

Método de fluoroscopia de la rodilla en movimiento para la evaluación de la cinemática articular usando el instrumento CINARTRO

Esquerria V¹, Santos D², Rodríguez M³, Olivera W³, Gigirey V⁴ y Simini F⁵

1- Asistente Director de Licenciatura en Imagenología, EUTM, Facultad de Medicina, Universidad de la República, Montevideo - Uruguay

2 - Profesor Adjunto de Rehabilitación (Biomecánica Clínica), Hospital de Clínicas.

3 - Ingeniero en Computación, Núcleo de Ingeniería Biomédica.

4 - Profesora Adjunta de Imagenología Médica, Hospital de Clínicas.

5 - Profesor de Ingeniería Biomédica, Núcleo de Ingeniería Biomédica (NIB).

Introducción

La Articulación de la Rodilla (AR) es una de las articulaciones más complejas, debido a su estructura anatómica, a su fisiología y a sus características biomecánicas. El estudio artrocinemático de la AR describe el movimiento entre las superficies articulares (tibio-femoral) y estudia la migración del Punto de Contacto Tibio Femoral (PCTF) (Baltzopoulos, 1995). La AR es estudiada en imágenes estáticas (RNM, TAC rX) que muestran estructuras anatómicas. Para un mejor seguimiento de la rehabilitación, hemos propuesto utilizar la videofluoroscopia que produce información dinámica de la AR a lo largo de la extensión. El instrumento que estamos desarrollando se denomina CINARTRO (Simini, Santos, & Francescoli, 2016).

OBJETIVO

Desarrollar y probar un nuevo método diagnóstico para evaluar en forma dinámica el punto de contacto tibio-femoral en la superficie articular de la rodilla.

METODOLOGÍA

Nos propusimos sistematizar los pasos necesarios para obtener imágenes en movimiento de la AR. Listamos las acciones y su encadenamiento. De acuerdo a las características de estas acciones y sus incertidumbres procedimos a su modificación y adaptación para el objetivo deseado. Pensando en pacientes de características específicas (deportistas de sexo masculino de 25 ± 2 años con ligamento cruzado anterior roto), propusimos posiciones respecto al intensificador de imágenes que cumplieran con los requisitos de repetibilidad, precisión geométrica, y facilidad de posicionamiento del paciente. Incluimos un procedimiento de calibración de imágenes.

