

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE MEDICINA

E.A.P. DE TECNOLOGÍA MÉDICA

**Proyección de Rosenberg frente a la proyección en
carga antero-posterior en el diagnóstico precoz de
gonartrosis. Clínica Santa María del Sur. Julio -
setiembre 2015**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Tecnología
Médica en el área de Radiología

AUTOR

Samuel José Palacios Alejo

ASESOR

Luz Enith Filomeno Arce

Lima - Perú

2015

AGRADECIMIENTO

Primeramente quiero agradecer a Dios, por bendecirme y permitirme llegar al final de esta etapa importante de mi vida.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi Asesora de tesis, Dra. Filomeno Arce Luz Enith por su tiempo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado que pueda terminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores que durante toda mi carrera profesional han aportado con un granito de arena a mi formación.

A mis colegas de mi centro de trabajo que me apoyaron durante todo este tiempo con sus ánimos y buenos deseos, los cuales me han motivado y ayudado para terminar este trabajo.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia, por ser quienes me impulsaron a seguir adelante y terminar con éxito mi carrera profesional, en especial para las dos personas que más amo en este mundo: mis padres. Éstas dos personas, con sus esfuerzos y trabajando hasta altas horas de la noche, sin importarles el cansancio me dieron la oportunidad de ser un profesional. Por ello, estoy eternamente agradecido y dispuesto a seguir superándome para que estén orgullosos de mí.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VIII
ABSTRACT	VIII
INTRODUCCIÓN	1
• Planteamiento del problema	2
• Objetivos	3
• Justificación	3
• Antecedentes	4
• Bases conceptuales	6
• Hipótesis	51
MÉTODOS	
• Diseño metodológico	52
• Variables	52
• Criterios de selección	52
• Procedimientos	53
• Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
• Plan de recolección y análisis estadístico de los datos	55
• Consideraciones éticas	55
RESULTADOS	56
DISCUSIÓN	64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68-69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.

Distribución de frecuencias de los pacientes por evaluación y categoría de respuesta, según el grado de gonartrosis.

Para determinar el coeficiente Kappa 56

Tabla 2.

Distribución de pacientes según grupos etarios 57

Tabla 3.

Distribución de los casos según edad y sexo 58

Tabla 4.

Distribución de pacientes según índice de masa corporal (IMC) 59

Tabla 5.

Distribución según signos y síntomas clínicos de la enfermedad 60

Tabla 6.

Resultados del grado de gonartrosis según la escala de Kellgren y Lawrence, por radiólogo 1. 61

Tabla 7.

Resultados del grado de gonartrosis según la escala de Kellgren y Lawrence, por radiólogo 2. 62

Tabla 8.

Distribución de las medidas del espacio articular femorotibial por proyección radiográfica 63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.

Distribución según grupos etarios 57

Gráfico 2.

Distribución de los casos según edad y sexo 58

Gráfico 3.

Distribución por condición según índice de masa corporal (IMC) 59

Gráfico 4.

Distribución según presencia de manifestaciones clínicas 60

Gráfico 5.

Distribución de grado de gonartrosis para ambas proyecciones
en estudio según radiólogo 1 y 2. 62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1

Consentimiento para participar en un estudio de investigación. 73

Anexo 2

Hoja de encuesta. 76

Anexo 3

Imágenes comparativas de las proyecciones de Rosenberg y en carga ap, y su clasificación según la escala de Kellgren y Lawrence 77

Anexo 4

Posicionamiento en la proyección en carga ap y de Rosenberg (flexión de 45 °) 85

Anexo 5

Anatomía de la rodilla. 86

Anexo 6

Planos, ejes en el cuerpo y movimientos que se dan, según plano y eje involucrados. 88

Anexo 7

Eje mecánico y anatómico de la rodilla 89

Anexo 8

Operacionalización de las variables 90

Anexo 9

Matriz de consistencia 92

Anexo 10

Protocolo de toma de imágenes en posición en carga ap y de Rosenberg. 93

Anexo 11

Pasos para el uso adecuado del goniómetro. 95

RESUMEN

Introducción. Las enfermedades articulares (rodilla) en el Perú están incrementándose de manera preocupante y el principal problema que presenta la población mayor es la limitación de los movimientos en la marcha. Objetivos: Demostrar que la proyección de Rosenberg es más sensible en el diagnóstico precoz de gonartrosis frente a la proyección en carga antero-posterior. Diseño: estudio observacional, descriptivo, prospectivo y de corte transversal. Lugar: Clínica Santa María del Sur en el distrito de San Juan de Miraflores. Lima- Perú. Participantes: pacientes demandantes de atención por problemas de dolor en rodilla. Intervenciones: 15 pacientes que dieron su consentimiento informado, se les encuestó para recoger los datos sociodemográficos. Además se les tomó radiografías de ambas rodillas con las proyecciones en estudio. Se realizó análisis estadístico descriptivo, y pruebas de concordancia Kappa, así como la Prueba de Wilcoxon con un nivel de significancia de 0.05. Principales medidas de resultados: Gonartrosis, sexo femenino, categorías del IMC, 60-69 años. Resultados: se obtiene significación estadística diferencial entre las técnicas Ap y Rosenberg en el diámetro del espacio femorotibial de ambas rodillas con valor p 0.0008 y un I. C. del 95%.

Palabras clave: Proyección en carga AP, proyección de Rosenberg, gonartrosis.

ABSTRACT

Introduction. Articular diseases (knee) in the Peru they are increasing in a worrying manner and the main problem presented by the greater population is the limitation of the movements in the March. Objectives: To demonstrate that Rosenberg is more sensitive in the early diagnosis of osteoarthritis front projection on anterior-posterior load. Design: non experimental, descriptive, prospective and cross-sectional. Place: Santa Maria Clinic Southernin the District of San Juan de Miraflores. Lima - Peru. Participants: patients seeking care for pain in knee of the clinical problems. Intervencion:15 patients who gave their informed consent, they surveyed them to collect socio-demographic data. X-rays of both knees is also took with the projections in the study. Descriptive statistical analysis, and evidence of concordance, Kappa, as well as Wilcoxon test with a significance level of 0.05 was performed. main outcome measures: osteoarthritis, female sex, BMI categories, 60-69 years. Results:differential statistical significance between the Ap and Rosenberg techniques in the diameter of the space femorotibial of both knees with value p 0.0008 and an I. C. of 95% is obtained.

Key words: screening cargo AP, projection of Rosenberg, knee osteoarthritis.

INTRODUCCIÓN

La artrosis es una enfermedad ósea de mayor prevalencia, presenta una considerable morbilidad y es responsable de costes sanitarios muy elevados. Además el progresivo envejecimiento de la población ha determinado un incremento notable de su prevalencia en la población general ⁽¹⁾ también puede presentarse en pacientes jóvenes que han sufrido accidentes previos, intervenciones quirúrgicas o que presentan afectación secundaria a una enfermedad reumática. La artrosis severa de las rodillas es una de las razones más comunes para los procedimientos quirúrgicos de reemplazo de rodilla en el mundo. Por ello, hacer cuanto antes un diagnóstico y tratamiento temprano con el fin de mejorar el estilo de vida es de vital importancia. ⁽²⁾

El primer cambio que se da en esta enfermedad es la disminución del grosor del cartílago articular, que se traduce en la radiografía como una disminución del espacio articular femorotibial. Por lo tanto la solicitud de radiografías es el primer método de imagen que suelen indicar los médicos, tanto por su utilidad diagnóstica y por su bajo costo.

La proyección estándar para evaluar este tipo de patología es la radiografía en carga antero-posterior, ya que esta posición permite evaluar de manera más real el espacio articular a diferencia del decúbito. Es por tal motivo la importancia de tomar las radiografías de rodilla en carga siempre que se quiera evaluar gonartrosis. Sin embargo la proyección de Rosenberg es otro método radiológico que aumenta la sensibilidad diagnóstica precoz de esta patología a diferencia de

la estándar, ya que permite detectar una disminución del espacio articular, cuando ésta aún no se manifiesta en la estándar. Es ahí donde radica la importancia de esta técnica, al demostrar que la proyección de Rosenberg tiene mayor sensibilidad diagnóstica que la estándar en detectar precozmente una disminución del espacio articular femorotibial como signo radiológico inicial de gonartrosis.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

La osteoartrosis (OA) es una artropatía degenerativa que se produce al alterarse las propiedades mecánicas del cartílago y el hueso subcondral, afectando toda la estructura articular. Se caracteriza por dolor mecánico que con frecuencia se asocia a rigidez y que conduce progresivamente a una pérdida o disminución de la función articular. Es una enfermedad sistémica, multifactorial, prevalente, progresiva e incurable. Aunque la OA de la rodilla, también conocida como gonartrosis, es una afección que se describe por lo general en pacientes con 50 años o más, la presencia de esta enfermedad en edades más tempranas es cada vez mayor. ⁽¹⁾

Los pacientes con gonartrosis pueden presentar cojera, pudiendo empeorar a medida que más se degenera el cartílago. En algunos pacientes, el dolor, la cojera y la disfunción de la articulación no responden a medicamentos u otras medidas conservadoras. Por lo tanto, la artrosis severa de las rodillas es una de las razones más comunes para los procedimientos quirúrgicos de reemplazo de rodilla en el mundo. Por ello es importante hacer cuanto antes un diagnóstico y tratamiento temprano de la gonartrosis, con el fin de mejorar el estilo de vida de la persona que la padece. ⁽²⁾

El diagnóstico definitivo, se realiza mediante una adecuada historia clínica, una exploración de las articulaciones y la solicitud de radiografías, siendo esta última importante, ya que el primer cambio anatomopatológico que se presenta en esta patología es la disminución del grosor del cartílago, lo cual en la radiografía se observará como una disminución del espacio articular femorotibial.

El presente estudio dará respuesta a la siguiente pregunta.

¿Es la proyección de Rosenberg frente a la proyección en carga antero-posterior más sensible en el diagnóstico precoz de gonartrosis?

OBJETIVOS:

GENERAL

- Evaluar la proyección de Rosenberg frente a la proyección en carga antero-posterior en el diagnóstico precoz de gonartrosis.

ESPECIFICOS

- Describir las características demográficas de los pacientes según sexo, edad e índice de masa corporal (IMC).
- Describir los síntomas y signos clínicos del paciente: Dolor, rigidez < 30 minutos, crepitación, sensibilidad ósea, ensanchamiento óseo y ausencia de temperatura local.
- Comparar el grado de la gonartrosis en ambas proyecciones según la clasificación de Kellgren y Lawrence.
- Comparar el diámetro del espacio articular femorotibial para ambas proyecciones en estudio.

JUSTIFICACIÓN

La gonartrosis, siendo una de las enfermedades más frecuentes en la actualidad, cuya prevalencia se ha incrementado en las últimas décadas debido a múltiples factores como el incremento de la expectativa de vida de la población, las altas tasas de obesidad, deportes de impacto, etc. requiere ser diagnosticada precozmente con la finalidad de proporcionar una mejor calidad de vida en las personas propensas a padecer esta afección.

Si bien, medios más sofisticados como la resonancia magnética permiten estudiar con alta precisión los cambios degenerativos articulares, la radiografía simple aún constituye el estudio básico e inicial más importante de esta patología, debido a su utilidad diagnóstica y bajo costo en comparación a estudios como la resonancia magnética. No obstante la técnica empleada en la obtención de la radiografía es

fundamental para lograr visualizar los cambios que se presentan, tanto en etapas iniciales como en su evolución. Es así que se presenta la proyección de Rosenberg como un método radiológico alternativo que permite valorar de manera más real el estado del cartílago articular, pudiendo detectar disminución del espacio articular cuando está aún no se manifiesta en la proyección en carga antero posterior.

ANTECEDENTES

Rosenberg, T., Paulo's, L., Parker, R., Coward, C., Scott, S., (1988). *"Salt Lake City Knee and Sports Medicine"*. En su artículo **"Radiografía de rodilla en flexión posteroanterior de 45° con soporte de peso"** manifiestan: Se compararon radiografías tomadas en bipedestación posteroanterior, hechas con la rodilla en 45 grados de flexión, con las radiografías convencionales antero posterior en 55 pacientes que recibieron tratamiento quirúrgico por diagnóstico de gonartrosis comprobados mediante cirugía. La idea de esta nueva proyección en flexión se basó en la experiencia quirúrgica artroscópica, tras haberse observado que el mayor desgaste condral ocurre entre 30 y 60 grados de flexión, debido a una menor área sometida a una mayor carga. La comparación de las radiografías reveló que las radiografías posteroanterior de soporte de peso que se hicieron con la rodilla en 45 grados demostraban ser mucho más sensible que las proyecciones convencionales (80% vs 30%) respectivamente. ⁽³⁾

Norio Yamanaka; Toshiaki Takahashi; Norika zulchikawa; Hiroshi Yamamoto (2003). **Department of Orthopaedic Surgery. Japan.** En su artículo **"Radiografía de rodilla posteroanterior con soporte de peso y flexión de 15° en osteoartrosis medial"** mencionan: Se comparó la vista extendida convencional de la rodilla y vistas a 15 °, 30 ° y 45 ° de flexión con respecto al estrechamiento del espacio articular, la alineación de la meseta tibial medial y los ángulos tibiofemoral en 113 rodillas de 95 pacientes con artrosis medial de la rodilla (22 hombres, 73 mujeres, con una media de edad 67 años).

En el punto medio y el punto más estrecho del compartimento medial, los valores de estrechamiento del espacio articular a 15 °, 30 °, y 45 ° de flexión de la rodilla eran más pequeños que el de la vista convencional.

Conclusión. Una vista posteroanterior con 15 ° de flexión de la rodilla fue capaz de detectar estrechamiento del espacio articular con precisión, en comparación con una vista de la rodilla en extensión convencional, y puede ser un punto de vista alternativo en los casos de OA medial de la rodilla. ⁽⁴⁾

Fontboté C., Nemtala, F., Contreras, O., Guerrero, R., (2008). Departamento de Radiología, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile. En su artículo “**Proyección de Rosenberg en la evaluación radiológica de la osteoartrosis de rodilla**” manifiestan: 32 pacientes con sospecha de gonartrosis fueron estudiados mediante 2 proyecciones radiográficas: AP en carga en extensión y PA en carga con flexión de 45 grados (proyección de Rosenberg), con la finalidad de valorar la sensibilidad diagnóstica precoz de ambas proyecciones radiológicas. En total se evaluaron 44 rodillas, la edad de los pacientes tuvo una mediana de 61 años, con un rango entre 26 y 78 años, con una distribución de 74% mujeres y 26% hombres. En ambas proyecciones se midieron los espacios articulares, siendo medidas por un único radiólogo especialista en patología osteoarticular de dicha institución.

Para el compartimento lateral, el promedio de espacio articular fue de $8,6 \pm 11,5$ mm en la proyección AP y de $7,8 \pm 10,9$ mm en la proyección de Rosenberg, diferencia que no fue estadísticamente significativa. Para el compartimento medial el promedio en la proyección AP fue de $8,2 \pm 10,9$ mm y de $6,7 \pm 8,6$ mm en la proyección de Rosenberg, diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$). Para el compartimento lateral, la diferencia promedio AP vs Rosenberg fue de $0,82 \pm 6,3$ mm, diferencia que no fue estadísticamente significativa ($p = 0,104$). Para el compartimento medial, la diferencia promedio AP vs Rosenberg fue de $1,5 \pm 3,5$ mm, diferencia que fue estadísticamente significativa ($< 0,05$).

En conclusión se demuestra que la proyección de Rosenberg en comparación con la proyección AP tiene mayor capacidad de detectar la disminución del espacio

articular cuanto mayor es este (más espacio remanente), es decir la proyección de Rosenberg, a diferencia de la proyección AP convencional, es capaz de detectar estadios de artrosis incipiente. A medida que la enfermedad progresa y existe una disminución considerable en la altura del espacio articular, ambas proyecciones tienen un rendimiento similar. ⁽⁵⁾

BASES CONCEPTUALES

De acuerdo con la ARRT (The American Registry of Radiologic Technologists), el término proyección queda restringido al estudio del camino que sigue el rayo central (RC) desde que sale del tubo de rayos x y atraviesa al paciente hasta el receptor de imagen (RI). Por tanto, si el paciente está en la posición anatómica y el rayo central entra por cualquier punto por delante del cuerpo y sale por detrás, se obtiene una proyección AP. Independiente de la posición del cuerpo del paciente (supina, prona, erecta, etc.).

Términos frecuentes relacionados con las proyecciones

- **Proyección anteroposterior (AP)**

El RC ingresa por la superficie anterior y sale por la superficie posterior del cuerpo.

- **Proyección posteroanterior (PA)**

El RC ingresa en la superficie posterior y sale por la superficie anterior del cuerpo.

- **Proyecciones oblicuas AP o PA**

El RC penetra el cuerpo o parte del cuerpo con un ángulo lateral por la superficie anterior o posterior del cuerpo. El RC habitualmente es perpendicular a la mesa radiográfica y el paciente es rotado. Sin embargo, en algunas exploraciones el RC se angula en dirección diagonal para penetrar al paciente con un ángulo lateral, lo que también produce una imagen oblicua. En las proyecciones oblicuas el rayo central siempre entra en el paciente por la superficie anterior o posterior del cuerpo. Por lo tanto la terminología más exacta es proyección oblicua AP o proyección oblicua PA. Las proyecciones oblicuas además siempre necesitan una aclaración sobre la posición de la estructura anatómica a explorar, es así que se

especificara si es derecha o izquierda dependiendo del contacto que tenga la superficie corporal con el RI.

- **Proyección lateral**

Una proyección lateral es aquella en la que el RC penetra por el lado o cara lateral del cuerpo o parte del cuerpo. Es necesario clarificar más la proyección lateral con respecto al lado del cuerpo por el que entra el RC, de tal forma que el paciente pueda ser colocada adecuadamente. Las proyecciones laterales de cráneo, tórax y abdomen se aclaran con los términos de posición específicos posición lateral izquierda o derecha. Las proyecciones laterales de los miembros (extremidades) se aclaran además haciendo referencia al lado del cuerpo por el que el RC entra (superficie lateral o medial) las términos de proyección lateromedial o mediolateral se utilizan para indicar las proyecciones laterales específicas en los miembros.

- **Proyección axial**

Se refiere a todas las imágenes obtenidas cuando el RC tiene una angulación de 10° o más con respecto al eje longitudinal del cuerpo o de la parte explorada.

- **Proyección tangencial**

Esa aquella en la que el RC está colocado de tal forma que pasa entre las partes del cuerpo o roza la superficie corporal para perfilar una parte del cuerpo y proyecta libre de superposiciones.

POSICIÓN

El termino posición tiene dos significados relativamente similares cuando se emplea en radiología. Uno hace referencia a la posición específica del paciente y el otro está en relación con el acto de colocar al paciente para la exploración radiográfica. A continuación se describen las diferentes posiciones del cuerpo:

Vertical o bipedestación. Erecto o marcado por una posición vertical.

Decúbito lateral derecho o izquierdo. Tumbado sobre el lado derecho o izquierdo

Prono (o decúbito ventral). Tumbado con la cara hacia abajo

Supino (o decúbito dorsal). Tumbado sobre la espalda

Tumbado. Recostado en cualquier posición

POSICIÓN RADIOGRÁFICA

Es el término adecuado que se utiliza para describir una posición específica del cuerpo o parte del cuerpo en relación con la mesa radiográfica o la placa.

Posición lateral

Las posiciones laterales se denominan siempre en función del lado del paciente que está más próximo a la placa (derecho o izquierdo)

Posición oblicua

Se refiere a la posición en la que el cuerpo o parte del cuerpo está rotado, de tal forma que no se produce una imagen AP, PA o lateral. Las posiciones oblicuas, al igual que las posiciones laterales, se nombran siempre de acuerdo con el lado del paciente que está situado más cerca de la placa. Ejemplo la posición OAD queda nombrada así por el lado derecho y la superficie del cuerpo (anterior) que están más próximas a la placa.

Posiciones en decúbito

Se define como el acto o la adopción de una posición tumbada. De forma similar a las proyecciones laterales y oblicuas, en las posiciones en decúbito también es necesario mencionar el lado del cuerpo sobre el que está tumbado el paciente. ⁽⁶⁾

PROYECCIONES RADIOGRÁFICAS EN GONARTROSIS

La proyección radiográfica empleada tradicionalmente para evaluar el espacio articular femorotibial de la rodilla en pacientes con sospecha de gonartrosis, es la proyección AP en carga o bipedestación (ver anexo 4), ya que, en esta posición obtenemos una información más fiel del grado de afectación de la interlinea articular en comparación a la posición en decúbito. Sin embargo existe otra proyección que tiene mayor capacidad de detectar una disminución del espacio articular en comparación de la proyección convencional, ésta es la Proyección de Rosenberg (ver anexo 4). Mediante ella se detectan pérdidas precoces del cartílago, apareciendo pinzamientos no detectables en la proyección tradicional, además la presencia de cuerpos libres intrarticulares y osteofitos proyectados en el túnel intercondíleo.

La posición Rosenberg permite una imagen de un plano de sección posterior del cartílago femoral, zona de mayor carga durante la marcha y al subir escaleras. Los hallazgos artroscópicos confirman que la visión en semiflexión supera a la posición en extensión para representar el compartimiento femorotibial en el que el daño en artrosis es más precoz y prevalente. (7)

LA RODILLA

A) ANATOMÍA

La articulación de la rodilla la forman el fémur, rótula y tibia.

Estos huesos se asocian en un estrecho contacto unos con otros a través de ligamentos, meniscos, cápsula articular y una membrana sinovial, la superficie articular está recubierta por cartílago (ver anexo 5) lo que permite un roce mínimo y movimientos de flexión y extensión para que podamos caminar, subir y bajar escaleras, correr y realizar otras actividades.

