

Evaluación de la alineación en rodillas mediante un software

Bertha Alicia Olmedo-Buenrostro,* Carlos Jiménez-Herrera,† Rafael Valadez-Meneses,*
Vicente R. Díaz-Giner,‡ Benjamín Trujillo-Hernández,§ Xóchitl Trujillo,* Miguel Huerta,*
Iván Delgado-Enciso,* Ana Bertha Mora-Brambila,* Clemente Vásquez*

* Universidad de Colima, Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas de Colima.

†Unidad de Especialidades Médicas de Colima, ‡Clínica Hospital Dr. Miguel Trejo Ochoa, §ISSSTE de Colima, §Unidad de Investigación en Epidemiología, HGZ Núm.1, IMSS de Colima.

Evaluation of alignment on knees through a software

RESUMEN

ABSTRACT

Introduction. Diseases of the musculoskeletal system are often accompanied by postural deformity or malalignment. Genu varo or genu valgo can be found in the knees. It is necessary to have a diagnostic support test for diagnosis as well as for follow-up of cases since these diseases are frequently progressive and over time have serious repercussions on patient quality of life. **Objective.** To evaluate a software program that processes digitalized photographs as a diagnostic test for measuring the mechanical axis in patients with genu varo and genu valgo. **Materials and methods.** The mechanical axis in both knees was measured by means of radiography (golden standard) and by means of a software program (proposed diagnostic test) in one hundred patients. Mechanical axis was considered to be abnormal when the angle was equal to or greater than four degrees. Sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value were determined. Interobserver variation was evaluated with kappa statistics. **Results.** In relation to right knee genu varo, sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value were 0.84, 0.87, 0.84, and 0.87, respectively, and for the left knee values were 0.86, 0.87, 0.84, and 0.89, respectively. For genu valgo in the right knee, sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value were 0.78, 0.98, 0.95, and 0.92, respectively, and in the left knee were 0.88, 0.95, 0.88, and 0.95, respectively. Kappa value was 0.9 in the right knee and 0.8 in the left knee. **Conclusion.** The software program (diagnostic test) was useful for diagnosing genu varo or genu valgo, representing a safe and low-cost study.

Key words. Diagnostic test. Software. Genu valgo. Genu varo. Sensitivity.

Introducción. Existen padecimientos del sistema músculo-esquelético frecuentemente acompañados de deformidades posturales o desalineamiento del mismo; en las rodillas se desarrolla genu varo o genu valgo. Es necesario contar con una prueba diagnóstica de apoyo tanto para diagnóstico como para seguimiento de los casos, ya que habitualmente los padecimientos son progresivos y con el tiempo repercuten en las personas que las padecen, mermando la calidad de vida. **Objetivos.** Evaluar un software que procesa fotografías digitalizadas como prueba diagnóstica para medir el eje mecánico en pacientes con genu varo y valgo. **Material y métodos.** A 100 pacientes se les midió el eje mecánico de ambas rodillas con radiografías (prueba de oro) y con el software (prueba diagnóstica propuesta). Se llamó anomalía del eje mecánico cuando el ángulo fue $\geq 4^\circ$. Se determinó sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivos y negativos. La variación interobservador fue evaluada con kappa. **Resultados.** Para genu varo en rodilla derecha la sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivo y negativo fueron 0.84, 0.87, 0.84 y 0.87, respectivamente; en rodilla izquierda los valores fueron 0.86, 0.87, 0.84 y 0.89, respectivamente. Para genu valgo en rodilla derecha la sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivo y negativo fueron 0.78, 0.98, 0.95, 0.92, respectivamente y en rodilla izquierda 0.88, 0.95, 0.88 y 0.95, respectivamente. Kappa de rodillas derecha e izquierda fue de 0.9 y 0.8. **Conclusiones.** El software (prueba diagnóstica) resultó útil para el diagnóstico de genu varo o valgo, además dicho estudio tiene menor costo y es inocuo.

Palabras clave. Prueba diagnóstica. Software. Genu valgo. Genu varo. Sensibilidad.

INTRODUCCIÓN

Existen padecimientos del sistema músculo-esquelético que se acompañan de deformidades posturales o desalineamiento del mismo. Las deformidades corporales que afectan la postura se denominan deformidades posturales,¹ las localizadas a nivel de las rodillas (*genu*) son uno de los motivos de Consulta Externa en primer nivel de atención tanto por médicos generales como por médicos familiares, quienes generalmente derivan a los pacientes a un segundo nivel, donde el especialista en traumatología y ortopedia realiza el manejo específico del caso. Los principales padecimientos de rodillas en los Servicios de Traumatología y Ortopedia de los registros del Departamento de Estadística de la Clínica del ISSSTE de Colima Dr. Miguel Trejo Ochoa fueron gonartrosis, gonalgia, artrosis femoropatelar, condromalacia, meniscopatía, *genu valgo* y *genu varo*, sin incluir las afecciones de tipo traumático.

Dado que es alta la prevalencia de afecciones en rodilla con desalineamiento de los miembros pélvicos (*genu valgo* o *genu varo*), resulta importante contar con una prueba diagnóstica clínica que ayude tanto para diagnóstico como para seguimiento de los casos, ya que frecuentemente estas deformidades son progresivas y con el tiempo traen importantes repercusiones en los pacientes, mermando su calidad de vida.

