

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE HISTOLOGÍA Y ANATOMÍA

ESTUDIO DEL CARTÍLAGO ARTICULAR Y DEL HUESO SUBCONDRALE EN LA OSTEOARTRITIS DE LA ARTICULACIÓN PISI-PIRAMIDAL



MEMORIA DE TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR

María José Santana Maján

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE HISTOLOGÍA Y ANATOMÍA



ESTUDIO DEL CARTÍLAGO ARTICULAR Y DEL HUESO SUBCONDRALE EN LA OSTEOARTRITIS DE LA ARTICULACIÓN PISI-PIRAMIDAL

MEMORIA DE TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR

María José Santana Maján

DIRECTORES

Prof. D. Francisco Sánchez del Campo

Catedrático del Departamento de Histología y Anatomía
Universidad Miguel Hernández

Prof. D. Manuel Herrera Lara

Profesor Titular del Departamento de Anatomía y Embriología Humana I
Universidad Complutense de Madrid

Dedicado a mis padres,
Paco y María José, allá donde esté.

A mis hermanos Fran, Jesús, Ricardo, Juan y Nuria.

A mis maestros.

A mis amigos.



AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis el profesor Francisco Sánchez del Campo por su guía en la ejecución de este trabajo.

A mi director de tesis el profesor Manuel Herrera Lara por su propuesta y ayuda en los inicios.

A mi amigo estadístico José Fernández Sáez por su tenacidad numérica y generosidad de conocimientos.

A mi compañero anatomista doctor Francisco F. Terol Calpena por su apoyo incondicional.

A mi colega doctora Marta Manero Jiménez, responsable del Servicio de Radiología de la Clínica Vistahermosa, por sus aclaraciones radiológicas.

A mi amiga Anabel Cámara Acosta por su agilidad fotográfica.

A mi amiga Miriam Belén Cascales Hernández por su infinita paciencia y capacidad correctora.

Índice

I. INTRODUCCIÓN	15
1. FILOGENIA	17
2. DESARROLLO EMBRIOLÓGICO DE LA MANO	20
3. ANATOMÍA DE LA ARTICULACIÓN PISI-PIRAMIDAL	22
3.1. HUESO PISIFORME	22
3.2. HUESO PIRAMIDAL	22
3.3. CAVIDAD SINOVIAL	23
3.4. TIPO DE ARTICULACIÓN	24
3.5. ELEMENTOS QUE SE INSERTAN EN EL PISIFORME	25
3.5.1. Tendón del flexor ulnar del carpo (<i>Flexor carpi ulnaris</i>)	25
3.5.2. Retináculo flexor (ligamento transverso del carpo o ligamento anular anterior del carpo)	26
3.5.3. Retináculo extensor supratendinoso	27
3.5.4. Músculo abductor del quinto dedo	27
3.5.5. Ligamentos pisi-piramidal radial y ulnar	28
3.5.6. Ligamento pisi-uncinato	28
3.5.7. Ligamento pisi-metacarpiano	28
3.6. ELEMENTOS QUE SE INSERTAN EN EL PIRAMIDAL	29
3.6.1. Menisco homólogo	29
3.6.2. Vaina fibrosa del tendón del extensor ulnar del carpo	29
3.6.3. Ligamento extrínseco cúbito-piramidal	29
3.6.4. Ligamento extrínseco radio-piramidal dorsal o radiocarpiano dorsal	29
3.6.5. Ligamento interóseo escafo-piramidal palmar	29
3.6.6. Ligamento interóseo semilunar-piramidal palmar	30
3.6.7. Ligamento interóseo semilunar-piramidal dorsal	30
3.6.8. Ligamento intercarpiano dorsal	30
3.6.9. Complejo ligamentoso pirámido-ganchoso-capitato palmar	30

3.7. VASCULARIZACIÓN DEL PISIFORME	30
3.8. VASCULARIZACIÓN DEL PIRAMIDAL	31
3.9. RELACIONES FUNCIONALES DEL PISIFORME	31
3.10. RELACIONES FUNCIONALES DEL PIRAMIDAL	32
4. FORMA Y FUNCIÓN DEL CARTÍLAGO ARTICULAR	32
4.1. ESTRUCTURA DEL CARTÍLAGO ARTICULAR	32
4.1.1. Zona superficial	32
4.1.2. Zona intermedia.	33
4.1.3. Zona profunda	33
4.1.4. Zona calcificada.	33
4.2. COMPONENTES DEL CARTÍLAGO ARTICULAR	34
4.2.1. Condrocitos.	34
4.2.2. Sustancia fundamental o matriz intracelular	34
4.2.2.1. Fibras de colágena	34
4.2.2.2. Proteoglicanos.	35
4.2.2.3. Agua	36
4.2.2.4. Otros Componentes	36
4.3. PROPIEDADES FÍSICO-BIOLÓGICAS DEL CARTÍLAGO	37
4.3.1. Viscoelasticidad y resistencia	37
4.3.2. Porosidad y permeabilidad	37
4.3.3. Osmoticidad	37
4.3.4. Nutrición	37
4.3.5. Antigenicidad.	38
4.3.6. Lubricación	38
4.4. ASPECTOS DE LA BIOMECÁNICA DEL CARTÍLAGO HIALINO	38
4.4.1. Efectos de la carga sobre el cartílago	41
4.5. REGENERACIÓN Y REPARACIÓN	42
4.6. CAMBIOS CON LA EDAD	43
5. CARTÍLAGO ARTICULAR Y OSTEOARTROSIS	43
5.1. OSTEOARTROSIS. DEFINICIÓN	43
5.2. CAMBIOS ESTRUCTURALES	44
5.2.1. En el cartílago	44
5.2.2. En el hueso subcondral	44
5.3. CAMBIOS BIOQUÍMICOS, METABÓLICOS E HISTOLÓGICOS:	45
5.3.1. Contenido en agua	45
5.3.2. Proteoglicanos	45
5.3.3. Fibras de colágena	45
5.3.4. Cambios enzimáticos en el cartílago.	46
5.3.5. Acido desoxiribonucleico (ADN)	46
5.3.6. Pirofosfato cálcico	46

5.3.7. Fosfatasa alcalinas	46
5.3.8. Condrocitos	46
6. FORMA Y FUNCIÓN DEL HUESO	46
6.1. HUESO CORTICAL (<i>SUBSTANTIA COMPACTA</i>)	47
6.2. HUESO TRABECULAR O ESPONJOSO (<i>SUBSTANTIA SPONGIOSA</i>)	47
6.2.1. Densidad aparente	47
6.2.2. Arquitectura	47
6.2.3. Edad	48
6.3. ASPECTOS DE LA BIOMECÁNICA DEL HUESO	48
7. BIOMECÁNICA DE LA ARTICULACIÓN PISI-PIRAMIDAL	50
8. PATOLOGÍA DE LA ARTICULACIÓN PISI-PIRAMIDAL	53
8.1. ANQUILOSIS DEL PISIFORME	53
8.2. ROTURA DEL LIGAMENTO PISI-UNCIFORME	53
8.3. ESQUINCE PISI-PIRAMIDAL	54
8.4. SUBUXACIÓN DEL PISIFORME	54
8.5. LUXACIÓN DEL PISIFORME	54
8.6. FRACTURA DEL PISIFORME	54
8.7. FRACTURA DEL PIRAMIDAL	54
8.8. OSTEOARTRITIS PISI-PIRAMIDAL	55
8.8.1. Osteoartritis primaria	55
8.8.2. Osteoartritis secundaria	55
8.8.3. Osteoartritis posquirúrgica	56
8.9. QUISTE ARTROSINOVIAL	56
8.10. SINÓSTOSIS	57
8.11. PINZAMIENTO ULNO-PISIFORME	57
8.12. REUMATISMO	57
8.13. CONDROMATOSIS SINOVIAL	58
8.13. OSTONECROSIS	59
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E HIPÓTESIS DE TRABAJO	61
1. HIPÓTESIS	64
2. OBJETIVOS	64
III. MATERIAL Y MÉTODOS	65
1. DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA	67
2. MÉTODO DE DISECCIÓN ANATÓMICA	67

3. ANÁLISIS MORFOLÓGICO DEL CARTÍLAGO ARTICULAR	68
3.1. MEDICIÓN DE LOS DIÁMETROS	68
3.2. CLASIFICACIÓN DE LA FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES	69
3.3. ESTUDIO DE LOS PLIEGUES SINOVIALES	69
3.4. CLASIFICACIÓN DE LAS LESIONES DEL CARTÍLAGO	69
4. CONFECCIÓN DE ESQUEMAS DE LA SUPERFICIE ARTICULAR	69
4.1. EVALUACIÓN DEL GRADO LESIONAL DEL CARTÍLAGO ARTICULAR	69
5. ANÁLISIS DE IMAGEN DE LA REGION SUBCONDRA DE LOS HUESOS PISIFORME Y PIRAMIDAL	70
5.1. REALIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE TOMOGRAFÍA COMPUTERIZADA (TC)	70
5.2. TRATAMIENTO INFORMÁTICO DE LAS IMÁGENES TC	71
5.2.1. Ecuación	71
5.2.2. Corrección del tono	72
5.2.3. Positivización	72
5.2.4. Posterización	72
5.2.5. Tratamiento óptico informático	72
5.3. ANÁLISIS DE IMAGEN DEL HUESO SUBCONDRA	72
5.3.1. Obtención de la densidad ósea subcondra relativa	72
5.3.2. Análisis de la densidad óptica basado en la densidad ósea relativa	73
6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	73
IV. RESULTADOS	75
1. MEDICIONES MACROSCÓPICAS	77
1.1. MEDIDAS DE LA SUPERFICIE ARTICULAR DEL PISIFORME	77
1.2. MEDIDAS DE LA SUPERFICIE ARTICULAR DEL PIRAMIDAL	77
2. FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES	78
2.1. FORMA DEL CARTÍLAGO DEL PISIFORME	78
2.2. FORMA DEL CARTÍLAGO DEL PIRAMIDAL	78
2.3. CONCORDANCIA DE PAREJAS RESPECTO A LA FORMA ARTICULAR	78
3. PLIEGUES SINOVIALES	78
3.1. SUPERFICIE ARTICULAR DEL PISIFORME	79
3.2. SUPERFICIE ARTICULAR DEL PIRAMIDAL	79
3.3. CONCORDANCIA DE LOS PLIEGUES SINOVIALES SOBRE AMBOS CARTÍLAGOS	79
4. LESIONES DE LA SUPERFICIE DEL CARTÍLAGO	80
4.1. SUPERFICIE ARTICULAR DEL HUESO PISIFORME	80
4.1.1. Borde proximal de la superficie articular	80
4.1.2. Borde distal de la superficie articular	80

4.1.3. Borde radial de la superficie articular	80
4.1.4. Borde ulnar de la superficie articular	80
4.1.5. Zona central de la superficie articular	80
4.2. SUPERFICIE ARTICULAR DEL HUESO PIRAMIDAL	80
4.2.1. Borde proximal de la superficie articular	81
4.2.2. Borde distal de la superficie articular	82
4.2.3. Borde radial de la superficie articular	82
4.2.4. Borde ulnar de la superficie articular	82
4.2.5. Zona central de la superficie articular	82
4.3. CONCORDANCIA DE LAS ZONAS LESIONADAS DE AMBOS CARTÍLAGOS	82
4.4. PORCENTAJE MEDIO DE LOS GRADOS DE LESIÓN EN PISIFORME Y PIRAMIDAL	82
5. NIVELES DE DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRA (DOS)	83
5.1. DISTRIBUCIÓN DE LA DOS DEL PISIFORME POR ZONAS	83
5.1.1. Zona radial subcondral del pisiforme	83
5.1.2. Zona ulnar subcondral del pisiforme	83
5.1.3. Zona central subcondral del pisiforme	83
5.2. DISTRIBUCIÓN DE LA DOS DEL PIRAMIDAL POR ZONAS	84
5.2.1. Zona radial subcondral del piramidal	84
5.2.2. Zona ulnar subcondral del piramidal	84
5.2.3. Zona central subcondral del piramidal	84
5.3. CONCORDANCIA DE LOS NIVELES DE DENSIDAD DE AMBOS HUESOS.	85
5.4. PORCENTAJE MEDIO DE LA DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRA EN AMBOS HUESOS	85
6. RESULTADOS ESTADÍSTICOS	86
6.1. DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN DEL SEXO DE LOS ESPECÍMENES CON LOS DIÁMETROS TRANSVERSO Y LONGITUDINAL DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES	86
6.2. DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE EL SEXO DE LOS ESPECÍMENES CON LA FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES	86
6.3. DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA EXISTENCIA DE PLIEGUES SINOVIALES CON EL SEXO.	87
6.4. DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA EXISTENCIA DE PLIEGUES SINOVIALES CON LA FORMA DE LA SUPERFICIE ARTICULAR	88
6.5. DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN DE LA FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES CON LOS DIÁMETROS TRANSVERSO Y LONGITUDINAL DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES	89
6.6. DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE LESIÓN DE CARTÍLAGO DE PISIFORME Y PIRAMIDAL CON FORMA NO CONCORDANTE Y CONCORDANTE	89

6.7. DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN DEL GRADO DE LESIÓN DEL CARTÍLAGO CON EL SEXO DE LOS ESPECÍMENES	91
6.8. DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE EL GRADO DE LESIÓN DEL CARTÍLAGO Y LOS DIÁMETROS TRANSVERSO Y LONGITUDINAL DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES	92
6.9. DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE EL GRADO DE LESIÓN DEL CARTÍLAGO CON LA FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES	93
6.10. DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRA L Y EL SEXO DE LOS ESPECÍMENES	94
6.11. DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRA L Y LOS DIÁMETROS LONGITUDINAL Y TRANSVERSO DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES	94
6.12. DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRA L Y LA FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES	96
6.13. DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE EL GRADO DE LESIÓN DEL CARTÍLAGO CON LA DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRA	96
V. DISCUSIÓN	101
1. INTRODUCCIÓN	103
2. MEDIDAS MACROSCÓPICAS DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES	103
3. FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES	104
4. PLIEGUES SINOVIALES	105
5. LESIONES DE LA SUPERFICIE DEL CARTÍLAGO	106
6. DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRA	108
VI. CONCLUSIONES	113
VII. BIBLIOGRAFÍA	117
ANEXO ESPECÍMENES	125
ANEXO TABLAS	227

I. Introducción



1. FILOGENIA

Las características del carpo constituyen un parámetro morfológico importante en el desarrollo de las especies en evolución. En la evolución de los primates el tamaño del cerebro y la oposición del pulgar han recibido mucha atención, probablemente la importancia del carpo es igual o mayor puesto que sus aspectos diferenciales evolucionan hasta alcanzar a los homínidos más desarrollados. La oposición del pulgar permite la prensión y facilita el manejo de herramientas, permitiendo realizar actividades cualificadas. No obstante, la mayoría de los primates usa el pulgar escasamente, sobre todo en actividades de prensión. La capacidad de supinar y pronar desarrollada en la familia hominoidea es el resultado de una evolución de la articulación radiocubital distal. La rotación del antebrazo es una necesidad en el uso de herramientas, actividad que permite obtener una comida mas elaborada.

La evolución de la muñeca comienza hace unos 400 millones de años, en el período Devoniano de la Era Primaria, con el desarrollo de aletas pectorales en un pez primitivo llamado *Crossopterygia*. Cien millones de años más tarde, aparece *Eryops*, un anfibio primitivo en el que la morfología de la extremidad superior se acerca groseramente a la de la mano humana, ambas pentadactílicas, con segmentos esqueléticos diversos pero con el mismo plano de composición. La mano de *Eryops* se caracteriza por poseer 13 huesos carpales, una sindesmosis de la articulación radiocubital distal y la ausencia de pronosupinación dado que el cúbito constituye el único hueso de carga en el antebrazo. Figura 1.

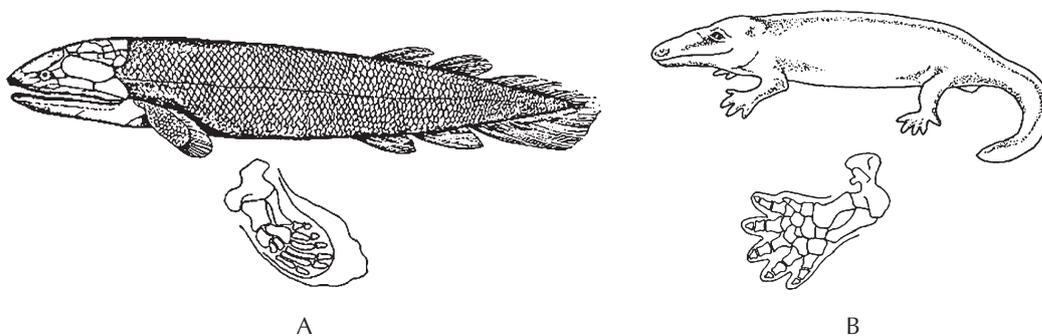


Figura 1. A. *Crossopterygia*, pez primitivo, detalle de la aleta pectoral con carpo primitivo. Tomado de Almquist, 1991. B. *Eryops*, anfibio primitivo, detalle del carpo. Tomado de Bonola et al., 1981.

Durante el paso evolutivo de anfibios a reptiles, la anatomía de la extremidad superior permanece relativamente sin cambios, excepto por la necesidad de soportar el peso del cuerpo. La extremidad superior inicia rotación interna, pronando el antebrazo a fin de tener la extremidad debajo del cuerpo. Esto resultó en una marcada pronación del carpo de forma que el movimiento de los reptiles se realizaba con el humero abducido, antebrazo pronado, carga cubital y muy poca supinación.

Es con la llegada de los primeros mamíferos, hace aproximadamente 230 millones de años durante el periodo Triásico, cuando se empiezan a apreciar en el antebrazo cambios significativos. Con el antebrazo en rotación interna y pronación el mamífero primitivo era capaz de colocar su extremidad debajo de su cuerpo en una posición más eficiente (Almquist, 1991). La extremidad pélvica hizo lo contrario rotando externamente.

Los primates inferiores conservan el modelo de muñeca de los mamíferos primitivos, donde la extremidad inferior del ulna participa en la articulación y se articula con los huesos piramidal y pisiforme.

Los primates más primitivos *Smilodectes gracilis*, son hallados en el período Eoceno, hace 40 millones de años. Según algunos biólogos el *Smilodectes* habría sido el primer lemúrido, el cual vivió al inicio del periodo Eoceno. Tenía los ojos todavía dispuestos lateralmente, y las manos adaptadas a atrapar objetos y trepar sobre los árboles. La articulación radiocubital distal era una sindesmosis, sin una verdadera cavidad articular. El cubito articulaba con el piramidal y el pisiforme y permitían poca pronosupinación.

Los primeros primates, *los prosimios*, parecen desarrollarse en la masa continental que es ahora Norteamérica, cruzan el Atlántico Norte durante el periodo Eoceno hace 58 millones de años. Los primeros fósiles de monos aparecieron en el Mioceno localizados en el este de África hace 25 millones de años. Había monos *Procónsul* arbóreos o semiarbóreos que vivían en bosques tropicales o subtropicales.

Parecen existir pocas dudas en que la única construcción de la articulación de la muñeca en los Homínidos obedece a una especialización asociada con el método de balancearse de los brazos en la locomoción arbórea, conocido como *braquiación*. Además, existen suficientes evidencias de que la braquiación provee el aprendizaje esencial para la postura bípeda característica del hombre. Esta especialización de la muñeca es de profundo significado en el esclarecimiento de la historia de la evolución humana (Lewis, 1970).

La vida arbórea requería largos y poderosos brazos, y unos flexores de los dedos fuertes. El balanceo de rama a rama aumenta el desarrollo de la rotación de la muñeca y, como consecuencia, la sindesmosis de la articulación radiocubital distal desarrolla más movimiento. La articulación ulnar distal comienza a retraerse de la articulación de los huesos piramidal y pisiforme para formar una articulación sinovial.

El desarrollo filogénico sugiere una tendencia gradual de la estiloides ulnar a retroceder en el carpo y una disminución en el tamaño del piramidal. En los Homínidos

más desarrollados, así como en el hombre, esto da lugar a una apófisis estiloides de longitud variable y a un vacío que es sustituido por un relleno cartilaginoso, el *fibrocartílagos triangular*.

Algunos de los primeros homínidos eran terrestres o semiterrestres, con un uso de la actividad de la muñeca en dos tipos diferentes. Un grupo, con muñecas más primitivas, semejantes a las de los no primates, que se caracterizaban por un hueso piramidal grande y un hueso pisiforme de tamaño aún mayor. Tenían un hábito extensor de la articulación de la muñeca en la que el hueso pisiforme actuaba como el calcáneo en el pie. De esta manera desarrollaron un antebrazo similar a la extremidad inferior (Almquist, 1991).

El otro grupo con marcha sobre los nudillos típica de los primates, en la que la muñeca permanece en una posición neutra, la metacarpofalángica hiperextendida, la interfalángica proximal en hiperflexión y la cabeza de la primera falange como superficie de apoyo. Existen dudas sobre si se trata de un proceso adaptativo o el resultado de una inhabilidad para hiperextender la muñeca por la potencia de los flexores en el periodo arbóreo.

Durante el periodo Mioceno, hace 45 millones de años, el *Proconsul Africanus* se desarrolla como un mono ancestral con un tipo cuadrúpedo de articulación de la muñeca similar a los monos actuales. El cúbito articula con el pisiforme y piramidal. Parece que la muñeca de este mono Eoceno tenía un menisco y articulación radiocubital distal que permitía la pronación y supinación, un hallazgo esencial para la vida arbórea. Es un cambio evolutivo crítico en la adaptación de la braquialización.

El homínido más precoz es el *Australopithecus Afarensis*. Espécimen bípedo, tamaño medio del cerebro y una articulación radiocubital distal que permitía la pronosupinación.

La última culminación de este cambio evolutivo toma lugar en los siguientes dos millones de años cuando se desarrolla el *Homo Habilis*.

La articulación de la muñeca ha evolucionado desde una serie de huesos espaciados con los rayos pectorales de los anfibios precoces hasta el sistema carpiano complejo del hombre. Esto se desarrolla en unos 260 millones de años. El carpo ha cambiado mínimamente en los últimos 4 millones de años (Almquist, 1991).

En el desarrollo filogénico de la muñeca asistimos a una reducción de las dimensiones óseas del pisiforme y del piramidal, retracción de la apófisis estiloides del cúbito y a la formación de la articulación radiocubital distal, y de la articulación pisi-piramidal como articulación sinovial independiente consecuencia de la evolución de la articulación radiocubital distal. Figura 2.

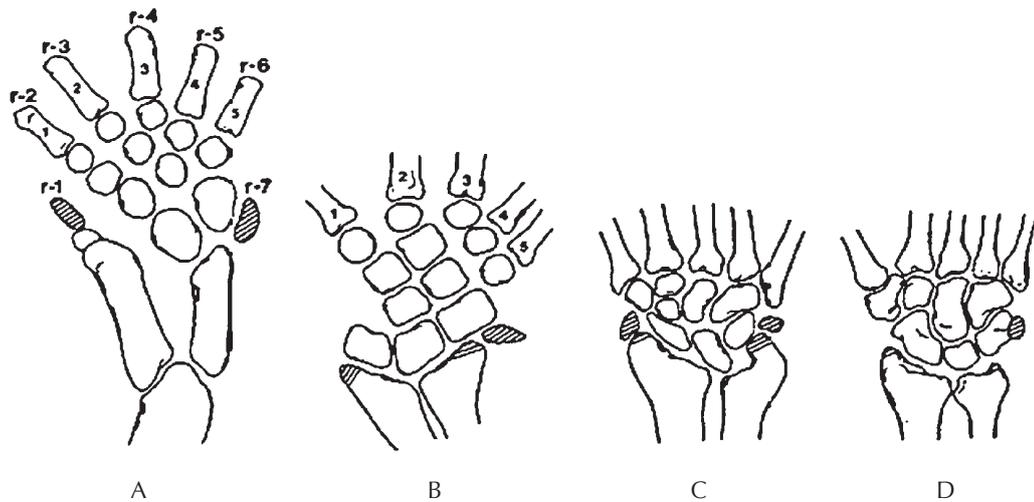


Figura 2. Esquema evolutivo del carpo. A. Carpo primitivo de 7 radios. B. Carpo pendadactílico precoz. C. Carpo de embrión humano. D. Carpo adulto humano. Tomado de Almquist, 1991.

2. DESARROLLO EMBRIOLÓGICO DE LA MANO

El estudio del desarrollo embriológico de la mano permite comprender ciertas disposiciones anatómicas e interpretar mejor las anomalías congénitas. Hay que señalar que la formación del miembro superior se adelanta siempre algunos días a la del miembro inferior (Tubiana, 1991).

Al final del primer mes de gestación se inicia el esbozo del miembro superior. Al principio es un engrosamiento sólo apreciable en el corte de un embrión de 3 mm que se vuelve, al iniciarse la 4ª semana, bajo forma de un “botón” sésil situado frente a los somitas cervicales y las dos primeras dorsales en un engrosamiento longitudinal del ectodermo llamado cresta de Wolff. Este mamelón se dispone por delante de la cuerda dorsal de la lámina pleuroperitoneal y está constituido por una masa mesenquimatosa cubierta por ectodermo engrosado. Al final de la 4ª semana el botón se desarrolla primero hacia arriba y abajo, dirigido al extremo caudal del embrión. Luego sufre un crecimiento desigual que le imprime un cambio de dirección.

Al principio del segundo mes el mamelón se allana de adelante hacia atrás y se dirige hacia la región ventral, limitando por detrás una depresión llamada fosa axilar. En su extremo aparece claramente un engrosamiento ectodérmico llamado cresta apical, cuya importancia es predominante para el resto del desarrollo.

En el desarrollo normal de la extremidad superior, el primordio del miembro se evidencia sobre la 4ª semana. En el día 37º aparece el esbozo de la mano bajo la forma de una paleta redondeada y aplanada. Se advierte una flexión a nivel de lo que será el codo y que separa el antebrazo del brazo. Hay que señalar que la mano adquiere rápidamente un tamaño igual al del antebrazo y mano reunidos. La mano está situada en pronación con el borde radial en situación cefálica Figura 3.

Histológicamente, la interrelación entre mesodermo y ectodermo es fundamental, aunque se discute la prevalencia de uno y otro en la morfogénesis. El ectodermo dará origen a la piel y sus anexos (pelos, uñas, glándulas sudoríparas y sebáceas). El mesodermo originará el esqueleto, músculos y tejido conjuntivo intersticial.

Durante las 5ª y 6ª semana la placa de la mano se desarrolla marcando reminiscencias de los rayos digitales. Durante la 5ª semana el carpo se reconoce por primera vez como un área de condensación mesenquimatosa, a aproximadamente de 9 a 14 mm de longitud cráneo-caudal (O’Rahilly, 1957). Estas células mesenquimales continúan en su condensación y definen el carpo hacia el 61º día. Simultáneamente, las células más maduras sufren un proceso de condricificación, el hueso grande y el ganchoso son los primeros centros condrogénicos que aparecen mientras que el pisiforme es el último (Hita-Contreras et al., 2012).

El desarrollo de los dedos continúa al mismo tiempo que el proceso de condricificación del esqueleto. Las articulaciones se hacen visibles y en su formación desempeña un papel importante la contracción de los músculos normalmente inervados.

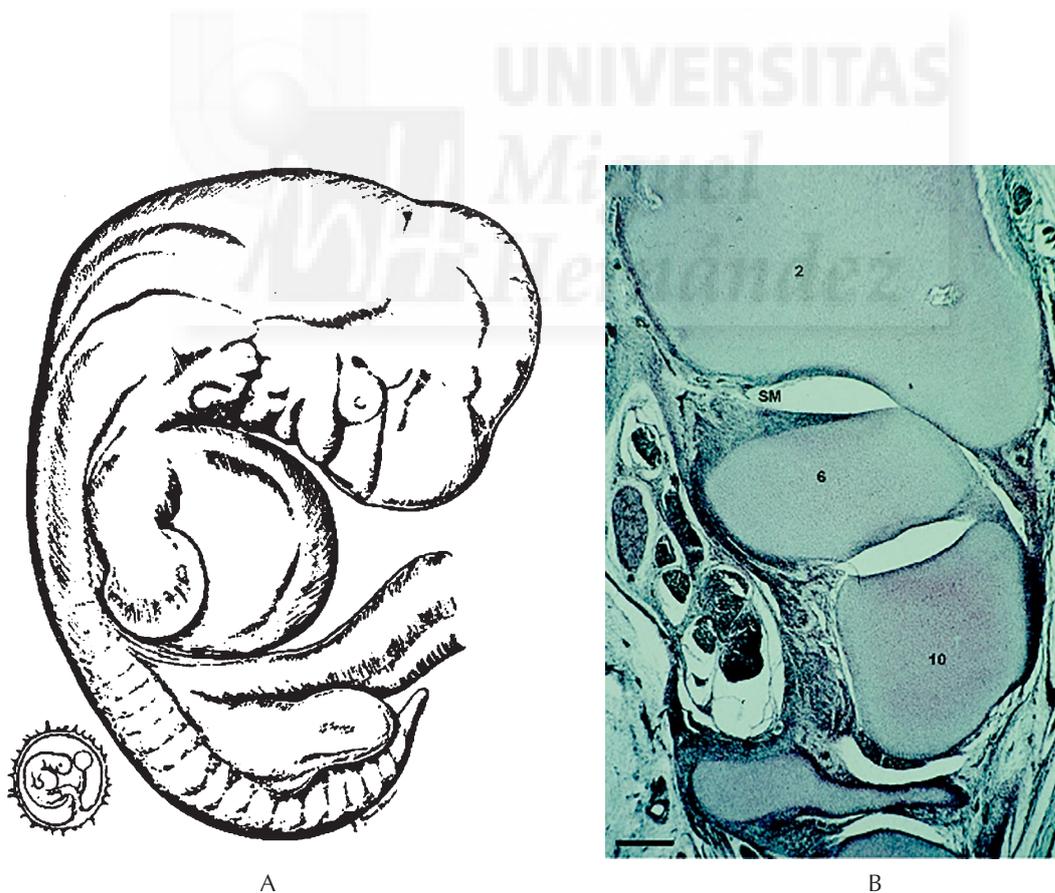


Figura 3. A. Embrión de 13 mm a casi 5 semanas de gestación. B. Feto humano (O.L.-1 (83 mm), semana 13. Sección trasversal (10 µm grosor). SM, capa celular que se diferenciará en membrana sinovial. 2. Epífisis distal de la apófisis estiloides del cúbito. 6. Piramidal. 10 Pisiforme. Escala bar: 125 µm. Tomado de Hita-Contreras et al., 2012.

3. ANATOMÍA DE LA ARTICULACIÓN PISI-PIRAMIDAL (*Articulatio ossis pisiformis*)

3.1. HUESO PISIFORME (*Os Pisiforme*)

Es un pequeño hueso redondeado, algo aplanado transversalmente y colocado por delante del piramidal. Posee cuatro caras, de las que la dorsal es articular, y dos polos, proximal y distal.

La cara dorsal, ligeramente cóncava, ovalada con un eje mayor oblicuo respecto al del canal carpiano, se articula casi enteramente con el piramidal.

La cara volar, muy convexa y rugosa, proporciona en sus dos tercios distales la inserción del tendón del flexor ulnar del carpo (*flexor carpi ulnaris*), y distalmente da el origen a las fibras del músculo abductor del quinto dedo (*abductor digiti minimi*).

La cara externa o radial está excavada por un canal en el que se dispone el nervio y la arteria ulnar, y en la que además sobre el margen externo de dicho canal se inserta el ligamento transversal del carpo.

La cara interna o ulnar, es también rugosa, y en ella se inserta el retináculo flexor (*retinaculum musculorum flexorum*) y la capa supratendinosa del retináculo extensor (*retinaculum musculorum extensorum*) Figura 4.

El polo proximal es pequeño y libre de inserciones.

El polo distal, más voluminoso, corresponde al origen del ligamento pisi-uncinato (*ligamentum pisohamatum*), del ligamento pisi-metacarpiano (*ligamentum pisometacarpale*) y del ligamento pisi-piramidal (Feneis, 1989).

Este hueso, por la posición que ocupa en el carpo, constituye la mitad proximal del pilar ulnar del canal carpiano (*canalis carpi*) (Feneis, 1989).

La osificación del pisiforme comienza después del nacimiento a partir de un punto de osificación propio con fecha de aparición entre ocho y diez años (Gómez Oliveros, 1960).



Figura 4. Hueso pisiforme. A. Cara ulnar. B. Cara radial. C. Cara anterior. D. Cara posterior.

3.2. HUESO PIRAMIDAL (*Os Triquetrum*)

Este hueso es el más interno de la primera fila de los huesos del carpo (*ossa carpi*) y está situado por dentro del semilunar (*os lunatum*). Su forma es comparable a “grosso modo” a una pirámide de base proximal, orientada hacia el lado cubital.

Presenta seis caras, de las cuales cuatro articulares, proximal, distal, volar y radial, y dos no articulares, dorsal y ulnar.

La cara proximal, convexa, irregular y orientada hacia atrás, adentro y distalmente, se articula a través de una pequeña parte con el fibrocartílago triangular de la articulación radiocubital distal (*articulatio radioulnaris distalis*) (Feneis, 1989).

La cara distal, irregularmente triangular con dirección oblicua hacia el lado radial, se presenta convexa en su tercio interno y cóncava en sus dos tercios externos, y se articula con la cara proximal del hueso ganchoso.

La cara dorsal, rugosa y más ancha por el lado radial que por el cubital, presenta una cresta transversal, llamada cresta del piramidal, que termina en un pequeño relieve llamado tubérculo del piramidal. Esta cara no tiene superficies articulares, pero proporciona la inserción del ligamento extrínseco radio-piramidal dorsal, del ligamento interóseo semilunar-piramidal dorsal y el origen, sobre la cresta, del ligamento intercarpal dorsal.

La cara volar es pequeña, ligeramente convexa y alargada en sentido proximodistal y radiocubital. Deja una considerable porción cubital ocupada por una superficie articular de forma frecuentemente redondeada, con un diámetro mayor longitudinal para el hueso pisiforme, y una porción radial rugosa sobre la que se insertan las fibras del ligamento extrínseco cúbito-piramidal, del ligamento interóseo escafo-piramidal palmar, del ligamento interóseo semilunar-piramidal palmar y del complejo ligamentoso pirámido-ganchoso-capitato.

La cara radial o externa, de forma triangular y ligeramente cóncava, se articula con el semilunar (*os lunatum*).

La cara ulnar o interna no forma una verdadera superficie dado que limita directamente con la cara dorsal, pero está representada por el ápice de la pirámide Figura 5. En el piramidal no se inserta ningún músculo.

La osificación del piramidal comienza después del nacimiento a partir de un punto de osificación propio con fecha de aparición a los dos años (Gómez Oliveros, 1960).

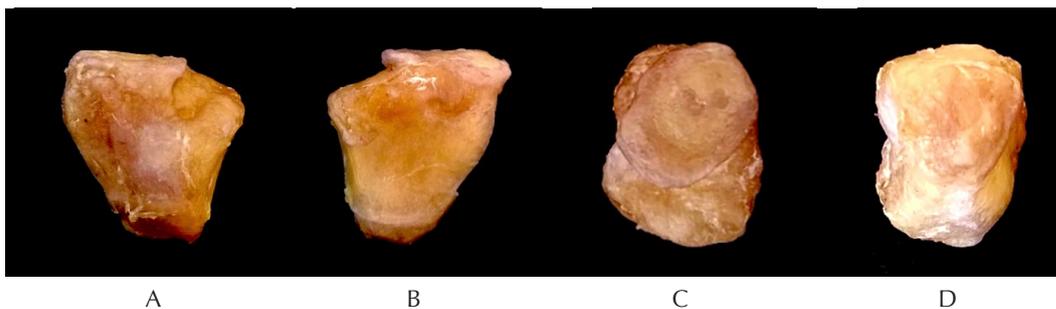


Figura 5. Hueso piramidal. A. Cara ulnar. B. Cara radial. C. Cara anterior. D. Cara posterior.

3.3. CAVIDAD SINOVIAL (*Cavitas articularis*)

Tiene una cavidad sinovial relativamente extensa con una cápsula laxa, delgada y sólida, más fina en su aspecto proximal y distal, aparentemente más débil en la confluencia en el origen de los ligamentos pisi-uncinato y pisi-metacarpiano.

La cavidad sinovial consta de un receso proximal y un receso distal y puede comunicar con la articulación radiocarpiana, lo que le confiere una importancia diagnóstica

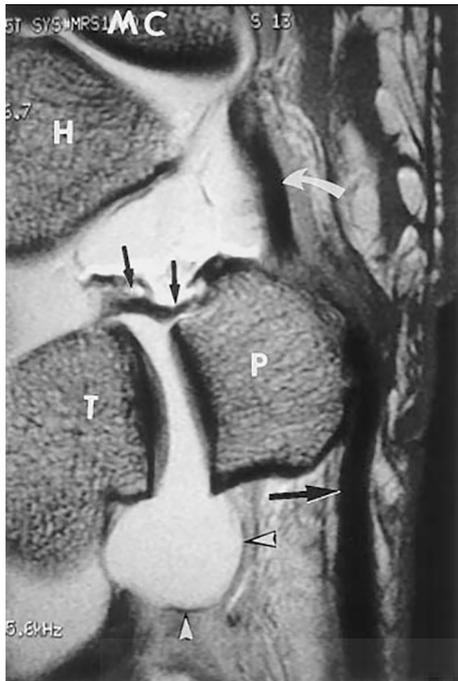


Figura 6. Corte sagital T1 spin-echo (500/12). Arthroresonancia del hueso pisiforme izquierdo con la muñeca en posición neutra. Nótese la forma redonda del receso proximal de la articulación pisi-piramidal (punta de flecha blanca), comparada con la superficie plana y pequeña del receso distal (flecha negra pequeña). Flecha curva: ligamento pisi-metacarpiano; flecha negra grande: tendón flexor ulnar del carpo; H: ganchoso; MC: quinto metacarpo; P: pisiforme; T: piramidal. Tomado de Theumann et al., 2002.

diferencial. Es importante conocer su existencia para no mal interpretarla como defectos capsulares traumáticos.

El receso proximal, redondo y liso, comunica con la articulación radiocarpiana en aproximadamente el 82% (n = 122) de la población (Theumann et al., 2002). El receso distal, más pequeño y rectangular se encuentra orientado con el margen distal paralelo al polo distal del pisiforme. Según el trabajo de Theumann, en el que realiza un estudio por Arthroresonancia de la articulación, el receso proximal comunica con la articulación radiocarpiana en el 82% (n = 122) de la población, su medida máxima fue de 7,88 mm y la del receso distal de 2,3 mm (Theumann et al., 2002). Figura 6.

3.4. TIPO DE ARTICULACIÓN

La mayoría de los textos clásicos describen a la articulación pisi-piramidal como una artrodia, al igual que al resto de las articulaciones de los huesos del carpo. Testut la define como “*artrodia, como superficies articulares dos carillas ovas, de eje mayor vertical, casi planas, ligeramente convexas para el piramidal y ligeramente cóncavas para el pisiforme*” (Testut, 1975) (Zancolli et al., 1993). Para Rouviere el pisiforme está unido al piramidal por una articulación elipsoidea (Rouviere et al., 2005). Por otra parte, la mayoría de los artículos, funcionales o clínicos, centrados en el pisiforme han obviado definir el tipo de articulación. Theumann la define como una articulación ovoide con superficies articulares planas, cóncava o convexa, en los

planos transverso y sagital (Theumann et al., 2002). Ayra en un estudio artroscópico de la articulación la cataloga como diartrodia (Ayra et al., 2007). Moraux la estudia ecográficamente y se refiere a ella como condílea (Moraux et al. 2012) con una superficie ligeramente cóncava y ovoide (Moraux et al. 2014). Pevny la describe como una articulación plana que no contribuye a la estabilidad (Pevny et al., 1995). En nuestra opinión es aparentemente una condílea, sin embargo creemos que son necesarias investigaciones más centradas en su cinemática articular para definirla con más precisión.

3.5. ELEMENTOS QUE SE INSERTAN EN EL PISIFORME

3.5.1. Tendón del flexor ulnar del carpo (*Flexor carpi ulnaris*)

Tiene un doble origen. El fascículo humeral proviene de la masa común de la musculatura epicondiloidea interna, medial al palmar largo y anterolateral al origen del flexor común de los dedos. El fascículo cubital se origina en el borde medial del olécranon, en la parte superior del borde posterior del cúbito y en el área inmediatamente distal a la inserción medial del ligamento colateral interno del codo. Ambos fascículos están unidos a través de un arco tendinoso. El músculo desciende verticalmente y su tendón aparece aproximadamente en el tercio proximal del antebrazo sobre el aspecto anterior del músculo. Las fibras musculares descienden oblicuas sobre la cara posteromedial del tendón casi hasta su inserción en el pisiforme. Está innervado por el nervio cubital (C8 – D1). Figura 7.

La inserción en el pisiforme es muy extensa y parece que continúa directa y superficialmente con las fibras del músculo abductor del quinto dedo. Proximalmente a su inserción, aproximadamente a 1 cm, envía una expansión medial que conecta con el retináculo flexor y forma un techo fibroso por el que pasan la arteria y nervio ulnares, entre la expansión del tendón y el ligamento transverso del carpo. Medialmente se separa del tendón una pequeña expansión que rodea el borde ulnar y conecta con la capa supratendinosa del retináculo extensor. Si levantamos el abductor del quinto dedo, el tendón muestra una expansión no constante que se inserta en el aspecto anterior de la base del meñique.

De todos los músculos que cruzan la muñeca, el flexor ulnar del carpo es el que ejerce la tensión más alta y el que tiene una excursión potencial menor. Posee la mayor área de sección de fibras musculares y tendones con el menor número de fibras musculares. Es el músculo que potencia el golpe de karate y que resiste el salto ascendente del cañón de una pistola cuando se dispara. En las parálisis altas del nervio cubital, incluso cuando la mano en garra ha sido corregida, los pacientes lamentan una sensación de indefinible debilidad en los trabajos manuales duros.

Es un músculo largo, voluminoso y de aspecto fusiforme. El tendón de inserción corre dentro del músculo aproximadamente 20 cm y su extremo proximal se localiza a 5 cm del epicóndilo medial del húmero. Según los estudios de Brand, la longitud media de sus fibras musculares es de 4.2 cm y tiene una fracción de tensión del 6,7% de todos los músculos por debajo del codo. Un hecho particular de este músculo

es su inserción sobre un hueso móvil como es el pisiforme, que mantiene el tendón lejos del eje de la muñeca y sirve para aumentar el momento de fuerza del flexor ulnar del carpo (Brand, 1999; Brand et al. 1981).



Figura 7. Exposición de la articulación pisi-piramidal por su lado ulnar. Inserción del tendón del flexor ulnar de carpo (traccionado por mosquito) sobre la cara posterior del pisiforme y origen del abductor del quinto dedo sobre la mitad distal de la cara posterior del pisiforme.

3.5.2. Retináculo flexor (ligamento transverso del carpo o ligamento anular anterior del carpo)

Se extiende desde el tubérculo del escafoides y trapecio en el lado radial, hasta hueso pisiforme y gancho del ganchoso, en el lado ulnar. Se pueden distinguir dos capas:

Ligamento carpiano palmar o capa superficial

Es un engrosamiento de la fascia antebraquial constituida por fibras verticales y oblicuas íntimamente relacionadas al tendón del flexor radial del carpo y sirve como área de origen para la musculatura tenar.

Ligamento transverso del carpo o capa profunda

Está formado por fibras transversales. Su aspecto ulnar inserta en la apófisis unciniforme del ganchoso y sobre la cara externa del pisiforme y se encuentra reforzado por el ligamento pisi-uncinato. Posee también inserción en el aspecto anterolateral de la cápsula articular pisi-piramidal. Su aspecto radial se inserta firmemente en la cresta del trapecio, en el tubérculo del escafoides y, a veces, en el proceso estiloides del radio.

Entre ambas capas pasa radialmente el tendón del músculo flexor radial del carpo, y, ulnarmente, forman el espacio llamado canal de Guyon, que es atravesado por el nervio y arteria cubital. En su conjunto, forman el techo del espacio llamado canal del carpo o túnel carpiano (Llusá Pérez et al. 2006).

Se continúa proximalmente con la fascia del antebrazo y distalmente con la de la mano. Ulnarmente se encuentra reforzado por irradiaciones fibrosas del tendón del flexor ulnar del carpo y algunas de sus fibras se fijan a las fibras más superficiales del tendón del flexor ulnar del carpo. A este nivel el retináculo flexor se continúa con la capa supratendinosa del retináculo extensor.

3.5.3. Retináculo extensor supratendinoso

En el lado radial de la muñeca tiene tres inserciones diferentes. Proximalmente rodea el tendón del flexor radial del carpo y continúa con la fascia antebraquial anterior. Las fibras centrales se insertan en el radio y las distales terminan por unirse con la fascia tenar. La parte medial de la capa supratendinosa del retináculo extensor se extiende sobre el extremo distal del cúbito sin insertarse en él. Proximalmente el retináculo rodea el tendón del flexor ulnar del carpo y se continúa con las fibras de la fascia antebraquial anterior, como en su aspecto lateral. La parte central se inserta en la cara ulnar del pisiforme por debajo de la inserción del retináculo flexor. Lateralmente al pisiforme estas fibras se mezclan con las del retináculo flexor y distalmente con las fibras de la fascia hipotenar. En profundidad, se inserta en el ligamento pisi-metacarpiano y en la base del quinto metacarpiano (Taleisnik et al., 1984; Salman et al., 1985).

3.5.4. Músculo abductor del quinto dedo

Se origina en la mitad distal y medial de la cara volar del pisiforme (cubre el polo distal casi por completo), en el ligamento pisi-unciforme y en la parte del ligamento transversal del carpo más cercana al pisiforme. El músculo continúa su curso hacia la falange proximal en forma de un tendón doble, del que un contingente de fibras se inserta sobre el tubérculo externo de la base de la primera falange del quinto dedo junto con el tendón del flexor corto del quinto dedo, mientras el contingente restante de fibras se inserta sobre la bandeleta lateral del aparato extensor del meñique. Está inervado por el nervio cubital (C8 – D1).

El músculo presenta casi constantemente dos vientres separados desde su origen a la inserción. Las fibras de origen se encuentran en continuación a las fibras de inserción del tendón del flexor ulnar del carpo, entremezclándose libremente. Sin embargo la contracción del flexor ulnar del carpo no produce la abducción simultánea del meñique. Por otra parte, la contracción del abductor del quinto dedo no produce la flexión de la muñeca pero tracciona distalmente del pisiforme con una contracción simultánea del palmar corto (Brand et al., 1999).

3.5.5. Ligamentos pisi-piramidal radial y ulnar

Se trata de un grupo de fibras ligamentarias que unen la parte dorsal del hueso pisiforme con el piramidal. Se diferencian dos componentes: radial y ulnar. El pisi-piramidal radial es una estructura diferente del ligamento transverso del carpo. El pisi-piramidal ulnar es más grueso que el radial, es el primer estabilizador contra el desplazamiento radial del pisiforme (Rayan et al. 2005).

3.5.6. Ligamento pisi-uncinato

Se origina en el aspecto palmar y radial del polo distal y del pisiforme y se inserta en la cara anterior del hueso ganchoso y en su apófisis unciforme. Sus fibras están orientadas distal y lateralmente. Posee una longitud media de 5,9 mm, ancho medio 6,1 mm y grosor medio de 4,8 mm (Rayan et al. 2005). Es un ligamento grueso, robusto, cuadrado y muy resistente, de conformación más estrecha en su base y más ancha en su inserción, que ocupa toda la apófisis unciforme en su mitad proximal, incluidas la cara anterior y posterior. Según Rayan, es el primer estabilizador contra el desplazamiento ulnar del pisiforme (Rayan et al. 2005).

3.5.7. Ligamento pisi-metacarpiano

Se origina en el aspecto palmar del polo distal, inmediatamente ulnar y discretamente profundo al origen del ligamento pisi-uncinato y al abductor del quinto dedo. Se inserta en la base del quinto metacarpiano, lateral a la inserción del tendón del extensor ulnar del carpo, a veces, por una expansión más o menos importante también puede insertarse en el borde medial de la apófisis unciforme y en la base del 4°

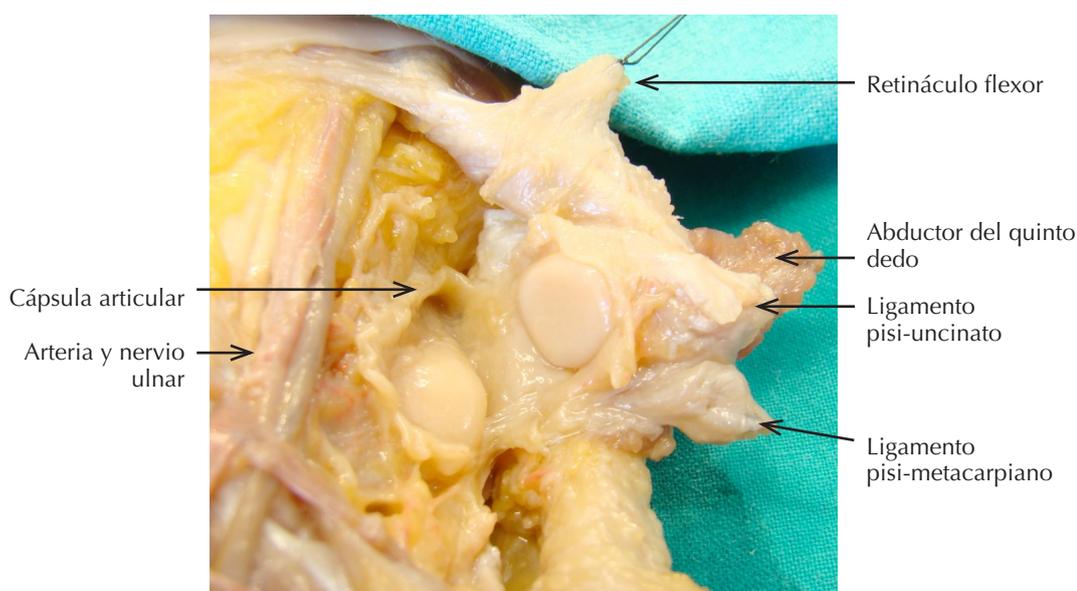


Figura 8. Preparación anatómica de la articulación pisi-piramidal con apertura proximal, medial y distal de la cápsula articular. La flecha negra corta indica el hiato entre los ligamentos pisi-uncinato y pisi-metacarpiano. Visión anterior.

metacarpiano. Posee una longitud media de 14 mm, ancho medio 4,2 mm y grosor medio de 2,0 mm (Rayan et al., 2005). Es más largo, más estrecho y menos grueso que el ligamento pisi-uncinato. Según Rayan, es el primer estabilizador contra el desplazamiento proximal del pisiforme (Rayan et al. 2005).

La confluencia en el origen de los ligamentos pisi-metacarpiano y pisi-unciforme forma un hiato y la convergencia de sus fibras forma un ángulo en torno a 40° (Rayan et al., 2005). Figura 8.

3.6. ELEMENTOS QUE SE INSERTAN EN EL PIRAMIDAL

3.6.1. Menisco homólogo

Representa un resto de la apófisis estiloides del cúbito que en primates inferiores se articula con el pisiforme y el piramidal. Tiene su origen en el extremo dorsal del margen distal de la cavidad sigmoidea del radio y en el margen posterior del fibrocartílago triangular. Desde aquí y con dirección palmar y distal se extiende hasta el aspecto medio-proximal del piramidal.

3.6.2. Vaina fibrosa del tendón del extensor ulnar del carpo

La capa infratendinosa del retináculo extensor forma un túnel fibroso para el tendón del extensor ulnar del carpo que se extiende desde la base de la apófisis estiloides ulnar hasta el piramidal donde se inserta.

3.6.3. Ligamento extrínseco cúbito-piramidal

Se origina en el borde anterior del fibrocartílago triangular y se dirige verticalmente hacia su inserción distal en el aspecto anterior del piramidal. El ligamento cúbito-piramidal junto con el ligamento cúbito-semilunar forman los ligamentos extrínsecos profundos cúbitocarpales, que unidos al ligamento superficial cúbitocapitato constituyen el llamado *complejo ligamentoso cúbitocarpal*.

3.6.4. Ligamento extrínseco radio-piramidal dorsal o radiocarpiano dorsal

Es el único ligamento extrínseco dorsal. Cubre un tercio de la superficie carpal posterior a nivel del 3°, 4° y 5° compartimento osteofibrótico de la muñeca. Se trata de una estructura ligamentosa ancha, con forma de abanico, que se dirige oblicuamente desde el borde dorsal de la superficie articular del radio en su tercio ulnar, hasta el borde dorsal del piramidal, con algunas fibras profundas que se insertan sobre el semilunar. Es el responsable de las lesiones por arrancamiento óseo del piramidal.

3.6.5. Ligamento interóseo escafo-piramidal palmar

Se origina en el piramidal mediante un contingente de fibras ancho y grueso, y se inserta en el escafoides por medio de una delgada estructura en forma de abanico cuyas fibras atraviesan el ligamento radio-capitato. Esta estructura de reciente

descripción, juega un papel estabilizador en la articulación semilunar-capitato mediante el incremento de la profundidad de la fosa mediocárpica.

3.6.6. Ligamento interóseo semilunar-piramidal palmar

Situado en la parte proximal de la articulación pirámido-semilunar, está formado por gruesas fibras transversales que conectan los aspectos palmares de ambos huesos y contribuye directamente a la estabilidad de esta articulación. Sus fibras más distales están frecuentemente conectadas a las del ligamento escafo-semilunar palmar, formando el recientemente descrito ligamento escafo-piramidal palmar.

3.6.7. Ligamento interóseo semilunar-piramidal dorsal

Formado por gruesas fibras transversales que conectan los aspectos dorsales de ambos huesos, contribuye a la estabilidad de la articulación pirámido-semilunar.

3.6.8. Ligamento intercarpiano dorsal

Se origina en la cresta dorsal del piramidal, cruza transversalmente a lo largo del borde distal del semilunar y se abre en forma de abanico para insertarse en el borde dorsal de los huesos escafoides, trapecio y trapecoide. Refuerza los ligamentos intrínsecos carpales escafo-semilunar y luno-piramidal y limita la parte distal de la concavidad formada por los huesos de la primera fila del carpo, a modo de “labrum carpiano” para la cabeza del hueso grande (García-Elías M, 1989). Converge en el piramidal con el ligamento radiocarpiano dorsal para formar una “V” ligamentosa horizontal. Dado que también contribuye al aumento de la profundidad de la fosa mediocárpica, este ligamento tiene un rol estabilizador semejante al ligamento escafo-piramidal palmar.

3.6.9. Complejo ligamentoso pirámido-ganchoso-capitato palmar

Se trata de un grupo de fibras que cruzan el aspecto palmar y medial de la articulación mediocárpica y que conectan el piramidal con el ganchoso y con el hueso grande. Este complejo ligamentoso junto con la extensión distal del ligamento extrínseco cúbito-capitato es esencial en asegurar una adecuada movilidad coordinada de la articulación mediocárpica. Esta estructura ligamentosa unida a los ligamentos estabilizadores del escafoides, que se localizan en el aspecto palmar y lateral de la articulación mediocárpica constituyen los *ligamentos intercarpales palmares*.

3.7. VASCULARIZACIÓN DEL PISIFORME

Según los estudios de Gelberman, el pisiforme recibe de uno a tres pequeños vasos directamente de la arteria ulnar, que se introducen en el hueso en el polo proximal y en el polo distal (Gelberman et al., 1983). Otros autores como Logroscino y De Marchi, describen la vascularización del pisiforme como el hueso del carpo que

presenta un mayor número de orificios nutricios de un máximo de veintiséis a un mínimo de ocho (Logroscino et al., 1938). Los vasos discurren paralelos entre sí, y justo por debajo de su superficie articular se anastomosan unos con otros, asumiendo una distribución vascular en anillo. Existen otros vasos que alcanzan la superficie volar de la cortical. Están descritas numerosas anastomosis que forman entre sí una espesa red vascular periosteal, con aproximadamente la misma participación de los pedículos vasculares proximal y distal que irrigan este hueso.

3.8. VASCULARIZACIÓN DEL PIRAMIDAL

El piramidal presenta un número de orificios nutricios que varían desde un mínimo de seis a un máximo de diecinueve. Se encuentran distribuidos sobre la porción de la cara volar comprendida entre las facetas articulares para el pisiforme y el semilunar y sobre la cara dorsal de una parte de la cresta del piramidal, situada en la mitad ulnar del hueso. En el lado volar, los vasos provienen de arteriolas que son abastecidas por una rama del arco palmar del carpo; este vaso da ramas tanto al semilunar y como al piramidal. En el lado dorsal, los vasos provienen de la rama dorsal del carpo que da la arteria cubital. Las arteriolas volares se anastomosan con las dorsales y forman una red arteriosa periosteal a partir de la cual se originan las endoarterias (Gelberman et al., 1983).

3.9. RELACIONES FUNCIONALES DEL PISIFORME

El pisiforme es el único hueso del carpo que posee una inserción tendinosa proveniente de un músculo del antebrazo, el flexor ulnar del carpo. También se inserta en él parte del ligamento transversal del carpo. De acuerdo con Kasdane y Bansal, el pisiforme se desarrolla dentro de la sustancia del tendón del flexor cubital del carpo, no como un sesamoideo, sino de manera independiente. Navarro recalcó la importancia de lo que él llamó un *sistema pirámido-pisiforme*. Declaró que “el pisiforme, anatómicamente y fisiológicamente, es una parte del piramidal” y desde un punto de vista funcional, los dos huesos corresponden, en el lado ulnar del carpo, al escafoidees en el lado radial. Morfológicamente, la unidad semilunar-pirámido-pisiforme se parece a un escafoidees. (Navarro, 1935; Kasdane y Bansal, 1965; Taleisnik, 1976).



Figura 9. A. Radiografía posteroanterior de carpo. B. Comparación esquemática de escafoidees y la unidad semilunar-pirámido-pisiforme.

Según Brand, este hueso tiene aproximadamente 1,4 cm de rango medio de movimiento en un cadáver fresco, sin embargo en el vivo su posición varía probablemente 0,5 cm o menos (Brand et al., 1999).

3.10. RELACIONES FUNCIONALES DEL PIRAMIDAL

El piramidal es el punto de convergencia de varios y fuertes ligamentos palmares y dorsales del carpo. En la cara palmar del piramidal, estas estructuras ligamentosas se originan desde el complejo cúbito-carpiano (ligamento extrínseco cúbito-piramidal y menisco homólogo), desde el semilunar (ligamento semilunar-piramidal palmar) y desde el hueso grande (ligamento extrínseco radio-piramidal dorsal y el origen del ligamento intercarpal dorsal). En la cara dorsal, con la muñeca en posición neutra, la inserción del ligamento extrínseco radio-piramidal dorsal y el origen del ligamento intercarpal dorsal en el piramidal forman entre sí un ángulo de casi 90°. Esta distribución ligamentosa es ideal para el control de la progresión a modo de pistón del piramidal sobre la superficie helicoidal del ganchoso desde una posición alta (proximal) en desviación radial a una posición baja (distal) en desviación ulnar. De particular importancia son el ligamento extrínseco radio-piramidal dorsal y el complejo ligamentoso pirámido-ganchoso-capitato palmar. Este último junto con el ligamento interóseo escafo-piramidal palmar son las únicas estructuras palmares que cruzan el espacio mediocárpico y son, por lo tanto, importantes en la estabilidad de la mitad medial de esta articulación. La pérdida de este soporte puede ser responsable del desarrollo de una inestabilidad mediocarpiana (Taleisnik, 1976).

4. FORMA Y FUNCIÓN DEL CARTÍLAGO ARTICULAR

El cartílago articular es la estructura que tapiza las superficies óseas de las articulaciones sinoviales. Se reconocen dos funciones esenciales del cartílago articular: repartir la carga recibida hacia la estructura ósea subcondral y permitir los movimientos articulares con una mínima fricción, lograda por sus características mecánicas y por una adecuada lubricación (Mankin, 1994; Mow, 1989). Figura 10.

4.1. ESTRUCTURA DEL CARTÍLAGO ARTICULAR

Podemos distinguir cuatro zonas dentro del espesor del cartílago articular: (Gomar, 1973; Mankin, 1994; Netter, 1990; Silberberg, 1968).

4.1.1. Zona superficial

La zona superficial constituye el 10% del espesor total. Es la porción más rica en agua, más del 80%. Sin embargo, contiene la menor proporción de proteoglicanos de todas las capas del cartílago. Las fibras de colágeno se disponen en tupida red y paralelas a la superficie del cartílago. Los condrocitos son escasos, y de forma elíptica y con el eje longitudinal paralelo a la superficie (Bullough, 1968; Clarke, 1971; Cole, 1984).

4.1.2. Zona intermedia

Representa el 40-60% del grosor total. Su contenido en proteoglicanos es algo mayor que en la capa superficial. Las fibras de colágeno son de mayor diámetro. Los condrocitos presentan una forma más bien redondeada (Silberberg, 1968).

4.1.3. Zona profunda

Corresponde al 30% del grosor total del cartílago, siendo su contenido en agua el más pobre de todo el cartílago con un 65%. Su contenido en proteoglicanos es superior a las capas más superficiales. Las fibras de colágeno son de mayor diámetro y se ordenan de manera radial. Los condrocitos presentan una disposición columnar (Clark, 1990; Clarke, 1971).

4.1.4. Zona calcificada

Es la zona inmediata sobre el hueso, y su participación porcentual en el espesor del cartílago es variable, según autores supone entre el 10-15% (Müller-Gerbl, 1987). Su límite respecto a la capa profunda es ondulante, cumpliendo con ello ciertos requerimientos mecánicos (Cole, 1984) y presentan una línea de tinción basófila con hematoxilina-eosina, que se conoce como "tidemark" (Müller-Gerbl, 1987). Los condrocitos son picnóticos, con abundante contenido de sales apatíticas y se encuentran inmersos en una matriz cartilaginosa.

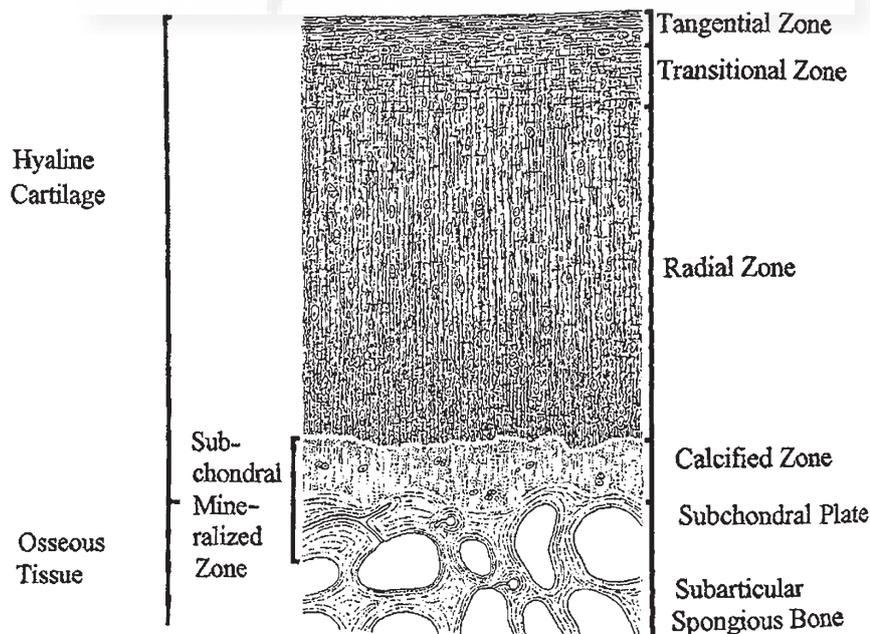


Figura 10. Esquema de una sección transversal de las diferentes capas del cartílago hialino articular. Tomado de Müller-Gerbl, 1998.

4.2. COMPONENTES DEL CARTÍLAGO ARTICULAR

El cartílago articular está formado esquemáticamente por tres componentes: células o condrocitos; sustancia fundamental, constituida por glicosaminoglicanos sulfatados e inmersa en ella el tercer componente, las fibras de colágena (Borrachero del Campo, 1981; Frick, 1991; Mankin, 1994; Mow, 1989).

4.2.1. Condrocitos

Son el componente celular del cartílago, suponen el 10% del volumen tisular total. Son los productores de la matriz intercelular. Histológicamente derivan de los fibroblastos y adoptan una morfología variables: planos, redondos u ovoides, según la región del cartílago donde se encuentren y su función secretora. Su tamaño oscila entre 30-40 micras con un núcleo excéntrico de una 4-6 micras y abundantes organelas citoplásmicas: mitocondria, retículo endoplásmico rugoso y gran aparato de Golgi, como expresión de su gran función metabólica, pues sintetizan tanto las fibras de colágena como los proteoglicanos (Borrachero del Campo, 1981; Mankin, 1994; Muir, 1977; Nimni, 1973). Suelen estar alojados en lagunas o cavidades condrocíticas, comunicadas entre sí por una auténtica red canalicular con diámetros y longitudes de micras, rellenos a su vez de finas fibrillas y material granular, según se observa a microscopía electrónica (Cole, 1983; Cole, 1984) y que las interconectan, siendo su número y densidad variables según la capa del cartílago analizada.

4.2.2. Sustancia fundamental o matriz intracelular

Está formada a su vez por tres componentes:

- **Fibras de colágena:** 10-30% del volumen total
- **Proteoglicanos:** 3-10% del volumen total
- **Agua:** 60-87% del volumen total
- **Otros componentes:** se trata de un gel de base muy hidratado con más de 2/3 de su composición constituidos por agua, mucopolisacáridos y proteoglicanos (Mow, 1989; Nordin, 1989).

