

# Método alternativo para medición del eje mecánico de rodillas

Bertha Alicia Olmedo-Buenrostro,\* Vicente Díaz-Giner,† Carlos Jiménez-Herrera,‡  
Rafael Valadez-Meneses,§ Benjamín Trujillo-Hernández,|| Miguel Huerta,¶ Xóchitl Trujillo,¶  
Ana Bertha Mora-Brambila,\* Carlos Enrique Tene-Pérez,¶ Clemente Vásquez¶

\* Facultad de Enfermería, Universidad de Colima.

† Unidad de Especialidades Médicas de Colima. ‡ Clínica Hospital Dr. Miguel Trejo Ochoa ISSSTE, Colima.

§ SICEUC, Universidad de Colima.

|| Unidad de Investigación en Epidemiología Clínica, HGZ #1-IMSS, Colima.

¶ Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas, Facultad de Medicina, Universidad de Colima.

*Alternative method for  
measuring the mechanical axis of the knee*

## ABSTRACT

**Objective.** To identify the existence of significant differences in the degrees of mal-alignment of the mechanical axis of the knee between a traditional measuring method and an alternative method. **Materials and methods.** One hundred mechanical axes of the knee were determined in patients of both sexes. The degree of axis mal-alignment was obtained first using the traditional measuring method and subsequently using the alternative method. The results obtained from the two methods were then compared. The measurement variable control was standardised by positioning the patients in the same place during radiography when beginning mechanical axis determination. A wooden ruler on which each centimetre was indicated by a metal strip and numbered at every 10-centimeter interval was used to evaluate the degree of pelvic mal-alignment. The ruler was then used as a mechanical axis correction reference in accordance with the characteristics of each patient. **Results.** The following results were obtained from 100 mechanical axes evaluated by the traditional method and by the alternative method, respectively: varus deformity of the right pelvic segment was  $21^\circ \pm 16^\circ$  vs.  $7^\circ \pm 6^\circ$ ; varus deformity of the left pelvic segment was  $22^\circ \pm 17^\circ$  vs.  $8^\circ \pm 5^\circ$ ; valgus deformity of the right pelvic segment was  $21^\circ \pm 15^\circ$  vs.  $8^\circ \pm 6^\circ$ ; and valgus deformity of the left pelvic segment

## RESUMEN

**Objetivo.** Identificar si existen diferencias significativas en los grados de desalineamiento del eje mecánico de rodillas comparando dos métodos de medición, uno tradicional y un método alternativo. **Material y métodos.** Se tomaron 100 ejes mecánicos de rodillas en pacientes de ambos sexos, los cuales fueron sometidos a la evaluación tradicional para medir los grados de desviación de los mismos y posteriormente fueron sometidos a la evaluación con el método de corrección que proponemos para medir dichos grados de desviación y se compararon los resultados obtenidos. Se estandarizó el método para control de la variable de medición colocando a los pacientes para la toma de los ejes en un mismo punto durante la toma radiográfica. Para evaluar el grado de desviación en el alineamiento de los miembros pélvicos, utilizamos una regla de madera con marcas metálicas a cada centímetro y numerada cada 10 cm, que fue usada como referencia para la corrección del eje mecánico de acuerdo con las características de cada paciente. **Resultados.** De 100 ejes mecánicos evaluados por el método tradicional y por el método alternativo, respectivamente, los resultados obtenidos fueron los siguientes: la deformidad de varo para el miembro pélvico derecho fue de  $21^\circ \pm 16^\circ$  vs.  $7^\circ \pm 6^\circ$ ; para el miembro pélvico izquierdo fue de  $22^\circ \pm 17^\circ$  vs.  $8^\circ \pm 5^\circ$ ; la deformidad en valgo para el miembro pélvico derecho fue de  $21^\circ \pm 15^\circ$  vs.  $8^\circ \pm 6^\circ$ ; y finalmente, para el miembro pélvico izquierdo fue de  $16^\circ \pm 11^\circ$  vs.  $6^\circ \pm 5^\circ$ . **Conclusiones.** Nuestros resultados sugieren que el método propuesto

Fuente de apoyo financiero: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México) y Fondo Ramón Álvarez Buyla de Aldana de la Universidad de Colima. Quienes no tuvieron influencia en el diseño del estudio, en la recolección, análisis o interpretación de los datos ni en la preparación, revisión o aprobación del manuscrito.

was  $16 \pm 11$  vs.  $6 \pm 5^\circ$ . **Conclusions.** Our results suggest that the proposed method provides more accurate mechanical axis measurement and that the correction is exponential: the greater the angle measured traditionally, the greater the correction with our proposed method.