Dentro de los instrumentos para medir la alineación de los miembros pélvicos se encuentra el *Body Analysis Kapture* (BAK), sistema de evaluación de la postura con el paciente inmovilizado y mediante imágenes filmadas de los planos frontal-lateral-posterior-contralateral; utiliza de una a ocho cámaras. El sistema, a través de un programa de cálculo específico (goniometría clínica), evalúa las variaciones angulares de cada articulación del cuerpo. No se especifican costos, pero sin duda son elevados, lo que lo hace inaccesible para toda la población.²

Otro instrumento es el marco de referencia postural (MRP), marco cuadriculado centímetro a centímetro con hilos que sirven de referencia para evaluar la postura, el cual primordialmente evalúa la presencia o no de hiperlordosis lumbar, además es útil para valorar la alineación de los miembros pélvicos. Se le solicita al paciente que mirando hacia el frente se coloque al centro de la plataforma o base del marco, procurando que el hilo de la plomada pase por el centro de su nariz, de su ombligo y de su pubis, indicándole que coloque los pies de manera cómoda en el sitio donde se toquen las rodillas o donde hagan contacto los tobillos, dependiendo de la alineación de sus miembros pélvicos. El explorador de frente al paciente mide en centímetros la alineación de los mismos. Éste es un estudio no invasivo

y de muy bajo costo, el inconveniente es el desplazamiento del marco a diferentes sitios.^{3,4}

Por tanto, en el presente trabajo se propone una prueba diagnóstica alterna para evaluar la presencia o no de las afecciones en rodilla con desalineamiento de los miembros pélvicos (*genu valgo* o *genu varo*), así como para obtener los parámetros de medición de una manera objetiva, subsecuente, inocua, de fácil y práctica utilización, y de muy bajo costo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de prueba diagnóstica autorizado por la Comisión de Bioética y Bioseguridad del Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas y la Facultad de Medicina de la Universidad de Colima con folio 1/2003. A 100 pacientes derechohabientes de la clínica Dr. Miguel Trejo Ochoa del ISSSTE de Colima que acudieron al Servicio de Traumatología y Ortopedia se les solicitó carta de consentimiento informado,^{5,6} fueron evaluados clínicamente por el especialista quien solicitó el eje mecánico de miembros pélvicos de pie y sin calzado.

Los criterios de inclusión fueron: pacientes adultos de ambos sexos que acudieron a consulta de Traumatología y Ortopedia del ISSSTE, con afecciones en rodillas tanto con deformidad como sin ella y que aceptaron participar en el estudio. Los criterios de exclusión fueron: pacientes con patologías subyacentes que no permitían una adecuada evaluación clínica o radiológica o que presentaron alguna discapacidad como parálisis cerebral, paraplejía o amputación de miembros inferiores.

Los estudios del eje mecánico fueron realizados por el mismo técnico radiólogo y valorados tanto por el médico radiólogo como por el traumatólogo (doble ciego), utilizando para su medición el método alterno (Díaz-Giner, Jiménez, Valadez, Olmedo).⁷ Para la toma de fotografías se estandarizó la distancia a 1.5 m entre la cámara y el sujeto en observación.⁸ Las fotografías se tomaron en un plano frontal. Una vez cargadas las fotografías en el software se marcaron sobre éstas tres puntos anatómicos de referencia:

- Punto medio de una línea imaginaria de la espina iliaca antero-superior a la sínfisis de pubis.
- Centro del polo inferior de la rótula, y
- Parte media de la articulación del tobillo.

Se utilizó una cámara digital marca Kodak DX 3600 compatible, la cual se apoyó en un tripie móvil marca Vanta.

La prueba diagnóstica propuesta consiste en un programa de cómputo (software), el cual calcula los grados de normalidad o deformidad de la zona de estudio (*genu varo* y *genu valgo* derecho e izquierdo) mediante el procesamiento y análisis de fotografías digitalizadas de los pacientes. El programa trabaja sobre el cuarto cuadrante del plano cartesiano, con una modificación: el sentido del eje Y se invierte, ya que en la computadora el punto de origen se encuentra en la esquina superior izquierda del monitor, y el eje Y se incrementa hacia abajo y no hacia arriba como normalmente se usa en el plano cartesiano. El procedimiento para el cálculo del ángulo en deformidades de rodilla en vista frontal es el siguiente: sobre la imagen frontal de miembros pélvicos, incluyendo la cadera del paciente, se trazan dos líneas tomando como base los tres puntos anatómicos de referencia antes mencionados. A partir de estas dos líneas se forma una X, para que las líneas formen una X es necesario prolongarlas. La prolongación de las líneas se lleva a cabo utilizando el método de producto de un vector por un escalar, el cual se obtiene al multiplicar o dividir un vector por un escalar, multiplicar o dividir su magnitud sin cambiar la dirección, por tanto el nuevo vector es paralelo al vector original.

Además de anotar algunos datos de identificación de los pacientes, así como algunos de sus antecedentes clínicos relacionados con el padecimiento, explo-

ración clínica sobre deformidades posturales y finalmente la evaluación de la alineación de los miembros pélvicos (Figura 1).

Se consideró como normal un ángulo de hasta tres grados en el alineamiento de los miembros pélvicos (derecho e izquierdo, MPD y MPI, respectivamente) y a partir de cuatro grados como *genu varo* o *genu valgo*⁹⁻¹² (Figura 2).

Análisis estadístico

Para cada una de las deformidades posturales en estudio y para cada miembro pélvico se evaluó la sensibilidad y la especificidad (validez), el valor predictivo positivo (VPP) y valor predictivo negativo (VPN) (seguridad), las razones de probabilidad positiva (RPP) y negativa (RPN), la exactitud, el coeficiente de correlación de Pearson y las Curvas ROC para cada deformidad. Además, se obtuvieron las variabilidades intra e interobservador tanto del estándar de oro como de la prueba diagnóstica propuesta con el índice kappa.^{13,14} El manejo estadístico se efectuó utilizando el programa Excel y el programa estadístico SPSS versión 15.0.

RESULTADOS

Se estudiaron 100 pacientes (62 mujeres y 38 hombres) con un promedio de edad de 60 ± 13.6 (intervalo 20 a 84 años). Con el estándar de oro en