4.2.2.1. Fibras de colágena

Constituyen casi el 50% del peso seco del cartílago. Su unidad básica es la tropocolágena, con un diámetro de 14 Amstrong (1.4 nm) y una longitud aproximada de 3.000 Amstrong (300 nm), (Clark, 1990; Silberberg, 1968). Su tamaño es menor que el de la colágena del tendón o del hueso. Está formada por una secuencia de aminoácidos con un 33% de glicina, hidroxiprolina y un 25% de prolina y constituyen las cadenas alfa según la secuencia: Gly-X (prolina)-Y (hidroxiprolina).

El colágeno del cartílago articular hialino está formado en un 90-95% por un homotrímero con tres cadenas alfa1 iguales que se entrecruzan de forma helicoidal y están unidas por enlaces covalentes químicamente muy estables. Este tipo de cartílago se

denomina tipo II. El 5-10% restante de la colágena del cartílago articular se reparte en el tipo X y en muy pequeña proporción en los tipos V, VI, IX y XI (Boskey, 1984; Goldwaser, 1982; Mankin, 1994; Netter, 1990; Simkin, 1988). La disposición y el diámetro de las fibras son diferentes según la capa del cartílago, siendo paralelos al eje del movimiento en la superficie articular y haciéndose paulatinamente más perpendiculares a ella, en forma radiada, cuanto más se acercan a la zona profunda, llegando a penetrar en la zona calcificada a través del "tidemark" (Broom, 1984; Mow, 1989; Simkin, 1988).

La función de la colágena es la de formar una red elástica entre cuyos haces se sitúan las moléculas o agregados de proteoglicanos, a fin de mantener la propiedad física de viscoelasticidad que presenta el cartílago (Mankin, 1994; Netter, 1990).

4.2.2.2. Proteoglicanos

Son agregados supramoleculares formados por la unión de una cadena central proteica de ácido hialurónico o hialuronato de 1000 a 10000 nanómetros de longitud, con polisacáridos o glicosaminoglicanos (GAG). La unión de ambos componentes se logra mediante la presencia de una proteína de unión a la cadena de ácido hialurónico, de forma que cada 40-50 nanómetros de cadena, se agreguen cadenas laterales de 300-400 nanómetros de longitud, cuyo eje es a su vez proteico y a la que se asocian, por medio de otra proteína de unión en el locus G1, subunidades de mucopolisacáridos en número de 50-60 cadenas de queratín-sulfato (5-8% del total) y unas 100 de condroitín-4-sulfato y condroitín-6-sulfato (55-90% del total). Estas últimas se sitúan en la porción más periférica o C-terminal de la cadena (Borrachero del Campo, 1981; Howell, 1988; Mankin, 1994; Mow, 1989; Netter, 1990). Se forman con esta disposición como de "cepillo de dientes" agregados de más de 200 unidades de ácido hialurónico (Buckwalter, 1983; Muir, 1977). Figura 11.

La función de este complejo entramado bioquímico es triple: enorme expansión y elasticidad intrínseca, a causa de su entropía y tamaño moleculares; aumentar sobremanera la presión osmótica del cartílago, por su contenido proteico y merced a la captación de cationes sodio (Na^{++}) y calcio (Ca^{++}) fundamentalmente y una gran cantidad de fuerzas electrostáticas negativas, tanto sulfatadas (SO_3^{--}) y metiladas (COO^{--}) que condicionan fuerzas de repulsión entre las cadenas del agregado (expansión espacial) y una enorme apetencia y captación estable de agua para neutralizarlas. Estos efectos y sobremanera este último es la base de la propiedad viscoelástica del cartílago (Buckwalter, 1983; Mankin, 1975; Mankin, 1994; McDevitt, 1973; Mow, 1989; Netter, 1990; Simkin, 1988).

Este triple efecto físico-químico del proteoglicano se ve reforzado por la captación de agua por pura capilaridad de las fibras de colágena y reforzado por el atrapamiento de dichas moléculas entre la red fibrilar (Mankin, 1994). Figura .

4.2.2.3. Agua

Constituye más de dos tercios del volumen total del cartílago pero su distribución no es homogénea en las diferentes capas del mismo. Así es más abundante en la capa superficial (80%) que en la profunda (65%). Un tercio de ella está situada y “atrapada” en el entramado formado por las fibras de colágena y “sujeta” por los agregados de proteoglicanos. Al someter a carga el cartílago es posible la movilización de hasta el 70% del contenido en agua del mismo (Mow, 1989).

4.2.2.4. Otros Componentes

- Lípidos: menos del 1%, aunque parecen aumentar en el proceso de degeneración artrósica (Mc Devitt, 1973).
- Anchorin II.
- Integrina.
- Fibronectina: se encuentra también en mayor proporción en el cartílago artrósico (Rees, 1987).
- Cristales cuboides de apatita.

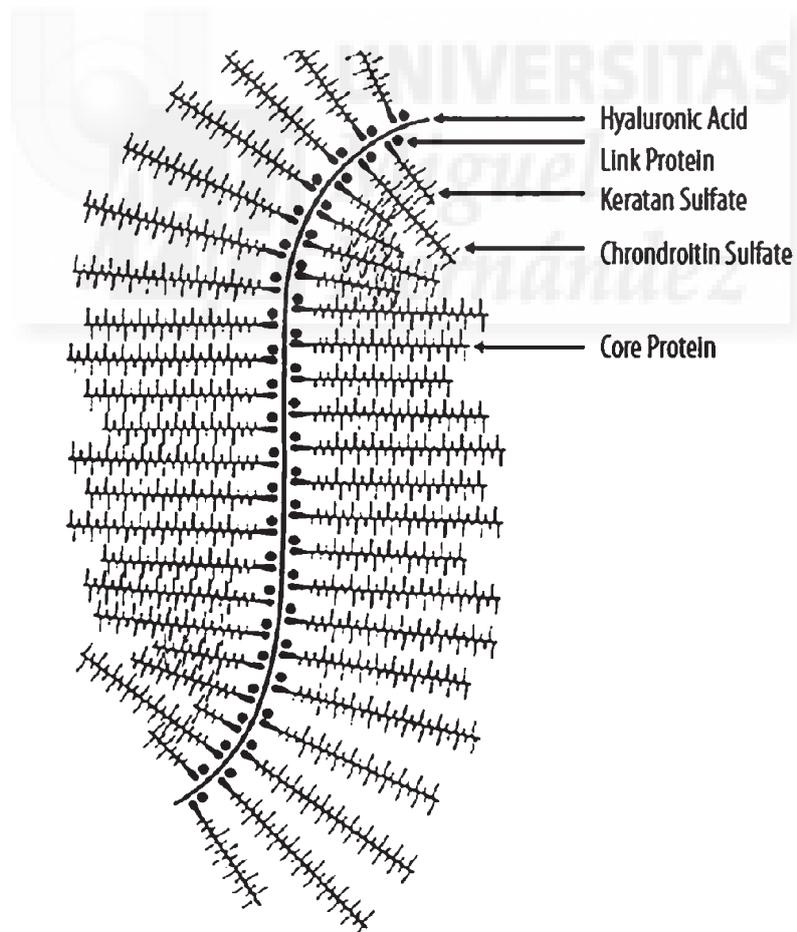


Figura 11. Esquema agregado proteoglicano.

4.3. PROPIEDADES FÍSICO-BIOLÓGICAS DEL CARTÍLAGO

Todos los elementos morfológicos citados confieren al cartílago articular las siguientes propiedades físico-biológicas:

4.3.1. Viscoelasticidad y resistencia

Llamamos viscoelástico al material que ante una carga constante, responde de manera diferente en función de tiempo transcurrido y del número de ciclos de carga que es sometido (Mow, 1989). El cartílago presenta un mecanismo de cizallamiento entre sus capas al ser sometido a carga. El cartílago se comporta como un material mecánicamente bifásico, con una fase fluida (agua e iones) y una fase sólida (proteoglicanos-colágena). Ante una carga responde disminuyendo el contenido de agua y su porosidad tisular, pero si la presión persiste en el tiempo, aumenta la presencia de cargas negativas electrostáticas libres (más radicales libres SO_3^- y COO^-) por liberación de agua, aumentando así la apetencia hídrica de nuevo al incrementarse la presión osmótica. El tiempo de duración de una y otra fase se ha calculado en 2.8 y 5.6 horas respectivamente (Borrachero del Campo, 1981; Mankin, 1994; Mow, 1989; Simkin, 1988). De esta forma podemos hablar de un auténtico sistema “hidráulico” inteligente de la sustancia fundamental en su conjunto.

4.3.2. Porosidad y permeabilidad

La porosidad se define como la cantidad de fluido en el volumen total de un sólido. El cartílago presenta una porosidad del 65-80%. La permeabilidad es la facilidad o dificultad con la que un líquido atraviesa un material poroso. El cartílago articular sano es un material físicamente muy poroso y muy poco permeable (Mankin, 1994).

4.3.3. Osmoticidad

Es la propiedad otorgada por la capacidad de apetencia por el agua de los proteoglicanos, debido a una adecuada separación espacial de sus cargas electrostáticas negativas SO_3^- y COO^- de unos 10-15 Å (Mankin, 1994; Simkin, 1988).

4.3.4. Nutrición

En el individuo joven la nutrición del cartílago parece producirse desde el hueso subcondral. En el adulto la capa calcificada es una auténtica barrera y diferentes teorías apuntan a una nutrición por imbibición del bombeo intermitente en la carga-descarga articular, desde el líquido sinovial, especialmente desde las zonas limítrofes a la de máxima carga y a través de unos poros o depresiones de la superficie del cartílago de unos 50 Å de diámetro (Borrachero, 1981; Mankin, 1994; Maroudas, 1968).

4.3.5. Antigenicidad

Comprobada actualmente en determinadas patologías reumáticas (Borrachero del Campo, 1981).

4.3.6. Lubricación

Es fundamental que exista y se mantenga la integridad de la superficie articular que desde el punto de vista mecánico se consigue manteniendo el mismo coeficiente de fricción entre las superficies articulares. Este coeficiente en el cartílago es de sólo 0.01-0.02. El modo o sistema por el que se logra mantenerlo es del tipo elastohidrodinámico (Mow, 1989). Actualmente se consideran dos modelos o sistemas por los que funciona la lubricación del cartílago:

Teoría de la “autolubricación”

El fluido es exudado en el punto de contacto o carga y es reabsorbido en el lugar posterior donde se ha producido esta máxima carga (Maroudas, 1976; Mow, 1989).

Teoría de “boosted” lubricación

Se liberan pequeñas moléculas, sobre todo de agua, de las cadenas de ácido hialurónico en la carga y nutren las células del cartílago (Mow, 1989).

El líquido sinovial juega un papel exclusivo: sus propiedades físicas, disminuyen el coeficiente de fricción articular en un 45%, si es comparado con el efecto que causaría el suero fisiológico. Su papel es por mecanismo fundamentalmente hidráulico ante bajas cargas y especialmente si éstas actúan de manera intermitente. Con cargas elevadas y aplicadas durante largos períodos, se bloquea el sistema de bombeo explicado, al no existir tiempo para la fase de relajación y recuperación del espesor del cartílago (hidratación) con lo cual el sistema de fricción es soportado únicamente por una glicoproteína de doble capa que se sitúa entre las superficies cartilaginosa articulares y cuyo espesor estaría entre 1-100 nanómetros, es la denominada *lubricina*. (Maroudas, 1968, Mow, 1989; O'Hara, 1990).

El diseño de la fricción articular se acerca a la perfección, si añadimos a lo anteriormente expuesto que el coeficiente de fricción disminuye si se produce un aumento del movimiento o de las oscilaciones articulares, en mayor medida si esto sucede con cargas elevadas. La conclusión es que la recuperación del espesor del cartílago es mucho más rápida si existe un mecanismo de movimiento oscilatorio articular que cuando hay una situación estática o de reposo (Lindhl et al., 1968).

4.4. ASPECTOS DE LA BIOMECÁNICA DEL CARTÍLAGO HIALINO

Mow propuso que el cartílago articular se asemeja a un modelo bifásico. Es decir, por una parte posee una matriz orgánica sólida y con poros elásticos (fase sólida) y, por otra, líquido en los intersticios (fase fluida) (Mow et al., 1980).

Las propiedades biomecánicas del cartílago articular están influidas por la composición química y por el contenido en agua de la matriz extracelular, que le confieren un comportamiento viscoelástico a la tracción, la compresión y el cizallamiento, con mayor tensión en el movimiento rápido y menor en el movimiento lento.

Otra de las propiedades del cartílago articular es la resistencia que ofrece a la compresión sin romperse (resilencia). Esta capacidad para absorber compresiones le proporciona un gran efecto amortiguador debido a la mayor viscoelasticidad que posee frente al hueso. Esto se puede comprobar con el ensanchamiento que sufre al disminuir su altura a causa de la compresión. Se debe a la especial distribución de las hojas de colágeno que se apoyan perpendicularmente en el hueso subcondral y se curvan hacia la superficie como una bóveda, mezcla de estilo románico y gótico, dando mayor densidad de fibras colágenas en las zonas superficiales del cartílago.

Cuando sobre el cartílago actúa una carga, se desarrolla un proceso en dos etapas: 1) A medida que actúa la fuerza se produce una deformación instantánea, que es el resultado del movimiento global del agua y fibras colágenas del cartílago; 2) A partir de aquí, si la carga se mantiene constante tiene lugar el deslizamiento, deformación debida al flujo de la matriz líquida a través del entramado de fibras colágenas, y es esta virtud la que confiere al cartílago un carácter viscoelástico más acusado que el hueso.

Las funciones del cartílago hialino con incidencia biomecánica son:

1. Iniciar los procesos de formación de hueso;
2. Responder ante las solicitudes mecánicas externas, con lo que desempeña un destacado papel en la construcción de la arquitectura del esqueleto;
3. Actuar como un material de bajo coeficiente de fricción, favoreciendo los movimientos de deslizamiento entre las superficies articulares, y
4. Su alto módulo de Poisson de alrededor del 40%, y que viene a indicar que, ante cargas compresivas, el cartílago se engrosa en su parte media casi la mitad de lo que se acorta su longitud. El cartílago soporta mal los estímulos de tracción pero ante los de compresión desarrolla su efecto protector sobre las articulaciones que recubre.

Los proteoglicanos, que constituyen la segunda gran porción de la fase sólida del cartílago articular, actúan como puentes entre las fibrillas, manteniendo la estructura y las propiedades físicas. La molécula de proteoglicano ocupa un gran espacio a causa de las cargas negativas que existen en sus brazos laterales. Esta situación posibilita la función de baja fricción en la superficie articular, a la vez que actúa en la transmisión de cargas a través de la articulación hasta el hueso subyacente.

Los proteoglicanos en soluciones puras son capaces de formar fuertes redes en concentraciones similares a las que se encuentran in situ, capaces de almacenar energía elástica. Esta capacidad contribuirá a su papel de mantener la resistencia y rigidez de la matriz extracelular.

A causa de la baja resistencia friccional entre dos superficies cartilaginosas, la mayoría de las resistencias que se producen durante el movimiento articular se deben a

tejidos blandos adyacentes, que representan el 99% de la resistencia friccional en el movimiento articular pasivo. La concentración de proteoglicanos es más elevada en la zona media, donde el colágeno es oblicuo, y menos elevada en la zona superficial. Es decir, la zona media tiene el mayor componente amortiguador del cartílago articular. La composición, estructura y distribución varían con la edad y también con algunas enfermedades.

Parece ser que las fuerzas de contacto entre las superficies articulares son imprescindibles para mantener el contenido normal de proteoglicanos en el cartílago. Del mismo modo, el aumento de presión sobre el cartílago articular que se produce, por ejemplo, en la extremidad contraria a la que se halla en descarga, condiciona un aumento del 25-35% de concentración de proteoglicanos y un incremento del espesor articular de hasta un 19%.

Las grandes moléculas de proteoglicanos y sus agregados, responsables de la rigidez de los tejidos durante la compresión y su resiliencia, sufren cambios marcados con la edad, como son su reducción de tamaño, el aumento del contenido de queratán sulfato, la disminución del contenido de condroitín sulfato y la variación de la proporción de las moléculas que forman los grandes agregados. Estos cambios estructurales se traducen en una alteración de la estabilidad de las propiedades mecánicas de la matriz extracelular.

El cartílago íntegro es un tejido presurizado, que puede llegar a tener al menos 2 atmósferas (atm) de presión oncótica e hidrostática debido a su contenido en proteoglicanos.

La compresión sobre el cartílago modifica la matriz pericelular de la condrona y la hace pasar de gel a solución desplazando el agua debido a la existencia de micro y macroporos en la cápsula. Los condrocitos responden a pequeñas variaciones de la presión hidrostática posiblemente por la deformación de la pared, a través de una señal que puede estimular la velocidad de síntesis de matriz cartilaginosa. La condrona actuaría como una microbomba que procesaría la señal mecánica y haría circular el líquido tisular del interior al exterior.

Además, el cartílago tiene comportamiento anisótropo, ya que se estira de forma diversa según las direcciones, probablemente debido a la diferente concentración de fibras de colágeno.

Las fibrillas de colágeno pueden comprimirse y descomprimirse tanto debido a fuerzas mecánicas como osmóticas. Sin embargo, la capacidad deformante del cartílago varía con la edad. Las fibrillas de los animales viejos contienen cerca del 50% más de agua que las de los animales jóvenes. Estos cambios estructurales ocurren sólo en las regiones del cartílago sometidas a carga. Podría ser que esta tendencia al almacenamiento de agua en las fibrillas de colágeno fuera el resultado de la adaptación a la pérdida de proteoglicanos que se produce con la edad. Ello permitiría conservar las dimensiones y la integridad del cartílago, y, mecánicamente, las fibrillas embebidas en agua podrían proporcionar una resiliencia extra a unos tejidos bastante pobres en proteoglicanos.

La *permeabilidad* es lo inverso de la resistencia friccional de la matriz de un material poroso a la circulación de un líquido a su través. Esta permeabilidad es importante, porque, cuando el cartílago es comprimido entre dos bloques rígidos pero porosos, se produce una deformación, un incremento de presión local y un gradiente de presión hacia las zonas no comprimidas; este gradiente empuja al líquido y es la fuerza responsable de la exudación del líquido desde el tejido. Los dos mecanismos, la deformación y la circulación de líquido, actúan simultáneamente en el cartílago articular de una articulación sana.

Así pues, el cartílago posee un *feedback* biomecánico regulador para prevenir la posibilidad de la extracción total del líquido intersticial. Este sistema está implicado en el sistema normal de nutrición del cartílago, la lubricación de la articulación, el sistema de transmisión de cargas y el trofismo del propio tejido. Posiblemente influye la repulsión electrostática entre los agregados, lo que le permite resistir compresión sin aumentar la presión interna, con lo que retiene líquido.

4.4.1. Efectos de la carga sobre el cartílago

El comportamiento del cartílago varía dependiendo del tiempo de actuación de las cargas que sobre él se aplican. Así, en situaciones en las que la carga y descarga articulares se producen con mucha rapidez, como sucede durante el salto, no ha habido tiempo suficiente para que el líquido pueda ser exprimido del tejido y éste se comporta más o menos como un material elástico, que se deforma instantáneamente bajo la carga y se recupera en la descarga. Sin embargo, en situaciones en las que la carga se aplica con más lentitud o se hace de una manera constante, como es el caso de bipedestación prolongada, se continúa deformando el cartílago aunque el líquido ya se haya exprimido. Esta deformación está directamente relacionada con la fuerza externa aplicada. En el momento de la descarga el tejido recupera sus dimensiones originales siempre que haya suficiente cantidad de líquido y tiempo suficiente. En el primer caso el cartílago se comporta como un material elástico, recuperándose independientemente del tiempo; en el segundo se comporta como un material viscoelástico, cuya recuperación depende del tiempo. Un material viscoelástico sufre más a una frecuencia elevada de cargas o cargas de impulso, ya que provocan microtraumatismos repetidos, que son acumulativos.

En otras circunstancias, bajo elevadas cargas, pero con lentos movimientos de deslizamiento, el espesor de la película de líquido disminuye y el líquido que es desalojado de la matriz articular puede ser el principal contribuyente en la formación de la película lubricante. El líquido sinovial es «secuestrado» puntualmente entre las carillas articulares creando un cojín amortiguador. Una corriente líquida y electrolítica se forma por exudación (lubricación por exudado). Si la película de líquido disminuye tanto que las superficies articulares acaban poniéndose en contacto, todavía puede expresarse más líquido de la matriz del cartílago para ayudar a soportar las cargas. Asimismo, la superficie se altera, produciéndose en ella pequeñas rugosidades.

Por último, en condiciones extremas, como en los períodos muy prolongados de bipedestación, las superficies articulares están cada vez más en contacto, sin que haya movimientos que ayuden a la expresión del líquido de la matriz del cartílago. Sin embargo, se cree que la superficie articular está protegida bien por un gel de ultrafiltrado de líquido sinovial bien por una capa de moléculas lubricantes que se deslizan una sobre la otra, previniendo la abrasión entre las superficies. Este tipo de lubricación es independiente de la naturaleza de las superficies o incluso del lubricante.

La adaptación de las superficies articulares entre sí, es pues compleja. En descarga o con mínima presión la curvatura de ambos extremos articulares no es absolutamente concéntrica. Sólo con una carga importante se ajustarán debido a la elasticidad del sistema y a la compresión de la película de líquido que se ha reducido por introducirse en el interior del cartílago.

4.5. REGENERACIÓN Y REPARACIÓN

De todas formas el espesor del cartílago disminuye con la edad independientemente de que exista o no artrosis.

Todas las estructuras cartilaginosas y fibrosas tienen propiedades materiales, análogas a las del hueso, (son elásticas, se tensionan cuando se las carga, son susceptibles de microdaño y tienen mecanismos vitales que lo pueden detectar y reparar). Sin embargo en condiciones iguales de unidades de carga se efectúan mayores tensiones y más microdaño en ellas que en el tejido óseo. Ante estos daños del tejido, el cartílago tiene una capacidad potencial de regeneración muy limitada. Ante un defecto del cartílago crece a partir del pericondrio un tejido que tiene las características de fibrocartílago. Las condronas se redondean y cubren una típica sustancia intercelular. La capacidad de regeneración a partir del pericondrio teóricamente durará toda la vida. En el cartílago articular que no tiene pericondrio adyacente, también se forma un fibrocartílago de tipo primitivo. Es posible una cierta capacidad de regenerar el cartílago defectuoso a partir de un crecimiento intersticial.

Como en otros tejidos, la renovación celular tiene lugar, aquí en concreto en períodos de 800-1000 días. Esta renovación es muy lenta pero es la base de una potencial regeneración.

La gama de defectos estructurales que cabe observar en el cartílago comprende desde la aparición de fisuras, muy frecuente, hasta las erosiones de la capa más superficial. Es poco probable que todos estos efectos del desgaste se deban a un solo mecanismo. Posiblemente, la tensión y la fatiga sean los iniciadores, seguidos por una mala lubricación de las superficies desgastadas. Una vez que la microestructura del cartílago se ha alterado, entran en juego los mecanismos lesivos mecánicos antes mencionados para acentuar el proceso de degeneración, y es posible que la introducción del líquido a presión entre las fisuras aumente paulatinamente su profundidad y favorezca la digestión química.

Los defectos en el cartílago articular se clasifican como totales o parciales, en cuanto a su grosor y teniendo en cuenta que la lesión llegue o no a los espacios de médula ósea del hueso subcondral. Los defectos parciales de grosor son lesiones fibrilares que crecen grandes y profundas durante el curso de la enfermedad pero nunca se reparan espontáneamente. Los defectos completos de grosor pueden repararse con tejido cartilaginoso pero de un modo transitorio e imperfecto. La hipótesis que se ofrece comúnmente, es que el cartílago adulto es un tejido poco vascularizado, así las células del círculo perivascular no pueden penetrar en él. Otra propuesta es la falta de acceso directo del cartílago articular a los estromas de médula ósea, los cuales tienen un gran potencial para inducir reparación, debido a la existencia entre ellas de una pared de cartílago calcificado.

El cartílago articular contiene dermatán sulfato y otros proteoglicanos que le confieren propiedades antiadhesivas a la superficie del defecto. Además se ha observado en experiencias en animales, que las células sinoviales pueden ser una fuente potencial de células que induzcan a la reparación del cartílago articular.

Así pues, el cartílago articular tiene una capacidad limitada para repararse y regenerarse, y, si la tensión a la que es sometido es grande, puede fracasar rápidamente. El progreso de este fracaso puede deberse a la magnitud de las presiones soportadas, a la acumulación de estas sollicitaciones o a la propia estructura molecular y microscópica de la matriz de colágeno y proteoglicano del cartílago.

4.6. CAMBIOS CON LA EDAD

Con seguridad en la cuarta década de la vida, y posiblemente en la tercera década también, tienen lugar cambios regresivos en el cartílago hialino. Debido a un descenso del agua y pero también debido a cambios en la matriz extracelular acompañados de fenómenos de muerte celular, se produce un desenmascaramiento de los haces de fibras colágenas, con grandes pérdidas de condroitín sulfato principalmente. Este serie de procesos tiene como expresión microscópica la imagen de *fibras en asbesto*. Como consecuencia de estas pérdidas, se observa zonalmente cambios en la coloración de la sustancia intercelular, con una progresión del blanco-azulado al amarillo siendo esto debido a la aparición de productos de desecho.

5. CARTÍLAGO ARTICULAR Y OSTEOARTROSIS

5.1. OSTEOARTROSIS. DEFINICIÓN

Se define la osteoartrosis como la afectación del hueso y pérdida progresiva del cartílago articular, cuyo origen se asocia a factores mecánicos, bioquímicos, inflamatorios e inmunológicos. Siempre es constante en el proceso la afectación del hueso subcondral (Mankin, 1994), constituyendo no un hecho aislado del cartílago, sino común a cartílago y hueso subcondral. De igual manera se afecta coincidentemente la cápsula articular, sufriendo un notable engrosamiento (Borrachero del Campo, 1981; Mankin, 1994).

5.2. CAMBIOS ESTRUCTURALES

5.2.1. En el cartílago

Se producen progresivamente:

1) Degeneración velvética

Cambio del color blanco-nacarado a amarillento y sin brillo, con fino erizamiento fibrilar en su superficie, denominado *degeneración velvética*. Se correspondería ésta fase a la identificación inicial a nivel histológico de irregularidades, perforaciones y fisuras eventuales de la “tidemark” (Thompson, 1991).

2) Fase de fisuración

La velvetización progresa, aparecen pequeñas fisuras en la superficie del cartílago que suelen llegar hasta la zona intermedia o de transición (Amstrong, 1982; Mankin, 1994).

3) Fase de ulceración

Las fisuras se van ampliando hacia ambos lados, llegando a la fase de ulceración, en la que la superficie del cartílago toma un aspecto damasquinado o en mosaico, en que pierde en determinadas zonas todo su espesor así como la disposición reticular tridimensional en forma radiada, completándose la liberación de enzimas proteolíticas y sustancias catabólicas que luego analizaremos y que acaban de destruir el cartílago y su capacidad de regeneración (Broom, 1984; Thompson, 1991).

4) Fase de eburnación

Es en la que el hueso subcondral suele quedar expuesto. Se identifican quistes subcondrales, esclerosos y próximos a la superficie articular, así como reacción osteofítica (Borrachero del Campo, 1981; Mankin, 1994).

5.2.2. En el hueso subcondral

A) Reparación reactiva o esclerosis subcondral

Hay una mayor condensación y grosor del hueso subcondral en las zonas de carga (Carter, 1976; Radin, 1972), correlativos a aumentos de grosor del cartílago situado sobre él, sobre todo en las etapas iniciales artrósicas y acabando en adelgazamiento del cartílago en las avanzadas (Borrachero del Campo, 1981; Müller-Gerbl, 1975). En las fases de fisuración y ulceración, se llega a producir un proceso focal de osteoreabsorción y de microfracturas trabeculares, que según algunas teorías, crearían en su reparación una esclerosis subcondral condensante (Borrachero del Campo, 1981; Radin, 1973).

B) Reparación o reacción osteofítica marginal

En las áreas de descarga y desde el límite osteocartilaginoso, penetra un asa o brote vascular desde la médula ósea, acompañado de células conjuntivas, fundamentalmente histiocitos, que mediante un proceso de metaplasia se transformaran en osteoblastos, tras perforar la lámina subcondral y la capa basal calcificada del cartílago. El recubrimiento de este osteofito es por fibrocartílago, en su mayoría colágeno de tipo I, diferente del colágeno tipo II típico del cartílago hialino (Borrachero del Campo, 1981; Boskey, 1984).

5.3. CAMBIOS BIOQUÍMICOS, METABÓLICOS E HISTOLÓGICOS:

5.3.1. Contenido en agua

Aumenta el contenido en el agua del cartílago en un 9% y su avidez por ella en más del 12% sobre todo en las capas superficiales (Amstrong, 1982; Cole, 1984; Mankin, 1975; Mankin, 1974). Su aumento no está bien explicado, sugiriéndose la posibilidad de que la pérdida de proteoglicanos, deje huecos en la red de colágena y aumente las cargas negativas, lo cual aumentaría la captación y apetencia por el agua (Mankin, 1975; Mankin, 1994). En cambio parece disminuir, mas aún, el porcentaje de agua de las capas profundas del cartílago (Venn, 1978).

5.3.2. Proteoglicanos

Disminuyen en conjunto los glicosaminoglicanos (GAG) (Mankin, 1975; Moskowitz, 1988; Nimni, 1973;; Roberts, 1986) cambiando a su vez el cociente entre condritín-4-sulfato/queratín-sulfato, disminuyendo los primeros y aumentando más del un 50% los últimos (Mow, 1989). A la vez es menor la longitud de las cadenas de agregados y se altera la estabilidad y afinidad de la proteína de unión de las cadenas laterales de glicosaminoglicanos a la cadena central de hialuronato (Inerot, 1991; Moskowitz, 1988). Se altera el gradiente de concentración de proteoglicanos, que en condiciones normales es mayor de superficie a profundidad, y que tiene como finalidad graduar los incrementos de presión osmótica ante las cargas (Mankin, 1994). Aumenta también la relación: galactosamina /glucosamina, a expensas del numerador, lo cual traduce una dominancia del catabolismo en el cartílago de los glicosaminoglicanos (Mankin, 1975).

5.3.3. Fibras de colágena

No parece disminuir su cantidad (Borrachero del Campo, 1981), pero sí su tamaño y sobre todo su capacidad de ordenamiento y por tanto su resistencia al formar la red fibrilar (Mankin, 1994). Su pérdida de afinidad en formar haces reside en la debilidad de los puentes de unión. En el cartílago artrósico se producen cambios bioquímicos: un colágeno tipo II normal, se transforma en un colágeno tipo I, similar al de la dermis. (Mankin, 1975; Muir, 1977).

5.3.4. Cambios enzimáticos en el cartílago

Aumentan las enzimas catabolizantes proteolíticas, sobre todo la interleukina-1 y catepsina, que induce en los condrocitos la secreción de colagenasas y proteoglicanos aumentando hasta en un 70% la degradación enzimática de proteoglicanos; y las metaloproteinasas neutras, que degradan específicamente la proteína medular de los proteoglicanos (Moskowitz, 1988).

5.3.5. Acido desoxiribonucleico (ADN)

Disminuye su concentración en lesiones avanzadas (Mankin, 1994).

5.3.6. Pirofosfato cálcico

Aumentan los depósitos de cristales de formas cuboideas y dispuestos en forma de bandas paralelas a la superficie del cartílago.

5.3.7. Fosfatasas alcalinas

Se encuentran aumentadas pero no en una capa determinada (Mankin, 1994).

5.3.8. Condrocitos

Disminuye su número, hipertrofiándose en principio (Venn, 1977).

6. FORMA Y FUNCIÓN DEL HUESO

El hueso es una estructura ligera constituida con una enorme economía de material, siendo su estado especialmente adaptado a su función, pudiendo hablarse a la vez de estructura y forma funcional (Frick, 1991).

Distinguimos dos tipos de hueso: hueso cortical y hueso trabecular o esponjoso. Ambos presentan dos condiciones físicas comunes y otras muchas diferentes: el tejido óseo es anisotrópico y viscoelástico. Consideramos material anisotrópico a aquel que tiene propiedades físicas diferentes según consideremos direcciones diferentes dentro de su volumen y por contra isotrópico a aquel que presenta en un mismo plano, las mismas condiciones elásticas, independientemente de la dirección considerada dentro de él. Así el tejido óseo es considerado a efectos prácticos como transversal, es decir tomado idealmente plano a plano. Es viscoelástico porque presenta una respuesta bifásica a la carga, como corresponde a un material que tiene una fase sólida (mineral-red de colágena) y una fluida (agua-médula ósea). Estas dos cualidades físicas enunciadas, condicionan su comportamiento sobre todo ante altos estreses (Burstein, 1975; Carter, 1976; Carter, 1977; Currey, 1970; Kaplan, 1994). Su comportamiento se ajusta a una típica curva de presión/deformación, con tres porciones bien definidas: parte elástica, en que el material se recupera tras el estrés en su totalidad; una meseta plástica, en que la deformación continúa tras la retirada del estrés y una última parte de rotura por fatiga (Burstein, 1975).

6.1. HUESO CORTICAL (*substantia compacta*)

Su porosidad es del 5-10% y su módulo de Young (pendiente de la curva de presión/deformación) es 1.5 veces mayor en la dirección transversal que en la longitudinal del hueso (Kaplan, 1994; Nordin, 1989), condicionando ante la aplicación de una carga que las fuerzas elásticas compresivas de dirección longitudinal tengan un valor modular de 1.6, las transversas de 1.3 y las radiales centrífugas de 1 (Reilly, 1974). Desde un aspecto más explícito, cabría decir que resiste mucho mejor la compresión que la tensión (Currey, 1970; Kaplan, 1994; Nordin, 1989).

En el hueso cortical se produce una pérdida de resistencia fisiológica que acompaña a la edad que se cifra en un 2% por década de vida entre la 3ª y 9ª décadas, pasando de 130 MegaPascales (MPa) a 110 MegaPascales (MPa), descendiendo a la vez el módulo de elasticidad desde 17 GigaPascales (GPa) a 15.6 GigaPascales (GPa) (Currey, 1970; Kaplan, 1994).

En el hueso cortical la línea de fractura sigue en sus trazos los puntos de debilidad mecánica del hueso: canales de Havers, lagunas osteocíticas y canalículos entre ellas (Kaplan, 1994).

6.2. HUESO TRABECULAR O ESPONJOSO (*substantia spongiosa*)

Tiene una porosidad mucho mayor que el hueso cortical, entre el 50-90%, dependiendo su rigidez y resistencia de tres factores:

6.2.1. Densidad aparente

Resiste fuerzas de enorme magnitud, entre 4800-6900 MegaNewtons/m² (MN/m²) (Brown, 1980). La resistencia a la rotura disminuye en proporción doble que la densidad (Jensen, 1991). La resistencia parece ser 75% mayor en varones (Lindhal, 1976).

6.2.2. Arquitectura

Su resistencia a la compresión con carga longitudinal no es el doble que la de tensión a la carga transversal, como ocurría en el hueso cortical, sino diez veces mayor. Admite una deformación de hasta el 50% de su dimensión longitudinal antes de su punto mecánico de rotura. La presencia de la médula ósea en su interior le permite aumentar e incluso modular su respuesta ante un incremento de la carga (Burstein, 1975; Carter, 1977; Kaplan, 1994). En los últimos años se han publicado trabajos que hablan de la existencia de una estructura denominada CCL-ténsulas que consisten en una estructura de membrana lamelar formada por una mezcla de fibras de colágena y calcio, que actuarían como auténticas membranas de tensión, en el cual la presión aplicada sobre y entre las trabéculas de la esponjosa, se transmite con igual magnitud en todas las direcciones, implantando con ello un auténtico soporte hidrodinámico a la carga, modulándola mediante oscilaciones de dichas membranas (Copf et al, 1990; Copf et al, 1992).

6.2.3. Edad

El módulo de elasticidad del hueso trabecular disminuye hasta un 30% según aumenta la edad (Lindhal, 1976). Se produce una disminución del grosor, del número y de la longitud de las trabéculas, y además se altera la disposición e interconexiones espaciales de las mismas, lo cual lleva a afirmar, que decrece su resistencia por la conjunción de estos factores, en mucha mayor proporción de lo que lo haría, si sólo decreciera la densidad trabecular (Kaplan, 1994).

6.3. ASPECTOS DE LA BIOMECÁNICA DEL HUESO

El hueso es una estructura biodinámica sujeta a cambios constantes a lo largo de la vida. Su fisiología incluye complejas funciones gracias a las cuales se mantiene sus características externas y su estructura interna. La transformación del hueso fibroso en laminar, la reabsorción y neoformación ósea, la reparación de fracturas, así como el proceso de mineralización están controlados por factores mecánicos y químicos. Frost enunció cinco propiedades biomecánicas del hueso:

- Crecimiento: implica un aumento neto de la masa ósea cuyo propósito es conseguir un hueso adulto, a partir de una estructura fetal y mediante el agrandamiento simple de la misma, con el objetivo de producir y mantener un tejido competente, biomecánica y metabólicamente.
- Modelado: se produce principalmente en el periodo de crecimiento y tiene como fin dotar al hueso de una determinada morfología y mantenerla.
- Remodelado: depende de la actividad osteoclástica, que permite la reabsorción ósea, y de la actividad osteoblástica que garantiza la neoformación de hueso. Ambas controlan el volumen óseo en cada instante, modificando su actividad, en función de las necesidades de calcio o fósforo y en respuesta a los estímulos biomecánicos originados durante las sollicitaciones repetidas a que el hueso se vea sometido.
- Capacidad reparadora: dota al hueso de la propiedad de recuperar su competencia mecánica, ello precisa una gran aportación de mineral y la correcta integración funcional entre los procesos bioquímicos implicados en la formación ósea.
- Capacidad de nutrición e intercambio sangre-hueso: depende de la íntima relación entre los vasos y el acúmulo de mineral en el hueso. Consigue que se mantengan los parámetros bioquímicos necesarios para garantizar la homeostasis del hueso. En ella, el papel de osteoblastos y osteoclasto, es vital para mantener tasas constantes en el medio interno de calcio, fósforo y magnesio. Además, el hueso es la reserva de sales de calcio y fosfatos y la regulación del metabolismo y de los niveles plasmáticos de calcio dependen del depósito y extracción adecuados del calcio esquelético (Frost, 1994).

En el hueso cabe considerar propiedades mecánicas y biodinámicas. La mayor parte de investigaciones referidas a las propiedades mecánicas del hueso, se han de realizar

en el hueso compacto de la cortical de la parte externa de las vértebras. Los conductos de Havers ofrecen una buena resistencia a la flexión debido al buen momento de inercia que poseen, ya que su masa se concentra en la periferia, mientras por su interior discurren los vasos que garantizan el adecuado aporte nutricional. Estas propiedades confieren a la cortical propiedades de material viscoelástico, es decir, al ser sometida a un esfuerzo, la deformación producida experimenta un retraso o desfase respecto de la carga aplicada. Lo que significa que, una vez cesa la carga, la recuperación de la forma primitiva tarda un cierto tiempo. La naturaleza viscoelástica determina que la velocidad a la que se produce la deformación influye sobre la respuesta mecánica del hueso. En idéntico sentido, la viscoelasticidad del hueso sirve para estimar adecuadamente el umbral de energía que es capaz de absorber antes de romperse. Así para estimar adecuadamente el valor de la resistencia de un material viscoelástico hay que precisar, además, la velocidad de deformación con que se ha realizado el ensayo mecánico.

El tejido óseo es anisotrópico y viscoelástico. Consideramos material anisotrópico a aquel que tiene propiedades físicas diferentes según consideremos direcciones diferentes dentro de su volumen, y, por contra, isotrópico a aquel que presenta en un mismo plano, las mismas condiciones elásticas independientemente de la dirección considerada dentro de él. Así el tejido óseo es considerado a efectos prácticos como transversal, es decir tomado idealmente plano a plano. Es viscoelástico por que presenta una respuesta bifásica a la carga, como corresponde a un material que tiene una fase sólida (mineral-red de colágeno) y una fluida (agua-médula ósea). Estas dos cualidades físicas enunciadas, condicionan su comportamiento sobre todo ante altos estreses (Burstein, 1975; Carter, 1976; Carter, 1977, Currey, 1970; Kaplan, 1994). Su comportamiento se ajusta a una típica curva de presión/deformación, con tres porciones bien definidas: parte elástica, en que el material se recupera tras el estrés en su totalidad; una meseta plástica, en que la deformación continua tras la retirada del estrés y una última parte de rotura por fatiga (Burstein, 1975).

Ante un esfuerzo el tejido óseo se adapta de dos maneras: primero mediante la cantidad y distribución de su mineralización y, segundo, gracias a la trayectoria ordenada de las trabéculas de la esponjosa. Y así, aplicando el principio de economía se consigue con el mismo material la máxima dureza. De manera que si se tratase de un tejido homogéneo, cada punto podría resistir el máximo de carga y será de igual dureza en toda su extensión, sin puntos débiles. Por lo tanto cumple la ley de Wolff, según la cual, la densidad y la arquitectura de un hueso están en relación con la magnitud de la fuerza aplicada sobre el. Y así, la placa subcondral en condiciones fisiológicas, goza de un proceso de remodelación que mantiene la forma articular para la óptima distribución de cargas.

La hipótesis de que el tejido óseo representa una estructura autooptimizada adaptada a las demandas mecánicas locales ha ido tomando fuerza desde hace décadas. La remodelación ósea en huesos compactos, maduros y trabeculares es el resultado de un estímulo mecánico y diversos autores han relacionado la energía del esfuerzo con los cambios en la densidad ósea.

La zona de máxima densidad ósea del hueso corresponde a la que soporta el máximo esfuerzo (estrés). Y la distribución de densidades puede ser explicada en términos de estrés principal actuante. Entonces las zonas de alta densidad significan puntos sometidos a mayores tensiones, no solo en el hueso subcondral sino también en otras regiones del hueso (Müller-Gerbl et al., 1987, 1989, 1992, 1998).

A lo largo de la vida los procesos de modelamiento y remodelamiento controlan el grosor, la dureza y el gradiente de las partes en el hueso subcondral. La cortical puede deformarse bajo presión para aumentar la superficie de carga, pero siempre menos que el cartílago.

La tensión capaz de ser soportada por el hueso subcondral en un momento de fuerza depende del número de trabéculas, su grosor y su conectividad. Estas características están controladas por los procesos de modelado y remodelado óseo. Si la mayor proporción de carga presiona en la zona central, la dureza que alcanza el hueso subcondral en el centro excede normalmente a la que consigue en la periferia.

Se acepta que los factores mecánicos juegan un papel importante en el inicio y progresión de la osteoartritis en general. Pero sigue debatiéndose sobre si, el inicio y localización de los cambios, tiene lugar en el cartílago o en el hueso subcondral. Mientras la capacidad de atenuar el impacto de carga longitudinal viene determinada por la tensión del hueso subcondral, el cartílago parece contribuirá reducir la fricción durante los movimientos articulares, por lo que si aumenta la dureza del hueso subcondral, cambia la naturaleza de éste y ello constituye el primer paso para el desarrollo de la osteoartritis. El patrón de densidad ósea se corresponde, de un modo general y bastante aproximado, con la dureza del hueso. También parece existir una relación de dependencia entre la densidad ósea medida en unidades Hounsfield (UH) y algunas propiedades biomecánicas del hueso subcondral. Todo ello ha llevado a pensar que el daño se inicia en el cartílago como consecuencia de gradientes excesivos de tensión en el hueso subcondral. Esta explicación tiene sus excepciones, así por ejemplo, en la articulación fémoro-patelar se han descrito zonas con bajos niveles de mineralización y que sin embargo, se corresponden con puntos de degeneración precoz del cartílago. Se ha sugerido que las lesiones cartilaginosas estarían provocadas por gradientes de tensión anormalmente aumentados en el hueso subcondral, lo que se traduciría en el cartílago como fuerzas de cizalla verticales más operantes en regiones fronterizas hueso-cartílago. Por lo que la mayor dureza del hueso subcondral y, consecuentemente, la pérdida de parte de su capacidad para absorber el choque de la presión, serian los responsables de la progresión de la lesión cartilaginosa.

7. BIOMECÁNICA DE LA ARTICULACIÓN PISI-PIRAMIDAL

En términos de movilidad pasiva, y si tomamos el pisiforme de un sujeto vivo con la muñeca en flexión entre los dedos pulgar e índice, es posible provocar un desplazamiento en sentido radiocubital de 3 ó 4 milímetros y, además, detectar la interlínea articular por su cara ulnar. Este movimiento corresponde al deslizamiento

del pisiforme sobre la superficie articular del piramidal que permanece inmóvil. La maniobra descrita es posible gracias a la laxitud de la cápsula articular y a que las estructuras que se insertan en la cara ulnar y radial del pisiforme se encuentran relajadas. Sin embargo, si intentamos la misma maniobra en las mismas condiciones pero en sentido proximodistal, no obtendremos ningún desplazamiento apreciable. Las estructuras que se originan en el polo distal del pisiforme son, en conjunto, poco elásticas y suponen una mayor limitación articular.

Tanto activa como pasivamente, el único elemento móvil de la articulación pisi-piramidal es el pisiforme, y se mueve gracias a la acción de los músculos flexor ulnar del carpo y abductor del quinto dedo. Por lo tanto, y teniendo en cuenta que su polo proximal está libre de inserciones y que el polo distal se encuentra sometido a un fuerte anclaje ligamentoso, el movimiento del pisiforme gira en torno a un eje antero-posterior. De esta forma, en los movimientos de abducción de la muñeca, el polo proximal del pisiforme se desplaza hacia dentro, mientras que en adducción se desplaza hacia fuera. Así mismo, en la flexión y abducción del quinto dedo, el polo proximal del pisiforme se desplaza hacia dentro y atrás. En la presión palmar, con la muñeca en flexión y adducción, y con el quinto dedo en flexión, la tendencia del pisiforme a la subluxación hacia fuera es contrarrestada por los músculos flexores de los dedos que tensan el retináculo flexor (García Elías, 1982; Laude et al., 1979). Figura 12A.

Con la muñeca en flexión el tendón del flexor carpi ulnaris tracciona proximalmente y volarmente del pisiforme, lo que provoca un ensanchamiento del espacio articular. Con la muñeca en extensión, el pisiforme se desplaza distalmente y se produce un estrechamiento del espacio articular. Según Theumann, la separación media entre pisiforme y piramidal es de 2 mm en dirección proximal con la muñeca en flexión, y 4,4 mm en dirección distal y con la muñeca en extensión (Theumann et al., 2002). Figura 13.

El ligamento pisi-uncinato es el primer estabilizador del pisiforme contra el desplazamiento ulnar. La sección de este ligamento resultaría entre 2 y 3 veces el desplazamiento en dirección ulnar. El ligamento pisi-metacarpiano es el primer estabilizador contra el desplazamiento proximal del pisiforme. La sección del ligamento permitiría entre 2 y 3 veces la excursión proximal del pisiforme. El ligamento pisi-piramidal ulnar es el primer estabilizador contra la translación radial del pisiforme. El retináculo flexor y extensor actúan como estabilizadores secundarios (Rayan et al., 2005).

Los principales estabilizadores del pisiforme son, por tanto, el tendón del flexor ulnar del carpo, el ligamento pisi-uncinato, el ligamento pisi-metacarpiano y el ligamento pisi-piramidal ulnar (Pevny et al., 1995, Rayan et al. 2005). Figura 12B. Una lesión en cualquiera de estas estructuras puede provocar una luxación del pisiforme con inestabilidad de la articulación pisi-piramidal. Esta inestabilidad puede dar lugar a una osteoartritis secundaria relacionada con el aumento de movilidad articular (Belliappa, 1992, Seradge, 1989) y a la irritación del nervio cubital en el canal de Guyon (Carroll 1985).

La integridad de la articulación pisi-piramidal así como de las estructuras que en ella confluyen es fundamental en los movimientos de presión de la mano.

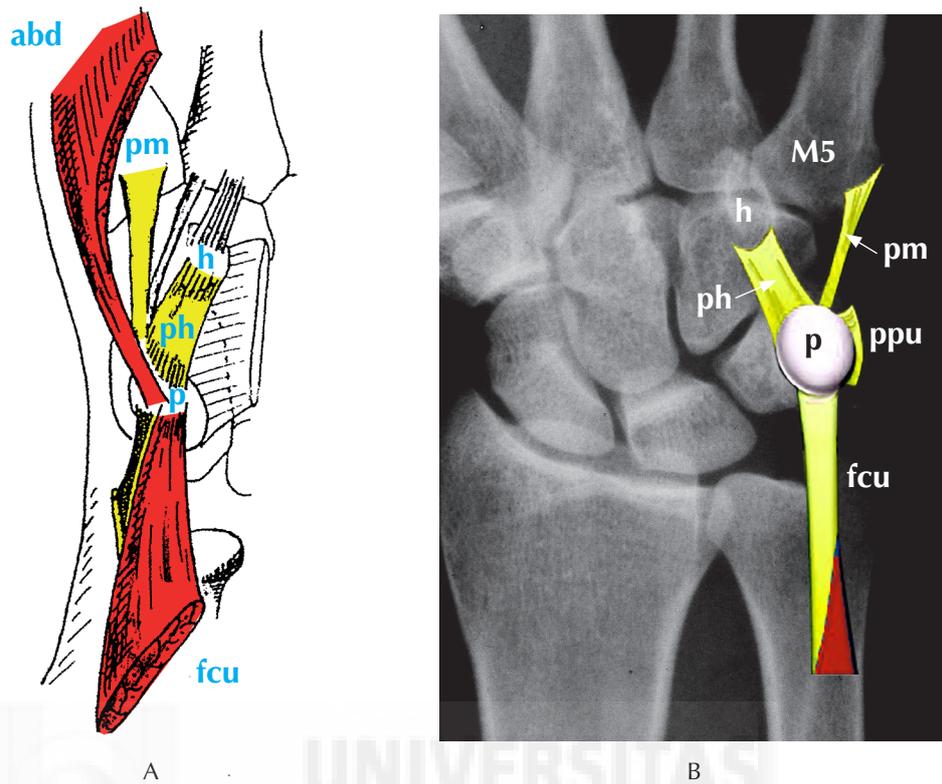


Figura 12. A. Esquema representativo de las inserciones músculo-ligamentosas del pisiforme. Tomado de Laude et al., 1979. B. Principales estabilizadores de la articulación pisi-piramidal. abd: abductor del quinto dedo, pm: ligamento pisi-metacarpiano, ph: ligamento pisi-uncinato, ppu: ligamento pisi-piramidal ulnar; p: pisiforme, h: ganchoso, fcu: flexor carpi ulnaris, M5: quinto metacarpiano.

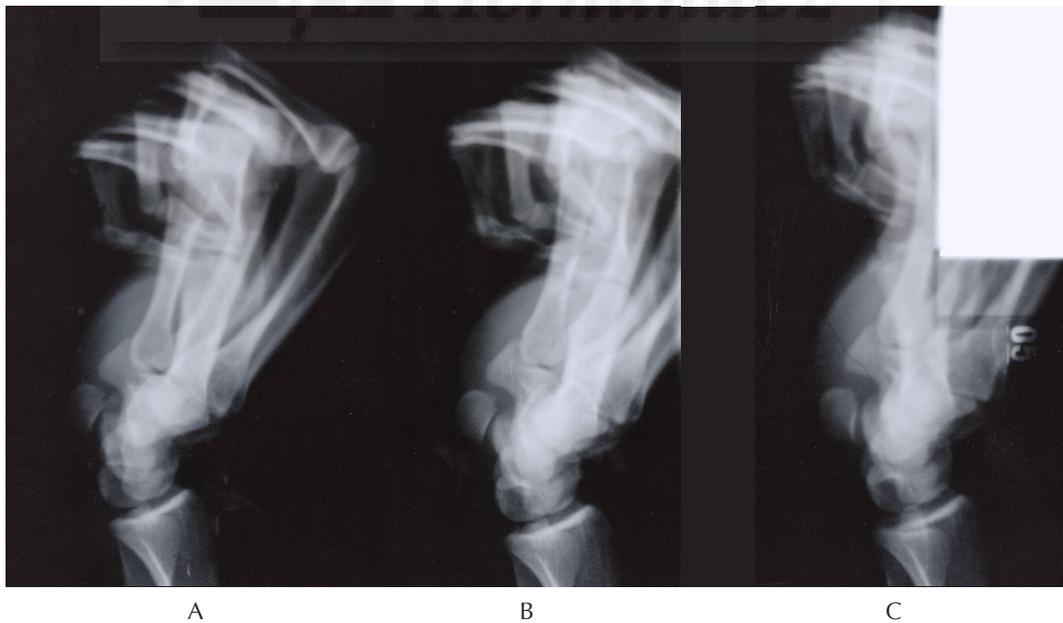


Figura 13. Muñeca con 30° de extensión y 30° de supinación del antebrazo. A. Musculatura en reposo. B. Músculos flexores en contracción, desplazamiento proximal del pisiforme con reducción del espacio articular. C. Músculos flexores en contracción máxima con desplazamiento proximal del pisiforme se desplaza proximalmente con reducción del espacio articular.

8. PATOLOGÍA DE LA ARTICULACIÓN PISI-PIRAMIDAL

Las patología de la articulación pisi-piramidal debe sospecharse en presencia de dolor ulnar en la muñeca que aumenta con movimientos de flexión y/o desviación ulnar o con movimientos de oposición entre pulgar y meñique. La percusión o presión directa sobre el pisiforme reproduce los síntomas. Este dolor puede ser evocado mediante el test de tracción del pisiforme que consiste en colocar la muñeca en flexión con el flexor ulnar del carpo relajado mientras el explorador moviliza el pisiforme contra el piramidal con dirección ulnorradial.

Presentamos una recopilación de las alteraciones que a las que está expuesta esta articulación.

8.1. ANQUILOSIS DEL PISIFORME

En condiciones normales la dermis se desliza libremente sobre el plano del retináculo flexor y del pisiforme. En el caso de una quemadura de 3° grado de la mano con adherencias del plano cutáneo al retináculo flexor y al pisiforme, la clínica cursa con déficit de movilidad del pisiforme con fuerza de presión dolorosa y disminuida en amplitud e intensidad (Morau et al., 2014).

8.2. ROTURA DEL LIGAMENTO PISI-UNCIFORME

El ligamento pisi-uncinato es uno de los estabilizadores principales de la articulación pisi-piramidal (Rayan et al., 2005). Su rotura provoca una luxación del pisiforme hacia dentro y atrás. En la clínica existe limitación y dolor en la fuerza de presión (Morau et al., 2014). Figura 14.



Figura 14. A. Imagen T1 coronal del ligamento pisi-uncinato (flecha negra), tras caída sobre la palma de la mano. Punta de flecha negra sobre el ligamento pisi-metacarpiano. B. Imagen T1 coronal normal de los ligamentos pisi-uncinato (flecha blanca) y pisi-metacarpiano (punta de flecha blanca). P: pisiforme, H: ganchoso, ADM: abductor quinto dedo. Tomado de Morau et al., 2014.

8.3. ESQUINCE PISI-PIRAMIDAL

Se trata de una patología menor pero más frecuente que el resto. Se presenta tras un traumatismo hipotenar con dolor, edema, hematoma ocasional y aumento del dolor sólo en movimientos de la extensión y abducción de muñeca (García-Elías, 1982).

8.4. SUBUXACIÓN DEL PISIFORME

Según Laczay, una de cada cinco personas posee una movilidad aumentada de la articulación pisi-piramidal que se traduce en una subluxación proximal en flexión con cierto grado de rotación sobre un eje oblicuo horizontal (Laczay, 1974). Esto último llevó al autor a cuestionar los casos de luxación publicados hasta entonces (García-Elías, 1982).

8.5. LUXACIÓN DEL PISIFORME

La luxación del pisiforme es rara y resulta del trauma hipotenar directo. Su diagnóstico es difícil y frecuentemente tardío. Se debe sospechar cuando el espacio intraarticular es mayor de 4 mm con pérdida de paralelismo entre las superficies articulares de más de 20° y el desplazamiento, proximal o distal, respecto al piramidal es mayor del 15% de la superficie articular (Vasilas, 1960).

8.6. FRACTURA DEL PISIFORME

Son muy raras, entre el 0,2 y el 2% de las fracturas del carpo (Jacobs, 1948, Vasilas 1960, O`Shea et al., 2012, Suh et al., 2014) y pasan frecuentemente desapercibidas en las radiografías de rutina. Se presentan aisladas o asociadas a fracturas de los huesos del carpo o del extremo distal del radio. La causa más frecuente es la caída con la muñeca en extensión con impacto directo sobre el pisiforme produciendo fracturas lineares (transversa o longitudinal), fracturas conminutas o fracturas por impactación pisi-piramidal. La fractura-avulsión ligamentosa distal puede ser el resultado de la contracción poderosa del flexor ulnar del carpo. Por último, se han publicado fracturas de stress en jugadores de voley-ball y en competidores de combate sin armas (Israeli et al., 1982). Figura 15.

8.7. FRACTURA DEL PIRAMIDAL

En las fracturas de los huesos del carpo, la fractura del piramidal es la segunda en frecuencia después de la fractura de escafoides, aproximadamente un 15% del total. Los mecanismos son dorsiflexión con desviación ulnar de la muñeca (Suh et al., 2014). Aunque algunos autores la consideran una fractura por compresión de una estiloides ulnar o de un gancho prominente, el tipo más frecuente son las fracturas de avulsión de las inserciones de los ligamentos radiopiramidal dorsal y pirámidoescafoideo (intercarpal dorsal) en el vértice del piramidal (García-Elías 1987, Becce et al, 2013, Hocker et al., 1994).



Figura 15. A. Rx posteroanterior de muñeca. Fractura transversa del pisiforme evidenciada con flechas blancas. B. Rx visión carpal. Fractura avulsión de pisiforme sin trauma directo por contracción isométrica del flexor carpi ulnaris Tomado de Moraux et al., 2014.

8.8. OSTEOARTRITIS PISI-PIRAMIDAL

Los signos radiográficos de osteoartritis pisi-piramidal son: reducción del espacio articular, esclerosis subcondral, osteofitos y cuerpos óseos intraarticulares. Ecográficamente se puede aparecer sinovitis, líquido intraarticular con distensión del receso articular, osteocondromas y osteofitos secundarios.

8.8.1. Osteoartritis primaria

La articulación pisi-piramidal es la segunda localización más frecuente de osteoartritis de muñeca después de la articulación escafotrapezoidea (excluyendo la articulación trapeciometarcarpiana). Asimismo, la osteoartritis primaria es la primera causa de osteoartritis de la articulación pisi-piramidal, que suele afectar a mujeres por encima de 50 años de edad sin antecedentes de traumatismo. Es normalmente bilateral, con aparición progresiva del dolor (Le Nen, 2000). Y se puede asociar a neuropatía ulnar en un tercio de los casos (Seror et al., 2013). Figura 16.

8.8.2. Osteoartritis secundaria

Puede ser el resultado de microtraumatismos directos o indirectos. La osteoartritis por microtrauma indirecto es consecuencia de contracciones poderosas y repetitivas del



Figura 16. Rx de muñeca semisupinada de mujer de 56 años con osteoartritis primaria pisi-piramidal con estrechamiento del espacio articular, esclerosis del hueso subcondral y osteocondroma en el receso distal (flecha blanca), P: pisiforme. Tomado de Moraux et al., 2014.

flexor ulnar del carpo en profesionales o deportes como tenis (“raquet tennis player”) que provoca compresión y torsión en la articulación (Jenkins, 1951; Helal 1978; Carroll et al., 1985). Aparece más frecuente en mujeres, con edades más jóvenes que en los casos de osteoartritis primaria (Le Nen, 2000). La articulación también está expuesta a microtraumas directos repetitivos en trabajadores manuales y jugadores de volley-ball. (Rodineau et al., 2006).

8.8.3. Osteoartritis posquirúrgica

El retináculo flexor es un estabilizador secundario de la articulación pisi-piramidal. Su sección en la descompresión del nervio mediano en el canal del carpo puede contribuir o enmascarar una disfunción pisi-piramidal con dolor, probablemente secundario a la traslación medial del pisiforme (Paley et al., 1987 y Le Nen, 2000). Esta es una complicación rara, informada en un 1,1 % de una serie de 500 intervenciones de síndrome del canal carpiano (Seradge et al., 1989).

8.9. Quiste artrosinovial

La presencia de quistes sinoviales en la eminencia hipotenar se asocia con la osteoartritis pisi-piramidal que puede cursar con parestesias, dolor o clínica de neuropatía cubital (Seror et al., 2000). El quiste se puede extender hacia el canal de Guyon o hacia el hiato pisi-unciforme y comprimir o infiltrar el nervio cubital. La compresión del nervio en el canal de Guyon antes de su división en rama profunda y superficial, puede causar déficit sensitivo y motor, mientras que la compresión a nivel del hiato pisi-unciforme solo afectaría a la rama profunda del cubital causando un déficit exclusivamente motor (Hayes et al., 1969; Seror et al., 2000).

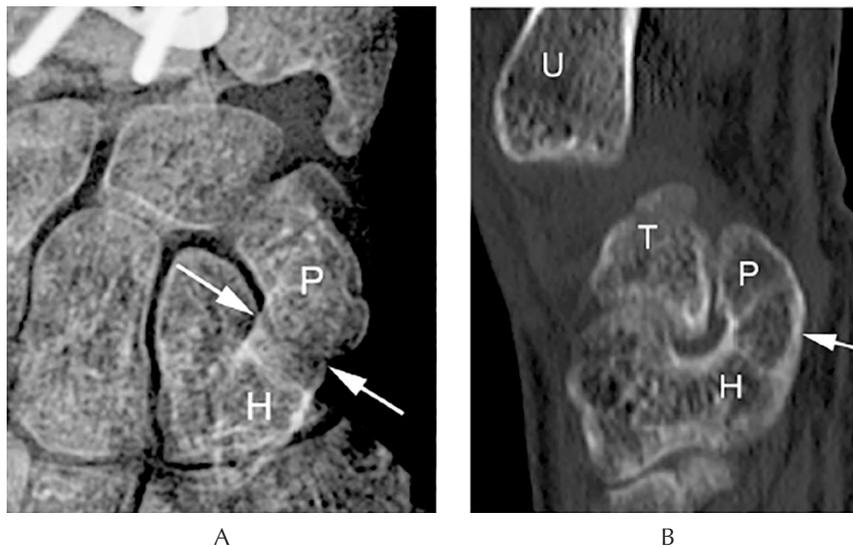


Figura 17. Sinóstitosis pisi-ganchoso. A. Rx posteroanterior B. Tomografía computarizada sagital. H: ganchoso, P: pisiiforme, U: cúbito, T: piramidal. Tomado por Moraux et al., 2014.

8.10. SINÓSTITOSIS

Existen 30 casos publicados de sinóstitosis pisi-uncinato. Normalmente bilateral y en individuos de origen africano. Burnett publica una frecuencia de 0,76% en una población de 527 nativos sudafricanos (Burnett, 2011). Otras sinóstitosis publicadas son la osificación del tendón del flexor ulnar del carpo y la transformación metaplásica del ligamento pisi-unciforme (Saylisoy et al., 2011). Existe un caso publicado de sinóstitosis entre el pisiiforme y la parte distal del hueso del ganchoso asociado a sincondrosis del gancho con el ganchoso (Tsionos et al., 2004). Estas uniones suelen cursar asintomáticas, son hallazgos casuales susceptibles de sufrir también fracturas o traumas. La mayoría de las veces, debutan con neuropatía ulnar (Louaste et al., 2007) y más raramente con neuropatía del mediano (Tsionos et al., 2004) o con lesión del tendón flexor profundo del quinto dedo (Tsionos et al., 2004). Figura 17.

8.11. PINZAMIENTO ULNO-PISIFORME

El pinzamiento entre el extremo distal del cúbito y el polo proximal de pisiiforme y piramidal tras fracturas desplazadas del radio es infrecuente pero está documentado entre las patologías pisi-piramidales (Moraux et al., 2014). Figura 18.

8.12. REUMATISMO

Como articulación sinovial, la pisi-piramidal es susceptible de afección de desórdenes reumáticos como artritis reumatoide, artritis psoriásica, artritis idiopática juvenil o enfermedad de depósito de cristales. Se ha publicado recientemente una hipertrofia del pisiiforme secundaria a artritis psoriásica (Chikura, 2011).



Figura 18. Pinzamiento entre la estiloides ulnar y el pisiforme tras fractura distal del radio. A. Rx posteroanterior. B. CT coronal. Tomado de Moraux et al., 2014.

8.13. CONDROMATOSIS SINOVIAL

La condromatosis sinovial es una metaplasia que afecta a articulaciones, bolsas o tendones sinoviales, membranas sinoviales en los que se producen múltiples nódulos de cartílago. Es casi siempre monoarticular y afecta a articulaciones grandes como rodilla, cadera y hombro. Se observa raramente en la mano. Sólo se han publicado escaso número de casos afectando a la articulación pisi-piramidal. Tudor publica un único caso de condromatosis pisi-piramidal asociada a osteoartritis secundaria de la articulación (Tudor et al. 2007). Figura 19.

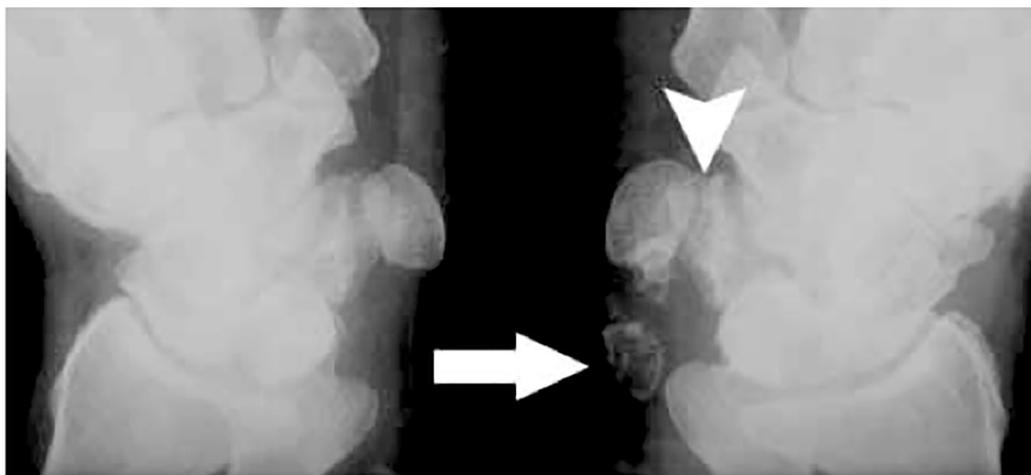


Figura 19. Rx con 30° de supinación y 30° de flexión dorsal en ambas muñecas revela múltiples sombras radiodensas (flecha blanca) con osteoartritis secundaria (punta de flecha blanca). Tomado de Tudor et al. 2007.