ESTRUCTURAS OSEAS

- Epífisis distal del fémur

Consta de dos cóndilos incurvados en espiral, que se continua uno con otro por delante, pero están separados por detrás y abajo por la fosa intercondílea. Por delante, los cóndilos forman la tróclea femoral, que está dividida por un surco vertical en dos partes desiguales. La externa es más amplia y se extiende más en sentido proximal, se articula con la carilla articular externa de la rótula. La parte interna, más estrecha, se articula con la carilla interna de la rótula. La cara inferior del cóndilo externo es relativa ancha y recta, la del cóndilo interno es curva y estrecha. La parte posterior del cóndilo interno es más amplia y recta que la del externo. Las partes posteriores de ambos se articulan con la tibia solo durante la flexión. La cara interna del cóndilo interno es rugosa y convexa. Su parte más sobresaliente es el epicóndilo interno. El epicóndilo externo, más pequeño que el interno, es una prominencia en la cara externa del cóndilo externo.

- Epífisis proximal de la tibia

Esta epífisis es voluminosa y está expandida para articularse con la parte inferior del fémur. Está ligeramente inclinada hacia atrás y consta de dos cóndilos, interno y externo. La cara superior de cada cóndilo es grande, elipsoidal y lisa, y se articula con el correspondiente cóndilo del fémur.

Estas caras están separadas, de adelante hacia atrás, por una zona intercondílea anterior, la eminencia intercondílea y la zona intercondílea posterior. La eminencia intercondílea varía, mucho en forma y altura, e incluso puede no existir.

Los cóndilos interno y externo comparten una cara anterior de forma triangular, cuyo vértice está formado por la tuberosidad de la tibia.

- Rótula

Es un gran hueso sesamoideo de forma triangular, cuyo diámetro aproximado es de 5cm. Se articula hacia atrás con la tróclea del fémur. La rótula tiene dos caras, anterior y posterior; tres bordes, superior o base, interno y externo, y un vértice.

Provee protección a la rodilla y constituye el mecanismo extensor de ésta. El extremo proximal de la rótula es la base y el extremo distal es conocido como ápex. La superficie posterior tiene una cara lateral y otra medial, las cuales se articulan con los cóndilos medial y lateral del fémur, respectivamente.

El aspecto inferior de la patela articula con la parte superior de la tróclea femoral durante la extensión y el superior con la región posterior de la tróclea femoral en la flexión. La parte posterior de la superficie de la patela promueve el movimiento y brinda estabilidad con el cóndilo femoral.

La superficie articular de la patela es mucho más pequeña que la de la superficie femoral; la superficie de contacto varía considerablemente durante los movimientos, por lo cual es la articulación patelofemoral la menos congruente del cuerpo. La superficie anterior convexa permite el paso de vasos sanguíneos y está separada de la piel por la bursa prepatelar y por las fibras del tendón del cuádriceps. La superficie distal es el sitio de unión del ligamento patelar.

CÁPSULA FIBROSA

Encierra a los cóndilos tibiales, femorales, y la fosa intercondílea. Tiene una apertura posterior al cóndilo lateral tibial para permitir al tendón del músculo poplíteo atravesar e insertarse en la tibia. La capa fibrosa es reemplazada anterior por el tendón del musculo cuádriceps femoral, la rótula y el ligamento rotuliano.

La cápsula se une internamente a los cuernos de los meniscos y se conecta a la tibia por los ligamentos coronarios.

La cápsula de la rodilla está integrada por una cápsula posterior, una medial, una lateral y una anterior. La cápsula posterior tiene fibras verticales que se unen proximalmente a los márgenes posteriores de los cóndilos femorales y la fosa intercondilar; distalmente, al margen posterior de los cóndilos tibiales y del área intercondilar, y proximalmente, a la inserción distal de los gastrocnemios. Se encuentra reforzada por los ligamentos poplíteos arqueados y poplíteos oblicuo.

La cápsula medial está conformada por fibras que se unen al cóndilo femoral y tibial donde ésta se une con el ligamento colateral medial; se encuentra reforzada por expansiones de los músculos sartorio y semimembranoso.

En la cápsula lateral, las fibras se atan al fémur por encima del músculo poplíteo, siguiendo el tendón hacia el cóndilo tibial y hacia la cabeza del peroné. La cápsula anterior se une con las expansiones del vasto medial y lateral, mientras se ata al borde y al ligamento patelar. Allí, las fibras se extienden posteriormente al ligamento colateral y al cóndilo tibial.

MEMBRANA SINOVIAl

Reviste todas las superficies articulares que no están cubiertas por cartílago articular. Se inserta en los bordes de las superficies articulares y en los bordes de los meniscos. Separada del ligamento rotuliano por una almohadilla de grasa infrarotuliana.

A cada lado de la almohadilla, la membrana sinovial forma un borde ribeteado llamado pliegue alar que se proyecta hacia la cavidad articular. Otro pliegue agudo se eleva desde la línea media hacia la fosa intercondílea del fémur y su nombre es pliegue infrarotuliano.

- **Bolsas sinoviales**

Existen varias bolsas sinoviales alrededor de la rodilla que proporcionan superficies de baja fricción para el movimiento de los tendones asociados con la articulación.

Las bolsas subcutáneas prerrotuliana e infrarrotuliana se localizan en la superficie cóncava de la articulación permitiendo que la piel se mueva libremente durante los movimientos de la rodilla.

Otras, comunican con la cavidad sinovial: la suprarrotuliana, poplítea (profunda al cuádriceps), anserina (profunda a la inserción del sartorio, grácil y semitendinoso), del gastrocnemio, entre otras.

CARTÍLAGOS Y LIGAMENTOS

La rodilla se compone de ciertas estructuras importantes que le ofrecen el balance y estabilidad necesaria durante sus movimientos. Los ligamentos y tendones ayudan a brindar mayor tolerancia a la articulación de la rodilla, mientras que los cartílagos juegan el papel de amortiguadores.

- **Cartílagos semilunares o meniscos**

Se encuentran sobre las superficies proximales de la tibia. Los cartílagos están compuestos por fibrocartílago muy resistente. Presentan una forma más o menos semilunar, y la circunferencia del menisco externo es menor que la del menisco interno. El espesor de ambos meniscos es más o menos triangular, siendo mucho más grueso en la periferia. Los extremos anteriores de cada menisco están adheridos entre sí a la superficie preespínosa de la tibia por un ligamento transversal. Los bordes periféricos de cada menisco se adhieren a los bordes de las tuberosidades tibiales mediante los ligamentos coronarios.

Los cartílagos sirven para acomodar las superficies de los cóndilos femorales a las cavidades glenoideas de la tibia, para amortiguar los golpes al caminar y saltar, para prevenir el desgaste por rozamiento y, por deformación, para permitir los movimientos de la articulación de la rodilla.

- **Ligamentos**

Un ligamento es una estructura anatómica en forma de banda, compuesto por fibras resistentes que conecta los tejidos que unen a los huesos en las articulaciones. En pocas palabras, es una banda fibrosa resistente que confiere estabilidad a la articulación y es fundamental para el movimiento de los huesos.

En la rodilla tenemos los siguientes ligamentos:

- a) Ligamentos intracapsulares**

Son los ligamentos cruzados, se ubican en la región intercondílea y conectan al fémur y la tibia entrecruzándose en el plano sagital; es necesario destacar que estos están dentro de la cápsula fibrosa pero fuera de la cavidad sinovial. Ellos mantienen el contacto de las superficies articulares durante la flexión de la rodilla.

- Ligamentos cruzados anterior y posterior.**

Constituyen las principales estructuras que forman el incompleto tabique intercondileo que divide en parte la cavidad articular de la rodilla en dos mitades, derecha e izquierda. El ligamento cruzado anterior es el más débil de los dos. Va desde la carilla en la parte anterior del área intercondílea de la tibia a insertarse en una carilla de la porción posterior de la pared lateral de la fosa intercondílea del fémur. El ligamento cruzado posterior es el más fuerte de los dos. Va de la cara posterior del área intercondílea de la tibia a la pared medial de fosa intercondílea del fémur.

- b) Ligamentos extracapsulares**

Estabilizan el movimiento en bisagra de la rodilla. Estos son:

- Ligamento colateral tibial**

Se localiza en la cara interna de la rodilla. Se encarga de unir el cóndilo interno del fémur con la tuberosidad interna de la tibia, fusionándose en el camino con el ligamento coronario del menisco interno.

- Ligamento colateral peroneo.**

Se localiza en la cara externa de la rodilla. Se encarga de unir el cóndilo externo del fémur con la cabeza del peroné. El tendón del músculo poplíteo separa el ligamento colateral peroneo del menisco externo y de la cápsula articular.

- Ligamento poplíteo oblicuo.

Une los bordes articulares del fémur y la tibia.

-Ligamento poplíteo arqueda.

Desciende desde el cóndilo externo del fémur hasta la superficie posterior de la capsula articular y, con dos bandas convergentes, hasta la cabeza del peroné.

- Ligamento rotuliano

Es la parte distal del tendón del músculo cuádriceps femoral. Es el ligamento anterior de la articulación de la rodilla. Recibe los retináculos rotulianos medial y lateral (expansiones aponeuróticas de los músculos vastos medial y lateral, y de la fascia profunda). El ángulo ente el eje del tendón rotuliano y el eje del músculo cuádriceps femoral es el ángulo Q.

MÚSCULOS IMPLICADOS EN LA RODILLA

La rodilla es una articulación de bisagra que tiene dos grandes huesos por encima y por debajo de ella, el fémur y la tibia. La rodilla permite doblar y estirar la parte inferior de la pierna. Cuando la pierna se dobla, se llama flexión y cuando se endereza se llama extensión. Estas acciones son debido a los músculos que se encuentran por encima y por debajo de la rodilla que se cruzan sobre la articulación.

- **Extensores**

- **Cuádriceps:** Es el músculo más importante en la función de la extensión de rodilla. Es grande y potente, pues tiene que contrarrestar la fuerza de isquiotibiales, gemelos y poplíteo. Está formado por el recto anterior, vasto interno, vasto externo y vasto intermedio.

- **Tracto iliotibial:** Músculo situado en la parte lateral del muslo, que es característico por su largo y grueso tendón que se inserta en una prominencia ósea de la tibia conocida como tubérculo de Gerdy. Este tendón suele traer problemas a corredores. También se puede conocer por “cintilla de Maisiat”. Este músculo puede actuar como flexor o extensor dependiendo de la posición de la rodilla

- **Flexores**

- **Gemelos:** Situados en la parte posterior de la pierna, tienen la función de flexionar la rodilla, siempre y cuando este en extensión y el tobillo en flexión. Se originan en los dos cóndilos femorales y se insertan junto al sóleo en el calcáneo a través del tendón de Aquiles.

- **Semitendinoso y semimembranoso:** situados en la parte posterior del muslo, forman parte del conjunto de músculos denominados isquiotibiales, en concreto los de la parte interna. Se insertan en la parte interna de la tibia y su función básica sobre la rodilla es la de flexión, aunque también contribuye a la rotación interna cuando la rodilla se encuentra a 90°.

- **Bíceps femoral:** Situado en la parte posterior del muslo, junto con semitendinoso y semimembranoso forma parte de los isquiotibiales, en este caso

La parte externa. Se inserta en el peroné y ayuda a la flexión de rodilla y rotación externa cuando la rodilla se encuentra a 90°.

- **Pata de ganso:** Es la unión de 3 músculos, semitendinoso, recto interno y sartorio. Este conjunto también recibe el nombre de isquiotibiales.

- **Poplíteo:** Baja desde el cóndilo externo hasta la tibia por su parte posterior, su función es la de flexionar a la rodilla además de crear una rotación externa.

La rodilla es una de las articulaciones del cuerpo más inestables, si hablamos solo de la articulación en sí. A la vez que es una de las que aguanta mayor peso, así pues, no es raro que sea de las articulaciones que más se lesionen, ya sean lesiones meniscales, ligamentosas, de cartílago, etc.

IRRIGACIÓN

El riego sanguíneo de la rodilla proviene fundamentalmente de 3 arterias, la arteria femoral, la arteria poplíteo y la arteria tibial anterior. De estos troncos principales surgen otros más pequeños que forman un círculo alrededor de la articulación llamado círculo anastomótico de la rodilla, del cual surgen a su vez otras ramas secundarias que proporcionan sangre a las diferentes estructuras.

Las ramas más importantes son:

- Arteria genicular superior medial. Procede de la arteria poplíteo.

- Arteria genicular superior lateral. Procede de la arteria poplítea.
- Arteria genicular inferior medial. Procede de la arteria poplítea.
- Arteria genicular inferior lateral. Procede de la arteria poplítea.
- Arteria genicular descendente. Procede de la arteria femoral.
- Arteria recurrente tibial anterior. Procede de la arteria tibial anterior.

El retorno venoso tiene lugar fundamentalmente a través de la vena poplítea que pasa por el hueco poplíteo paralela a la arteria del mismo nombre y desemboca en la vena femoral.

INERVACIÓN

Los nervios que inervan los músculos que cruzan o actúan sobre la articulación de la rodilla, también inerva a la articulación. Por tanto, hay inervación por ramos de los nervios obturador y safeno (medialmente), femoral (anteriormente), tibial (posteriormente) y peroneo común (lateralmente), siendo estos dos últimos los componentes del nervio ciático. ⁽⁸⁾

B) BIOMECÁNICA DE LA RODILLA

La articulación de la rodilla desde el punto de vista mecánica es sorprendente ya que realiza dos funciones que pueden ser contradictorias.

1) Debe poseer mucha estabilidad cuando se encuentra en extensión completa, en este punto es donde la rodilla soporta el peso del cuerpo.

2) Debe poseer gran movilidad en la flexión, ya que durante la marcha debe proveer al pie una buena orientación.

Principalmente la rodilla cuenta con un solo grado de libertad de movimientos, esto es, flexión y extensión. Sin embargo además de este principal sentido de libertad, la rodilla cuenta, de manera accesoria, con un segundo sentido de libertad, que se presenta sola en la flexión. Este movimiento es de rotación sobre el eje longitudinal de la pierna.

PLANOS Y EJES DE MOVIMIENTO EN EL CUERPO HUMANO

Para describir mejor la biomecánica de la rodilla y de cualquier articulación, es necesario tomar en cuenta los planos y ejes en los que los diferentes movimientos se realizan. (ver anexo 6)

Existen tres planos y tres ejes de movimiento en el cuerpo humano.

- **Plano sagital.-** es un plano vertical que va de la parte posterior a la parte frontal del cuerpo dividiéndolo en mitad derecha y mitad izquierda
- **Plano coronal.-** es un plano vertical que va de derecha a izquierda dividiendo al cuerpo en dos mitades, anterior y posterior
- **Plano transversal.-** divide al cuerpo en mitades superior e inferior.

Los movimientos de las articulaciones del sistema músculo-esquelético son en gran medida movimientos rotacionales y tienen lugar sobre una línea perpendicular al plano en el que ocurre dicho movimiento. A esta línea se le conoce como eje de rotación.

En el cuerpo humano se toman las articulaciones como ejes y los huesos como los objetos que rotan alrededor de ellas en un plano perpendicular al eje. Existen tres ejes principales y la rotación se describe como si ocurriera en un plano alrededor del eje que es perpendicular al plano y lo atraviesa por todo su centro.

- **Eje sagital horizontal.-** Pasa horizontalmente desde la mitad posterior a la anterior del cuerpo, es formado por la intersección del plano sagital con el plano horizontal, aquí el plano frontal rota alrededor del eje horizontal. Ejemplo: cuando se levanta el brazo hacia un lado, el hombro es el eje sagital horizontal y el brazo es el objeto que se mueve en el plano frontal.
- **Eje frontal horizontal.-** Pasa horizontalmente de izquierda a derecha y es formado por la intersección de los planos frontal y horizontal, aquí el plano sagital rota alrededor del eje frontal horizontal. Ejemplo: la rodilla es un eje frontal horizontal y el miembro inferior es el objeto que se mueve en el plano sagital cuando se dobla la rodilla.
- **Eje vertical o longitudinal.-** Pasa verticalmente de la mitad inferior a la superior del cuerpo, siendo formado por la intersección entre los planos sagital y frontal, aquí el plano horizontal rota alrededor del eje vertical. Ejemplo:

Cuando se rota la cabeza de izquierda a derecha, este rota en un plano horizontal alrededor del eje vertical creado por la columna en la articulación en pivote atlanto-odontoidea.

EJES DE LA RODILLA

La alineación de la rodilla se evalúa utilizando los ejes mecánico y anatómico de la extremidad. (ver anexo 7)

El eje mecánico está definido por una línea recta que va desde el centro de la articulación de la cadera a través del centro de la rodilla y que continúa a través del centro de la mortaja del tobillo. El eje mecánico de la pierna y el eje mayor de la tibia son colineales. Por lo tanto, el eje mecánico normal es 0° .

El eje anatómico está definido por el ángulo de intersección entre una línea trazada a lo largo de la diáfisis del fémur y una línea trazada a lo largo de la diáfisis de la tibia. Este ángulo normalmente tiene 5 a 7° de valgo. En una rodilla normalmente alineada, alrededor del 60% de la fuerza de soporte de peso atraviesa el compartimiento medial y el 40% atraviesa el espacio articular lateral. Además, la línea articular de la rodilla es paralela a la tierra.

El cambio en la alineación de la rodilla que ocurre en la artrosis tibiofemoral unicompartmental da como resultado el eje mecánico que atraviesa el compartimiento medial o lateral de la rodilla en lugar del centro. En consecuencia, existe una redistribución de las fuerzas que atraviesan la articulación, con un mayor porcentaje de la fuerza de soporte de peso que atraviesa el compartimiento medial en una rodilla en varo y a través del compartimiento lateral en una rodilla en valgo. Desviaciones importantes de la media pueden conducir a presiones de contacto articular anormales. Se ha demostrado que las fuerzas de contacto del compartimiento medial aumenta con la deformidad en varo. Esta fuerza aumentada produce mayor destrucción del cartílago articular y conduce a una mala alineación que empeora. Se establece un ciclo vicioso. Por último, ocurre una pérdida de cartílago de espesor completo en el compartimiento involucrado, seguida por una pérdida del hueso subyacente si no se corrige la mala alineación. Esta pérdida ósea ocurre fundamentalmente desde el platillo medial de la tibia

proximal en una rodilla en varo y desde el cóndilo femoral lateral en una rodilla en valgo.

El eje del fémur (anatómico) no se encuentra, exactamente, en la prolongación del eje de la pierna, sino que forma un ángulo obtuso hacia fuera de 170° a 175° , siendo este el *valgus* fisiológico de la rodilla.

El eje mecánico del miembro inferior está compuesto por la línea recta que une los centros de las 3 articulaciones, cadera, rodilla y tobillo. Este eje se une con el eje de la pierna, por otro lado el eje mecánico forma un ángulo de 6° con respecto al eje del fémur.

El ángulo de *valgus normal* puede presentar variaciones patológicas, además de las variaciones sexuales, en las cuales este ángulo es mayor en las mujeres debido a que la separación de las caderas es mayor en ellas. Esta separación forma un ángulo de 3° entre el eje mecánico y la vertical, línea perpendicular al eje transversal. Estas variaciones suceden sobre todo en la infancia, siendo el crecimiento que determina su corrección, sin embargo pueden persistir en la vida adulta.

Cuando el ángulo de *valgus* se invierte aparece el *genuvarum*, es cuando las rodillas se encuentran arqueadas y muy separadas entre sí, vulgarmente se dice que la persona es patizambo; por el contrario cuando el *valgus fisiológico* se exagera se presenta el *genuvalgum*, es cuando las rodillas se juntan demasiado y los tobillos se alejan presentando una forma de X exagerada en la persona, vulgarmente se dice que el sujeto es patituerto.

MOVIMIENTOS DE LA RODILLA

La flexión y extensión es el movimiento principal de la rodilla, tiene una amplitud que se debe medir desde una posición de referencia que se toma cuando el eje de pierna se encuentra en la prolongación del eje del fémur, es en este momento cuando el miembro inferior posee una máxima longitud. Los valores normales de flexión de rodilla son de 135° . La extensión de rodilla normal es de 0° , aunque se considera normal unos grados de hiperextensión, nunca superiores a 10° . El otro

movimiento de la rodilla es la de rotación que solo se da cuando la rodilla se encuentra en flexión.

- **Extensión**

Es en este movimiento donde la cara posterior de la pierna se aleja del muslo, en realidad no hay una extensión absoluta de la pierna, sin embargo si se alcanza una extensión máxima en la posición de referencia. Por otro lado a partir de la máxima extensión se puede realizar un movimiento, de forma pasiva, de 5° a 10° de extensión, llamada hiperextensión (recurvatum).

- **Flexión**

Este movimiento es el inverso de la extensión, en donde la cara posterior de la pierna se acerca a la parte posterior del muslo, en la flexión hay movimientos conocidos como flexión absoluta que ocurren a partir de la posición de referencia y movimientos de flexión relativa encontrados en cualquier posición de flexión.

La flexión activa de la rodilla alcanza los 140°, solamente si la cadera ya está en flexión, pero solo alcanza 120° si la cadera está en extensión. Esto se debe a que los isquiotibiales no tienen la misma eficacia cuando la cadera está en extensión.

En la flexión pasiva, la rodilla es capaz de desarrollar 160°, permitiendo el contacto entre talón y nalga. Esto sirve como comprobación de la libertad de flexión de la rodilla. En condiciones normales la flexión solo es limitada por los músculos del muslo y de la pantorrilla.

- **Rotación**

Como se ha venido mencionando este movimiento solo ocurre durante la flexión y su eje de movimiento es el eje longitudinal de la rodilla. Esta rotación se puede medir cuando el sujeto se encuentra con flexión de 90° y sentado en el borde de una silla o mesa como las piernas colgando. Cuando la persona está en posición de referencia la punta del pie se encuentra un tanto abierta hacia fuera. Los movimientos de rotación de Rodilla se inician a partir de los 20° y son máximos en posición de 60°, volviendo a disminuir en amplitud a partir de los 90° de flexión. Los valores normales de rotación externa de la rodilla son de 45°-50°, mientras que los valores normales de rotación interna son de 30°- 35°.

