O, Enrique, & Soffia S, Pablo. (2005). Artroresonancia: conceptos generales, indicaciones y rendimientos. *Rev. Chil. Radiol.*, 11(2), 75–80. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082005000200006>
- Dillenseger, J–P, & Moerschel, E. (2012). Manual para técnicos radiólogos. Cuando la teoría enriquece la práctica (1a ed.). Journal: Buenos Aires.
- Espinosa, A., & Rodríguez Lozano, G. (2007). Diagnóstico por imagenología de las fracturas de escafoides. *Ortho-tips*, 3(4): 231–237.
- Estrada Castrillón, M., Isaza Zapata, S., Osorio Restrepo, S., Prada Gómez, V., Florez Leguía, M. K., Marulanda Álvarez, J. C. (2017). *Secuencias para Reducción de Artefactos Metálicos por Material de Osteosíntesis en Resonancia Magnética. Experiencia en el Hospital Pablo Tobón Uribe*. Ponencia presentada en Universidad CES, Colombia.

- Fernández Vázquez, J. (2007). Clasificación de las fracturas de escafoides. *Ortho-tips*, 3(4): 238–244.
- García-Valtuille, R. (2016). RM de la muñeca y la mano. En *Resonancia Magnética del Sistema Musculo-esquelético* (Cap.4, pp. 67–86).
- Gómez Quemé, J. (2015). *Fractura de escafoides carpiano* [Tesis de maestría]. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Green, D., Hotchkiss, R., Pederson, W., & Wolff, S. (2007). *Cirugía de la mano* (Vol 1 y 2, 5ta ed.). Marbán.
- Hernández Ramajo, R. (2013). *Tratamiento quirúrgico de la pseudoartrosis del escafoides carpiano*. [Tesis de doctorado]. Universidad de Valladolid.
- Irisarri Castro, C., Yáñez Calvo, J., & Pombo Expósito, S. (2007). Fracturas y pseudoartrosis del escafoides carpiano. *Rev. Ortop. Traumatol. (Madr.)*, 51(1), 111–123.
- Kocak, M. (2021). *Resonancia magnética nuclear*. Manual MSD.
- Lafuente Martinez, J., & Oleaga Zufiría, L. (2017). *Apreniendo los fundamentos de la resonancia magnética*. Editorial Médica Panamericana.
- Landin, L., & Thione, A. (2022). *Fractura de escafoides*. Recuperado el 24 de octubre de 2022, de <https://lesionesdemano.com/fractura/escafoides/>
- Llanos Manzano, D. (2022). *Trauma del carpo*. Recuperado el 11 de julio 2022. <http://osteomuscular.com/MANO/traumacarpo.html>
- Lluch Homedes, A. (1998). Concepto de muñeca SNAC: Scaphoid Non-union Advanced Collapse. *Rev. Esp. Cir. Ortop. Traumatol*, 42(91): 9133–9138.
- Medina Gonzalez, C., Benet Rodríguez, M., & Marco Martínez, F.. (2016). El complejo articular de la muñeca: aspectos anatófisiológicos y biomecánicos, características, clasificación y tratamiento de la fractura distal del radio. *MediSur*, 14(4), 430–446. Recuperado en 09 de diciembre de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2016000400011&lng=es&tlng=es
- Mendoza, C. (s.f). Fractura de antebrazo, muñeca y mano. En *Cátedra de Clínica Kinefisiatríca Quirúrgica*. Instituto Universitario del Gran Rosario.
- Mir, X., Fonto, J., Aizpurua, J., Lamas, C., Llusá, M., & Navarro, A. (1998). Clasificación de las fracturas y pseudoartrosis del escafoides carpiano. *Rev. Esp. Cir. Ortop. Traumatol.*, 42(91): 9108–9116.