8.13. OSTEONECROSIS

La osteonecrosis es un hecho excepcional, sólo se han descrito tres casos aislados en la literatura internacional (García, 2006; Match, 1980; Olah, 1968). El pisi-forme recibe una aporte vascular rico y constante, de hecho es una de las opciones reconstructivas en la necrosis avascular del semilunar o Enfermedad de Kienböck (Gelberman et al., 1983; Logroscino et al, 1938).



II. Planteamiento del problema e hipótesis de trabajo



Las lesiones degenerativas del cartílago articular de la articulación del hueso pisiforme con el piramidal son una causa cada vez más frecuente de dolor ulnar en la muñeca. La incidencia de osteoartritis pisi-piramidal ha aumentado notablemente en los últimos años y se le ha relacionado como causa de dolor de origen ulnar. Esta situación invita a profundizar en los mecanismos de degeneración de esta articulación, con un enfoque acerca de los cambios estructurales que acontecen en los dos elementos claves de la articulación: el cartílago articular y el hueso subyacente o hueso subcondral.

A lo largo de la bibliografía encontramos autores que han estudiado la articulación pisi-piramidal. En 1951 aparecen publicados los primeros casos de osteoartritis pisi-piramidal descritos por Jenkins y Lecoock (Jenkins, 1951; Lecoock, 1951). En 1981, Laude lleva a cabo un estudio sobre la anatomía funcional del pisiforme (Laude, 1981). Poco después, García-Elías realiza un estudio exhaustivo sobre todo lo publicado en relación a las lesiones traumáticas del pisiforme (García-Elías, 1982). Más tarde Palmieri, en 1983, presenta seis casos de osteoartritis pisi-piramidal sobre un total de 33 pacientes con dolor en la región del pisiforme (Palmieri, 1983). En 1986, Johnston y Tonkin publican la serie más numerosa sobre esta patología con nueve casos (Johnston et al., 1986). Pevny, en 1995, publica un trabajo anatómico y funcional sobre la articulación del hueso pisiforme con el piramidal, sin embargo no aporta ningún dato sobre los cambios degenerativos en el citada articulación (Pevny, 1995). Yamaguchi en 1998 y Rayan en 2005 exponen sendos estudios anatómicos centrados en el aparato ligamentario y en el patrón de cambios degenerativos articulares (Yamaguchi et al., 1998; Rayan et al., 2005).

En los últimos 20 años el argumento ha ido tomando más interés, pero siempre desde el punto de vista clínico. Son pocos los estudios que han profundizado sobre la morfometría o sobre la funcionalidad de esta articulación.

El artículo más completo y reciente sobre la patología que afecta a la articulación pisi-piramidal está publicado en 2014 por Moraux. En dicho artículo los autores elencan toda una serie de trastornos y hallazgos poco reconocidos como causa de dolor ulnar carpal (Moraux et al., 2014).

La mayoría de los autores coinciden en que los cambios degenerativos articulares provienen de una inestabilidad articular provocada por desequilibrio de las inserciones que reciben pisiforme y piramidal.

La realización de estudios más funcionales que los efectuados hasta la fecha procede de la posibilidad de analizar "in situ" los componentes articulares, mediante tomografía computerizada y métodos de análisis de imagen, en sujetos vivos y modelos de experimentación.

Este estudio utiliza un valioso material proveniente de las donaciones que recibe el Departamento de Anatomía de la Universidad Miguel Hernández. Por otra parte, la técnica principal que se va a utilizar en el trabajo, debidamente perfeccionada, puede ser utilizada de rutina en servicios hospitalarios en sujetos ambulantes, lo cual implica un beneficio social inmediato a corto plazo para la población. Del mismo modo, los datos que se obtendrían en este estudio permitirían disponer de un material que, tratado estadísticamente de un modo adecuado, podrían ser utilizados como "plantilla base" de afecciones osteoartrósicas de las articulaciones de la muñeca.

1. HIPÓTESIS

La morfometría de la articulación pisi-piramidal, los cambios degenerativos de las superficies articulares y la densidad ósea subcondral deben estar interrelacionados.

2. OBJETIVOS

Los objetivos de la investigación son los siguientes:

1. Análisis morfométrico de las superficies articulares de los huesos pisiforme y piramidal.
2. Demostrar que superficies articulares congruentes en la articulación pisi-piramidal sufren menor grado de degeneración del cartílago articular que las no congruentes.
3. Estudio de los pliegues sinoviales de la articulación.
4. Estudio del patrón degenerativo de los cartílagos articulares de los huesos pisiforme y piramidal.
5. Estudio del patrón de densidad ósea subcondral de los huesos pisiforme y piramidal.
6. Relación entre el patrón degenerativo de las superficies articulares de los huesos pisiforme y piramidal con el patrón de densidades óseas del hueso subcondral del pisiforme y piramidal analizada mediante técnicas de imagen.
7. Análisis estadístico de correlación de las variables.
8. Corroborar la hipótesis de Radian (Radian et al.1979) en la que las zonas de elevada densidad ósea subcondral, con cambios mínimos de lesión cartilaginosa pueden reflejar un proceso incipiente de estrés que pudiera hacer progresar la lesión del cartílago.

III. Material y métodos



1. DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

La investigación se ha llevado a cabo en el Departamento de Histología y Anatomía de la Universidad Miguel Hernández sobre cadáveres humanos conservados en formol provenientes del laboratorio de disección de la Facultad de Medicina de la citada universidad y de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valencia.

Se estudiaron 25 especímenes de extremidad superior amputados a nivel de tercio proximal de antebrazo, a 20 cm de la interlínea articular de la muñeca. La edad media de la muestra es de 67 años, con un rango de 57 a 75 años. Se distribuyen en 15 (60%) varones y 10 (40%) mujeres, de los cuales 14 (56%) son manos derechas y 11 (44 %) izquierdas. Tabla 1.

Se aplicaron los siguientes criterios de exclusión: causa de la muerte relacionada con la enfermedad articular primaria, evidencia de malformaciones, lesiones inflamatorias, traumatismos o procedimientos quirúrgicos previos sobre la articulación de la muñeca estudiada.

Cada uno de los especímenes se conservó con la misma técnica, en formol diluido al 4%, con una duración de tiempo similar.

EDAD EN AÑOS		SEXO	n (%)	LADO	n (%)
Media	67 años	Hombres	15 (60%)	Derecho	14 (56%)
DS*	4,9	Mujeres	10 (40%)	Izquierdo	11 (44%)
Mediana	67				
Rango	57-75				

Tabla 1. Descripción de la muestra según las variables demográficas. * Desviación estándar

2. MÉTODO DE DISECCIÓN ANATÓMICA

Se procedió a la disección protocolizada e identificación de las estructuras que se insertan en el pisiforme y de la articulación pisi-piramidal. La disección de las muñecas fue realizada mediante el uso de lupas de aumento de 2,5, con mango de bisturí número 3, hoja del 15, pinzas de disección con dientes tipo Adson y tijeras de Metzemaum de 14 cm de punta roma. En cada uno de los especímenes se realizó una incisión de entre 8 y 10 cm de longitud, que sigue el borde ulnar del flexor ulnar del carpo, continua por el borde ulnar del pisiforme y a la altura de su polo

distal se medializa para terminar en la palma de la mano a nivel del cuarto espacio intermetacarpiano. La piel y el tejido celular subcutáneo del compartimento ulnar fueron rechazados. El pisiforme aparece completamente cubierto por estructuras de tejido blando: el tendón del flexor del cubital anterior, el abductor del quinto dedo, el retináculo extensor, el retináculo flexor, el ligamento pisi-uncinato, el ligamento pisi-metacarpiano y la cápsula articular pisi-piramidal. La inserción proximal del abductor del quinto dedo cubre la mayor parte del polo distal y medial del pisiforme. El ligamento pisi-uncinato aparece como un ligamento grueso, fuertemente anclado a la porción distal y lateral del pisiforme y se extiende hasta la porción distal y lateral del gancho del ganchoso. El ligamento pisi-metacarpiano aparece como una estructura más pequeña y más larga que el pisi-uncinato y con un aspecto más plano. Su origen en el polo distal del pisiforme es medial al origen del pisi-uncinato. Sus fibras orientadas de proximal a distal, se encuentran situadas profundas al abductor del quinto dedo y a lo largo del aspecto ulnar del gancho del ganchoso. El retináculo extensor se inserta en el borde medial de la parte más distal del tendón y en la más proximal del abductor del quinto dedo. Por debajo del retináculo extensor la cápsula pisi-piramidal aparece más gruesa y fuerte que en los lados proximal y distal con una estructura capsuloligamentosa diferente: el ligamento pisi-piramidal ulnar y pisi-piramidal radial en el lado radial.

El retináculo extensor y el flexor fueron disecados y desinsertados de hueso pisiforme. La arteria y el nervio ulnar fueron disecados y rechazados lateralmente. Las fibras del músculo abductor del quinto dedo que se originan en el pisiforme así como las fibras del tendón del flexor ulnar del carpo que se insertan en el pisiforme fueron identificadas y respetadas. También fueron identificados y dejados intactos los ligamentos pisi-metacarpiano y pisi-unciforme. Se seccionó por su parte media el ligamento pisi-piramidal ulnar que permitió la apertura de la articulación y la exposición de las superficies articulares.

3. ANÁLISIS MORFOLÓGICO DEL CARTÍLAGO ARTICULAR

Se procedió al estudio in situ de las superficies articulares de los huesos pisiforme y piramidal de forma que fueron examinados el diámetro transversal, el diámetro longitudinal, la forma, la existencia de pliegues sinoviales desarrollados en ambas superficies articulares y las lesiones del cartílago articular.

3.1. MEDICIÓN DE LOS DIÁMETROS

La medición de los diámetros transverso y longitudinal del cartílago articular de los huesos pisiforme y piramidal se realizó mediante un calibrador con una precisión de 0.1 mm.

3.2. CLASIFICACIÓN DE LA FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES

La forma de ambas superficies fue clasificada según su semejanza geométrica como: oval, redondeada, rectangular, ovoide, semilunar con borde radial convexo, semilunar con borde ulnar convexo, semilunar alargada con borde ulnar convexo, ovoide con borde radial convexo, rectangular con escotadura distal, rectangular con prolongación próximo-distal, triangular con base proximal, triangular con base distal, ovoide con escotadura próximo-ulnar, ovoide con escotadura próximo-ulnar y radial y rectangular con escotadura proximal y distal.

Esta variable en el estudio estadístico se recodificó en 3 categorías: redondeada, rectangular y otras, para cada una de las dos superficies articulares.

Finalmente las articulaciones se agruparon en dos bloques según la forma de las superficies articulares: concordante, superficies articulares pisiforme y piramidal que coinciden en la forma redondeada o rectangular, y no concordantes.

3.3. ESTUDIO DE LOS PLIEGUES SINOVIALES

Los pliegues sinoviales de ambas superficies fueron observados al microscopio óptico y ordenados según su existencia o no existencia y su localización en el borde proximal, borde distal, borde radial y borde ulnar.

3.4. CLASIFICACIÓN DE LAS LESIONES DEL CARTÍLAGO

Las lesiones de cartílago fueron clasificadas en cuatro grados de menor a mayor gravedad. El grado I, normal, tiene una lámina brillante e intacta que parece normal. El grado II, leve, existe una disrupción de la lámina brillante con mínima fibrilación en su superficie. En el grado III, moderado, aparecen fisuras en la capa profunda de la superficie articular. El grado IV, grave, consiste en la exposición del hueso subcondral.

4. CONFECCIÓN DE ESQUEMAS DE LA SUPERFICIE ARTICULAR

Se confeccionó un esquema estándar para todos los especímenes de las superficies articulares de los dos huesos donde se representó, a través de la observación al microscopio óptico (Zeiss-Ikon), un mapa de las lesiones del cartílago del pisiforme y del piramidal. A cada grado de lesión se le asignó un color. Para realizar las imágenes se utilizó el Corel Paint sobre el modelo dibujado previamente y a continuación se exportaron las imágenes al programa Adobe PhotoShop y de ahí se compusieron las figuras definitivas en el programa Aldus Pagemaker.

4.1. EVALUACIÓN DEL GRADO LESIONAL DEL CARTÍLAGO ARTICULAR

En los esquemas realizados a propósito, se representó el grado lesional de la superficie del cartílago articular. La representación gráfica comparativa se realizó para

mejor comprensión visual de los resultados y tanto en la visión de la articulación pisi-piramidal.

A cada uno de los cuatro grados de lesión se le asignó un color diferente, siendo el color más claro la lesión más leve, y el más oscuro la lesión más grave. De esta forma la correspondencia queda como sigue: lesión de grado I, color azul claro con pequeñas estrellas dispersas; lesión de grado II, color verde; lesión de grado III, color naranja y lesión de grado IV, color rojo. En los casos donde las lesiones de grado I y II se superponen, las zona aparece verde (grado II) con pequeñas estrellas dispersas (grado I). Figura 20. El resto de lesiones solapadas correspondieron a los límites entre las zonas lesionadas y fueron considerados según el área mayor de lesión.

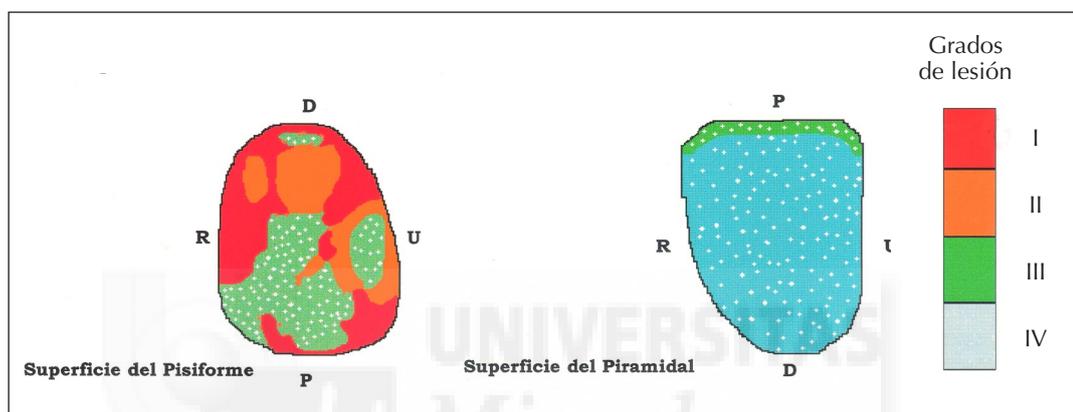


Figura 20. Esquema representativo de los grados de lesión de las superficies articulares de pisiforme y piramidal. D: distal. P: proximal. R: radial. U: ulnar.

5. ANÁLISIS DE IMAGEN DE LA REGION SUBCONDRA DE LOS HUESOS PISIFORME Y PIRAMIDAL

5.1. REALIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE TOMOGRAFÍA COMPUTERIZADA (TC)

El estudio TC se realizó con aparato Phillips de cuarta generación Tomoscan CX/s, realizando en cada una de las muñecas seleccionadas, de seis a ocho secciones en el plano transversal siguiendo la dirección de proximal a distal con las siguientes características técnicas:

- secciones de 2 mm de espesor.
- 120 kilovoltios (KV) y 220 miliamperios (mA).
- Tiempo de barrido: 6 segundos.
- Ventana de hueso: (W) 2000 y contraste 400.
- Ancho de ventana: + 700.
- Desplazamiento: 1 mm.

El revelado se hizo de manera automática con similares condiciones técnicas.

Tras la obtención de todos los estudios TC, clasificamos con ayuda de la escala de unidades Hounsfiel (UH) de la consola CPU (unidad central del ordenador) del

Tomoscan, cinco rangos de nivel de densidad relativa en cada sección de los TC. Estos niveles son los siguientes:

- + Nivel 0 : < 300 UH
- + Nivel 1 : 300-499 UH
- + Nivel 2 : 500-699 UH
- + Nivel 3 : 700-800 UH
- + Nivel 4 : >800 UH

Las imágenes TC fueron tratadas en el software del aparato con una ventana no lineal de 5 niveles, que da isozonas. Mediante el ROI (área de mm², número de píxeles: 200), se calcularon los valores medios UH de las diferentes isozonas, definidas por la reunión de los puntos de igual o similar densidad óptica. De esta manera se obtuvieron distribuciones de distinta densidad en cada región de cada muñeca. Finalmente las isozonas se convirtieron y retocaron en un programa de retoque fotográfico (Adobe PhotoShop).

La densidad ósea relativa sólo pudo ser valorada en el plano transversal en los cortes proporcionados por el TC y se midió en tres áreas: radial, ulnar y central.

Esta variable en el estudio estadístico se recodificó en 3 categorías: mínimo, que corresponde al nivel 0 y 1, intermedio, corresponde al nivel 2, y máximo, que corresponde al nivel 3 y 4.

5.2. TRATAMIENTO INFORMÁTICO DE LAS IMÁGENES TC

A continuación cada una de las imágenes TC fue digitalizada mediante un escáner automático (Scanjet 6100c) con una resolución óptica de 600 píxeles por pulgada (600 pp.).

El proceso de digitalización puede definirse como el proceso de gradación de imágenes en el cual los cambios de energía luminosa se miden y se graban en forma de secuencia de números binarios, a ésta imagen se la denomina bitmap o imagen en mapa de bits, y puede ser convertida en nuestro caso en un fichero de extensión TIF. Para el proceso de digitalización se aplicó un programa informático comercial convencional (Deskcan) ajustado a la CPU al que va acoplado el escáner que permitía una resolución de 512 x 512 píxeles en 28 niveles de grises.

Tras digitalizar cada sección TC, usando el programa Deskcan, se realizaron a continuación y sucesivamente las operaciones de: 1) ecualización, 2) corrección del tono, 3) positización, 4) posterización y 5) tratamiento óptico-informático de las secciones mediante las cuales hacemos perceptibles a la sensibilidad óptica del globo ocular humano, detalles que a pesar de estar en la imagen TC no podían ser percibidos.

5.2.1. Ecualización

La ecualización mejora el contraste de la imagen distribuyendo de la manera más uniforme posible, la frecuencia de los valores de gris para que los cambios sutiles en la intensidad de la imagen sean más notables.

5.2.2. Corrección del tono

La corrección del tono consiste en una modificación de la tabla de asignación interna del ordenador, que se realiza para tratar la oscuridad de las imágenes originales TC.

5.2.3. Positivización

El tercer proceso es la positivización de la imagen, para lo cual se invierten los valores de la escala de grises de la imagen TC, la cual se considera que es el negativo fotográfico.

5.2.4. Posterización

A continuación se realiza la cuantificación, reducción de niveles o posterización, proceso mediante el cual se reduce a un determinado valor el número de niveles de gris de una imagen, con ello asignamos nuevos rangos (intervalos de niveles de gris) a la imagen haciéndola apta para el estudio al aumentar el contraste entre un rango y otro. Hemos posterizado todas las imágenes a seis niveles, obteniendo un diagrama en escalera en el que cada uno de los ocho rangos integra 32 niveles de gris con la misma intensidad. La imagen final fue tratada mediante un programa de representación gráfica que permitía seleccionar automáticamente las áreas de la imagen con un rango determinado de valores de gris. Decidimos seleccionar los tres niveles más oscuros, correspondientes al hueso de mayor densidad, convirtiéndolos en negro y desechando el resto de niveles; como cada nivel abarca 32 grises, habremos seleccionado $32 \times 3 = 96$ niveles más oscuros de la placa TC inicial. De la representación así obtenida de la muñeca y carpo, se seleccionó la zona que contiene el hueso subcondral, que para mayor seguridad consideramos en un espacio de 4 mm desde la superficie a la profundidad del hueso.

5.2.5. Tratamiento óptico informático

En cada uno de los casos se representó gráficamente en secciones numeradas correlativamente y en visión del plano transversal de la muñeca, obteniendo así la representación del patrón de densidad del hueso subcondral de la muñeca humana en el plano transversal.

5.3. ANÁLISIS DE IMAGEN DEL HUESO SUBCONDAL

Ese apartado lo subdividimos en dos subapartados:

- a) obtención de la densidad ósea subcondral relativa y
- b) análisis de la densidad ósea relativa

5.3.1. Obtención de la densidad ósea subcondral relativa

Para obtenerla se ha utilizado un método indirecto, basado en las propiedades ópticas de la imagen. En el primer caso analizado, se midieron con la función UH de la

consola del apartado TC las unidades UH relativas de densidad ósea. Estas unidades se midieron en 20 puntos de la zona superficial y profunda del hueso subcondral. De aquí se hizo un mapa de unidades UH que representaba los valores de densidad en UH, creándose isozonas de la misma o similares densidades. Estas isozonas concordaban con la apariencia de un falso color o gris dado por un programa elaborado en *Matlab* con el cual se pueden visualizar las densidades ópticas de la imagen. Dado que hay una concordancia entre las unidades UH y sus isozonas y la densidad óptica de las imágenes, seguimos por este último camino, por razones prácticas y de viabilidad, ya que la consola del TC no estaba siempre disponible, y el otro método se podía efectuar en el laboratorio.

5.3.2. Análisis de la densidad óptica basado en la densidad ósea relativa

Para este efecto utilizamos el programa Scion Image que se utiliza para capturar, mostrar, analizar, mejorar, realizar mediciones y anotar imágenes digitales. Seleccionamos el área que comprende la articulación del pisiforme con el piramidal en toda su extensión y procedimos a su análisis mediante dos funciones:

1) *Plot profile*. Efectúa un plot de toda la superficie seleccionada y lo representa como un histograma de intensidades ópticas, en este caso de los niveles de gris en los que habíamos convertido la imagen TC original. Las imágenes obtenidas las seleccionamos y la exportamos al programa Microsoft Word para agrupar las imágenes en figuras.

2) *Surface plot*. Es una función que representa en un histograma de intensidades 3D, los valores de intensidad contenidos en un área rectangular seleccionada previamente. En nuestro caso se seleccionó un rectángulo que abarcaba la zona subcondral de los huesos pisiforme y piramidal.

La imagen del histograma obtenido, se selecciona, se copia la selección y se exporta a Microsoft Word. Se analizaron entre 5 y 8 imágenes por caso de la parte correspondiente a la articulación pisi-piramidal que pudo ser valorada en el plano transversal en los cortes proporcionados por el TC. Se midieron tres áreas: radial, ulnar y central, con esto sólo quedó sin analizar el polo proximal y distal del pisiforme y la cara proximal y distal del piramidal, en los que con alguna excepción hemos visto aumento anómalo de densidad óptica. Figura 21.

6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todos los datos fueron recogidos en una base de datos de Excel y se realizaron los análisis con el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). De las seis variables estudiadas, tres de ellas (el diámetro, la forma y la densidad ósea subcondral) se recodificaron para mayor potencia estadística del siguiente modo:

- La variable continua “diámetro longitudinal” se recodificó en 2 categorías: mayor de 8 mm y menor o igual de 8 mm.

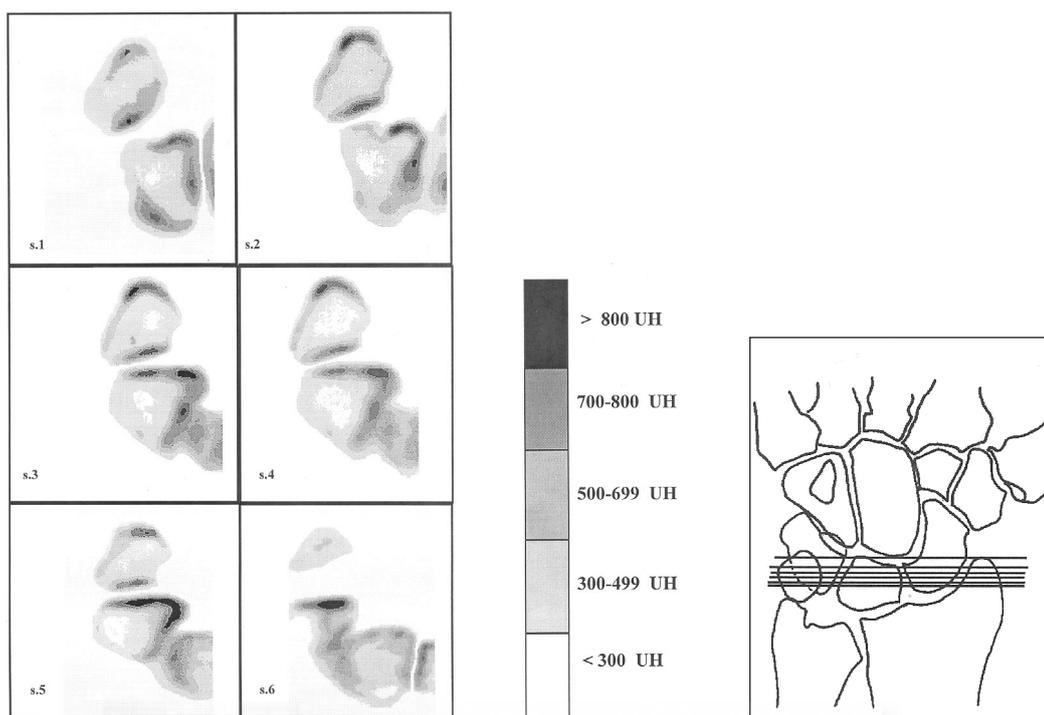


Figura 21. Representación esquemática de la densidad ósea relativa de la articulación pisi-piramidal. UH: unidades Hounsfield, D: distal, P: proximal, R: radial, U: ulnar.

- La variable continua “diámetro transversal” se recodificó en 2 categorías: mayor de 10 mm y menor o igual de 10 mm.
- La variable “forma de la superficie articular”, que en el estudio morfológico de las superficies articulares del pisiforme y del piramidal se diferenciaron 14 formas diferentes, se recodificó en 3 categorías: redonda, rectangular y otras para cada superficie articular.
- La variable “densidad ósea subcondral” se recodificó en 3 categorías: mínimo, que corresponde al nivel 0 y 1, intermedio, corresponde al nivel 2, y máximo, que corresponde al nivel 3 y 4.

Para el estudio de la concordancia de las formas de las superficies articulares de ambos huesos se practicó una descripción, con frecuencia y porcentaje, de los grados de lesión de los bordes proximal, distal, radial y ulnar y de la zona central. Para ver si existen diferencias estadísticamente significativas, en cada grado de lesión de cada borde, entre los huesos concordantes o no concordantes se realizó un contraste de proporciones.

Teniendo todas las variables categóricas, se realizó una descripción basada en frecuencias y porcentajes de todas las variables dos a dos y se calculó la relación entre ellas, también dos a dos mediante el contraste de la Chi cuadrado (χ^2). En los casos donde las frecuencias de alguna de las categorías fuesen inferiores a 5 se usó la prueba exacta de Fisher. Se asumió el nivel de significación en $p < 0,05$.

IV. Resultados



1. MEDICIONES MACROSCÓPICAS

Se realizaron las siguientes mediciones de carácter macroscópico y con el sistema de medida anteriormente descrito.

1.1. MEDIDAS DE LA SUPERFICIE ARTICULAR DEL PISIFORME

Hemos obtenido un valor de la media aritmética de 8,16 mm para el diámetro transversal con una desviación típica de 1,35 mm y un error típico de 0,27 mm con un rango entre 6 y 11 mm. En el caso del diámetro longitudinal la media es de 9,88 mm con una desviación típica de 1,45 mm y un error típico de 0,29 mm. El rango de medidas oscila entre 8 y 13 mm.

1.2. MEDIDAS DE LA SUPERFICIE ARTICULAR DEL PIRAMIDAL

En el caso del piramidal obtuvimos un valor de la media aritmética de 8,24 mm para el diámetro transversal con una desviación típica de 1,24 mm y error típico 0,25 mm, con un rango de medidas entre 7 y 11 mm. En el caso del diámetro longitudinal tenemos un valor de la media aritmética de 10,16 mm con una desviación típica de 1,35 mm y un error típico de 0,27 mm estando el rango de medidas entre 8 y 12 mm. Tabla 2.

Tabla 2. Diámetro transversal medio y longitudinal medio de las superficies articulares de los huesos pisiforme y piramidal.

	Pisiforme					Piramidal				
	Media	ds*	Máximo	Mediana	Mínimo	Media	ds	Máximo	Mediana	Mínimo
Diámetro transversal (mm)	8,2	1,4	11,0	8,0	6,0	8,2	1,3	11,0	8,0	7,0
Diámetro longitudinal (mm)	9,9	1,5	13,0	10,0	8,0	10,2	1,4	12,0	10,0	8,0

* desviación estándar

2. FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES

2.1. FORMA DEL CARTÍLAGO DEL PISIFORME

En la superficie del cartílago articular del pisiforme la forma redondeada se observa en 14 de las muñecas (56%). La forma rectangular aparece en 5 (20%) de las muñecas. Seis de los casos (24%) presentan una forma ni redondeada ni rectangular. Figura 22.

2.2. FORMA DEL CARTÍLAGO DEL PIRAMIDAL

En la superficie del cartílago articular del piramidal la forma redondeada está presente en 11 (44%) de las muñecas. La forma rectangular aparece en 3 (12%) de los casos. El resto de los especímenes, 11 (44%) casos, muestran una forma ni redondeada ni rectangular.

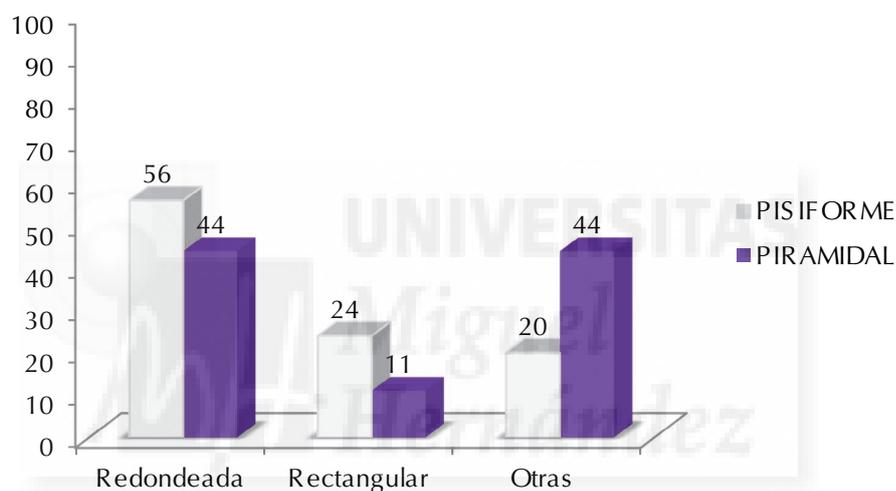


Figura 22. Porcentaje medio de los distintas formas de la superficie articular del pisiforme y del piramidal.

2.3. CONCORDANCIA DE PAREJAS RESPECTO A LA FORMA ARTICULAR

En nuestra serie de 25 muñecas estudiadas sólo hemos encontrado 9 (36%) especímenes cuyas superficies articulares son coincidentes en su forma. De estas parejas concordantes 8 (32%) corresponden a la forma redondeada y una a la forma rectangular (4%).

3. PLIEGUES SINOVIALES

Se consideraron a estudio los cuatro bordes articulares (proximal, distal, radial y ulnar) de cada superficie articular de la cavidad pisi-piramidal. Las 25 muñecas estudiadas llevan a un total de 100 bordes por superficie articular.

En todos los especímenes se observa la presencia de pliegues sinoviales interpuestos entre alguno de los bordes de los dos cartílagos. Aparecen con más frecuencia

sobre el piramidal, 57 (57%) de los 100 bordes, que sobre el pisiforme, 49 (49%) de los 100 bordes.

3.1. SUPERFICIE ARTICULAR DEL PISIFORME

De los 49 bordes con presencia positiva de pliegues sinoviales, la localización más frecuente es sobre el borde ulnar, donde aparecen en 28,6% (14 de los 49 bordes positivos) de las muñecas. En el 26,5% de los especímenes se hallan en el borde radial, en 24.5% en el borde distal y, por último, en 20.4% de los casos aparecen pliegues sinoviales en el borde proximal. Tabla 3.

3.2. SUPERFICIE ARTICULAR DEL PIRAMIDAL

Sobre el cartílago del piramidal se encontraron pliegues sinoviales de forma más constante en su borde proximal 29,8% (17 de los 57 bordes positivos). En el 28,1% de los casos su localización es en el borde radial, en 22,8% en el borde distal, mientras que en el borde ulnar se localizan pliegues sinoviales en el 19,3% de los especímenes. Tabla 3.

Tabla 3. Distribución de los pliegues sinoviales en los bordes articulares de los cartílagos del pisiforme y del piramidal

PLIEGUES SINOVALES	PROXIMAL n (%)	DISTAL n (%)	RADIAL n (%)	ULNAR n (%)
PISIFORME	10 (20%)	12 (24%)	13 (26%)	14 (29%)
PIRAMIDAL	17 (30%)	13 (23%)	16 (28%)	11 (19%)

3.3 CONCORDANCIA DE LOS PLIEGUES SINOVALES SOBRE AMBOS CARTÍLAGOS

Destaca la presencia, en un 40% de los casos, de pliegues sinoviales que coinciden sobre el borde radial de los cartílagos de ambos huesos. Sólo en 3 casos se observó una de las superficies articulares libre de pliegues sinoviales (todos eran cartílagos del pisiforme). En ningún espécimen se encontró la presencia de dichos pliegues en los cuatro bordes de las dos superficies articulares. Tabla 4.

Tabla 4. Distribución de los pliegues sinoviales que tienen concordancia sobre los bordes articulares de los cartílagos del pisiforme y del piramidal

PLIEGUES SINOVALES	PROXIMAL n (%)	DISTAL n (%)	RADIAL n (%)	ULNAR n (%)
	7 (28%)	8 (32%)	10 (40%)	8 (32%)

4. LESIONES DE LA SUPERFICIE DEL CARTÍLAGO

4.1. SUPERFICIE ARTICULAR DEL HUESO PISIFORME

Las mediciones de las lesiones de la superficie articular del pisiforme dieron los siguientes resultados. Figura 23.

4.1.1. Borde proximal de la superficie articular

En el borde proximal del cartílago del pisiforme se observaron fundamentalmente los grados de lesión más evolucionados, grado III (48%) y grado IV (32%). Las lesiones de grado II (12%) y grado I (8%) ocupan una proporción menos relevante en el borde proximal.

4.1.2. Borde distal de la superficie articular

El cartílago del pisiforme en su borde distal, manifiesta con mayor frecuencia cambios degenerativos graves, con lesiones de grado III (40%) y grado IV (32%). Las lesiones de grado II (12%) y de grado I (8%) son menos frecuentes.

4.1.3. Borde radial de la superficie articular

Se aprecia una marcada superioridad de las lesiones de grado II (40%) en el borde radial del cartílago del hueso pisiforme con importante presencia de lesiones de grado IV (32%). Menos considerable es la presencia de lesiones de grado III (20%) y de grado I (8%).

4.1.4. Borde ulnar de la superficie articular

En la zona ulnar de la superficie articular del pisiforme predominan las lesiones de grado III (56%) sobre el resto de las lesiones grado II (28%) de grado IV (8%), y grado I (8%).

4.1.5. Zona central de la superficie articular

En esta zona del cartílago del hueso pisiforme se observa un notable predominio del grado de lesión II (80%) sobre el resto de los grados y, por lo tanto, la zona central no muestra una progresión llamativa hacia las lesiones de grado III (4%) y IV (8%).
Figura 23.

4.2. SUPERFICIE ARTICULAR DEL HUESO PIRAMIDAL

Las mediciones de las lesiones de la superficie articular del pisiforme dieron los siguientes resultados. Figura 24.

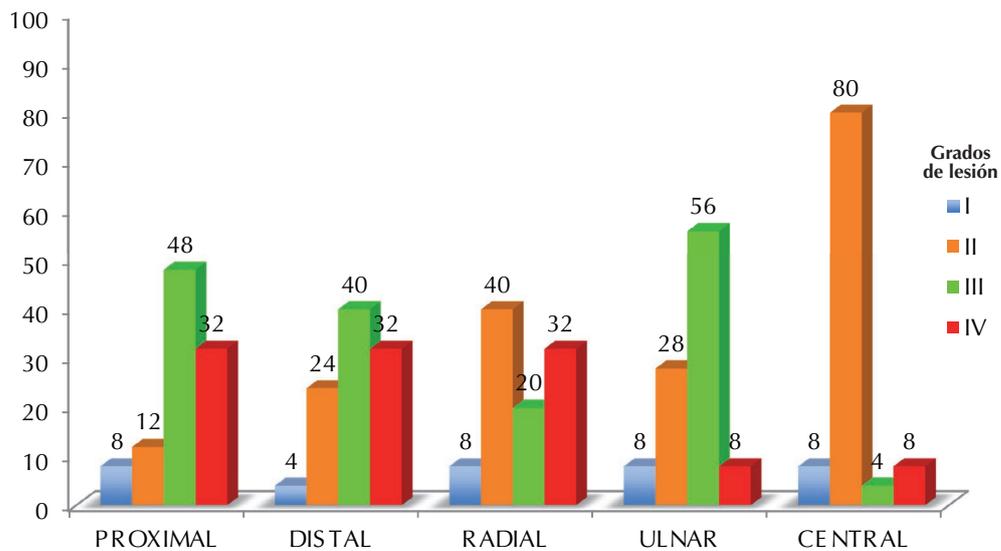


Figura 23. Porcentaje medio de los grados de lesión cartilaginosa del pisiforme.

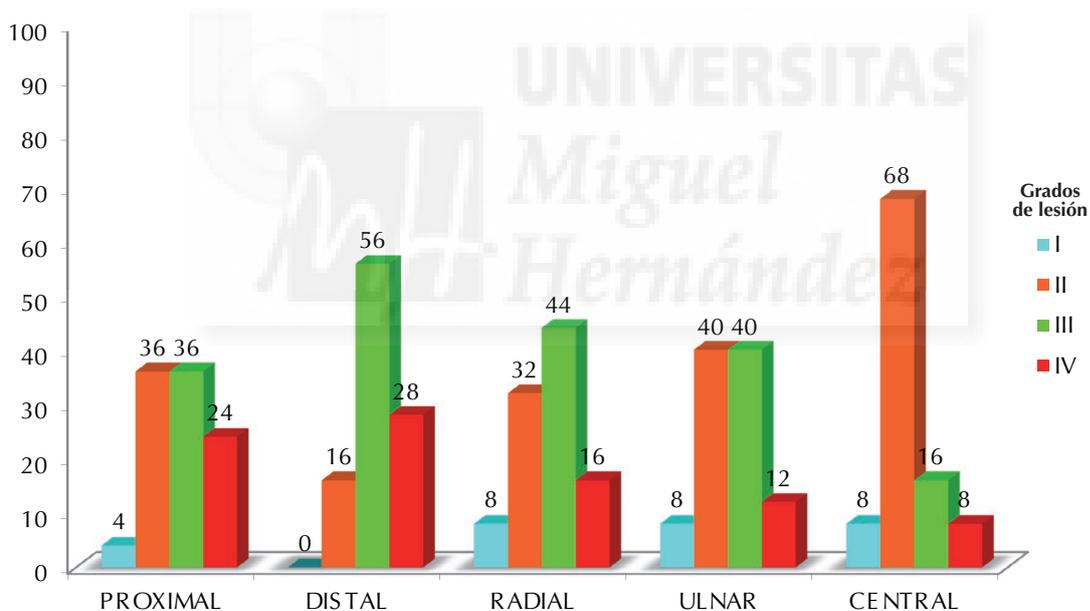


Figura 24. Porcentaje medio de los grados de lesión cartilaginosa del piramidal.

4.2.1. Borde proximal de la superficie articular

En el borde proximal del cartílago del piramidal existe una distribución similar de las lesiones de grado III y II (36%), seguido de una presencia considerable de las lesiones de grado IV (24%) y una presencia escasa de lesiones de grado I (4%).

4.2.2. Borde distal de la superficie articular

En el cartílago del piramidal también se observan con más frecuencia cambios degenerativos graves con un predominio de las lesiones de grado III (56%) sobre el grado IV (28%) y el grado II (16 %). La no existencia de lesiones de grado I (0%) es significativa.

4.2.3. Borde radial de la superficie articular

En el borde radial del cartílago del hueso piramidal, las lesiones de grado III (44%) y de grado II (32%) son las más constantes. Las lesiones de grado IV (16%) y de grado I (8%) muestran una menor presencia.

4.2.4. Borde ulnar de la superficie articular

En el borde ulnar del cartílago del piramidal, se aprecia una clara superioridad de las lesiones de grado III y II (40%), sobre el grado IV (12%) y grado I (8%).

4.2.5. Zona central de la superficie articular

En el cartílago piramidal la zona central, al igual que en el pisiforme, es la que muestra un mayor grado de lesión II (68%), seguido por el grado III (16%) y, por último, por las lesiones de grado IV (8%) y I (8%).

4.3. CONCORDANCIA DE LAS ZONAS LESIONADAS DE AMBOS CARTÍLAGOS

Sobre la concordancia de las áreas lesionadas entre el *os pisiformis* y el *os triquetrum*, encontramos un 46,4% (58 de las 125 parejas de bordes y zonas articulares) de concordancia frente al 53,6% (67 de las parejas) de lesiones que no fueron coincidentes.

La zona central fue la más coincidente en el grado de lesión. Los bordes radial y ulnar también fueron coincidentes en más de la mitad de los casos (52% cada borde). Tabla 5.

Tabla 5. Distribución de los grados de lesión que tienen concordancia sobre las superficies articulares del pisiforme y del piramidal

PROXIMAL n (%)	DISTAL n (%)	RADIAL n (%)	ULNAR n (%)	CENTRAL n (%)
11 (21%)	13 (52%)	9 (36%)	13 (52%)	21 (84%)

4.4. PORCENTAJE MEDIO DE LOS GRADOS DE LESIÓN EN PISIFORME Y PIRAMIDAL

Los especímenes estudiados presentaron en ambos cartílagos cambios degenerativos predominantes de grados II y III. El grado IV tuvo también una presencia importante en ambos cartílagos (22,4% en pisiforme y 17,6% en piramidal). Por último, tanto en pisiforme como en el piramidal, la lesión menos frecuente fue la de menor gravedad (7,2% y 5,6% respectivamente). Figura 25.

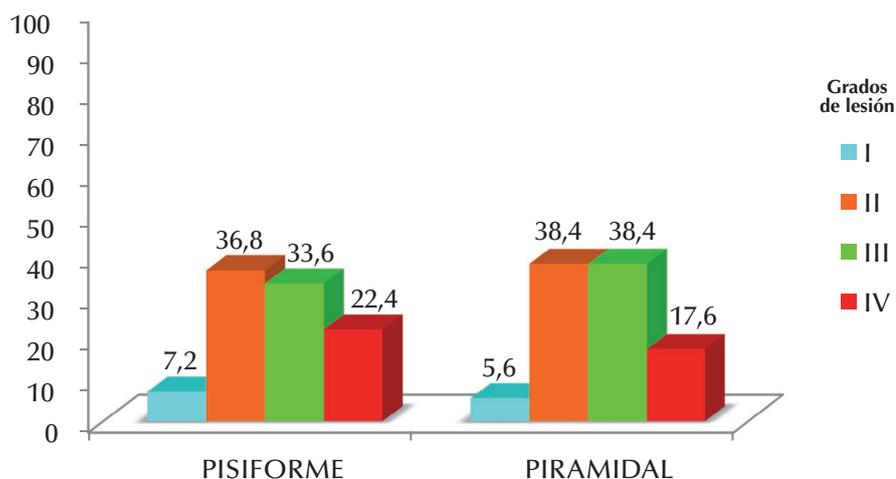


Figura 25. Porcentaje medio de los grados de lesión cartilaginosa en pisiforme y piramidal.

NOTA. Los porcentajes se calcularon con el valor de la suma de las lesiones de cada grado (por ejemplo: la suma del grado I de lesión del pisiforme en todas las cinco zonas fue igual a 9) si el valor total es 125 (125 = 25 superficies por 5 zonas cada superficie).

5. NIVELES DE DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRA (DOS)

5.1. DISTRIBUCIÓN DE LA DOS DEL PISIFORME POR ZONAS

Las mediciones de los niveles de densidad ósea subcondral en el pisiforme dieron los siguientes resultados. Figura 26.

5.1.1. Zona radial subcondral del pisiforme

En la mayoría de los casos observamos en la zona radial subcondral del hueso pisiforme un claro predominio de los niveles máximo (52%) e intermedio (44%) de densidad ósea subcondral. En esta zona, la menor densidad ósea sólo se halló en el 4% de los casos, que se corresponde con el espécimen número 15.

5.1.2. Zona ulnar subcondral del pisiforme

Al contrario de lo que ocurre en la zona radial, los valores más frecuentes de densidad ósea subcondral en la zona ulnar del pisiforme corresponden a valores de densidad mínima en el 52% de los casos, seguido por valores intermedios en el 40%. La máxima densidad ósea sólo se halló en el 8% de los casos, en concreto en los especímenes número 6 y 18.

5.1.3. Zona central subcondral del pisiforme

La máxima densidad ósea se observa en el 68% de los casos. En el 32% restante se hallaron valores intermedios de densidad subcondral. No se encontró ningún espécimen con valores mínimos de densidad ósea subcondral en la zona central del pisiforme. Figura 26.

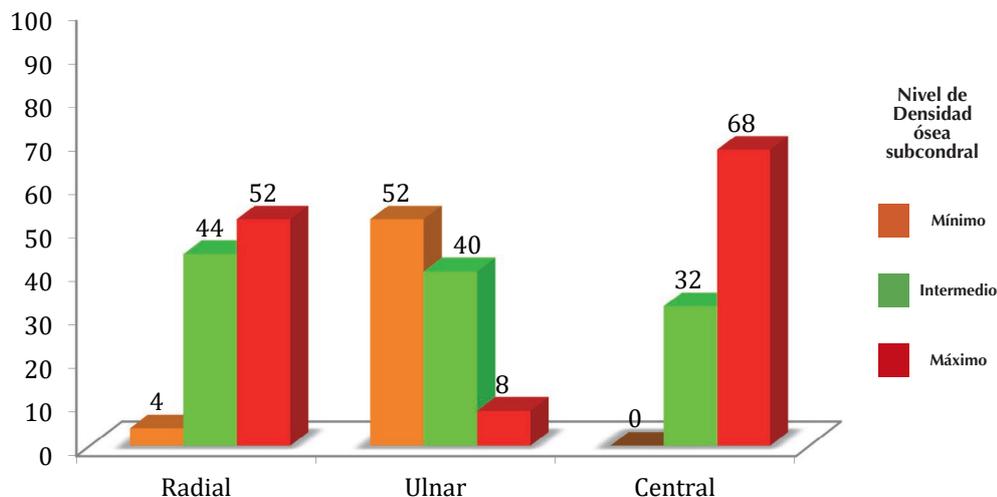


Figura 26. Porcentaje medio de la densidad ósea subcondral en las zonas radial, ulnar y central del pisiforme.

5.2. DISTRIBUCIÓN DE LA DOS DEL PIRAMIDAL POR ZONAS

Las mediciones de los niveles de densidad ósea subcondral en el piramidal dieron los siguientes resultados. Figura 27.

5.2.1. Zona radial subcondral del piramidal

En la zona radial del hueso subcondral piramidal destaca de forma dominante la aparición del nivel máximo de densidad ósea (68%), signo de mayor sobrecarga del hueso. En menor medida, los niveles intermedios de densidad ósea alcanzan el 32% de los casos. No se encontraron niveles mínimos de densidad ósea subcondral en ninguno de los especímenes.

5.2.2. Zona ulnar subcondral del piramidal

La distribución de la densidad subcondral en la zona ulnar del piramidal es muy similar a la del pisiforme. En el 48% de los casos encontramos valores de mínima densidad ósea, seguido por valores intermedios en el 44%. La máxima densidad ósea volvió a encontrarse en los mismos casos que en el pisiforme, es decir, en los especímenes 6 y 18.

5.2.3. Zona central subcondral del piramidal

Como en el pisiforme, en esta zona domina la máxima densidad ósea (88%), seguida por los valores intermedios (12%). Tampoco se encontró ningún caso con valores mínimos de densidad ósea subcondral. Figura 27.

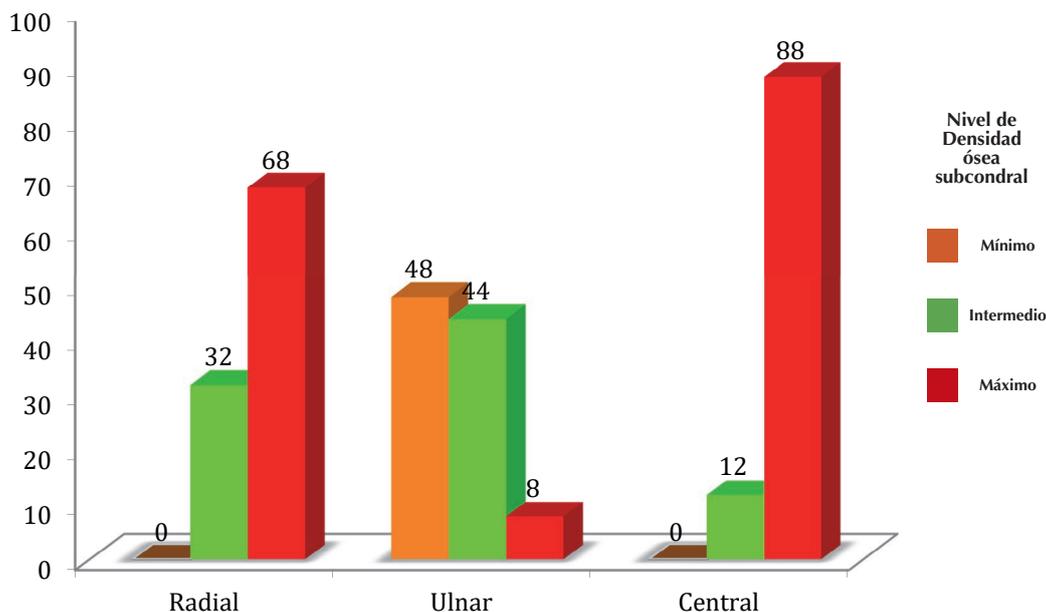


Figura 27. Porcentaje medio de la densidad ósea subcondral en las zonas radial, ulnar y central del piramidal.

5.3. CONCORDANCIA DE LOS NIVELES DE DENSIDAD DE AMBOS HUESOS

Destaca el porcentaje alto de concordancia en todas las áreas estudiadas, en particular la zona ulnar con casi un cien por cien de similitud en los niveles de densidad ósea relativa. Tabla 6.

Tabla 6. Distribución de los niveles de densidad ósea subcondral que tienen concordancia sobre el pisiforme y el piramidal

RADIAL n (%)	ULNAR n (%)	CENTRAL n (%)
18 (72%)	24 (96%)	19 (76%)

5.4. PORCENTAJE MEDIO DE LA DENSIDAD ÓSEA SUBCONDAL EN AMBOS HUESOS

Se aprecia, por una parte, que la densidad ósea relativa tiene valores porcentuales muy parecidos entre un hueso y el otro, y por otro lado, los datos relativos al nivel máximo de densidad ósea subcondral en ambos huesos alcanzan porcentajes cercanos al 50%. Figura 28.

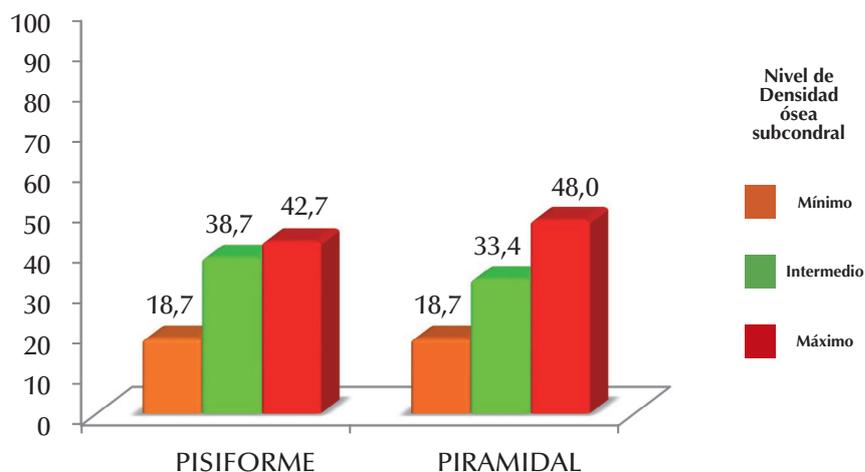


Figura 28. Comparación de los porcentajes medios de los niveles de densidad ósea subcondral en pisiforme y piramidal.

6. RESULTADOS ESTADÍSTICOS

6.1. DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN DEL SEXO DE LOS ESPECÍMENES CON LOS DIÁMETROS TRANSVERSO Y LONGITUDINAL DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES

No se encontraron relaciones estadísticamente significativas Tabla 7.

Tabla 7. Distribución y correlación del sexo de los especímenes con los diámetros transversos y longitudinales de las superficies articulares del pisiforme y del piramidal.

SEXO	PISIFORME						PIRAMIDAL									
	Diámetro transversal		Diámetro longitudinal				Diámetro transversal		Diámetro longitudinal							
	≤ 8 mm	> 8 mm	≤ 10 mm	> 10 mm	≤ 10 mm	> 10 mm	≤ 8 mm	> 8 mm	≤ 10 mm	> 10 mm						
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%				
Total	18		7		17		8		15		10		14		11	
Mujer	7	38,9	3	42,9	7	41,2	3	37,5	4	26,7	6	60,0	6	42,9	4	36,4
Hombre	11	61,1	4	57,1	10	58,8	5	62,5	11	73,3	4	40,0	8	57,1	7	63,6
p – valor*			0,8				0,8				0,9				0,7	

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

6.2. DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE EL SEXO DE LOS ESPECÍMENES CON LA FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES

No se encontraron relaciones estadísticamente significativas. Tabla 8.

Tabla 8. Distribución y correlación entre el sexo de los especímenes con la forma de las superficies articulares del pisiforme y del piramidal.

SEXO	PISIFORME						PIRAMIDAL					
	Redondeada		Rectangular		Otras		Redondeada		Rectangular		Otras	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	17		3		5		8		5		12	
Mujer	6	35,3	1	33,3	3	60,0	3	37,5	3	60,0	4	33,3
Hombre	11	64,7	2	66,7	2	40,0	5	62,5	2	40,0	8	66,7
p – valor*				0,4						0,6		

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

6.3. DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA EXISTENCIA DE PLEGUES SINOVIALES CON EL SEXO

El hueso pisiforme también muestra relación estadísticamente significativa entre la presencia de pliegues sinoviales en los bordes articulares y el sexo ($p = 0,048$) de manera que el 80,0% de los pisiforme de sexo femenino desarrollaron pliegues sinoviales en el borde ulnar del pisiforme.

En el hueso piramidal se muestra relación estadísticamente significativa entre la presencia de pliegues sinoviales en los bordes articulares y el sexo ($p = 0,04$) de manera que el 80,0% de los piramidales de sexo masculino desarrollaron pliegues sinoviales en el borde radial del piramidal. Tabla 9.

Tabla 9. Distribución y correlación entre la existencia de pliegues sinoviales en los bordes articulares de los cartílagos del pisiforme y del piramidal con el sexo de los especímenes.

PLIEGUES SINOVIALES	PISIFORME				PIRAMIDAL			
	Mujer		Hombre		Mujer		Hombre	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	10		15		10		15	
Borde proximal								
No	7	70,0	8	53,3	3	30,0	5	33,3
Si	3	30,0	7	46,7	7	70,0	10	66,7
p – valor*			0,4			0,8		
Borde distal								
No	4	40,0	9	60,0	6	60,0	7	46,7
Si	6	60,0	6	40,0	4	40,0	8	53,3
p – valor*			0,3			0,5		
Borde radial								
No	5	50,0	7	46,7	6	60,0	3	20,0
Si	5	50,0	8	53,3	4	40,0	12	80,0
p – valor*			0,8			0,04		
Borde ulnar								
No	2	20,0	9	60,0	4	40,0	10	66,7
Si	8	80,0	6	40,0	6	60,0	5	33,3
p – valor*			0,048			0,2		

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

6.4. DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA EXISTENCIA DE PLIEGUES SINOVIALES CON LA FORMA DE LA SUPERFICIE ARTICULAR

No se encontraron relaciones estadísticamente significativas. Tabla 10.

Tabla 10. Distribución y correlación entre la existencia de pliegues sinoviales con la forma de la superficie articular del pisiforme y del piramidal.

PLIEGUES SINOVIALES	PIIFORME						PIRAMIDAL					
	Redondeada		Rectangular		Otras		Redondeada		Rectangular		Otras	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	17		3		5		8		5		12	
Borde proximal												
No	11	64,7	1	33,3	3	60,0	2	25,0	2	40,0	4	33,3
Si	6	35,3	2	66,7	2	40,0	6	75,0	3	60,0	8	66,7
p – valor*				0,6						0,8		
Borde Distal												
No	9	52,9	2	66,7	2	40,0	6	75,0	2	40,0	5	41,7
Si	8	47,1	1	33,3	3	60,0	2	25,0	3	60,0	7	58,3
p – valor*				0,7						0,2		
Borde Radial												
No	7	41,2	2	66,7	3	60,0	2	25,0	1	20,0	6	50,0
Si	10	58,8	1	33,3	2	40,0	6	75,0	4	80,0	6	50,0
p – valor*				0,6						0,4		
Borde Ulnar												
No	9	52,9	1	33,3	1	20,0	6	75,0	3	60,0	5	41,7
Si	8	47,1	2	66,7	4	80,0	2	25,0	2	40,0	7	58,3
p – valor*				0,4						0,3		

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

6.5. DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN DE LA FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES CON LOS DIÁMETROS TRANSVERSO Y LONGITUDINAL DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES

No se encontraron relaciones estadísticamente significativas. Tabla 11.

Tabla 11. Distribución y correlación de la forma de las superficies articulares con los diámetros transversos y longitudinales de las superficies articulares del pisiforme y del piramidal.

FORMA DE LA SUPERFICIE ARTICULAR	PISIFORME								PIRAMIDAL							
	Diámetro transversal				Diámetro longitudinal				Diámetro transversal				Diámetro longitudinal			
	≤ 8 mm		> 8 mm		≤ 10 mm		>10 mm		≤ 8 mm		> 8 mm		≤ 10 mm		>10 mm	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	18		7		17		8		15		10		14		11	
Redondeada																
Rectangular	12	66,7	5	71,4	12	70,6	5	62,5	5	33,3	3	30,0	5	35,7	3	27,3
Otras	2	11,1	1	14,3	2	11,8	1	12,5	2	13,3	3	30,0	2	14,3	3	27,3
p – valor*	4	22,2	1	14,3	3	17,6	2	25,0	8	53,3	4	40,0	7	50,0	5	45,5
			0,9				0,9				0,6				0,7	

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

6.6. DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE LESIÓN DE CARTÍLAGO DE PISIFORME Y PIRAMIDAL CON FORMA NO CONCORDANTE Y CONCORDANTE

Existen diferencias entre todas las zonas analizadas de las superficies articulares y la concordancia de las formas, de manera que los especímenes no concordantes presentan lesión de cartílago en mayor número y, en general, con mayor gravedad que los especímenes con forma concordante. Llama la atención que el porcentaje de lesiones de grado II en el borde ulnar en formas no concordantes es más del doble que en formas concordantes (un 70,6% frente al 29,4%) ($p = 0,02$). De igual modo ocurre con las lesiones de grado III en el borde distal, el porcentaje de las formas no concordantes es superior al del grupo con forma concordante (un 66,7% frente al 33,3%) ($p = 0,02$). Tabla 12.

Tabla 12. Descripción del grado de lesión de los de las superficies articulares del pisiforme y del piramidal con forma no concordante y concordante.

	No concordancia			Concordancia		
	N	n	%	n	%	p*
Total	50	32	64,0	18	36,0	0,005
BORDE PROXIMAL						
Lesión grado I	3	3	100,0	0	0,0	0,01
Lesión grado II	12	7	58,3	5	41,7	0,4
Lesión grado III	21	13	61,9	8	38,1	0,1
Lesión grado IV	14	9	64,3	5	35,7	0,1
BORDE DISTAL						
Lesión grado I	1	1	100,0	0	0,0	0,1
Lesión grado II	10	7	70,0	3	30,0	0,1
Lesión grado III	24	16	66,7	8	33,3	0,02
Lesión grado IV	15	8	53,3	7	46,7	0,7
BORDE RADIAL						
Lesión grado I	4	4	100,0	0	0,0	0,005
Lesión grado II	15	9	60,0	6	40,0	0,3
Lesión grado III	17	10	58,8	7	41,2	0,3
Lesión grado IV	14	9	64,3	5	35,7	0,1
BORDE ULNAR						
Lesión grado I	4	4	100,0	0	0,0	0,005
Lesión grado II	17	12	70,6	5	29,4	0,02
Lesión grado III	24	14	58,3	10	41,7	0,2
Lesión grado IV	5	2	40,0	3	60,0	0,5
ZONA CENTRAL						
Lesión grado I	4	4	100,0	0	0,0	0,005
Lesión grado II	37	22	59,5	15	40,5	0,1
Lesión grado III	5	3	60,0	2	40,0	0,5
Lesión grado IV	4	3	75,0	1	25,0	0,1

* Contraste de proporciones

6.7. DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN DEL GRADO DE LESIÓN DEL CARTÍLAGO CON EL SEXO DE LOS ESPECÍMENES

No se encontraron relaciones estadísticamente significativas. Tabla 13.

Tabla 13. Descripción y correlación del grado de lesión del cartílago del pisiforme y piramidal con el sexo de los especímenes.

	PISIFORME				PIRAMIDAL			
	Mujer		Hombre		Mujer		Hombre	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	10		15		10		15	
BORDE PROXIMAL								
Lesión grado I	0	0,0	2	13,3	0	0,0	1	6,7
Lesión grado II	2	20,0	1	6,7	5	50,0	4	26,7
Lesión grado III	6	60,0	6	40,0	2	20,0	7	46,7
Lesión grado IV	2	20,0	6	40,0	3	30,0	3	20,0
p – valor*			0,3				0,4	
BORDE DISTAL								
Lesión grado I	0	0,0	1	6,7	0	0,0	0	0,0
Lesión grado II	2	20,0	4	26,7	0	0,0	4	26,7
Lesión grado III	5	50,0	5	33,3	7	70,0	7	46,7
Lesión grado IV	3	30,0	5	33,3	3	30,0	4	26,7
p – valor*			0,7				0,1	
BORDE RADIAL								
Lesión grado I	0	0,0	2	13,3	0	0,0	2	13,3
Lesión grado II	3	30,0	6	40,0	2	20,0	4	26,7
Lesión grado III	3	30,0	3	20,0	4	40,0	7	46,7
Lesión grado IV	4	40,0	4	26,7	4	40,0	2	13,3
p – valor*			0,5				0,3	
BORDE ULNAR								
Lesión grado I	0	0,0	2	13,3	0	0,0	2	13,3
Lesión grado II	4	40,0	3	20,0	5	50,0	5	33,3
Lesión grado III	6	60,0	8	53,3	4	40,0	6	40,0
Lesión grado IV	0	0,0	2	13,3	1	10,0	2	13,3
p – valor*			0,3				0,6	
ZONA CENTRAL								
Lesión grado I	0	0,0	2	13,3	0	0,0	2	13,3
Lesión grado II	8	80,0	12	80,0	7	70,0	10	66,7
Lesión grado III	1	10,0	0	0,0	3	30,0	1	6,7
Lesión grado IV	1	10,0	1	6,7	0	0,0	2	13,3
p – valor*			0,4				0,2	

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

6.8. DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE EL GRADO DE LESIÓN DEL CARTÍLAGO Y LOS DIÁMETROS TRANSVERSO Y LONGITUDINAL DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES

No se encontraron relaciones estadísticamente significativas. Tabla 14.

Tabla 14. Descripción y correlación entre el grado de lesión del cartílago y los diámetros transversos y longitudinales de las superficies articulares del pisiforme y del piramidal.