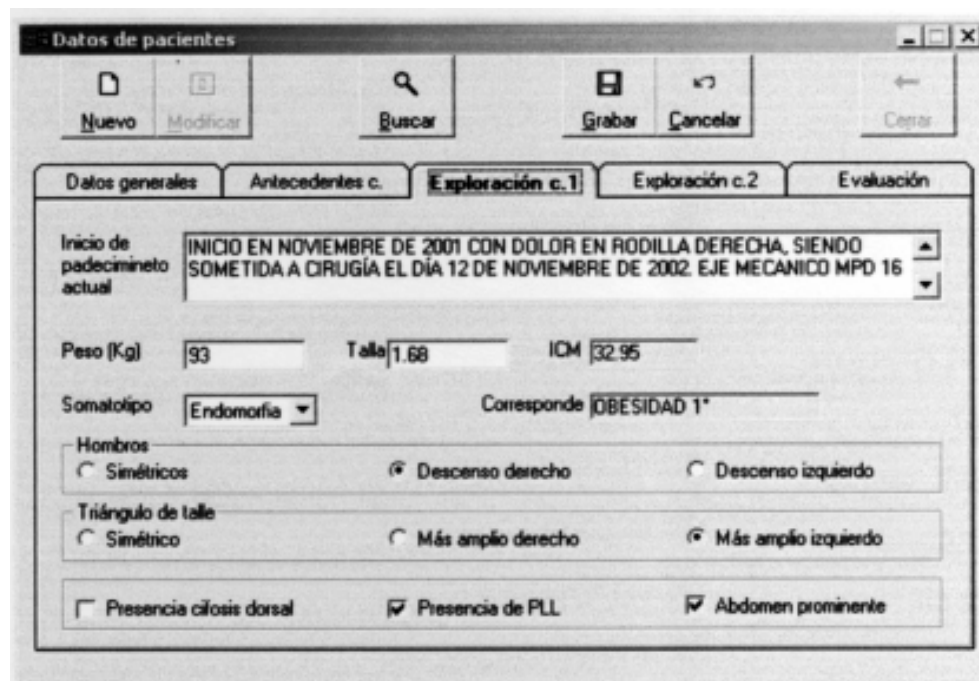


Figura 1. Presentación del tercer apartado del software (exploración). Se muestra la tercera pestaña (apartado) correspondiente a la exploración clínica que comprende: padecimiento actual así como el peso, talla y obtención del IMC (realizado por el software), se reporta a cual tipo somatométrico corresponde y la identificación de algunos aspectos relacionados con la postura.

INDAUTOR. Derechos de autor del Software para medición de genu varo y genu valgo. Rama: Programa de computación. Número de registro 03-2005-070115043100-01. Lugar y fecha de otorgamiento: México, D.F. a 22 de julio de 2005.

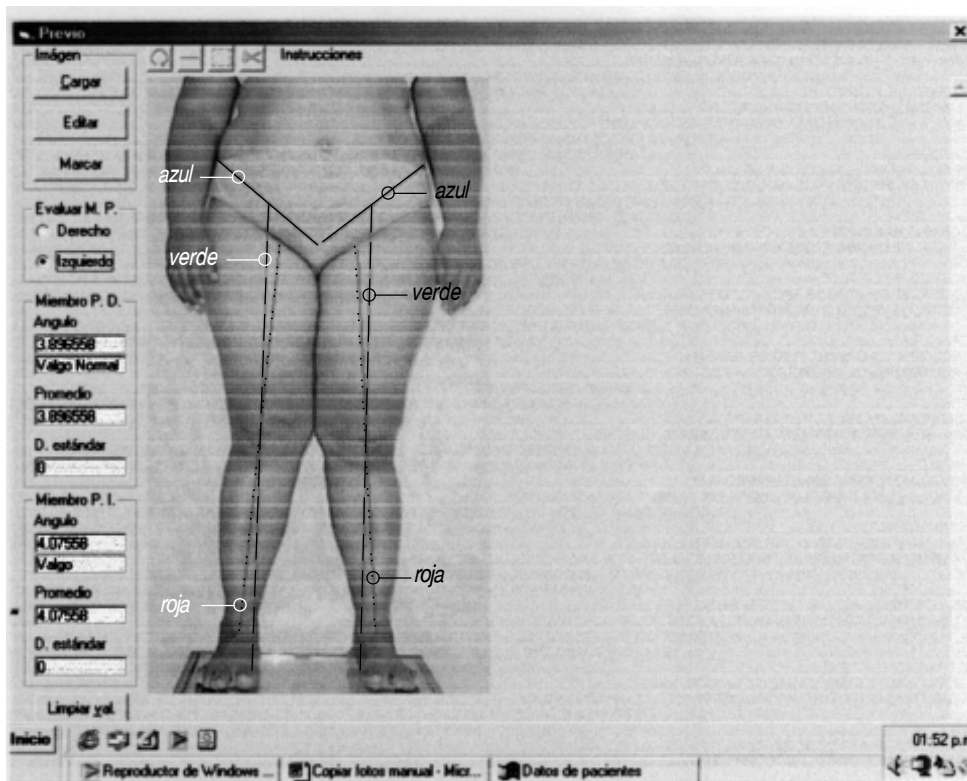


Figura 2. Presentación del quinto apartado del software (evaluación). En el programa se aprecian líneas azules, verdes y rojas (la azul en la cadera, la verde y la roja en los MPs) que el evaluador marca con ayuda del programa para que el software calcule el promedio de los ángulos de alineación de los miembros pélvicos (lado izquierdo de la pantalla).

INDAUTOR. Derechos de autor del Software para medición de genu varo y genu valgo. Rama: Programa de computación. Número de registro 03-2005-070115043100-01. Lugar y fecha de otorgamiento: México, D.F. a 22 de julio de 2005.

Cuadro 1. Resultados globales de la evaluación de la prueba diagnóstica del miembro pélvico derecho.

| Aspecto evaluado | Puntos de corte | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| | 4° | | 5° | | 6° | | 7° | | 8° | |
| | Varo | Valgo | Varo | Valgo | Varo | Valgo | Varo | Valgo | Varo | Valgo |
| Sensibilidad | 84.4 | 78.6 | 76.9 | 83.3 | 80.0 | 75.0 | 74.1 | 63.2 | 70.0 | 52.9 |
| Especificidad | 87.3 | 98.6 | 86.9 | 97.4 | 85.7 | 97.5 | 90.4 | 98.8 | 95.0 | 97.6 |
| VPP | 84.4 | 95.7 | 78.9 | 90.4 | 70.6 | 88.2 | 74.1 | 92.3 | 77.8 | 81.8 |
| VPN | 87.3 | 92.2 | 85.5 | 94.9 | 90.9 | 94.0 | 90.4 | 92.0 | 92.7 | 91.0 |
| RPP | 6.63 | 56.57 | 5.87 | 31.67 | 5.60 | 30.0 | 7.72 | 51.16 | 14.0 | 21.97 |
| RPN | 18 | 22 | 26 | 17 | 23 | 26 | 29 | 37 | 32 | 48 |
| Prevalencia | 45 | 28 | 39 | 24 | 30 | 20 | 27 | 19 | 20 | 17 |
| Exactitud | 86 | 93 | 83 | 94 | 84 | 93 | 86 | 92 | 90 | 90 |

VPP: valor predictivo positivo. VPN: valor predictivo negativo. RPP: razón de probabilidad positiva. RPN: razón de probabilidad negativa.