**Key words.** Mechanical axis. Knee. Pelvic segments, Genu varus, Genu valgus.

permite obtener una mejor medición del eje mecánico y la corrección tiene un comportamiento exponencial, es decir, mientras mayor sea el ángulo de medición con el método tradicional mayor es la corrección con nuestra propuesta.

**Palabras clave.** Eje mecánico, Rodillas, Miembros pélvicos, Genu varo. Genu valgo.

INTRODUCCIÓN

Las deformidades posturales son uno de los problemas más frecuentemente vistos por los médicos familiares. Las rodillas son una de las articulaciones que frecuentemente presentan deformidades como valgus o varus y la determinación del eje mecánico de la rodilla es considerada la prueba de oro para establecer no sólo el diagnóstico, sino el tipo de tratamiento específico.<sup>1</sup> Se llama eje anatómico a la línea que pasa por el centro de la diáfisis del fémur y de la tibia.<sup>2</sup> Mientras que el eje mecánico del miembro inferior se define por la intersección de dos líneas, la primera que va del centro de la cabeza femoral al centro de las espinas tibiales y la segunda que va del centro del tobillo al centro de las espinas tibiales;<sup>2-4</sup> estas líneas producen un ángulo abierto hacia afuera que en condiciones normales no debe sobrepasar los 7°.<sup>2</sup>

En la actualidad existen muchos métodos para determinar el grado de alineación del miembro inferior, como: evaluación clínica, radiográfica (eje mecánico), digital o utilización de software.<sup>4-7</sup> Dentro de la evaluación radiográfica se han descrito varios métodos para determinar el eje mecánico de la rodilla (Cuadro 1). Sin embargo, estos métodos presentan los siguientes inconvenientes: utilizan un chasis muy grande, el paciente es expuesto a una gran radiación, zonas de heterogeneidad en la penetración de rayos X y altos costos (métodos de Hickey, Milwee y Moreland). Un método que inicialmente fue utilizado para radiometría de miembros pélvicos fue la ortorradiografía propuesta por Green

y modificada por Taillard. Este método consiste en tomar placas solamente en las articulaciones omitiendo la diáfisis y utilizado un principio físico que dice “si a dos longitudes iguales o desiguales se les resta una longitud conocida, la igualdad o diferencia entre ellas no se altera y se conserva la misma proporción”. De esta manera, para poder calcular la longitud del hueso estudiado, por ejemplo, para determinar el diámetro del fémur, bastaría una placa de cadera y rodilla.<sup>1</sup> En nuestro país en los años 70s la mayoría de los hospitales no tenían la posibilidad (y en la actualidad muchos no la tienen) de contar con placas radiográficas de gran tamaño y poder medir el diámetro del miembro en una sola toma radiográfica. Por otra parte, la cirugía de rodilla fue incrementándose y los traumatólogos necesitaban un método que les ayudara a la buena alineación en caso de cirugía de rodilla. Ante esta necesidad en el año de 1974 los médicos radiólogos del Departamento de Radiología del Hospital de Ortopedia en Tlaxiaco del Instituto Mexicano del Seguro Social, encabezados por el Dr. Herrera propusieron un método para determinar el eje mecánico de la rodilla utilizando como base el método de Green y Moreland.<sup>8 9</sup>

El método de Herrera en una radiografía de tres focos (caderas, rodillas y tobillos) y el eje mecánico se determina como se describió previamente. Debido a su facilidad y bajo costo, el método de Herrera desde hace 30 años ha sido el método más frecuentemente utilizado por los radiólogos mexicanos y podemos considerar a este método como la prueba de oro en hospitales mexicanos que no cuenten con la

Cuadro 1. Métodos disponibles para medir el eje mecánico de rodillas.