	PISIFORME								PIRAMIDAL							
	Diámetro transversos				Diámetro longitudinal				Diámetro transversos				Diámetro longitudinal			
	≤ 8 mm		> 8 mm		≤ 10 mm		> 10 mm		≤ 8 mm		> 8 mm		≤ 10 mm		> 10 mm	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	18	7			17	8			15	10			14	11		
B. PROXIMAL																
Lesión grado I	2	11,1	0	0,0	2	11,8	0	0,0	1	6,7	0	0,0	1	7,1	0	0,0
Lesión grado II	3	16,7	0	0,0	3	17,6	0	0,0	4	26,7	5	50,0	2	14,3	7	63,6
Lesión grado III	9	50,0	3	42,9	8	47,1	4	50,0	6	40,0	3	30,0	7	50,0	2	18,2
Lesión grado IV	4	22,2	4	57,1	4	23,5	4	50,0	4	26,7	2	20,0	4	28,6	2	18,2
p – valor*	0,3				0,3				0,6				0,1			
BORDE DISTAL																
Lesión grado I	1	5,6	0	0,0	1	5,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Lesión grado II	4	22,2	2	28,6	3	17,6	3	37,5	4	26,7	0	0,0	1	7,1	3	27,3
Lesión grado III	9	50,0	1	14,3	9	52,9	1	12,5	8	53,3	6	60,0	9	64,3	5	45,5
Lesión grado IV	4	22,2	4	57,1	4	23,5	4	50,0	3	20,0	4	40,0	4	28,6	3	27,3
p – valor*	0,2				0,2				0,1				0,3			
BORDE RADIAL																
Lesión grado I	2	11,1	0	0,0	2	11,8	0	0,0	2	13,3	0	0,0	1	7,1	1	9,1
Lesión grado II	7	38,9	2	28,6	7	41,2	2	25,0	4	26,7	2	20,0	3	21,4	3	27,3
Lesión grado III	4	22,2	2	28,6	4	23,5	2	25,0	5	33,3	6	60,0	5	35,7	6	54,5
Lesión grado IV	5	27,8	3	42,9	4	23,5	4	50,0	4	26,7	2	20,0	5	35,7	1	9,1
p – valor*	0,7				0,5				0,5				0,5			
BORDE ULNAR																
Lesión grado I	2	11,1	0	0,0	2	11,8	0	0,0	2	13,3	0	0,0	1	7,1	1	9,1
Lesión grado II	6	33,3	1	14,3	6	35,3	1	12,5	7	46,7	3	30,0	6	42,9	4	36,4
Lesión grado III	10	55,6	4	57,1	9	52,9	5	62,5	4	26,7	6	60,0	5	35,7	5	45,5
Lesión grado IV	0	0,0	2	28,6	0	0,0	2	25,0	2	13,3	1	10,0	2	14,3	1	9,1
p – valor*	0,1				0,1				0,3				0,9			
ZONA CENTRAL																
Lesión grado I	2	11,1	0	0,0	2	11,8	0	0,0	2	13,3	0	0,0	1	7,1	1	9,1
Lesión grado II	14	77,8	6	85,7	13	76,5	7	87,5	9	60,0	8	80,0	10	71,4	7	63,6
Lesión grado III	1	5,6	0	0,0	1	5,9	0	0,0	3	20,0	1	10,0	3	21,4	1	9,1
Lesión grado IV	1	5,6	1	14,3	1	5,9	1	12,5	1	6,7	1	10,0	0	0,0	2	18,2
p – valor*	0,6				0,6				0,5				0,5			

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

6.9. DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE EL GRADO DE LESIÓN DEL CARTÍLAGO CON LA FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES

No se encontraron relaciones estadísticamente significativas. Tabla 15.

Tabla 15. Descripción y correlación entre el grado de lesión del cartílago con la forma de las superficies articulares del pisiforme y del piramidal.

	PISIFORME						PIRIMIDAL					
	Forma de la superficie articular						Forma de la superficie articular					
	Redondeada		Rectangular		Otras		Redondeada		Rectangular		Otras	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	17		3		5		8		5		12	
BORDE PROXIMAL												
Lesión grado I	1	5,9	0	0,0	1	20,0	0	0,0	1	20,0	0	0,0
Lesión grado II	2	11,8	0	0,0	1	20,0	3	37,5	3	60,0	3	25,0
Lesión grado III	9	52,9	1	33,3	2	40,0	3	37,5	1	20,0	5	41,7
Lesión grado IV	5	29,4	2	66,7	1	20,0	2	25,0	0	0,0	4	33,3
p – valor*				0,7						0,3		
BORDE DISTAL												
Lesión grado I	0	0,0	0	0,0	1	20,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Lesión grado II	5	29,4	0	0,0	1	20,0	1	12,5	1	20,0	2	16,7
Lesión grado III	6	35,3	2	66,7	2	40,0	4	50,0	4	80,0	6	50,0
Lesión grado IV	6	35,3	1	33,3	1	20,0	3	37,5	0	0,0	4	33,3
p – valor*				0,4						0,6		
BORDE RADIAL												
Lesión grado I	1	5,9	0	0,0	1	20,0	0	0,0	1	20,0	1	8,3
Lesión grado II	7	41,2	1	33,3	1	20,0	2	25,0	1	20,0	3	25,0
Lesión grado III	6	35,3	0	0,0	0	0,0	4	50,0	2	40,0	5	41,7
Lesión grado IV	3	17,6	2	66,7	3	60,0	2	25,0	1	20,0	3	25,0
p – valor*				0,2						0,9		
BORDE ULNAR												
Lesión grado I	1	5,9	0	0,0	1	20,0	0	0,0	1	20,0	1	8,3
Lesión grado II	6	35,3	0	0,0	1	20,0	3	37,5	3	60,0	4	33,3
Lesión grado III	9	52,9	2	66,7	3	60,0	4	50,0	0	0,0	6	50,0
Lesión grado IV	1	5,9	1	33,3	0	0,0	1	12,5	1	20,0	1	8,3
p – valor*				0,4						0,5		
ZONA CENTRAL												
Lesión grado I	1	5,9	0	0,0	1	20,0	0	0,0	1	20,0	1	8,3
Lesión grado II	15	88,2	2	66,7	3	60,0	7	87,5	2	40,0	8	66,7
Lesión grado III	0	0,0	0	0,0	1	20,0	1	12,5	2	40,0	1	8,3
Lesión grado IV	1	5,9	1	33,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	16,7
p – valor*				0,2						0,3		

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

6.10. DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRA Y EL SEXO DE LOS ESPECÍMENES

No se encontraron relaciones estadísticamente significativas. Tabla 16.

Tabla 16. Descripción y correlación entre la densidad ósea subcondral del pisiforme y piramidal y el sexo de los especímenes.

	PISIFORME				PIRAMIDAL			
	Mujer		Hombre		Mujer		Hombre	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	10		15		10		15	
DOS** radial								
Mínimo	1	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Intermedio	4	40,0	7	46,7	2	20,0	6	40,0
Máximo	5	50,0	8	53,3	8	80,0	9	60,0
p – valor*			0,4				0,3	
DOS ulnar								
Mínimo	7	70,0	6	40,0	7	70,0	5	33,3
Intermedio	3	30,0	7	46,7	3	30,0	8	53,3
Máximo	0	0,0	2	13,3	0	0,0	2	13,3
p – valor*			0,2				0,1	
DOS central								
Mínimo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Intermedio	5	50,0	3	20,0	2	20,0	1	6,7
Máximo	5	50,0	12	80,0	8	80,0	14	93,3
p – valor*			0,1				0,3	

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

** Densidad ósea subcondral

6.11. DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRA Y LOS DIÁMETROS LONGITUDINAL Y TRANSVERSO DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES

En el hueso pisiforme se evidencia relación estadísticamente significativa entre el nivel de densidad ósea subcondral en la zona ulnar y el diámetro transversal ($p = 0,03$) de manera que el 100% de los huesos pisiforme con diámetro transversal menor o igual a 8 mm tiene niveles de densidad ósea mínimos (50%) o intermedios (50%) de densidad ósea subcondral en zona ulnar. Tabla 17.

Asimismo, se evidencia correlación estadísticamente significativa entre el nivel de densidad ósea subcondral en la zona ulnar y el diámetro longitudinal ($p = 0,03$) de manera que el 100% de los huesos pisiforme con diámetro transversal menor o igual a 10 mm tiene niveles de densidad ósea mínimos (47,1%) o intermedios (52,9%) de densidad ósea subcondral en zona ulnar.

En el hueso piramidal se muestra relación estadísticamente significativa entre el nivel de densidad ósea subcondral en la zona radial y el diámetro longitudinal ($p = 0,03$) de manera que el 85,7% de los piramidales con diámetro longitudinal menor o igual a 10 mm posee un nivel máximo de densidad ósea subcondral en dicha zona.

Tabla 17. Descripción y correlación entre la densidad ósea subcondral y los diámetros transversos y longitudinales de las superficies articulares del pisiforme y del piramidal.

	PISIFORME								PIRAMIDAL							
	Diámetro transversos				Diámetro longitudinal				Diámetro transversos				Diámetro longitudinal			
	≤ 8 mm		> 8 mm		≤ 10 mm		>10 mm		≤ 8 mm		> 8 mm		≤ 10 mm		> 10 mm	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	18		7		17		8		15		10		14		8	
DOS** radial																
Mínimo	1	5,6	0	0,0	1	5,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Intermedio	9	50,0	2	28,6	8	47,1	3	37,5	5	33,3	3	30,0	2	14,3	3	37,5
Máximo	8	44,4	5	71,4	8	47,1	5	62,5	10	66,7	7	70,0	12	85,7	5	62,5
p – valor*	0,4				0,6				0,8				0,03			
DOS ulnar																
Mínimo	9	50,0	4	57,1	8	47,1	5	62,5	6	40,0	6	60,0	6	42,9	5	62,5
Intermedio	9	50,0	1	14,3	9	52,9	1	12,5	9	60,0	2	20,0	8	57,1	1	12,5
Máximo	0	0,0	2	28,6	0	0,0	2	25,0	0	0,0	2	20,0	0	0,0	2	25,0
p – valor*	0,03				0,03				0,058				0,1			
DOS central																
Mínimo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Intermedio	5	27,8	3	42,9	5	29,4	3	37,5	2	13,3	1	10,0	2	14,3	3	37,5
Máximo	13	72,2	4	57,1	12	70,6	5	62,5	13	86,7	9	90,0	12	85,7	5	62,5
p – valor*	0,4				0,7				0,8				0,7			

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

** Densidad ósea subcondral

6.12. DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD ÓSEA SUBCONDAL Y LA FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES

No se encontraron relaciones estadísticamente significativa. Tabla 18.

Tabla 18. Descripción y correlación entre la densidad ósea subcondral y la forma de las superficies articulares del pisiforme y del piramidal.

	PISIFORME						PIRAMIDAL					
	Redondeada		Rectangular		Otras		Redondeada		Rectangular		Otras	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	17		3		5		8		5		12	
DOS** radial												
Mínimo	1	5,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Intermedio	6	35,3	1	33,3	4	80,0	2	25,0	2	40,0	4	33,3
Máximo	10	58,8	2	66,7	1	20,0	6	75,0	3	60,0	8	66,7
p – valor*	0,5						0,8					
DOS ulnar												
Mínimo	10	58,8	0	0,0	3	60,0	4	50,0	2	40,0	6	50,0
Intermedio	6	35,3	2	66,7	2	40,0	3	37,5	3	60,0	5	41,7
Máximo	1	5,9	1	33,3	0	0,0	1	12,5	0	0,0	1	8,3
p – valor*	0,2						0,8					
DOS central												
Mínimo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Intermedio	7	41,2	0	0,0	1	20,0	1	12,5	1	20,0	1	8,3
Máximo	10	58,8	3	100,0	4	80,0	7	87,5	4	80,0	11	91,7
p – valor*	0,3						0,8					

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

** Densidad ósea subcondral

6.13. DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE EL GRADO DE LESIÓN DEL CARTÍLAGO CON LA DENSIDAD ÓSEA SUBCONDAL

En el hueso pisiforme se aprecia una relación débil ($p = 0,052$) entre el nivel de densidad ósea subcondral en la zona ulnar y el grado de lesión de cartílago del borde distal de tal manera que el 70% de los huesos pisiformes con un nivel intermedio de densidad ósea subcondral en zona ulnar, tiene una lesión de grado III en el borde distal del cartílago. Tabla 19.

También llama la atención que, a pesar de que no existe relación estadísticamente significativa entre el nivel de densidad ósea subcondral en la zona ulnar y el grado de lesión de cartílago de la zona central ($p = 0,1$), el 92,3% de los pisiformes con nivel mínimo de densidad ósea subcondral central, tienen una lesión cartilaginosa en la zona central de grado II, y que el 70,0% de los huesos pisiformes con nivel intermedio de densidad ósea subcondral en zona central, presentan lesión de grado III en la zona central.

Tabla 19. Descripción y correlación entre grado de lesión del cartílago con la densidad ósea subcondral del pisiforme.

	PISIFORME																	
	DOS** radial						DOS ulnar						DOS central					
	Mínimo		Intermedio		Máximo		Mínimo		Intermedio		Máximo		Mínimo		Intermedio		Máximo	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	1		11		13		13		10		2		0		8		17	
BORDE PROXIMAL																		
Lesión grado I	0	0,0	2	18,2	0	0,0	0	0,0	2	20,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	11,8
Lesión grado II	0	0,0	1	9,1	2	15,4	2	15,4	1	10,0	0	0,0	0	0,0	1	12,5	2	11,8
Lesión grado III	1	100,0	5	45,5	6	46,2	7	53,8	5	50,0	0	0,0	0	0,0	4	50,0	8	47,1
Lesión grado IV	0	0,0	3	27,3	5	38,5	4	30,8	2	20,0	2	100,0	0	0,0	3	37,5	5	29,4
p – valor*				0,7						0,2					0,8			
BORDE DISTAL																		
Lesión grado I	0	0,0	1	9,1	0	0,0	0	0,0	1	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	5,9
Lesión grado II	1	100,0	2	18,2	3	23,1	5	38,5	1	10,0	0	0,0	0	0,0	2	25,0	4	23,5
Lesión grado III	0	0,0	5	45,5	5	38,5	3	23,1	7	70,0	0	0,0	0	0,0	2	25,0	8	47,1
Lesión grado IV	0	0,0	3	27,3	5	38,5	5	38,5	1	10,0	2	100,0	0	0,0	4	50,0	4	23,5
p – valor*				0,5					0,052						0,5			
BORDE RADIAL																		
Lesión grado I	0	0,0	2	18,2	0	0,0	0	0,0	2	20,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	11,8
Lesión grado II	0	0,0	4	36,4	5	38,5	5	38,5	4	40,0	0	0,0	0	0,0	4	50,0	5	29,4
Lesión grado III	1	100,0	1	9,1	4	30,8	3	23,1	3	30,0	0	0,0	0	0,0	1	12,5	5	29,4
Lesión grado IV	0	0,0	4	36,4	4	30,8	5	38,5	1	10,0	2	100,0	0	0,0	3	37,5	5	29,4
p – valor*				0,3					0,2						0,5			
BORDE ULNAR																		
Lesión grado I	0	0,0	2	18,2	0	0,0	0	0,0	2	20,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	11,8
Lesión grado II	1	100,0	2	18,2	4	30,8	4	30,8	3	30,0	0	0,0	0	0,0	2	25,0	5	29,4
Lesión grado III	0	0,0	6	54,5	8	61,5	9	69,2	5	50,0	0	0,0	0	0,0	6	75,0	8	47,1
Lesión grado IV	0	0,0	1	9,1	1	7,7	0	0,0	0	0,0	2	100,0	0	0,0	0	0,0	2	11,8
p – valor*				0,3					0,2						0,5			
ZONA CENTRAL																		
Lesión grado I	0	0,0	2	18,2	0	0,0	0	0,0	2	20,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	11,8
Lesión grado II	1	100,0	6	54,5	13	100,0	12	92,3	7	70,0	1	50,0	0	0,0	7	87,5	13	76,5
Lesión grado III	0	0,0	1	9,1	0	0,0	0	0,0	1	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	5,9
Lesión grado IV	0	0,0	2	18,2	0	0,0	1	7,7	0	0,0	1	50,0	0	0,0	1	12,5	1	5,9
p – valor*				0,2					0,1						0,6			

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

** Densidad ósea subcondral

En el piramidal existe una correlación estadísticamente significativa ($p = 0,002$) entre el nivel de densidad ósea subcondral radial y el grado de lesión del borde distal. Así el 76,5% de los casos con densidad ósea subcondral máxima en la zona radial presentan una lesión de grado III en el borde distal. Tabla 20.

Igualmente el nivel de densidad ósea subcondral en la zona radial del piramidal posee relación estadísticamente significativa con el grado de lesión del cartílago en la zona central ($p = 0,006$). Se aprecia que el 88,2% de los casos con nivel máximo de densidad ósea subcondral en la zona radial tienen una lesión de cartílago de grado II en la zona central del piramidal.

También llama la atención que, aunque la relación entre el nivel de densidad ósea subcondral en la zona central no es estadísticamente significativa con el grado de lesión de cartílago de la zona central ($p = 0,1$), el 72,7% de los huesos piramidales con nivel máximo de densidad ósea subcondral en la zona central, tienen lesión en la zona central de grado II mientras que el 66,7% de los huesos piramidales que tienen un nivel intermedio de densidad ósea subcondral en zona central tienen lesión de grado III en dicha zona.



Tabla 20. Distribución y correlación entre grado de lesión del cartílago con la densidad ósea subcondral del piramidal.

	PIRAMIDAL																	
	DOS** radial						DOS ulnar						DOS central					
	Mínimo		Intermedio		Máximo		Mínimo		Intermedio		Máximo		Mínimo		Intermedio		Máximo	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	0		8		17		12		11		2		0		3		22	
BORDE PROXIMAL																		
Lesión grado I	0	0,0	1	12,5	0	0,0	0	0,0	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	4,5
Lesión grado II	0	0,0	4	50,0	5	29,4	4	33,3	5	45,5	0	0,0	0	0,0	1	33,3	8	36,4
Lesión grado III	0	0,0	2	25,0	7	41,2	4	33,3	4	36,4	1	50,0	0	0,0	2	66,7	7	31,8
Lesión grado IV	0	0,0	1	12,5	5	29,4	4	33,3	1	9,1	1	50,0	0	0,0	0	0,0	6	27,3
p – valor*				0,2						0,6						0,6		
BORDE DISTAL																		
Lesión grado I	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Lesión grado II	0	0,0	4	50,0	0	0,0	1	8,3	3	27,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	18,2
Lesión grado III	0	0,0	1	12,5	13	76,5	7	58,3	7	63,6	0	0,0	0	0,0	2	66,7	12	54,5
Lesión grado IV	0	0,0	3	37,5	4	23,5	4	33,3	1	9,1	2	100,0	0	0,0	1	33,3	6	27,3
p – valor*				0,002						0,1						0,2		
BORDE RADIAL																		
Lesión grado I	0	0,0	2	25,0	0	0,0	0	0,0	2	18,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	9,1
Lesión grado II	0	0,0	2	25,0	4	23,5	1	8,3	5	45,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	27,3
Lesión grado III	0	0,0	4	50,0	7	41,2	7	58,3	2	18,2	2	100,0	0	0,0	3	100,0	8	36,4
Lesión grado IV	0	0,0	0	0,0	6	35,3	4	33,3	2	18,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	27,3
p – valor*				0,1						0,1						0,2		
BORDE ULNAR																		
Lesión grado I	0	0,0	2	25,0	0	0,0	0	0,0	2	18,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	9,1
Lesión grado II	0	0,0	2	25,0	8	47,1	5	41,7	5	45,5	0	0,0	0	0,0	1	33,3	9	40,9
Lesión grado III	0	0,0	2	25,0	8	47,1	6	50,0	3	27,3	1	50,0	0	0,0	1	33,3	9	40,9
Lesión grado IV	0	0,0	2	25,0	1	5,9	1	8,3	1	9,1	1	50,0	0	0,0	1	33,3	2	9,1
p – valor*				0,1						0,3						0,6		
ZONA CENTRAL																		
Lesión grado I	0	0,0	2	25,0	0	0,0	0	0,0	2	18,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	9,1
Lesión grado II	0	0,0	2	25,0	15	88,2	9	75,0	7	63,6	1	50,0	0	0,0	1	33,3	16	72,7
Lesión grado III	0	0,0	2	25,0	2	11,8	2	16,7	2	18,2	0	0,0	0	0,0	2	66,7	2	9,1
Lesión grado IV	0	0,0	2	25,0	0	0,0	1	8,3	0	0,0	1	50,0	0	0,0	0	0,0	2	9,1
p – valor*				0,006						0,2						0,1		

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

** Densidad ósea subcondral

V. Discusión



1. INTRODUCCIÓN

La función exacta del pisiforme es desconocida, pero aparte de ser un punto focal de inserciones de tejidos blandos en el aspecto medial de la muñeca, se puede pensar que actúa como una leva, semejante a la rótula, aumentando la fuerza de la flexión de la muñeca (Pevny et al., 1995). Pevny encuentra que el pisiforme tiene 10 estructuras diferentes que se insertan en él: tendón del flexor ulnar del carpo, retináculo extensor, abductor del quinto dedo, ligamento transverso del carpo, ligamento carpal anterior, ligamento colateral cubital, complejo del fibrocartílago triangular, ligamento pisi-uncinato, ligamento pisi-metacarpiano y la cápsula articular de la articulación pisi-piramidal.

En cualquier caso, la efectividad de la función de la unidad musculotendinosa que se inserta en el hueso pisiforme depende de que el pisiforme sirve como punto de contacto entre la musculatura flexora ulnar del antebrazo y el carpo a través de los ligamento pisi-uncinato y pisi-metacarpiano durante la flexión de la muñeca. La estabilidad de los movimientos de la articulación pisi-piramidal está en función de los dos grupos de fuerzas opuestas. En el lado ulnar, las fuerzas originadas por el flexor ulnar del carpo, el ligamento colateral ulnar, el abductor del quinto dedo, y el ligamento pisi-metacarpiano. Por el lado radial, las fuerzas se originan principalmente del ligamento pisi-uncinato y del ligamento transverso del carpo a través del retináculo flexor (Beckers y Koebke 1998).

2. MEDIDAS MACROSCÓPICAS DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES

Las medidas de los diámetros longitudinal y transverso de la superficie articular de pisiforme y piramidal concuerdan con lo publicado hasta ahora (Yamaguchi et al., 1998; Beckers et al., 1998; Theumann et al. 2002).

En nuestro estudio, no encontramos ninguna correlación estadísticamente significativa entre el tamaño de la superficie articular y la presencia de lesión cartilaginosa de la articulación pisi-piramidal, lo cual concuerda con el trabajo publicado por Theumann en el que no encontraron asociación entre el tamaño de la superficie articular y la presencia de lesión cartilaginosa (Theumann et al., 2002). Sin embargo, nuestros resultados no coinciden con el estudio anatómico de 119 especímenes presentado por Beckers y Koebke, quienes concluyen que en presencia de osteoartritis

de la articulación pisi-piramidal las superficies articulares de pisiforme y piramidal fueron más anchas de lo normal, 7 y 3% respectivamente (Beckers et al., 1998).

Encontramos una correlación estadísticamente significativa entre la densidad ósea subcondral en la zona ulnar del pisiforme y los diámetro transversal y longitudinal. El 100% de los huesos pisiforme con diámetro transversal menor o igual a 8 mm y con diámetro longitudinal menor o igual que 10 mm tiene niveles de densidad ósea subcondral mínimos o intermedios en la zona ulnar. En el piramidal existe también una correlación estadísticamente significativa entre el nivel de densidad ósea subcondral en la zona radial y el diámetro longitudinal. La mayoría de los huesos piramidales con niveles máximos de densidad ósea subcondral en zona ulnar miden 10 o menos de 10 mm en el diámetro longitudinal.

Podemos entender que superficies articulares de dimensiones más pequeñas soportan mayor carga que puede traducirse en un aumento de la densidad ósea subcondral en la zona ulnar del pisiforme y en la zona radial del piramidal.

La correlación de los diámetros de las superficies articulares con el resto de las variables tampoco fue estadísticamente significativa.

3. FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES

Tanto en el pisiforme como en el piramidal llama la atención la gran variabilidad encontrada en el número de formas de la superficie articular. En el pisiforme se diferenciaron 10 formas geométricas diferentes y otras tantas, aunque no siempre las mismas, en el piramidal. Los dos grupos de formas fueron reagrupadas en tres categorías: redondeada, rectangular y otras.

En la literatura clásica la forma de la superficie articular del pisiforme se describe como redondeada. En este estudio la variabilidad en su forma es significativa aunque en un porcentaje alto de las veces, 56%, la forma es redondeada, pero no son despreciables el resto de ellas. Destacan en número la forma rectangular y la forma semilunar con borde ulnar convexo (12% respectivamente). Así mismo sorprende la gran variedad de formas encontradas: semilunar con borde radial convexo, redondeada, ovoide, semilunar alargada con borde radial convexo, ovoide con borde radial convexo, rectangular con escotadura distal y rectangular con prolongación próximo-radial.

De igual manera que para el pisiforme, la forma de la superficie articular del piramidal se ha descrito tradicionalmente como redondeada, sin embargo en esta serie sólo corresponde al 20% de los casos. La forma oval junto con la forma triangular de base proximal y la forma ovoide son las que destacan sobre el resto con un porcentaje del 20% respectivamente. La variedad de las formas encontradas es igualmente llamativa: semilunar con borde ulnar convexo, semilunar con borde radial convexo, triangular con base distal, ovoide con escotadura próximo-ulnar, ovoide con escotadura próximo-ulnar y radial y rectangular con escotadura proximal y distal.

No se encuentran estudios en la literatura anatómico descriptiva que se centren en la forma de estas dos superficies. Clásicamente se las ha descrito como ovals pero

en nuestras disecciones nos ha llamado la atención su gran variabilidad. Queda pues este interesante argumento relegado a un posible futuro estudio que nos ayude a su comprensión.

La correlación de la forma de las superficies articulares con el resto de las variables no obtuvo resultados estadísticamente significativos.

Sin embargo, comprobamos que los valores de degeneración cartilaginosa son de menos entidad en las parejas con forma concordante, ya sea redondeada o rectangular, que en la parejas articulares con distinta forma.

Se cumple la hipótesis de que superficies articulares congruentes sufren menor desgaste y por lo tanto la degeneración cartilaginosa es menor.

4. PLIEGUES SINOVIALES

Los textos anatómicos clásicos no consideran la presencia de pliegues sinoviales en el compartimento articular pisi-piramidal. Tampoco las publicaciones más recientes que han estudiado la articulación pisi-piramidal en cadáveres fijados en formol (Morau et al., 2012; Yamaguchi et al., 1998) hacen referencia a la existencia de estas formaciones.

En la filogenia del desarrollo articular del cuerpo humano, los pliegues sinoviales aparecen o se desarrollan en aquellas articulaciones diartrodias que por su función están expuestas a un gran desgaste, probablemente como mecanismo de protección de las superficies articulares que recubren.

En el caso que nos ocupa, la presencia de pliegues sinoviales no ha sido constante en todos los especímenes, pero sí ha sido lo suficientemente frecuente como para llamarnos la atención. Recordemos que de las 50 superficies articulares analizadas, solo tres de ellas (pisiiforme de los especímenes 9, 10 y 12) aparecen libres de pliegues sinoviales.

Otro dato curioso es que en ninguna de las articulaciones estudiadas aparecen las dos superficies articulares con pliegues sinoviales en sus cuatro bordes.

Estadísticamente hablando, no existe correlación entre la presencia de pliegues sinoviales con ninguna de las variables estudiadas excepto con el sexo de los especímenes. El sexo masculino presenta una correlación significativa con la presencia de pliegues sinoviales en el borde radial mientras que en mujeres es significativa su presencia en el borde ulnar. Es posible que este hallazgo indique la mayor elasticidad articular de las mujeres respecto a los hombres.

Esta serie de hallazgos podrían hacernos pensar en el desarrollo postnatal de estos pliegues determinado por las circunstancias individuales a las que se somete esta articulación a lo largo del tiempo. Esta hipótesis no ha sido demostrada y tampoco es objeto de este estudio.

5. LESIONES DE LA SUPERFICIE DEL CARTÍLAGO

En el estudio de las lesiones de los cartílagos articulares de la articulación pisi-piramidal destaca de manera alarmante la extensa degeneración cartilaginosa que se encuentra en estas superficies.

Todos los especímenes presentaban algún tipo de lesión, si bien en 2 de las 25 muñecas (especímenes 12 y 23) el área predominante de las dos superficies articulares de cada articulación fue de aspecto normal, con pequeñas zonas de lesión de grado 2 en sus bordes dístales (excepto en el pisiforme del espécimen número 12 que presentaba un aspecto normal).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Pevny en el que estudia una muestra de muñecas con cambios degenerativos en todos los especímenes y con los de Yamaguchi (Yamaguchi et al.,1998), que en su serie declara la presencia de cambios degenerativos en todos aquellos especímenes con edad superior a 40 años. Recordemos que en nuestra serie el rango de edad es de 57 a 75 años. Por tanto es evidente que esta articulación sufre de manera particular a partir de una cierta edad. En el estudio de Pevny se analiza en profundidad el soporte ligamentoso y tendinoso del pisiforme a través de disecciones anatómicas y test biomecánicos. En sus resultados observa cambios degenerativos en todos los especímenes, con igualdad entre el pisiforme y el piramidal, la mayoría fueron de leves a moderados (lo que correspondería a grados II y III). Sin embargo no analiza ni describe con precisión el tipo de degeneración cartilaginosa ni su localización, ni aporta datos sobre la edad de los especímenes (Pevny et al.,1995).

Por otra parte, Yamaguchi realiza un estudio anatómico de 80 articulaciones pisi-piramidales, con rango de edad entre 36 y 93 años, centrándose en la anatomía ligamentosa y en los cambios cartilagosos de la articulación. Estos autores establecen cinco tipos de cambios degenerativos articulares, con predominio del tipo 2 o degeneración periférica (38.8%) sobre el resto. Este tipo de degeneración cartilaginosa se localiza en los bordes radial y distal de los huesos pisiforme y piramidal. Tampoco observaron diferencias significativas en la incidencia de los cambios entre el pisiforme y el piramidal (Yamaguchi et al.,1998).

Nuestros resultados son prácticamente solapables a lo publicado en cuanto a la anatomía descriptiva de la articulación y al estudio del patrón de degeneración del cartílago articular pisi-piramidal. Figura 29.

Si dividimos ambos cartílagos en dos zonas, la zona central y la zona periférica, existen diferencias en cuanto a la gravedad de la lesión.

En la zona central tenemos un considerable predominio de las lesiones de grado II, ya sea en el pisiforme (80%) que en el piramidal (68%). Vemos así que en la mayoría de los especímenes la zona central aparece con disrupción de la lámina brillante del cartílago y con abundantes zonas de fibrilación, aunque no profundas.

Mientras en el cartílago del pisiforme la fibrilación no continúa en profundidad (las lesiones de grado III corresponden al 4%), en el cartílago del piramidal existe una ligera progresión hacia lesiones de grado III en el 16% de los casos. Figura 29.

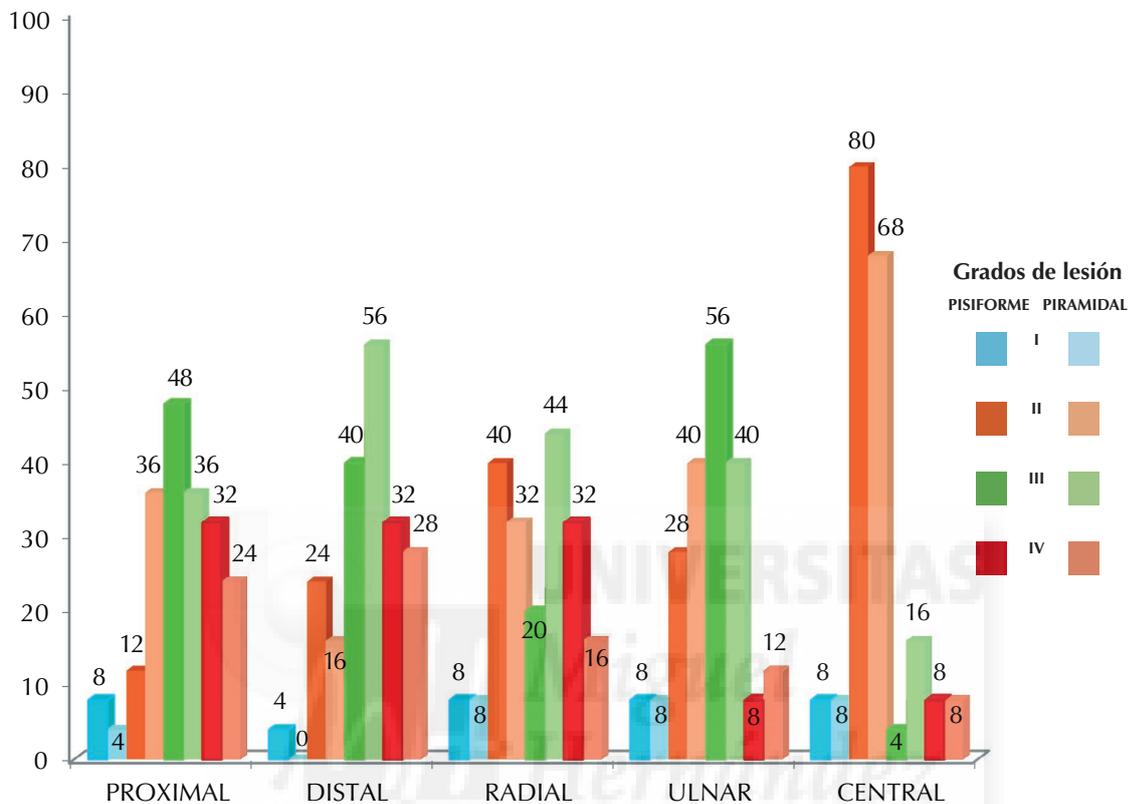


Figura 29. Comparación de los porcentajes medio de los grados de lesión de los bordes proximal, distal, radial, ulnar y zona central de pisiforme y piramidal

En la zona periférica de las superficies articulares la situación cambia sustancialmente. En el borde proximal de ambos cartílagos aparece una frecuencia alta de lesiones de grado III (48% en el pisiforme y 36% en el piramidal) y, en menor medida, de grado IV (32% en el pisiforme y 24% en el piramidal). Lo mismo ocurre en el borde distal donde las lesiones más frecuentes son de grado III (40% en el pisiforme y 56% en el piramidal) y IV (32% en el pisiforme y 28% en el piramidal). En el borde radial del pisiforme destaca las lesiones de grado IV (32%) y en el piramidal de grado III y IV (44% y 16%). Por último, el borde ulnar predomina el grado III de lesión en ambos cartílagos (56% en pisiforme y 40% en piramidal). Por lo tanto, la zona periférica de ambos cartílagos muestra una progresión llamativa hacia las lesiones de grado III, donde las fisuras llegan hasta la capa profunda de la superficie articular.

De los datos recabados en este estudio podemos describir las características del patrón de lesión del cartílago de la articulación pisi-piramidal. Figura 25.

1. Los grados de lesión más frecuente en ambos cartílagos son el grado II y III.
2. La lesión más frecuente en la zona central es el grado II (80% en pisiforme y 68% en piramidal).
3. En la zona periférica las lesiones de grados III y IV superan el 50% (56% en pisiforme y 56% piramidal)
4. El borde ulnar aparecen menos lesiones de grado IV (8% en pisiforme y 12% en piramidal)
5. El Patrón de lesión del cartílago lo describimos como:
 - Lesión predominante: grado II y III
 - Zona central: grado II
 - Bordes proximal, distal y ulnar: grado III
 - Borde radial: II pisiforme - III piramidal.

6. DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRALE

La distribución de los hallazgos en la zona radial subcondral de ambos huesos de la articulación es muy similar, con predominio del nivel máximo e intermedio. En todos los especímenes aparecen niveles altos de densidad ósea subcondral excepto en uno de huesos pisiforme (especímen 15 con lesiones de grado III en la superficie del cartílago en el borde radial). La zona radial subcondral de pisiforme anatómicamente corresponde con la inserción del ligamento transverso del carpo y en piramidal con la inserción de los ligamentos interóseos escafo-piramidal palmar y semilunar-piramidal palmar. Este resultado sugiere un estrés zonal alto en esta área subcondral.

Los valores de la densidad ósea subcondral en la zona ulnar tanto del pisiforme como del piramidal son similares, con predominio de los valores mínimos de densidad. La máxima densidad ósea aparece en dos de los casos (especímenes 6 y 18) y sobre ambos huesos. Se trata de dos especímenes varones, con lesiones degenerativas del cartílago grado IV, graves y extensas. Podríamos deducir que la zona ulnar de ambos huesos es un área sometida a poco estrés zonal puesto que predominan los valores mínimos de densidad ósea subcondral. Desde punto de vista anatómico, en la zona ulnar del pisiforme se insertan el retináculo extensor y el ligamento pisi-piramidal ulnar. En la mitad proximal del borde ulnar del piramidal sólo se inserta parte del menisco homólogo del fibrocartílago triangular. Esta pueda ser una de las explicaciones de la menor sobrecarga de la zona ulnar.

En la zona central del hueso subcondral de pisiforme y piramidal, existe un predominio del nivel máximo de densidad ósea relativa. Es, por lo tanto, la zona articular con mayor estrés zonal en ambos huesos subcondrales. Figura 30.

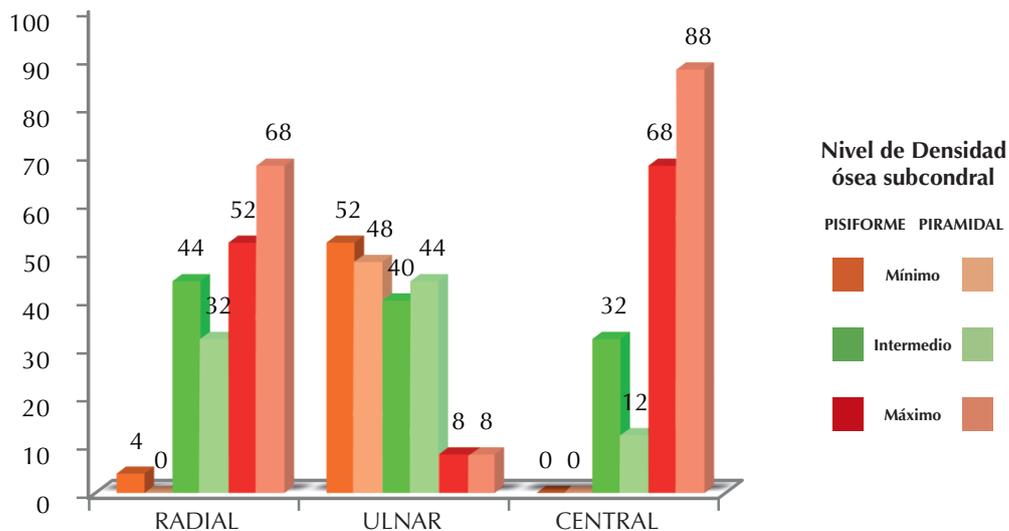


Figura 30. Comparación de los porcentajes medios de los niveles de densidad ósea subcondral en pisiforme y piramidal.

Un hecho relevante de nuestros resultados es la aparición en todos los especímenes estudiados de un patrón de densidad ósea relativa de predominio centrorradiar. Puesto que la densidad ósea subcondral es un parámetro que refleja la distribución de estrés en las articulaciones (Müller-Gerbl, 1998), nuestros datos demuestran que el hueso subcondral en condiciones normales y a lo largo del ciclo vital diario (Frost, 1994) recibe estreses en la zona central y radial de la articulación.

Estas fuerzas tienen dos tipos de origen:

1. De forma pasiva, el apoyo continuado sobre la cara anterior del pisiforme que se transmite a dicha zona centrorradiar subcondral del pisiforme y del piramidal.
2. De forma activa, en los movimientos de deslizamiento próximo-distales provenientes de la contracción sinérgica del flexor ulnar del carpo y del abductor del quinto dedo.

Por otra parte la zona ulnar del hueso subcondral tanto del pisiforme como del piramidal, presenta niveles de densidad mínima, lo cual revela que es una zona de menos carga o sometida a menor estrés.

De los datos recabados en este estudio podemos describir las siguientes características del patrón de densidad ósea subcondral de la articulación pisi-piramidal (figura 31):

1. El nivel predominante de densidad ósea en ambos huesos subcondrales es el máximo.
2. La zona central es la más frecuentemente lesionada con un nivel máximo de DOS.
3. En la zona radial de la articulación, todos los especímenes excepto uno (especimen 15 en el hueso pisiforme) presentan un nivel máximo o intermedio de DOS.
4. En la zona ulnar predominan los niveles mínimos de DOS.
5. El patrón de densidad ósea subcondral lo describimos como:
 - Lesión predominante: nivel máximo
 - Zona central: nivel máximo
 - Zona radial: nivel máximo e intermedio
 - Zona ulnar: nivel intermedio y mínimo.

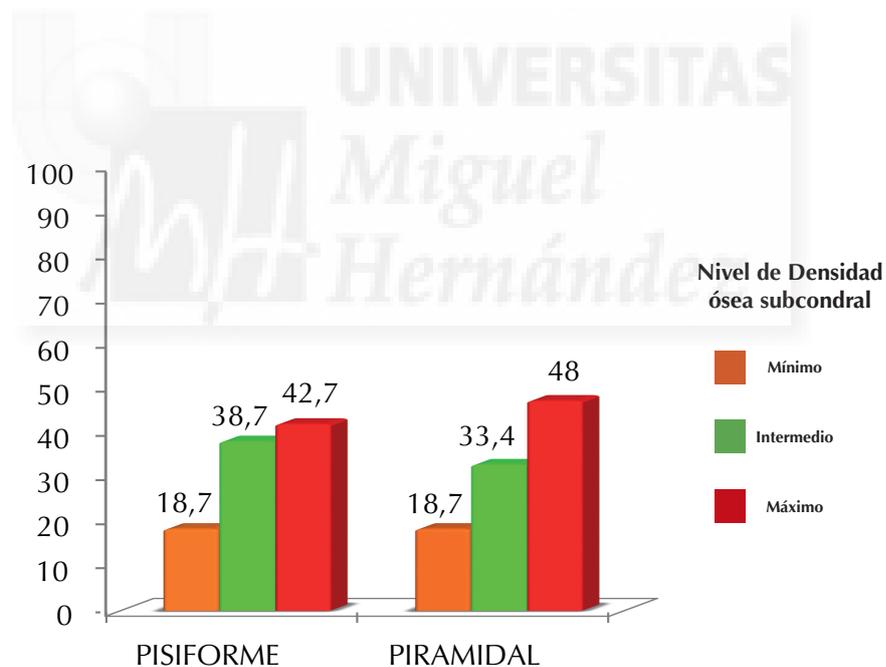


Figura 31. Comparación de los porcentajes medios de los niveles de densidad ósea subcondral en pisiforme y piramidal.

Nuestros resultados muestran correlación estadísticamente significativa entre nivel máximo de densidad ósea subcondral en la zona radial y lesión grado II en la zona central. Esta última correlación podría demostrar la hipótesis de Radin, en la que zonas de máxima densidad ósea subcondral se corresponden con cambios mínimos de lesión cartilaginosa que reflejan un proceso incipiente de estrés que puede degenerar hacia una osteoartritis de dicha zona. Figura 32.

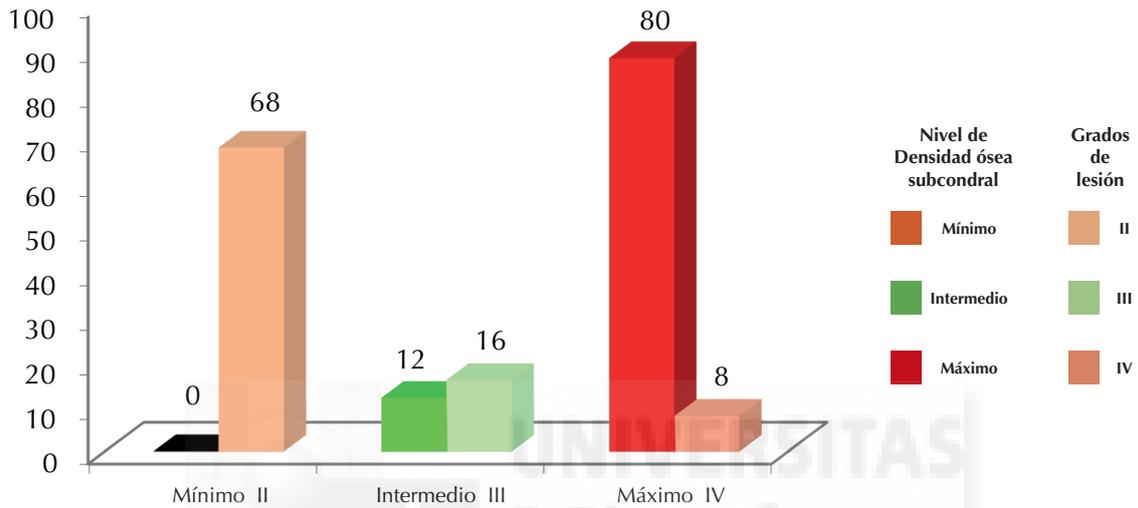


Figura 32. Comparación de los porcentajes de densidad ósea subcondral en la zona radial del piramidal y los porcentajes de grado lesión del cartilago en la zona central del piramidal.

VI. Conclusiones



1. Las medidas de los diámetros transverso y longitudinal del pisiforme y piramidal concuerdan con lo descrito en la literatura internacional.
2. En el pisiforme existe correlación estadísticamente significativa entre niveles mínimos e intermedios de densidad ósea subcondral en la zona ulnar con diámetros transverso y longitudinal menores.
3. En el piramidal existe una correlación estadísticamente significativa entre el nivel máximo de densidad ósea subcondral en la zona radial y el diámetro longitudinal menor.
4. No existe correlación entre la forma y el resto de las variables.
5. El sexo femenino presenta una correlación estadísticamente significativa con la existencia de pliegues sinoviales en el borde ulnar mientras que el sexo masculino presenta una correlación estadísticamente significativa con la existencia de pliegues sinoviales en el borde radial.
6. El patrón de lesión cartilaginosa de las superficies articulares de ambos huesos presenta una zona central con lesiones de grado II, lesiones de grado III y IV los bordes proximal, distal y radial, y lesiones mínimas en el borde ulnar.
7. En el hueso piramidal, existe correlación significativa entre el nivel máximo de densidad ósea subcondral radial y el grado de lesión III en el borde distal.
8. En el hueso pisiforme existe correlación débilmente significativa entre los niveles intermedios de densidad ósea subcondral en la zona ulnar con lesiones de grado III en el borde distal.
9. En el piramidal existe correlación estadísticamente significativa entre nivel máximo de densidad ósea subcondral en la zona radial y lesión grado II en la zona central. Esta última correlación podría demostrar la hipótesis de Radin, en la que zonas de máxima densidad ósea subcondral se corresponden con cambios mínimos de lesión cartilaginosa que reflejan un proceso incipiente de estrés que puede degenerar hacia una osteoartritis de dicha zona.
10. El análisis computerizado de las imágenes TC es un método válido y no invasivo que permite observar las localizaciones de las densidades óseas subcondrales y por tanto reflejar el patrón de estreses de la articulación pisi-piramidal para poder relacionar dichos patrones con la existencia de procesos osteoartrosicos de la articulación.

VII. Bibliografía



Almquist E. Evolution of the Distal Radioulnar joint. *Clin Orthop* 1992; 275: 5-13.

Arya AP, Kulshreshtha R, Kakarala GK, Singh R, Compson JP. Visualisation of the pisotriquetral joint through standard portals for arthroscopy of the wrist: a clinical and anatomical study. *J Bone Joint Surg Br* 2007; Feb;89(2):202-5.

Armstrong CG, Mow VC. Variations in the intrinsic mechanical properties of human articular cartilage with age, degeneration, and water content. *J Bone Joint Surg* 1982; 64A: 88-94.

Becce F, Theumann N, Bollmann C, et al. Dorsal fractures of the triquetrum: MRI findings with an emphasis on dorsal carpal ligament injuries. *AJR Am J Roentgenol* 2013; 200(3): 608-617

Beckers A, Koebke J. Mechanical strain at the pisotriquetral joint. *Clin Anat* 1998; 11(5): 320-6.

Belliappa PP, Burke FD. Excision of the pisiform in piso-triquetral osteoarthritis. *J Hand Surg [Br]* 1992; 17(2): 133-6.

Bentzen SM, Hvid I, Jørgensen J. Mechanical strength of tibial trabecular bone evaluated by X-ray computed tomography. *J Biomech.* 1987;20(8):743-52.

Borrachero del Campo J. Artrosis: reumatismos degenerativos articulares. Ediciones Sistema SA, Madrid, 1981, pp. 37-70.

Bonola, A., Caroli, A., Celli, L. *La Mano. Filogenesi, Embriologia, Anatomia descrittiva, funzionale, topografica, chirurgica e radiologica.* Piccin (Ed.); 1981 Padova.

Boskey AL, Posner AS. The structure of bone. *Orthop Clin North Am* 1984; 15: 597-612.

Burnett SE. Hamate-pisiform coalition. Morphology, clinical significance, and a simplified classification scheme for carpal coalition. *Clin Anat.* 2011; 24(2):188–96.

Brand PW, Hollister A. *Clinical Mechanics of the hand.* 3rd edn Mosby, St Louis, Missouri. pp. 119-121; 172-174.

Brand PW, Beach RB, Thomson DE. Relative tension and potential excursion of muscles in the forearm and hand. *J Hand Surg (Am)* 1981; 6(3): 209-219

Broom ND. Further insights into the structural principles governing the function of articular cartilage. *J Anat.* 1984 Sep;139 (Pt 2):275-94.

Buckwalter JA. Articular cartilage. *Instr Course Lect.* 1983;32:349-70.

Burnstein AH, Zika JM, Heiple KG, Klein L. Contribution of collagen and mineral to the elastic-plastic properties of bone. *J Bone Joint Surg* 1975; 57A: 956-961.

Carroll RE, Coyle MPJr. Dysfunction of the pisotriquetral joint: treatment by excision of the pisiform. *Hand Surg [Am]* 1985; 10(5): 703-7.

Carter DR Hayes WC. Bone compressive strength: the influence of density and strain rate. *Science* 1976; 15: 1174.

- Carter DR, Hayes WC. Compact bone fatigue damage. A microscopic examination. *Clin Orthop* 1977; 127: 265-274.
- Clark JM. The organisation of collagen fibrils in the superficial zones of articular cartilage. *J Anat* 1990; 171: 117-130.
- Clarke IC. Articular cartilage: a review and scanning electron microscope study. *J Bone Joint Surg* 1971; 53B: 732.
- Cole MB. Alteration of cartilage matrix morphology with histological processing. *J Microsc* 1984; 133: 129-140.
- Cole MB. Alteration of cartilage matrix morphology with histological processing. *J Microsc* 1984; 133: 129-140.
- Copf F, Czarnetzki A, Lierse W. Ultrastructure of the substantia spongiosa of the femur head and talus. *Acta Anat (Basel)*. 1990;138(4):297-301.
- Currey JD. The mechanical properties of bone. *Clin Orthop* 1970; 73: 210-231.
- Chikura B. Pisiform hypertrophy. A radiological feature of psoriatic arthritis. *J Clin Rheumatol*. 2011;17(2):109.
- Feneis H. *Nomenclatura Anatómica Ilustrada*. Salvat Editores S.A., Barcelona, 1989.
- Frick H, Leonhardt H, Starck D. *Human Anatomy 1. General Anatomy, Special Anatomy: Limbs, Trunk, Wall, Head and Neck*. Georg Thieme Verlag. Stuttgart, 1991, pp. 312-335.
- Frost HM. Perspectives: A biomechanical model of the pathogenesis of arthroses. *Anat Rec* 1994; 240: 19-31.
- García LA, Vaca JB. Avascular necrosis of the pisiform. *J Hand Surg Br*. 2006; 31(4): 453-4.
- García-Eliás M. Dorsal fractures of the triquetrum-avulsion or compression fractures? *J Hand Surg Am*. 1987 Mar;12(2):266-8.
- García-Eliás M et al. Traumatismos del pisiforme. *Rev Esp Cir Mano* 1982; 13-30.
- García-Eliás M. Carpal instability. In Wolfe S.W., editors. *Green's operative hand surgery*, vol. 1, six edition. Elsevier Churchill Livingstone; 2011, chapter 15: 465-521.
- Gelberman RH, Panagis JS, Taleisnik J, Baumgaertner M. The arterial anatomy of the human carpus. Part I: The extraosseous vascularity. *J Hand Surg [Am]* 1983; 8(4): 367-74.
- Gomar F. *Patología Quirúrgica Osteoarticular*. Editorial Saber, Valencia, 1973, pags. 442-450.
- Gómez Oliveros, L. *Lecciones de Anatomía Humana*. Editorial Marban, Madrid, 1960, pags. 559-561.
- Goldwaser M, Astley T, Van Der Rest M, Glorieux FH. Analysis of the type of collagen present in osteoarthritic human cartilage. *Clin Orthop* 1982; 167: 296-302.
- Hayes JR, Mulholland RC, O'Connor BT. Compression of the deep palmar branch of the ulnar nerve. Case report and anatomical study. *J Bone Joint Surg Br*. 1969; 51(3): 469-72.
- Helal B. Racquet player's pisiform. *Hand* 1978; 10: 87-90.
- Hita-Contreras F, Martínez-Amat A, Ortiz R, Caba O, AlvarezP, Prados JC, RLomas-Vega, Aránega A, Sánchez-Montesinos I, Mérida-Velasco JA. Development and morphogenesis of human wrist joint during embryonic and early fetal period. *J. Anat* 2012; 220: 580-590.
- Hocker K, Menschik A. Chip fractures of the triquetrum: mechanism, classification and results. *J Hand Surg Br*. 1994; 19(5): 584-588.
- Hogykian JV, Louis DS. Embriologic development and variations in the anatomy of the ulno-carpal ligamentous complex. *J Hand Surg [Am]* 1992; 17: 719.
- Howell D, Manicourt D. Complex polysaccharides. En: *Primer on the Rheumatic Diseases* (9ª Edición). Arthritis Foundation, Atlanta, 1988, pp. 15-18.

- Inerot S, Heinegård D, Olsson SE, Telhag H, Audell L. Proteoglycan alterations during developing experimental osteoarthritis in a novel hip joint model. *J Orthop Res*. 1991 Sep;9(5):658-73.
- Israeli A, Engel J, Ganel A. Possible Fatigue fracture of the pisiform bone in volley-ball players. *Int J Sports Med* 1982; 3: 56-57.
- Jacobs LG. Isolated fracture of the pisiform bone; a case report. *Radiology*. 1948 Apr;50(4):529-31.
- Jenkins SA. Osteoarthritis os pisi-triquetral join. *J Bone Joint Surg* 1951; 33B: 532-534.
- Johnston GH, Tonkin MA. Excision of pisiform in pisotriquetral arthritis. *Clin Orthop* 1986; 210: 137-42.
- Kasdane DK, Bansal PG. Origin of human pisiform bone. *J Anat Soc India* 1965; 14: 23.
- Kaplan FS, Hayes WC, Keaveny TM, Boskey A, Einhorn TA, Annotti JP. Form and function of bone. En: Simon, S.R. (Eds.): *Orthopaedic basic science*. Ohio, American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1994, p ags. 127-185.
- Laczay A. Isolated dislocation of the pisiform. *Brit J Radiol* 1981; 54: 364-365.
- Laude M. Valeur fonctionelle du pisifome dans les mecanismes de prehesion. *Bull Acad Nat Méd (París)* 1981; 165: 479-483.
- Laude M, Le Gars D, Boudin G. Anatomie fonctionel du pisiforme. *Bull Ass Anat (Nancy)* 1979; 63: 451-458.
- Le Nen D. Pathology of the piso-triquetral joint: report of 26 cases. *Ann Orthop Quest*. 2000;2000(32):129-34.
- Lecock EA. Traumatic arthritis of the pisifom-triangular joint. *Western J Surg* 1951; 59(7):357.
- Lewis OJ, Hamshere RJ, Bucknill TM. The anatomy of the wrist joint. *J Anat* 1970; 106: 539.
- Lindhal O. Mechanical properties of dried defatted spongy bone. *Acta Orthop Scand* 1976; 47: 11-19.
- Lindahl O, Lindgren GH. Cortical bone in man. 3. Variation of compressive strength with age and sex. *Acta Orthop Scand*. 1968;39(2):129-35.
- Louaste J, Amhajji L, Rachid K. Pisiform-hamate synostosis with ulnar neuropathy. Case report. *Chir Main*. 2007; 26(3): 170-2.
- Llusá Pérez M, Merí A, Ruano D. *Manual de atlas fotográfico de anatomía del aparato locomotor*. Ed. Médica Panamericana, Madrid 2006. pp.99-110.
- Logroscino D, De Marchi E. Vascolarizzione e trofo-parie delle ossa del carpo. *Chir Organi Mov* 1938; 23: 499.
- Mankin HJ. The reaction of articular cartilage to injury and osteoarthritis (first of two parts). *N Engl J Med*. 1974 Dec 12;291(24):1285-92.
- Mankin HJ, Thrasher AZ. Water content and bonding in normal and osteoarthritic human cartilage. *J Bone Joint Surg* 1975; 57A: 76-80.
- Mankin HJ, Mow VC, Buckwalter JA, Iannotti JP. Form and function of articular cartilage. In: Simon SR, Ed. *Orthopaedic Basic Science*. Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons 1994:1-44.
- Maroudas A, Bullough P, Swanson S, Freeman M. The permeability of articular cartilage. *J Bone Joint Surg* 1968; 50B: 166-177.
- Maroudas A. Transport of solutes through cartilage: permeability to large molecules. *J Anat*. 1976 Nov;122(Pt 2):335-47.
- Match RM. Nonspecific avascular necrosis of the pisiform bone. *J Hand Surg* 1980; 5: 341-2.

- McDevitt C. Biochemistry of articular cartilage-nature of proteoglycans and collagen of articular cartilage and their role in ageing and in osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1973; 32: 364-378.
- Moraux A, Lefebvre G, Pansini V, Aucourt J, Vandebussche L, Demondion X, Cotten A. Pisotriquetral joint disorders: an under-recognized cause of ulnar side wrist pain. *Skeletal Radiol* 2014; 43: 761-773.
- Moskowitz R, Goldberg V. Osteoarthritis. En: Schumacher, HR; *Primer on the Rheumatic Diseases*. Arthritis Foundation, Atlanta, 1988, pp. 171-177.
- Mow VC, Kuei SC, Lai WM, Armstrong CG. Biphasic creep and stress relaxation of articular cartilage in compression: theory and experiments. *J Biomech Eng.* 1980; 113:73-84.
- Mow VC, Proctor CS, Kelly MA. Biomechanics of articular cartilage. En: *Basic Biomechanics of the musculoskeletal system*. Nordin, M. Frankel, VH (Eds.). Philadelphia, Lea & febiger, 1989, pp. 31-58.
- Muir H. Molecular approach to the understanding of osteoarthrosis. *Ann Rheum Dis* 1977; 36: 199-208.
- Müller-Gerbl M, Schulte E, Putz R. The thickness of the calcified layer in different joints of a single individual. *Acta Morphol Scand* 1987; 25: 41-49.
- Müller-Gerbl M, Schulte E, Putz R. The thickness of the calcified layer of articular cartilage: a function of the load supported?. *J Anat* 1987; 154: 103-111.
- Müller-Gerbl M, Putz R, Hodapp N, Schulte E, Wimmer B. Computed tomography-osteosorptiometry for assessing the density distribution of subchondral bone as a measure of long-term mechanical adaptation in individual joints *Skeletal Radiol.* 1989;18(7):507-12.
- Müller-Gerbl M, Putz R, Kenn R. . Demonstration of subchondral bone density patterns by three-dimensional CT osteosorptiometry as a noninvasive method for in vivo assessment of individual long-term stresses in joints. *J Bone Miner Res.* 1992 Dec;7 Suppl 2:S411-8.
- Müller-Gerbl M. The subchondral bone plate. *Adv Anat Embryol Cell Biol.* 1998;141:III-XI, 1-134. Review.
- Navarro A. *Anales del Instituto de Ciencias Quirúrgica y Cirugía Experimental*. Imprenta Artística de Dornaleche Hnos, Montevideo, 1935.
- Netter FH. *Sistema musculoesqueletico. Anatomía, Fisiología y Enfermedades metabólicas*. Tmno 8.1B. Salvat Editores, SA, Barcelona, 1990, pp. 168-175.
- Nimni M, Deshmukh K. Differences in collagen metabolism between normal and osteoarthritic human articular cartilage. *Science*, 1973; 181: 751.
- Nordin M, Frankel VH. Biomechanics of bone. En: *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. Nordin NM, Frankel VH (Eds.), Philadelphia, Lea & Febiger, 1989, pags. 3-30.
- O'Hara B, Urban J, Maroudas A. Influence of cyclic loading on the nutrition of articular cartilage. *Ann Rheum Dis* 1990; 49: 536-539.
- O'Rahilly R, Müller F. The development of the neural crest in the human *J Anat.* 2007 Sep; 211(3): 335-351.
- O'Shea K, Weiland AJ. Fractures of the hamate and pisiform bones. *Hand Clin.* 2012;28(3):287-300.
- Olah J. Bilateral aseptic necrosis of the pisiforme. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1968; 104(4): 590-1.
- Paley D, McMurtry RY, Cruickshank B. Pathologic conditions of the pisiform and pisotriquetral joint. *J Hand Surg* 1987; 12A: 110-118.

- Palmieri TJ. Pisiform area pain treatment by pisiform excision. *J Hand Surg [Am]* 1982; 7(5): 477-80.
- Pevny T, Rayan GM, Egle D. Ligamentous and tendinous support of the pisiform, anatomy and biomechanic study. *J Hand Surg* 1995; 20A: 299-304.
- Pevny T, Rayan GM, Egle D. Ligamentous and tendinous support of the pisiform: anatomic and biomechanical study. *Okla State Med Assoc* 1995; 88(5): 205-10.
- Radin EL, Parker HG, Pugh JW, Steinberg RS, Paul L, Rose RM. Response of joints to impact loading. III. Relationship between trabecular microfractures and cartilage degeneration. *J Biomech* 1973; 6: 51-57.
- Radin EL, Paul L, Rose RM. Role of mechanical factors in pathogenesis of primary osteoarthritis. *Lancet* 1972; 4: 519-22.
- Rayan GM, Jameson BH, Chung KW. The pisotriquetral joint: anatomic, biomechanical, and radiographic analysis. *J Hand Surg Am.* 2005; 30(3):596–602.
- Rees J, Ali S, Brown R. Ultrastructural localisation of fibronectine in human osteoarthritic articular cartilage. *Ann Rheum Dis* 1987; 46: 816-822.
- Reilly D, Burstein A. The mechanical properties of cortical bone. *J Bone Joint Surg* 1974; 56A: 1001-1022.
- Roberts S, Weightman B, Urban J, Chappell D. Mechanical and biochemical properties of human articular cartilage from the femoral head after subcapital fracture. *J Bone Joint Surg Br.* 1986 May;68(3):418-22.
- Rodineau J, Rolland E. Pisotriquetral joint diseases. In: Masson, editor. *Pathologie intra et péri-tendineuse du membre supérieur des sportifs*. Paris: Elsevier Masson; 2006.
- Rouviere H, Delmas A. *Anatomía Humana descriptiva, topográfica y funcional*. 11ª edición Mason, Barcelona 2005; p.116-133.
- Salman SS, Ullah M. The attachments of the lateral and medial ends of the extensor retinaculum of the human wrist. *Acta Anat (Basel)* 1985; 122(3): 185-6.
- Saylisoy S, Akcan E, Atlanoglu S, Calisir C, Inan U, Oztunali C. Incomplete left-hand and complete right-hand pisiform and hamate coalition: multidetector computed tomography findings. *Jpn J Radiol.*2011; 29(4): 276–8.
- Seror P, Vuillemin V. Ulnar nerve lesion at the wrist related to pisotriquetral joint arthropathy. *Muscle Nerve.* 2013; 47(4): 600–4.
- Seradge H, Seradge E. Pisisotriquetral pain syndrome after carpal tunnel release. *J Hand Surg [Am]* 1989; 14(5): 858-62.
- Simkin PA. Joints: structure and function. En: Schumacher HR: *Primer on the Rheumatic diseases*. (Eds.) Editorial: Arthritis Foundation, Atlanta, 1988, pags. 18-23.
- Suh N, Ek ET, Wolfe SW. Carpal fractures. *J Hand Surg Am.* 2014; 39(4): 785-791.
- Taleisnik J, The ligaments of the wrist. *J Hand Surg* 1976; 1: 110-118.
- Taleisnik J, Gelberman RH, Miller BW et al. The extensor retinaculum of the wrist. *J Hand Surg [Am]* 1984; 9:495.
- Testut L, Latarjet, A. *Anatomía Humana*. Editorial Salvat Editores SA, Barcelona, 1975, pags. 660-676.
- Theumann NH, Pfirrmann CW, Chung CB, Antonio GE, Trudell DJ, Resnick D. Pisotriquetral joint: assessment with MR imaging and MR arthrography. *Radiology.* 2002 Mar;222(3):763-70.
- Tsionos I, Drape JL, Le Viet D. Bilateral pisiform-hamate coalition causing carpal tunnel syndrome and tendon attrition. A case report. *Acta Orthop Belg.* 2004; 70(2): 171–6.

VII. Bibliografía

Tubiana R. Filogenia y Embriología. En: Tratado de la Cirugía de la Mano. Tubiana R. Masson. Barcelona 1991.

Tudor A, Sestan B, Miletić D, Jonjić N, Rakovac I, Prpić T, Roth S. Synovial chondromatosis of the pisotriquetral joint with secondary osteoarthritis: case report. *Coll Antropol.* 2007 Dec;31(4):1179-81.

Vasilas A. Roentgen aspects of injuries to the pisiform bone and pisotriquetral joint. *J Bone Joint Surg* 1960; 42-A: 1317-1328.

Venn MF. Variation of chemical composition with age in human femoral head cartilage. *Ann Rheum Dis.* 1978 Apr;37(2):168-74.

Yamaguchi S, Viegas SF, Patterson RM. Anatomy study of the pisotriquetral joint: ligament anatomy and cartilagenous change. *J Hand Surg [Am]* 1998; 23(4): 600-6.

Zancolli E, Cozzi EP. Atlas de Anatomía quirúrgica de la mano. Panamericana. Madrid 1993, p 473-490.



Anexo especímenes



ESPÉCIMEN N° 1

MANO DERECHA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma* : redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 8 mm; diámetro longitudinal: 10 mm.

2. Cartílago articular

Se observan lesiones de grado IV en las siguientes zonas: el área comprendida entre la mitad radial del borde proximal, los dos tercios proximales del borde radial, que incluye una prolongación medial que se divide en dos partes, una hacia el centro y otra hacia la mitad distal sin llegar al borde; el área que ocupa desde el tercio distal del borde radial al tercio radial de borde distal; y por último, dos zonas curvilíneas concéntricas situadas en el cuadrante ulno-distal alrededor del área central. En el área dispuesta entre los dos tercios ulnares del borde proximal y el tercio ulnar del borde distal junto con el resto del borde distal, las lesiones son de grado III. En el resto de la superficie articular aparecen lesiones de grado II y I. Según lo descrito, la degeneración más grave del cartílago es de predominio periférico y en menor grado central (figura 1A).