MPD se encontraron 47 casos de *varo*, 28 de *valgo* y 25 alineados; mientras que en el MPI se detectaron 46 casos de *varo*, 25 de *valgo* y 29 alineados. Con la prueba diagnóstica software en MPD se identificaron 45 pacientes con *varo*, 20 con *valgo* y 35 alineados; en MPI *varo* 44, 29 *valgos* y 27 alineados.

En relación con el sexo se detectaron los siguientes casos por cada miembro pélvico:

- En MPD de las mujeres: 16 casos de *varo*, 18 *valgo* y 28 alineados; en MPI 17, 26 y 19, respectivamente.

- En MPD de los hombres: 29 casos de *varo*, dos de *valgo* y siete alineados; en MPI 27, tres y ocho casos, respectivamente.

Valores con la prueba diagnóstica en miembro pélvico derecho

Como se observa en el cuadro 1, la sensibilidad y la especificidad fueron más altas entre cuatro y cinco grados para *varo* o *valgo*. En relación con la especificidad los valores encontrados indican que es posible detectar significativamente a los pacientes

Cuadro 2. Resultados globales de la evaluación de la prueba diagnóstica de miembro pélvico izquierdo.

| Aspecto evaluado | Puntos de corte | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| | 4° | | 5° | | 6° | | 7° | | 8° | |
| | Varo | Valgo | Varo | Valgo | Varo | Valgo | Varo | Valgo | Varo | Valgo |
| Sensibilidad | 86.4 | 88.5 | 94.6 | 84.2 | 87.9 | 63.2 | 67.7 | 61.1 | 52.0 | 47.1 |
| Especificidad | 87.5 | 95.9 | 88.9 | 95.1 | 89.6 | 96.3 | 89.9 | 96.3 | 88.0 | 96.4 |
| VPP | 84.4 | 88.5 | 83.3 | 80.0 | 80.6 | 80.0 | 75.0 | 78.6 | 59.1 | 72.7 |
| VPN | 89.1 | 95.9 | 96.6 | 96.3 | 93.8 | 91.8 | 86.1 | 91.9 | 84.6 | 89.9 |
| RPP | 6.91 | 21.82 | 8.51 | 17.05 | 8.41 | 17.05 | 6.68 | 16.70 | 4.33 | 13.02 |
| RPN | 16 | 12 | 6 | 17 | 14 | 38 | 36 | 40 | 55 | 55 |
| Prevalencia | 44 | 26 | 37 | 19 | 33 | 19 | 31 | 18 | 25 | 17 |
| Exactitud | 87 | 94 | 91 | 93 | 89 | 90 | 83 | 90 | 79 | 88 |

VPP: valor predictivo positivo. VPN: valor predictivo negativo. RPP: razón de probabilidad positiva. RPN: razón de probabilidad negativa.

que no tienen las deformidades en estudio. El VPP más alto para *genu varo* se observó en el punto de corte de 4°, mientras que para *genu valgo* se observaron valores elevados en los cinco puntos de corte. Los VPN son elevados tanto para *genu varo* como para *valgo* en todos los puntos de corte. Respecto a la RPP, en general, se apreció que hay más probabilidades de que se detecten los casos de *genu valgo*; en cambio, la RPN es baja para ambas patologías.

Valores con la prueba diagnóstica en miembro pélvico izquierdo

En el cuadro 2 se observa que la sensibilidad, especificidad, VPP, VPN y RPP fueron más altas entre cuatro y cinco grados para *varo* o *valgo*. En relación con la especificidad los valores encontrados indican que se detectan los pacientes que no tienen las deformidades. Respecto a la RPP se observó una tendencia similar al MPD: hay más probabilidades en general de detectar los casos de *genu valgo* y la RPN, para ambas patologías también es baja.

La exactitud de la prueba diagnóstica para la determinación de *genu varo* y *genu valgo* en ambos miembros pélvicos es adecuada (Cuadros 1 y 2). Es sabido que el error de medición es el complemento de la exactitud, por tanto, si se tiene una exactitud de 90, el error es de 10.

El índice kappa del software en la variabilidad intraobservador

En el MPD fue de 1.0 y en MPI de 0.9. Mientras que el índice kappa interobservador en el MPD fue de 0.9 y MPI de 0.8.¹⁵⁻¹⁷

Respecto al coeficiente de correlación de Pearson se obtuvo una $r = 0.667$, $p < 0.001$ para MPD y $r = 0.448$, $p < 0.001$ para MPI¹⁴ (Figura 3).

En la figura 4 se presentan las curvas ROC de acuerdo con cada miembro pélvico y las dos deformidades (*genu varo* y *genu valgo*), tomando en cuenta los puntos de corte de cuatro a ocho grados; como se observa, las gráficas son muy semejantes, se aprecia una tendencia adecuada de las mismas. También se ve que el punto máximo de la parte ascendente de la curva está muy cerca del extremo superior izquierdo de la gráfica, lo que significa que la prueba es precisa, amén de que ayuda a conocer la bondad global de la prueba a través del área bajo la curva y es de utilidad para elegir el punto de corte para un determinado paciente.^{18,19}

El panel superior izquierdo de la figura 4 muestra los resultados del *genu varo* en MPD, se observa que los puntos de corte de 8 y 7 presentan los valores de sensibilidad más bajos [70 (1-e = 5) y 74 (1-e = 10)], formando la parte inferior de la curva; de manera ascendente se continúan los puntos de corte de 5, 6 y 4 [valores de sensibilidad de 76 (1-e = 14), 80 (1-e = 15) y 84 (1-e = 13), respectivamente], el sitio más cercano al extremo superior izquierdo de la curva.