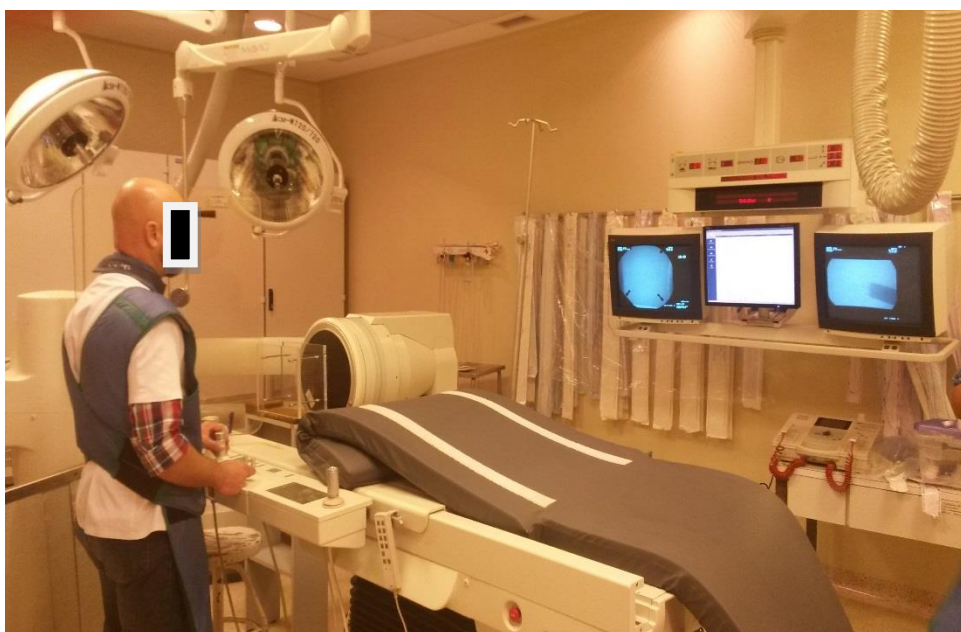


Figura 1- Angiógrafo utilizado para la adquisición de videofluoroscopia de la articulación de la rodilla. Notar el fantoma de acrílico transparente colocado a 8 cm del intensificador de imágenes.

La fluoroscopia de la AR es parte de CINARTRO, compatible con diversos sistemas de adquisición como el que usamos (Angiógrafo Siemens Angiostar Plus, entre otros). La corrección de distorsión ("pin cushion effect") fue realizada calibrando con un fantoma (**Fig. 1**). Las acciones de CINARTRO son:

1. digitaliza imágenes de videofluoroscopia
2. determina los puntos del fantoma
3. determina los puntos anatómicos (platillo tibial y perfil condileo)
4. calcula PCTF y lo expresa en porcentaje de migración con respecto al platillo tibial.



Figura 2- Paciente con pierna extendida. Notar las protecciones de plomo que viste el paciente y la imagen fluroscópica en el monitor del angiógrafo.

Se le solicita al paciente que realice la extensión desde 90° hasta la extensión total y retorne a los 90° (**Fig. 2**). El paciente recibe entre 550 y 800 μGy y la dosis efectiva en la AR es de $630 \mu\text{Sv} \pm 60$. Se obtienen imágenes de rX con 56KV y 0.9 mA.

Las imágenes son un "perfil estricto" de rodilla y son almacenadas en formato DICOM y AVI a 15 cuadros por segundo. En cada imagen, CINARTRO permite marcar tres puntos sobre el cóndilo femoral medial y dos puntos sobre el platillo medial (**Fig. 3**). Procesando, CINARTRO determina la menor distancia entre superficies: el punto medio es el PCTF.

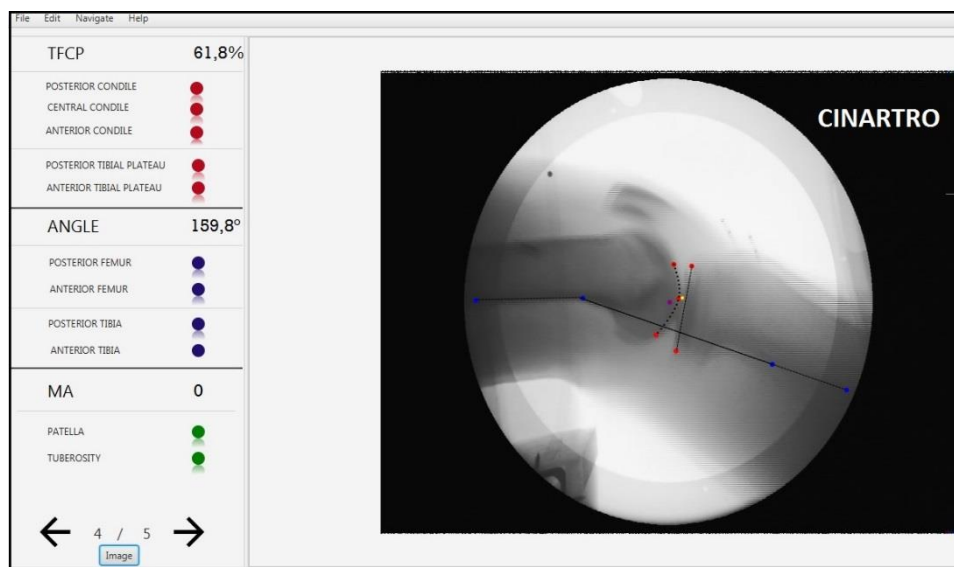


Figura 3 – Pantalla de CINARTRO con articulación de la rodilla. Notar tres puntos sobre el cóndilo femoral, dos puntos en las extremidades del platillo tibial. El punto de contacto tibio femoral es determinado automáticamente, así como el ángulo de flexión correspondiente a la imagen.