3. Pliegues sinoviales

Presenta dos pliegues sinoviales, el más pequeño está todo localizado en la mitad proximal del borde ulnar, mientras que el borde radial está ocupado por un gran pliegue sinovial.

4. Densidad ósea subcondral

Presenta un nivel de densidad ósea intermedio que corresponde a la zona radial (500-699 UH) y a la zona central (500-699 UH) del hueso subcondral. La mínima densidad ósea se encuentra en la zona ulnar (300-499 UH) (figura 1B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal 8 mm; diámetro longitudinal 8 mm.

2. Cartílago articular

Presenta dos pequeñas zonas redondeadas de lesión de grado IV una en el centro de la mitad proximal y la otra en correspondencia con la zona de intersección entre el borde proximal y el borde radial. Así mismo, se aprecia una extensa zona de lesión de grado IV que ocupa todo el borde ulnar y todo el borde distal. El resto de la superficie articular está ocupada por una extensa zona de lesión de grado III. Según lo expuesto, la degeneración más severa de cartílago sigue un patrón periférico y en menor grado central (figura 1A).

3. Pliegues sinoviales

Se localiza un sólo pliegue sinovial en correspondencia con el borde proximal.

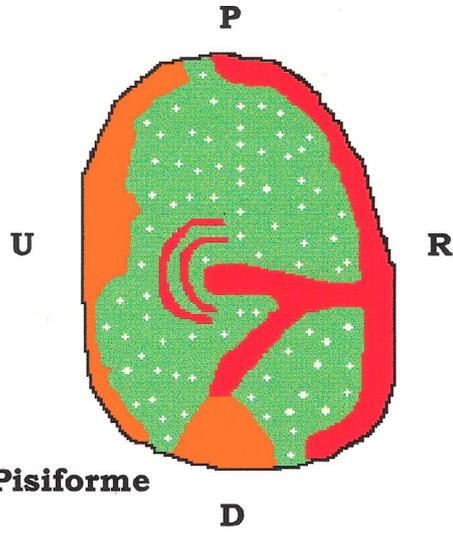
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea corresponde a la zona radial (500-699 UH) y a la zona central (500-699 UH) del hueso subcondral. La mínima densidad ósea se encuentra en la zona ulnar (300-499 UH) (figura 1B).

Santana Maján, M.J.

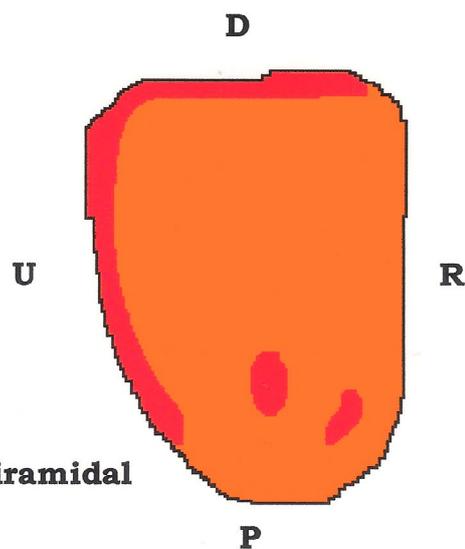
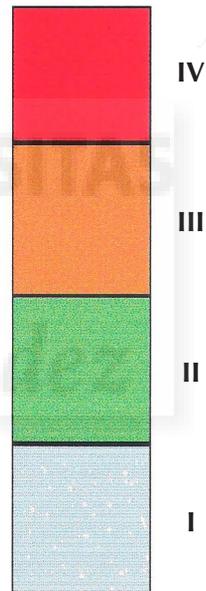
Cartílago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen n° 1
Mano Derecha



Superficie del Pisiforme

Grados de
lesión



Superficie del Piramidal

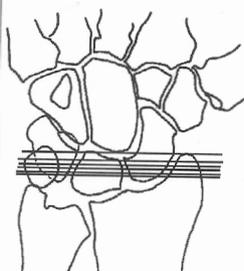
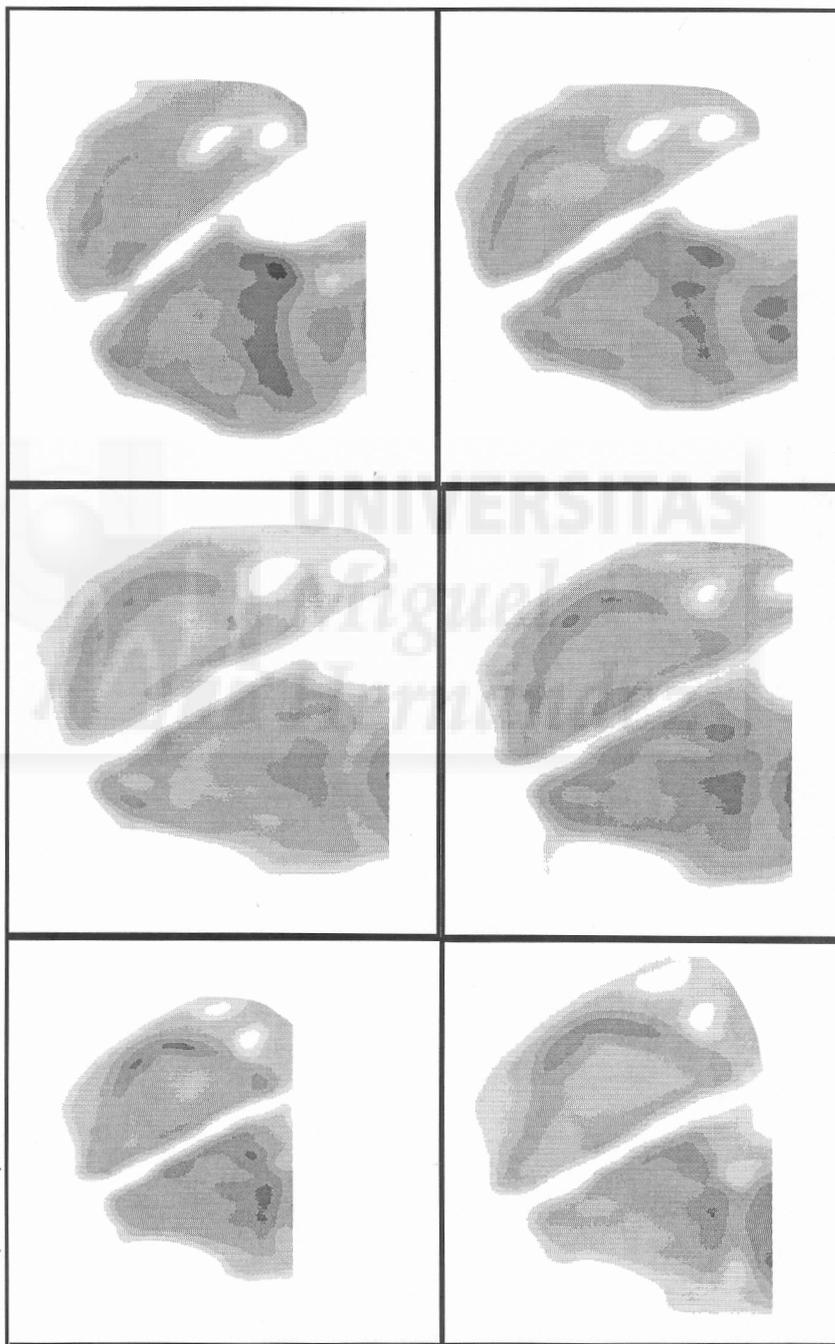
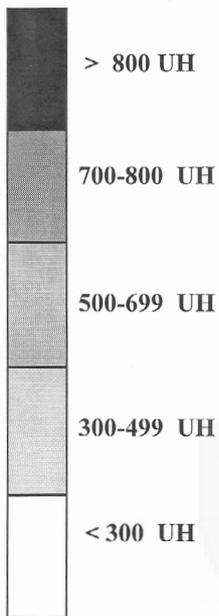
Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

1

Especimen nº 1

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 2

MANO IZQUIERDA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal 8 mm; diámetro longitudinal 8 mm.

2. Cartílago articular

Se observan lesiones de grado IV sobre los dos tercios radiales del borde proximal, en el área de confluencia entre los bordes radial y distal (lesión puntiforme) y en el tercio medio del borde distal. Las lesiones de grado III se localizan en el tercio ulnar del borde proximal, en el tercio medio del borde radial, entre los bordes radial y distal, alrededor de la lesión de grado IV, y en el tercio ulnar del borde distal. El resto de la superficie articular está ocupada por lesiones de grado II y I. Según lo descrito, la degeneración severa del cartílago observa un patrón periférico (figura 2A).

3. Pliegues sinoviales

Se localiza un gran pliegue sinovial que ocupa todo el borde proximal y los dos tercios proximales de borde radial.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea se concentra sobre la zona radial (>800 UH) y la zona central (>800 UH) de la superficie del hueso subcondral. Un nivel intermedio de densidad ósea (500-699 UH) se localiza en la zona ulnar (figura 2B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 7 mm; diámetro longitudinal: 8 mm.

2. Cartílago articular

Las áreas de lesión de grado IV ocupan la zona comprendida entre el tercio radial del borde proximal y el tercio proximal del borde radial, el tercio distal del borde ulnar y una zona puntiforme localizada en el tercio medio del borde distal. Existen dos zonas de lesión de grado III, una situada alrededor de la lesión proximal de grado IV, la segunda va desde la mitad distal del borde ulnar (lateral a la lesión de grado IV) hasta la zona proximal del borde distal en correspondencia con su tercio medio. En el resto de la superficie articular las lesiones son de grado II y I, con excepción de los dos tercios ulnares del borde proximal donde se aprecia un cartílago de aspecto normal. En conclusión, se observa un patrón de degeneración periférica de la superficie articular (figura 2A).

3. Pliegues sinoviales

Se observa un pliegue que va desde la mitad radial del borde proximal al tercio distal del borde radial.

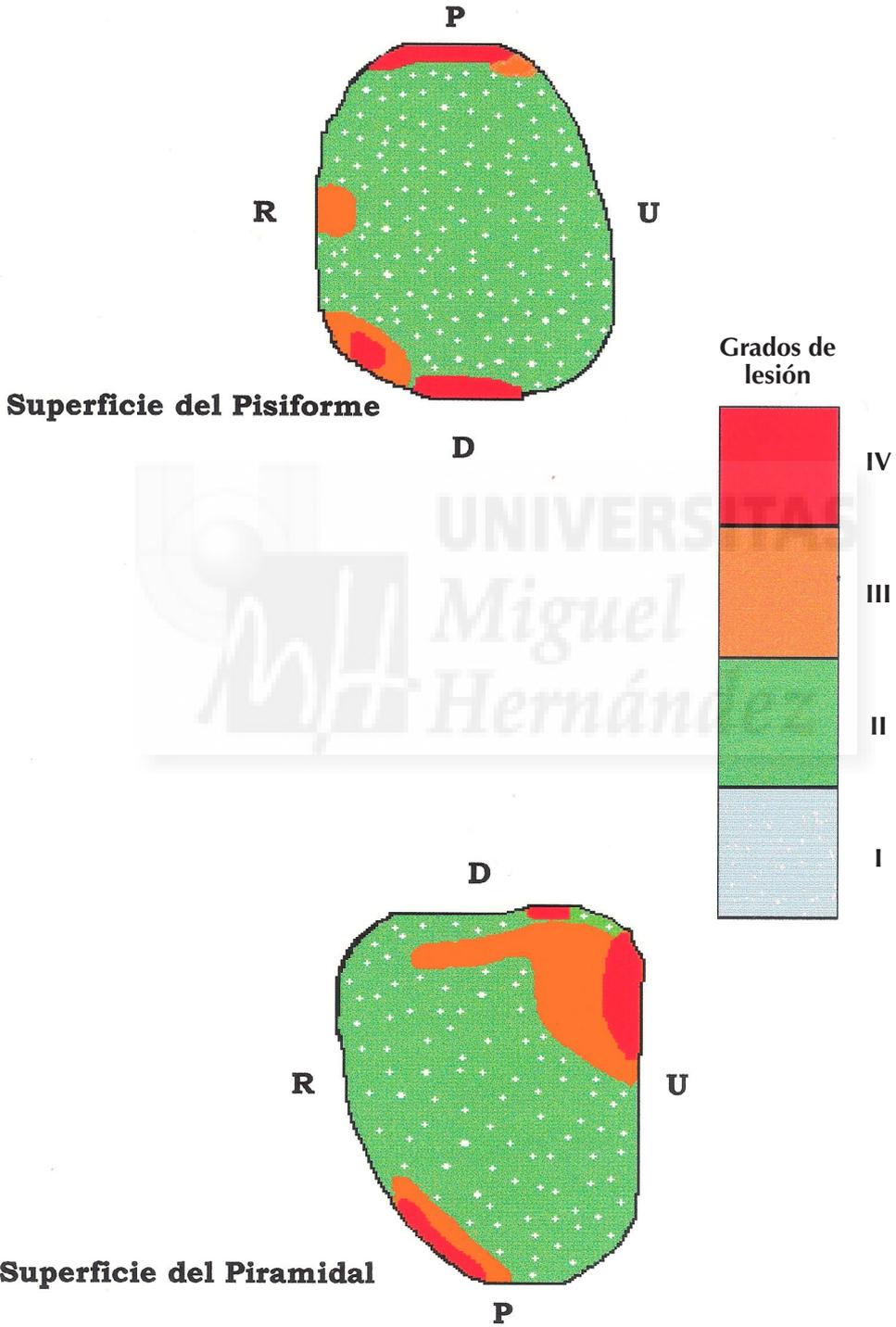
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea aparece en la zona radial (>800 UH) y en la zona central (>800 UH) del hueso subcondral. Un nivel intermedio de densidad ósea (500-699 UH) se observa en la zona ulnar (figura 2B).

Santana Maján, M.J.

Cartílago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 2
Mano Izquierda

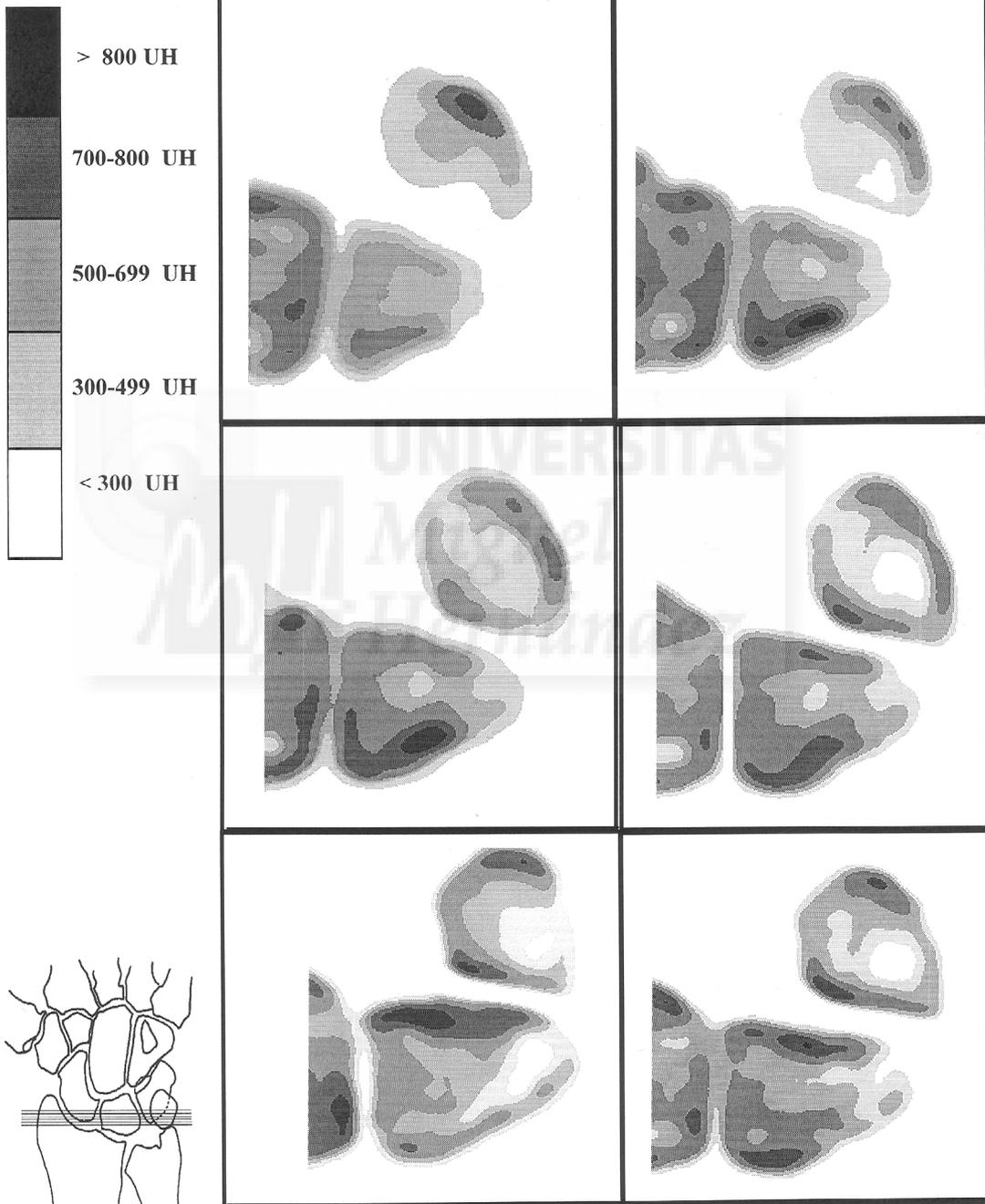


Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especimen nº 2

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 3

MANO DERECHA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 6 mm; diámetro longitudinal: 8 mm.

2. Cartílago articular

Las lesiones de grado IV se distribuyen en los dos tercios proximales del borde radial; en forma de banda con una pequeña inclusión hacia el centro, y en la mitad ulnar del borde distal a través de dos áreas alargadas de pequeño tamaño. El área que comprende todo el borde radial y todo el borde distal y que rodea medialmente las lesiones anteriormente descritas corresponde a una zona de lesión de grado III. En el resto del cartílago coexisten lesiones de grado II y I. En resumen, la degeneración severa del cartílago sigue un patrón de distribución periférica (figura 3A).

3. Pliegues sinoviales

Se localiza un único pliegue sinovial que ocupa todo el borde radial, todo el borde proximal y la mitad proximal del borde ulnar.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (>800 UH) se localiza en la zona central y en la zona radial (700-800 UH). La mínima densidad ósea (300-499 UH) se localiza en la zona ulnar de hueso subcondral (figura 3B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 7 mm; diámetro longitudinal: 10 mm.

2. Cartílago articular

El área comprendida entre los dos tercios radiales del borde proximal, que incluye a este nivel dos prolongaciones hacia el centro, y los dos tercios proximales del borde radial está ocupada por una zona de lesión de grado IV. La zona central del borde ulnar junto con 2 bandas localizadas en la mitad distal del cartílago, en proximidad al borde distal son lesiones de grado III. En el resto de la superficie articular se distribuyen lesiones de grado II y I superpuestas. Según lo expuesto, se observa una degeneración severa de cartílago con un patrón periférico (figura 3A).

3. Pliegues sinoviales

Se localiza un único pliegue sinovial que va desde el borde proximal hasta la mitad proximal de borde ulnar.

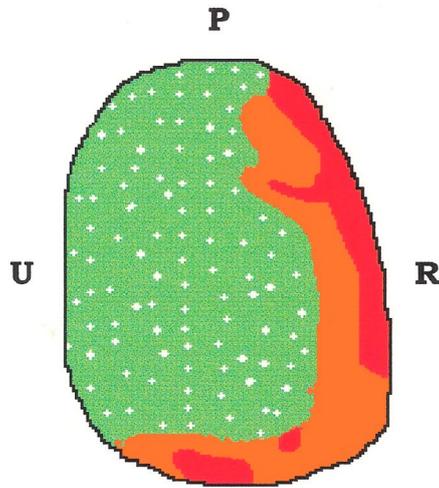
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (>800 UH) se encuentra en la zona central y en la zona radial (700-800 UH) del hueso subcondral del piramidal. La mínima densidad ósea (300-499 UH) se encuentra en la zona ulnar (figura 3B).

Santana Maján, M.J.

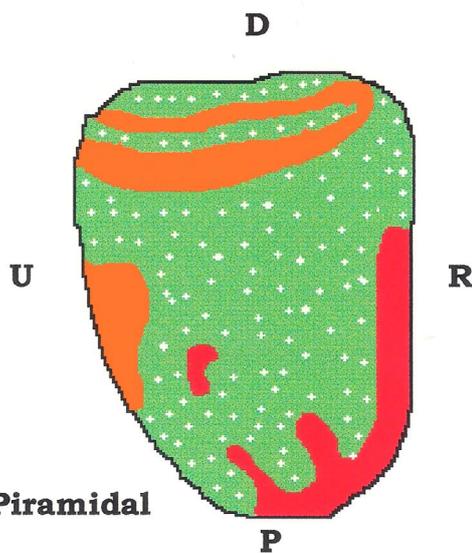
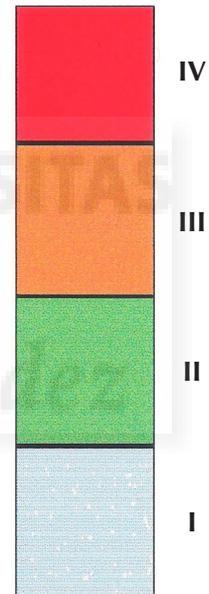
Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especimen nº 3
Mano derecha



Superficie del Pisiforme D

Grados de
lesión



Superficie del Piramidal

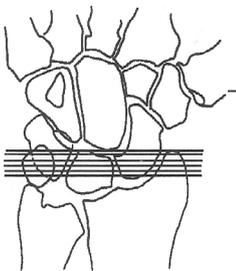
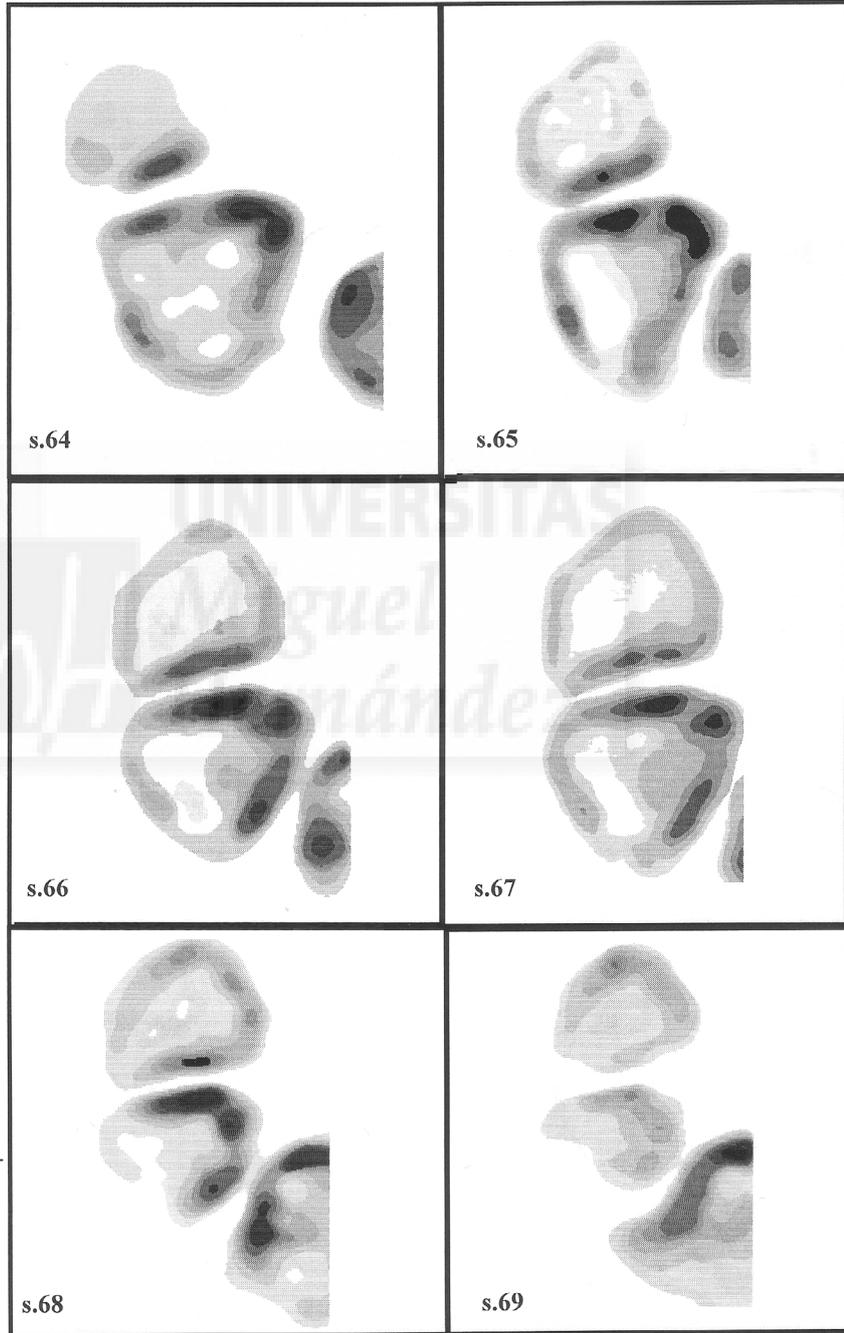
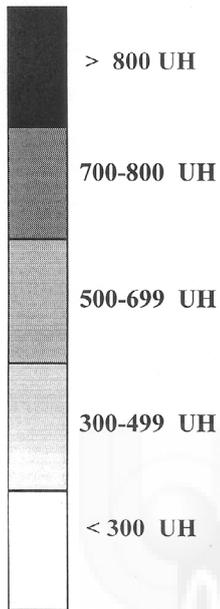
M. J. Santana Maján

Cartílago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especímen nº 3

Art. Pisi-piramidal

Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N°4

MANO DERECHA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 7 mm; diámetro longitudinal: 8 mm.

2. Cartílago articular

Las lesiones de grado IV se hallan distribuidas en el área comprendida entre los 2/3 ulnares del borde proximal a la mitad proximal del borde ulnar y en el área de unión entre el tercio radial del borde distal y el tercio distal del borde radial. Alrededor de esta dos áreas se distribuyen las zonas de lesión de grado III. En el resto de la superficie cartilaginosa se aprecian lesiones de grado II y I. En resumen, la degeneración severa del cartílago articular muestra un patrón periférico (figura 4A).

3. Pliegues sinoviales

Se localizan dos pliegues sinoviales, uno en borde proximal y el otro en el borde radial.

4. Densidad ósea subcondral

Niveles intermedios de densidad ósea se concentran en la zona central y radial (500-699 UH) del hueso subcondral. La mínima densidad ósea (300-499 UH) se encuentra en la zona ulnar (figura 4B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal 7 mm; diámetro longitudinal 8 mm.

2. Cartílago articular

La superficie comprendida entre todo el borde proximal y los dos tercios proximales del borde radial, junto con el área que va desde el tercio distal del borde radial y que ocupa todo el borde distal son lesiones de grado IV. Existe así mismo una pequeña lesión de grado IV con forma de semiluna, localizada en la zona lateral del cuadrante ulnodistal. Presenta una lesión de grado III en la zona dispuesta entre el tercio medio y el tercio distal de borde radial. El resto de la superficie articular está ocupada por lesiones de grado II y I. Según lo descrito, la degeneración severa del cartílago articular sigue un patrón periférico (figura 4A).

3. Pliegues sinoviales

Presenta un único pliegue sinovial localizado en el borde distal.

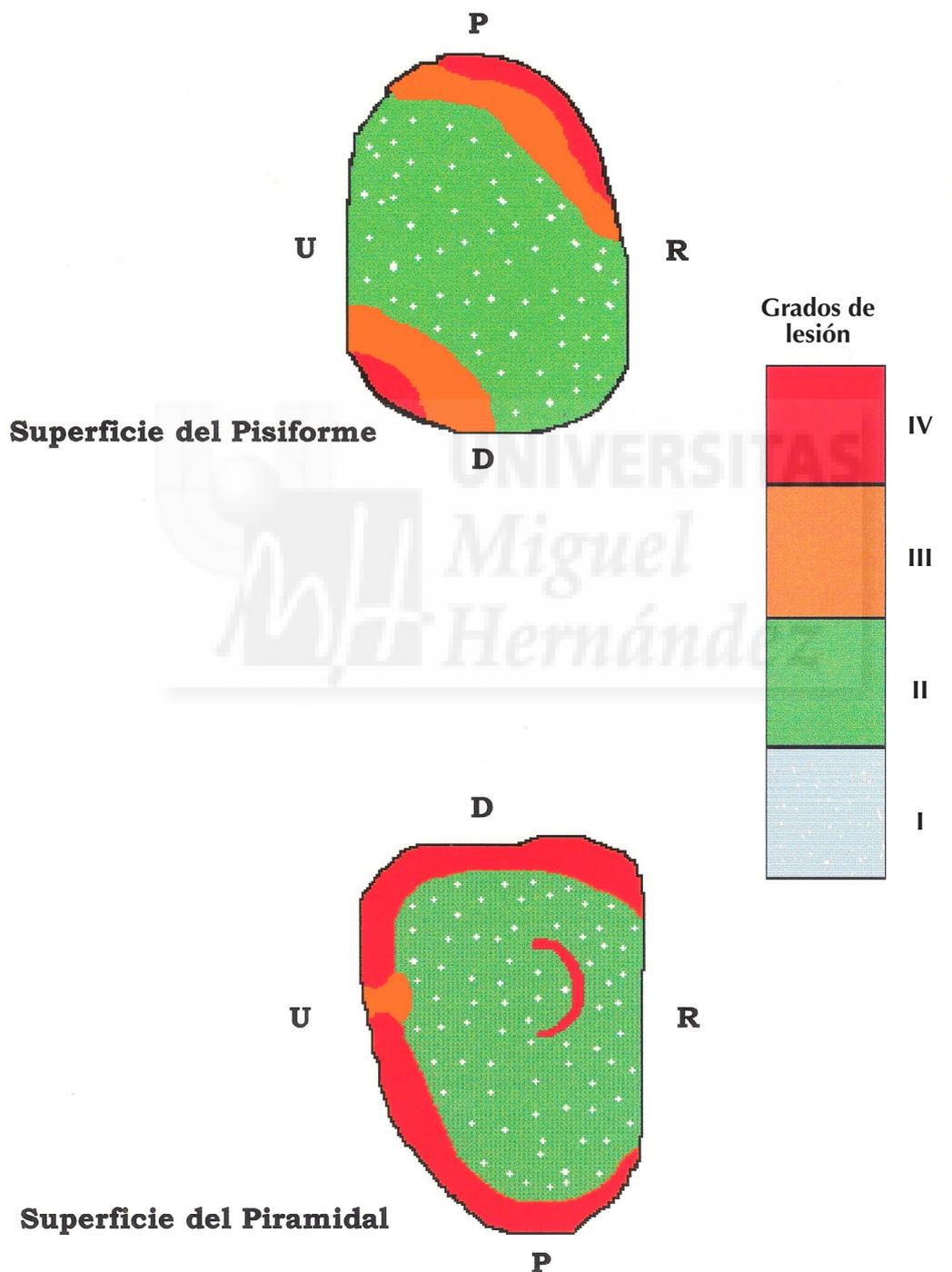
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (>800 UH) se concentra en la zona radial y central (700-800 UH) del hueso subcondral. La mínima densidad ósea (300-499 UH) se encuentra en el la zona ulnar (figura 4B).

Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis piso-piramidal

Especimen nº 4
Mano Derecha

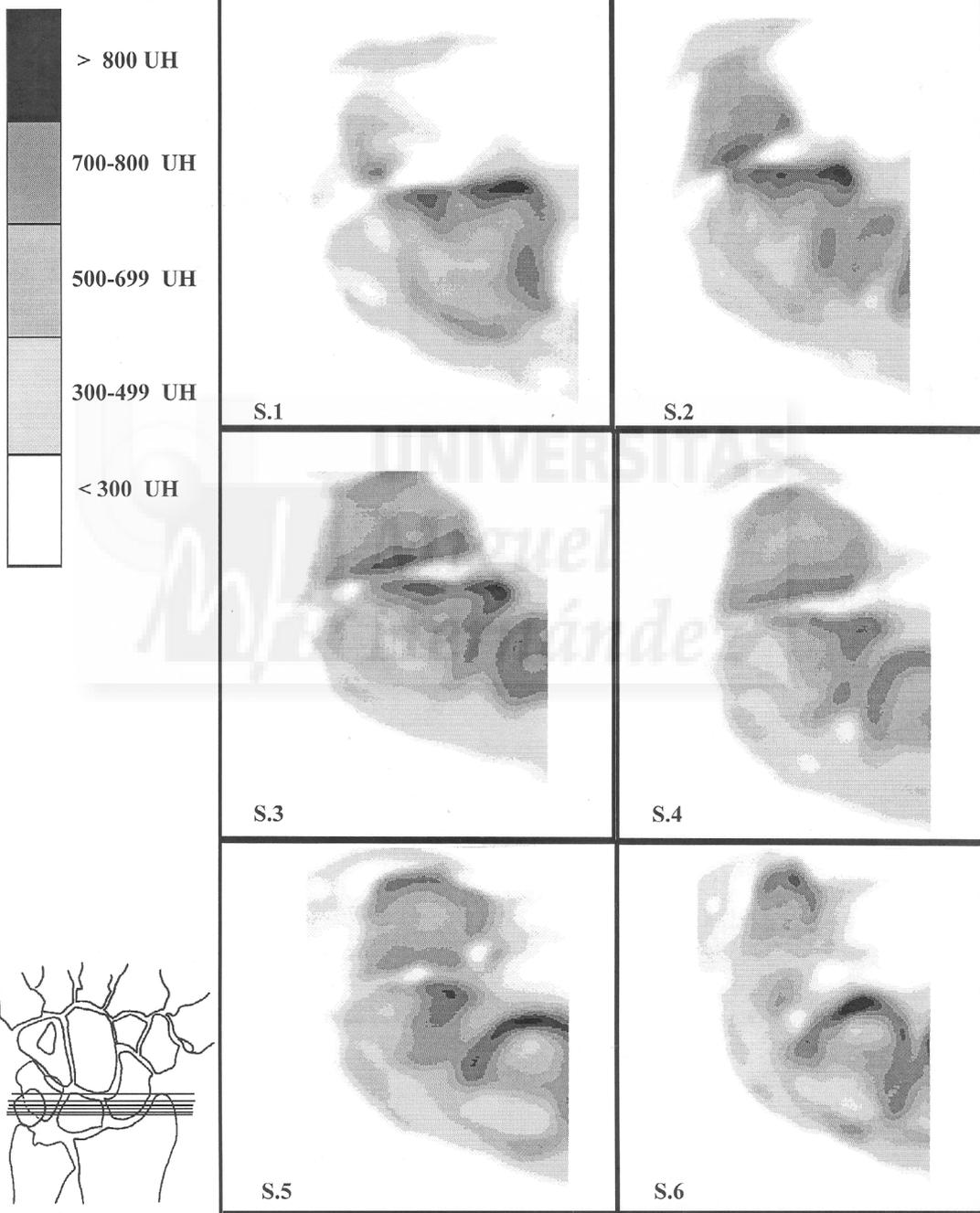


Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especimen nº 4

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 5

MANO DERECHA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 8 mm; diámetro longitudinal: 10 mm.

2. Cartílago articular

El área puntiforme situada en correspondencia con la zona de intersección de los bordes proximal y radial, junto con el área comprendida entre el tercio distal del borde radial y el tercio medio del borde distal corresponden a lesiones de grado IV. Las lesiones de grado III ocupan todo el borde ulnar y lo que resta de los bordes radial y distal. En el resto de la superficie articular coexisten lesiones de grado II y I. Según lo descrito, la degeneración severa de cartílago articular observa un patrón periférico (figura 5A).

3. Pliegues sinoviales

Los pliegues sinoviales se encuentran dispuestos en todo el borde radial y en la mitad proximal del borde ulnar.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (>800 UH) se observa en la zona radial, mientras que la mínima densidad ósea (300-499 UH) se localiza en la zona ulnar del hueso subcondral (figura 5B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 9 mm; diámetro longitudinal: 11 mm.

2. Cartílago articular

Se aprecian lesiones de grado IV en la zona de confluencia entre el borde proximal y el ulnar, así como en el área comprendida entre la mitad distal del borde radial y el tercio radial del borde distal. La zona que se extiende entre la mitad distal del borde ulnar y el tercio medio del borde distal corresponde con una zona de lesión de grado III. En el resto de la superficie articular confluyen lesiones de grado II y I. En conclusión, se observa una degeneración severa del cartílago articular que presenta un patrón periférico (figura 5A).

3. Pliegues sinoviales

Presenta cuatro pliegues sinoviales que están localizados en los cuatro bordes de la superficie articular.

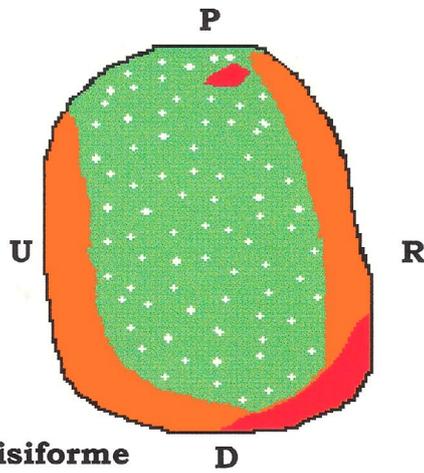
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (>800 UH) se encuentra en la zona radial y central (700-800 UH) de la superficie del hueso subcondral. La mínima densidad ósea (300-499 UH) corresponde a la zona ulnar (figura 5B)

Santana Maján, M.J.

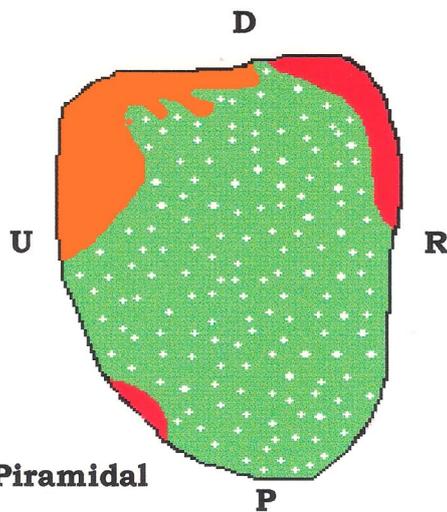
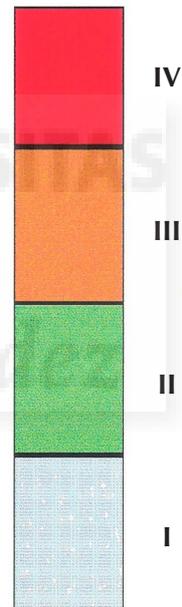
Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especimen nº 5
Mano derecha



Superficie del Pisiforme

Grados de
lesión



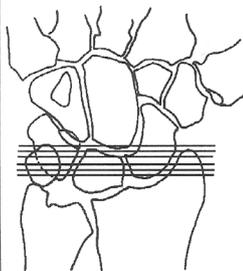
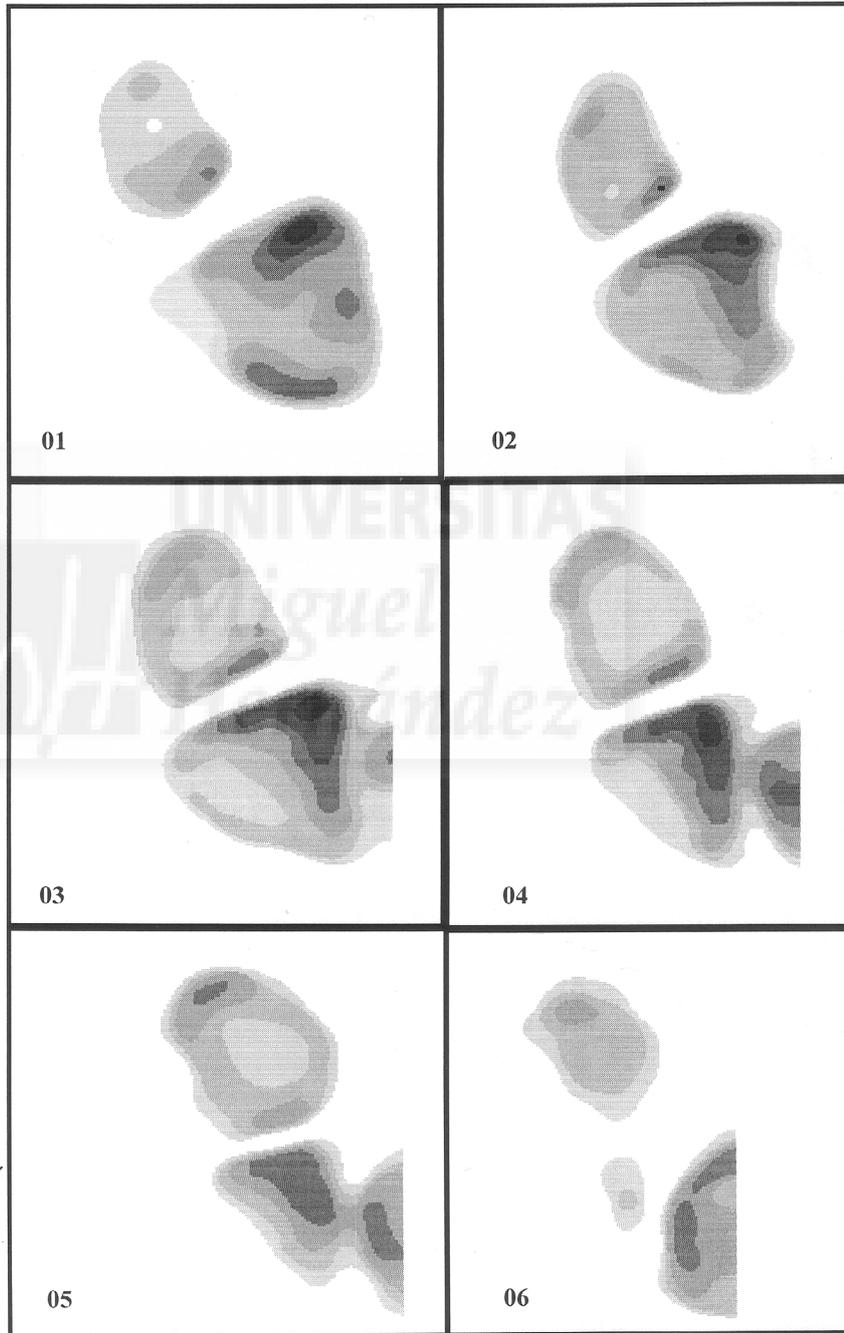
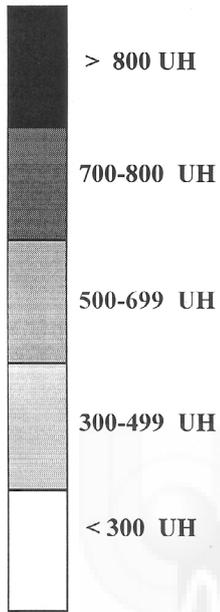
Superficie del Piramidal

Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especimen nº 5

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 6

MANO DERECHA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 10 mm; diámetro longitudinal: 11 mm.

2. Cartílago articular

El tercio ulnar de borde proximal y la zona de confluencia entre el tercio distal del borde radial y el tercio radial del borde distal presentan lesiones de grado IV. Las lesiones de grado III se distribuyen en el resto del borde proximal, en todo el borde radial, por dentro de la lesión de grado IV, hasta el tercio radial del borde distal y en todo el borde ulnar. El resto de la superficie articular está ocupada por lesiones de grado II y I. En conclusión, la degeneración severa del cartílago articular sigue un patrón periférico (figura 6A).

3. Pliegues sinoviales

Se localiza un pliegue sinovial en los dos tercios proximales del borde radial.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (>800 UH) se concentra sobre la zona radial, la zona central (>800 UH) y la zona ulnar (700-800 UH) de la superficie del hueso subcondral. La mínima densidad ósea (300-499 UH) se localiza en una zona extraarticular (figura 6B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 10 mm; diámetro longitudinal: 12 mm.

2. Cartílago articular

Presenta dos áreas de lesión de grado IV, una se extiende desde la mitad ulnar del borde proximal, pasa por el borde ulnar, hasta el tercio ulnar del borde distal, y la segunda ocupa desde los dos tercios distales del borde radial al tercio radial del borde distal. Las lesiones de grado III se distribuyen en forma de dos franjas, una en el tercio medio del borde radial, en su parte medial, y otra que desde la mitad distal del borde ulnar se extiende hasta ocupar el tercio medio del borde distal. Son lesiones de grado II y I, el resto de la superficie articular que incluye una pequeña franja situada en el cuadrante ulno-distal, intercalada entre las lesiones de grado IV y III. Según lo descrito, la degeneración severa del cartílago articular presenta un patrón periférico (figura 6A).

3. Pliegues sinoviales

Se observa un pliegue sinovial que va desde el borde proximal a la mitad proximal del borde radial.

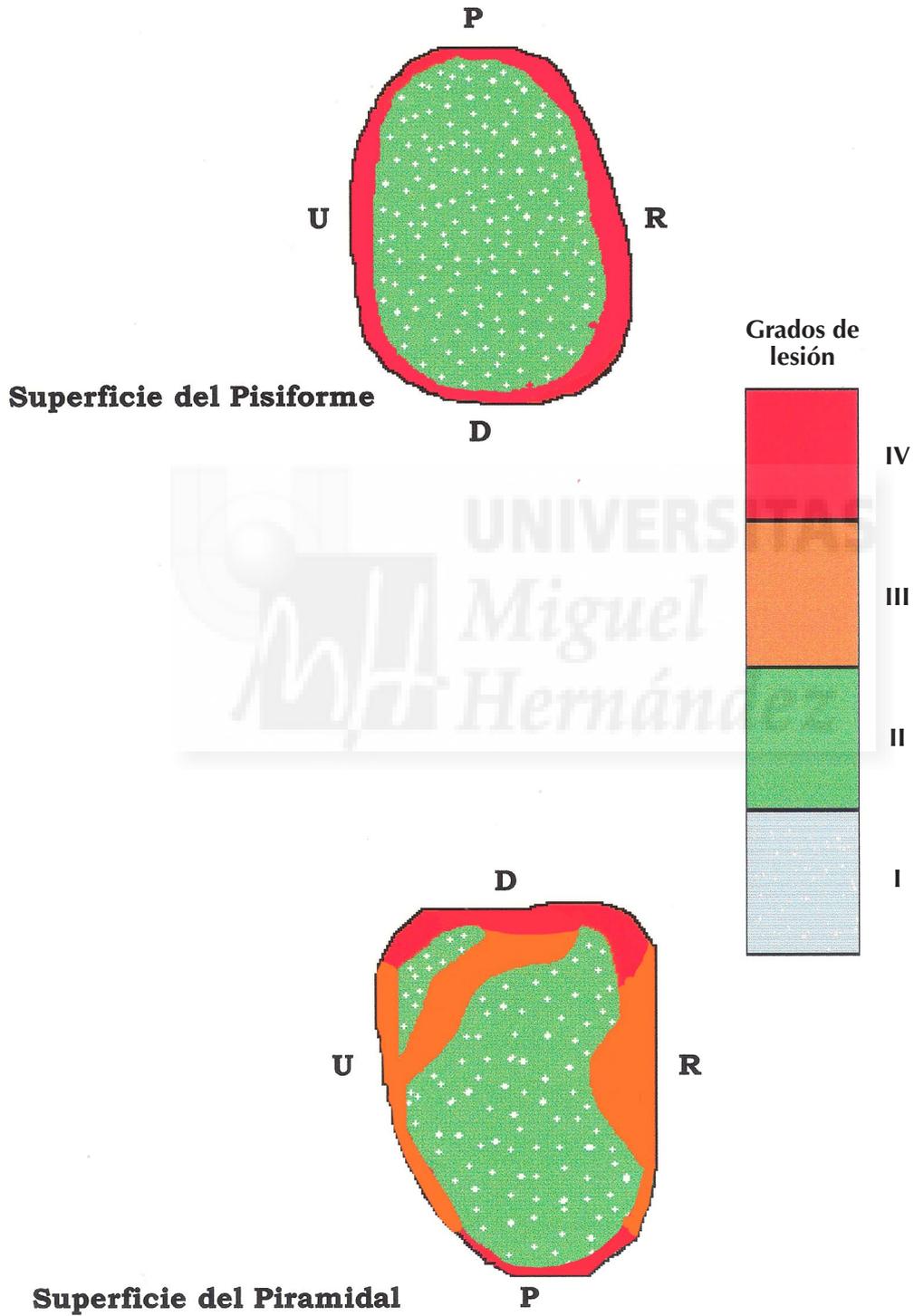
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (>800 UH) se encuentra en la zona radial, en la zona central (>800 UH) y en la zona ulnar (700-800 UH) de la superficie del hueso subcondral. La mínima densidad ósea (300-499 UH) se localiza en una zona extraarticular (figura 6B).

Santana Maján, M.J.

Cartílago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 6
Mano Derecha

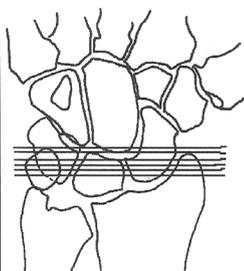
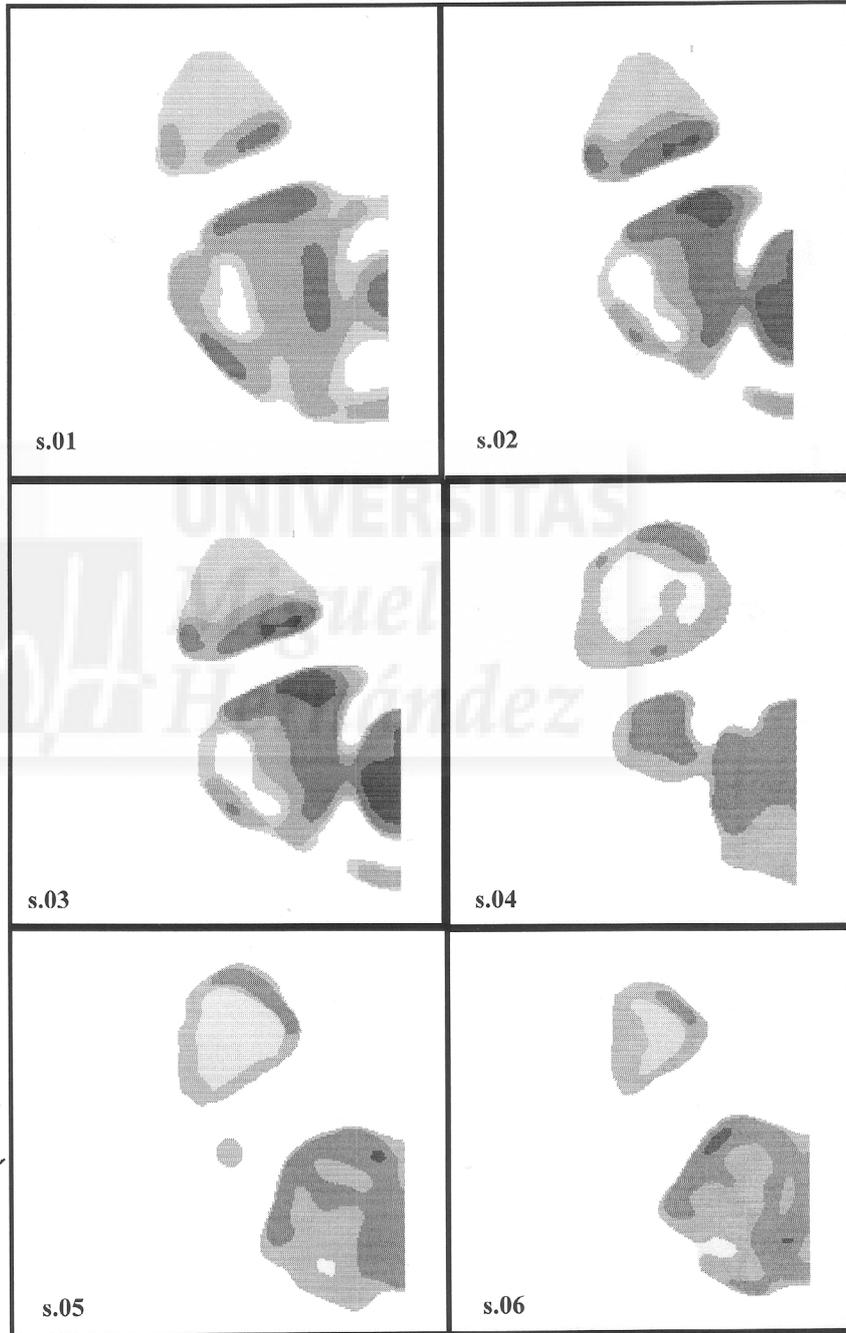
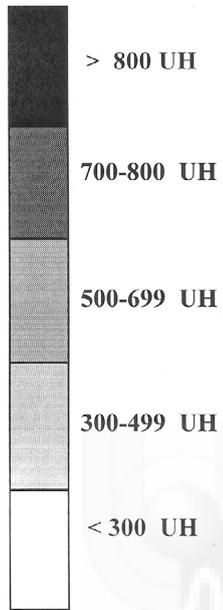


Santana Maján, M.J.

Cartílago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especímen nº 6

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 7

MANO DERECHA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 7 mm; diámetro longitudinal: 9 mm.

2. Cartílago articular

Todo el borde proximal está ocupado por una zona de lesión de grado IV. Toda la superficie del borde ulnar hasta la mitad ulnar del borde distal está ocupada por una zona de lesión de grado III. El resto de la superficie corresponde a lesiones de grados II y I. En resumen, la degeneración severa cartilaginosa observa un patrón periférico (figura 7A).

3. Pliegues sinoviales

El borde proximal y la mitad proximal del borde ulnar se hallan ocupados por un pliegue sinovial.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (>800 UH) se sitúa en la zona radial y en la zona central (700-800 UH) del hueso subcondral. Un nivel intermedio de densidad ósea (500-699 UH) está ubicado en la zona ulnar (figura 7B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 7 mm; diámetro longitudinal: 10 mm.

2. Cartílago articular

Las lesiones de IV grado se hallan distribuidas en todo el borde ulnar hasta el tercio ulnar del borde distal, en los dos tercios proximales del borde radial y en la zona central del cartílago en forma de pequeñas áreas lineales. La lesión de grado III ocupa la superficie que desde el borde proximal, pasa por el borde radial, (medial a la lesión de IV grado) y llega al borde distal con una pequeña inclusión hacia el centro del cuadrante ulnodistal. El resto del cartílago está ocupado por lesiones de grados II y I. En resumen, la degeneración severa de la superficie articular es periférica y en menor grado central (figura 7A).

3. Pliegues sinoviales

Presenta un amplio pliegue sinovial que va desde la mitad distal del borde radial hasta ocupar todo el borde distal.

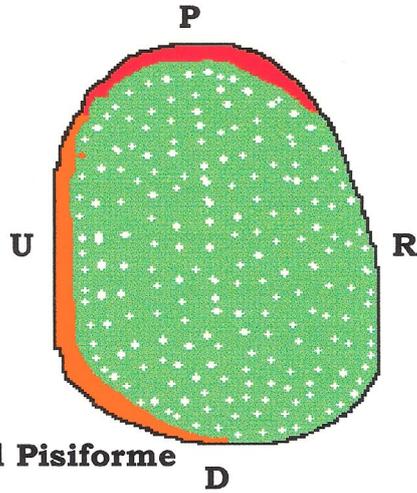
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea se encuentra en correspondencia con la zona radial (>800 UH) y la zona central (700-800 UH), mientras que se localiza un nivel intermedio de densidad ósea (500-699 UH) en la zona ulnar del hueso subcondral (figura 7B).

Santana Maján, M.J.

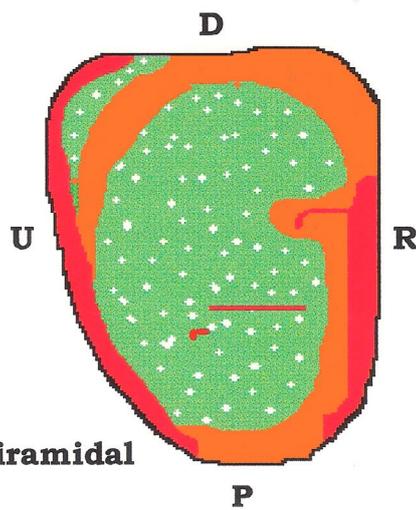
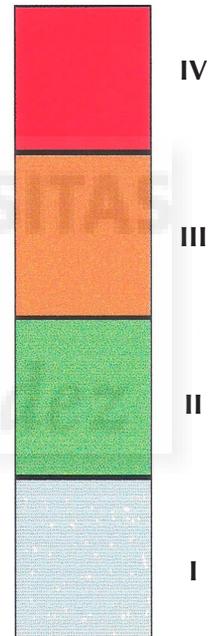
Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 7
Mano Derecha



Superficie del Pisiforme

Grados de
lesión



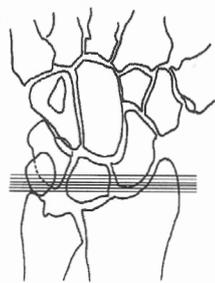
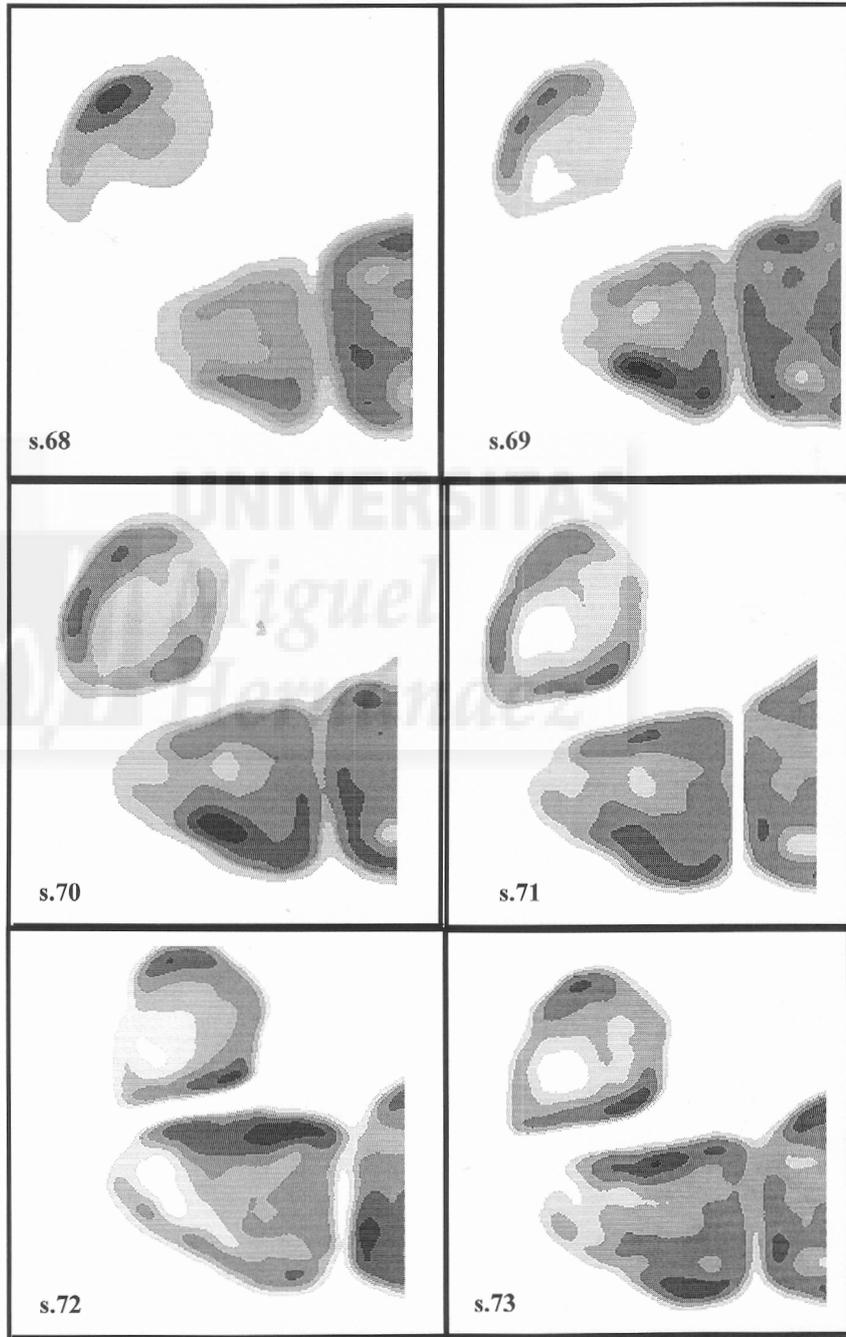
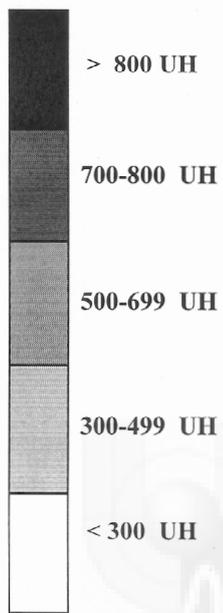
Superficie del Piramidal

Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especimen nº 7

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 8

MANO DERECHA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 7 mm; diámetro longitudinal: 9 mm.

2. Cartílago articular

En la mitad lateral del borde ulnar y en el área puntiforme situada entre los bordes radial y distal, las lesiones son de grado IV. Las lesiones de grado III se distribuyen en una amplia zona situada desde el borde proximal a la mitad proximal del borde ulnar y así como en el centro del borde distal. El resto de la superficie está ocupado por lesiones de grado II y I. En resumen, la degeneración cartilaginosa más severa observa un patrón periférico (figura 8A).

3. Pliegues sinoviales

Se localizan dos pliegues sinoviales que ocupan la amplia zona situada desde el tercio ulnar del borde proximal a los dos tercios ulnares del borde distal, pasando por el borde ulnar, así como la superficie de los dos tercios proximales del borde radial.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea se localiza en la zona central (>800 UH), mientras que los valores mínimos de densidad ósea se localizan en las zonas ulnar y radial (500-699 UH) del hueso subcondral (figura 8B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 7 mm; diámetro longitudinal: 10 mm.

2. Cartílago articular

El área de confluencia entre los bordes radial y distal, así como la pequeña zona puntiforme situada en la zona central del cuadrante próximo-ulnar presentan lesiones de grado IV. El área que ocupa el resto del borde distal, y en todo el borde ulnar y todo el proximal es una lesión de grado III. La amplia zona central y el borde radial están ocupados por lesiones de grado II y I. En resumen, la degeneración más grave del cartílago observa un patrón periférico (figura 8A).

3. Pliegues sinoviales

Los pliegues sinoviales están localizados en el borde proximal, el borde radial y la zona comprendida entre los dos tercios distales del borde ulnar a los dos tercios ulnares del borde distal.

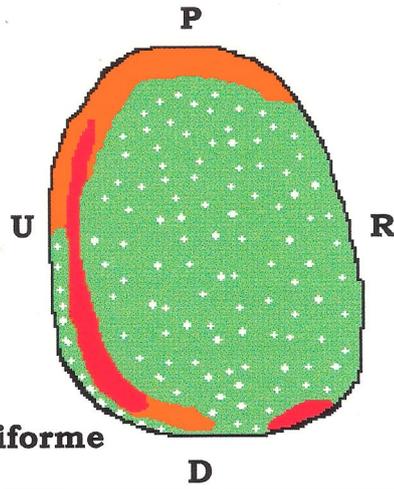
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea se concentra en la zona radial (>800 UH) y en la zona central (>800 UH). Por contra, valores intermedios de densidad ósea (500-699 UH) se localizan en la zona ulnar del hueso subcondral (figura 8B).

Santana Maján, M.J.