En el panel superior derecho de la figura 4 se muestra la gráfica correspondiente al *genu varo* en MPI; igualmente se observan los puntos de corte de 8 y 7 presentando los valores de sensibilidad más bajos [52 (1-e = 2) y 67 (1-e = 1)], formando la parte inferior de la curva; de manera ascendente se continúan los puntos de corte de 4, 6 y 5 [valores de sensibilidad: 86 (1-e = 3), 87 (1-e = 1) y 94 (1-e = 2), respectivamente], constituyendo el sitio más cercano al extremo superior izquierdo de la curva, lo que sugiere que la prueba diagnóstica para *varo* en MPI es adecuada.

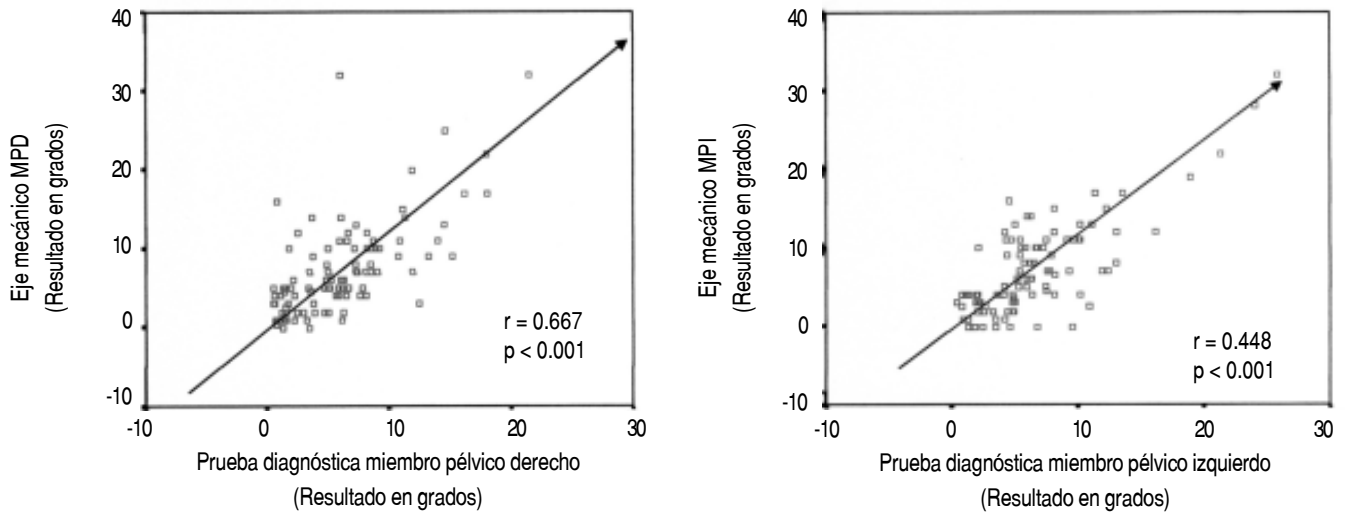


Figura 3. Gráfica de dispersión entre el eje mecánico y la prueba diagnóstica propuesta software. A. MPD: describe la relación entre las dos variables (mediciones en grados de MPD con la prueba de oro y con la prueba diagnóstica propuesta) y el análisis de la correlación de Pearson. La línea que une los puntos fue trazada a ojo. B. MPI: describe la relación entre las dos variables (mediciones en grados de MPI con la prueba de oro y con la prueba diagnóstica propuesta) y el análisis de la correlación de Pearson. La línea que une a los puntos fue trazada a ojo.

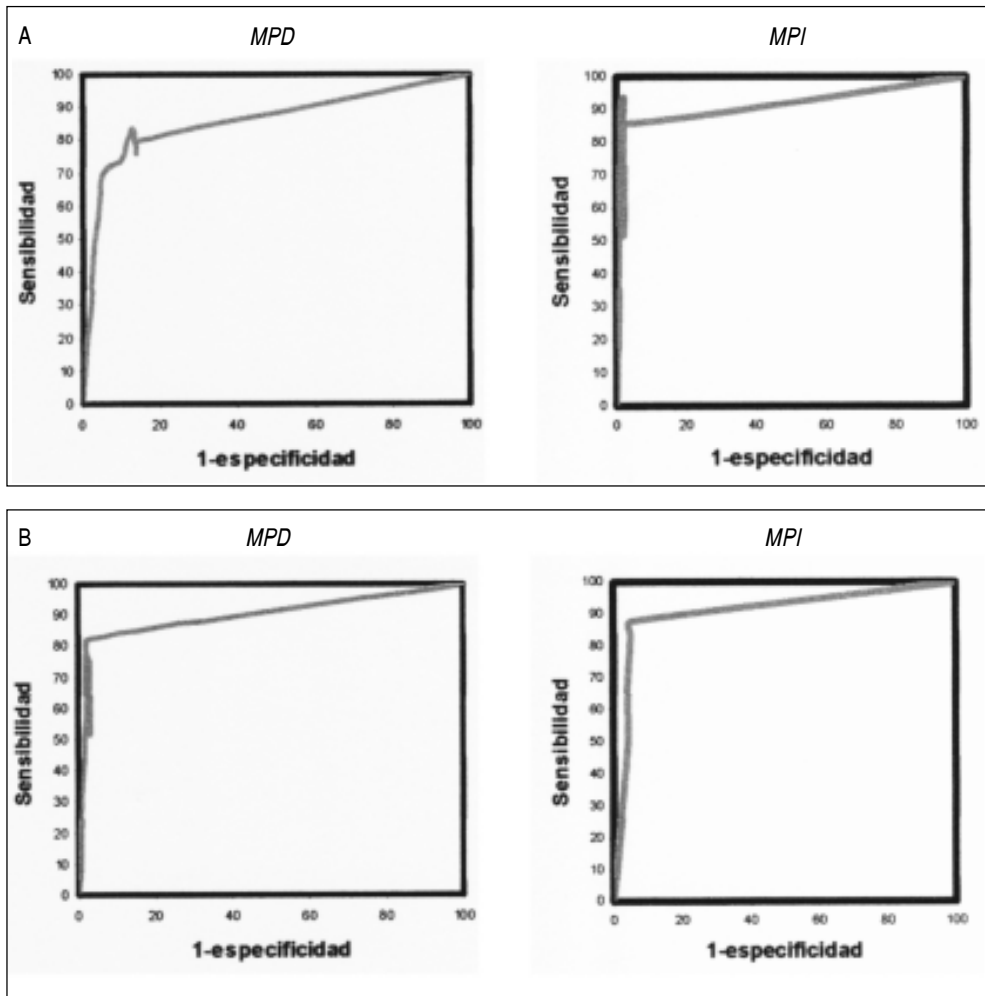


Figura 4. Curvas ROC. A. Genu varo en miembros pélvicos derecho e izquierdo (MPD e MPI, respectivamente). B. Genu valgo en MPD y MPI.