Por último la rodilla cuenta con una rotación que se puede considerar como automática llamada rotación axial que se presenta de forma involuntaria e inevitable cuando se realizan los movimientos de flexión y extensión, sobre todo al final de la extensión y al comienzo de la flexión. Cuando la rodilla entra en extensión, existirá rotación externa, mientras que cuando se flexión la rotación será interna. ⁽⁹⁾

GONARTROSIS

La artrosis, también llamada enfermedad degenerativa articular, es una enfermedad del aparato locomotor caracterizada por la degeneración y pérdida del cartílago articular, junto a la proliferación osteocartilaginosa subcondral y de los márgenes articulares. Se trata de la enfermedad reumatológica más frecuente en los países occidentales y la principal causante de incapacidad o invalidez de todas las enfermedades crónicas. Puede incluso tratarse de la enfermedad más frecuente del hombre desde el momento en que se adopta la marcha en bipedestación, apareciendo en articulaciones que van a estar sometidas a una carga en ocasiones excesiva como es el caso de las articulaciones de la rodilla. Siendo así que la afectación en esta articulación también recibe el nombre de gonartrosis específicamente. La artrosis es una afección muy antigua, lo que se evidencia en las escrituras y en los exámenes realizados a las momias egipcias, las que muestran la presencia de este padecimiento. ⁽¹⁰⁾

La gonartrosis es una de las enfermedades más frecuentes en la actualidad, debido al envejecimiento cada vez más marcado de la población y la necesidad de una mayor demanda física de los pacientes afectados. La frecuencia de esta enfermedad aumenta a medida que aumenta la edad.

Según Hunter DJ y Lo GH la gonartrosis está presente del 25 al 30 % de la población entre 45 y 64 años, y se incrementa en un 85 % en pacientes mayores de 65 años. ⁽¹¹⁾ Es la causa más frecuente de rodilla dolorosa a partir de los 50 años. Se trata de una enfermedad degenerativa articular cuyos principales

factores responsables son la longevidad, la genética y la obesidad y que se presenta desde el punto de vista clínico con síntomas de dolor, restricción funcional y deformidad, fenómenos que conducen con el tiempo a la aparición de incapacidad laboral temporal o definitiva.⁽¹²⁾

Según la OMS citado por Woolf AD, et al, las enfermedades reumáticas representan el tercer problema de salud más importante en los países desarrollados y entre ellas, la artrosis es la más frecuente, ya que afecta al 80 % de la población mayor de 65 años en los países industrializados. Se prevé que el aumento de la expectativa de vida y el envejecimiento de la población harán de la artrosis la cuarta causa de discapacidad física en el año 2020. ⁽¹³⁾

Al trabajar con grupos poblacionales nos interesa encontrar la presencia de la enfermedad en éstos, y estos datos nos los proporcionan indicadores como la Prevalencia y la Incidencia. Respecto a la Prevalencia por edades, estudios clínicos y radiológicos sugieren que ésta va incrementándose con el transcurso de los años (prevalencia de menos del 1 % en menores de 30 años, alrededor del 10% a los 40 años y más del 50% después de los 50 años).

Las tasas de afectación por sexo son similares en hombres y mujeres cuando hacemos un consolidado de todas las edades, pero en los menores de 45 años es más frecuente en hombres y pasados los 55 años es más frecuente en mujeres. En mujeres se ha comprobado que la sintomatología es de mayor intensidad.

De los diversos grupos articulares afectados, la OA de manos es de extensión universal (en estudios de comunidad) pero es menos sintomática. En cambio, la gonartrosis es la de mayor incidencia en estudios en centros asistenciales, por ser la que produce más molestias.

Sobre porcentajes de incidencia por grupo articular y por raza tenemos que la gonartrosis es más frecuente en negros, similar a la OA de manos en blancos; en

cambio, la OA de cadera es rara en negros y asiáticos, mientras que su frecuencia es alta en raza blanca. ⁽¹⁴⁾

Gonartrosis y limitación de la actividad

Es la artrosis u osteoartrosis (OA) la enfermedad más frecuente del aparato locomotor, la que genera mayor gasto sanitario y la principal causante de incapacidad o invalidez de todas las enfermedades crónicas.

Según un informe de la OMS del año 1997 se catalogaba a la artrosis de rodilla como la cuarta causa de discapacidad en mujeres y la octava en hombres, atribuyendo un importantísimo costo anual a esta patología.

Esta enfermedad produce dolor e inflamación en la cápsula articular, reducción en la amplitud de movimientos y de la capacidad funcional en aproximadamente 10% de la población mayor a 55 años. Esto va a ocasionar una disminución del bienestar que percibe el paciente, siendo en este punto importante la intervención médica para mejorar la calidad de vida de los enfermos de gonartrosis. ⁽¹⁵⁾

Etiología

Aunque su etiología es desconocida sabemos que existen ciertos factores predisponentes de origen múltiple para que se desarrolle la enfermedad. En ciertas ocasiones estos factores se pueden unir en una misma persona permitiendo que la enfermedad sea más agresiva.

Por lo tanto, la aparición de esta patología puede variar de un factor a otro, pero entre las posibles causas sistémicas destacan las causas genéticas, obesidad y diferentes condiciones biomecánicas locales (debilidad, laxitud, traumatismos etc.) Sin embargo, si se puede certificar que el proceso degenerativo se produce en periodos prolongados y acompañados por acontecimientos patógenos tempranos. Desde un punto de vista etiológico se ha de considerar que la artrosis es un proceso multifactorial, en la que pueden estar implicados los siguientes factores predisponentes:

➤ Edad.

Aunque está claro que la prevalencia de la artrosis aumenta considerablemente con la edad, la vejez no es la causa de la enfermedad, pero se sabe que el cartílago se vuelve más frágil y está más expuesto a la destrucción producida por la artrosis, esto ocurre especialmente a nivel de las manos y en la columna vertebral, y seguidamente en rodillas y caderas.

➤ Obesidad.

En las personas que sobrepasan en un 10% el peso considerado como normal, hay una mayor incidencia de la artrosis en las articulaciones que soportan peso. Por ejemplo, el estudio Artrocad, de España, reporta que el 50 % de los pacientes con artrosis tienen obesidad. Las personas que tienen un sobrepeso de un 20% tienen de 7-10 veces más riesgo de padecer artrosis de rodilla. Está demostrada la relación directa entre el índice de masa corporal y la aparición de gonartrosis. Según este estudio, la disminución de peso mejora claramente los síntomas. Igualmente existe evidencia científica de la relación entre obesidad y artrosis de rodillas.

➤ Sexo femenino.

La prevalencia es mayor en las mujeres a partir de los cincuenta años, siendo similar en ambos sexos por debajo de los 50 años. A medida que aumenta la edad de los sujetos la articulación afectada sufrirá un empeoramiento. Las conclusiones del estudio EPISER nos dice que los determinantes de la artrosis de mano y de la rodilla son la edad y el sexo añadiendo en la artrosis de rodilla el factor de la obesidad.

➤ Actividad física elevada y traumatismos

Los estudios realizados en deportistas han demostrado una relación entre el “abuso” articular y artrosis. Los traumatismos pueden ser causa de artrosis, y los deportistas acumulan riesgo de padecer artrosis. A lo largo de su carrera, los traumatismos severos, luxaciones e intervenciones favorecen la aparición de cambios articulares postraumáticos.

➤ Factores genéticos

Diferentes estudios han demostrado la importancia de los factores hereditarios en la patología artrósica. El descubrimiento de mutaciones en un gen del cromosoma 12, que codifica la síntesis del colágeno tipo II; en ciertas familias que padecían un caso múltiple de poliartrosis precoz familiar, supuso la relación de factores genéticos en ciertas formas de artrosis precoz.

➤ Influencia endocrina

La principal influencia endocrina que afecta a la artrosis es la asociada a la menopausia. Es en esta época de la vida cuando aparece el tipo más habitual de artrosis en la mujer. Es importante tener en cuenta determinadas enfermedades endocrino-metabólicas que podrían favorecer el desarrollo de artrosis para actuar de forma preventiva, como podrían ser: acromegalia, diabetes, hipotiroidismo e hiperparatiroidismo, hemocromatosis, entre otras. ⁽¹⁶⁾

El cartílago articular en la gonartrosis

Las articulaciones sinoviales normales mantienen una superficie articular muy suave, prácticamente libre de fricción, muy resistente a las fuerzas de compresión, tensiles y de cizallamiento. Estas propiedades se deben sobre todo a la particular estructura de la matriz extracelular (ME) que produce los condrocitos durante su desarrollo.

El cartílago es aneural, no tiene inervación y por lo tanto es insensible; es alinfático, se considera que sus nutrientes provienen del líquido sinovial circulante a través de la ME; es avascular de manera que la energía necesaria para mantener su gran actividad metabólica proviene sobretodo de la vía anaeróbica.

El intenso metabolismo que implica la constante síntesis y degradación de la ME por parte de los condrocitos viene modulado tanto por estímulos biomecánicos como por señales biológicas, proteínas como factores de crecimiento, BMPs o interleucinas. La ME tiene un alto contenido acuoso (65-80%) y está compuesta por proteoglicanos agregados a una macromolécula de ácido hialurónico y colágeno muy especializado (sobre todo tipo II). Los proteoglicanos son los que

confieren al cartílago su gran capacidad de hidratación, y las fibras de colágeno, los mantienen encerrados en una consistente malla. El conjunto constituye una especializada estructura hidráulica que explica como el cartílago puede nutrirse y soportar grandes cargas mediante un sistema de bombeo. Cuando se le somete a compresión la resistencia hidráulica se incrementa conforme aumenta su deformación. La fase líquida de la ME es exprimida lentamente hacia la cavidad articular a través del tupido entramado colágeno, como consecuencia el cartílago se deshidrata y se vuelve más denso y consistente. Cuando cede la compresión, el agua y también nutrientes contenidos en el líquido sinovial vuelven a entrar en la matriz, permitiendo a los proteoglicanos dilatarse otra vez y al cartílago volver a tener la conformación anterior.

Durante el proceso de envejecimiento, digamos fisiológico, se desestabiliza el componente proteoglicano de la ME. Disminuye el tamaño y la concentración de glucosaminoglicanos (especialmente el condroitín sulfato) con lo que desciende la hidratación del colágeno y como consecuencia la capacidad del cartílago para soportar cargas, incluso las asociadas a la función articular normal. Las alteraciones del cartílago en el proceso artrósico son más evolutivas que las alteraciones de aspecto vellosa casi constantes en el anciano, es decir, aunque la prevalencia de la artrosis aumente con la edad no quiere decir que sea sólo consecuencia del envejecimiento.

La carga intermitente y el movimiento de la articulación son pues necesarios para la fisiología del cartílago articular. Una articulación inmovilizada implica una rápida pérdida de proteoglicanos y por tanto una menor capacidad de retención de agua y menor resistencia a la carga. Cuando se recupera el movimiento, la situación tiende a la normalidad pero el grado de recuperación es inversamente proporcional al tiempo de inmovilización. De aquí la trascendencia de pautas rehabilitadoras adecuadas tanto en los tiempos pre como postoperatorios. En este sentido representó un gran avance la tecnología que permite el movimiento pasivo continuo.

ALTERACIONES DEGENERATIVAS DEL CARTÍLAGO

Al iniciarse el proceso degenerativo, los condrocitos proliferan y se incrementa la síntesis de la ME de forma parecida a la respuesta que ocurre en las lesiones subcondrales. Pero a la vez que ocurre esta respuesta proliferativa celular se observa una degradación de la matriz porque los nuevos proteoglicanos sintetizados tienen una composición anormal. La red de colágeno se rompe permitiendo a los proteoglicanos retener mayor cantidad de agua de lo que resulta el edema del cartílago que se describe en la fase I de la artrosis.

En la artrosis avanzada la presencia de proteoglicanos disminuye y se produce descenso del contenido de agua, por tanto la pérdida de las propiedades biomecánicas fundamentales del cartílago que son su elasticidad y resistencia a la compresión. Se evidencia la necrosis de los condrocitos y se incrementa la actividad catabólica deteniéndose la síntesis de la ME. El colágeno tiende a la desorganización y desintegración. Los condrocitos son sometidos a mayor estrés mecánico cerrándose el círculo vicioso y acelerándose el proceso de degradación.

(17)

Clasificación y diagnóstico

La clasificación de la artrosis de rodilla es similar a la de la artrosis en general. La más utilizada es la clasificación etiológica, que distingue la artrosis primaria o idiopática y la secundaria. (18)

- **Osteoartritis primaria o idiopática** En este tipo no existe un desencadenante claro, generalmente está asociada a síndrome varicoso, pie plano y obesidad.
- **Osteoartritis secundaria.** Existe un desencadenante específico.
 - Postraumática. Fractura de los cóndilos, rótula o platillos tibiales; roturas meniscales; menisectomías e inestabilidad ligamentosa crónica.
 - Posinfecciosas.
 - Posquirúrgicas (menisectomías).
 - Inflamatorias. Artritis reumatoidea; enfermedad anquilosante
 - Necrosis ósea avascular de los cóndilos femorales.
 - Desviaciones axiales de los miembros inferiores.

- Enfermedades metabólicas (hemocromatosis, enfermedad de Paget, ocronosis, enfermedad de Wilson, enfermedad de Gaucher)
- Enfermedades endocrinas(acromegalia, hiperparatiroidismo, hipotiroidismo)

HISTORIA Y EXAMEN FÍSICO

El examen médico general es obligatorio en todos los enfermos en los que se sospecha de artrosis.

Los principales síntomas de artrosis son el dolor articular y la rigidez. El dolor se relaciona con la actividad y tiende a empeorar al final del día. Se presentan dolores agudos después de una actividad en especial o con un movimiento en particular. La rigidez al levantarse es habitual y dura menos de 30 minutos, lo que ayuda a distinguirla de otras artropatías. La presencia de rigidez post inactividad (no es lo mismo que matinal) suele ser muy intensa. Indagar una posible historia familiar de artrosis, trauma articular previo, cirugía articular previa (por ejemplo una resección de menisco) o una actividad que pudiera predisponer al enfermo a la artrosis (trabajos con las rodillas dobladas).

Al examen se palpa y observa crecimiento óseo, se producen crepitaciones al movilizar la articulación. La movilidad está disminuida y hay dolor y también sensibilidad articular a la palpación. A veces hay signos leves de inflamación (algo de rubor, derrame articular). El examen periarticular es importante ya que síndromes periarticulares pueden complicar la artrosis. La presencia de debilidad muscular causa síntomas e incapacidad. La incapacidad puede ser evaluada con algunas preguntas simples sobre tareas habituales, por ejemplo capacidad de subir escalas, o con cuestionarios especialmente diseñados para capacidad funcional (HAQ "healthassessmentquestionnaire"). La debilidad muscular y el dolor son más determinantes de incapacidad que el grado de daño que se pudiera observar en una radiografía.

El colegio Americano de Reumatología (ACR) ha propuesto una serie de criterios para la clasificación y diagnóstico de la artrosis de rodilla. Estos criterios permiten clasificar la enfermedad de acuerdo con diferentes combinaciones de parámetros clínicos, analíticos y radiológicos⁽¹⁹⁾, estos son:

A) Clínica y de laboratorio: Sensibilidad 92%, especificidad 75%. Dolor de rodilla y al menos cinco de las manifestaciones siguientes:

1. Edad > 50 años
2. Rigidez menor de 30 minutos
3. Crepitación
4. Hipersensibilidad ósea
5. Aumento óseo
6. No aumento de temperatura local
7. VSG < 40mm/hora
8. Factor reumatoide < 1:40
9. Signos de osteoartrosis en líquido sinovial (claro, viscoso y recuento de células blancas < 2000)

B) Clínica y radiológica: Sensibilidad 91%, especificidad 86%. Dolor de rodilla y al menos uno de los siguientes criterios:

1. Edad > 50 años
2. Rigidez menor de 30 minutos
3. Crepitación más osteofitos.

C) Clínica: Sensibilidad 95%, especificidad 69%. Dolor en rodilla y al menos tres de los siguientes criterios:

1. Edad > 50 años
2. Rigidez < 30 minutos
3. Crepitación
4. Sensibilidad ósea
5. Ensanchamiento óseo
6. No aumento de temperatura local

RADIOLOGÍA SIMPLE.

Para el estudio de la artrosis de rodilla en Atención Primaria se recomienda la radiografía antero-posterior (AP) y lateral de ambas rodillas en bipedestación y axial de rótula a 30°. Los signos radiológicos característicos de la artrosis de rodilla son: disminución del espacio articular, osteofitos marginales, esclerosis subcondral y anormalidades del contorno óseo.

Para la interpretación de los cambios radiológicos se recomienda la utilización de la escala de Kellgren y Lawrence. ⁽²⁰⁾

Grado 0 Normal

Grado 1 Dudoso (dudoso estrechamiento del espacio articular)

Grado 2 Leve (posible estrechamiento del espacio articular, osteofitos)

Grado 3 Moderado (estrechamiento del espacio articular, múltiples osteofitos, leve esclerosis y posible deformidad de los extremos de los huesos)

Grado 4 Grave (marcado estrechamiento del espacio articular, abundantes osteofitos, esclerosis grave y deformidad en los extremos de los huesos)

BASES FÍSICAS DE LOS RAYOS X

Los rayos x son ondas electromagnéticas (OEM) de alta frecuencia, cuya longitud de onda está comprendida entre 5 picómetros y 10 nanómetros. La energía de estos fotones varía desde algunos electrón-voltio a varias decenas de megaelectrón-voltios, lo cual los incluye en la familia de las radiaciones electromagnéticas. En el diagnóstico por imágenes se utilizan tensiones del tubo de 40 a 130 kV y en radioterapia, de 6 a 25 MV. ⁽²¹⁾

HISTORIA DEL ORIGEN DE LOS RAYOS X

Wilhelm Conrad Roentgen fue uno de los físicos más importantes del siglo XIX. Su nombre, sin embargo, está principalmente asociado con su descubrimiento de los rayos que él llamó Rayos X. En 1895 estaba estudiando en su laboratorio de la Universidad de Würzburg los fenómenos que acompañan el pasaje de una corriente eléctrica a través de un gas a muy baja presión. Otros antes ya habían trabajado en este tema: J. Plucker, J. W. Hittorf, C. F. Varley, E. Goldstein, W. Crookes, H. Hertz y P. Lenard.

Terminando la tarde del viernes 8 de noviembre de 1895, W. Roentgen estaba experimentando con los tubos de rayos catódicos, diseñados principalmente por los científicos Crookes, Hittorf y Lenard, cuando notó que si hacía pasar corriente de alta tensión por uno de estos tubos de vacío, previamente recubierto con pedazos de cartón negro para eliminar su intensa luminosidad, se producía

simultáneamente una luz fluorescente en una pantalla de platinocianuro de bario colocada a cierta distancia en un banco. Sorprendido por este efecto, a pesar de constatar el correcto recubrimiento del tubo, probó en repetidas ocasiones colocando la pantalla fluorescente a mayor distancia y, aún más, interponiendo diferentes elementos entre el tubo y la pantalla, obteniendo de manera constante el mismo resultado. En el momento de interponer los diferentes objetos, Roentgen se asombraba de visualizar la espectral sombra de los huesos y tejidos blandos de sus propias manos en la pantalla fluorescente. También comprobó que algunos metales, especialmente platino y plomo, producían sombras en la pantalla, que además pudo registrar gráficamente utilizando láminas fotográficas.

Empezó a ser claro para Roentgen que ésta era una nueva forma de luz, invisible para el ojo y que nunca había sido observada o registrada. Así fueron descubiertos los rayos X y nació la radiología.

En las siete semanas siguientes Roentgen permaneció recluido en su laboratorio, concentrado enteramente en un gran número de experimentos planeados cuidadosamente. Una tarde, Roentgen persuadió a su esposa de ser objeto de un experimento. Le colocó la mano en un cassette cargado con una placa e hizo una exposición de quince minutos. En la placa revelada, aparecieron claramente los huesos de su mano.

Después de extensa experimentación, Roentgen estaba convencido de que estaba tratando con una nueva clase de rayos, diferentes a todos los demás. Pensando que el anuncio de tal descubrimiento no debía ser aplazado, Roentgen preparó un manuscrito corto titulado "Acerca de una nueva clase de rayos, una comunicación preliminar", el que fue entregado a la Secretaría de la Sociedad de Física Médica de Wurzburg el 28 de diciembre de 1895 y que apareció publicado en las últimas diez páginas del volumen de 1895. En ese informe Roentgen describía los diferentes experimentos realizados y las propiedades de la nueva radiación, e incluyó varias fotografías tomadas con su aparato para demostrar el nuevo carácter de "rayo" de las emanaciones. ⁽²²⁾

PARTES COMUNES DE UN EQUIPO CONVENCIONAL

En una sala de radiología convencional, las partes visibles del equipo de rayos X son fundamentalmente las siguientes:

a) **Tubo de rayos X:** es el emisor de la radiación que proporcionara la imagen.

Se alimenta eléctricamente del generador (armario eléctrico).

b) **Armario eléctrico:** contiene los transformadores, rectificadores, etc.

Junto a la consola de control forman el conjunto que denominamos generador del equipo.

c) **Suspensión techo:** es uno de los sistemas de sujeción del tubo. Consiste en un brazo telescópico que cuelga de un sistema de carriles que permiten su desplazamiento por toda la sala. De él cuelga el tubo. Es un sistema muy versátil que suele permitir apuntar el haz en cualquier dirección dentro de la sala. Otra opción es: tubo sujeto en una columna-suelo.

d) **Mesa de exploración:** en el caso de ser un equipo diseñado para realizar proyecciones de tronco y extremidades como la radiología de columna, abdomen, extremidades inferiores, etc.

e) **Bucky mural:** en el caso de ser un equipo diseñado para realizar proyecciones en bipedestación. Es un dispositivo formado por varios componentes donde se aloja el receptor de imagen cuando el paciente permanece de pie. Sus partes principales son la parrilla anti difusora y el sistema de “Control Automático de Exposimetría” (CAE).

f) **Bucky mesa:** igual que el anterior pero colocado bajo mesa y usado en proyecciones en las que el paciente se coloca sobre la mesa. También suele disponer de parrilla antidifusora y de CAE.

g) **Receptor de imagen:** En equipos convencionales pueden ser chasis con películas, chasis con fósforos fotoestimulables (los CR) o detectores planos. Se alojan en el bucky mesa y en el bucky mural.

h) **Colimadores:** Son dispositivos restrictivos para el haz.

i) **Consola de control:** desde ella se seleccionan parámetros radiológicos y se realiza la exposición. Suele estar en una sala adyacente, separada por paredes plomadas que protegen al operador de la radiación emitida en el interior de la sala

de exploración, y comunicada visualmente con la misma a través de una ventana de cristal plomado.⁽²³⁾

PRODUCCIÓN DE LOS RAYOS X

La producción de los rayos x es el resultado de una interacción energética “violenta” entre un electrón que posee una muy alta velocidad y un blanco metálico muy denso (de número atómico elevado). Con motivo de este choque el electrón penetra en el blanco solo algunos micrones y sufre una brusca desaceleración con pérdida de energía cinética. El 99% de esta pérdida de energía cinética se convierte en calor (energía térmica) y el 1% en radiación X. Por lo tanto, el rendimiento de producción de rayos x, es bajo.