Resultados

Obtuvimos una secuencia de pasos a seguir para obtener estudios videofluoroscópicos normalizados de la AR. La Tabla 1 presenta el método que hemos puesto a punto, a modo de una “check list” a ser aplicada a los pacientes de las casuísticas de los protocolos de validación y de uso clínico del instrumento CINARTRO.

Tabla 1. Secuencia de pasos utilizada por CINARTRO

1° - El paciente se ubica en un banco de forma tal que la AR pueda ser analizada en perfil estricto por el videofluoroscópio en el plano sagital.
2° - Se ajustan los parámetros de radiación y del campo del videofluoroscópio para que la AR sea captada por la fuente receptora
3° - Se solicita al paciente que haga un movimiento de flexo-extensión con una excursión de 90°
4° - Movimiento con velocidad regular de 45° por segundo, controlada por una pauta hablada pregrabada (“uno, dos, tres,... uno, dos, tres”)
5° - Manteniendo los parámetros de radiación, se coloca el fantoma exactamente en el lugar ocupado por la AR del paciente que realizó el movimiento y se obtiene una imagen de calibración.
6° - Los archivos de videofluoroscopia en formato DICOM y AVI resulta de 3 G Bytes con 30 imágenes cada uno.

Conclusiones

Este método responde a la necesidad de cuantificar el estado de la AR en movimiento, innovando respecto a los métodos estáticos de uso clínico actual. Con CINARTRO se logra satisfacer esta necesidad, generando un documento para la historia clínica electrónica. La secuencia aquí descrita por primera vez permite obtener imágenes videofluoroscópicas con angiógrafo, arco en C u otros dispositivos. De fácil ejecución, mínima molestia para el paciente y probada utilidad para el clínico, CINARTRO constituye un aporte a la calidad de los cuidados y una objetivación de la rehabilitación de la AR (Santos, Massa, & Simini, 2015).

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de: Centro Cardiovascular y en particular de su director Prof. Dr. Diego Freire. los Profesores de la Facultad de Medicina: Dr. Luis Dibarboure, Director del Departamento de Imagenología; Dr. Luis Francescoli, Director de la clínica de Ortopedia y Traumatología; Dra. Teresa Camarot, Directora del Departamento de Rehabilitación. El Lic. en Imagenología Marcelo Blanco por los ajustes y ejecución de las tomas videofluoroscópicas. Las fases iniciales del desarrollo de esta tecnología contaron con el aporte del Prof. Ing. Jefferson Loss de la *Universidad Federal de Rio Grande Do Sul* (UFRGS), de los estudiantes Florencia Arbó, Braian Elliot y Mauricio Bouza del NIB.

Referencias

- Baltzopoulos, V. (1995). A videofluoroscopy method for optical distortion correction and measurement of knee-joint kinematics. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 10(2), 85–92.
- Santos, D., Massa, F., & Simini, F. (2015). Evaluation of anterior cruciate ligament reconstructed patients should include both self-evaluation and anteroposterior joint movement estimation? *Physical Therapy and Rehabilitation*, 2(1), 3. <http://doi.org/10.7243/2055-2386-2-3>
- Simini, F., Santos, D., & Francescoli, L. (2016). Videofluoroscopy instrument to identify the tibiofemoral contact point migration for anterior cruciate ligament reconstruction follow-up: CINARTRO. *Journal of Physics: Conference Series*, 705 (2016). <http://doi.org/10.1088/1742-6596/705/1/012056>