Método	Características
Telerradiografía de Hickey	Placa de 28x34 pulgadas, radiación mayor, aumento de costo y tiempo de estudio
Escanografía	Placas de 28x34 pulgadas, presenta los mismos errores y dificultades del método de Hickey
Ortorradiografía	Placa de 14x17 pulgadas y era utilizado solamente para radiometría de miembros pélvicos
Método de Herrera	Placa de 14x17 pulgadas, más económico, fácil en la toma, su trazado y lectura

placas de gran tamaño. Sin embargo, un inconveniente del método de Herrera *et al.* es que acorta la distancia entre las rodillas y caderas, aumentando en forma muy importante el ángulo de medición y produciendo una magnificación en el grado de desalineamiento del mismo.<sup>1</sup> Un eje mecánico erróneo puede conducir a un error al cirujano en la realización de sus planes de osteotomía (valguizante o varizante) o colocación de una prótesis de rodilla. Por lo anteriormente expuesto, realizamos el presente trabajo con el siguiente objetivo: comparar los grados del eje mecánico de las rodillas entre dos métodos (habitual *vs.* método alternativo).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo y comparativo. Se estudiaron 100 pacientes (62 mujeres y 38 hombres) quienes acudieron al Servicio de Traumatología del ISSSTE, delegación Colima, por los siguientes padecimientos: gonalgia (n = 45), osteoartropatías y meniscopatías en rodillas (n = 39), gonartrosis (n = 4) y otros (n = 12). El 80% fueron pacientes de primera vez, 22% (15 hombres y siete mujeres) tuvieron antecedentes traumáticos en sus miembros pélvicos y 32% (11 mujeres y 21 hombres) tuvieron el antecedente de cirugía previa de alguna de las rodillas. Posteriormente a todos los pacientes se les evaluó clínica y radiológicamente con el propósito de establecer y/o corroborar su diagnóstico, así como identificar asociación radiográfica de desviaciones en el eje mecánico de los miembros pélvicos izquierdo y derecho con dos diferentes métodos radiográficos (el tradicional y el método alternativo de medición que proponemos). A cada paciente se le informó el objetivo del presente trabajo solicitando consentimiento informado de su participación, para lo cual se otorgó confidencialidad en el manejo de los datos y personas. Los ejes mecánicos fueron determinados por un mismo técnico radiólogo quien tuvo cuidado de seguir los criterios de estandarización durante la toma de la placa radiográfica del eje mecánico de cada paciente. Los ejes mecánicos fueron determinados en placas radiográficas de 14x17 pulgadas, divididas en tres campos iguales. En la mayoría de los pacientes, las placas fueron tomadas en el sentido longitudinal; sin embargo, éstas se realizaron en sentido transversal cuando el paciente presentaba una muy acentuada desviación en valgo o varo. La exposición radiográfica se realizó en tres tomas:

1. La primera exposición se determinó en el campo inferior de la placa con el rayo central en la arti-

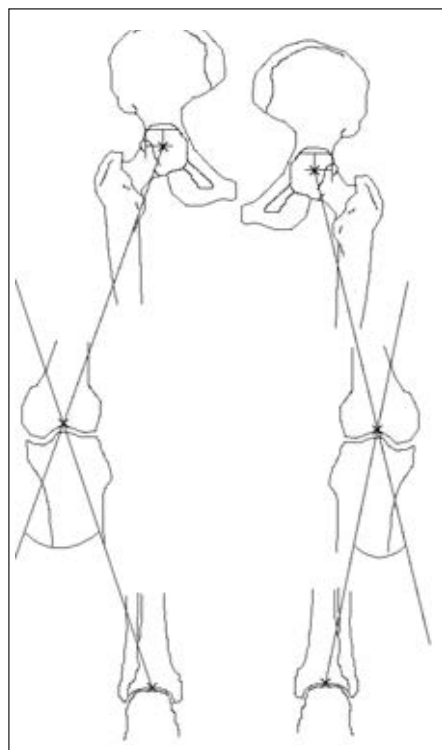


Figura 1. Método tradicional de medición del eje mecánico de la rodilla.

culación tibio-astragalina, colimando el campo inferior.

2. La segunda exposición se determinó con el rayo central en la articulación femoro-tibial colimando con el campo medio.
3. La tercera toma se determinó en el campo superior con foco central en la articulación coxofemoral (Figura 1).