Cuando nos interesamos estrictamente en el mecanismo físico, comprobamos que existen dos fenómenos diferentes capaces de generar los rayos x:

- Cuando un electrón es desviado de su trayectoria al “pasar” cerca de un núcleo del blanco, nos referimos a la interacción electro-núcleo
- Cuando un electrón colisionan con otro que pertenece al átomo del blanco, se trata de una interacción electro-electrón

Interacción electrón - núcleo

Cuando un electrón incidente pasa cerca de un núcleo, es atraído por este último, lo cual provoca una importante desviación en su trayectoria y la pérdida de una parte de su energía bajo la forma de radiación electromagnética, llamada “radiación de frenado” o Bremsstrahlung, que produce su desaceleración.

Interacción electrón-electrón

Dentro de la nube electrónica, los electrones están agrupados en distintos niveles de energía denominados K, L, M, etc. Y caracterizados por su energía de unión al núcleo. Cuanto más cerca está del núcleo, mayor será su energía de unión. Cuando la energía de los electrones incidentes es superior a la energía de unión del electrón al núcleo, el electrón es arrancado de la nube electrónica ($E_K > E_L > E_M > \dots$).

Si el electrón extraído proviene de una capa interna del átomo, los de las capas periféricas tendrán tendencia a precipitarse al lugar dejado vacante. Esto hace que el electrón que cambia de orbita pierda energía que es disipada bajo la forma de rayos X (fotón).

Esta radiación, caracterizada por un espectro de líneas particulares del metal del ánodo, constituye solamente el 1% de la radiación X emitida, o sea, el 0,01% de la energía electrónica incidente. Esto se explica por la baja probabilidad que tiene los electrones incidentes de colisionar con los del átomo blanco, debido a las enormes distancias que separan los distintos orbitales electrónicos.

CARACTERÍSTICAS DE UN HAZ DE RAYOS X

La expresión “haz de rayos X” reagrupa el conjunto de los rayos X producidos luego de la interacción de los electrones con un blanco metálico. El haz es de naturaleza polienergética pues contiene rayos X de diferente energía. La energía total emitida (E) es directamente proporcional:

- Al cuadrado de la tensión de aceleración (V) de los electrones.
- Al número de electrones (n) incidentes.
- Al número atómico (Z) del metal del ánodo.

$$E = \frac{1}{2} k \cdot n \cdot Z \cdot V^2$$

(Siendo k una constante)

En la práctica habitual, nos referimos también a la noción de penetración para describir la contingencia de que la totalidad de un haz de rayos X penetre en la materia.

Para hacer que el haz sea globalmente más penetrante, podemos:

- Aumentar la tensión de aceleración (V) de los electrones que impactaran el metal del ánodo, lo cual aumenta el umbral energético máximo del espectro.
- Agregar un filtrado adicional a la salida del tubo con el fin de homogenizar el haz (desde un punto de vista energético), ya que de esta manera se eliminan los rayos X de baja energía (“rayos blandos”). De este modo, la reducción del

número de fotones esta compensada por una ganancia en la penetración del haz, por lo cual hablamos en este caso de “endurecimiento” del haz.

El incremento del número (n) de electrones incidentes (que está ligado a la intensidad de calentamiento del filamento en mA) no aumenta la penetración del haz, solamente crece la cantidad de fotones X.

INTERACCIÓN DE LOS RAYOS X CON LA MATERIA

Debido a que los fotones no tienen ninguna carga eléctrica, no interactúan con cargas eléctricas, y por lo tanto, con la materia que está compuesta de cargas eléctricas. La probabilidad de interacción y las formas de interacción de un fotón con la materia dependen mucho de la energía del fotón.

Aquí estamos interesados sólo en la interacción de los fotones de alta energía (rayos X y gamma) con la materia.

La probabilidad de interacción de los rayos X o gamma con un átomo es, en general, muy pequeña comparada con la de las partículas de alta energía cargadas. Como consecuencia los rayos X o gamma tienen más poder penetrante que las partículas de alta energía cargadas.

Consideremos un simple experimento en el que un haz paralelo de rayos X o gamma de una energía dada (E_x) incide en una delgada lámina de 1 cm^2 y $x \text{ cm}$ de espesor. Cuando un rayo X pasa a través de esta lámina, pueden ocurrir tres cosas:

1. El rayo puede ser completamente absorbido por el material.
2. El rayo puede ser desviado con poca o ninguna pérdida de energía.
3. El rayo puede pasar a través de la lámina sin ninguna interacción.

Los dos primeros procesos juntos se llaman atenuación; el tercero se llama transmisión. La transmisión de rayos X de una energía dada, E_x , a través de un grosor x , en el experimento mencionado, depende sólo de la naturaleza del material (densidad y número atómico) y del espesor x de la lámina.

ATENUACIÓN

Cuando la radiación electromagnética choca con la materia, parte de su energía se absorbe y parte es desviada sin depositar energía de manera que se difunde.

La suma de ambos procesos forman la atenuación, que es la pérdida de energía total del haz incidente.

$$E \text{ atenuación} = E \text{ absorbida} + E \text{ difundida}$$

Siendo: E la energía.

Por lo tanto, la energía absorbida es la diferencia entre la inicial y la difundida.

La atenuación electromagnética está determinada por una ley probabilística similar a la de desintegración radiactiva:

$$N = N_0 \times e^{-\mu x}$$

Siendo N el número de fotones resultante a un espesor x del absorbente, N₀ el número de fotones incidente y μ el **coeficiente de atenuación lineal**. La misma fórmula puede relacionar la intensidad fotónica incidente y resultante. Puede definirse también un “coeficiente de atenuación másico”, que dependerá de la densidad del cuerpo en el que incide.

- **Mecanismos de atenuación**

Existen varios procesos diferentes por los cuales se absorbe la radiación. Las partículas cargadas (ej. Protones o electrones) y la radiación electromagnética (ej. Rayos X y gamma, también denominados fotones) pueden considerarse por separado.

Partículas cargadas:

Las partículas cargadas pierden su energía a causa de la ionización y excitación de los átomos que encuentran en su camino. No llegan demasiado lejos en los materiales sólidos o líquidos antes de que sean completamente absorbidos. La distancia máxima que las partículas recorren dependerá de sus energías iniciales y de la densidad del material absorbente, y toda su energía se depositará en este rango. La mayor parte de la ionización se produce en el extremo final de sus recorridos, cuando se han desacelerado y se hallan propensas a interactuar con los átomos circundantes. Los rangos típicos son unos pocos milímetros en el agua o el tejido y hasta unos pocos metros en el aire.

Un electrón a alta velocidad perderá una pequeña fracción de su energía de un modo diferente. Cuando pasa cerca del campo eléctrico de un núcleo con carga positiva, en especial de un material con un alto número atómico Z como el plomo, desacelera y cambia de dirección. Esto lo hace emitir radiación electromagnética denominada Bremsstrahlung.

- **Procesos de interacción**

Se entiende por radiación X a las partículas no cargadas capaces de producir ionización, en su interacción con la materia, mediante procesos secundarios.

En esta interacción la partícula pierde energía que es comunicada al medio o materia atravesada. Los más importantes son:

- **-Efecto Fotoeléctrico**

En el efecto Fotoeléctrico tenemos un proceso de colisión inelástica entre dos partículas, un fotón y un electrón, en el cual el fotón cede energía al electrón. El electrón está ligado al material. Si el electrón absorbe un fotón de energía $h\nu$, para poder desprenderse del material, debe superar una cierta cantidad de energía que lo mantiene ligado a él, denominada función de trabajo ϕ . Por simples argumentos de conservación de la energía, la máxima energía cinética K_{\max} que puede tener un electrón al salir del material será:

$$K_{\max} = h\nu - \phi$$

Con las energías utilizadas en radiología, el efecto fotoeléctrico se ve favorecido en los medios densos tales como los huesos, calcificaciones, etc.

- **-Efecto Compton**

En el efecto Compton los fotones sobre el material blanco realizan colisiones elásticas entre estos y los electrones. Como consecuencia el fotón cede parte de la energía y emerge con una energía menor, sea, una longitud de onda mayor. La colisión tiene lugar entre un fotón y un solo electrón libre y en reposo.

Con las energías utilizadas en radiología, el efecto Compton prevalece en los medios de poca densidad (tejido adiposo, tejidos blandos, etc.)

-Creación de Pares

Cuando un fotón energético se acerca al campo eléctrico intenso de un núcleo puede suceder la producción de pares. En este caso el fotón se transforma en un par electron-positron. Como la suma de las masas del par es 1.02 MeV, no puede suceder si la energía del fotón es menor que esta cantidad. Si la energía del fotón original es mayor que 1.02 MeV el excedente se lo reparten el electrón y el positrón como energía cinética, pudiendo ionizar el material.

Teniendo en cuenta las energías utilizadas, el efecto fotoeléctrico y Compton son casi los únicos presentes en radiología.

PRODUCCIÓN TECNOLÓGICA DE RAYOS X

Tubo de Crookes

El tubo de Crookes es un tipo de tubo que permitió el descubrimiento fortuito de los rayos X en 1895. En efecto, fue utilizado por Wilhelm Conrad Roentgen para estudiar los efectos del pasaje de un haz de electrones a través de los gases raros, pero sin que se supiera con antelación, este tubo encerraba el soporte tecnológico (una fuente de electrones acelerados hacia un blanco metálico) que permitiría la obtención de los rayos X.

Este tubo presentaba los siguientes principios:

- Tubo de vidrio con débil vacío (10 – 2mmHg).
- Iones positivos de un gas raro en el interior del tubo.
- Estos iones positivos son atraídos hacia una placa metálica de carga negativa (cátodo).
- La interacción de los iones con el cátodo provoca el desprendimiento de electrones de este último.
- Atracción de los electrones por una placa metálica de carga positiva (ánodo) y creación de un haz de electrones (o catódico) que produce una fluorescencia dentro del tubo.

Fue el 8 de noviembre de 1895 cuando Roentgen nota por primera vez la aparición de una radiación desconocida, capaz de impresionar una placa fotográfica al poner el tubo de Crookes bajo tensión, bautiza esta radiación, precisamente por ser desconocida, como radiación X (al igual que una variable incógnita en matemáticas) y supone que se genera por la interacción de los electrones, acelerados en el vacío, contra el blanco metálico.

Algunos días más tarde, Roentgen se dio cuenta de que estos rayos desconocidos eran capaces de fotografiar en transparencia el cuerpo humano y realiza la primera radiografía de la historia, la mano de su mujer Anna-Bertha, el 22 de diciembre de 1895.

Tubo de Coolidge

Los tubos de Crookes fueron, durante más de veinte años, el único medio radiológico utilizado para generar rayos X. Eran frágiles, caros y no permitían un uso prolongado. William David Coolidge, joven físico americano que estaba estudiando en Leipzig, Alemania, al lado de Roentgen, se dedica al mejoramiento de los tubos de rayos x.

De regreso a Estados Unidos, en 1913, comercializa con la firma General Electric un tubo de rayos X que lleva su nombre y que es reconocido por tener un muy buen rendimiento (con relación a los tubos tradicionales de Crookes).

Si bien antigua, la concepción tecnológica del tubo de Coolidge sigue siendo actual. La mayoría de los tubos comercializados actualmente se inspiran en su concepto.

Los principios tecnológicos del tubo de Coolidge son los siguientes:

Como para el tubo de Crookes, el de Coolidge debe poseer los tres elementos tecnológicos necesarios para la generación de los rayos X, y estos son:

- Una fuente de electrones en el cátodo
- Una elevada diferencia de potencial que permita acelerar los electrones en el vacío
- Un blanco metálico que permita la generación de los rayos X.

Fuente de electrones

La fuente de electrones se obtiene por el efecto termoiónico de Richardson. El principio consiste en llevar un filamento a incandescencia. El calor acumulado es transmitido como energía cinética a los electrones libres del metal del filamento. Gracias a este aporte de energía, los electrones son expulsados del filamento y forman una nube electrónica alrededor de las espiras de dicho filamento.

Diferencia de potencial

Los electrones situados alrededor del filamento son atraídos hacia el blanco por una elevada diferencia de potencial que puede variar entre 40 y 150 KV (escalonadamente de a 1 kV).

El filamento se comporta entonces como un cátodo y el blanco como ánodo. A mayor diferencia de potencial, mayor será la aceleración y mayor la energía cinética de los electrones (en el momento del choque), por lo tanto mayor será la energía de los rayos X y mayor su penetración.

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = e \cdot V$$

Donde

m: masa del electrón $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg

v: velocidad del electrón (al llegar al ánodo) en m/seg⁻¹

e: carga del electrón $1,6 \cdot 10^{-19}$

V: diferencia de potencial en kV

Blanco

El blanco, cuyo objetivo es generar una brusca desaceleración de los electrones luego del impacto, debe ser, además de suficientemente denso (elevado peso atómico), buen conductor del calor. En efecto, la pérdida de energía cinética de los electrones luego del choque se transforma:

- En calor (99%)
- En rayos X (1%)

Por lo tanto, el rendimiento de un tubo en términos de rayos X es bajo. ⁽²⁴⁾

CARACTERISTICAS DE CADA ELEMENTO QUE CONSTITUYE UN TUBO DE RAYOS) X

a) Cátodo

El filamento o cátodo suele ser una pequeña bobina o muelle de wolframio, material elegido por sus buenas propiedades desde el punto de vista de emisión termoiónica (Efecto Eddison), y punto de fusión elevado. Estas propiedades alargan la vida útil del tubo. Los electrones producidos es preciso que choquen con el ánodo en el menor espacio posible, razón por la cual se concentra el haz de electrones en el zócalo o funda de copa metálica, en cuyo fondo se ubica el filamento. Cuanta mayor incandescencia se produzca en el cátodo o filamento del tubo, mayor será el número de electrones que saltarán de las últimas capas electrónicas del átomo de wolframio al espacio circundante (emisión termoiónica), y mayor será el número de electrones dispuestos a ser acelerados. Este mecanismo se regula con el miliamperaje del aparato.

La mayoría de los tubos de diagnóstico suelen tener dos filamentos de diferente tamaño. Esto permite trabajar buscando un compromiso entre el tamaño mínimo del foco (mejor resolución), y una mayor disipación de potencia (tiempo de disparo menor).

Existen distintas formas de encapsular ambos filamentos, aunque en todos los casos la selección se realiza con facilidad desde el exterior.

b) Ánodo

El material habitual con el que se fabrica el ánodo de un tubo de rayos X suele ser Wolframio. En el caso de los tubos de mamografía el material empleado es el Molibdeno, y recientemente se han comenzado a confeccionar también de Rodio-Paladio. El Wolframio presenta un punto de fusión elevado, ventaja adicional frente a otros materiales con alto número atómico (Z), que también hubieran podido ser adecuados para la producción de rayos X.

El tubo de rayos X de filamento caliente debe de alcanzar una temperatura adecuada para su funcionamiento, pero en ellos se produce tanto calor que éste constituye el principal problema contra el que es preciso actuar con el fin de aumentar la vida útil del aparato.

Para solucionar este problema se podría aumentar el tamaño del foco, con lo que el calor generado se distribuiría sobre una superficie mayor y el aumento de temperatura no sería tan elevado. Sin embargo, esta solución repercutiría sobre la calidad de la imagen dando lugar a penumbras indeseables (falta de nitidez geométrica). Otra solución podría ser aumentar el tiempo de exposición, pero también aumenta el riesgo de movimiento del paciente (que ocasiona falta de nitidez por movimientos). Estas dificultades que aparecen con los ánodos estacionarios de foco pequeño, con tiempos cortos y con escasa producción de rayos X, propiciaron el diseño de los ánodos rotatorios.

En el ánodo giratorio, la ampolla de vidrio está contenida en un recipiente metálico, que actúa como coraza aislante de la radiación y de la corriente eléctrica, y se encuentra rellena de aceite mineral para su refrigeración.

La estructura del ánodo consiste en un disco de wolframio de unos 10 - 15 cm de diámetro que puede girar a gran velocidad, de 10.000 a 12.000 rpm.

La zona externa del disco giratorio actúa como ánodo, y está recortada en ángulo, presentando una cierta inclinación con respecto a la perpendicular de la trayectoria de los electrones (12° - 17°). Con el movimiento rotatorio del disco, la superficie de choque es constante, pero la parte del disco en donde chocan los electrones cambia continuamente. Así, la producción de radiación es continua, pero el choque de los electrones y la producción de calor ocurren siempre en un punto distinto del disco. De esta forma se permite disipar mayor cantidad de calor sin aumentar el tamaño aparente del foco.

En general puede decirse que:

- El foco térmico viene determinado por la forma y tamaño del filamento en el cátodo, así como por la focalización del haz de electrones. Además dependerá de la inclinación del ánodo y de la velocidad de su rotación.
- El foco efectivo también dependerá de esos factores (excepto de la velocidad de rotación). Hay que precisar que sólo será cuadrado para un observador situado en el centro del campo, por lo que la nitidez de la película será variable en el campo.

(25)

Los ánodos giratorios equipan tubos de media y alta potencia. Están constituidos por tres partes, una cupla rotor-estativo, un eje de transmisión y un disco.

- **Cupla rotor-estativo**

El rotor es una parte móvil situada en el interior del tubo que asegura el movimiento de rotación (3000 a 12000 revoluciones por minuto) del disco y del eje durante la exposición. Esta rotación es producida por inducción electromagnética gracias a un estativo situado en el exterior del cuello del tubo.

- **Eje del ánodo**

El eje del ánodo es de molibdeno ($Z= 42$) y transmite el movimiento de rotación del rotor al ánodo, lo que asegura el aislamiento térmico del rotor.

- **Disco del ánodo**

El disco del ánodo está constituido por dos partes:

- Una base de 6 a 12 mm de espesor compuesta por una aleación de molibdeno (aporta solidez) y de grafito (aporta bajo peso y disipación del calor)
- Una superficie inclinada, en la que se producen las colisiones electrónicas, compuesta por una aleación de tungsteno y renio, este último elegido por su densidad, su elevada temperatura de fusión (3150 °C) y su buena disipación térmica. Esta superficie inclinada presenta una o dos pistas en función de la disposición geométrica (lineal o paralela) de los filamentos.

Ventajas del ánodo giratorio

Permite repartir el calor sobre el conjunto del disco, lo cual favorece el enfriamiento durante la rotación. Por otra parte, el punto de impacto de los electrones cambia constantemente, con lo cual el deterioro es menor.

- a) tubo de rayos x (o ampolla)**

Este tubo que contiene al cátodo y al ánodo, tiene por finalidad mantener un fuerte vacío. Debe ser insensible a altas temperaturas y transparente a las radiaciones. Inicialmente fue construido en vidrio duro, actualmente se lo fabrica en vidrio pyrex. Los tubos de alta potencia de última generación (tomografía computarizada,

radiología vascular) son de metal transparente a las radiaciones, resistentes y livianos.

b) Sistema de enfriamiento

Para evacuar lo más rápidamente posible el calor que se genera de la interacción de los electrones con el ánodo, el tubo está rodeado por aceite frío de aislamiento, el cual, a su vez está enfriado por un líquido frío que circula por canales. Para los aparatos de baja potencia, el enfriamiento del aceite puede ser asegurado por un sistema de ventilación.

c) Blindaje de plomo

El blindaje de plomo es una envoltura de 3 a 5 mm que aísla del medio exterior la alta tensión, el calor y la radiación X parasita. Contiene el tubo, el estativo, el sistema de enfriamiento y deja pasar los cables de alta tensión.

Una abertura llamada ventana de salida, está frente al ánodo con el fin de dejar pasar los rayos X.

d) Filtro

Colocado contra la ventana de salida del tubo, permite homogenizar la energía del haz, ya que se eliminan los fotones de muy baja energía:

- Para tensiones de 60 a 120 kV, se sugiere una filtración de aproximadamente 2 mm de aluminio.
- Para tensiones superiores a 120 kV, se sugiere una filtración de aproximadamente 2 mm de cobre y de aluminio.

Sin embargo las filtraciones adicionales propuestas por los fabricantes son numerosas. Cada instalación radiológica posee una filtración propia en función de los hábitos de trabajo y la actividad de la sala. Esta elección se hace, con frecuencia, luego de los ensayos realizados por el constructor o por el físico responsable de la instalación.

e) Diafragmas y localizadores

Los diafragmas están situados frente a la ventana de salida al exterior del blindaje. Son láminas metálicas colocadas a cada lado de la ventana de salida (2 pares de hojas = 4 hojas) que detiene los rayos X que salen por los bordes de la misma. Los movimientos de las láminas opuestas son sincrónicos.

La función de los diafragmas consiste en determinar el campo (rectangular) de irradiación y limitar la radiación dispersa. Cuanto más pequeño y limitado es el campo, mas acotada estará la radiación dispersa.