El panel inferior izquierdo de la figura 4 muestra los resultados del *genu valgo* en MPD, puntos de corte de 8 y 7, presentando los valores de sensibilidad más bajos [52 (1-e = 3) y 63 (1-e = 2)], formando la parte inferior de la curva; de manera ascendente se continúan los puntos de corte de 6, 4 y 5 [los valores de sensibilidad fueron 75 (1-e = 3), 78 (1-e = 2) y 83 (1-e = 3), respectivamente], constituyendo el sitio más cercano al extremo superior izquierdo de la curva, lo que indica que la prueba diagnóstica es idónea para detectar esta patología.

En el panel inferior derecho de la figura 4 se muestra la gráfica correspondiente al *genu valgo* en MPI, se observan los puntos de corte con los valores de sensibilidad más bajos en 8 y 7, sumándose el punto de corte de 6 para esta patología [valores de 47 (1-e = 4), 61 (1-e = 4) y 63 (1-e = 4), respectivamente], formando la parte inferior de la curva; de manera ascendente se continúan los puntos de corte de 5 y 4 [valores de sensibilidad de 84 (1-e = 5) y 88 (1-e = 5), respectivamente], constituyendo el sitio donde cambia la curva y más cercano al extremo superior izquierdo de la misma, lo que sugiere que la prueba diagnóstica es adecuada para detectar patologías.

DISCUSIÓN

Dado que en la bibliografía consultada no se encontró un consenso respecto a los criterios para determinar *genu varo* o *valgo* se consideraron a diversos autores: Muñoz (1999),¹⁰ McCormack (2004)⁹ y Limbird (2004),²⁰ tomando el criterio de ángulos de hasta 3° como miembros pélvicos alineados y ángulos de 4° o mayores como *genu varo* o *valgo*. Los resultados del presente trabajo realizado con pacientes adultos muestran una prevalencia de *genu varo* de 45%, mientras que de *genu valgo* oscila entre 20 y 29%, ambas siendo cifras altas de acuerdo con lo esperado, puesto que Insall (1986)²¹ mencionó que después de los siete años de edad sólo 21% de los niños presentan *genu valgo* significativo.

Valverde y Godoy (1972)²² mencionaron que las desviaciones axiales en la infancia son un trastorno funcional con base física-mecánica-biológica, evitable y corregible y no es permisible dejarla persistir hasta la edad adulta pues éstas llevan a la gonartrosis. De acuerdo con Apley (1997),¹ si cualquiera de las deformidades continúa acentuada hacia los diez años de edad puede corregirse mediante grapas o por osteotomía, lo que disminuiría su prevalencia en el estado adulto.

Aguilera-Zepeda, *et al.* (1998)²³ refieren que la rodilla *valga* representa 21% de los casos operados por gonartrosis en el Servicio de Cirugía Articular del Instituto Nacional de Ortopedia, todos los casos fueron del sexo femenino entre 64 y 84 años de edad, con un *valgo* promedio de 20 a 28°. Pons, *et al.* (2003)²⁴ reportaron que en 30 pacientes con *valgo* marcado, 80% fueron mujeres, rango de edad de 62 a 83 años y con un eje anatómico de 9 a 34°. Fueron más frecuentes los casos de *genu varo* en el hombre y el *genu valgo* más frecuente en la mujer.

Para evaluar la validez de la prueba diagnóstica propuesta en el presente trabajo se determinó la sensibilidad y especificidad de cada uno de los puntos de corte de las mediciones obtenidas con la prueba diagnóstica (software); lo que permitió observar para ambas deformidades que los puntos de corte de 4 y 5° presentaron la mayor sensibilidad, es decir, la prueba identifica alineamientos o desalineamientos de las rodillas, considerando los puntos de corte en la misma de 4 a 6° como los más confiables, por lo tanto la resolución es de tres grados.

Para evaluar la seguridad de la prueba diagnóstica se determinaron los valores predictivos, ambos fueron adecuados, identificándose los VPP más elevados en el punto de corte de 4° obteniendo valores de 0.84 a 0.95 y para el VPN se observaron los valores más altos en los puntos de corte de 5 y 8° (0.94 a 0.96).^{25,26}

Para evaluar qué tan cerca se encuentran los datos del valor real se evalúa la exactitud de la prueba, determinando el grado de concordancia de las mediciones con el valor verdadero de la característica medida, y así se aprecian los valores del grado de exactitud para cada punto de corte, que en el presente trabajo van desde 83 hasta 94 en la mayoría de los casos. Sin duda, la evaluación de una prueba diagnóstica incluye la ponderación de falsos negativos y positivos; no obstante, al resultar valores tan bajos en esos apartados contrasta totalmente con la efectividad global de la prueba. Los falsos negativos, que son los menos, se explicarían por posibles distorsiones en las fotografías, posibles modificaciones al momento de la captura de la fotografía, por posibles imprecisiones en el señalamiento de los puntos a contrastar en las fotografías y porque la ecuación del vector utilizada en la operación matemática disminuye la medición del ángulo verdadero. Los falsos positivos se explicarían también por imprecisiones en el señalamiento de los puntos a contrastar en las fotografías y porque la ecuación del vector utilizada en la operación matemática aumenta la medición del ángulo verdadero.