Para disminuir la magnificación del ángulo del eje mecánico de la rodilla realizamos una variante en la técnica radiográfica. Esta variante consistió en colocar en la parte media de la mesa de rayos X una regla de madera de un metro de largo con marcas metálicas cada centímetro y numeración cada 10 cm. De tal forma que todas las placas radiográficas tuvieron en la impresión radiográfica la numeración de la regla utilizada, la cual apareció en el centro (entre las mediciones de los miembros pélvicos derecho e izquierdo) (Figura 2). Las placas radiográficas fueron evaluadas con ambos métodos de medición por un mismo radiólogo. Los procedimientos realizados respetaron normas éticas concordantes con la Declaración de Helsinki (actualizada en 2004). El protocolo fue aprobado por el Comité de Bioética del Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas de la Facultad de Medicina de la Universidad de Colima.

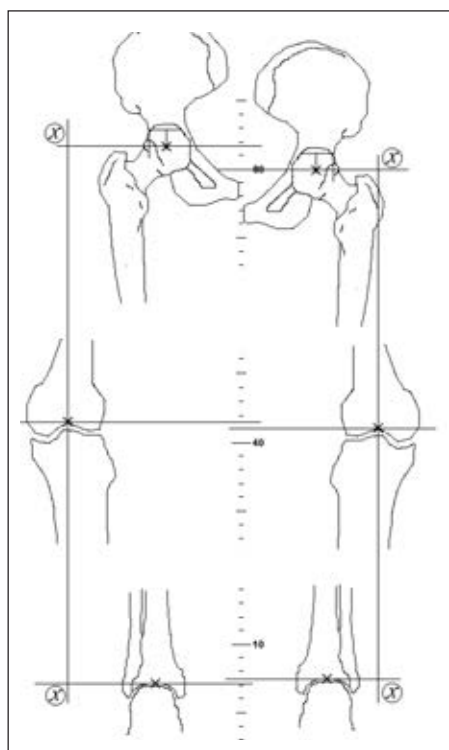


Figura. 2.  
Método alternativo de medición del eje mecánico de la rodilla.

### Medición del eje mecánico con el método tradicional

Una vez revelada la placa radiográfica, se determinaron los centros de las articulaciones coxofemoral, rodilla y tobillo (realizándolo de igual forma para ambos métodos). Después se trazaron dos líneas, la primera abarcó del centro de la cabeza femoral al centro de la rodilla y la segunda del centro del tobillo al centro de la rodilla, esta última línea se prolonga unos 10 cm por encima del cruce y se mide el ángulo resultante (Figura 1).

### Medición del eje mecánico con el método alternativo propuesto (Díaz-Giner, Jiménez, Valadez, Olmedo).

Una vez revelada la placa se determinaron los centros de las articulaciones de caderas, rodillas y tobillos. Para obtener el centro de la cabeza femoral, se utilizó el método de triangulación de Mose, que consistió en lo siguiente:

- Se ubicaron tres puntos arbitrarios de la circunferencia de la cabeza femoral.
- Estos puntos se unen con dos líneas que a su vez forma un ángulo.

- Se localiza el centro de cada una de las líneas.
- Se trazan otras dos líneas que corren perpendicularmente a las dos primeras.
- La intersección de dichas líneas perpendiculares se considera como centro geométrico (Figuras 1 y 2).

El centro de la rodilla se obtuvo utilizando uno de los cinco puntos de acuerdo con la propuesta de Moreland *et al.* (1987). Es decir, éste correspondió al fondo del surco intercondíleo. Finalmente, el centro del tobillo se obtiene por uno de los puntos descritos por Moreland *et al.*, en la anchura de ambos huesos del tobillo.