Para limitar aún más el campo de exposición y la radiación dispersa, perjudicial para la imagen y para el paciente, se utilizan conos localizadores. Estos son accesorios metálicos en forma cilíndrica o cónica introducidos (en una ranura) a la salida de los diafragmas. Sus dimensiones y sus tamaños son variables. Su elección se hace en función de la región anatómica a radiografiar. ⁽²⁶⁾

FORMACIÓN DE LA IMAGEN

La radiología convencional es una técnica de obtención de imágenes por transmisión. La radiación emitida por un tubo de rayos X atraviesa la zona a explorar y alcanza después el detector.

El haz emitido por el tubo tiene una distribución de intensidad esencialmente uniforme antes de incidir sobre el paciente. La absorción y la dispersión de fotones al interactuar con los tejidos de este dan lugar a una alteración de dicho haz, que contiene información sobre las estructuras atravesadas. Su registro en el sistema de imagen es lo que se conoce como radiografía.

Una radiografía es una imagen de proyección, esto es, la atenuación de los rayos X por interacción con estructuras tridimensionales se proyecta en el plano bidimensional del detector. Ello supone obviamente una reducción de la información: las propiedades de todos los tejidos situados en una misma línea de proyección se suman de manera indiscernible en un punto de la imagen.

Para la formación de la imagen, la radiación remanente (que atravesó la estructura anatómica) llega a la película radiográfica, deposita energía en la emulsión de la película e interactúa con los átomos de haluro de plata. Esta energía deposita un patrón representativo de la parte anatómica que se está radiografiando, posterior a esta exposición, no se ve nada, pero si existe una imagen latente. La cual se volverá en una imagen visible cuando la película radiográfica interactúe con componentes químicos a través de lo que se conoce como proceso de revelado.

- **La película radiográfica**

El haz de rayos X primario incide en el paciente y una vez que lo ha atravesado el haz secundario (emergente o remanente) no quedará uniformemente distribuido ya que la intensidad resultante va en función de las características del tejido que haya atravesado el haz. El haz queda plasmado en película radiográfica en imagen latente y ésta una vez procesada la película se transformará en imagen visible.

Así que la película radiográfica contendrá la imagen latente que tras procesar la película se obtiene la radiografía que puede considerarse como la representación analógica de estructuras con diversas tonalidades de grises y delimitadas por contornos.

Las películas radiográficas originales están formadas de una base de sales de plata y gelatina y tenían la ventaja que la dosis de radiación que se le daba al paciente era menor, pero el inconveniente que una vez revelada no se podía modificar la imagen, sin embargo, hoy en día se utilizan películas basadas en otros principios donde la imagen se visualiza directamente en el monitor de un ordenador y en el que se puede modificar el contraste, tamaño, etc.

Estructura y composición

La película radiográfica más común es la que consta de una base sobre la que se adhiere por las dos caras una emulsión. Esta emulsión está unida a la base mediante una capa adhesiva y ambas capas de emulsión están protegidas por una capa protectora.

Los componentes principales son: la base y la emulsión fotosensible.

➤ **BASE**

Es el fundamento de la película, actúa como soporte de la emulsión fotográfica y su objetivo es proporcionar una estructura rígida sobre la que va a estar depositada la emulsión.

La base de la película radiográfica conserva su tamaño y forma durante su uso y procesado para no contribuir a la distorsión de la imagen. Esta propiedad de la base es conocida como **estabilidad dimensional**. La base tiene una

transparencia uniforme y es prácticamente transparente a la luz, y por tanto no crea formas u oscurecimientos indeseados en la imagen.

Una base debe tener las siguientes características:

- Ser una buena transmisora de la luz, absorbiendo la mínima cantidad de luz posible una vez que la radiografía se haya colocado en el negatoscopio para que lo puedo estudiar el radiólogo.
- Tiene que ser flexible, delgada y además tener la suficiente rigidez como para soportar el procesado automático, especialmente que va a sufrir al pasar tras los rodillos.
- Debe tener un grosor uniforme.
- Ser químicamente inactiva para no interferir en los procesos químicos del revelado.

A partir de 1914 comenzó a utilizarse nitrato de celulosa usado de forma habitual en el soporte de las películas fotográficas pero el inconveniente de ese compuesto es que es altamente inflamable. Posteriormente el nitrato de celulosa fue sustituido por triacetato de celulosa y a partir del año 1960 se comenzó a fabricar la base de poliéster y la principal ventaja era su mayor estabilidad y dureza y su dificultad para la combustión. Tiene como ventaja el poliéster además que es impermeable al agua y a las soluciones utilizadas durante el procesado.

Al poliéster para usarlo como soporte de emulsiones radiográficas se le añade unos colorantes de color azul para que se facilite la visualización de las radiografías y reduzca el cansancio del ojo y la fatiga, mejorando la eficiencia de diagnóstico y la precisión del radiólogo.

➤ **EMULSIÓN**

Es el corazón de la película de rayos x. Es el material con el que interactúan los rayos X y especialmente la luz de las pantallas intensificadoras. Está formada por una mezcla homogénea de gelatina y de cristales de halogenuros de plata.

a) Cristales de halogenuros de plata

Son compuestos químicos en forma de sal que resultan de la combinación química que tiene lugar cuando se combinan elementos halógenos (flúor, cloro, bromo o

yodo) con la plata. De esta manera se obtendrán sales como son: Cloruro de plata (AgCl), Bromuro de plata (AgBr) y Yoduro de plata (AgI).

Los cristales de halogenuros de plata suelen ser de bromuro de plata el 98 % y el restante de yoduro de plata. Estos compuestos tienen un número atómico elevado que es lo que hace que los rayos X más los fotones de luz procedentes de las pantallas reaccionen con ellos y den lugar a la formación de la imagen latente.

La composición exacta de la emulsión fotográfica es un secreto de los fabricantes de distintas casas que existen en el mercado actualmente.

Los cristales son planos y triangulares y la distribución de los átomos en el interior del cristal le confiere a éste una forma cúbica. De su tamaño depende la sensibilidad de la película y la distribución de los átomos en el interior del cristal.

Durante el proceso de fabricación de la emulsión se suele añadir alguna sustancia sulfurada en la gelatina para que al entrar en contacto con los haluros de plata se formen pequeños cristales de sulfuro de plata. Estos cristales llamados partículas sensitivas aumentarán la sensibilidad de la emulsión formándose los centros de sensibilidad que son los encargados de formar una trampa electrónica que será la responsable de formar la imagen latente.

Las películas para exposición directa (sin pantallas intensificadoras) tienen una capa de emulsión mucho más gruesa, es decir, con más cristales de halogenuros de plata que las películas con pantallas. El tamaño y la concentración de los cristales de halogenuros de plata son los principales determinantes de la sensibilidad y del contraste de la película.

Estas sales bajo la acción de los rayos X o de la luz visible van a sufrir unos cambios que tendrán como resultado la producción de una imagen fotográfica.

b) La gelatina

Es un coloide proteico en el que se van a dispersar los cristales de los haluros de plata siendo su función principal servir de soporte físico para el depósito de los cristales de haluros de plata. Se fabrica a partir de pieles y huesos de ganado vacuno que tras la cocción da lugar a un líquido gelatinoso.

Características que debe tener la gelatina:

-Transparente: para que de esta forma llegue la luz sin dificultad a los cristales de haluros de plata.

-De fácil dispersión: la gelatina permite la dispersión de las sales de plata.

-Permeable: al ponerse en contacto con el revelador y el fijador debe dar paso fácilmente a través de ella para que actúen sobre las sales de plata.

-Estable: los materiales deben ser estables con el paso del tiempo.

-Calidad uniforme: Las características de la sensibilidad de la emulsión debe ser la misma así que la gelatina tiene que estar hecha bajo estrictos controles de calidad.

- Fotográficamente inactiva: los iones de haluro formados tras la exposición radiográfica no se recombinarán con los iones de plata metálica por lo que se conservará la imagen latente.

A la gelatina, revelador y fijador se le añaden unas sustancias endurecedoras para que en el procesado que sufre la película en las procesadoras automáticas no sufra la imagen y la gelatina recupere su estado inicial.

- **La pantalla de refuerzo**

En 1896 Thomas Edison observó que algunas sustancias bajo la acción de los rayos X eran capaces de emitir luz de forma que construyó la primera pantalla intensificadora utilizando tungstato cálcico.

Desde entonces hasta los años 70 ha sido el material más utilizado en las pantallas de refuerzo pero actualmente se utilizan otros materiales que emiten con mayor intensidad a una misma intensidad de radiación.

En el efecto luminiscente hay que destacar dos fenómenos diferentes: la fluorescencia y la fosforescencia.

La fluorescencia; consiste en la emisión lumínica de una sustancia durante el tiempo que dura la radiación.

La fosforescencia; tiene lugar la emisión lumínica cuando ha actuado la radiación. Desde el punto de vista de la calidad de la imagen se aprecia como algo indeseable ya que va a dar lugar a una elevada borrosidad.

➤ **Función de la pantalla de refuerzo**

Si quisiéramos obtener imágenes en la película radiográfica con tan sólo los efectos de los rayos X la dosis de radiación que tendríamos que dar al paciente sería muy elevada así que para que esto no ocurra se utilizan pantallas de refuerzo.

Por un lado el uso de pantalla intensificadora radiográfica disminuye considerablemente la dosis administrada al paciente; por otro lado, la imagen pierde levemente nitidez. Sin embargo, con las pantallas modernas esta falta de nitidez no es importante.

Las pantallas de refuerzo actúan como sistemas que transforman la energía de radiación en energía luminosa. De esta forma la energía luminosa emitida será la responsable del ennegrecimiento de las sales de plata que forman la película radiográfica.

Así que las estructuras más densas aparecerán de color blanca y las estructuras más densas se verán más oscuras (grisáceas o negras).

Ventajas:

- a) Las dosis de radiación que recibe el paciente se reducen considerablemente.
- b) Los cortos tiempos de exposición hacen que se reduzca la borrosidad cinética por lo que mejorará la resolución de la imagen.

Inconvenientes:

Se aumenta la borrosidad intrínseca de la imagen radiográfica.

Pese a todo esto, las ventajas salen favorable respecto a los inconvenientes que puedan ocasionar.

➤ **Propiedades de las pantallas de refuerzo**

Las propiedades principales de las pantallas de refuerzo va a depender de:

Velocidad de la pantalla

Depende del porcentaje de energía de los fotones de rayos que la pantalla transforma en luz visible.

Ruido de la imagen

Aparece en la imagen como un picoteado de fondo. Ocurre con más frecuencia cuando se usan pantallas rápidas y técnicas de lato kVp.

Poder de resolución

El poder de resolución es la capacidad de producir una imagen clara y nítida.

Al utilizar pantallas de refuerzo tiene la desventaja que disminuye la resolución en comparación con las películas de exposición directa debido a que produce una imagen más borrosa.

Llegamos a la conclusión:

Cuanto mayor es la velocidad de las pantallas de refuerzo menor será la resolución o nitidez.

-Cuanto más lenta es la velocidad de las pantallas de refuerzo mejor se verán los detalles pero peor será para el paciente.

La resolución de la pantalla de refuerzo tiene que ver con el tamaño del cristal del fósforo de modo que cuanto menor sea el tamaño del fósforo mayor resolución pero menor velocidad tendrá. ⁽²⁷⁾

I.VI HIPÓTESIS

No requiere por ser un estudio descriptivo.

MÉTODOS

Diseño metodológico:

Tipo de estudio: cuantitativo

Diseño: Estudio observacional, descriptivo, prospectivo y de corte transversal.

Área de estudio:

El área de estudio estuvo constituida por el Servicio de Radiodiagnóstico de la Clínica Santa María del Sur, situada en la Av. Belisario Suárez, San Juan de Miraflores.

Población:

Pacientes de ambos sexos de 30 a 70 años que cumplieron con los criterios de selección, durante el periodo de estudio.

Determinación de la muestra

Se incluyó todos los pacientes que tuvieron el diagnóstico presuntivo de gonartrosis, en el período de estudio, constituyendo así una muestra poblacional.

Unidad de Análisis

Pacientes de 30 a 70 años, con diagnóstico presuntivo de gonartrosis.

Tipo de muestreo:

No probabilístico: por conveniencia

Variables

- variable dependiente: pacientes con gonartrosis.
- Variable interviniente: Técnica radiológica.

Criterios de selección:

Criterios de inclusión:

- Pacientes de 30 a 70 años de ambos sexos, que acudieron por presunción diagnóstica de gonartrosis. Previamente evaluados por un médico especialista.
- Que al momento del examen toleraron la posición en bipedestación y flexión para la realización del mismo.

Criterios de exclusión:

- Pacientes que no aceptaron participar en el estudio de investigación.
- Mujeres con sospecha de embarazo.

Procedimientos

- 1) Se solicitó por medio de un oficio, al Director del establecimiento, autorización para encuestar a los pacientes y tomar información de los resultados radiológicos.
- 2) Se procedió a solicitar su participación en el estudio bajo un consentimiento informado. Confirmada la participación del paciente se procedió a hacer la encuesta respectiva. Posteriormente se tomaron las radiografías de las rodillas comparativas, según las proyecciones implicadas en el estudio.
- 3) Técnicas aplicadas:

a) *Las radiografías de rodilla en proyección en carga antero-posterior (ap)* se realizó sin rejilla en un estativo, donde se colocó un chasis. La posición del paciente en bipedestación delante del estativo estuvo con la espalda apoyada en ella.

Para explorar la zona se pidió que el paciente ajuste su posición y centre las rodillas con la placa situando los dedos rectos hacia delante, con los pies suficientemente separados para mantener la estabilidad. El paciente estuvo recto con las rodillas completamente extendidas y con el peso distribuido por igual en ambos pies. Se centró la placa a nivel de los vértices de las rótulas. La imagen resultante mostró los espacios articulares de las rodillas. Con esta técnica también pueden estudiarse las deformidades *en varo* y *en valgo*.

b) *Las radiografías de rodilla en proyección de Rosenberg* se colocó al paciente de pie o bipedestación delante del estativo, con la cara anterior de ambas rodillas en dirección al chasis y separados unos 20cm, Tratando que distribuya el peso de forma simétrica en las dos extremidades.

Para explorar la zona se pidió al paciente que coloque las rodillas en contacto con el chasis, para ello flexiono las rodillas 45° hasta colocar en contacto la cara anterior de las rodillas con chasis, se centró el borde inferior de la rótula con el centro del estativo chasis, el rayo central en una proyección postero-anterior ingresó con una angulación de 10° caudal de tal manera que salió a nivel de los vértices de la rótula.

Para lograr una flexión exacta de las rodillas se usó un goniómetro (instrumento de medición de ángulos), el cual consta de un eje o centro y dos brazos, uno fijo y otro móvil.

Se colocó el eje del goniómetro en el cóndilo externo de la rodilla, el brazo fijo se alineó con la línea media longitudinal de la pierna tomando como punto óseo el maléolo externo y el brazo móvil con la línea media longitudinal del muslo tomando como punto óseo el trocánter mayor. Luego se pidió que el paciente flexione las rodillas hasta poner en contacto las rótulas con el chasis, luego con el brazo móvil alineado con la línea media longitudinal del muslo se ajustó la flexión de las rodillas hasta que la lectura del goniómetro nos mida un ángulo de 45°. Con esta proyección PA de rodilla en carga y flexión de 45° se puede mostrar la presencia de patología en los cartílagos articulares.

Para la toma de ambas proyecciones radiográficas se utilizó un equipo de rayos x convencional (GENERAL ELECTRIC) MODELO DXS-65011, y un chasis sin rejilla colocado en un estativo. Los factores técnicos de exposición fueron 57+/-3 KVP y 5 MAS a una distancia foco-película de 110 cm. Así mismo las placas fueron reveladas en una procesadora automática de marca kodak.

Método, Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

El Método utilizado fue la observación y la recolección de los datos, lo cual se llevó a cabo por el método de la entrevista. Así mismo se tomó radiografías de las rodillas de los pacientes, las cuales fueron evaluadas por dos médicos radiólogos con la finalidad de clasificarlas según el grado de afectación de la gonartrosis, para ello se utilizó la escala de Kellgren y Lawrence, también se midió los espacios articulares del compartimento interno y externo de la articulación femorotibial de todas las rodillas, para determinar la sensibilidad de ambas proyecciones en detectar disminución precoz del espacio articular.

Plan de recolección y Análisis estadístico de los datos

Se realizó un análisis descriptivo de la información a través de frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas, y medidas de tendencia central y resumen (promedio, mediana y desviación estándar) para las variables cuantitativas. Se utilizó el programa SPSS 19 para la tabulación de los datos y desarrollo de los gráficos. Luego se aplicó la prueba de Concordancia de Kappa, para ver el grado de concordancia en la lectura entre los dos radiólogos. Para luego proceder al llenado de las tablas de contingencia y finalmente aplicar la Prueba de los rangos de los signos de Wilcoxon para establecer una diferencia significativa entre ambas técnicas radiológicas.

Consideraciones éticas

Se tuvo en absoluta reserva la información obtenida de los datos de cada paciente así como del resultado de sus respectivos estudios. Y se mantuvo en anonimato, la identificación de los pacientes participantes en el estudio.

La participación de los pacientes, se llevó a cabo mediante la autorización de los mismos, a través de un consentimiento informado.

RESULTADOS

CONCORDANCIA ENTRE INTEROBSERVADORES.-

Para iniciar la presentación de resultados obtenidos, se verificó la concordancia en la lectura obtenida por dos médicos radiólogos, utilizándose para ello la técnica de Kappa, cuyos resultados son:

Tabla n° 1

Distribución de frecuencias de los pacientes por evaluación y categoría de respuesta, según el grado de gonartrosis. Para determinar el coeficiente Kappa

Observador 2		Observador 1								Total	
		En carga AP				Total	Rosenberg				
		0	1	2	3		0	1	2		3
En carga AP	0	4				4					
	1	1	3			4					
	2			6		6					
	3				1	1					
	Total	5	3	6	1	15					
Rosenberg	0						1				1
	1							1			1
	2							1	5		6
	3									7	7
	Total						1	2	5	7	15

Fuente.- Elaboración propia.

FORMULA DEL ÍNDICE DE CONCORDANCIA DE KAPPA

$$K = \frac{Po - Pe}{1 - Pe}$$

$K = \frac{0.93 - 0.30}{1 - 0.30} = 0.9$ $K = \frac{0.93 - 0.35}{1 - 0.35} = 0.8$

Po: probabilidad observada
Pe: probabilidad esperada

Respuesta. En la lectura de las radiografías se encuentra una concordancia muy buena

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES

En el estudio participaron 15 pacientes, cuyo rango de edades van desde los 30 a 70 años. La edad promedio fue 55.47 años, ± 5.51 (mínima 36 y máxima de 70). El mayor porcentaje de pacientes perteneció al grupo etáreo comprendidos entre los 60-69 años (40%)

Tabla n° 2

Distribución de pacientes según Grupos etarios

EDAD	FRECUENCIA	PORCENTAJE
30-39	2	13.3%
40-49	3	20.0%
50-59	3	20.0%
60-69	6	40.0%
70-79	1	6.7%
Total	15	100.0%

Fuente.- Elaboración propia

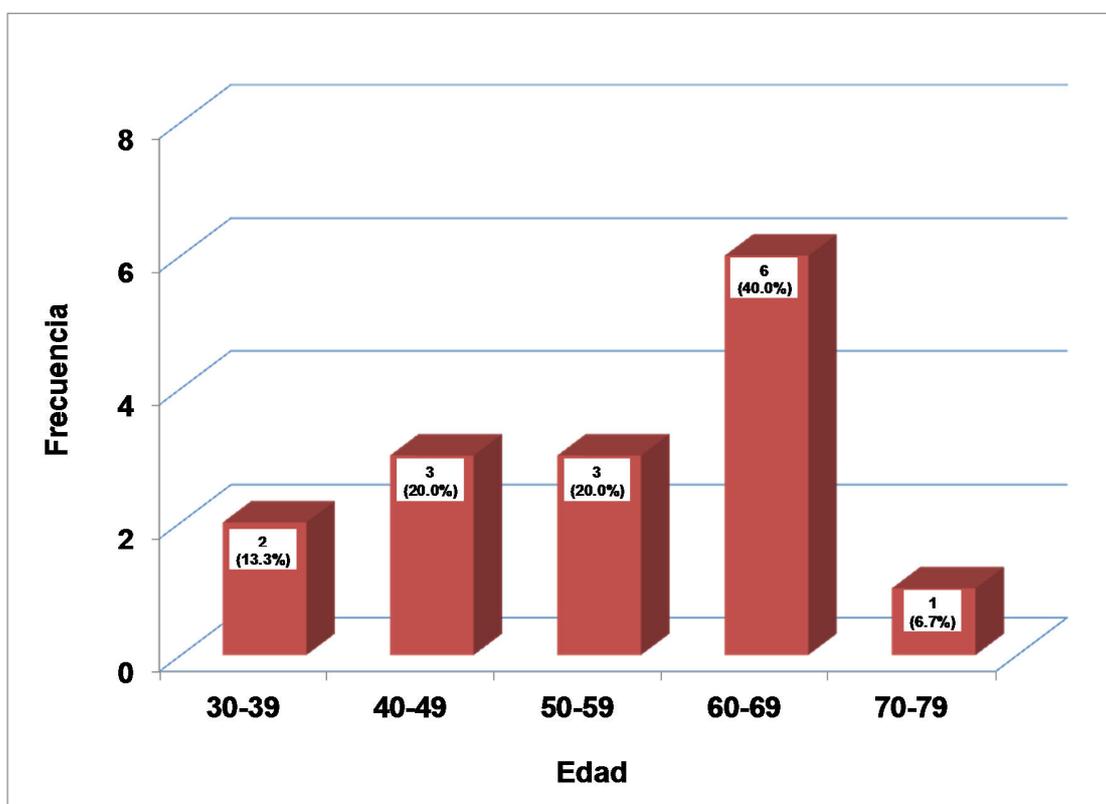


Gráfico 1. Distribucion según grupos etarios.