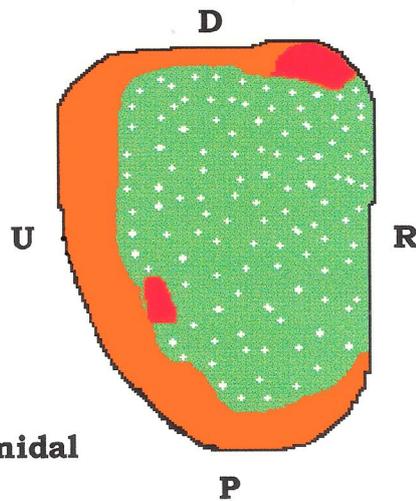
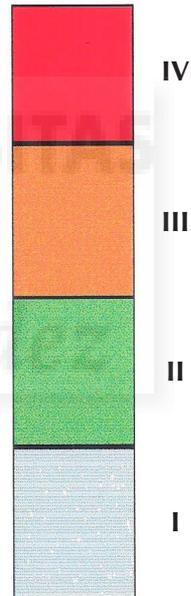
Cartílago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 8
Mano Derecha



Superficie del Pisiforme

Grados de
lesión



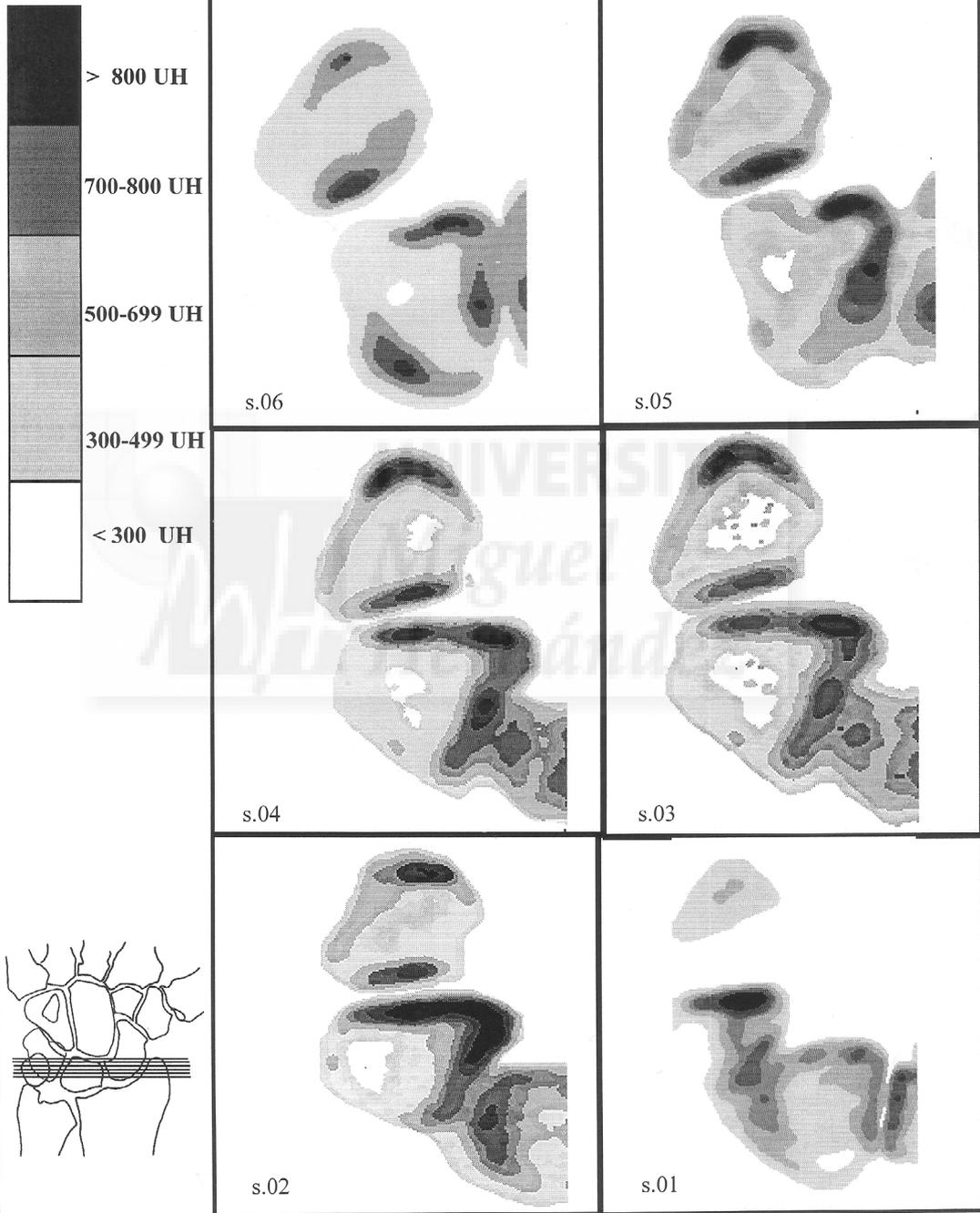
Superficie del Piramidal

Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 8

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 9

MANO IZQUIERDA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 7 mm; diámetro longitudinal: 10 mm.

2. Cartílago articular

Se aprecian lesiones de grado IV en todo el borde proximal y en la mitad proximal del borde radial. Las lesiones de grado III se distribuyen en la superficie que incluye la parte más interna del borde radial en correspondencia con su mitad proximal, el resto de borde radial, todo el borde distal y parte del tercio distal del borde ulnar. El resto de la superficie articular está ocupado por lesiones de grado II y I. En conclusión, la degeneración severa de cartílago articular observa un patrón periférico (figura 9A).

3. Pliegues sinoviales

En este espécimen no se aprecian pliegues sinoviales en la superficie articular del hueso pisiforme.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (700-800 UH) se localiza en la zona radial, el valor intermedio de se encuentra en la zona central (500-699 UH) y la mínima densidad ósea corresponde la zona ulnar (300-499 UH) del hueso subcondral (figura 9B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 7 mm; diámetro longitudinal: 10 mm.

2. Cartílago articular

Las lesiones de grado IV se distribuyen en la zona de intersección entre el borde proximal y el borde radial, en una pequeña zona localizada en el tercio proximal del borde ulnar y en la zona que se extiende desde el tercio distal del borde ulnar al tercio ulnar del borde distal. Presenta una amplia lesión de grado III que ocupa los cuatro bordes del cartílago y rodea la zona central en forma de anillo. En el centro de la superficie articular se aprecian lesiones de grado II y I. En resumen, la degeneración severa de cartílago presenta un patrón periférico (figura 9A).

3. Pliegues sinoviales

Se localizan dos pliegues sinoviales que corresponden a los bordes radial y ulnar.

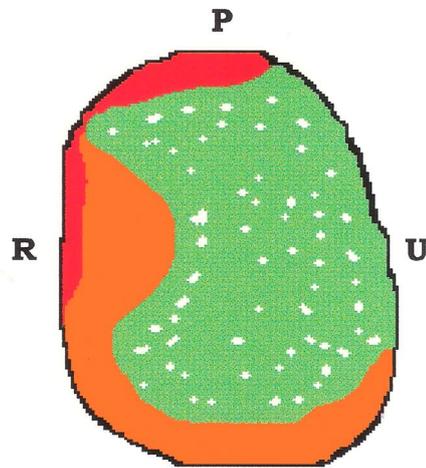
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (700-800 UH) corresponde la zona radial del hueso subcondral, el valor intermedio de se encuentra en la zona central (500-699 UH) y la mínima densidad ósea se observa en la zona ulnar (300-499 UH) (figura 9B).

Santana Maján, M.J.

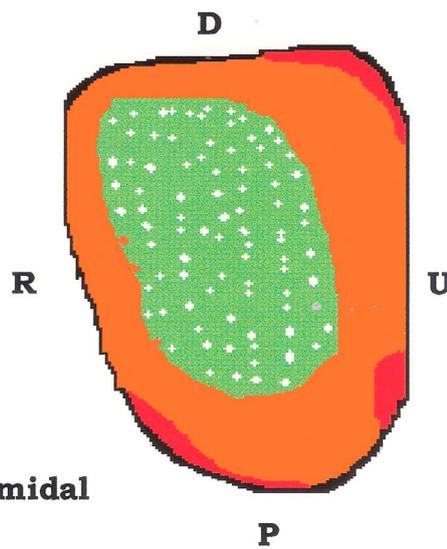
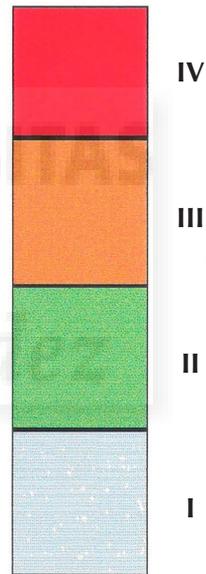
Cartílago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 9
Mano Izquierda



Superficie del Pisiforme

Grados de
lesión



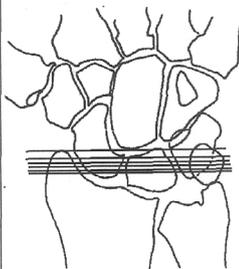
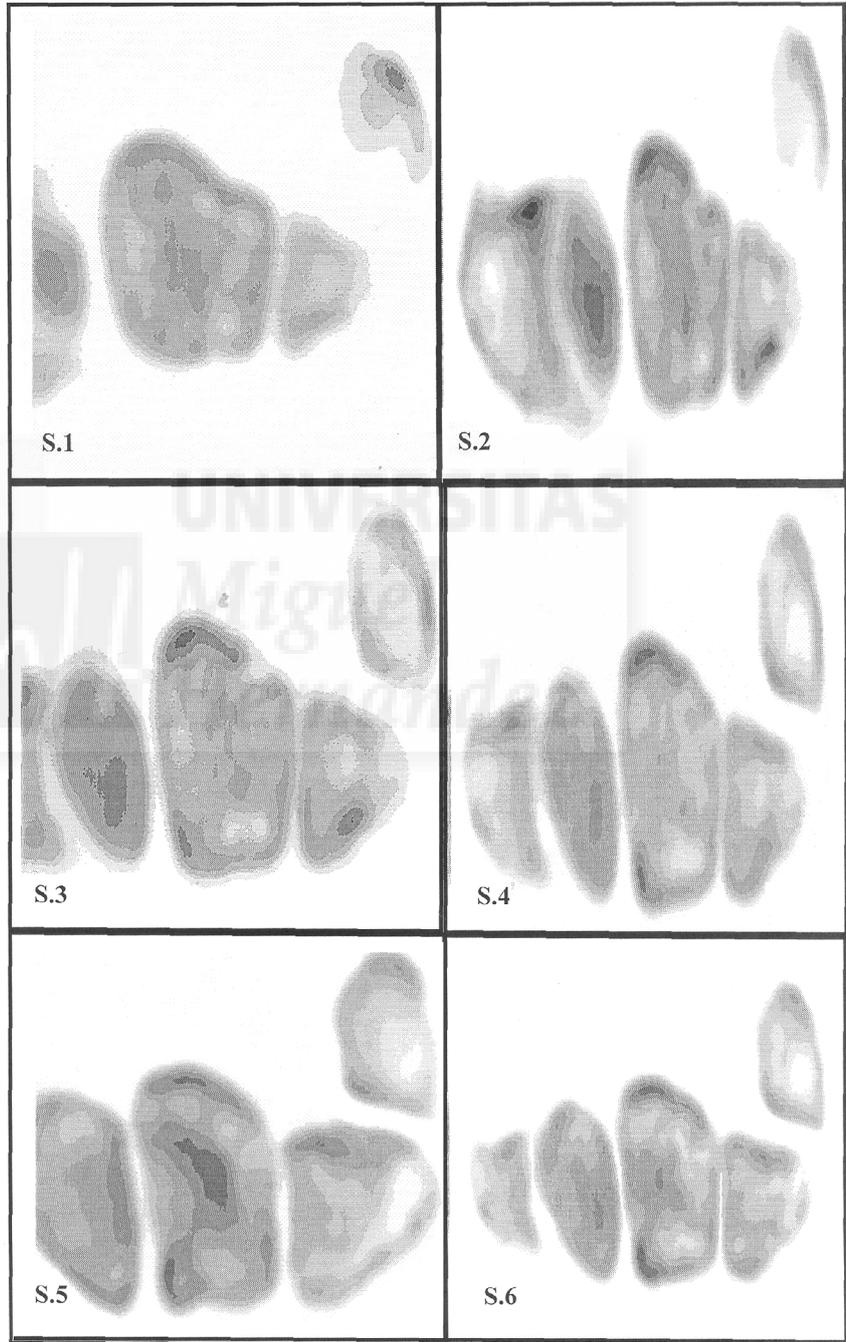
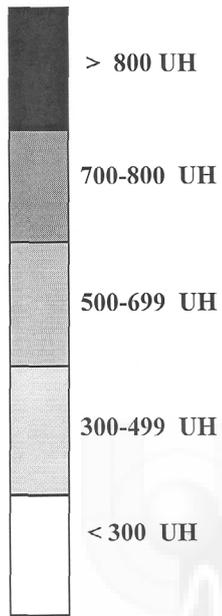
Superficie del Piramidal

Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especimen nº 9

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 10

MANO DERECHA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 8 mm; diámetro longitudinal 10 mm.

2. Cartílago articular

Los bordes proximal y radial, junto con la mitad proximal del borde ulnar, y la mitad radial del borde distal están ocupados por una extensa zona de lesión de grado III. En el resto de la superficie confluyen lesiones de grado II y I. En resumen, se observa un patrón periférico de degeneración moderada cartilaginosa (figura 10A).

3. Pliegues sinoviales

No se observan pliegues en esta superficie.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea se localiza en la zona central (>800 UH), mientras que los valores intermedios de densidad ósea corresponden la zona ulnar y radial (500-699 UH) del hueso subcondral (figura 10B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 7 mm; diámetro longitudinal: 9 mm.

2. Cartílago articular

En los bordes proximal y radial, así como en la zona que se extiende desde el tercio distal del borde ulnar hasta el tercio ulnar del borde distal aparecen lesiones de grado III. En el resto de la superficie las lesiones son de grado II y I. En resumen, existe un patrón periférico de degeneración moderada en el cartílago articular (figura 10A).

3. Pliegues sinoviales

Se localiza un gran pliegue sinovial que se extiende desde la mitad radial del borde proximal y ocupa todo el borde radial.

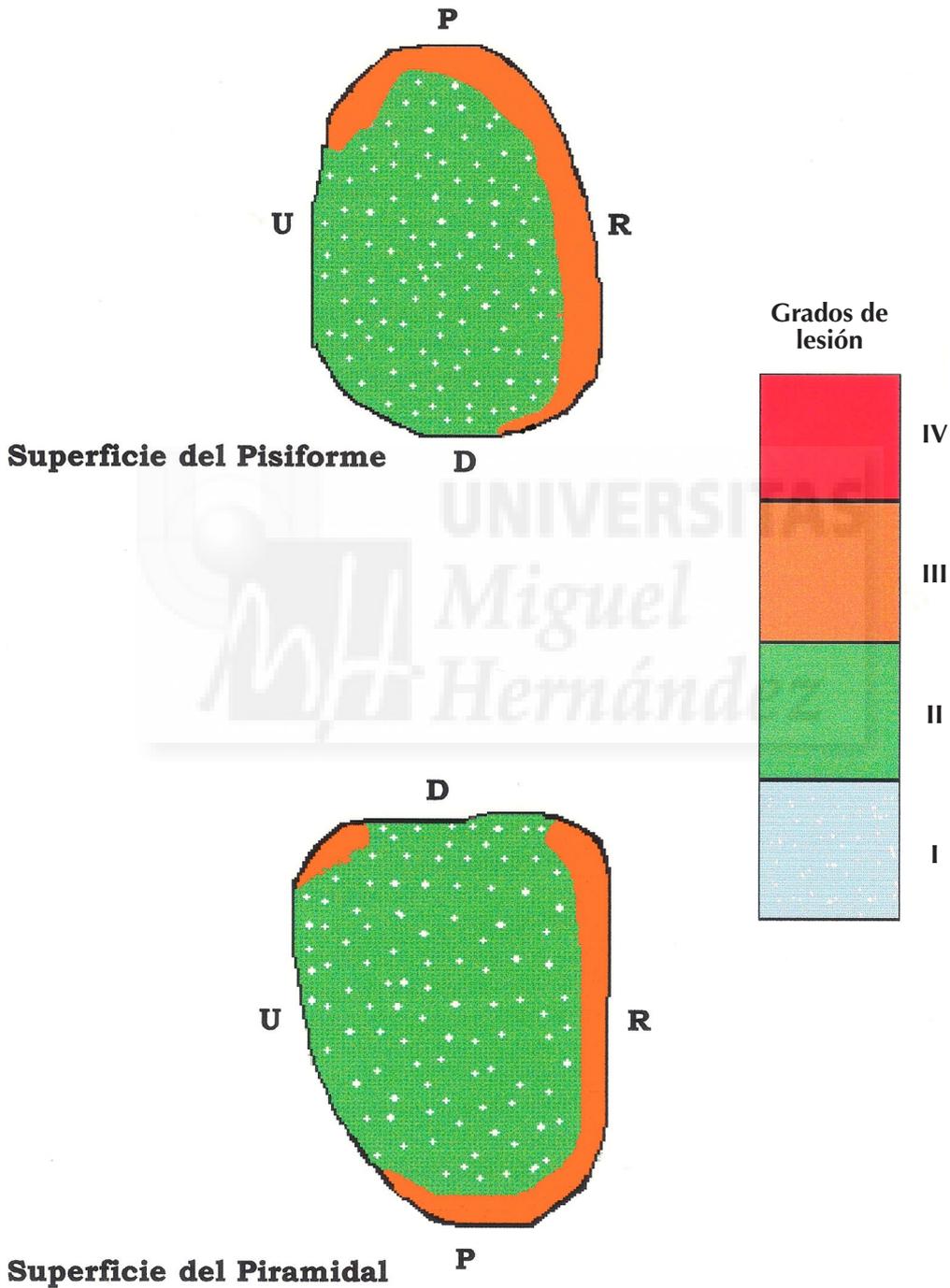
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea se concentra en la zona radial (>800 UH) y en la zona central (>800 UH). Por contra, valores intermedios de densidad ósea (500-699 UH) se localizan en la zona del hueso subcondral (figura 10B).

Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 10
Mano Derecha

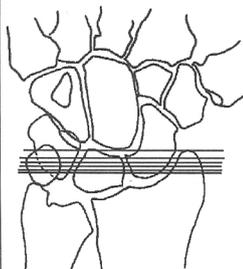
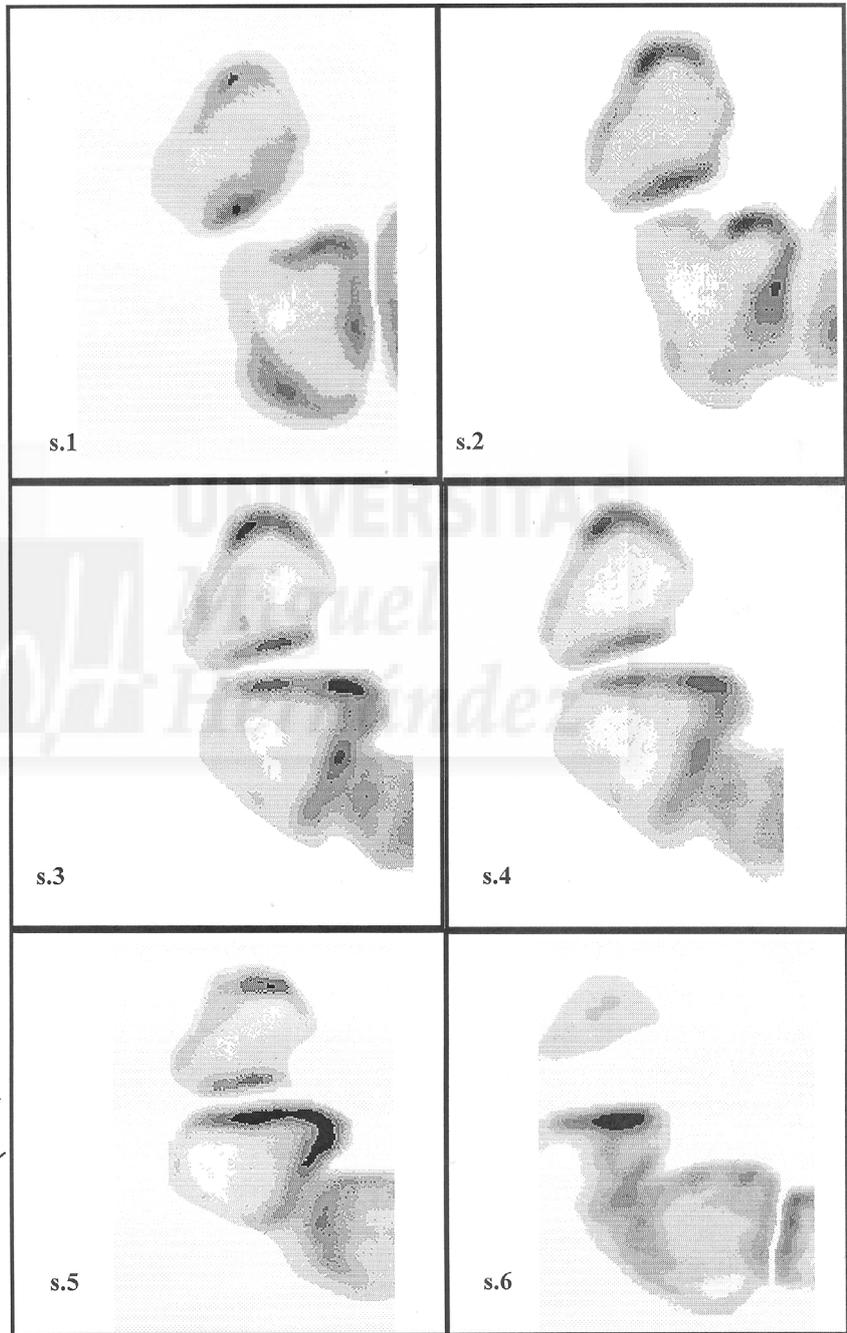
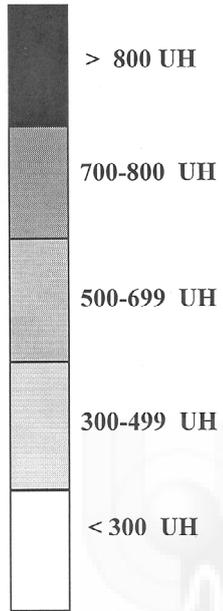


Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 10

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 11

MANO IZQUIERDA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 7 mm; diámetro longitudinal: 12 mm.

2. Cartílago articular

Se observan lesiones de grado IV en el tercio medio del borde radial con forma de semiluna, en la mitad distal del borde ulnar con forma triangular con vértice hacia distal, y en el borde distal, también con forma de triángulo con el vértice hacia el centro. Las lesiones de grado III se distribuyen en la superficie que se extiende desde el tercio proximal del borde radial, incluye todo el borde proximal hasta el tercio proximal del borde ulnar, así como en el tercio medio de borde ulnar, y en la superficie que ocupa parte del tercio distal del borde ulnar, el tercio medio del borde distal y en el resto del borde radial. En el resto del cartílago articular las lesiones son de grado II y I. En resumen, la degeneración cartilaginosa más severa se distribuye de forma periférica (figura 11A).

3. Pliegues sinoviales

Están localizados en todo el borde ulnar y en el centro del borde distal. En el tercio medio del borde distal se aprecia un tejido sinovial adherido dentro de la superficie articular (figura).

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea se localiza en la zona central (>800 UH), en la zona radial aparecen valores intermedios (500-699 UH). La mínima densidad ósea se observa en la zona ulnar (300-499 UH) del hueso subcondral (figura 11B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 7 mm; diámetro longitudinal: 12 mm.

2. Cartílago articular

Las lesiones de grado IV se distribuyen en la superficie que desde el tercio ulnar del borde proximal ocupa gran parte del cuadrante próximo-ulnar, atraviesa el centro del cartílago y llega hasta casi el borde distal a través de dos prolongaciones y de cuatro pequeñas lesiones distales localizadas en el tercio radial y en el tercio ulnar del borde distal. Las lesiones de grado III se localizan en el cuadrante próximo-radial, en la zona centro-radial, en gran parte del cuadrante radio-distal y en correspondencia con el tercio ulnar del borde distal. El resto del cartílago presenta lesiones de grado II y I. Según los hallazgos, la degeneración cartilaginosa severa sigue un patrón central y periférico (figura 11A).

3. Pliegues sinoviales

Se localiza un gran pliegue sinovial que desde el tercio medio del borde proximal, se extiende por todo el borde radial, ocupa casi la totalidad del cuadrante radio-distal, así como todo el borde distal.

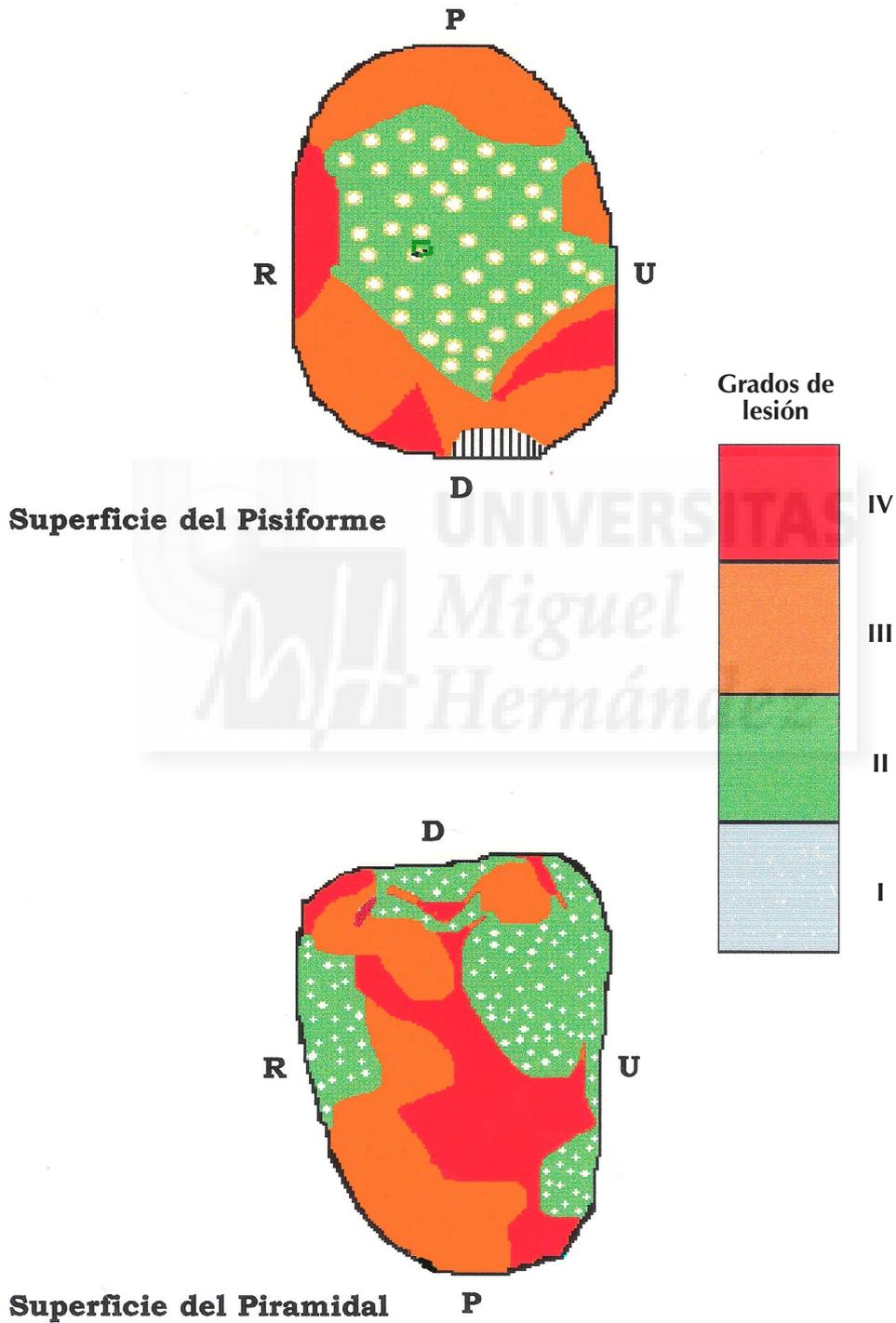
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (>800 UH) se concentra en la zona central del hueso subcondral, y en la zona radial aparecen valores intermedios (500-699 UH). La mínima densidad ósea se localiza en la zona ulnar (300-499 UH) del hueso subcondral (figura 11B).

Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral en la artrosis pisi-piramidal

Especimen nº 11
Mano Izquierda

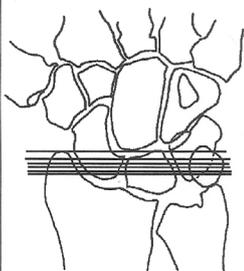
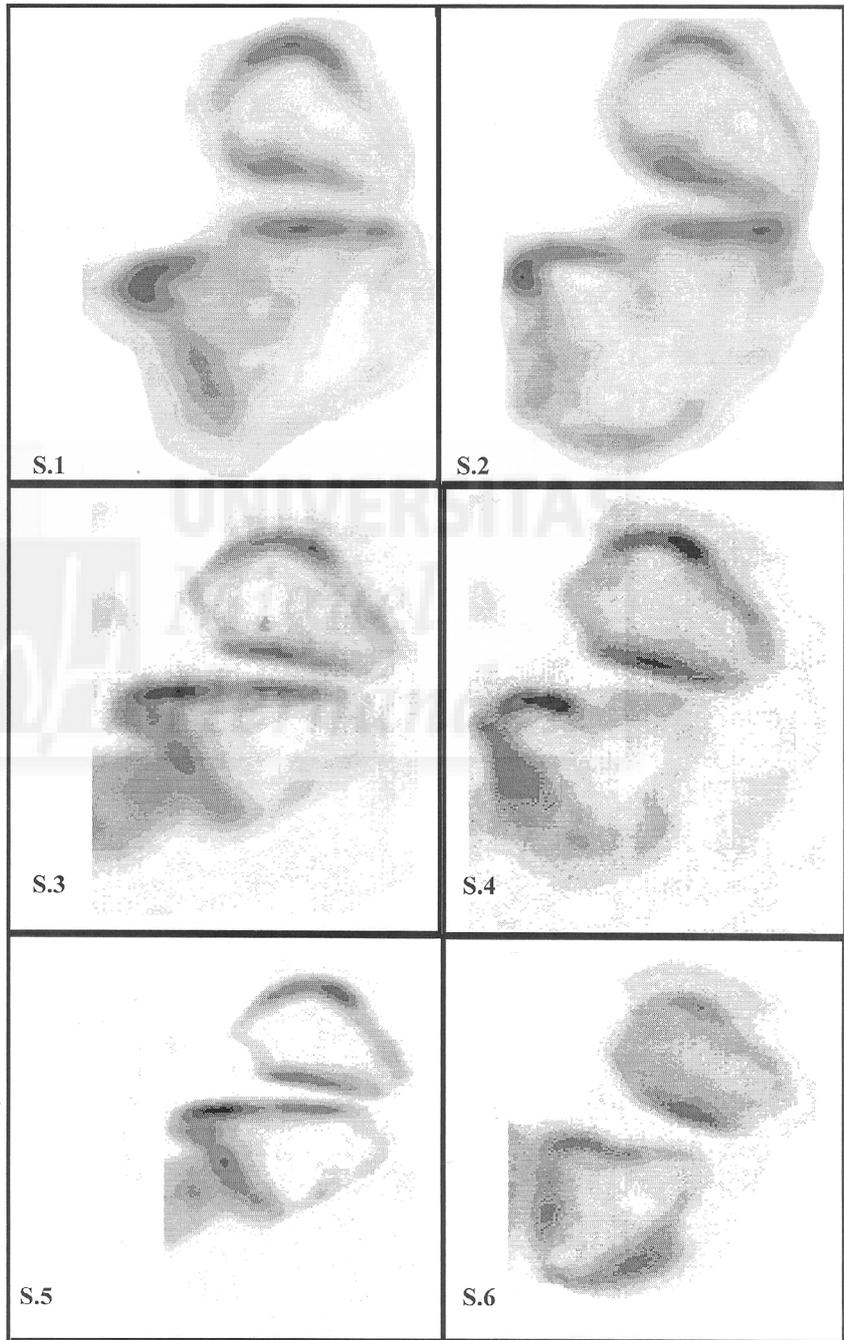
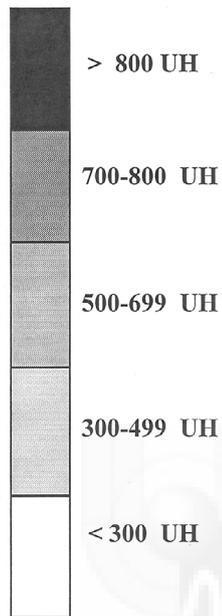


Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especimen nº 11

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 12

MANO IZQUIERDA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 8 mm; diámetro longitudinal: 9 mm.

2. Cartílago articular

En esta superficie no se aprecian lesiones de grado IV. Existen dos zonas de lesión de grado III, una en la mitad radial del borde proximal y la otra en la mitad ulnar del borde distal. Las lesiones de grado II y I se distribuyen desde el tercio medio del borde proximal al tercio distal del borde radial y así como en todo el borde distal incluyendo los tercios distales de los bordes radial y ulnar. No se aprecia ningún otro tipo de lesión en el resto del cartílago articular, que aparece con un aspecto normal. Según los hallazgos, existe una leve degeneración cartilaginosa de carácter periférico (figura 12A).

3. Pliegues sinoviales

No se observan pliegues sinoviales en este espécimen.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (700-800 UH) corresponde a la zona central del hueso subcondral. Valores intermedios de densidad ósea se localizan en la zona ulnar (500-699 UH) y en la zona radial (500-699 UH) (figura 12B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 8 mm; diámetro longitudinal: 11 mm.

2. Cartílago articular

Las lesiones de grado II y I ocupan una pequeña franja en la zona interna de confluencia entre los bordes proximal y radial, así como dos pequeñas franjas paralelas incluidas en correspondencia del tercio medio del borde distal. No se aprecia ningún otro tipo de lesión en el resto de la superficie articular, donde el cartílago aparece con un aspecto normal. Los hallazgos indican una leve degeneración periférica del cartílago articular (figura 12A).

3. Pliegues sinoviales

Existe un pequeño pliegue sinovial en el tercio proximal del borde radial.

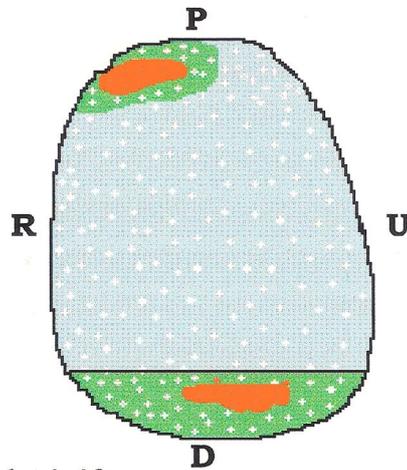
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (700-800 UH) se concentra en la zona central del hueso subcondral. Como en el pisiforme, valores intermedios de densidad ósea corresponden a la zona ulnar (500-699 UH) y la zona radial (500-699 UH) (figura 12B).

Santana Maján, M.J.

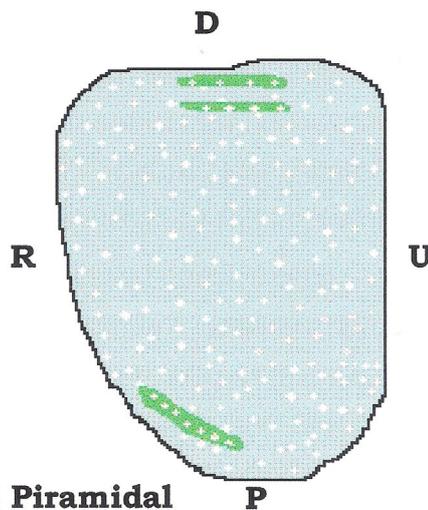
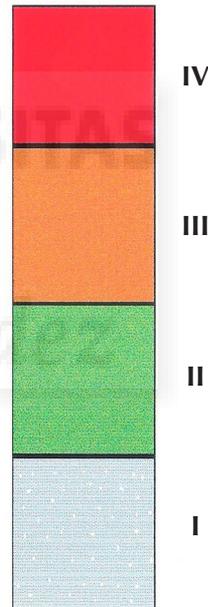
Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 12
Mano Izquierda



Superficie del Pisiforme

Grados de
lesión



Superficie del Piramidal

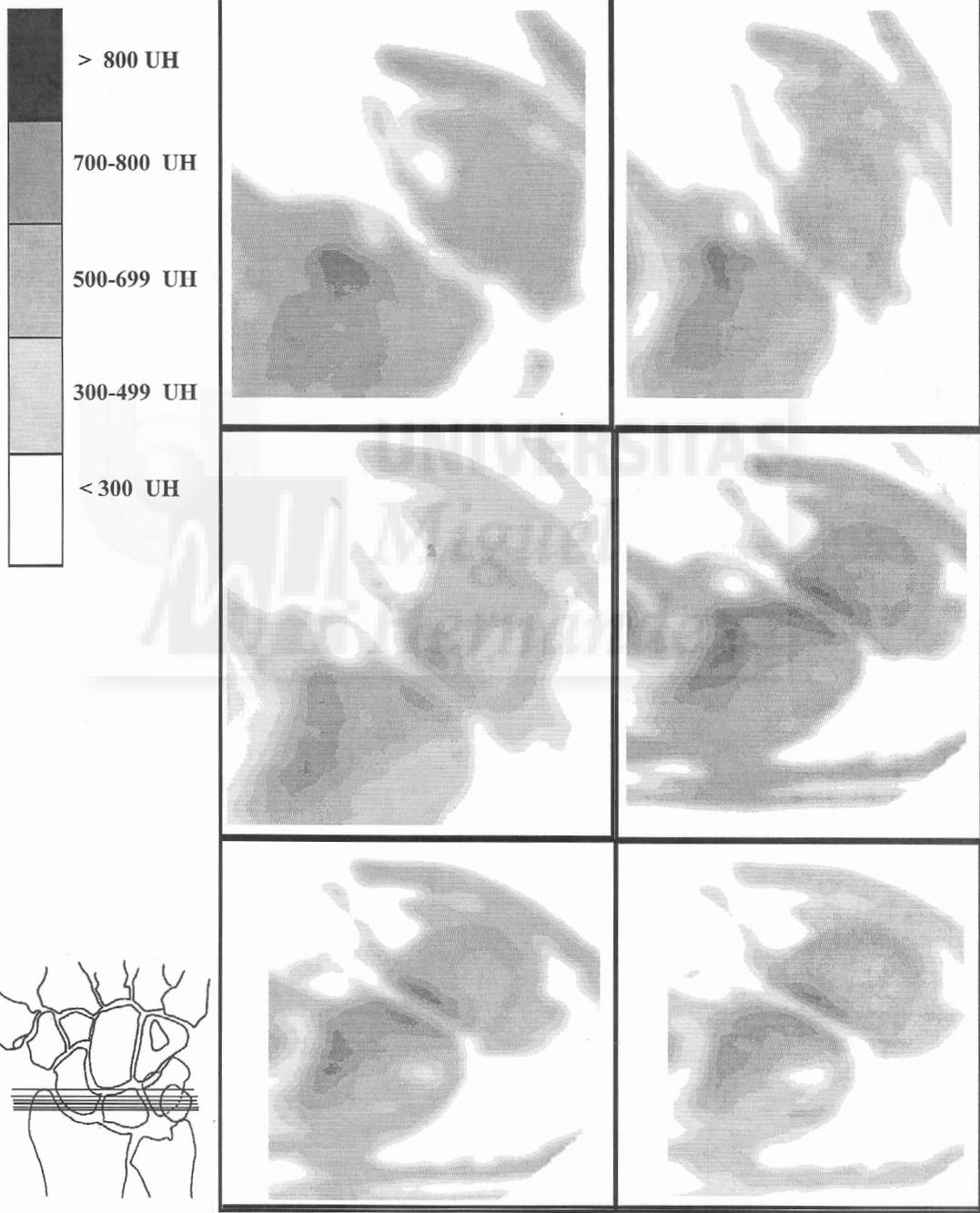
Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

1

Especimen nº 12

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 13

MANO IZQUIERDA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 8 mm; diámetro longitudinal: 10 mm.

2. Cartílago articular

Existe una lesión de grado IV en la mitad radial del borde distal. Las lesiones de grado III se hallan en el tercio distal del borde radial y en la superficie que ocupa todo el borde ulnar hasta la mitad ulnar del borde distal. El resto del cartílago presenta lesiones de grado II y I. En resumen, se observa una moderada degeneración de distribución periférica de la superficie articular (figura 13A).

3. Pliegues sinoviales

Existe un único y amplio pliegue sinovial que desde el tercio medio del borde proximal, ocupa los bordes radial y distal por completo.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea del hueso subcondral del pisiforme se encuentra en la zona central (>800 UH). En las zonas radial y ulnar del hueso subcondral se localizan valores intermedios de densidad ósea (500-699 UH) (figura 13B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 8 mm; diámetro longitudinal: 11 mm.

2. Cartílago articular

Se observa una pequeña lesión de grado IV de forma linear que desde el tercio proximal del borde ulnar se extiende hacia el centro de la superficie articular. Dicha lesión está rodeada por una zona de lesión de grado III, grado al que pertenece la lesión localizada en el tercio proximal del borde radial. Lesiones de grado II y I confluyen en el resto de la superficie articular. En conclusión, existe una moderada degeneración de distribución periférica de la superficie articular (figura 13A).

3. Pliegues sinoviales

Presenta un extenso pliegue sinovial que desde el tercio medio del borde proximal ocupa todo el borde radial y termina en el tercio medio del borde distal.

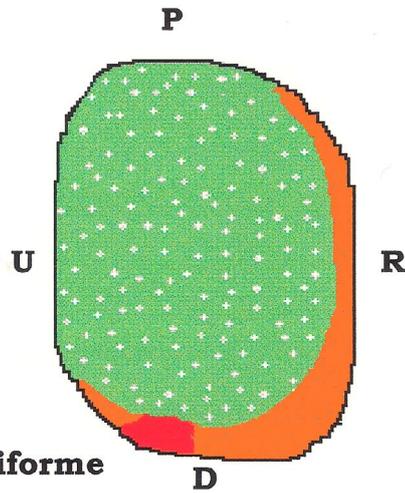
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (>800 UH) se encuentra en la zona central del hueso subcondral. En las zonas radial y ulnar del hueso subcondral se localizan valores intermedios de densidad ósea (500-699 UH) (figura 13B).

Santana Maján, M.J.

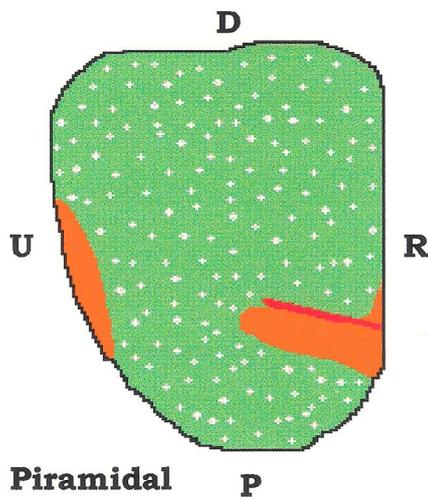
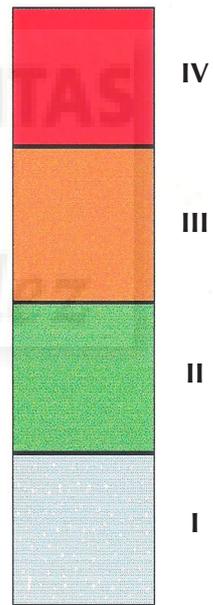
Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especimen nº 13
Mano Derecha



Superficie del Pisiforme

Grados de
lesión



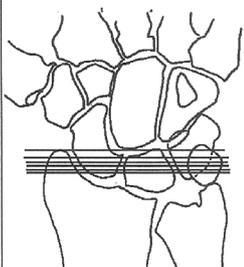
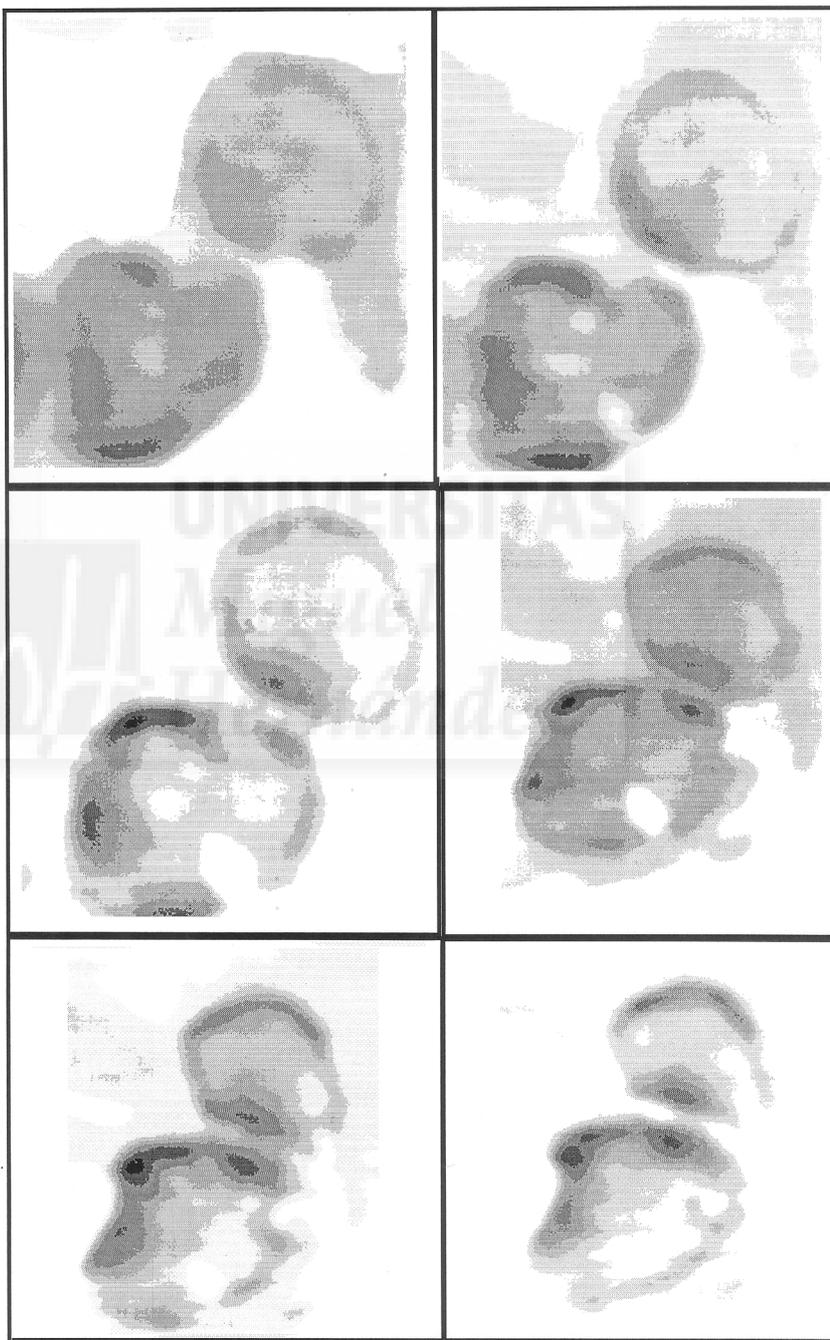
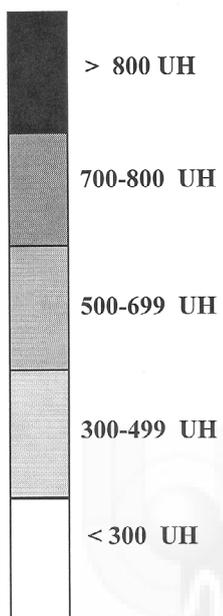
Superficie del Piramidal

Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral 1
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 13

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 14

MANO IZQUIERDA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 11 mm; diámetro longitudinal: 12 mm.

2. Cartílago articular

Se aprecian lesiones de grado IV en la superficie que ocupa todo el borde proximal y el tercio proximal del borde radial, así como en el tercio radial del borde distal. El resto del borde radial junto con los dos tercios centrales del borde ulnar son lesiones de grado III. Las lesiones de grado II y I se encuentran intercaladas en el resto de la superficie articular. Según lo descrito, existe una degeneración grave periférica de la superficie articular (figura 14A).

3. Pliegues sinoviales

Se observa un único pliegue sinovial que se extiende desde la mitad radial del borde proximal, ocupa todo el borde radial hasta el tercio radial del borde distal.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea del hueso subcondral (700-800 UH) se encuentra en la zona central y en la zona radial. La mínima densidad ósea está localizada en la zona ulnar (300-499 UH) (figura 14B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 10 mm; diámetro longitudinal: 12 mm.

2. Cartílago articular

Todo el borde distal está ocupado parte del tercio distal del borde ulnar por una lesión de grado IV. La zona de lesión de grado III corresponde a todo el borde ulnar, continua en la zona más proximal del borde distal y termina en la mitad distal del borde radial. El área con lesiones de grado II y I corresponde al resto de la superficie articular. En resumen, se observa una degeneración severa del cartílago articular que sigue un patrón periférico (figura 14A).

3. Pliegues sinoviales

Los pliegues sinoviales se distribuyen en todo el borde proximal, en el tercio distal del borde ulnar y entre el tercio radial del borde distal y el tercio distal del borde radial.

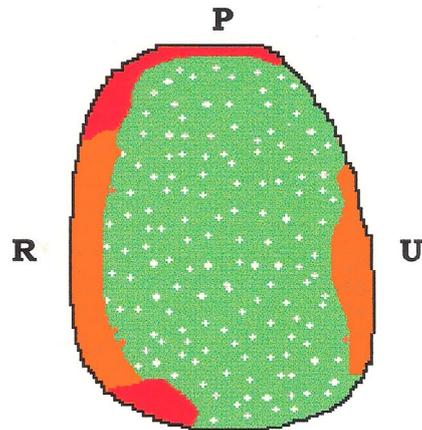
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea del hueso subcondral se encuentra en la zona central (>800 UH). Se encuentran valores intermedios (500-699 UH) en la zona radial del hueso subcondral. La mínima densidad ósea está localizada en la zona ulnar (300-499 UH) (figura 14B).

Santana Maján, M.J.

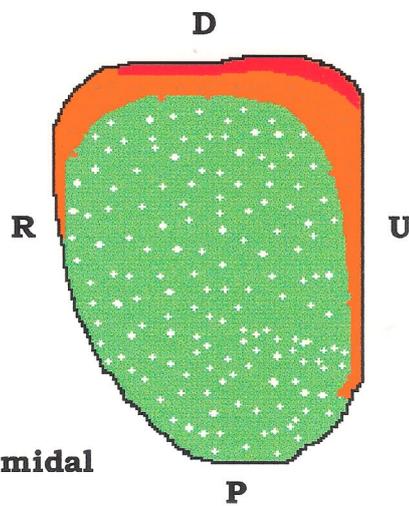
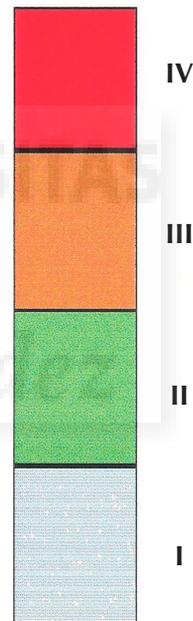
Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especimen nº 14
Mano Izquierda



Superficie del Pisiforme **D**

**Grados de
lesión**



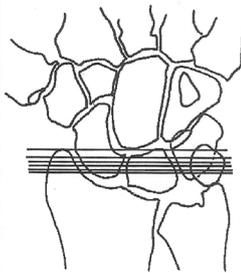
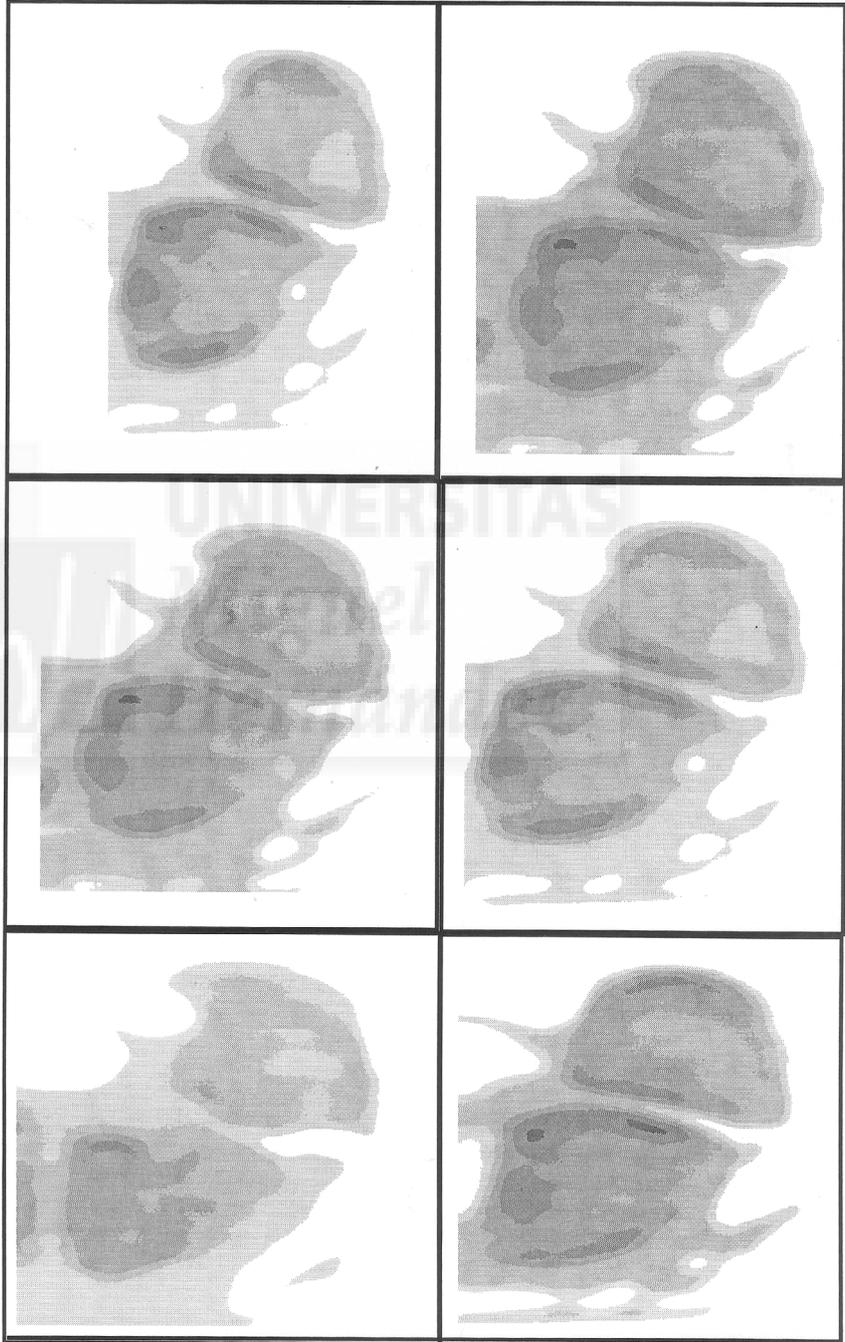
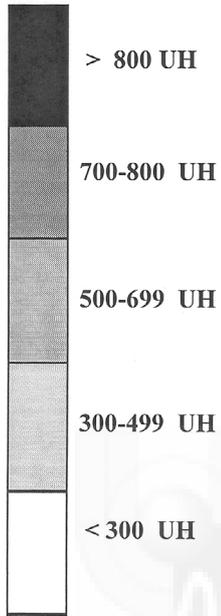
Superficie del Piramidal

Santana Maján, M.J.

Cartílago y hueso subcondral **1**
en la artrosis pisi-piramidal

Especimen nº 14

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral

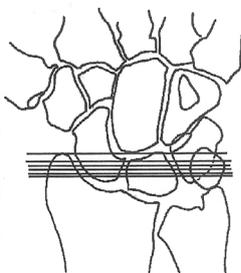
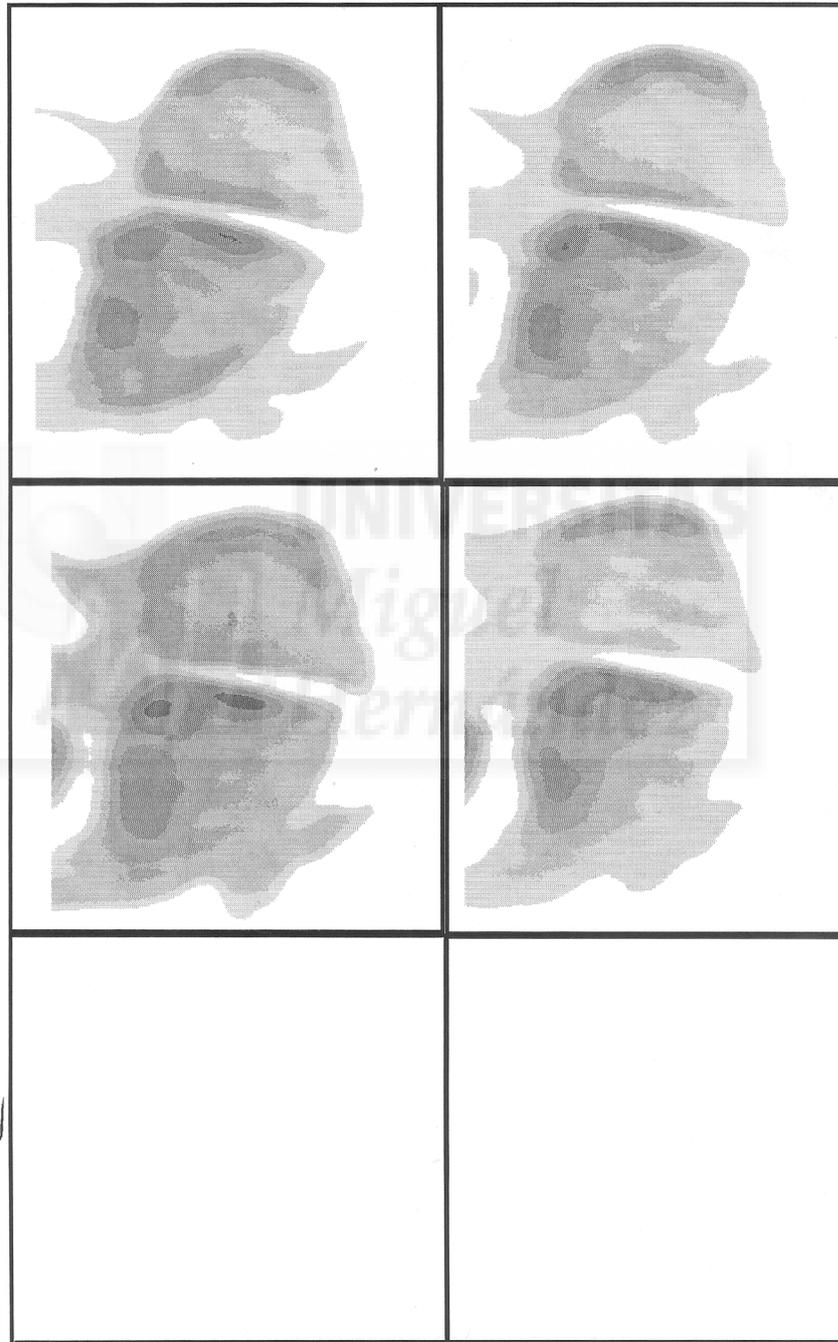
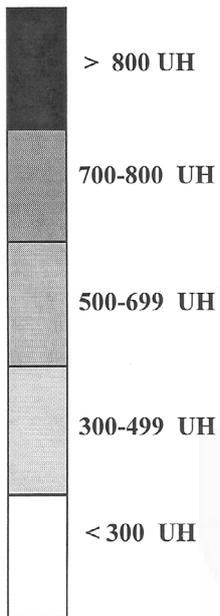


Santana Maján, M.J.

Cartílago y hueso subcondral **2**
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 14

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 15

MANO DERECHA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal 8 mm; diámetro longitudinal 10 mm.

2. Cartílago articular

Se observa una lesión de grado IV que desde el tercio medio del borde radial llega al área central del cartílago articular. Alrededor de esta lesión existe una lesión de grado III que se extiende por toda la superficie del tercio medio del borde radial. Así mismo, se aprecia una lesión de grado III situada desde la mitad ulnar al borde proximal hasta el tercio proximal del borde ulnar. El resto de la superficie articular la ocupan las lesiones de grado II y I. Según lo descrito, existe una moderada degeneración periférica y, en menor extensión, central del cartílago articular (figura 15A).

3. Pliegues sinoviales

Se localizan dos pliegues sinoviales, el primero se extiende desde la mitad distal del borde radial hasta la mitad radial del borde distal, y el segundo ocupa la mitad distal del borde ulnar.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea corresponde a la zona central (700-800 UH) del hueso subcondral. La mínima densidad ósea se localiza en las zonas ulnar y radial del hueso subcondral (300-499 UH) (figura 15B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 9 mm; diámetro longitudinal: 9 mm.

2. Cartílago articular

Presenta dos pequeñas áreas de lesión de grado IV, una en la zona entre el tercio ulnar del borde proximal y el tercio proximal del borde ulnar, y la otra en el tercio medio del borde radial. El resto de la superficie de los cuatro bordes articulares está ocupada por una amplia lesión de grado III. Las lesiones de grado II y I ocupan toda la zona central del cartílago articular. En resumen, la degeneración severa del cartílago articular sigue un patrón periférico (figura 15A).

3. Pliegues sinoviales

Se localiza un único pliegue sinovial que se extiende por todo el borde radial.

4. Densidad ósea subcondral

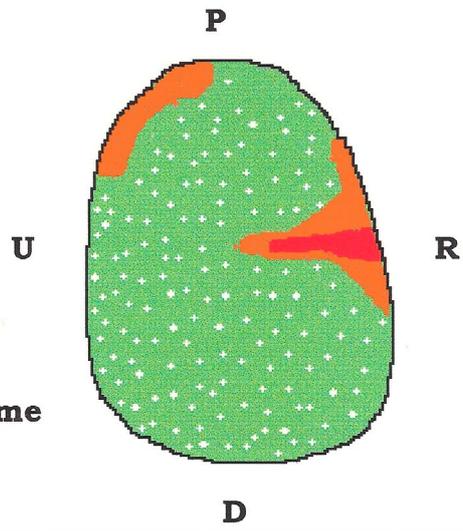
La máxima densidad ósea se concentra en el borde radial (700-800 UH) y en la zona central (700-800 UH) del hueso subcondral. La mínima densidad ósea está localizada en la zona ulnar (300-499 UH) (figura 15B).

Santana Majan, M.J.

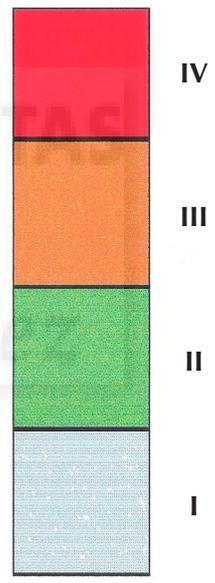
Cartilago y hueso subcondral en la artrosis piso-piramidal

Especimen n° 15
Mano derecha

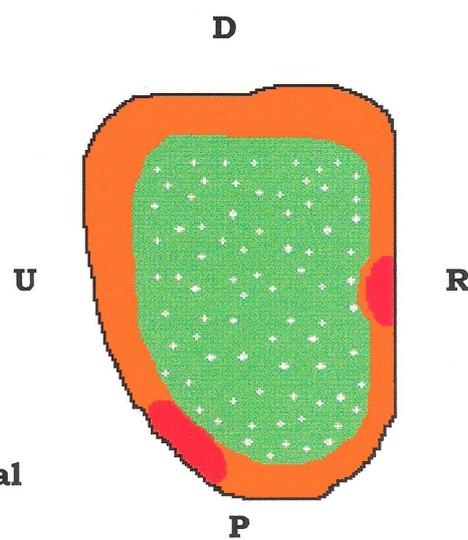
Superficie del Pisiforme



Grados de lesión



Superficie del Piramidal



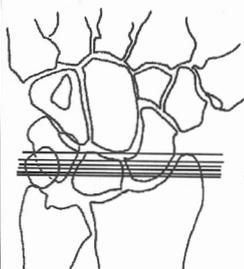
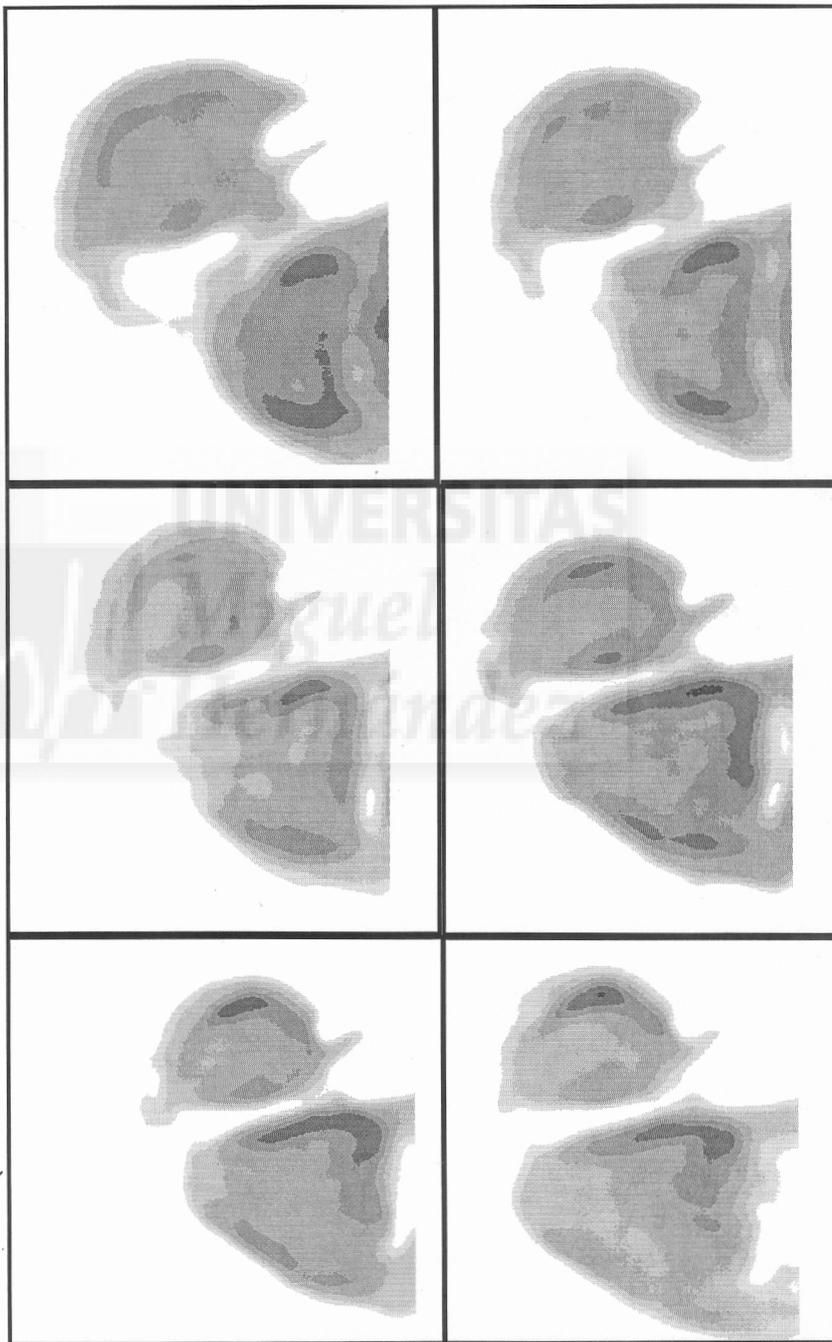
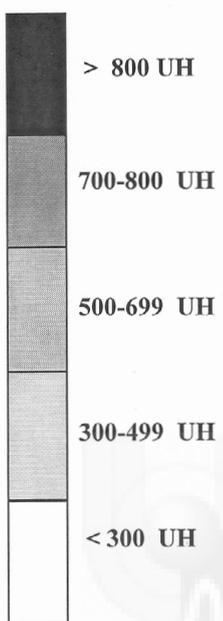
Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

1

Espécimen n° 15

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



Santana Maján, M.J.