La curva ROC es útil para mostrar la eficacia discriminativa diagnóstica de una prueba, ya que muestra la relación entre sensibilidad y especificidad a diferentes puntos de corte.^{18,19} Una de las utilidades de las curvas ROC es que ayudan a tomar la decisión sobre el punto de corte a elegir de acuerdo con lo que más convenga a cada paciente para su manejo, considerando la existencia de diferentes patologías de fondo (articular degenerativa, artritis reumatoide, osteoporosis, etc.), las cuales difieren en el pronóstico. Además, permite apreciar que es una prueba adecuada para escrutinio o tamizaje de estas patologías en estudio, ya que el área bajo la curva es importante.

Con la prueba estadística *r* de Pearson se encontró una correlación positiva entre el estándar de oro y la prueba diagnóstica propuesta tanto para el MPD como para MPI, ambas fueron significativas.¹⁴ Las variabilidades intra e interobservador se evaluaron con el índice kappa, encontrando muy buena correlación en las mediciones para ambos miembros pélvicos,^{11,15} lo que refleja la no disparidad de medición entre los observadores.

Por todos los resultados obtenidos se considera que el software utilizado como prueba diagnóstica sería de suma utilidad, ya que en la práctica médica permitiría una distinción inicial del paciente con problemas de desviaciones en las rodillas, obteniendo un diagnóstico temprano para fines profilácticos, o bien, para intervenir terapéuticamente en quienes fuera necesario con el fin de detener dicha desviación o para efectuar una corrección de la misma.

El escrutinio de *genu varo* y *genu valgo* puede ser costoso con estudios tradicionales; sin embargo, con la prueba propuesta los costos disminuirían significativamente, ya que la toma de radiografía para la medición del eje mecánico de miembros pélvicos en nuestro medio tiene actualmente un costo promedio de \$500.00 a diferencia del costo de la fotografía que en promedio es de \$10.00. Los costos se reducen para el paciente y para las instituciones de atención médica. Otras de las bondades de esta prueba son: poco tiempo para realizarla, no se requiere personal especializado para practicarla, el equipo para aplicarlo no es complejo ni sofisticado (los requerimientos como la cámara fotográfica digital, la computadora, el tripie y el software son una inversión de costo accesible) y es de fácil traslado, lo cual permite su desplazamiento para llegar a los pacientes de comunidades alejadas de las ciudades, sin necesidad de que los pacientes sean trasladados a unidades con infraestructura compleja donde se disponga de rayos X. No requiere preparación especial del paciente,

además no causa molestias, es inocua y se ha observado buena aceptación entre quienes se aplicó esta prueba. Además presenta facilidad para interpretar los resultados obtenidos y se obtienen de manera inmediata con la aplicación del software, lo cual permitiría aplicarla a un número importante de personas en poco tiempo. Una vez procesada la imagen fotográfica es de utilidad para explicar al paciente su situación diagnóstica.

Al momento de la revisión no se encontró una prueba semejante a la propuesta con la que se pudiera hacer contrastaciones. Si bien las pruebas tradicionales utilizadas para el diagnóstico de las deformidades que en este trabajo se han revisado (como los rayos X) no dejan de ser inocuas, sobre todo en los pacientes en los que se les debe otorgar un seguimiento prolongado; sin embargo, las pruebas tradicionales son extremadamente valiosas, puesto que la prueba propuesta tiene la debilidad de no apreciar con ella las estructuras internas de las articulaciones, cosa que sí es posible con las placas radiográficas, pero en cuanto a la alineación o no de los miembros pélvicos la prueba propuesta sería la inicial.

Si bien se mencionaron algunas fortalezas de la prueba diagnóstica propuesta, aún se puede mejorar, por ejemplo, agregando otro tipo de datos y evaluaciones que enriquezcan el programa, como serían evaluaciones laterales de miembros pélvicos para evaluar *genu recurvatum* o considerando lo que señala Maure (1996);²⁷ las rodillas son elementos que forman parte de un sistema, por lo que es importante no estudiarlas de forma aislada, ya que los pies *varos* y *valgos* son causantes de la lateralidad de las extremidades inferiores. Los pies *varos* favorecen la producción del *genu valgo* (besos de las rodillas) y los pies *valgos* favorecen el *genu varo* (piernas arqueadas). Por lo que convendría agregar también a este software un apartado para la evaluación clínica de los pies, entre otras.

Por otro lado, sería muy importante solicitar el uso del software por los médicos especialistas y los médicos de primer nivel de atención para que una vez que conozcan el programa y lo apliquen hagan conocer sus comentarios y sugerencias, lo que contribuiría a enriquecer su utilidad en beneficio de los pacientes. Asimismo, esta prueba se utilizaría por los médicos pasantes en las comunidades donde se otorga el Servicio Social Constitucional, como tamizaje o para establecer el diagnóstico de *genu varo* y *genu valgo* con sus grados de deformidad, para su correspondiente canalización a un segundo nivel de atención donde se otorgue manejo integral.

Otro ámbito de aplicación podría ser en el escrutinio de dichas deformidades en los planteles de educación y como auxiliar en las evaluaciones médicas de ingreso y periódicas en las empresas.

Esta prueba diagnóstica también sería evaluada para diagnóstico de *genu varo* y *valgo* en niños, en quienes es muy importante dar seguimiento, ya que aunque éstas forman parte de la evolución natural del alineamiento de rodillas, existen grados permisibles de desviación y edades en las que se acepta como parte del crecimiento normal de los niños. Gelfman (1998),²⁸ refirió: los estudios radiológicos presentan el dilema ético de exponer a radiaciones innecesarias a los niños, con probabilidad de error producto de una mala posición al momento de la radiografía, pero se puede evaluar esta prueba comparándola con otros métodos clínicos utilizados, entre los cuales se ha observado correlación (medición de la distancia intermaleolar, distancia intercondílea y la medición del ángulo tibiofemoral).

Por otro lado, es importante el diagnóstico de *genu varo* y *genu valgo*, ya que estos desalineamientos pueden favorecer las afecciones a nivel de la columna vertebral, por lo que esta prueba llega a ser muy útil para prever afecciones en la columna derivadas de estos deseos al intervenir oportunamente.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca Núm. 117438 otorgada a BAOB. Y al Fondo Ramón Álvarez Buylla de Aldana Universidad de Colima por el apoyo al proyecto Núm. 312/04 otorgado a BAOB.