En cuanto al sexo, 12 casos (80.0%) fueron mujeres y 3 (20.0%) hombres. Del total de mujeres, la mayor frecuencia fue 6 casos (50%) las cuales se encontraban en el grupo etario de 60-69 años y en varones 2 (66.7%) entre 30-39. Así mismo se observa en cuanto la edad y el sexo, que la gonartrosis se presenta con mayor frecuencia en pacientes mayores de 50 años y son las mujeres quienes presentan el mayor número de casos pasado dicha edad, lo cual se corrobora con la literatura.

Tabla n° 3

Distribución de los casos según edad y sexo

Edad	frecuencia Sexo		Porcentaje	
	M	F	M	F
30-39	2	0	66.7	-
40-49	1	2	33.3	16.7
50-59	0	3	-	25.0
60-69	0	6	-	50.0
70-79	0	1	-	8.3
total	3	12	100	100

Fuente.- Elaboración propia

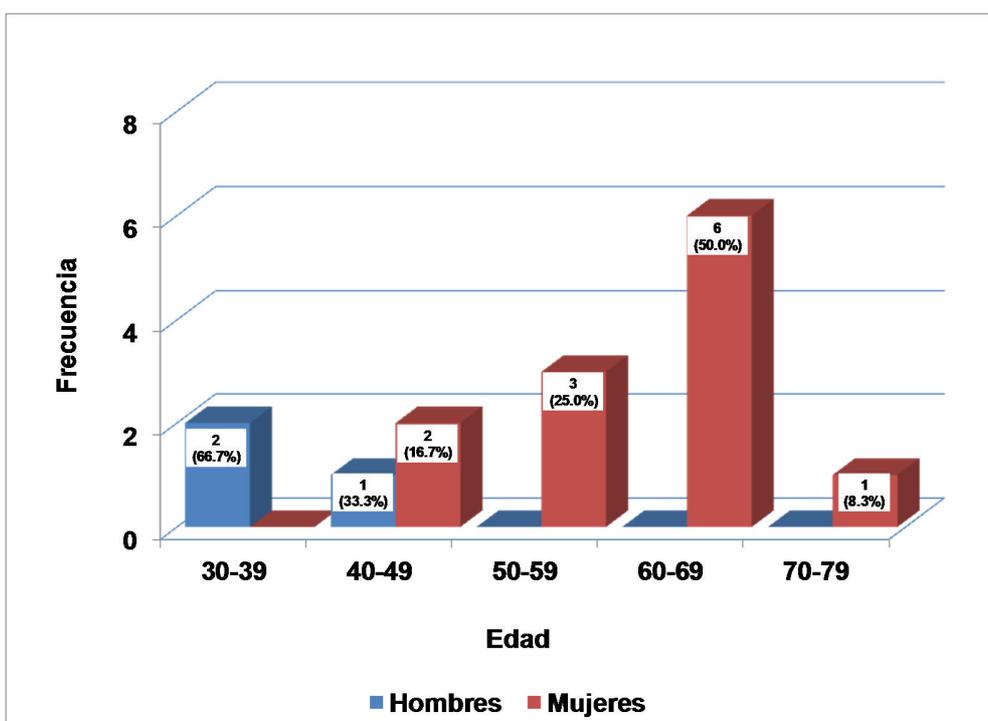


Gráfico 2. Distribución de los casos según edad y sexo

En cuanto al valor de IMC, el valor promedio fue de 28.55 ± 4.8 , de los cuales 3 casos (20%) tenían un peso normal, 8 casos (53.3%) estaban con sobrepeso y 4 casos (26,7%) con obesidad moderada. Asociándose así al peso como condicionante importante en el desarrollo de gonartrosis, como se muestra en diversos estudios.

Tabla n° 4

Distribución de pacientes según índice de masa corporal (IMC)

Condición según IMC	Frecuencia	Porcentaje
Bajo peso	0	0.0
Normopeso	3	20.0
Sobrepeso	8	53.3
Obesidad moderada	4	26.7
Obesidad severa	0	0.0

Fuente: Elaboración propia.

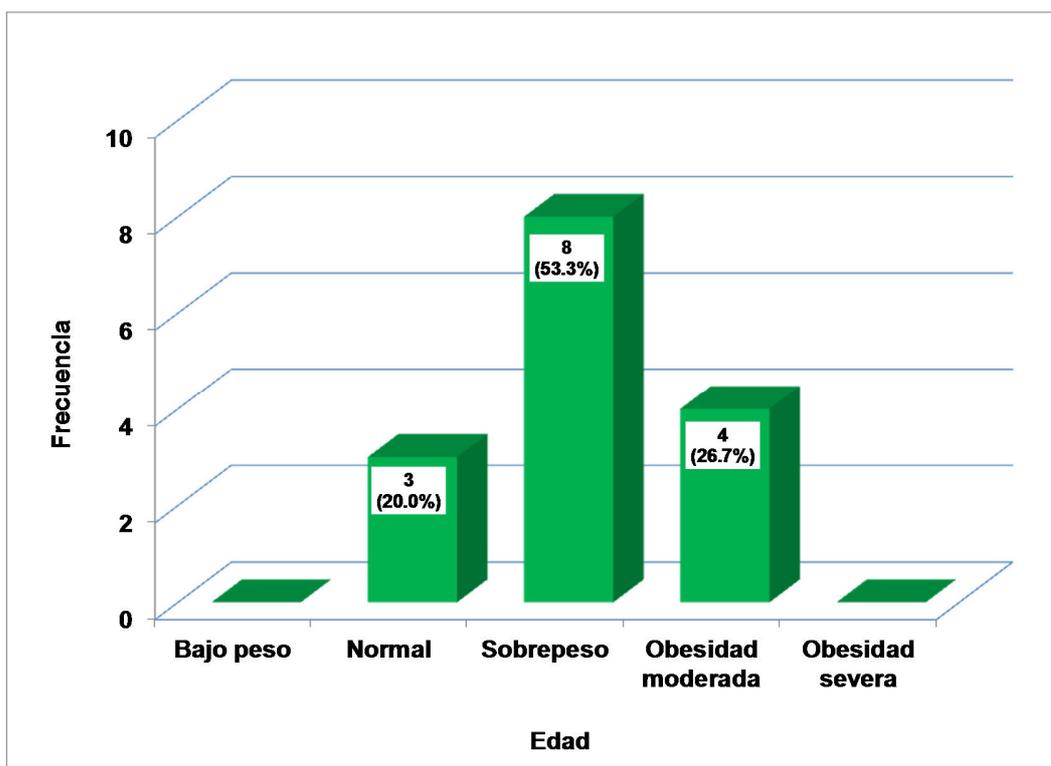


Gráfico 3. Distribución por condición según IMC.

La manifestación clínica presente en todos los casos, 15 (100%), fue el dolor, seguido de crepitación, en 12 casos (80.0%); 10 casos (66.7%) eran mayores de 50 años y presentaban rigidez menor a 30 minutos; 8 casos (53.3%) presentaron sensibilidad ósea; 2 casos (13.3%) ensanchamiento óseo y 1 caso (6.7%) presentó aumento de la temperatura local, siendo este último un signo no característico de la gonartrosis, por ello su bajo porcentaje.

Tabla n° 5

Distribución según signos y síntomas clínicos de la enfermedad

Manifestación	Frecuencia	Porcentaje
Dolor	15	100.0
Crepitación	12	80.0
Edad mayor que 50 años	10	66.7
Rigidez menor que 30 minutos	10	66.7
Sensibilidad ósea	8	53.3
Ensanchamiento óseo	2	13.3
Aumento de la temperatura local	1	6.7

Fuente: Elaboración propia.

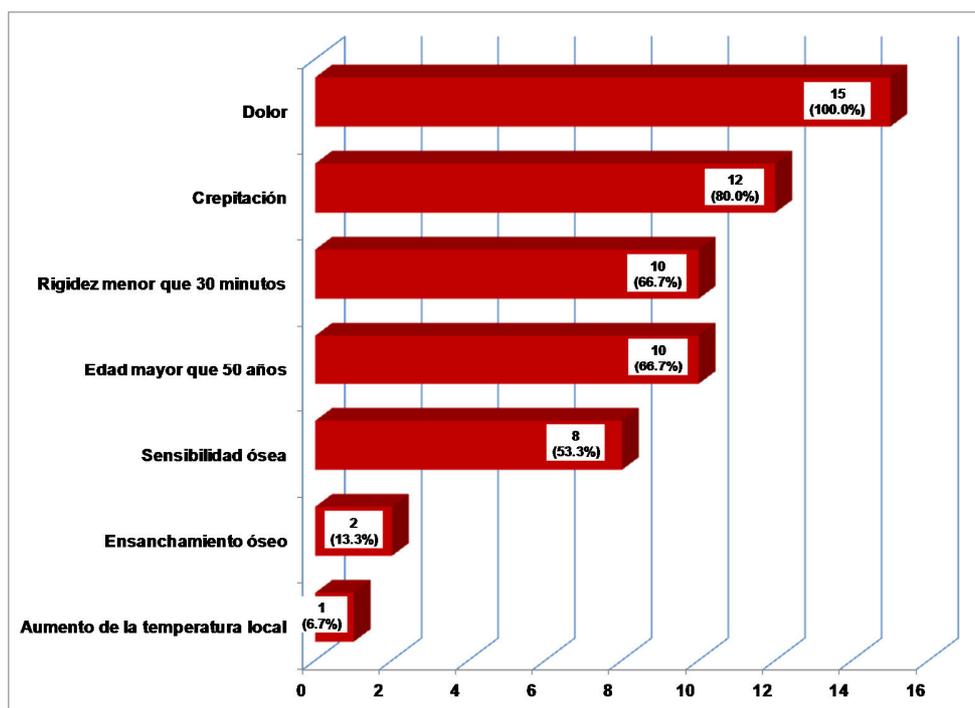


Gráfico 4. Distribución según presencia de manifestaciones clínicas.

Según el Radiólogo 01, la proyección en carga Antero-Posterior clasificó a 4 (26.7%) pacientes como Grado 0, 4 (26.7%) pacientes como Grado 1, 6 (40.0%) pacientes como Grado 2, y 1 (6.7%) paciente como Grado 3; y la proyección de Rosenberg clasificó a 1 (6.7%) pacientes como Grado 0, 1(6.7%) pacientes como Grado 1, 6 (40.0%) pacientes como Grado 2, y 7 (46.7%) pacientes como Grado 3.

Tabla n° 6

Resultados del grado de gonartrosis según la escala de Kellgren y Lawrence, por radiólogo 1.

Resultados	Frecuencia	Porcentaje
Radiólogo 01		
En carga Antero-Posterior		
Normal	4	26.7
Dudoso	4	26.7
Leve	6	40.0
Moderado	1	6.7
Grave	0	0.0
Rosenberg		
Normal	1	6.7
Dudoso	1	6.7
Leve	6	40.0
Moderado	7	46.7
Grave	0	0.0

Fuente: Elaboración propia

Según el Radiólogo 02, la proyección en carga Antero-Posterior clasificó a 5 (33.3%) pacientes como Grado 0, 3(20.0%) pacientes como Grado 1, 6 (40.0%) pacientes como Grado 2, y 1 (6.7%) paciente como Grado 3; y la proyección de Rosenberg clasificó a 1 (6.7%) paciente como Grado 0, 2 (13.3%) pacientes como Grado 1, 5 (33.3%) pacientes como Grado 2, y 7 (46.7%) pacientes como Grado 3.

Tabla n° 7

Resultados del grado de gonartrosis según la escala de Kellgren y Lawrence, por radiólogo 2.

Resultados	Frecuencia	Porcentaje
Radiólogo 02		
En carga Antero-Posterior		
Normal	5	33.3
Dudoso	3	20.0
Leve	6	40.0
Moderado	1	6.7
Grave	0	0.0
Rosenberg		
Normal	1	6.7
Dudoso	2	13.3
Leve	5	33.3
Moderado	7	46.7
Grave	0	0.0

Fuente: Elaboración propia

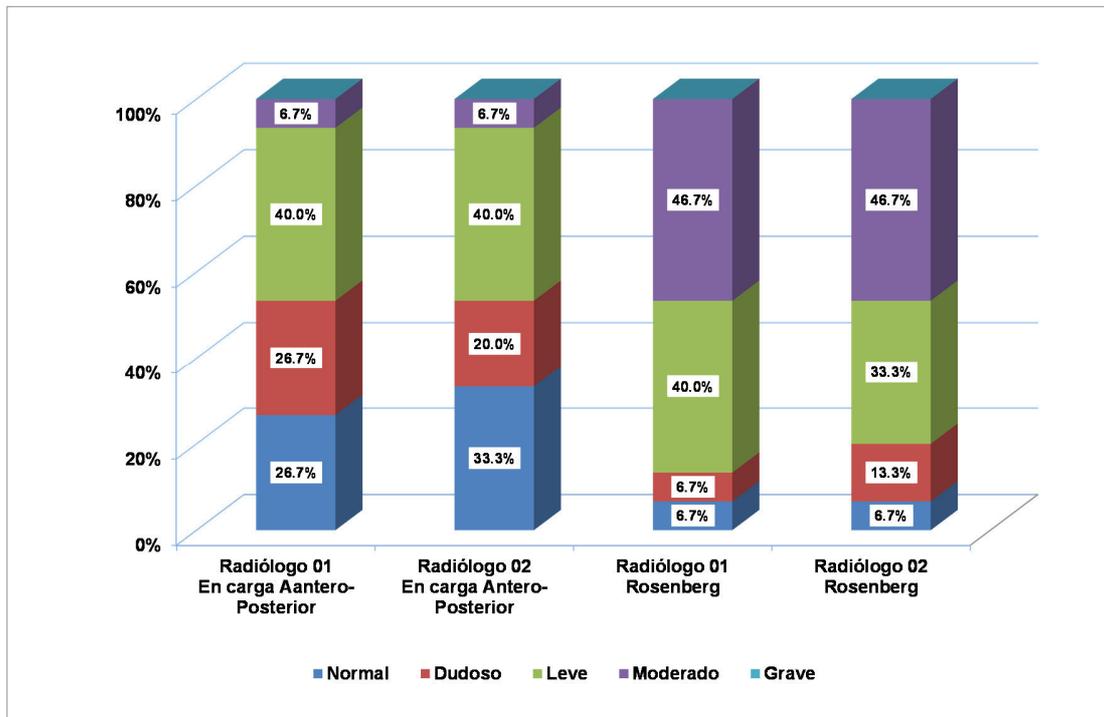


Gráfico 5. Distribución de grado de gonartrosis para ambas proyecciones en estudio según radiólogo 1 y 2.

Se hizo la medición del espacio articular femorotibial tanto del compartimento externo e interno de ambas rodillas en las proyecciones en estudio, se observó diferencia significativa en dichas medidas, siendo la proyección de Rosenberg quien mostraba un estrechamiento mayor del espacio articular a diferencia de la proyección en carga ap, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla n° 8

Distribución de las medidas del espacio articular femorotibial por proyección radiográfica

Compartimento	Proyección radiográfica	
	En carga Antero- Posterior I.C. 95%	Rosenberg I.C.95%
Externo (der.), mm		
Promedio / Rango	6.27 / [3.5-8]	4.67 / [0-7]
Interno (der.), mm		
Promedio / Rango	5.13 / [2-6]	3.27 / [0-5.5]
Externo (izq.), mm		
Promedio / Rango	6.23 / [3-9]	4.9 / [1-7.5]
Interno (izq.), mm		
Promedio / Rango	4.97 / [1-6.5]	3.4 / [0-5.5]

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.- Se valoró las diferencias entre el diámetro del espacio articular femorotibial de ambas rodillas, medido en las proyecciones radiológicas: convencional AP en extensión con carga y Rosenberg posteroanterior con carga y flexión de 45 grados mediante la aplicación de la prueba de los rangos de los signos de Wilconxon.

H°: Las poblaciones son idénticas

H1: Las poblaciones no son idénticas

Rodilla Derecha: compartimiento externo

Se determinaron la media μ_T , la desviación estándar δ_T y el valor de Z.

$$Z \text{ calculado} = T - \mu_t / \delta_t$$

$$Z \text{ calculado} = 118.0 - 0 / 35.2 \quad Z \text{ calculado} = 3.35 \text{ Luego: } p(Z > 3.35) = 0.99960$$

Por tanto el valor p de la prueba de colas es $2 (0.0004) = 0.0008$; como este valor es menor que $\alpha = 0.05$, se rechaza H^0 .

Resultado: Las 2 poblaciones no son idénticas y existe una diferencia significativa entre las dos técnicas.

Del mismo modo se calcularon los valores de la rodilla derecha, compartimiento interno y la rodilla izquierda: compartimiento externo e interno, cuyos valores demostraron la diferencia de las mediciones por ambas técnicas en el diagnóstico precoz de gonartrosis.

DISCUSIÓN

El desgaste del cartílago articular es el primer cambio anatomopatológico en la gonartrosis, este cambio se traduce en una disminución del espacio articular femorotibial en una radiografía de rodillas, siendo así éste un signo radiológico importante en el diagnóstico precoz de gonartrosis. Sin embargo el método radiológico empleado es importante a la hora de valorar el verdadero estado del cartílago articular, es por eso que se requiere un método de estudio que permita estudiar este fenómeno en su real magnitud y con la mayor sensibilidad en la detección precoz de este fenómeno. Diversos estudios como el realizado por **Cristián Fontboté R.** y colaboradores en la **Pontificia Universidad Católica de Chile** respaldan las ventajas de la proyección de Rosenberg en el estudio radiográfico de la gonartrosis, por sobre la proyección en carga AP. Se han reportado las ventajas de las radiografías con distintos ángulos de flexión, sin embargo la proyección de Rosenberg muestra el espacio articular en la zona más representativa de daño condral tras haberse observado que el mayor desgaste ocurre entre 30 y 60 grados de flexión, debido a una menor área sometida a una mayor carga. Con la proyección AP convencional, al estar la rodilla en extensión, muestra la altura del cartílago articular de la región anterior de los cóndilos que suele estar poco alterada, es decir, no refleja el desgaste articular precoz que se produce más posterior en los cóndilos femorales, lo que si visualiza con la proyección de Rosenberg.

En el presente estudio se utilizó la técnica de Kappa, para determinar el grado de concordancia en la lectura obtenida por dos médicos radiólogos, quienes clasificaron las rodillas según el grado de gonartrosis utilizando para ello la escala de Kellgren y Lawrence. El total de casos fue de 15 pacientes, de los cuales el radiólogo 1 y 2 concordaron en su clasificación para la técnica ap en que 4, 3, 6 y 1 pacientes presentaban grado 0, 1, 2 y 3 respectivamente, estos resultados mostraron una $P_o=0.93$ y $P_e=0.3$ dando como coeficiente kappa el valor de $K=0.9$. Así mismo para la técnica de Rosenberg coincidieron en que 1, 1, 5 y 7 pacientes presentaban grado 0, 1, 2 y 3 respectivamente, dando como $P_o=0.93$ y $P_e=0.35$ lo cual arrojaba un coeficiente kappa de $K=0.8$. Con estos resultados tanto para la proyección ap en carga y Rosenberg, la concordancia de lectura fue muy buena.

También se observó que la mayor frecuencia de casos, 6 pacientes, (40.0%) se presentó en el grupo de 60-69 años, la edad mínima correspondió a 36 y la máxima a 70 años. En cuanto a la distribución por sexo y edad, se tuvo que 12 (80%) eran de sexo femenino y tenían una edad mayor a 50 años, mientras que 3 (20%) eran de sexo masculino y se encontraban por debajo de los 50 años. Estos resultados coinciden con la literatura en cuando a prevalencia de la enfermedad según el sexo. Ya que son las mujeres mayores a 55 años quienes padecen con mayor frecuencia este tipo de patología y donde la sintomatología es de mayor intensidad a comparación del sexo opuesto, donde se presenta con mayor frecuencia antes de los 45 años.

En cuanto al peso, se determinó valor del índice de masa corporal (IMC) de los pacientes, siendo el valor promedio de 28.55 ± 4.8 , de los cuales 3 casos (20%) se encontraban con un rango normal, 8 (53.3%) casos tenían sobrepeso y 4 (26,7%) con obesidad moderada. Estos resultados relacionan al sobrepeso como condicionante importante en el desarrollo de la gonartrosis tal como lo demuestran múltiples estudios. Por ejemplo, el **estudio Artrocad**, de España, reporta que el 50 % de los pacientes con artrosis tienen obesidad.

En relación a las manifestaciones clínicas, el dolor estuvo presente en todos los pacientes 15 (100%); seguido de crepitación, en 12 (80.0%); hubo 10 casos (66.7%) con rigidez menor a 30 minutos; 8 casos (53.3%) presentaron sensibilidad ósea; 2 casos (13.3%) presentaron ensanchamiento óseo y 1 caso (6.7%) presentó aumento de la temperatura local, este último no es considerado una manifestación clínica característica de la gonartrosis, más si lo es su ausencia, lo cual está ausente en 14 casos (93.3%)

Se consideró evaluar la sensibilidad diagnóstica precoz de la proyección de Rosenberg frente a la de carga ap, en base a la clasificación de dos médicos radiólogos para determinar el grado de afectación según la escala de Kellgren y Lawrence. Esta manera de evaluar la sensibilidad diagnóstica de ambas proyecciones no se encontró en los antecedentes, sin embargo se estimó que la proyección de Rosenberg clasificaría un mayor grado de afectación de gonartrosis en comparación con la proyección en carga. Para el radiólogo 1, la proyección en carga ap clasificó a 4 (26.7%) pacientes como Grado 0, 4 (26.7%) pacientes como Grado 1, 6 (40.0%) pacientes como Grado 2, y 1 (6.7%) paciente como Grado 3; y la proyección de Rosenberg clasificó a 1 (6.7%) pacientes como Grado 0, 1 (6.7%) pacientes como Grado 1, 6 (40.0%) pacientes como Grado 2, y 7 (46.7%) pacientes como Grado 3. Según el Radiólogo 02, la proyección en carga ap clasificó a 5 (33.3%) pacientes como Grado 0, 3 (20.0%) pacientes como Grado 1, 6 (40.0%) pacientes como Grado 2, y 1 (6.7%) paciente como Grado 3; y la proyección de Rosenberg clasificó a 1 (6.7%) paciente como Grado 0, 2 (13.3%) pacientes como Grado 1, 5 (33.3%) pacientes como Grado 2, y 7 (46.7%) pacientes como Grado 3.