- OrthoInfo (2019). *Fractura del escafoides de la muñeca*. Recuperado el 10 de diciembre de 2022 de <https://orthoinfo.aaos.org/es/diseases--conditions/fractura-del-escafoides-de-la-muneca-scaphoid-fracture/>
- Palauzo, C., Ricca, A., López, F., & Martínez, F. (2013). Artefactos en RM: conocerlos para solucionarlos. Recuperado el 5 de mayo de 2023 de http://congreso.faardit.org.ar/uploads/2013/poster/2013_319_PE_Miscelaneas.pdf
- Pancorbo Sandoval, E., Delgado Quiñones, A., & Díaz Prieto, G. (2021). Actualidad sobre el consenso de los sistemas de clasificación en la fractura distal del radio. *Rev. Cub. Med. Mil.*, 50(4). Recuperado el 15 de noviembre de 2022 de <https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/1016/935>
- Peralta Gallo, G., Avendaño Bermúdez, C., Márquez Benítez, M., Ríos Reina, J., & González Vergara, C. (2018). Complicaciones de las fracturas de escafoides carpal: evaluación por resonancia magnética. *Acta médica Grupo Ángeles*, 16(3), 200–203.
- Pérez, P. (2018). Tubos de rayos X. En *Dosimetría en la radioterapia*. FAMAFA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Polo, F. (s. f). *Fractura de escafoides*. Recuperado el 11 de diciembre de 2022 de <https://doctorfpolo.es/patologias/muneca/fractura-de-escafoides/>
- Polo, F. (s.f). *Pseudoartrosis de escafoides*. Recuperado el 11 de diciembre de 2022 de <https://doctorfpolo.es/patologias/muneca/pseudoartrosis-escafoides/>
- Pretel Mazzini, J., Ruiz Zemba, C., & Rodríguez Martín, J. (2009). Trastornos de la Consolidación: Retardo y pseudoartrosis. *Rev Med Hered*, 20(1): 31–39.
- Puerta Sales, A., García Medina, V. (2015). *Protocolos de tomografía computerizada*. Servicio de Radiología del Hospital General Universitario Reina Sofía de Murcia. Recuperado el 12 de diciembre de 2022 de <https://www.murciasalud.es/recursos/ficheros/328602-libro.pdf>
- Ramos Vertiz, J. (1984). *Traumatología y ortopedia, nociones básicas y traumatología*. (Vol. 1). Ergon: Buenos Aires.
- Rodríguez Ramírez, D., Ruiz Moreno, C. E., Nieto Bayona, M. Ángel, Leuro Torres, S., & Gómez Rueda, M. (2020). La mano. Aspectos anatómicos I. Generalidades, osteología y artrología. *Morfología*, 12(1), 11–30.
- Ruiz del Pino, M., Hazañas Ruiz, S., Conde Melgar, M., Enríquez Álvarez, E., & Jiménez-Peña Mellado, D. (s.f). *Factura: Conceptos generales y tratamiento*. Recuperado el 9 de diciembre de 2022 de <http://www.medynet.com/usuarios/jraguilar/Manual%20de%20urgencias%20y%20Emergencias/fractgen.pdf>

- Sartori, P., Rozowykniat, M., Siviero, L., Barba, G., Peña, A., Mayol, N., Acosta, D., Castro, J., & Ortiz, A. (2015). Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética. *Rev. Arg. Radiol.*, 79(4).
- Seré, I., Carrizo, J., & Pereira, E. (2009) Fracturas del Escafoides Carpiano: Tratamiento percutáneo bajo asistencia artroscópica. *Artroscopia*, (16)3: 217–220.
- Técnicos Radiólogos, TC (2014). *Pruebas Radiológicas para la fractura de escafoides*. Recuperada el 11 de diciembre de 2022 de <http://www.tecnicosradiologia.com/2014/06/pruebas-radiologicas-para-la-fractura.html>
- Trumble, T., Salas, P., Barthel, T., & Robert, K., 3rd (2003). Management of scaphoid nonunions. *J Am Acad Orthop Surg*, 11(6), 380–391. <https://doi.org/10.5435/00124635-200311000-00002>
- Vasković, J. (2022) *Mano y Muñeca (anatomía)*. Kenhub. Recuperado 21 de marzo 2022 de <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/mano-y-muneca>
- Vindas Hernández, P., González Arrieta, D., & Lee Ruiz, L. (2020). Generalidades de las fracturas de escafoides: reporte de un caso. *Rev. Med. Sinergia*, 5(11): e595. <https://dx.doi.org/10.31434/rms.v5i11.595>
- Yáñez, J., Castro, M., Pombo, S., & Irisarri, C. (2005). Osteosíntesis con tornillo del polo proximal del escafoides carpiano. *Rev. Esp. Cir. Ortop. Traumatol.*, 49(4): 281–286.