Posteriormente se realiza la determinación del eje mecánico en el siguiente orden:

1. Se localizan los centros de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo.
2. Se trazan tres líneas horizontales que pasen por el centro de las tres articulaciones mencionadas.
3. Nuevamente se localiza el centro de la articulación de la rodilla y se traza una línea vertical con una parte superior que termina con el cruce de la línea horizontal superior y una parte inferior que termina en el cruce de la línea horizontal inferior. Es necesario aclarar que esta línea vertical no necesariamente cruza los centros de las articulaciones, de tal forma que en caso de varo el cruce de la línea vertical con la línea horizontal superior se localizaría hacia la parte interna del centro de la articulación de la cadera, caso contrario sucedería en caso de valgo y solamente coincidiría en caso de miembro alineado (Figura 2).
4. Los puntos de cruce de la línea vertical con las horizontales los llamaremos puntos "X", éstos se marcan en la placa radiográfica, de tal forma que vamos a tener dos puntos "X" que no necesariamente van a coincidir con el centro de la articulación (Figura 3).
5. Posteriormente se hacen las siguientes mediciones que para efecto explicativo llamaremos "aparentes" (mediciones A) y "reales" (mediciones B). Las mediciones aparentes se determinan directamente sobre la placa radiográfica. Mientras que las mediciones reales toman como punto de referencia las marcas metálicas de la regla que aparecen en la placa radiográfica, de tal forma que las mediciones aparentes siempre van a ser más pequeñas que las reales porque están supeditadas al tamaño de la placa radiográfica, la cual siempre tiene un límite de tamaño. Mientras que las mediciones reales en forma indirecta nos indican el tamaño real del miembro, ya que toma como



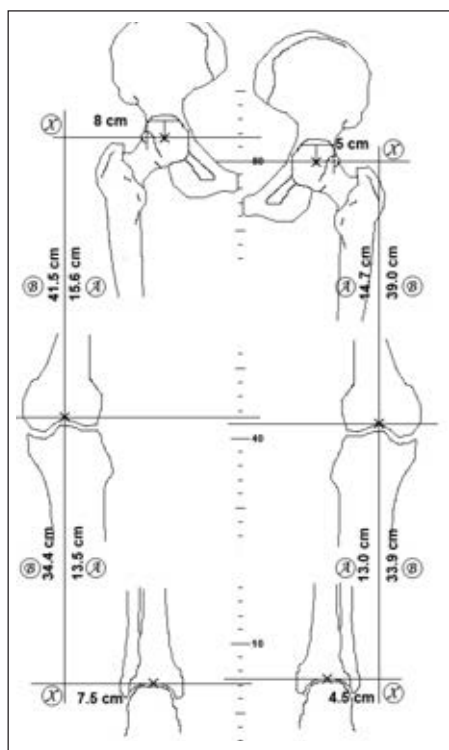


Figura. 3.  
Método alternativo de medición del eje mecánico de la rodilla, mediciones A y B.

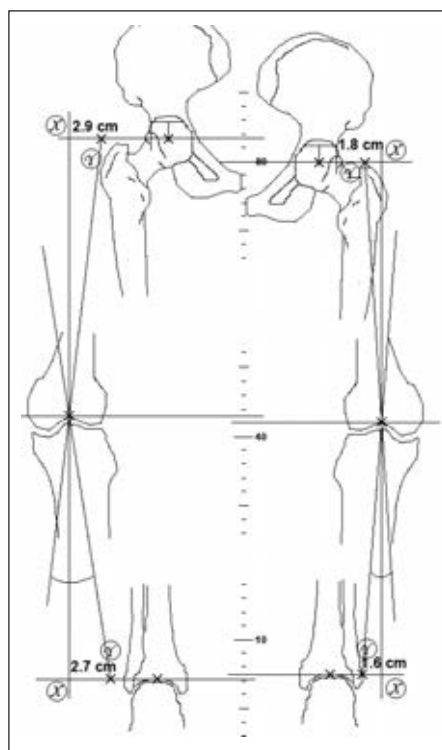


Figura 4.  
Método alternativo de medición del eje mecánico de la rodilla, puntos X y Y y medición del ángulo.

punto de referencia las marcas metálicas de la regla que como habíamos mencionado, su punto cero se encuentra a nivel de los talones. Por lo anterior vamos a tener dos valores (uno aparente y otro real) o parámetros del centro de la rodilla a las marcas "X" superior e inferior (Figura 3).