Tomando en cuenta la clasificación que hicieron los dos radiólogos se determinó que la proyección de Rosenberg muestra un mayor grado de afectación del cartílago articular de la rodilla en comparación a la proyección en carga ap, por lo que la sensibilidad diagnóstica de la proyección de Rosenberg en mostrar los cambios degenerativos del cartílago articular en su mayor magnitud es superior que la proyección en carga ap. Estos resultados demuestran lo que **Rosenberg**

T. et, al. En su artículo **The forty-five-degree posteroanterior flexion weight-bearing radiograph of the knee** manifiesta que las radiografías posteroanterior de soporte de peso que se hicieron con la rodilla en 45 grados demostraban ser mucho más sensible que las proyecciones convencionales para valorar el verdadero estado del cartílago articular.

Por último se midió los espacios articulares femorotibiales tanto del compartimento externo e interno de ambas rodillas, a fin de determinar la sensibilidad diagnóstica precoz de la proyección de Rosenberg frente a la de carga ap, en la detección de disminución del espacio articular. Mediante la aplicación de la prueba de los rangos de los signos de Wilcoxon se obtuvo significación estadística diferencial entre las técnicas Ap y Rosenberg en el diámetro del espacio femorotibial de ambas rodillas con valor $p = 0.0008$ y un I. C. del 95%, tanto para el compartimento externo e interno. Estos resultados corroboran lo que **Fontboté C. et, al.** En su artículo **“Rosenberg projection for the radiological diagnosis of knee osteoarthritis** concluyen que la proyección de Rosenberg en comparación con la proyección ap tiene mayor capacidad de detectar disminución del espacio articular.

En este trabajo comprobamos que la proyección de Rosenberg efectivamente brinda una información más acuciosa en el estudio de la artrosis femorotibial, ya que muestra la real disminución del espacio articular y por lo tanto, el verdadero estado de progresión de la enfermedad artrósica.

CONCLUSIONES

1. La gonartrosis afecta más a las mujeres que varones, en nuestro estudio 80 frente a 20% respectivamente, y que antes de los 50 años son los varones quienes padecen más esta enfermedad a diferencia de las mujeres que lo manifiestan pasado los 50 años. Así mismo se determinó que el peso es un factor importante en el desarrollo de la enfermedad ya que en nuestro estudio el 80% estaba por encima de sobrepeso.
2. La manifestación clínica presente en todos los pacientes estudiados fue el dolor, así mismo las principales características clínicas que acompañan el dolor con mayor frecuencia son: no aumento de la temperatura (93.3%), crepitaciones (80%), rigidez menor a 30 minutos luego del reposo (66.7%), sensibilidad ósea (53.3%), y ensanchamiento óseo (13.3%).
3. Según la clasificación de Kellgren y Lawrence, las radiografías de rodillas tomadas con la proyección de Rosenberg mostró un grado de afectación igual o mayor de la articulación femorotibial en comparación de las tomadas con la proyección en carga ap, mas no menor.
4. Se encontró significación estadística diferencial entre las técnicas en carga ap y Rosenberg en cuanto a la medida del espacio articular femorotibial, siendo esta última quien mostro un menor espacio en los casos presentados.

RECOMENDACIONES

1. La proyección de Rosenberg debe ser el protocolo inicial y de rutina en el diagnóstico de gonartrosis, siempre que la condición del paciente lo permita.
2. Contar con un goniómetro en toda sala de rayos x, para lograr mayor precisión al momento de flexionar las rodillas del paciente, esto permitirá obtener una imagen más exacta en la proyección de Rosenberg.
3. Tener mucho cuidado en seguir el protocolo exacto y manejar los parámetros técnicos adecuadamente, ya que se podrían obtener imágenes de mala calidad que no permitan el adecuado diagnóstico del médico radiólogo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Solís Cartas, Prada Hernández D, Molinero Rodríguez C, de Armas Hernández A, García González V, Hernández Yane A. Rasgos demográficos en la osteoartritis de rodilla. *Revista Cubana de Reumatología*. 2015 enero; 17(1).
2. Salvatori Rubí, Montiel Jarquín, López Cázares, Barragán Hervella, Ortíz Arellano, García Carrasco, et al. Prótesis total de rodilla por gonartrosis grado IV. *Acta ortopédica mexicana*. 2014 mayo; 28(3).
3. T D Rosenberg, L E Paulos , R D Parke , D B Coward , S M Scott. The forty-five-degree posteroanterior flexion weight-bearing radiograph of the knee. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 1988 diciembre; 70(10).
4. Norio Y, Toshiaki T, Norikazu, Hiroshi Y. Posterior-anterior weight-bearing radiograph in 15° knee flexion in medial osteoarthritis. *Skeletal Radiol* [Internet]. 2003 [citado 10 junio 2015];32(1):28-34. Disponible en: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00256-002-0574-0>
5. Fontboté C, Nemtala F, Contreras, Guerrero. Proyección de Rosenberg en la evaluación radiológica de la osteoartrosis de rodilla. *Rev Med Chile*. 2008 julio; 136(7).
6. Ballinger Philip W. Posiciones radiográficas y procedimientos radiológicos. Octava ed. Madrid: Harcourt Brace; 1995. p. 50-55.
7. Protocolos de diagnóstico y tratamiento traumatología y cirugía ortopédica. [Online].; 2012 [cited 2015 enero 20. Available from: <http://www.sogacot.org/rdDCG.asp?d=revisiones&f=ProtocolosSato.pdf>.
8. Sánchez Labraca N. *Eficacia del tratamiento precoz de fisioterapia durante la fase de hospitalización en pacientes con artroplastia total de rodilla*. Tesis doctoral. Universidad de Granada; 2011.
9. Catarina.udlap [Online]. [cited 2015 abril 24. Available from: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/de_l_lm/capitulo2.pdf
10. Morgado I, Pérez A, Moguel M, Pérez Bustamante F, Torres L. Guía de manejo clínico de la artrosis de cadera y rodilla. *Rev. Soc. Esp. Dolor*. 2005 junio; 12(5).
11. Álvarez López, Ortega González C, García Lorenzo. Comportamiento de pacientes con gonartrosis tricompartmental. *Revista Archivo Médico de Camagüey*. 2013 mayo; 17(3).

12. Vergara Hernández J, Díaz Peral, Ortega Cabezas, Blanco Leira JA, Hernández Cataño JM, Pereda Herrera, et al. Protocolo de valoración de la patología. SEMERGEN. 2004 mayo; 30(5).
13. Álvarez López, García Lorenzo, López Lastre G, López Lastre M, Áreas Sifonte Y, Ruiz de Villa A. Artrosis de la rodilla y escalas para su evaluación. Revista Archivo Médico de Camagüey. 2012 noviembre; 16(6).
14. Salinas Meneses. Apuntes sobre la Epidemiología de la Osteoartrosis en nuestro país. Rev. Perú Reum. [INTERNET].1997 [citado 14 de febrero 2015];3(3):137-139. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/reuma/v03_n3/osteoartrosis.htm
15. Mongil, Sánchez I, Torre, Callejo, Arizaga. Farmacos de acción lenta (Sysadoa) en el tratamiento de la osteoartrosis. Rev. Soc. Esp. Dolor. 2006 octubre; 13(7).
16. Sánchez Labraca N. *Eficacia del tratamiento precoz de fisioterapia durante la fase de hospitalización en pacientes con artroplastia total de rodilla*. Tesis doctoral. Universidad de Granada; 2011.
17. Orozco Delclós L, Soler Rich R. ARTROSIS y LESIONES DEL CARTÍLAGO ARTICULAR. [Online].; 2005 [cited 2015 mayo 28. Available from: http://www.itrt.es/sites/default/files/download/106-artrosis-web-corregido_0.pdf.
18. Álvarez Lopez A, Casanova Morote C, Garcia Lorenzo Y. Fisiopatología, clasificación y diagnóstico de la osteoartritis de rodilla. Rev Cubana Ortp y Traumatol. 2004 enero; 18(1).
19. Pineda MB. Artrosis - Portada. [Online].; 2011 [cited 2015 abril 25. Available from: <http://2011.elmedicointeractivo.com/Documentos/doc/artrosis.pdf>.
20. Montoya-Verdugo C. Evolución clínica de los pacientes con gonartrosis tratados mediante la aplicación de colágeno polivinilpirrolidona intraarticular. Ortho-tips. 2012 abril; 8(2).
21. Phillippe Dillenseger J, Moerschel E. Manual para técnicos radiólogos. Cuando la teoría enriquece la práctica. Primera ed. Cañaverl s, editor. Buenos aires: Ediciones Journal; 2012. p. 3.
22. BANERJEE AK, BECKMANN E, BUSCH U, BUZZI A, THOMAS. International day of radiology. [Online].; 2012 [cited 2015 enero 20. Available from: <http://www.internationaldayofradiology.com>.

23. Pifarré Martínez X, Torres Cabrera , Hernando González , Rivas Ballarín , Valverde Morán , Ruiz Manzano P, et al. Fundamentos de Física Médica. Primera ed. Brosed Serreta , editor. Madrid: ADI; 2008.
24. Phillippe Dillenseger J, Moerschel E. Manual para técnicos radiólogos. Cuando la teoría enriquece la práctica. Primera ed. Cañaveral S, editor. Buenos Aires: Ediciones Journal; 2012. p. 3-9.
25. Alcaraz Baños. Bases físicas y biológicas del radiodiagnóstico médico. Segunda ed. Murcia Ud, editor. Murcia: servicio de publicaciones; 2003.
26. Phillippe Dillenseger J, Moerschel E. Manual para técnicos radiólogos. Cuando la teoría enriquece la práctica. Primera ed. Cañaveral S, editor. Buenos Aires: Ediciones Journal; 2012. p. 11-12.
27. Álvarez González. librossanitarios. [Online].; 2012 [cited 2015 febrero 5. Available from: <https://librossanitarios.wordpress.com/about/>.

ANEXOS

ANEXO N° 1

CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

NOMBRE DEL CENTRO DONDE SE REALIZARA EL ESTUDIO: Clínica Santa María del Sur.

DEPARTAMENTO Y DISTRITO: Lima – San Juan de Miraflores.

NOMBRE DEL ESTUDIO: "Proyección de Rosenberg frente a la proyección en carga Antero-Posterior en el diagnóstico precoz de gonartrosis"

NOMBRE DE LA PERSONA RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN:

Samuel José Palacios Alejo

DIRECCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO: Av. Belisario Suárez 998, San Juan de Miraflores.

INTRODUCCIÓN

Se le pregunta y consulta si le gustaría ser voluntario en un estudio de investigación médica. Debe leer y firmar este formulario para participar en este estudio. Este documento le dará más información sobre el estudio. Por favor, haga todas las preguntas que sean necesarias antes de decidir si desea participar en el estudio. No debe firmar este formulario si tiene preguntas que no hayan sido contestadas.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

Este estudio se está realizando para comparar dos proyecciones radiológicas.

El objetivo de este estudio es: Evaluar la proyección de Rosenberg frente a la proyección en carga Antero-Posterior en el diagnóstico precoz de gonartrosis.

CUANTO DURARÁ EL ESTUDIO Y QUIENES PARTICIPARÁN EN EL ESTUDIO

El estudio tendrá una duración de 3 meses los cuales abarca del mes de julio - setiembre del 2015.

Se incluirá a todas las personas de 30 a 70 años, con diagnóstico presuntivo de gonartrosis.

PARA PARTICIPAR EN ESTE ESTUDIO

Usted deberá cumplir los criterios de inclusión y exclusión.

QUÉ PASARÁ DURANTE EL ESTUDIO

Si califica para el estudio, estará en éste.

Procedimientos del estudio:

- Se comenzara con una encuesta hacia el paciente, en la cual se obtendrá datos como la edad, sexo e IMC. Así mismo, información de signos y síntomas característicos de la enfermedad.

- Posteriormente se procederá a la toma de radiografías de ambas rodillas tanto en la proyección en carga AP y Rosenberg.
- Finalizada la toma de imágenes, el paciente podrá retirarse para luego ser evaluado por su médico.

POSIBLES EFECTOS SECUNDARIOS Y RIESGOS DEL ESTUDIO

Tomando en consideración la dosis de radiación a la que es expuesto el sujeto de estudio, no se considera ningún efecto posterior al examen.

RIESGOS O MOLESTIAS ADICIONALES

Ninguno.

POSIBLES BENEFICIOS DEL ESTUDIO

Podrá conocer los resultados de su estudio y se explicara de alguna observación si la hubiese.

DIVULGACIÓN DE SUS REGISTROS MÉDICOS Y SU PRIVACIDAD

Sus registros por estar en este estudio permanecerán en privado.

EN CASO DE LESIONES RELACIONADAS CON EL ESTUDIO

No se considera ninguna lesión.

DERECHOS LEGALES

No perderá ninguno de sus derechos legales al firmar esta forma de consentimiento.

INFORMACIÓN DE CONTACTO

Investigador responsable: Samuel José Palacios Alejo.

Número telefónico: 980543260

SER VOLUNTARIO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO

Es su elección si quiere participar en el estudio, nadie puede forzarle a participar en el estudio y puede abandonar el estudio en cualquier momento. No será castigado por dejar el estudio.

DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO Y AUTORIZACIÓN DEL SUJETO

He leído y entendido las declaraciones en este consentimiento informado. He tenido la oportunidad de preguntar y estoy satisfecho con las explicaciones provistas durante el proceso de consentimiento. Yo consiento voluntariamente participar en el estudio y autorizo usar y revelar mi información en conexión con el estudio. Entiendo que recibiré una copia firmada de esta forma de consentimiento y autorización.

.....
Nombre (letra de imprenta)

Fecha:

.....
Firma del paciente

Nombre Impreso de la Persona que explica el documento de Consentimiento:
SAMUEL JOSE PALACIOS ALEJO.

.....
Firma de la Persona que Explica la Forma de Consentimiento

PROYECTO DE LEY LOS DERECHOS DE LOS SUJETOS

Como un sujeto en un estudio de investigación, tiene los siguientes derechos:

1. Ser informado de la naturaleza y propósito del estudio.
2. Ser informado acerca de los procedimientos usados en el estudio y de cualquier medicamento o dispositivo a ser usado.
3. Ser informado acerca de cualquier efecto secundario, molestia o riesgo que esperamos desde el principio del estudio.
4. Ser informado acerca de cualquier beneficio que puede esperar de este estudio.
5. Ser informado acerca de cualquier otro procedimiento, medicamento, o dispositivo que pudiera ser de ayuda, y de sus riesgos y beneficios.
6. Ser informado de cualquier tratamiento médico disponible para ti después del estudio si ocurre algún problema.
7. Dar la oportunidad de preguntar acerca del estudio o de los procedimientos.
8. Ser informado que su consentimiento para estar en el estudio puede ser retirado en cualquier momento. Puede dejar el estudio en cualquier momento sin ser penalizado.
9. Recibir una copia de la forma de consentimiento firmada y fechada cuando sea necesario.
10. Dar la oportunidad de decidir para estar en el estudio sin forzarlo, fraude o presión.

ANEXO N° 2

ENCUESTA



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE MEDICINA
Escuela Académica Profesional De Tecnología Médica
Área De Radiología



PROYECCIÓN DE ROSENBERG FRENTE A LA PROYECCIÓN EN CARGA
ANTERO-POSTERIOR EN EL DIAGNÓSTICO PRECOZ DE GONARTROSIS"

CLINICA SANTA MARÍA DEL SUR. JULIO - SETIEMBRE 2015.

1.- DATOS GENERALES DEL PACIENTE:

Edad:

Sexo: M F

Fecha de ingreso:

Peso:.....Kg.

Talla:..... cm

IMC:.....

2.- MANIFESTACIONES CLINICAS: Según el Colegio Americano de Reumatología (ACR), Sensibilidad 95%, especificidad 69%.

Dolor en rodilla y al menos tres de los siguientes criterios:

1. Edad > 50 años ()
2. Rigidez < 30 minutos ()
3. Crepitación ()
4. Sensibilidad ósea ()
5. Ensanchamiento óseo ()
6. No aumento de temperatura local ()

3.- GRADO DE GONARTROSIS SEGÚN LA CLASIFICACION DE KELLGREN Y LAWRENCE

1. **Grado 0** Normal()
2. **Grado 1** Dudoso (dudoso estrechamiento del espacio articular)..... ()
3. **Grado 2** Leve (posible estrechamiento del espacio articular, osteofitos)..... ()
4. **Grado 3** Moderado (estrechamiento del espacio articular, múltiples osteofitos, leve esclerosis y posible deformidad de los extremos de los huesos)..... ()
5. **Grado 4** Grave (marcado estrechamiento del espacio articular, abundantes osteofitos, esclerosis grave y deformidad en los extremos de los huesos)..... ()

ANEXO N° 3

IMÁGENES COMPARATIVAS DE LAS PROYECCIONES DE ROSENBERG Y EN CARGA AP, Y SU CLASIFICACIÓN SEGÚN LA ESCALA DE KELLGREN Y LAWRENCE

A



B



Fig. 1 A) Proyección radiográfica en carga AP, muestra grado I de gonartrosis, con dudoso estrechamiento del espacio articular. B) Proyección de Rosenberg del mismo paciente, muestra grado III de gonartrosis, donde hay pérdida del espacio articular femorotibial del compartimento externo. Fuente: Elaboración propia.

A



B



Fig. 2 A) Proyección radiográfica en carga AP, muestra grado II de gonartrosis, con posible disminución del espacio articular. **B)** Proyección de Rosenberg del mismo paciente, muestra grado III de gonartrosis, donde hay un marcado estrechamiento del espacio articular femorotibial a predominio del compartimento interno. Fuente: Elaboración propia.

A



B



Fig. 3 **A)** Proyección radiográfica en carga AP, muestra grado II de gonartrosis. **B)** Proyección de Rosenberg del mismo paciente, muestra grado III de gonartrosis, donde hay un marcado estrechamiento del compartimento externo. Fuente: Elaboración propia.

A



B



Fig. 4 **A)** Proyección radiográfica en carga AP, muestra grado I de gonartrosis, con dudoso estrechamiento del espacio articular en compartimento interno. **B)** Proyección de Rosenberg del mismo paciente, muestra grado III de gonartrosis, donde hay un notorio estrechamiento del compartimento interno. Fuente: Elaboración propia.

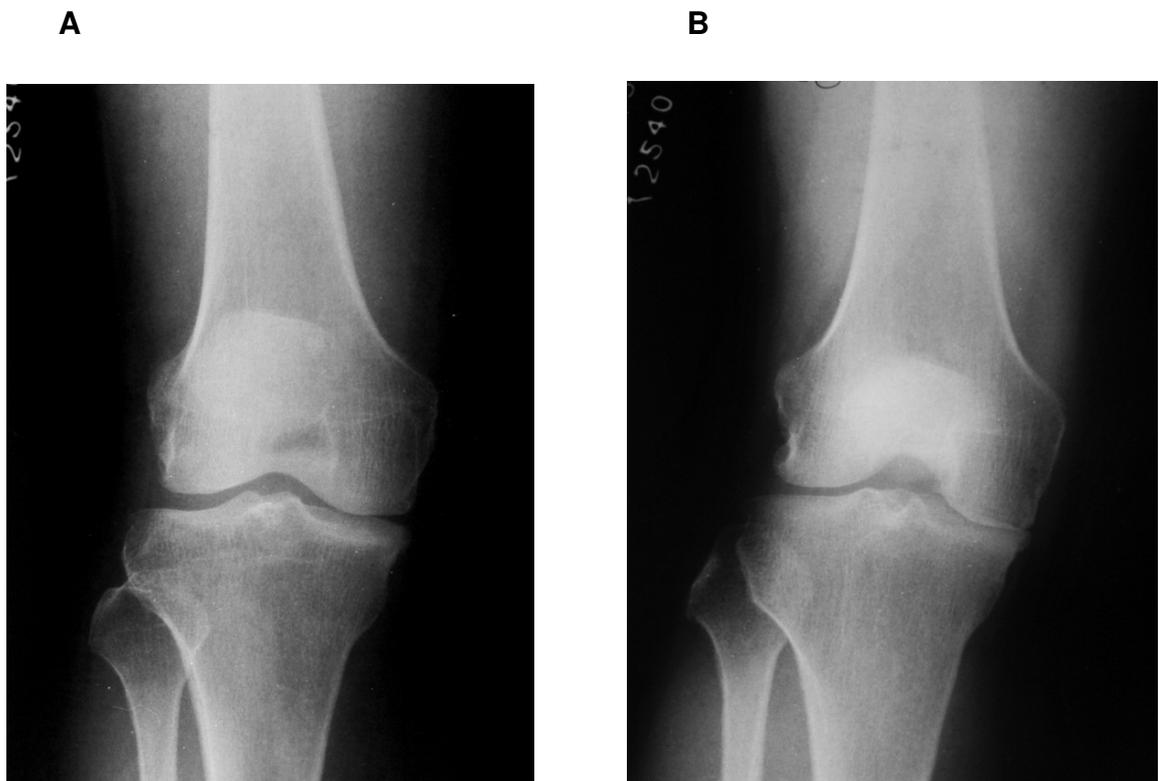


Fig. 5 **A)** Proyección radiográfica en carga AP, muestra grado I de gonartrosis, con dudoso estrechamiento del compartimento interno. **B)** Proyección de Rosenberg del mismo paciente, muestra grado III de gonartrosis, donde hay un notorio estrechamiento del compartimento interno. Fuente: Elaboración propia.

A



B



Fig. 6 A) Proyección radiográfica en carga AP, muestra grado 0 de gonartrosis. B) Proyección de Rosenberg del mismo paciente, muestra grado II de gonartrosis, con posiblemente estrechamiento articular en ambos compartimentos articulares femorotibiales. Fuente: Elaboración propia.

A



B



Fig. 7 **A)** Proyección radiográfica en carga AP, muestra grado 0 de gonartrosis. **B)** Proyección de Rosenberg del mismo paciente, muestra grado I de gonartrosis, con dudoso estrechamiento articular del compartimento interno. Fuente: Elaboración propia.