Cartílago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

2

Espécimen nº 15

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



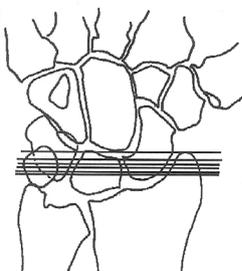
> 800 UH

700-800 UH

500-699 UH

300-499 UH

< 300 UH



ESPÉCIMEN N° 16

MANO DERECHA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 11 mm; diámetro longitudinal: 12 mm.

2. Cartílago articular

Las lesiones de grado IV se distribuyen en el tercio medio del borde proximal, entre el tercio ulnar del borde proximal y el tercio proximal del borde ulnar, desde la mitad distal del borde radial al tercio medio del borde distal, y en parte de la mitad de la mitad proximal de la zona central. Las lesiones de grado III se localizan en parte de la mitad proximal del área central del cartílago, así como en toda la periferia de la superficie articular excepto en el tercio medio del borde proximal. Según lo expuesto, la degeneración severa del cartílago es de distribución periférica, y, en menor grado, central (figura 16A).

3. Pliegues sinoviales

Se observa un único y extenso pliegue sinovial que ocupa los cuatro bordes de la superficie articular.

4. Densidad ósea subcondral

Valores intermedios de densidad ósea corresponden a la zona radial y central (500-699 UH) del hueso subcondral. La mínima densidad ósea se encuentra en la zona ulnar (300-499 UH) (figura 16B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 11 mm; diámetro longitudinal: 11 mm.

2. Cartílago articular

Existen lesiones de grado IV en el tercio proximal del borde radial, entre la zona interna del tercio medio del borde radial y la zona lateral del centro del cartílago, en una pequeña zona situada en el cuadrante radio-distal, en la parte interna del tercio proximal del borde ulnar y en la parte interna del tercio ulnar de borde distal. Las lesiones de grado III ocupan los dos tercios proximales de borde ulnar, la zona que se extiende desde la mitad distal del borde radial hasta mitad radial del borde distal con parte de la zona centro-radial, la mitad ulnar del borde distal y un área que va desde la zona central del cuadrante próximo-ulnar hasta el centro del cuadrante ulno-distal. En el resto de la superficie articular se extienden lesiones de grado II y I. En el tercio medio del borde proximal se observan fibras sinoviales dispuestas como un intento de reparación cartilaginosa (figura). En conclusión, la degeneración del cartílago articular severa sigue un patrón periférico y central (figura 16A).

3. Pliegues sinoviales

Se localiza un gran pliegue sinovial que se extiende desde la mitad radial de borde proximal al tercio radial del borde distal y otro pliegue sinovial que ocupa desde la mitad ulnar del borde proximal al tercio proximal del borde ulnar.

4. Densidad ósea subcondral

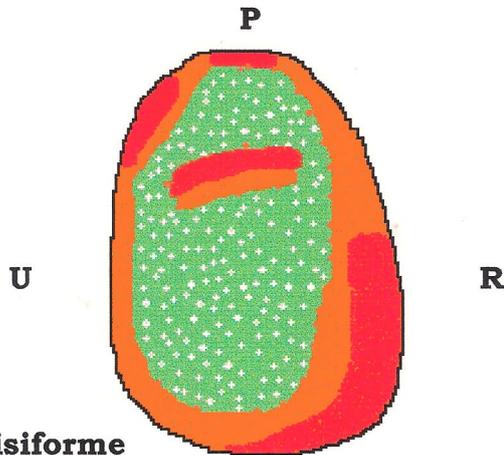
Valores intermedios de densidad ósea corresponden a la zona radial y central (500-699 UH) del hueso subcondral. La mínima densidad ósea corresponde a la zona ulnar (300-499 UH) (figura 16B).

Santana Majan, M.J.

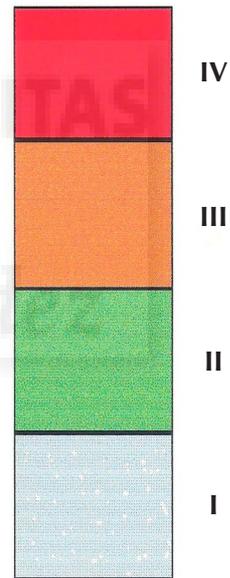
Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis piso-piramidal

Especimen nº 16
Mano derecha

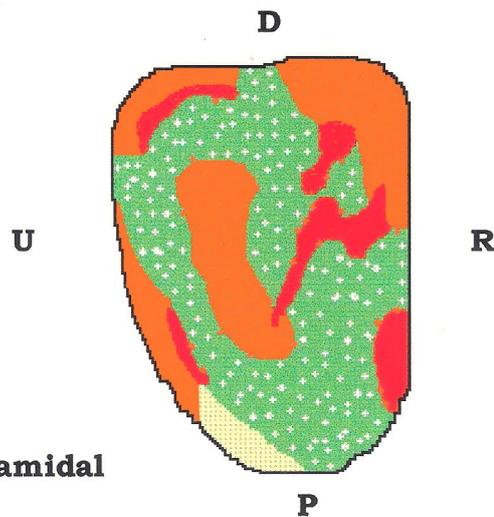
Superficie del Pisiforme



Grados de
lesión



Superficie del Piramidal



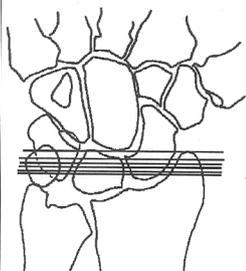
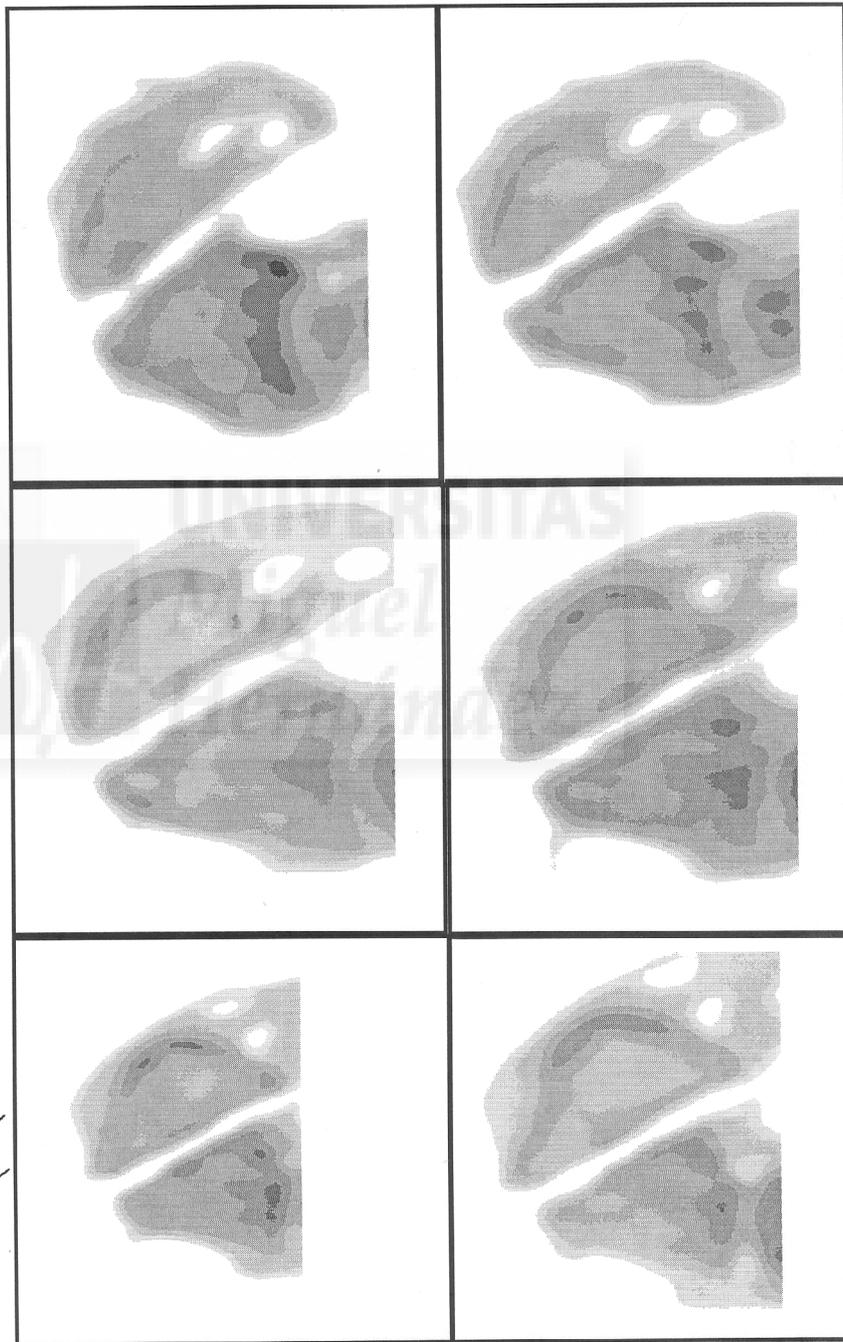
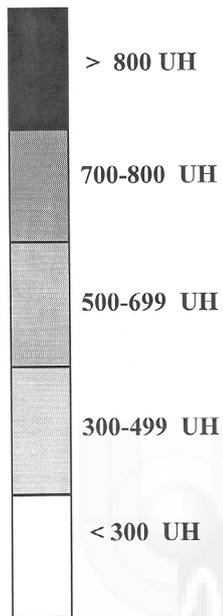
Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

1

Especimen nº 16

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral

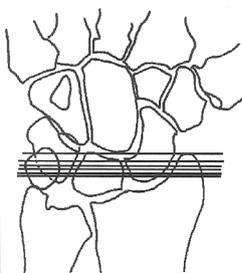
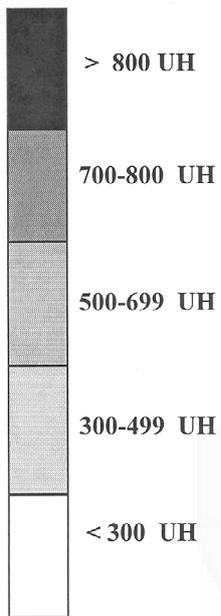


Santana Maján, M.J.

Cartílago y hueso subcondral 2
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 16

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 17

MANO IZQUIERDA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 8 mm; diámetro longitudinal: 10 mm.

2. Cartílago articular

Se observa una amplia zona de lesión de grado IV que se extiende desde el tercio radial del borde proximal a los dos tercios proximales del borde radial. Desde la mitad proximal del borde ulnar, por toda la superficie de los bordes proximal y radial, alrededor de la lesión de grado IV, hasta la mitad radial del borde distal junto con una pequeña zona situada en la intersección entre los bordes ulnar y distal, son lesiones de grado III. El resto de la superficie articular lo ocupa lesiones de grado II y I. Según lo expuesto, la superficie articular presenta una degeneración severa de distribución periférica (figura 17A).

3. Pliegues sinoviales

Se localizan dos pliegues sinoviales, uno que se extiende desde la mitad ulnar del borde proximal al tercio proximal de borde ulnar, y el segundo que desde el tercio distal del borde ulnar ocupa todo el borde distal.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea se concentra en la zona central (700-800 UH) y en la zona radial (700-800 UH) del hueso subcondral. Valores intermedios de densidad ósea se encuentran en la zona ulnar (500-699 UH) (figura 17B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 9 mm; diámetro longitudinal: 10 mm.

2. Cartílago articular

Las lesiones de grado IV se distribuyen en todo el borde proximal y desde el tercio medio del borde radial hasta ocupar toda la superficie del borde distal, que en correspondencia con su mitad ulnar se extiende hacia la mitad distal del cuadrante ulno-distal. Las lesiones de grado III ocupan los bordes radial y proximal, por dentro de las lesiones de grado IV, junto con todo el borde ulnar. Según lo descrito, se observa que la degeneración severa del cartílago articular sigue un patrón periférico (figura 17A).

3. Pliegues sinoviales

Los pliegues sinoviales se localizan en todo el borde proximal, en el tercio distal del borde ulnar y en los dos tercios radiales de borde distal.

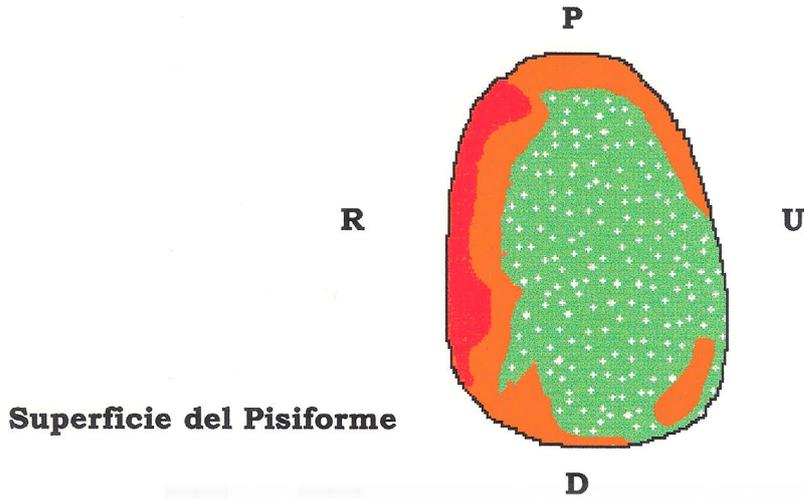
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea corresponde a la zona radial (700-800 UH) y a la zona central (700-800 UH) del hueso subcondral. Valores intermedios de densidad ósea se encuentran en la zona ulnar (500-699 UH) (figura 17B).

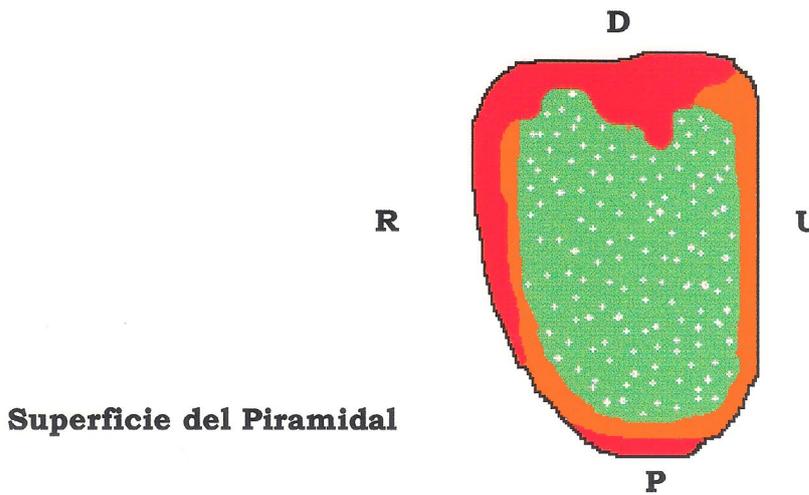
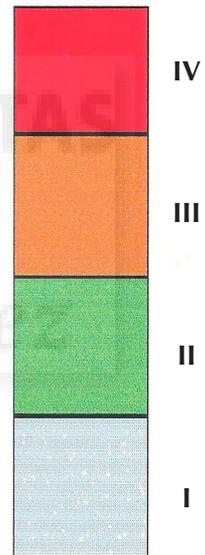
Santana Majan, M.J.

Cartilago y hueso subcondral en la artrosis piso-piramidal

Especimen n° 17
Mano Izquierda



Grados de lesión

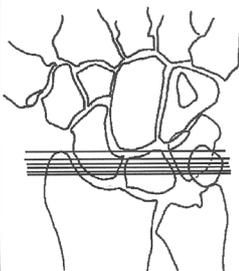
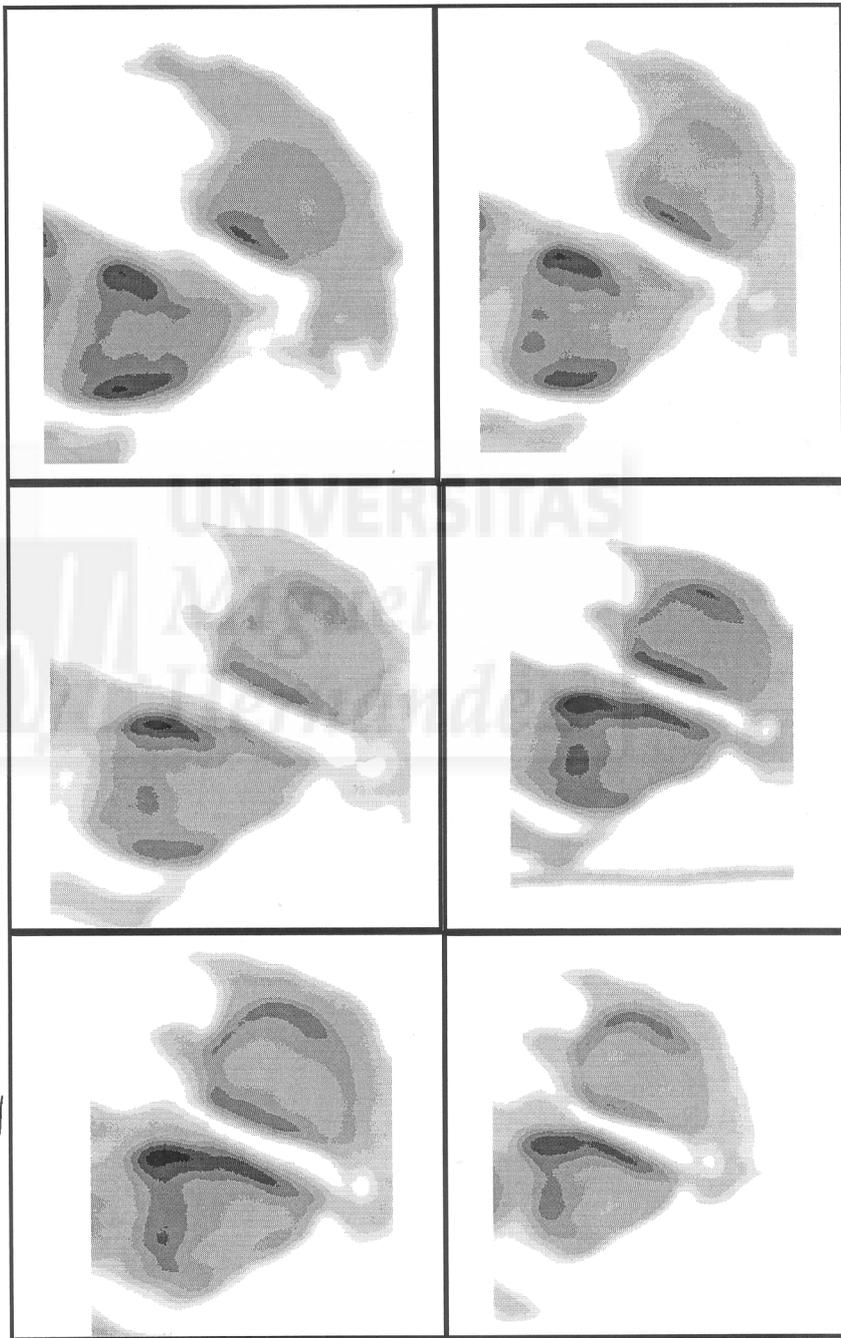
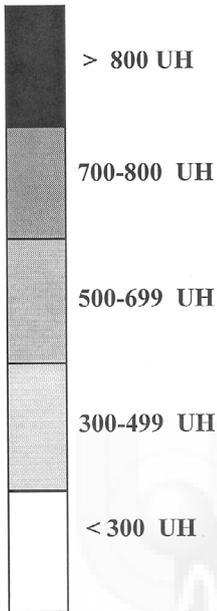


Santana Maján, M.J.

Cartílago y hueso subcondral 1
en la artrosis pisi-piramidal

Especímen nº 17

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral

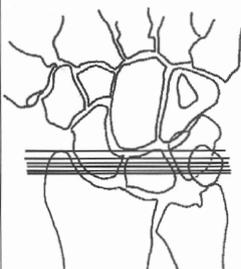
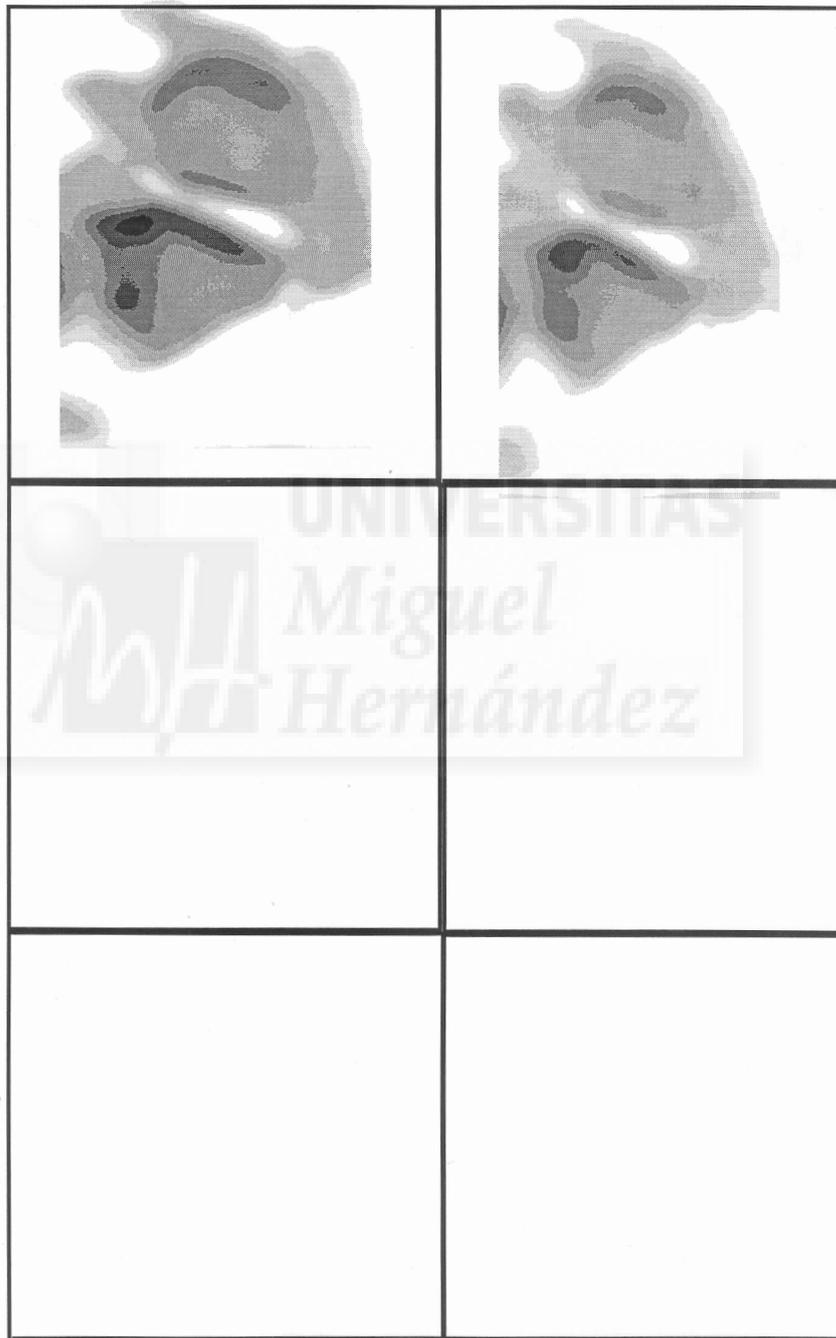
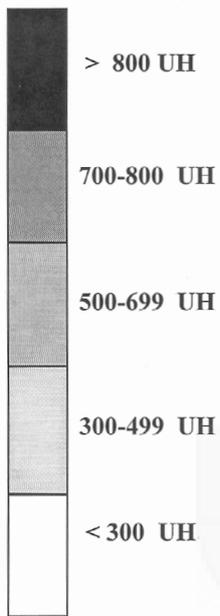


Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral 2
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 17

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 18

MANO IZQUIERDA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 10 mm; diámetro longitudinal: 13 mm.

2. Cartílago articular

Existe una gran lesión de grado IV que ocupa todo el borde proximal, los dos tercios proximales del borde radial, con amplias extensiones hacia la zona central, y la mitad proximal del borde ulnar, también con una extensión hacia la zona central. Así mismo, son lesiones de grado IV una franja longitudinal fusiforme en el centro de la mitad proximal articular, una pequeña zona semilunar situada en el área centro-ulnar del cuadrante ulno-distal, y la lesión que se extiende desde el tercio distal del borde ulnar al tercio radial del borde distal, también con inclusiones hacia el centro. Las lesiones de grado III comprenden la zona redondeada localizada en el cuadrante próximo-radial, una amplia zona situada en el cuadrante próximo-ulnar, rodeadas ambas por lesiones de grado IV, y la zona que corresponde al tercio medio del borde ulnar que se extiende radialmente a través de dos prolongaciones. La superficie que circundan estas prolongaciones es una lesión de grado II y I. Las lesiones de grado II y I ocupan el resto de la superficie articular. En conclusión, la degeneración grave del cartílago articular muestra un patrón periférico y central (figura 18A).

3. Pliegues sinoviales

Se localiza un gran pliegue sinovial que ocupa toda la superficie de los bordes proximal y ulnar, y un pequeño pliegue sinovial situado en el tercio distal del borde radial.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea está concentrada en la zona ulnar (>800 UH) y en la zona central (700-800 UH) del hueso subcondral del pisiforme. Valores intermedios de mínima densidad ósea subcondral se encuentra en la zona radial (500-699 UH) (figura 18B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 9 mm; diámetro longitudinal: 11 mm.

2. Cartílago articular

Se observa una gran lesión de grado IV que desde el tercio ulnar del borde proximal se extiende hacia el tercio distal del borde ulnar y hacia el tercio proximal del borde radial, atravesando la mitad proximal del cartílago articular. Son también lesiones de grado IV las pequeñas áreas multiformes localizadas en los tercios medio, ulnar y radial del borde distal y en la mitad distal de cartílago articular. Existen lesiones de grado III en el resto del borde proximal y en la mitad proximal del cartílago articular, alrededor de la zona de lesión de grado IV. El resto de la superficie articular está ocupada por lesiones de grado II y I. En resumen, se observa una degeneración severa del cartílago articular que sigue un patrón periférico y central (figura 18A).

3. Pliegues sinoviales

Se localiza un gran pliegue sinovial que ocupa toda la superficie de los bordes proximal, radial y distal.

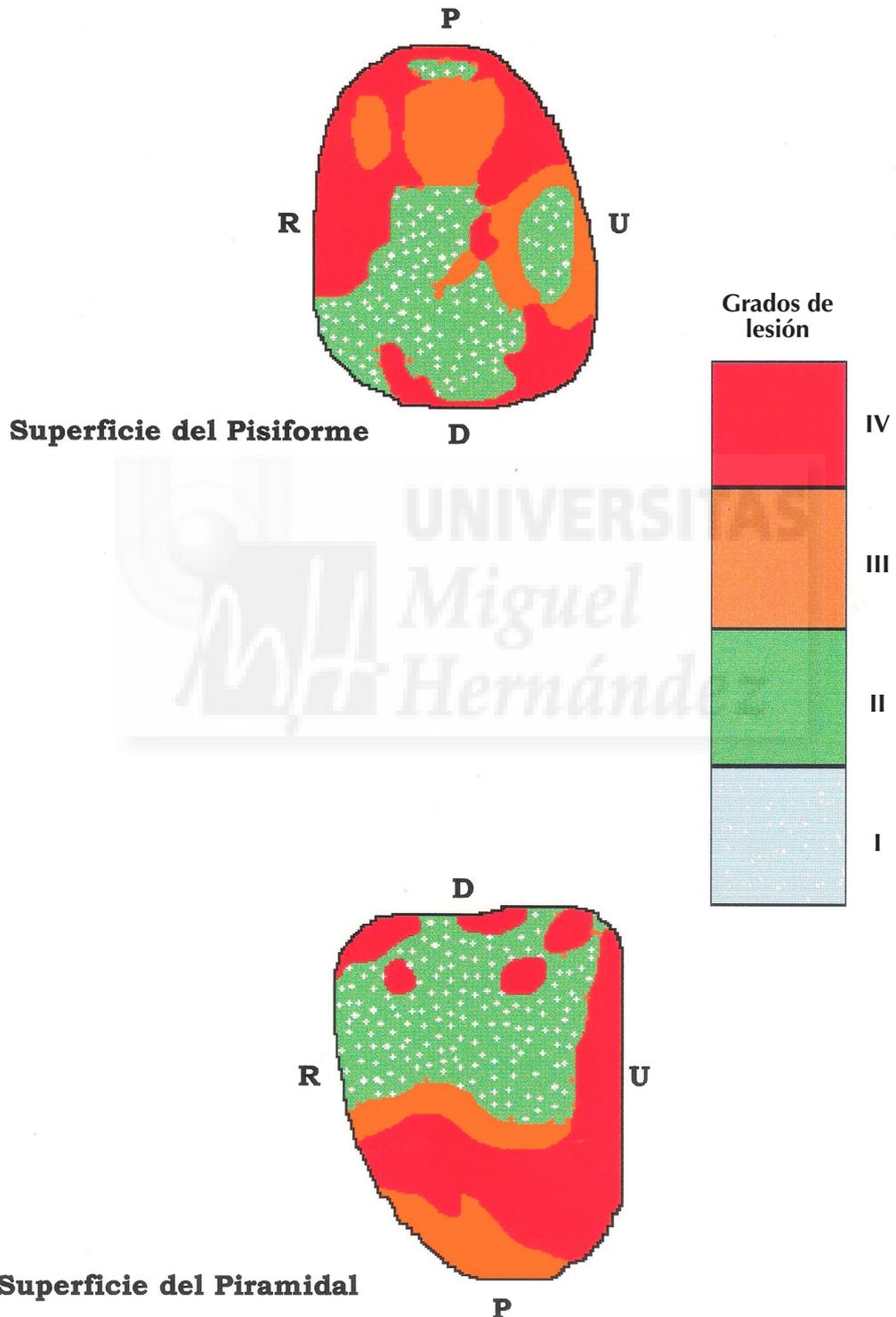
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea corresponde a la zona ulnar (700-800 UH) y a la zona central (700-800 UH) del hueso subcondral. Valores intermedios de densidad ósea se localizan en la zona radial (500-699 UH) (figura 18B).

Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especimen nº 18
Mano Izquierda



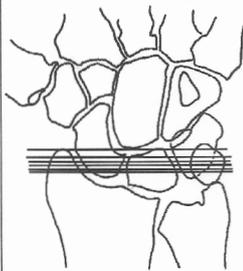
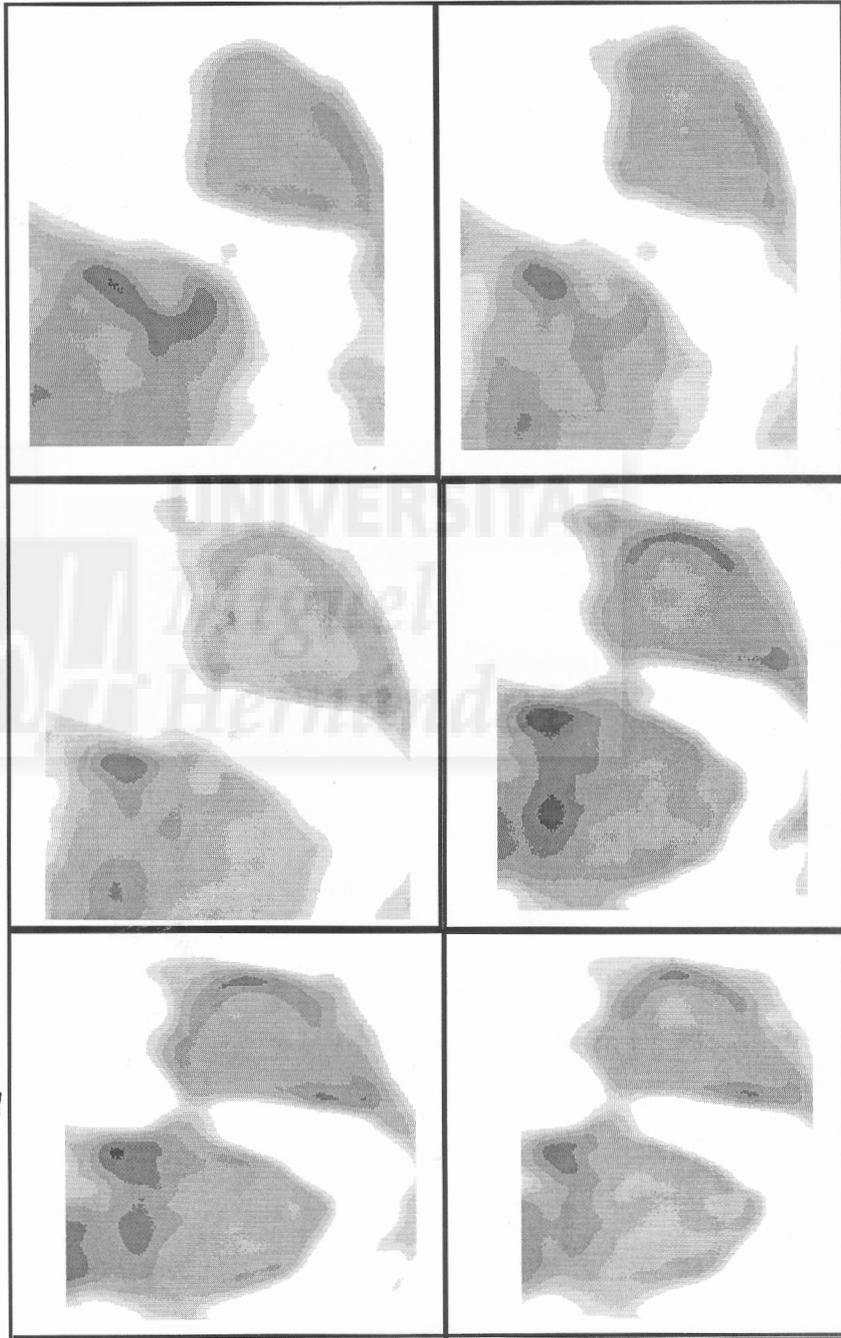
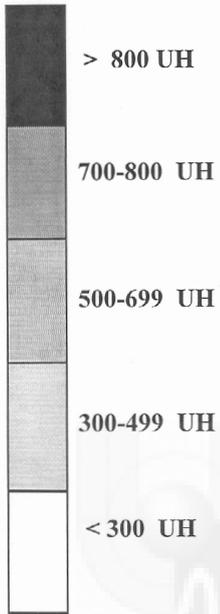
Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

1

Especimen nº 18

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



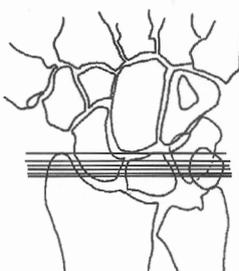
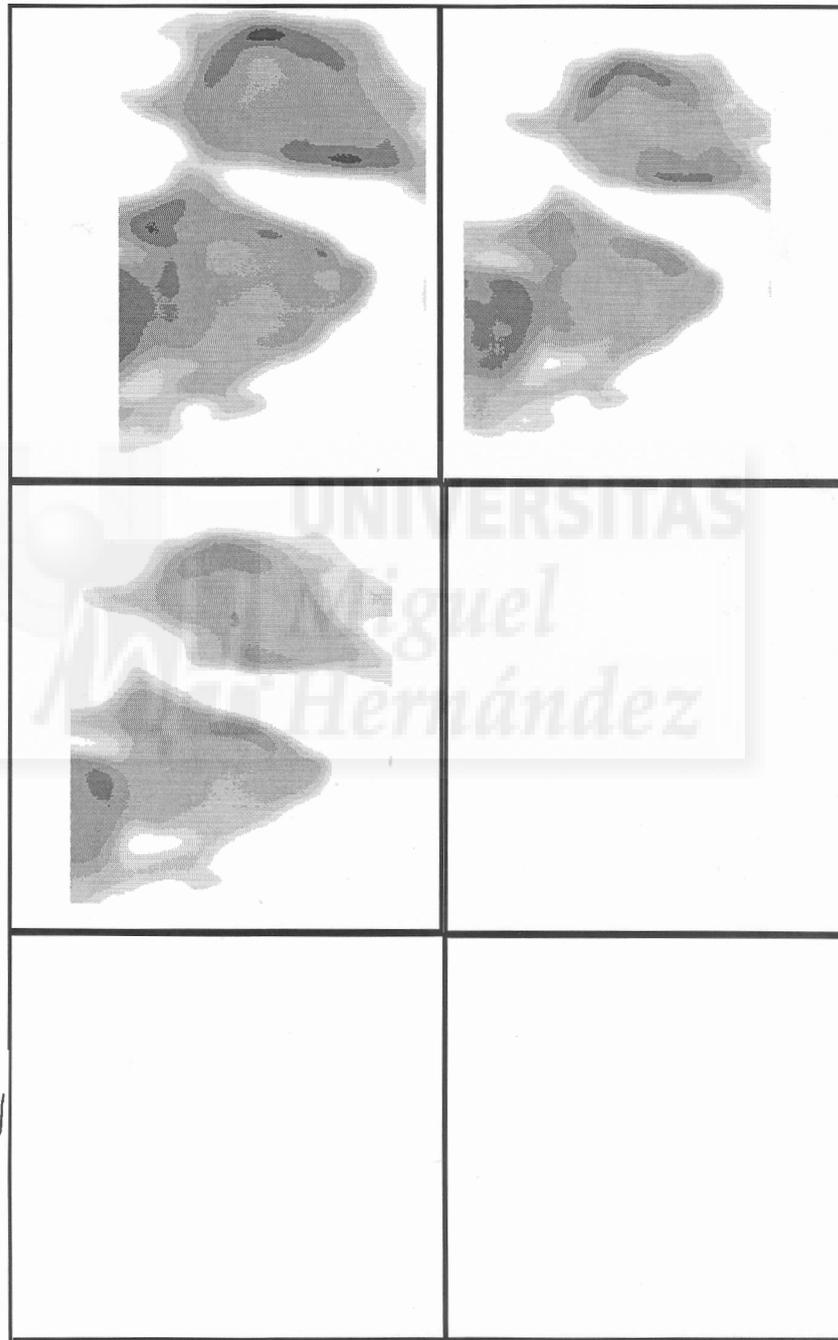
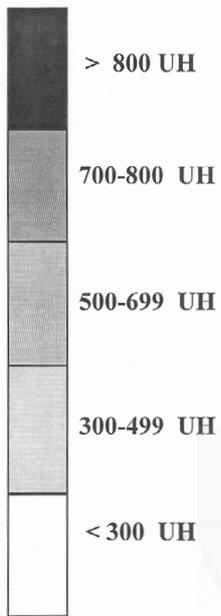
Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

2

Espécimen nº 18

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 19

MANO DERECHA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 8 mm; diámetro longitudinal: 8 mm.

2. Cartílago articular

Una pequeña zona de lesión de grado IV se localiza en el tercio ulnar del borde proximal. Las lesiones de grado III se localizan en el tercio radial del borde proximal, en la zona que se extiende desde el tercio medio del borde proximal al tercio medio del borde ulnar, en la zona central del cuadrante ulno-distal y en la zona distal del cuadrante radio-distal sin llegar al borde. El resto de la superficie articular lo ocupan lesiones de grado II y I. Según lo expuesto, se observa una degeneración moderada periférica y, en menor grado, central del cartílago articular (figura 19A).

3. Pliegues sinoviales

Se observa dos pliegues sinoviales, uno en el borde proximal y el otro en el borde ulnar.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (700-800 UH) se localiza en la zona radial del hueso subcondral, valores intermedios en la zona central (500-699 UH) mientras que los valores mínimos de densidad ósea (300-499 UH) corresponden a la zona ulnar (figura 19B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 8 mm; diámetro longitudinal: 9 mm.

2. Cartílago articular

Se observa una pequeña área de lesión de grado IV en la zona de intersección entre el borde radial y el borde distal. Las lesiones de grado III ocupan todo el borde proximal y radial, el tercio medio del borde distal y su prolongación hacia la zona central, la zona de intersección entre el borde distal y el borde ulnar, el tercio medio del borde ulnar y, por último, una pequeña zona localizada en la parte central del cuadrante ulno-distal. El resto del cartílago articular presenta zonas de lesión de grado II y I. En resumen, el cartílago articular presenta una degeneración severa periférica y, en menor grado, central (figura 19A).

3. Pliegues sinoviales

Se observan dos pliegues sinoviales, uno localizado en el borde proximal, y el otro en el borde ulnar.

4. Densidad ósea subcondral

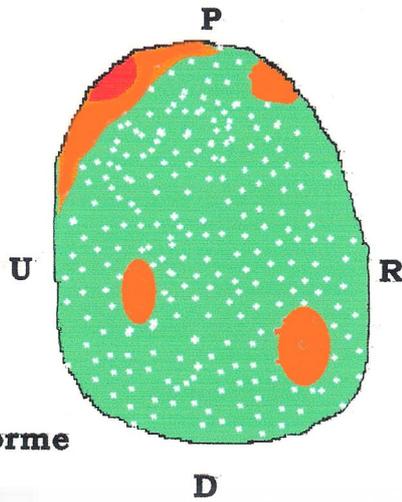
La máxima densidad ósea (>800 UH) se sitúa en la zona central y radial del hueso subcondral, mientras que valores intermedios de densidad ósea (500-699 UH) corresponden a la zona ulnar (figura 19B).

Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

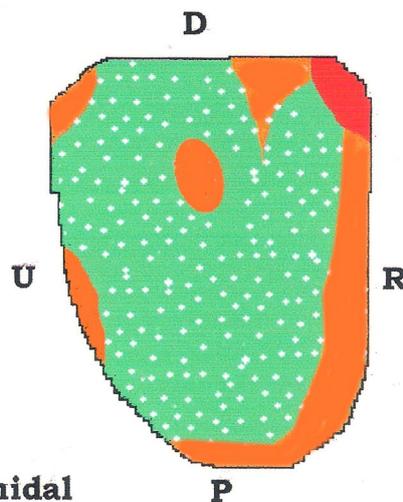
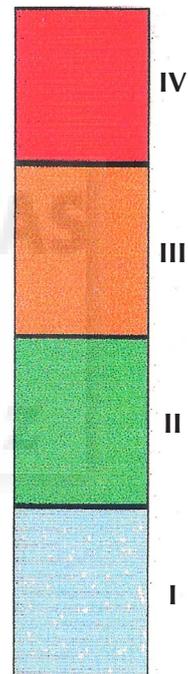
Espécimen nº 19

Mano Derecha



Superficie del Pisiforme

Grados de lesión



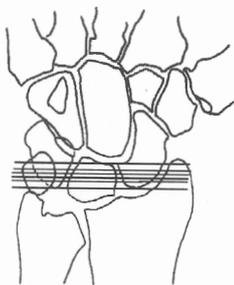
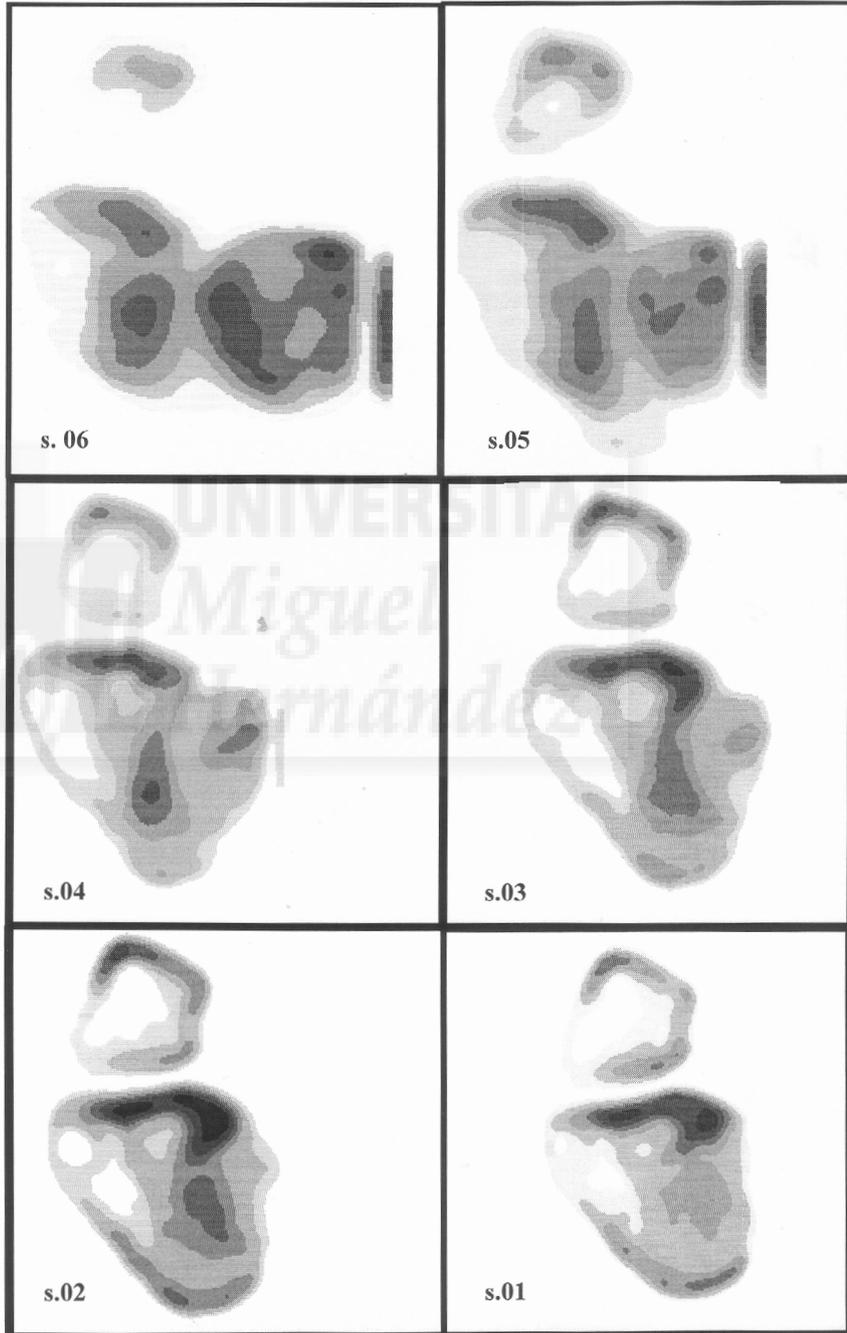
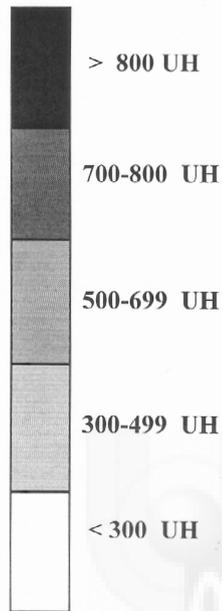
Superficie del Piramidal

Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especímen nº 19

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 20

MANO DERECHA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 10 mm; diámetro longitudinal: 11 mm.

2. Cartílago articular

Se observan lesiones de grado IV en el tercio distal del borde ulnar en forma de dos zonas redondeadas, una más grande y cercana al borde y otra más pequeña en la zona más lateral del borde, así mismo en el borde distal se aprecia otra lesión de grado IV que desde su tercio radial se desplaza por el centro hasta tercio ulnar del borde distal. El tercio radial del borde proximal junto con una amplia zona que se extiende desde el tercio radial del borde distal hasta la mitad distal del borde ulnar y que engloba a las ya citadas lesiones de grado IV, son zonas de lesión de grado III. En el resto de la superficie articular las lesiones son de grado II y I. Según los hallazgos, se observa una degeneración moderada de cartílago articular que sigue un patrón periférico (figura 20A).

3. Pliegues sinoviales

Se observa un gran pliegue sinovial que ocupa los bordes ulnar y distal.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (700-800 UH) se observa en la zona radial. Valores intermedios (500-699 UH) se localizan en la zona central del hueso subcondral, mientras que la mínima densidad ósea (300-499 UH) se localiza en la zona ulnar (figura 20B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 10 mm; diámetro longitudinal: 12 mm.

2. Cartílago articular

Se aprecian dos zonas de lesión de grado IV, una en el tercio distal del borde ulnar y otra más pequeña en el tercio radial del borde distal. Las lesiones de grado III ocupan la zona que se extiende desde el tercio ulnar del borde proximal al tercio medio del borde radial y desde la mitad distal del borde ulnar al tercio medio del borde distal. En el resto de la superficie articular coexisten lesiones de grado II y I. En resumen, se observa una moderada degeneración del cartílago articular con un patrón periférico (figura 20A).

3. Pliegues sinoviales

Se localiza un gran pliegue sinovial que se extiende por todos los bordes ulnar y distal.

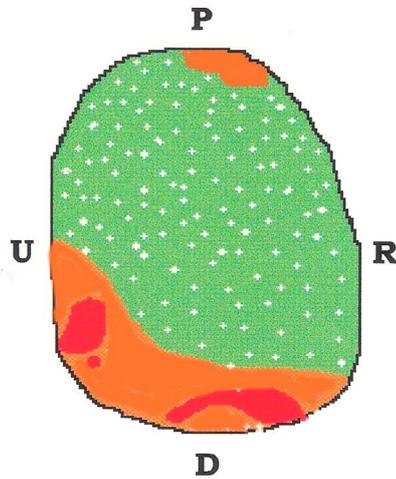
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea se observa en la zona central (>800 UH) y en la zona radial (700-800 UH) del hueso subcondral, mientras que la mínima densidad ósea (300-499 UH) se localiza la zona ulnar (figura 20B).

Santana Maján, M.J.

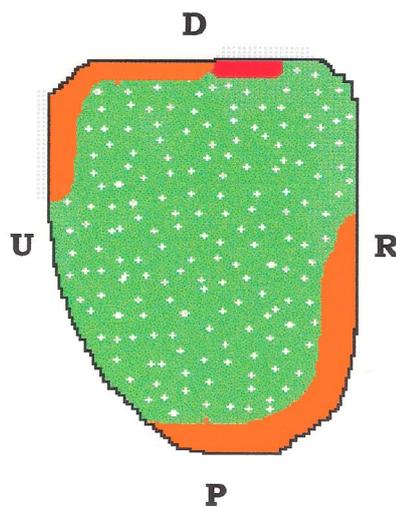
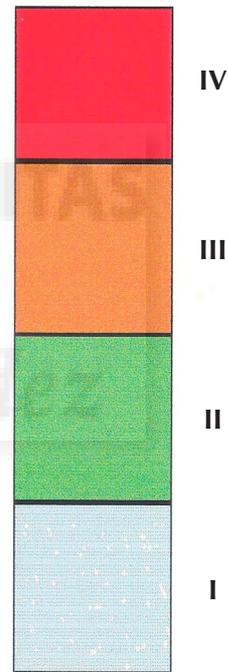
Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 20
Mano Derecha



Superficie del Pisiforme

Grados de
lesión



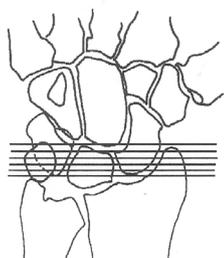
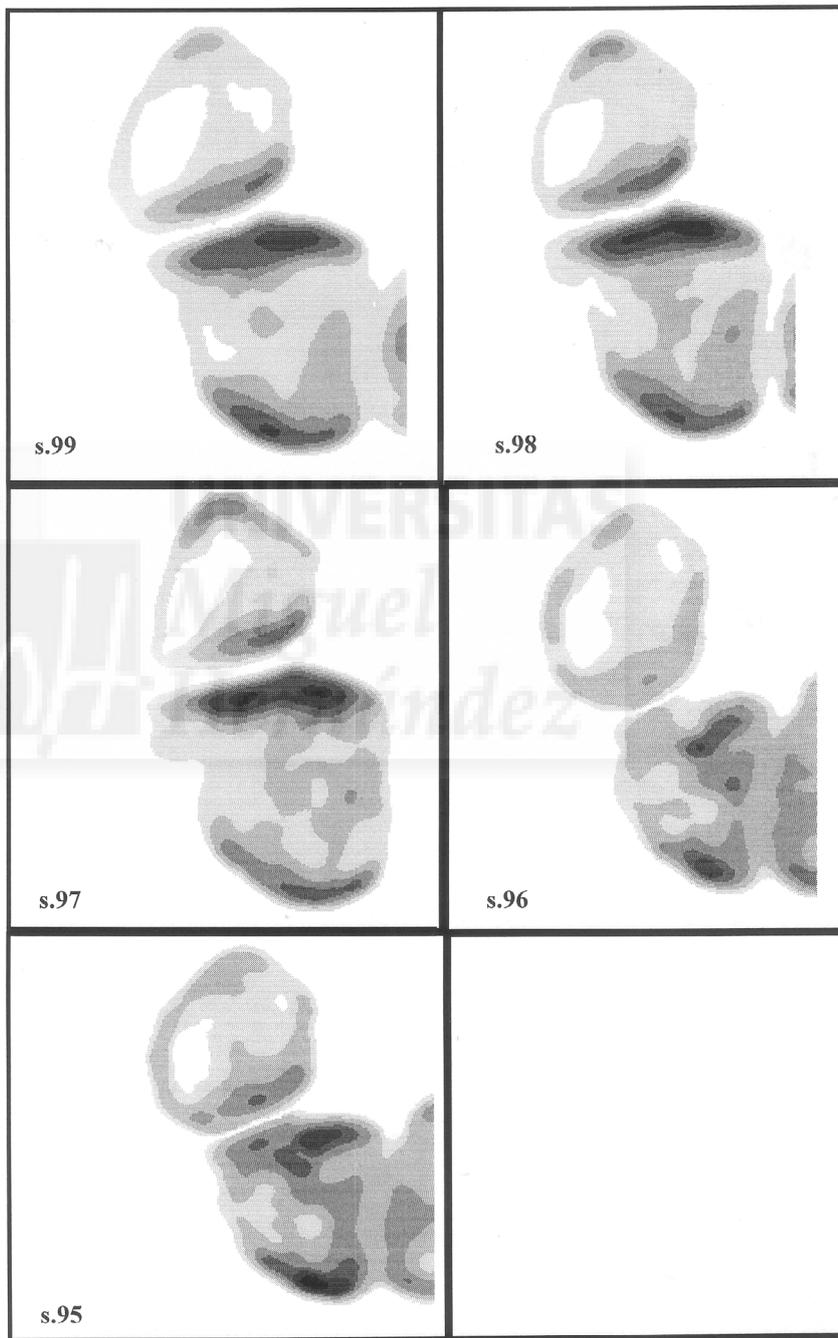
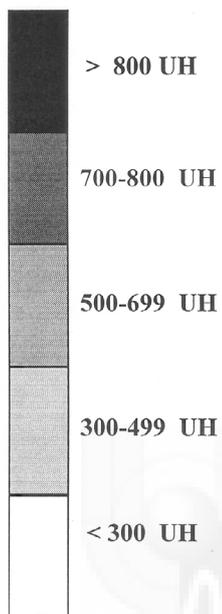
Superficie del Piramidal

Santana Maján .M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Especimen nº 20

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 21

MANO IZQUIERDA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 9 mm; diámetro longitudinal: 11 mm.

2. Cartílago articular

Se distinguen dos zonas de lesión de grado IV localizadas en el cuadrante radio-distal, una más cerca del tercio medio del borde radial y la otra en proximidad al tercio distal del mismo borde. Las lesiones de grado III se distribuyen en todo el borde proximal y en la mayor parte del cuadrante radio-distal. En el resto de la superficie articular las lesiones son de grado II y I. En resumen, se aprecia una degeneración moderada del cartílago con un patrón de distribución periférica (figura 21A).

3. Pliegues sinoviales

Se localizan dos pliegues sinoviales, uno en el borde ulnar y el otro en el borde distal.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea se concentra sobre la zona radial y central (>800 UH) de la superficie del hueso subcondral. Valores intermedios de densidad ósea (500-699 UH) se localizan en la zona ulnar (figura 21B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 9 mm; diámetro longitudinal: 11 mm.

2. Cartílago articular

Se observa una pequeña lesión de grado IV, con forma fusiforme, en la zona de intersección entre el borde radial y el borde distal. Las lesiones de grado III ocupan la zona que desde el tercio distal del borde radial se extiende, atravesando la superficie articular, hasta el tercio ulnar del borde distal. Así mismo, son lesiones de grado III las localizadas en la mitad proximal del cartílago, una en correspondencia con el tercio medio del borde radial, y la otra en correspondencia con el tercio proximal del borde ulnar. En el resto de la superficie articular las lesiones son de grado II y I. Según lo expuesto, se observa una degeneración moderada del cartílago que sigue un patrón periférico (figura 21A).

3. Pliegues sinoviales

Los pliegues sinoviales se localizan en los bordes proximal, radial y ulnar.

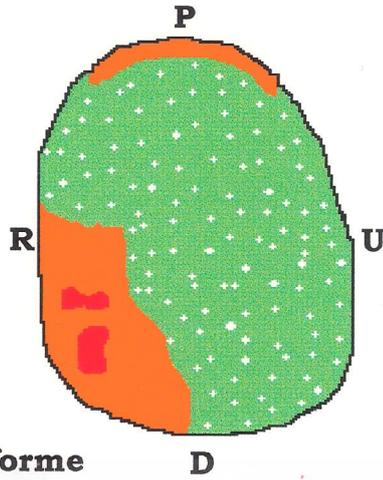
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea aparece en la zona radial (>800 UH) y en la zona central (>800 UH) del hueso subcondral. La mínima densidad ósea (500-699 UH) se observa en la zona ulnar (figura 21B).

Santana Maján, M.J.

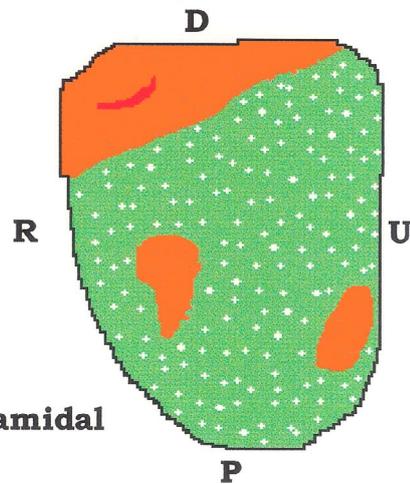
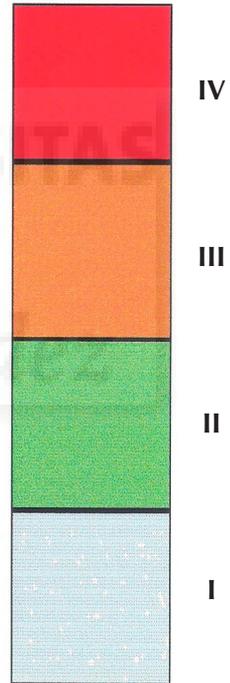
Cartilago y hueso subcondral en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 21
Mano Izquierda



Superficie del Pisiforme

Grados de lesión



Superficie del Piramidal

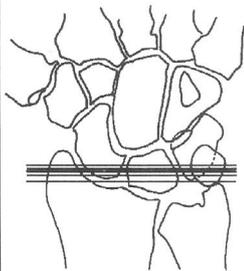
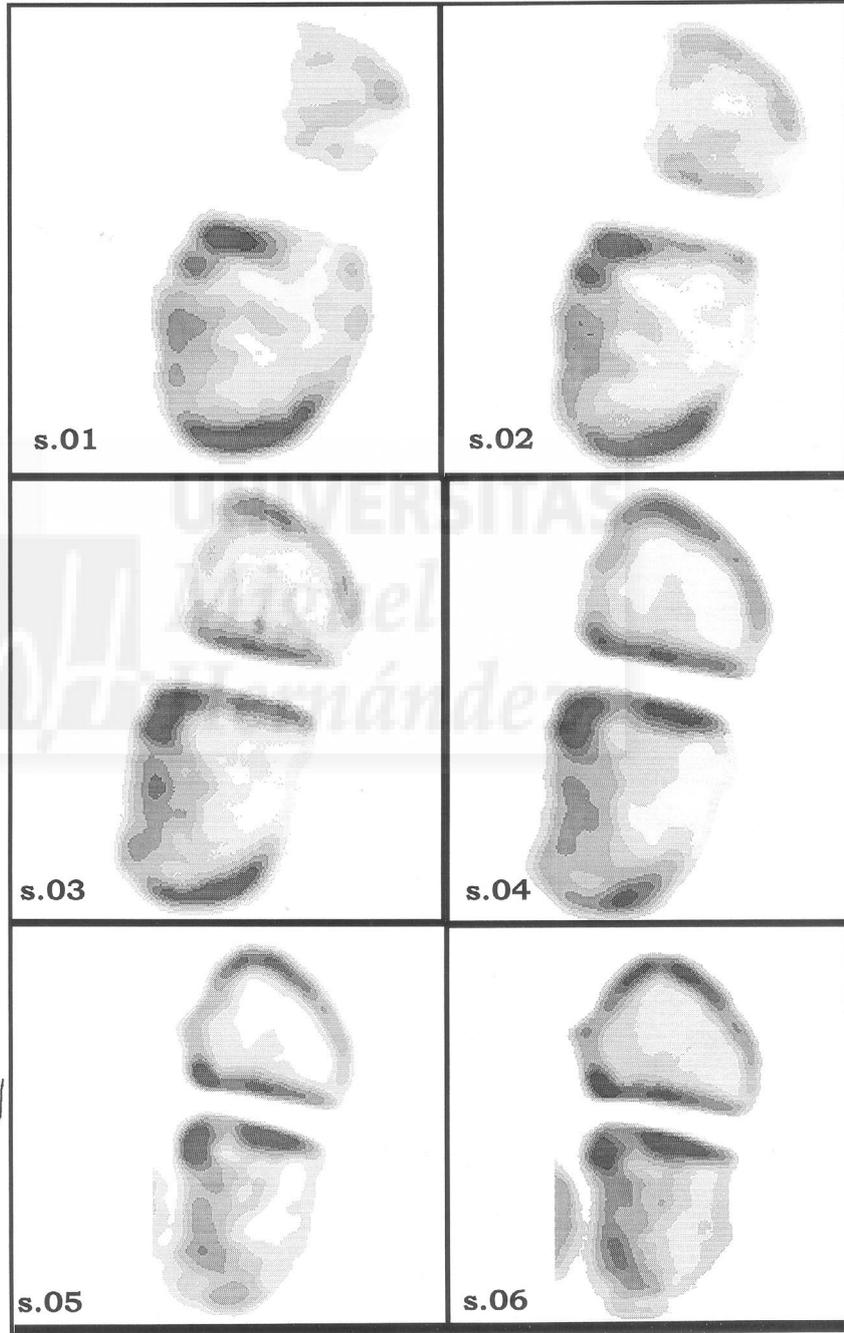
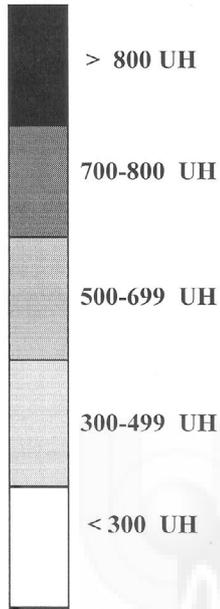
Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

1

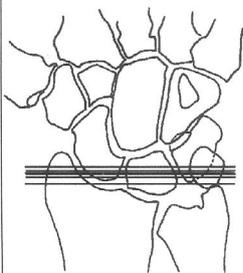
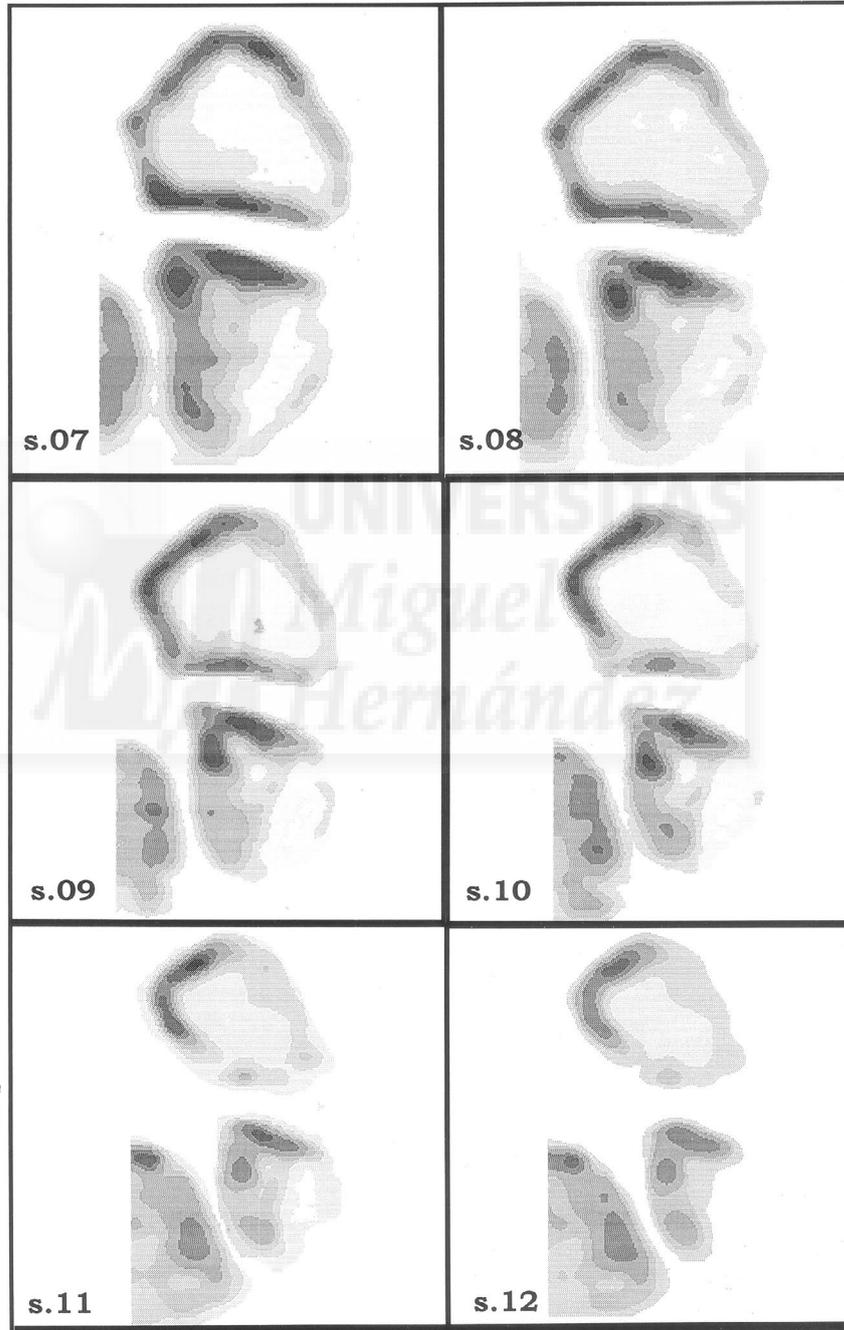
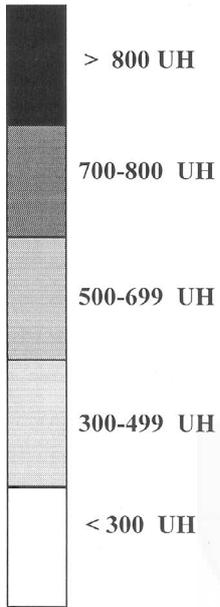
Espécimen nº 21

Art. Pisi-piramidal Densidad osea subcondral



Espécimen nº 21

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 22

MANO IZQUIERDA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 7 mm; diámetro longitudinal: 10 mm.