6. Como se observa, tenemos dos mediciones, la aparente (A) y la real (B). Falta por determinar el centro real de la articulación. Para esto es necesario utilizar una fórmula matemática sencilla llamada "regla de tres" que dice A: B como X: Y. En este caso para saber el valor de Y se debe utilizar la siguiente fórmula

$$Y = (A/B) \cdot X$$

Utilizaremos un caso hipotético que nos servirá para determinar el punto Y en la cadera; primero determinamos las mediciones "A" y "B", que es la distancia entre el centro de la articulación de la rodilla al punto "X" superior; en el ejemplo "A" es igual a 14.7 cm y "B" es igual a 39 cm, posteriormente medimos la distancia del punto "X" con el centro de la cadera; en el ejemplo es igual a 5 cm, y utilizando la fórmula siguiente:

$$(Y = (A/B) \cdot X)$$

$$Y = (14.7/39) (5) = (0.37) \times (5) = 1.8 \text{ cm.}$$

En el caso de la articulación del tobillo también se hace el mismo procedimiento.

7. Una vez determinado los valores de "Y", debemos marcar dichos puntos en la placa radiográfica, para tal fin tomamos como referencia el punto "X" y a partir de este punto se hace la medición hacia el centro de la articulación mencionada. Utilizando el ejemplo anterior el punto "Y" estaría a 1.7 cm a partir del punto "X" (Figura 4).
8. Una vez que se tienen marcados los puntos "Y" superior e inferior (cadera y tobillo), se traza una línea que va del centro de la articulación de la rodilla a los puntos "Y" superior e inferior. Finalmente se realiza la determinación del ángulo del eje mecánico en la forma habitual (Figura 4).

Ya sea con el método tradicional o el propuesto, se consideró valgo y varo cuando los ángulos fueron  $\geq 4^\circ$ .

### Análisis estadístico

Se determinaron medias, desviación estándar y proporciones. Para la comparación de los ángulos entre los dos métodos utilizamos las pruebas t de Student o U de Mann-Whitney para varianzas iguales o diferentes, respectivamente.

Los datos se procesaron con el programa estadístico SPSS versión 10.0 y fueron considerados los resultados significativos cuando  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS

Se estudiaron 100 pacientes (62 mujeres y 38 hombres), con un promedio de edad  $61 \pm 13.6$  años y con las siguientes frecuencias de intervalo de edad; de 20-29 años (un hombre y una mujer); de 30-39 años (tres mujeres y dos hombres); de 40-49 años (10 mujeres y tres hombres); de 50-59 años (15 mujeres y nueve hombres); de 60-69 años (16 mujeres y 12 hombres); de 70-79 años (14 mujeres y ocho hombres) y de 80-89 años (tres mujeres y tres hombres). El promedio del índice de masa corporal fue de  $30 \pm 4.6$  kg/m<sup>2</sup> (peso normal = 6%; sobrepeso = 41%; obesidad grado 1 = 38%; obesidad grado 2 = 11% y obesidad grado 3 = 4%).

Al realizar la medición del eje mecánico con el método tradicional, encontramos en el miembro pélvico derecho 59 casos con varo, 36 con valgo y cinco alineados; y en el miembro pélvico izquierdo encontramos 56 pacientes en varo, 40 en valgo y cuatro alineados. Mientras con el método alternativo se encontraron los siguientes valores del miembro pélvico

derecho: 47 con varo, 28 con valgo y 25 alineados, y por lo que respecta al miembro pélvico izquierdo se encontraron los siguientes resultados: 46 con varo, 25 valgo y 29 alineados. Como se observa en el cuadro 2, con el método alternativo de medición del eje mecánico, se detectan más miembros alineados o normales que con el método tradicional.

Con respecto a la variabilidad intraobservador (valor de Kappa) en las mediciones de ambos miembros pélvicos fue de 1.0 y la variabilidad interobservador fue de 0.93. Mientras que el intervalo de tiempo para realizar la prueba propuesta es de 10 a 30 min, con y sin experiencia del ejecutor, respectivamente.

Por último, cuando se compararon los promedios de los ángulos del eje mecánico entre los dos métodos de medición, se encontró que los promedios fueron menores con el método alternativo (Cuadro 3).

## DISCUSIÓN

El concepto de eje mecánico fue utilizado por vez primera por Pauwels y su utilización como método para determinar el grado de desviación es relativamente reciente.<sup>10</sup> El eje mecánico de la rodilla se realiza por una línea que va del centro de la cabeza femoral al centro del tobillo y pasando por el centro de la rodilla.