A



B



Fig. 7 A) Proyección radiográfica en carga AP, muestra grado 0 de gonartrosis. B) Proyección de Rosenberg del mismo paciente, muestra grado 0 de gonartrosis. Fuente: Elaboración propia.

ANEXO N° 4



Fig. 8 Posicionamiento en la proyección en carga ap de ambas rodillas.

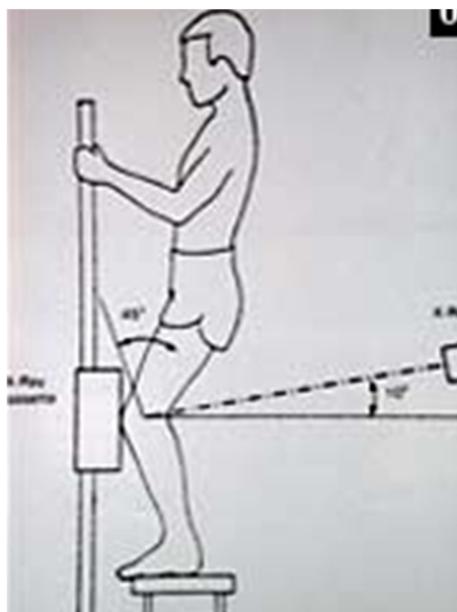


Fig. 9 Posicionamiento en la proyección de Rosenberg (flexión de 45 °)

ANEXO N° 5

ANATOMÍA DE LA RODILLA

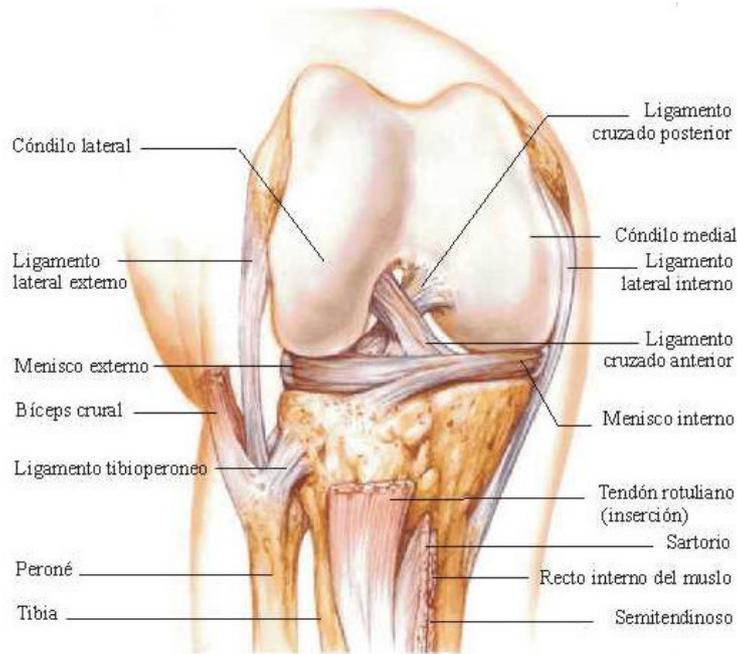


Fig. 10 Cara anterior de la rodilla en flexión

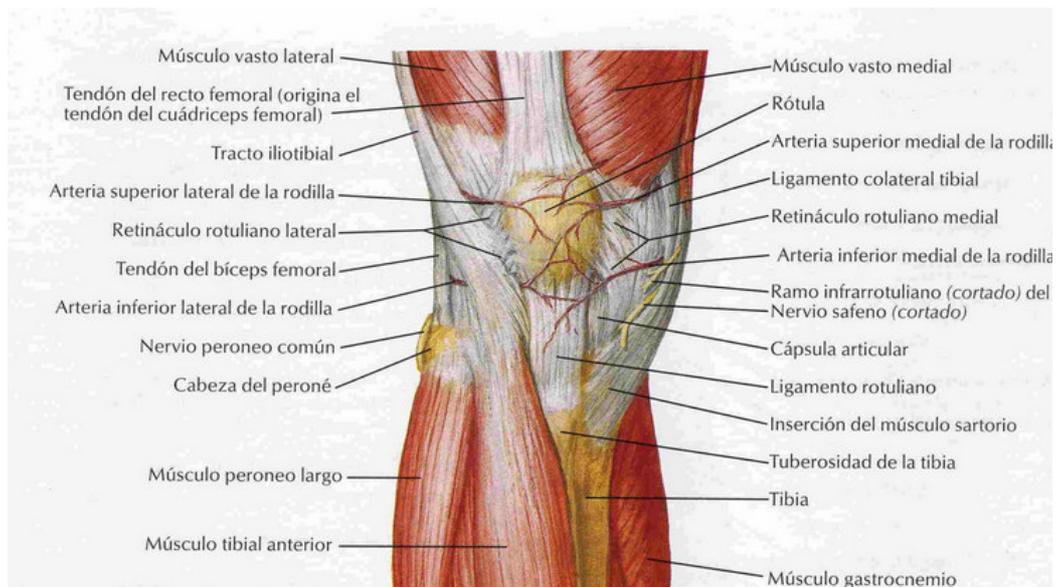


Fig. 11 Músculos de la rodilla (vista anterior)

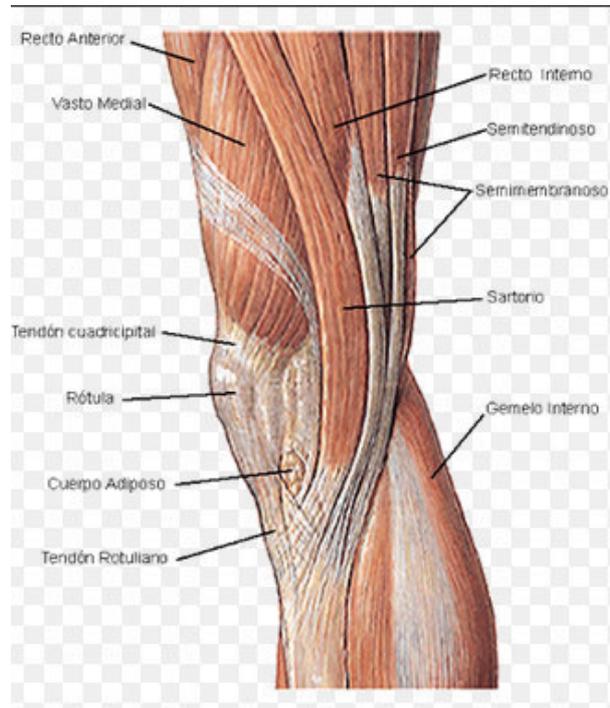


Fig. 12 Músculos de la rodilla (vista interna)

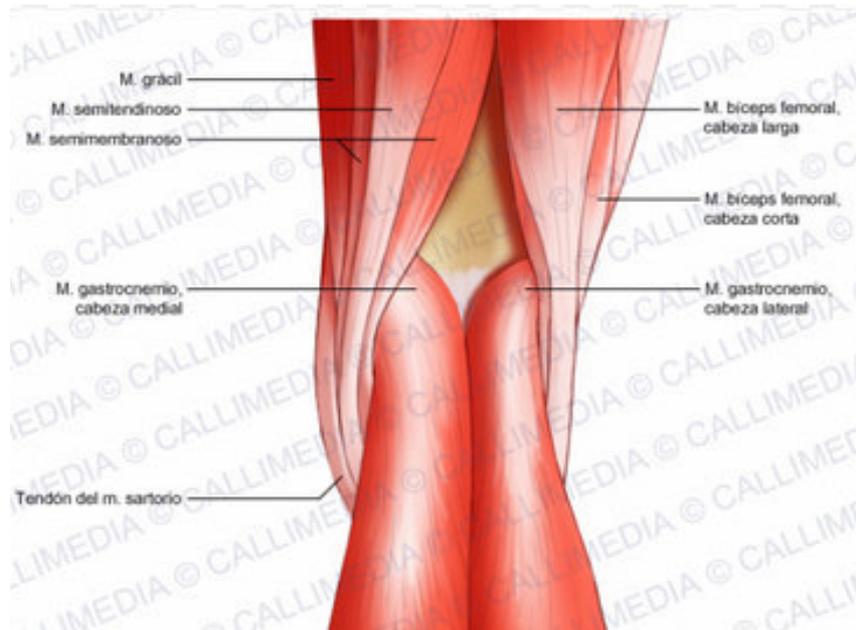


Fig. 13 Músculos de la rodilla (vista posterior)

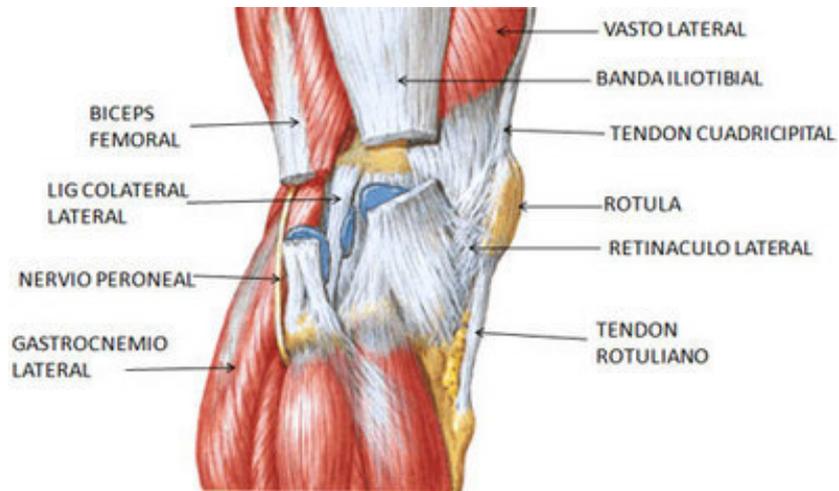


Fig. 14 Músculos de la rodilla (vista externa)

ANEXO N° 6

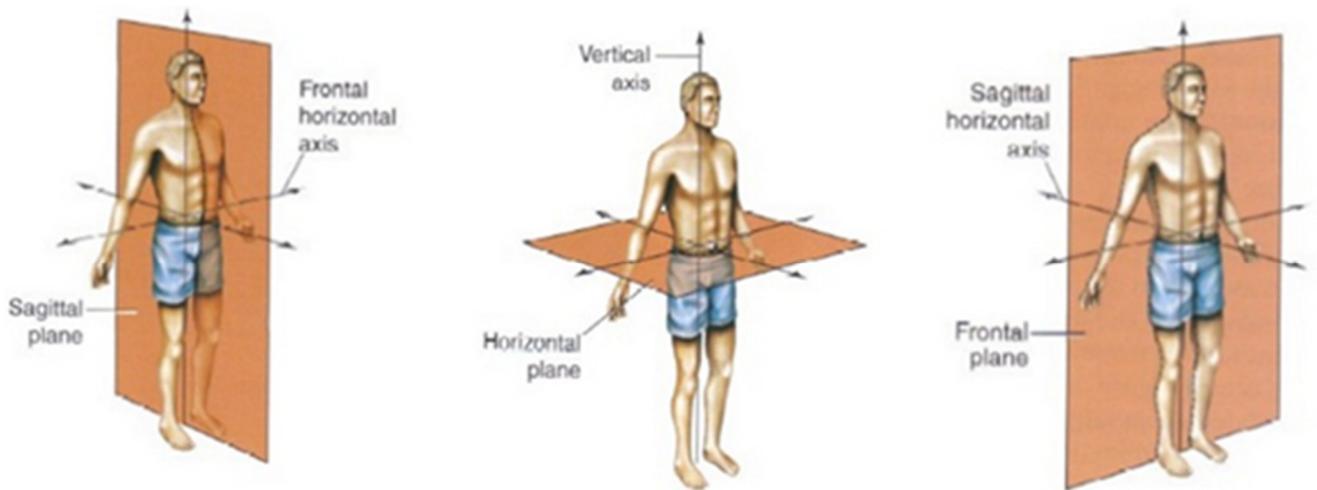


Fig. 15 Planos, ejes en el cuerpo y movimientos que se dan, según plano y eje involucrados.

PLANO	EJE	MOVIMIENTOS
SAGITAL (anteroposterior)	FRONTAL HORIZONTAL	FLEXIÓN Y EXTENSIÓN
FRONTAL (lateral)	SAGITAL HORIZONTAL	ADUCCIÓN Y ABEDUCCIÓN
HORIZONTAL (transversal)	VERTICAL	ROTACIÓN

ANEXO N° 7

EJE MECÁNICO Y ANÁTOMICO DE LA RODILLA

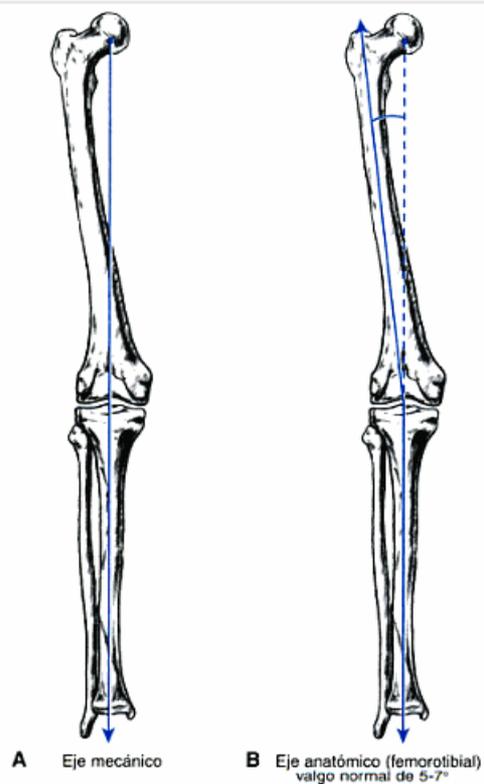


Fig. 16 A. Eje mecánico que pasa desde el centro de la cadera a través del centro de la rodilla y el techo tibial. El normal es de 0°. **B.** Eje anatómico (femorotibial) formado por la intersección de las líneas del eje de la diáfisis femoral y tibial.

ANEXO N° 8

Operacionalización de las variables:

VARIABLE	DEFINICION	DIMENSION	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION	INSTRUMENTO DE MEDICION	VALORES FINALES
DEPENDIENTE: Pacientes con gonartrosis	Gonartrosis: Enfermedad caracterizada por la degeneración y pérdida irreversible del cartílago articular de la rodilla.	-	Signos y síntomas: - Dolor - Rigidez < 30 minutos - Crepitación - Sensibilidad ósea - Ensanchamiento óseo - No aumento de temperatura local	cuantitativa	nominal		Presencia o ausencia de sintomatología
	Pacientes: Conformado por todas aquellas personas, que acuden por un diagnóstico presuntivo de gonartrosis.	Edad	N° de años	cuantitativa	continua	Encuesta	30-70
		Sexo	Genotipo	cuantitativa	nominal		M o F
		IMC	Relación entre el peso (kg) y la talla (mts) al cuadrado.	cuantitativa	continua		-Bajo Peso (menos de 20 kg/m ²) -Normopeso (20-24.9 kg/m ²) -Sobrepeso (25-29.9 kg/m ²) -Obesidad Moderada (30-39.9 kg/m ²) -Obesidad Severa (más de 40 kg/m ²)

INTERVINIENTE: Técnica radiológica	Método radiográfico que permite la evaluación del espacio articular de la rodilla en sospecha de gonartrosis.	Imágenes de carga Antero-Posterior	Signos radiográficos	cualitativa	ordinal	Imágenes Radiográficas Y Escala de Kellgren y Lawrence.	Grado 0 Normal Grado I Dudoso estrechamiento Grado II Posible estrechamiento y osteofitos Grado III Estrechamiento, múltiples osteofitos, leve esclerosis y posible deformidad ósea Grado IV Marcado estrechamiento, abundantes osteofitos, esclerosis grave y deformidad ósea
		Imágenes de Rosenberg					

ANEXO N° 9

MATRIZ DE CONSISTENCIA

<p>"Proyección de Rosenberg frente a la proyección en carga antero-posterior en el diagnóstico precoz de gonartrosis" Clínica Santa María del Sur. Julio - setiembre 2015.</p>	<p>¿Es la proyección de Rosenberg frente a la proyección en carga antero-posterior más sensible en el diagnóstico precoz de gonartrosis?</p>	<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Evaluar la proyección de Rosenberg frente a la proyección en carga antero-posterior en el diagnóstico precoz de gonartrosis. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Describir las características demográficas de los pacientes según sexo, edad e índice de masa corporal (IMC) •Describir síntomas y signos del paciente: Dolor, rigidez < 30 minutos, crepitación, sensibilidad ósea, ensanchamiento óseo y no aumento de temperatura local. • comparar el grado de la gonartrosis en ambas proyecciones según la clasificación de Kelgren y Lawrence. • Comparar el diámetro del espacio articular femorotibial para ambas proyecciones en estudio. 	<p>No requiere por ser un estudio descriptivo.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Pacientes con gonartrosis <p>VARIABLE INTERVENIENTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Técnica radiológica 	<p>Tipo de estudio: cuantitativo</p> <p>Diseño: Observacional, descriptivo, prospectivo y de corte transversal.</p> <p>Área de estudio: Servicio de Radiodiagnóstico de la Clínica Santa María del Sur, situada en la Av. Belisario Suárez, San Juan de Miraflores.</p> <p>Población: Pacientes de ambos sexos de 30 a 70 años que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, y acudieron por diagnóstico presuntivo de gonartrosis, durante el período julio-setiembre del año 2015.</p> <p>Tipo de muestreo: No probabilístico: por conveniencia</p> <p>Unidad de Análisis Pacientes de 30 a 70 años, de ambos sexos con diagnóstico presuntivo de gonartrosis.</p> <p>Determinación de la muestra Muestra poblacional.</p>
--	--	---	--	---	--

ANEXO N° 10

PROTOCOLO DE TOMA DE IMÁGENES EN POSICIÓN EN CARGA AP Y DE ROSENBERG EN PACIENTES QUE ACUEDEN A LA CLÍNICA SANTA MARIA DEL SUR

PROYECCIÓN EN CARGA ANTERO-POSTERIOR (AP)

Las radiografías de rodilla se pueden realizar con o sin rejilla. El tamaño de la rodilla del paciente y la preferencia del radiólogo y del médico son los factores que influyen en la toma de esta decisión.

Posición del paciente

- Paciente en bipedestación delante de la rejilla vertical con la espalda apoyada en ella.

Posición de la parte a explorar

- Haga que le paciente ajuste su posición y centre las rodillas con la placa.
- Pida al paciente que situé los dedos rectos hacia delante, con los pies suficientemente separados para mantener la estabilidad.
- Pida al paciente que se mantenga recto con las rodillas completamente extendidas y con el peso distribuido por igual en ambos pies.
- Centre la placa a nivel de los vértices de las rotulas
- Proteja las gónadas.

Rayo central

Dirija el rayo central horizontal y céntralo en el punto medio entre las rodillas a nivel de los vértices de las rotulas.

DFP de 1 metro.

Estructuras mostradas

La imagen resultante mostrará los espacios articulares de las rodillas. Con esta técnica también pueden estudiarse las deformidades en varo y en valgo.

Criterios de evaluación

Deben ser claramente visibles:

- Ausencia de rotación de las rodillas
- Ambas rodillas
- Los espacios articulares de las rodillas centrados en la placa

- Un tamaño adecuado de la placa para poder incluir los ejes longitudinales del fémur y la tibia.

PROYECCIÓN DE ROSENBERG

Posición del paciente

- Colocar al paciente de pie o bipedestación delante de la rejilla vertical, con la cara anterior de ambas rodillas en dirección a la rejilla, alejados aproximadamente unos 20cm de ésta.
- hacer que distribuya el peso de forma simétrica en las dos extremidades.

Posición de la parte a explorar

- Con las rodillas alejadas aproximadamente unos 20cm del estativo o chasis colocar al paciente de pie para una proyección directa PA.
- Hacer que el paciente flexione las rodillas 45° manteniendo en contacto la cara anterior de las rodillas con el estativo o chasis. Para lograr una flexión exacta se hará uso de un goniómetro (instrumento de medición de ángulos)
- Centrar el borde inferior de la rótula con el centro del estativo chasis.

Rayo central

- El rayo central se dirige al borde inferior de la rótula con una angulación de 10° caudal.
- La DFP es 1 metro, similar a la radiografía AP en extensión.

Estructuras mostradas

La proyección PA de rodilla en carga y flexión de 45° es útil para mostrar la presencia de patología en los cartílagos articulares.

Criterios de evaluación

- Deben ser claramente visibles:
- Ausencia de rotación de las rodillas
- Ambas rodillas
- El espacio articular de las rodillas centrados en la radiografía
- Un tamaño adecuado de la radiografía para mostrar los ejes longitudinales del fémur y la tibia.

ANEXO N° 11

PASOS PARA EL USO ADECUADO DEL GONIÓMETRO.

El goniómetro tiene dos brazos, uno fijo y otro móvil, con un indicador en uno de ellos y una escala transportadora en el otro, se encuentran unidos por un pivote que le proporciona una fricción suficiente como para que el instrumento permanezca estable mientras se lo usa y se lo sostiene para la lectura.

- Pasos para la medición exacta de flexión de la rodilla
 1. Posición: comenzar con el paciente en bipedestación con los miembros inferiores extendidos y la cara anterior de ambas rodillas alejados aproximadamente unos 20cm del estativo.
 2. Alineación del goniómetro: comenzar con el goniómetro en 0°.
 3. Eje o centro del goniómetro: colocado sobre el cóndilo femoral externo.
 4. Brazo fijo: se alinea con la línea media longitudinal de la pierna tomando como reparo óseo el maléolo externo.
 5. Brazo móvil: se alinea con la línea media longitudinal del muslo, tomando como reparo óseo el Trocánter mayor.
 6. Se pide al paciente que flexione las rodillas, manteniendo la alineación de los brazos del goniómetro según los reparos ya mencionados, hasta llegar una lectura de 45° en el goniómetro y a la vez hacer que la rótula este en contacto con la rejilla.