2. Cartílago articular

Se observa una lesión de grado IV en el tercio medio del borde distal que se prolonga por dentro hacia el tercio ulnar del borde distal. Las lesiones de grado III ocupan todo el borde proximal, la superficie que se extiende desde el tercio distal del borde radial al tercio radial del borde distal y desde el tercio medio del borde ulnar al tercio ulnar del borde distal. En el resto del cartílago se aprecian lesiones de grado II y I. Se observa, por tanto, que la degeneración más grave del cartílago sigue un patrón periférico (figura 22A).

3. Pliegues sinoviales

Se localiza un gran y único pliegue sinovial que se extiende desde el tercio medio del borde radial y ocupa todo el borde distal.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea se observa en la zona central y radial (>800 UH) de la superficie del hueso subcondral. La mínima densidad ósea (300-499 UH) se localiza en la zona ulnar (figura 22B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 8 mm; diámetro longitudinal: 10 mm.

2. Cartílago articular

Presenta una extensa zona de grado IV que desde el borde proximal ocupa casi por completo la mitad radial de toda la superficie articular hasta el tercio radial del borde distal. En el límite ulnar de esta extensa zona existe una franja de lesión de grado III que se amplía en correspondencia con el tercio medio del borde distal. En el resto de la superficie articular aparecen lesiones de grado II y I. Según lo descrito, la degeneración severa del cartílago sigue un patrón periférica y en menor grado central (figura 22A).

3. Pliegues sinoviales

Se aprecian dos pliegues sinoviales, uno en el borde proximal, el segundo en la mitad distal del borde radial.

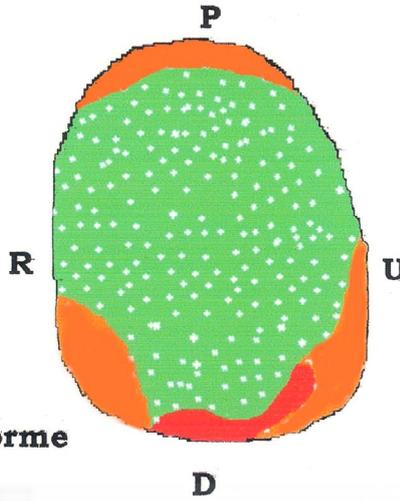
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea se localiza en la zona radial (>800 UH) del hueso subcondral y en la zona central (>800 UH). La mínima densidad ósea (300-499 UH) aparece en la zona ulnar (figura 22B).

Santana Maján, M.J.

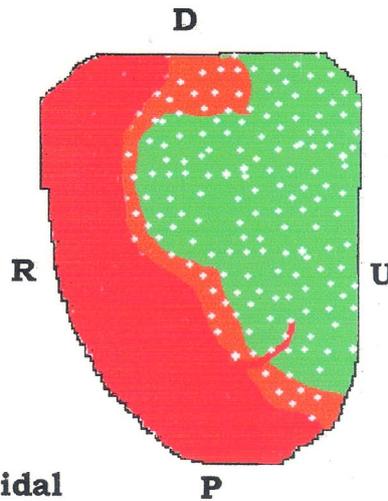
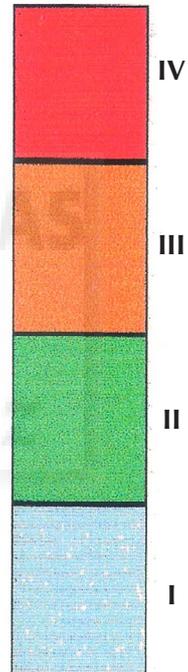
Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 22
Mano izquierda



Superficie del Pisiforme

Grados de lesión



Superficie del Piramidal

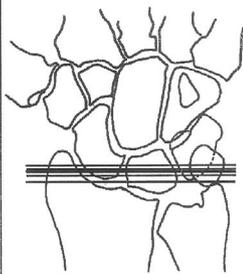
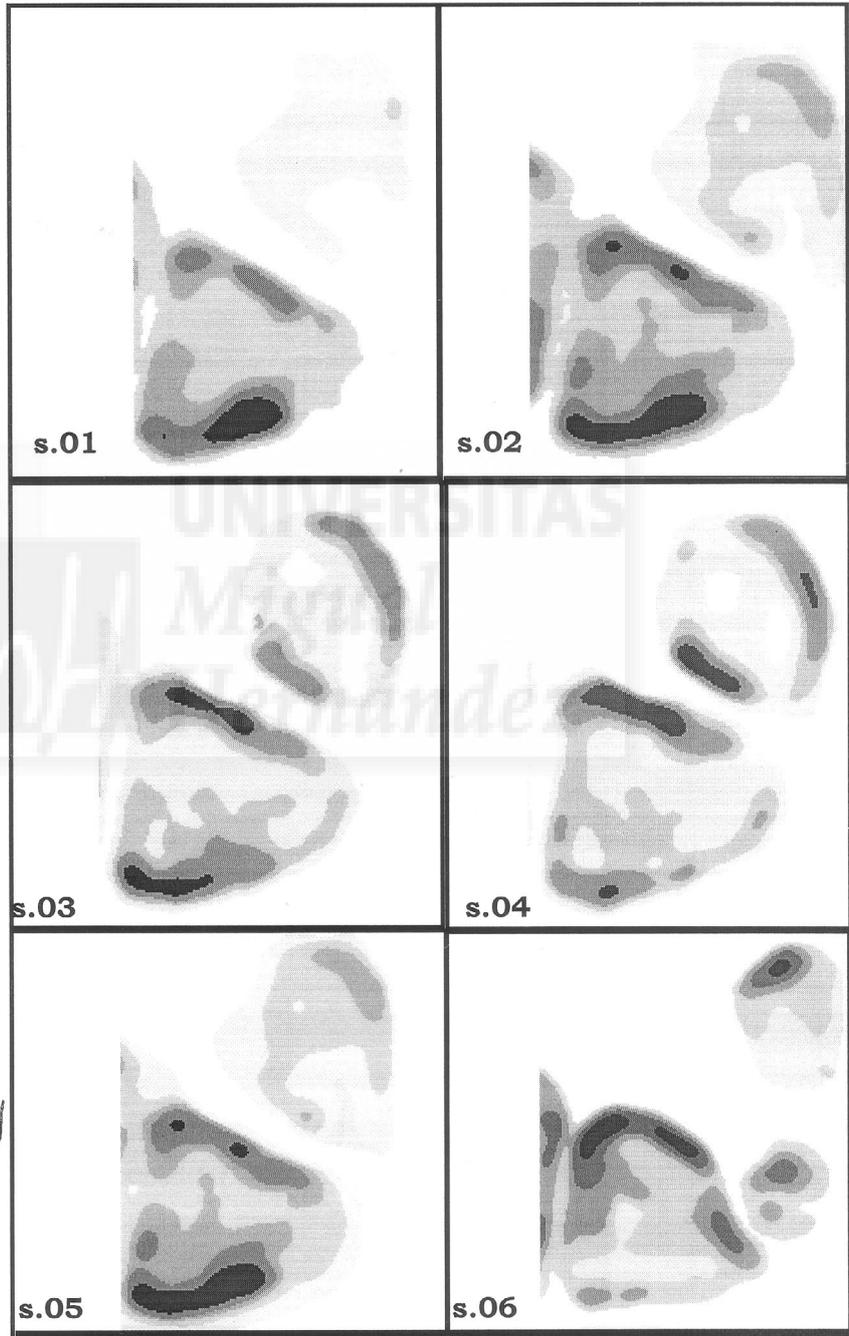
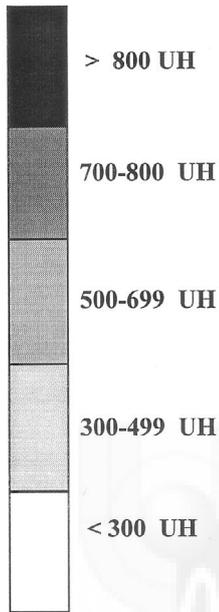
Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

1

Especimen nº 22

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 23

MANO DERECHA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 6 mm; diámetro longitudinal: 8 mm.

2. Cartílago articular

En este espécimen se aprecia una zona de lesión de grado II que va desde el tercio distal del borde radial, ocupa todo el borde distal hasta el tercio distal del borde ulnar. En el resto del cartílago la superficie presenta un aspecto normal. En resumen, se observa una degeneración leve del cartílago con un patrón de distribución periférica (figura 23A).

3. Pliques sinoviales

Se localiza un único pliegue sinovial que ocupa todo el borde radial, todo el borde distal y los dos tercios distales del borde ulnar.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (>800 UH) corresponde a la zona central del hueso subcondral. Valores intermedios de densidad ósea se localizan en la zonas ulnar y radial (500-699 UH) del hueso subcondral (figura 23B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 7 mm; diámetro longitudinal: 8 mm.

2. Cartílago articular

La zona que se extiende desde el tercio distal del borde radial, ocupa el borde distal y llega al tercio distal del borde ulnar corresponde a una lesión de grado II. El resto del cartílago presenta una superficie de aspecto normal. Según lo expuesto, la degeneración leve del cartílago sigue un patrón de distribución periférica (figura 23A).

3. Pliques sinoviales

Se localizan dos pliegues sinoviales, uno en el borde proximal, y otro que va desde la mitad distal del borde radial hasta ocupar todo el borde distal.

4. Densidad ósea subcondral

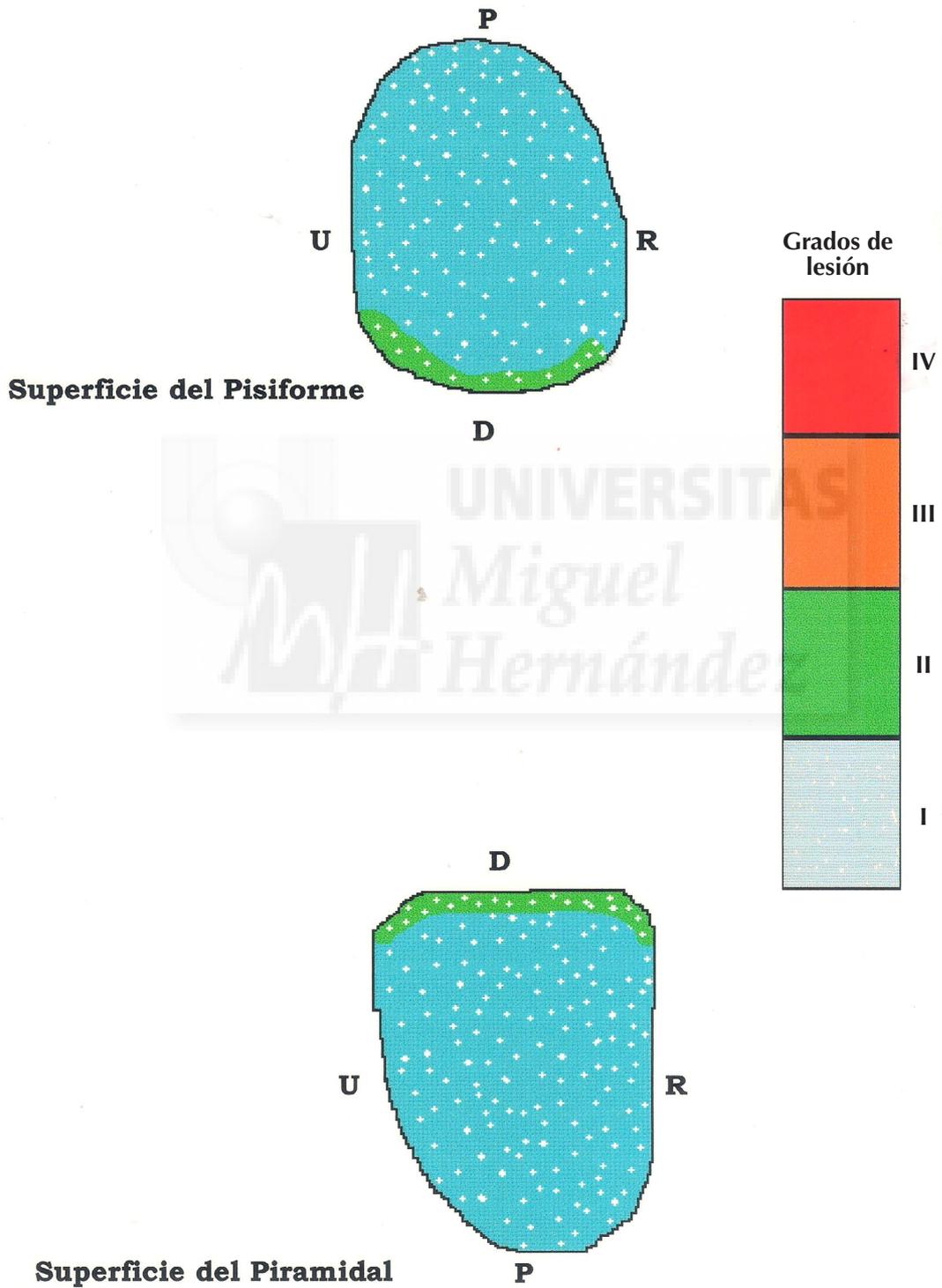
La máxima densidad ósea (>800 UH) se concentra en la zona central del hueso subcondral. Valores intermedios (500-699 UH) se localizan en la zona central del hueso subcondral (figura 23B).

Santana Maján , M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 23

Mano Derecha

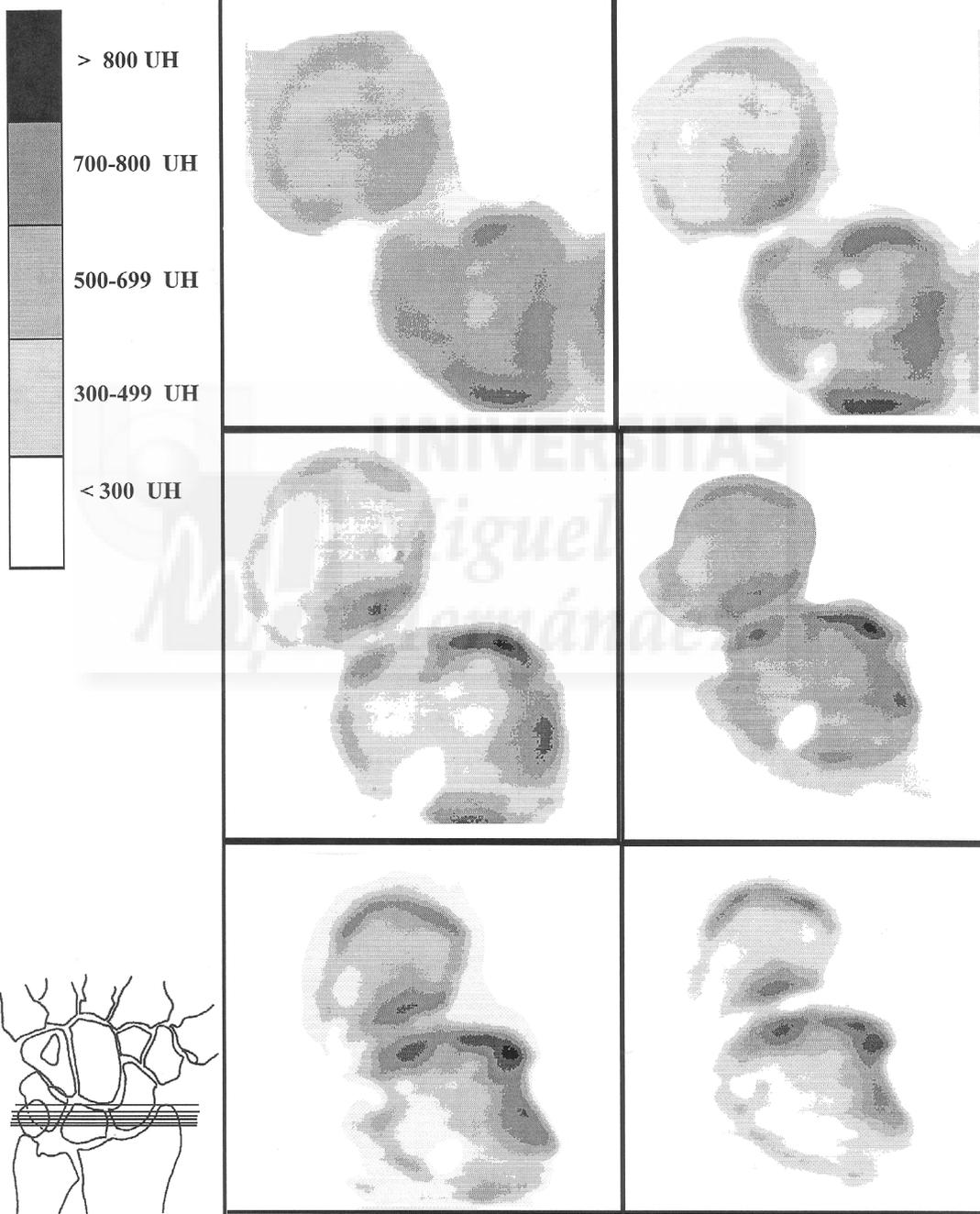


Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral 1
en la artrosis pisi-piramidal

Especímen nº 23

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 24

MANO IZQUIERDA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 8 mm; diámetro longitudinal: 9 mm.

2. Cartílago articular

En el centro del cartílago articular se observa una lesión con forma discoide de grado IV. Las lesiones de grado III se distribuyen en casi la totalidad del cuadrante próximo-ulnar y en casi la totalidad de la mitad distal de la superficie articular, con excepción de la zona central. En el resto del cartílago se aprecian lesiones de grado II y I. Según lo descrito, la degeneración severa del cartílago presenta un patrón periférico y, en menor grado, central (figura 24A).

3. Pliegues sinoviales

Presenta dos pliegues sinoviales, uno en el borde ulnar y el otro en el borde distal.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea se localiza en la zona central (>800 UH), mientras que valores intermedios de densidad ósea se localizan en las zonas ulnar y radial (500-699 UH) del hueso subcondral (figura 24B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: ni redondeada ni rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 8 mm; diámetro longitudinal: 9 mm.

2. Cartílago articular

El tercio ulnar del borde proximal está ocupado por una pequeña lesión de grado IV. Se observan pequeñas lesiones redondeadas de grado III cercadas al borde proximal, y una amplia lesión del mismo grado que desde el centro del borde proximal se extiende a modo de triángulo hasta ocupar todo el borde distal. En el resto de la superficie articular las lesiones son de grado II y I. En resumen, la degeneración severa del cartílago sigue un patrón periférico y, en menor grado, central (figura 24A).

3. Pliegues sinoviales

Se localizan dos pliegues sinoviales, uno en el borde proximal y otro en el borde ulnar.

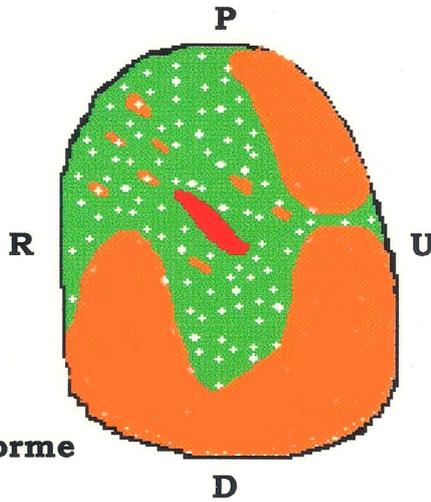
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea se concentra en la zona radial y central (>800 UH). Por contra, los valores intermedios de densidad ósea (500-699 UH) se localizan en la zona ulnar del hueso subcondral (figura 24B).

Santana Maján, M.J.

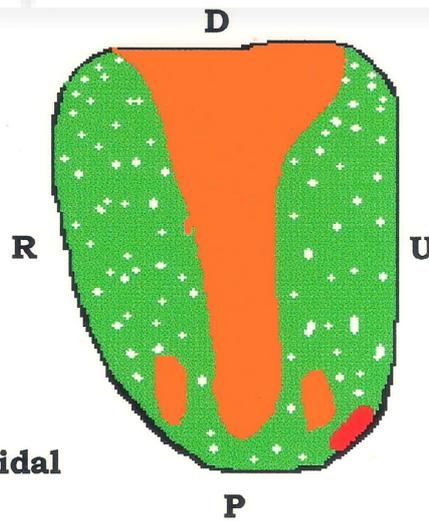
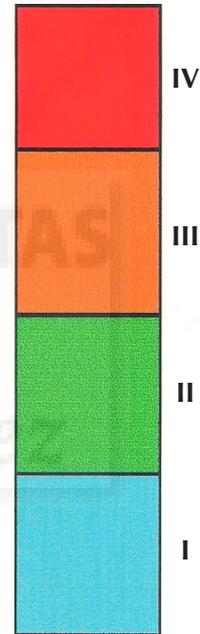
Cartilago y hueso subcondral en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen n° 24
Mano Izquierda



Superficie del Pisiforme

Grados de lesión



Superficie del Piramidal

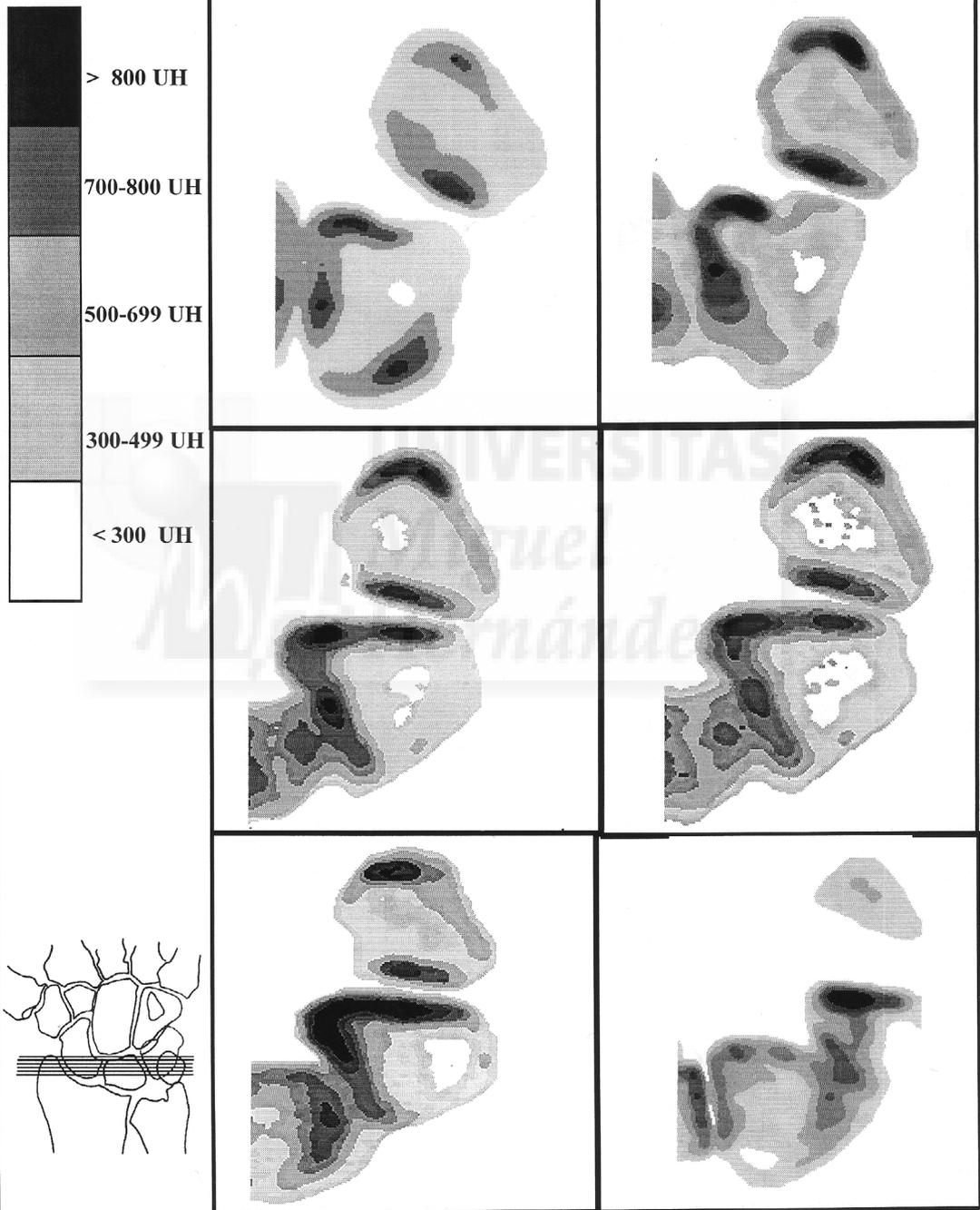
Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 24

Art. Pisi-piramidal

Densidad osea subcondral



ESPÉCIMEN N° 25

MANO DERECHA

A) HUESO PISIFORME

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: redondeada.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 9 mm; diámetro longitudinal: 11 mm.

2. Cartílago articular

Se localizan lesiones de grado III en los dos tercios ulnares del borde proximal, entre el tercio distal del borde radial y el tercio radial del borde distal, y entre el tercio distal del borde ulnar y el tercio ulnar del borde distal. El resto de la superficie articular está ocupada por lesiones de grado II y I. Según lo descrito, la degeneración moderada del cartílago presenta un patrón periférico (figura 25A).

3. Pliegues sinoviales

Se aprecia un sólo pliegue sinovial localizado en el borde radial.

4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (>800 UH) corresponde a la zona radial, valores intermedios se ubican en la zona central, mientras que la mínima densidad ósea (500-699 UH) se encuentra en la zona ulnar (figura 25B).

B) HUESO PIRAMIDAL

1. Forma y dimensiones de la superficie articular

a. *Forma*: rectangular.

b. *Dimensiones*: diámetro transversal: 10 mm; diámetro longitudinal: 12 mm.

2. Cartílago articular

Las lesiones de grado IV se distribuyen en forma de cuatro pequeñas áreas localizadas dos en el área de intersección del borde proximal con el borde radial, y las otras dos localizadas entre el tercio distal del borde radial y el tercio radial del borde distal. Presenta lesiones de grado III en el área comprendida entre el tercio medio del borde radial y el tercio radial del borde distal, en la zona que se extiende desde el tercio distal del borde ulnar y el tercio ulnar del borde distal y, por último, en una pequeña zona situada en el tercio medio del borde ulnar. En el resto de la superficie articular las lesiones son de grado II y I. En resumen, la degeneración moderada del cartílago sigue un patrón periférico (figura 25A).

3. Pliegues sinoviales

Se aprecian dos pliegues sinoviales, uno en la mitad proximal del borde ulnar y el segundo que se extiende desde el tercio medio del borde radial a la mitad radial del borde distal.

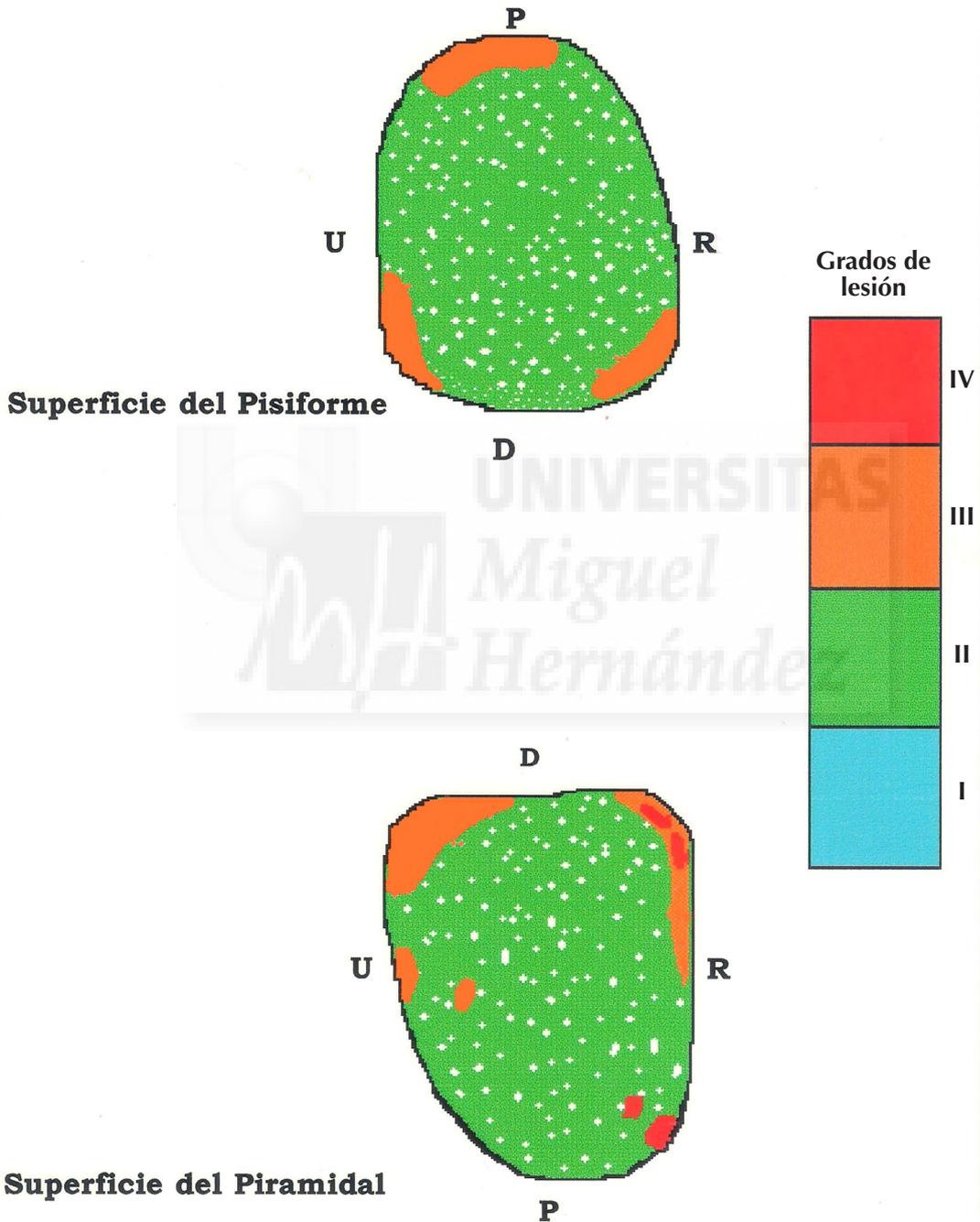
4. Densidad ósea subcondral

La máxima densidad ósea (700-800 UH) se localiza en la zona radial con un pico en la zona ulno-central del hueso subcondral. Los valores mínimos de densidad ósea (300-499 UH) corresponden a la zona ulnar (figura 25B).

Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral en la artrosis pisi-piramidal

Espécimen nº 25
Mano Derecha



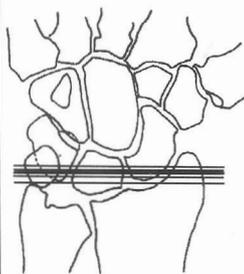
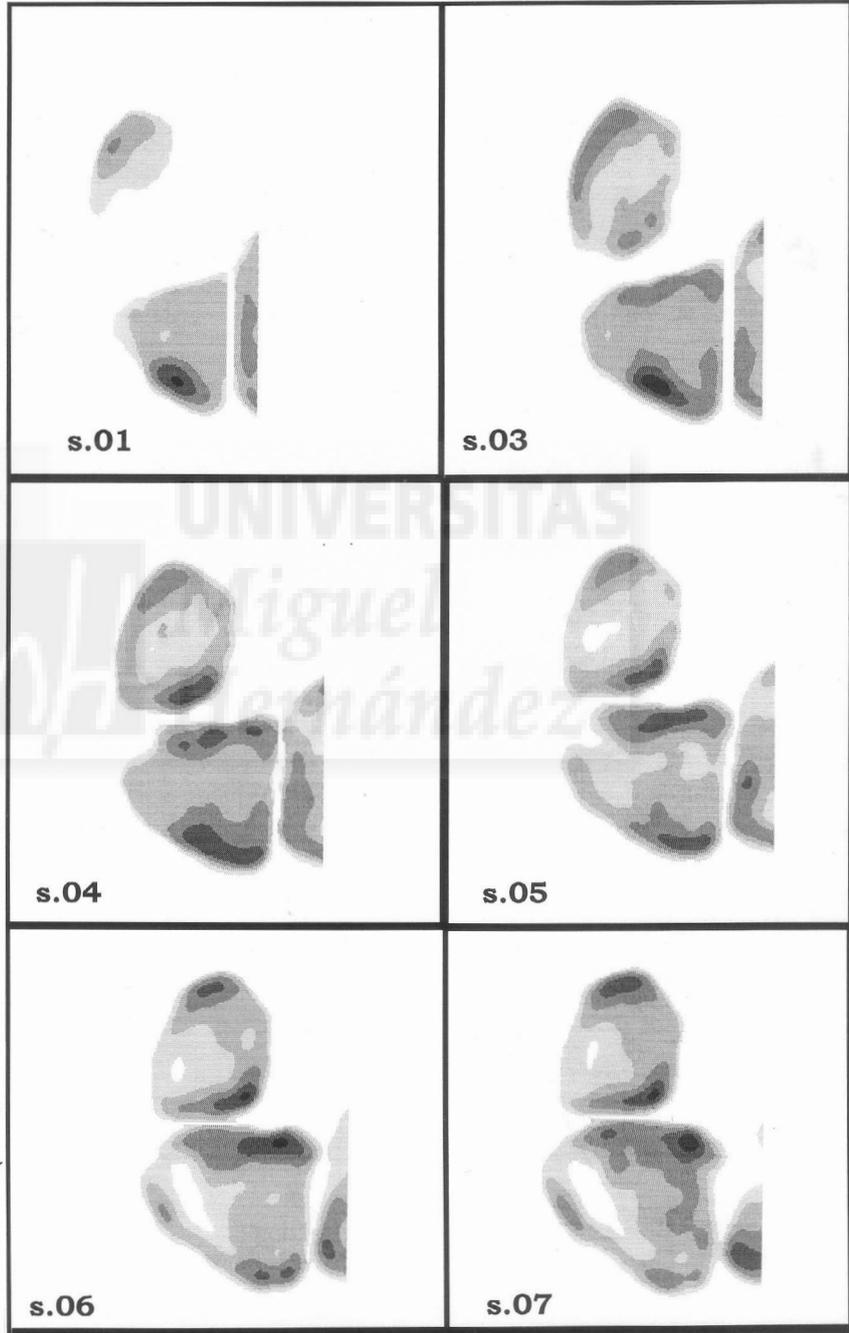
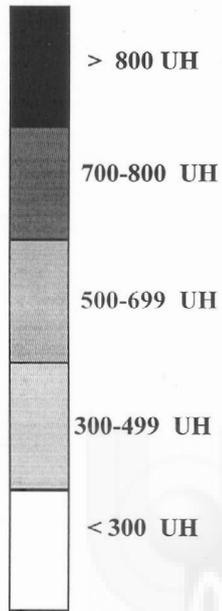
Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

1

Especimen nº 25

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



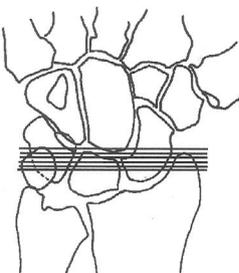
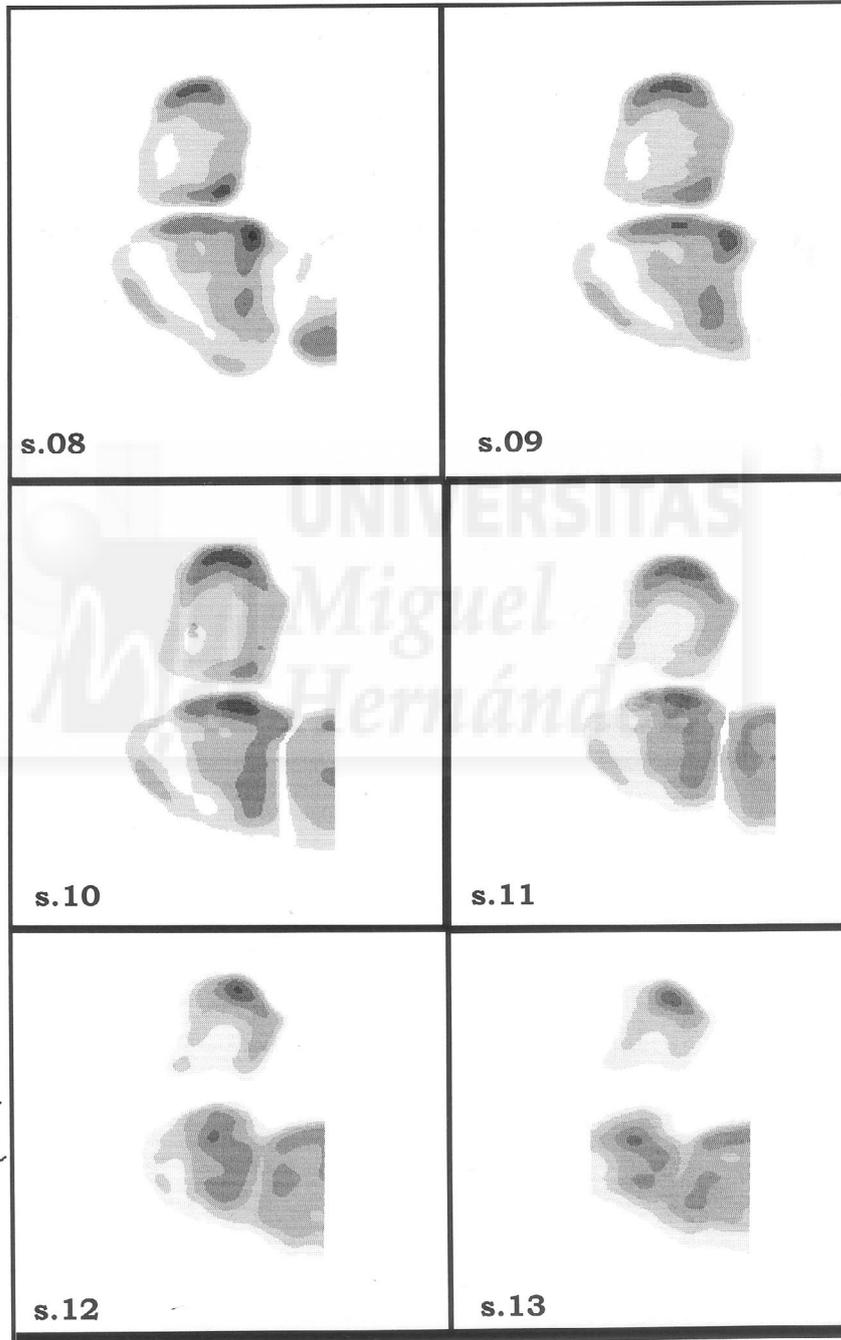
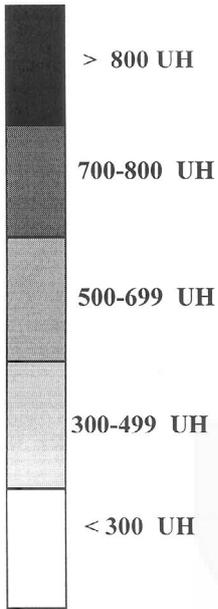
Santana Maján, M.J.

Cartilago y hueso subcondral
en la artrosis pisi-piramidal

2

Espécimen nº 25

Art. Pisi-piramidal
Densidad osea subcondral



Anexo tablas



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN LAS VARIABLES DEMOGRÁFICAS

EDAD EN AÑOS		SEXO	n (%)	LADO	n (%)
Media	67 años	Hombres	15 (60%)	Derecho	14 (56%)
DS*	4,9	Mujeres	10 (40%)	Izquierdo	11 (44%)
Mediana	67				
Rango	57-75				

* Desviación estándar

DISTRIBUCIÓN DE LAS MEDIDAS DE LA SUPERFICIE ARTICULAR DEL PISIFORME Y DEL PIRAMIDAL

	PISIFORME Media (rango)	PIRAMIDAL Media (rango)
Diámetro transversal Medio	8,16 mm (6,0 -11,0)	8,24 mm (7,0 - 11,0)
Diámetro longitudinal Medio	9,88 mm (8,0 -13,0)	10,16 mm (8,0 - 12,0)

DISTRIBUCIÓN DE LOS PLIEGUES SINOVALES EN LOS BORDES ARTICULARES DE LOS CARTÍLAGOS DEL PISIFORME Y DEL PIRAMIDAL

PLIEGUES SINOVALES	PROXIMAL n (%)	DISTAL n (%)	RADIAL n (%)	ULNAR n (%)
PISIFORME	10 (20%)	12 (24%)	13 (26%)	14 (29%)
PIRAMIDAL	17 (30%)	13 (23%)	16 (28%)	11 (19%)

DISTRIBUCIÓN DE LOS PLIEGUES SINOVALES QUE TIENEN CONCORDANCIA SOBRE LOS BORDES ARTICULARES DE LOS CARTÍLAGOS DEL PISIFORME Y DEL PIRAMIDAL

PLIEGUES SINOVALES	PROXIMAL n (%)	DISTAL n (%)	RADIAL n (%)	ULNAR n (%)
	7 (28%)	8 (32%)	10 (40%)	8 (32%)

DISTRIBUCIÓN DE LOS GRADOS DE LESIÓN QUE TIENEN CONCORDANCIA SOBRE LAS SUPERFICIES ARTICULARES DEL PISIFORME Y DEL PIRAMIDAL

PROXIMAL n (%)	DISTAL n (%)	RADIAL n (%)	ULNAR n (%)	CENTRAL n (%)
11 (21%)	13 (52%)	9 (36%)	13 (52%)	21 (84%)

DISTRIBUCIÓN DE LOS NIVELES DE DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRALE QUE TIENEN CONCORDANCIA SOBRE EL PISIFORME Y EL PIRAMIDAL

RADIAL n (%)	ULNAR n (%)	CENTRAL n (%)
18 (72%)	24 (96%)	19 (76%)

DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN DEL SEXO DE LOS ESPECÍMENES CON LOS DIÁMETROS TRANSVERSO Y LONGITUDINAL DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES DEL PISIFORME Y DEL PIRAMIDAL

SEXO	PISIFORME						PIRAMIDAL									
	Diámetro transversal				Diámetro longitudinal				Diámetro transversal				Diámetro longitudinal			
	≤ 8 mm		> 8 mm		≤ 10 mm		>10 mm		≤ 8 mm		> 8 mm		≤ 10 mm		>10 mm	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	18		7		17		8		15		10		14		11	
Mujer	7	38,9	3	42,9	7	41,2	3	37,5	4	26,7	6	60,0	6	42,9	4	36,4
Hombre	11	61,1	4	57,1	10	58,8	5	62,5	11	73,3	4	40,0	8	57,1	7	63,6
p – valor*	0,8				0,8				0,9				0,7			

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE EL SEXO DE LOS ESPECÍMENES CON LA FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES DEL PISIFORME Y DEL PIRAMIDAL

SEXO	PISIFORME						PIRAMIDAL					
	Redondeada		Rectangular		Otras		Redondeada		Rectangular		Otras	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	17		3		5		8		5		12	
Mujer	6	35,3	1	33,3	3	60,0	3	37,5	3	60,0	4	33,3
Hombre	11	64,7	2	66,7	2	40,0	5	62,5	2	40,0	8	66,7
p – valor*	0,4						0,6					

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA EXISTENCIA DE PLIEGUES SINOVIALES EN LOS BORDES ARTICULARES DE LOS CARTÍLAGOS DEL PISIFORME Y DEL PIRAMIDAL CON EL SEXO DE LOS ESPECÍMENES

PLIEGUES SINOVIALES	PISIFORME				PIRAMIDAL			
	Mujer		Hombre		Mujer		Hombre	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	10		15		10		15	
Borde proximal								
No	7	70,0	8	53,3	3	30,0	5	33,3
Si	3	30,0	7	46,7	7	70,0	10	66,7
p – valor*			0,4				0,8	
Borde distal								
No	4	40,0	9	60,0	6	60,0	7	46,7
Si	6	60,0	6	40,0	4	40,0	8	53,3
p – valor*			0,3				0,5	
Borde radial								
No	5	50,0	7	46,7	6	60,0	3	20,0
Si	5	50,0	8	53,3	4	40,0	12	80,0
p – valor*			0,8				0,04	
Borde ulnar								
No	2	20,0	9	60,0	4	40,0	10	66,7
Si	8	80,0	6	40,0	6	60,0	5	33,3
p – valor*			0,048				0,2	

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA EXISTENCIA DE PLIEGUES SINOVIALES CON LA FORMA DE LA SUPERFICIE ARTICULAR DEL PISIFORME Y DEL PIRAMIDAL

PLIEGUES SINOVIALES	PIIFORME						PIRAMIDAL					
	Redondeada		Rectangular		Otras		Redondeada		Rectangular		Otras	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	17		3		5		8		5		12	
Borde proximal												
No	11	64,7	1	33,3	3	60,0	2	25,0	2	40,0	4	33,3
Si	6	35,3	2	66,7	2	40,0	6	75,0	3	60,0	8	66,7
p – valor*			0,6						0,8			
Borde Distal												
No	9	52,9	2	66,7	2	40,0	6	75,0	2	40,0	5	41,7
Si	8	47,1	1	33,3	3	60,0	2	25,0	3	60,0	7	58,3
p – valor*			0,7						0,2			
Borde Radial												
No	7	41,2	2	66,7	3	60,0	2	25,0	1	20,0	6	50,0
Si	10	58,8	1	33,3	2	40,0	6	75,0	4	80,0	6	50,0
p – valor*			0,6						0,4			
Borde Ulnar												
No	9	52,9	1	33,3	1	20,0	6	75,0	3	60,0	5	41,7
Si	8	47,1	2	66,7	4	80,0	2	25,0	2	40,0	7	58,3
p – valor*			0,4						0,3			

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN DE LA FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES CON LOS DIÁMETROS TRANSVERSO Y LONGITUDINAL DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES DEL PISIFORME Y DEL PIRAMIDAL

FORMA DE LA SUPERFICIE ARTICULAR	PISIFORME								PIRAMIDAL							
	Diámetro transverso				Diámetro longitudinal				Diámetro transverso				Diámetro longitudinal			
	≤ 8 mm		> 8 mm		≤ 10 mm		>10 mm		≤ 8 mm		> 8 mm		≤ 10 mm		>10 mm	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	18		7		17		8		15		10		14		11	
Redondeada																
Rectangular	12	66,7	5	71,4	12	70,6	5	62,5	5	33,3	3	30,0	5	35,7	3	27,3
Otras	2	11,1	1	14,3	2	11,8	1	12,5	2	13,3	3	30,0	2	14,3	3	27,3
p – valor*	4	22,2	1	14,3	3	17,6	2	25,0	8	53,3	4	40,0	7	50,0	5	45,5
			0,9				0,9					0,6				0,7

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE LESIÓN DE LOS DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES DEL PISIFORME Y DEL PIRAMIDAL CON FORMA CONCORDANTE Y NO CONCORDANTE

	No concordancia			Concordancia		
	N	n	%	n	%	p*
Total	50	32	64,0	18	36,0	0,005
BORDE PROXIMAL						
Lesión grado I	3	3	100,0	0	0,0	0,01
Lesión grado II	12	7	58,3	5	41,7	0,4
Lesión grado III	21	13	61,9	8	38,1	0,1
Lesión grado IV	14	9	64,3	5	35,7	0,1
BORDE DISTAL						
Lesión grado I	1	1	100,0	0	0,0	0,1
Lesión grado II	10	7	70,0	3	30,0	0,1
Lesión grado III	24	16	66,7	8	33,3	0,02
Lesión grado IV	15	8	53,3	7	46,7	0,7
BORDE RADIAL						
Lesión grado I	4	4	100,0	0	0,0	0,005
Lesión grado II	15	9	60,0	6	40,0	0,3
Lesión grado III	17	10	58,8	7	41,2	0,3
Lesión grado IV	14	9	64,3	5	35,7	0,1
BORDE ULNAR						
Lesión grado I	4	4	100,0	0	0,0	0,005
Lesión grado II	17	12	70,6	5	29,4	0,02
Lesión grado III	24	14	58,3	10	41,7	0,2
Lesión grado IV	5	2	40,0	3	60,0	0,5
ZONA CENTRAL						
Lesión grado I	4	4	100,0	0	0,0	0,005
Lesión grado II	37	22	59,5	15	40,5	0,1
Lesión grado III	5	3	60,0	2	40,0	0,5
Lesión grado IV	4	3	75,0	1	25,0	0,1

* Contraste de proporciones

DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN DEL GRADO DE LESIÓN DEL CARTÍLAGO DEL PISIFORME Y PIRAMIDAL CON EL SEXO DE LOS ESPECÍMENES

	PISIFORME				PIRAMIDAL			
	Mujer		Hombre		Mujer		Hombre	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	10		15		10		15	
BORDE PROXIMAL								
Lesión grado I	0	0,0	2	13,3	0	0,0	1	6,7
Lesión grado II	2	20,0	1	6,7	5	50,0	4	26,7
Lesión grado III	6	60,0	6	40,0	2	20,0	7	46,7
Lesión grado IV	2	20,0	6	40,0	3	30,0	3	20,0
p – valor*	0,3				0,4			
BORDE DISTAL								
Lesión grado I	0	0,0	1	6,7	0	0,0	0	0,0
Lesión grado II	2	20,0	4	26,7	0	0,0	4	26,7
Lesión grado III	5	50,0	5	33,3	7	70,0	7	46,7
Lesión grado IV	3	30,0	5	33,3	3	30,0	4	26,7
p – valor*	0,7				0,1			
BORDE RADIAL								
Lesión grado I	0	0,0	2	13,3	0	0,0	2	13,3
Lesión grado II	3	30,0	6	40,0	2	20,0	4	26,7
Lesión grado III	3	30,0	3	20,0	4	40,0	7	46,7
Lesión grado IV	4	40,0	4	26,7	4	40,0	2	13,3
p – valor*	0,5				0,3			
BORDE ULNAR								
Lesión grado I	0	0,0	2	13,3	0	0,0	2	13,3
Lesión grado II	4	40,0	3	20,0	5	50,0	5	33,3
Lesión grado III	6	60,0	8	53,3	4	40,0	6	40,0
Lesión grado IV	0	0,0	2	13,3	1	10,0	2	13,3
p – valor*	0,3				0,6			
ZONA CENTRAL								
Lesión grado I	0	0,0	2	13,3	0	0,0	2	13,3
Lesión grado II	8	80,0	12	80,0	7	70,0	10	66,7
Lesión grado III	1	10,0	0	0,0	3	30,0	1	6,7
Lesión grado IV	1	10,0	1	6,7	0	0,0	2	13,3
p – valor*	0,4				0,2			

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE EL GRADO DE LESIÓN DEL CARTÍLAGO Y LOS DIÁMETROS TRANSVERSO Y LONGITUDINAL DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES DEL PISIFORME Y DEL PIRAMIDAL

	PISIFORME								PIRAMIDAL							
	Diámetro transverso				Diámetro longitudinal				Diámetro transverso				Diámetro longitudinal			
	≤ 8 mm		> 8 mm		≤ 10 mm		>10 mm		≤ 8 mm		> 8 mm		≤ 10 mm		> 10 mm	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	18		7		17		8		15		10		14		11	
B. PROXIMAL																
Lesión grado I	2	11,1	0	0,0	2	11,8	0	0,0	1	6,7	0	0,0	1	7,1	0	0,0
Lesión grado II	3	16,7	0	0,0	3	17,6	0	0,0	4	26,7	5	50,0	2	14,3	7	63,6
Lesión grado III	9	50,0	3	42,9	8	47,1	4	50,0	6	40,0	3	30,0	7	50,0	2	18,2
Lesión grado IV	4	22,2	4	57,1	4	23,5	4	50,0	4	26,7	2	20,0	4	28,6	2	18,2
p – valor*			0,3				0,3				0,6				0,1	
BORDE DISTAL																
Lesión grado I	1	5,6	0	0,0	1	5,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Lesión grado II	4	22,2	2	28,6	3	17,6	3	37,5	4	26,7	0	0,0	1	7,1	3	27,3
Lesión grado III	9	50,0	1	14,3	9	52,9	1	12,5	8	53,3	6	60,0	9	64,3	5	45,5
Lesión grado IV	4	22,2	4	57,1	4	23,5	4	50,0	3	20,0	4	40,0	4	28,6	3	27,3
p – valor*			0,2				0,2				0,1				0,3	
BORDE RADIAL																
Lesión grado I	2	11,1	0	0,0	2	11,8	0	0,0	2	13,3	0	0,0	1	7,1	1	9,1
Lesión grado II	7	38,9	2	28,6	7	41,2	2	25,0	4	26,7	2	20,0	3	21,4	3	27,3
Lesión grado III	4	22,2	2	28,6	4	23,5	2	25,0	5	33,3	6	60,0	5	35,7	6	54,5
Lesión grado IV	5	27,8	3	42,9	4	23,5	4	50,0	4	26,7	2	20,0	5	35,7	1	9,1
p – valor*			0,7				0,5				0,5				0,5	
BORDE ULNAR																
Lesión grado I	2	11,1	0	0,0	2	11,8	0	0,0	2	13,3	0	0,0	1	7,1	1	9,1
Lesión grado II	6	33,3	1	14,3	6	35,3	1	12,5	7	46,7	3	30,0	6	42,9	4	36,4
Lesión grado III	10	55,6	4	57,1	9	52,9	5	62,5	4	26,7	6	60,0	5	35,7	5	45,5
Lesión grado IV	0	0,0	2	28,6	0	0,0	2	25,0	2	13,3	1	10,0	2	14,3	1	9,1
p – valor*			0,1				0,1				0,3				0,9	
ZONA CENTRAL																
Lesión grado I	2	11,1	0	0,0	2	11,8	0	0,0	2	13,3	0	0,0	1	7,1	1	9,1
Lesión grado II	14	77,8	6	85,7	13	76,5	7	87,5	9	60,0	8	80,0	10	71,4	7	63,6
Lesión grado III	1	5,6	0	0,0	1	5,9	0	0,0	3	20,0	1	10,0	3	21,4	1	9,1
Lesión grado IV	1	5,6	1	14,3	1	5,9	1	12,5	1	6,7	1	10,0	0	0,0	2	18,2
p – valor*			0,6				0,6				0,5				0,5	

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE EL GRADO DE LESIÓN DEL CARTÍLAGO CON LA FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES DEL PISIFORME Y DEL PIRAMIDAL

	PISIFORME						PIRIMIDAL					
	Forma de la superficie articular						Forma de la superficie articular					
	Redondeada		Rectangular		Otras		Redondeada		Rectangular		Otras	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	17		3		5		8		5		12	
BORDE PROXIMAL												
Lesión grado I	1	5,9	0	0,0	1	20,0	0	0,0	1	20,0	0	0,0
Lesión grado II	2	11,8	0	0,0	1	20,0	3	37,5	3	60,0	3	25,0
Lesión grado III	9	52,9	1	33,3	2	40,0	3	37,5	1	20,0	5	41,7
Lesión grado IV	5	29,4	2	66,7	1	20,0	2	25,0	0	0,0	4	33,3
p – valor*							0,7					
BORDE DISTAL												
Lesión grado I	0	0,0	0	0,0	1	20,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Lesión grado II	5	29,4	0	0,0	1	20,0	1	12,5	1	20,0	2	16,7
Lesión grado III	6	35,3	2	66,7	2	40,0	4	50,0	4	80,0	6	50,0
Lesión grado IV	6	35,3	1	33,3	1	20,0	3	37,5	0	0,0	4	33,3
p – valor*							0,4					
BORDE RADIAL												
Lesión grado I	1	5,9	0	0,0	1	20,0	0	0,0	1	20,0	1	8,3
Lesión grado II	7	41,2	1	33,3	1	20,0	2	25,0	1	20,0	3	25,0
Lesión grado III	6	35,3	0	0,0	0	0,0	4	50,0	2	40,0	5	41,7
Lesión grado IV	3	17,6	2	66,7	3	60,0	2	25,0	1	20,0	3	25,0
p – valor*							0,2					
BORDE ULNAR												
Lesión grado I	1	5,9	0	0,0	1	20,0	0	0,0	1	20,0	1	8,3
Lesión grado II	6	35,3	0	0,0	1	20,0	3	37,5	3	60,0	4	33,3
Lesión grado III	9	52,9	2	66,7	3	60,0	4	50,0	0	0,0	6	50,0
Lesión grado IV	1	5,9	1	33,3	0	0,0	1	12,5	1	20,0	1	8,3
p – valor*							0,4					
ZONA CENTRAL												
Lesión grado I	1	5,9	0	0,0	1	20,0	0	0,0	1	20,0	1	8,3
Lesión grado II	15	88,2	2	66,7	3	60,0	7	87,5	2	40,0	8	66,7
Lesión grado III	0	0,0	0	0,0	1	20,0	1	12,5	2	40,0	1	8,3
Lesión grado IV	1	5,9	1	33,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	16,7
p – valor*							0,2					

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRALE DEL PISIFORME Y PIRAMIDAL Y EL SEXO DE LOS ESPECÍMENES

	PISIFORME				PIRAMIDAL			
	Mujer		Hombre		Mujer		Hombre	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	10		15		10		15	
DOS** radial								
Mínimo	1	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Intermedio	4	40,0	7	46,7	2	20,0	6	40,0
Máximo	5	50,0	8	53,3	8	80,0	9	60,0
p – valor*			0,4				0,3	
DOS ulnar								
Mínimo	7	70,0	6	40,0	7	70,0	5	33,3
Intermedio	3	30,0	7	46,7	3	30,0	8	53,3
Máximo	0	0,0	2	13,3	0	0,0	2	13,3
p – valor*			0,2				0,1	
DOS central								
Mínimo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Intermedio	5	50,0	3	20,0	2	20,0	1	6,7
Máximo	5	50,0	12	80,0	8	80,0	14	93,3
p – valor*			0,1				0,3	

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

** Densidad ósea subcondral

DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRA Y LOS DIÁMETROS TRANSVERSO Y LONGITUDINAL DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES DEL PISIFORME Y DEL PIRAMIDAL

	PISIFORME								PIRAMIDAL							
	Diámetro transverso				Diámetro longitudinal				Diámetro transverso				Diámetro longitudinal			
	≤ 8 mm		> 8 mm		≤ 10 mm		>10 mm		≤ 8 mm		> 8 mm		≤ 10 mm		> 10 mm	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	18	7	17	8	15	10	14	8								
DOS** radial																
Mínimo	1	5,6	0	0,0	1	5,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Intermedio	9	50,0	2	28,6	8	47,1	3	37,5	5	33,3	3	30,0	2	14,3	3	37,5
Máximo	8	44,4	5	71,4	8	47,1	5	62,5	10	66,7	7	70,0	12	85,7	5	62,5
p – valor*	0,4				0,6				0,8				0,03			
DOS ulnar																
Mínimo	9	50,0	4	57,1	8	47,1	5	62,5	6	40,0	6	60,0	6	42,9	5	62,5
Intermedio	9	50,0	1	14,3	9	52,9	1	12,5	9	60,0	2	20,0	8	57,1	1	12,5
Máximo	0	0,0	2	28,6	0	0,0	2	25,0	0	0,0	2	20,0	0	0,0	2	25,0
p – valor*	0,03				0,03				0,058				0,1			
DOS central																
Mínimo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Intermedio	5	27,8	3	42,9	5	29,4	3	37,5	2	13,3	1	10,0	2	14,3	3	37,5
Máximo	13	72,2	4	57,1	12	70,6	5	62,5	13	86,7	9	90,0	12	85,7	5	62,5
p – valor*	0,4				0,7				0,8				0,7			

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

** Densidad ósea subcondral

DESCRIPCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRA Y LA FORMA DE LAS SUPERFICIES ARTICULARES DEL PISIFORME Y DEL PIRAMIDAL

	PISIFORME						PIRAMIDAL					
	Redondeada		Rectangular		Otras		Redondeada		Rectangular		Otras	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	17		3		5		8		5		12	
DOS** radial												
Mínimo	1	5,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Intermedio	6	35,3	1	33,3	4	80,0	2	25,0	2	40,0	4	33,3
Máximo	10	58,8	2	66,7	1	20,0	6	75,0	3	60,0	8	66,7
p – valor*	0,5						0,8					
DOS ulnar												
Mínimo	10	58,8	0	0,0	3	60,0	4	50,0	2	40,0	6	50,0
Intermedio	6	35,3	2	66,7	2	40,0	3	37,5	3	60,0	5	41,7
Máximo	1	5,9	1	33,3	0	0,0	1	12,5	0	0,0	1	8,3
p – valor*	0,2						0,8					
DOS central												
Mínimo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Intermedio	7	41,2	0	0,0	1	20,0	1	12,5	1	20,0	1	8,3
Máximo	10	58,8	3	100,0	4	80,0	7	87,5	4	80,0	11	91,7
p – valor*	0,3						0,8					

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

** Densidad ósea subcondral

DISTRIBUCIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE GRADO DE LESIÓN DEL CARTÍLAGO CON LA DENSIDAD ÓSEA SUBCONDRA DEL PIRAMIDAL

	PIRAMIDAL															
	DOS** radial						DOS ulnar						DOS central			
	Mínimo		Intermedio		Máximo		Mínimo		Intermedio		Máximo		Mínimo		Intermedio	Máximo
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Total	0		8		17		12		11		2		0	3	22	
BORDE PROXIMAL																
Lesión grado I	0	0,0	1	12,5	0	0,0	0	0,0	1	9,1	0	0,0	0	0,0	1	4,5
Lesión grado II	0	0,0	4	50,0	5	29,4	4	33,3	5	45,5	0	0,0	0	0,0	1	33,3
Lesión grado III	0	0,0	2	25,0	7	41,2	4	33,3	4	36,4	1	50,0	0	0,0	2	66,7
Lesión grado IV	0	0,0	1	12,5	5	29,4	4	33,3	1	9,1	1	50,0	0	0,0	0	0,0
p – valor*				0,2						0,6				0,6		
BORDE DISTAL																
Lesión grado I	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Lesión grado II	0	0,0	4	50,0	0	0,0	1	8,3	3	27,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Lesión grado III	0	0,0	1	12,5	13	76,5	7	58,3	7	63,6	0	0,0	0	0,0	2	66,7
Lesión grado IV	0	0,0	3	37,5	4	23,5	4	33,3	1	9,1	2	100,0	0	0,0	1	33,3
p – valor*				0,002						0,1				0,2		
BORDE RADIAL																
Lesión grado I	0	0,0	2	25,0	0	0,0	0	0,0	2	18,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Lesión grado II	0	0,0	2	25,0	4	23,5	1	8,3	5	45,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Lesión grado III	0	0,0	4	50,0	7	41,2	7	58,3	2	18,2	2	100,0	0	0,0	3	100,0
Lesión grado IV	0	0,0	0	0,0	6	35,3	4	33,3	2	18,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0
p – valor*				0,1						0,1				0,2		
BORDE ULNAR																
Lesión grado I	0	0,0	2	25,0	0	0,0	0	0,0	2	18,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Lesión grado II	0	0,0	2	25,0	8	47,1	5	41,7	5	45,5	0	0,0	0	0,0	1	33,3
Lesión grado III	0	0,0	2	25,0	8	47,1	6	50,0	3	27,3	1	50,0	0	0,0	1	33,3
Lesión grado IV	0	0,0	2	25,0	1	5,9	1	8,3	1	9,1	1	50,0	0	0,0	1	33,3
p – valor*				0,1						0,3				0,6		
ZONA CENTRAL																
Lesión grado I	0	0,0	2	25,0	0	0,0	0	0,0	2	18,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Lesión grado II	0	0,0	2	25,0	15	88,2	9	75,0	7	63,6	1	50,0	0	0,0	1	33,3
Lesión grado III	0	0,0	2	25,0	2	11,8	2	16,7	2	18,2	0	0,0	0	0,0	2	66,7
Lesión grado IV	0	0,0	2	25,0	0	0,0	1	8,3	0	0,0	1	50,0	0	0,0	0	0,0
p – valor*				0,006						0,2				0,1		

* Contraste Chi Cuadrado y/o Prueba exacta de Fisher

** Densidad ósea subcondral