Por otra parte, uno de los problemas más frecuentemente visto por el ortopedista es la desviación del eje mecánico de la rodilla, ya sea en niños o adultos. Para la corrección de las deformidades de la rodilla es necesario determinar el eje mecánico y de acuerdo con el grado de la desviación proponer el método correctivo. Existen diferentes formas de medir el eje mecánico de la rodilla, ya sea por medios clínicos o de gabinete.

Actualmente en nuestro medio el método más utilizado para la medición del eje mecánico queda supeditado al tamaño de la placa radiográfica, la cual tiene diámetros establecidos y no modificables. Normalmente para la determinación del eje mecánico se realiza una división de la placa radiográfica en tres campos, pero el inconveniente de este método es que acorta la distancia real entre las tres articulaciones involucradas (cadera, rodilla y tobillo). Por lo tanto, al acortar la distancia entre las tres articulaciones aumenta el ángulo de desviación existente. Para evitar este error de amplificación, propusimos utilizar un método de corrección, cuyo objetivo fue determinar las mediciones de acuerdo con la dimensión real de cada paciente y a través de correcciones matemáticas. Nuestros resultados demostraron que existieron di-

Cuadro 2. Comparación de porcentajes de deformidad y normalidad entre los métodos de medición del eje mecánico de rodilla.

Miembros pélvicos	Método tradicional %	Método de corrección propuesto %	P
Varo MPD	59	47	0.08
Valgo MPD	36	28	0.2
MPD alineados	5	25	< 0.001
Varo MPI	56	46	0.1
Valgo MPI	40	25	0.02
MPI alineados	4	29	< 0.001

Cuadro 3. Comparación de promedios y desviaciones estándar de los grados de los ángulos de medición del eje mecánico encontrado en los dos métodos de medición.

Tipo de desalineamiento de los miembros pélvicos	Método tradicional	Método de corrección propuesto	P
Varo derecho	$21 \pm 16^\circ$ (n = 59)	$7 \pm 6^\circ$ (n = 47)	< 0.001
Valgo derecho	$21 \pm 15^\circ$ (n = 36)	$8 \pm 6^\circ$ (n = 28)	0.03
Varo izquierdo	$22 \pm 17^\circ$ (n = 56)	$8 \pm 5^\circ$ (n = 46)	< 0.001
Valgo izquierdo	$16 \pm 11^\circ$ (n = 40)	$6 \pm 5^\circ$ (n = 25)	0.02

ferencias significativas entre los ángulos de medición obtenidos con el método tradicional *versus* el método alternativo y además se puede obtener una corrección exponencial. Es decir, con el método tradicional se obtiene un ángulo mayor de desviación del eje mecánico, ya que magnifica las cifras y esto puede llegar a errores en los manejos médicos del especialista. De acuerdo con nuestros resultados, las mediciones podrían influir en la decisión del cirujano para intervenir a cada uno de los pacientes con una mayor probabilidad de éxito. Una medición incorrecta conlleva a una decisión incorrecta con una mala evolución posquirúrgica y riesgo a la osteoartritis. Lo anterior es particularmente importante en los deportistas, ya que un eje mecánico determinado incorrectamente puede provocar lesiones del ligamento cruzado anterior. El método propuesto podría ser una alternativa para determinar el eje mecánico, sin la necesidad de realizar una toma radiográfica de todo el miembro inferior o cuando se carece de tecnología o material adecuado. De tal forma que esta propuesta podría ser utilizada en medios hospitalarios semejantes al nuestro en donde no se cuenta con placas radiográficas de gran tamaño y contribuir a solucionar uno de los problemas más frecuentemente visto por el ortopedista.

Por otra parte, independientemente del método utilizado para determinar el eje mecánico, es necesario realizar más estudios para determinar el grado de normalidad del eje mecánico de la rodilla por población y posiblemente por raza. Ejemplo de lo anterior se encuentra reflejado en el trabajo realizado por Tang *et al.*, quienes encontraron que en adultos chinos existía una mayor inclinación de la rodilla que en la población de Estados Unidos.<sup>8 11 12</sup> Es por esto que es necesario realizar más estudios para caracterizar los parámetros normales del eje mecánico en diferentes poblaciones, ya que en la actualidad la información es escasa<sup>12</sup> y en nuestro país no existen reportes que hayan evaluado la normalidad del eje mecánico en la población, por lo que es necesario realizar estudios multicéntricos.

Por último, es importante mencionar que el método propuesto de medición del eje mecánico tiene una baja variabilidad intra e interobservador y aunque aparentemente el cálculo es laborioso, el tiempo va de 10 minutos (con experiencia) a 30 minutos (cuando no se tiene experiencia). No obstante, estamos ciertos de que este método puede perfeccionarse y nuestro reto en un futuro mediano es simplificar la medición para facilitar su utilización y mejorar el quehacer médico.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Fondo Ramón Álvarez Buyl de Aldana Universidad de Colima. A los miembros de la Sociedad de Ortopedia y Traumatología de Colima, A.C.

## REFERENCIAS

1. Muñoz-Gutiérrez J. Relaciones axiales de las extremidades pélvicas. En: Muñoz-Gutiérrez J (ed.). Atlas de Mediciones Radiográficas en Ortopedia y Traumatología. Distrito Federal, México: McGraw Hill Interamericana; 1999, p. 325-32.
2. Viladot A. Biomecánica de la extremidad. Ortesis y prótesis del aparato locomotor inferior. En: Viladot R, Cohl O, Clavell S (eds.). Barcelona, España: Masson; 1987, p. 25-7.
3. McCormack D. Mechanical axis deviation: definitions, definitions, measurements and consequences. Irish Journal of orthopaedics and trauma surgery 1999; 2: 1-9. Disponible en: [www.iol.ie/~rcsiorth/journal/volume2/issue5/mech.htm](http://www.iol.ie/~rcsiorth/journal/volume2/issue5/mech.htm) [Consultado el 18 de noviembre de 2007].
4. Kraus VB, Vail TP, Worrell T, McDaniel G. A comparative assessment of alignment angle of the knee by radiographic and physical methods. *Arthritis Reum* 2005; 52: 1730-5.
5. Hinman RS, May RL, Crossley KM. Is there an alternative to the full-leg radiograph for determining knee joint alignment in osteoarthritis? *Arthritis Reum* 2006; 55: 306-13.
6. Sailer J, Scharitzer M, Peloschek P, Giurea A, Imhof H, Grampp S. Quantification of axial alignment of the lower extremity on conventional and digital total leg radiographs. *Eur Radiol* 2005; 15: 170-3.
7. Goker B, Block JA. Improved precision in quantifying knee alignment angle. *Clin Orthop Relat Res* 2007. Disponible en: [b.lib.bioinfo.pl/pmid:17259895](http://b.lib.bioinfo.pl/pmid:17259895) [Consultado el 25 de enero de 2007].
8. Moreland JR, Bassett LW, Hanker GJ. Radiographic analysis of the axial alignment of the lower extremity. *J Bone Joint Surg Am* 1987; 69: 745-9.
9. Herrera DH, Bernal FG, Sánchez GL. Eje mecánico radiográfico: su utilidad en las correcciones axiales de la rodilla en el plano frontal de causa tibial. *An Ortop y Traumat* 1977; 13: 223.
10. Pauwels F. Biomechanics of the normal locomotor apparatus. New York, Springer Verlag; 1980.
11. Tang WM, Zhu YH, Chiu KY. Axial alignment of the lower extremity in Chinese adults. *J Bone Joint Surg Am* 2000; 82: 1603-8.
12. Hsu RWW, Himeno S, Coventry MB, Chao EYS. Normal axial alignment of the lower extremity and load bearing distribution at the knee. *Clin Orthop Rel Res* 1990; 255: 215-17.

Reimpresos:

**Dr. Benjamín Trujillo-Hernández**  
Calle Gorrión No. 14,  
Col. Lomas Verdes,  
28017, Colima, Col.,  
Tel.: +52 (312) 31-32-34521,  
Fax: +52 (312) 31-41919  
Correo electrónico: [trujillobenjamin@hotmail.com](mailto:trujillobenjamin@hotmail.com)

Recibido el 20 de junio de 2008.  
Aceptado el 18 de diciembre de 2008.