REFERENCIAS

- Graham AA, Solomon L. Manual de ortopedia y fracturas. Barcelona: Editorial Científicos y técnicos, S.A., Masson Salvat; 1997, p. 341.
- Available from: <http://www.diasuespana.es/body-analysis-kapture-b-a-k/> [Último acceso 20 de julio de 2011].
- Olmedo-Buenrostro BA, Tene CE, Díaz-Giner V, Trujillo-Hernández B, Millán-Guerrero RO. Evaluación de un marco de referencia postural como prueba diagnóstica de postura lordótica lumbar. *Gac Méd Méx* 2006; 142(1): 39-42. Disponible en www.anmm.org.mx.
- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). Título de Patente No. 277767 Marco de referencia postural. Fecha de expedición 9 de julio de 2010.
- Declaración de Helsinki. 2000. Obtenida en la Red Mundial 12 de diciembre de 2003. Disponible en: www.bioetica.org, file:///E:/Literatura/Helsinki.htm, www.fisterra.com
- Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la Salud. 1988. Obtenida en la Red Mundial el 12 de diciembre de 2003. Disponible en: <http://www.mexmagico.com/leygeneraldesalud.htm>

- Olmedo-Buenrostro BA, Díaz-Giner V, Jiménez-Herrera C, Valadez-Meneses R, Trujillo-Hernández B, Huerta M, et al. Método alterno para medición del eje mecánico de rodillas. *Rev Invest Clin* 2009; 61(1): 26-32. Disponible en: www.imbiomed.com.mx
- Mireles-Rocha O. Eficacia y seguridad de PUVA Sol. con solución de 8 metoxipsoraleno en cápsulas versus 8 metoxipsoraleno tabletas para el tratamiento de vitíligo. Tesis doctoral Ciencias Médicas. Colima, México: Universidad de Colima y Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas; 2002.
- McCormack D. Mechanical axis deviation: definitions, measurements and consequences. International Fellow in Paediatric Orthopaedic Surgery. Atlanta Scottish Rite Hospital, Georgia, U.S.A. 2004; 2: 1-9.
- Muñoz-Gutiérrez J. Relaciones axiales de las extremidades pélicas. En: Atlas de mediciones radiográficas en ortopedia y traumatología. Distrito Federal, México: McGraw-Hill Interamericana; 1999, p. 325-32.
- Moreland JR, Basset LW, Hanker GJ. Radiographic analysis of the axial alignment of the lower extremity. *J Bone Joint Surg Am* 1987; 69: 745-9.
- Hsu RW, Himero S, Coventry MB, Chao EY. Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee. *Clin Orthop Rel Res* 1990; 255: 215-27.
- Sackett DL, Haynes RB, Guyatt GH, Tugwell P. Selección de pruebas diagnósticas. Interpretación de los datos diagnósticos. En: Sackett DL, et al. Epidemiología clínica. México: Panamericana; 1998, p. 62-157.
- Hernández-Sampieri R, Fernández-Collado C, Baptista LP. Metodología de la Investigación. México: Mc Graw-Hill; 2003, p. 184-256.
- Galparsoro I, López de Ullibarri, Pita-Fernández S. Medidas de concordancia: el índice Kappa. 2001. Obtenido en la Red Mundial el 10 de diciembre de 2004. Disponible el <http://www.fisterra.com/>
- Molinero LM. Medidas de concordancia para variables cualitativas. 2001. Obtenido en la Red Mundial el 10 de diciembre de 2004. Disponible en: <http://www.alceingenieria.net>.
- López-Jiménez F, Rhode LE, Luna-Jiménez MA. Conceptos avanzados en la interpretación de pruebas diagnósticas. En López-Jiménez F. Manual de medicina basada en la evidencia. México: Manual Moderno; 2002: 59-71.
- López de Ullibarri GI, Pita-Fernández S. Curvas ROC. 2001. Obtenida en la Red Mundial el 10 de agosto de 2004. Disponible en: <http://www.fisterra.com>
- Domínguez-Alonso E, González-Suárez R. Análisis de las curvas receiver-operating characteristic: Un método útil para evaluar procedimientos diagnósticos. *Rev Cubana Endocrinol* 2002; 13(2): 173-80.
- Limbird RS. The knee. 2004. Obtenido en la Red Mundial el 10 de febrero de 2004. Disponible en: <http://med-lib.ru/english/oxford/knee.shtml>
- Insall JN. Cirugía de la Rodilla. Buenos Aires: Panamericana; 1986.
- Valverde H, Godoy L. Deformaciones estáticas de los miembros inferiores en los niños menores de doce años. 1972. Obtenido en la Red Mundial el 31 de mayo de 2004. Disponible en: http://www.svcot.org.ve/revista_svcot/rev1972_13
- Aguilera-Zepeda JM, Rivera-Rivera J, Cruz-López F. Abordaje lateral para la deformidad en valgo en la artroplastia total de la rodilla. *Rev Mexicana Ortop Traumatol* 1998; 12(1): 48-52.

24. Pons-Cabrafiga M, Álvarez-Goenaga F, Solana-Carné J, Viladot-Perice R. Abordaje lateral en artroplastia total de rodilla con genu valgo marcado. *Rev Ortop Traumatol* 2003; 47: 113-9.
25. Guerrero R, González CL, Medina E. Evaluación de pruebas. Diagnóstico con base en probabilidades. En: *Epidemiología*. Argentina: Addison-Wesley Iberoamericana; 1986, p. 174-85.
26. Dawson-Samders B, Trapo RG. Evaluación de procedimientos diagnósticos. En: *Bioestadística médica*. México: Manual Moderno; 1999, p. 275-94.
27. Maure F. Fisiopatología de la alteración estructural en las rodillas. 1996. Obtenido en la Red Mundial el 14 octubre de 2004. Disponible en: <http://www.lasguias.com/maure/etiopatogenia.htm>
28. Gelfman MG. Valores normales de genu valgo en niños argentinos de 2 a 12 años. *Arch Arg Pediatr* 1998; 96: 103-07.

Reimpresos:

Dr. Clemente Vásquez

Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas
Facultad de Medicina
Universidad de Colima
Av. 25 de julio, Núm. 965
Col. Villas de San Sebastián
28040, Colima, Col.
Tel.: (01 312) 316-1129, Ext. 47457
Fax: (01 312) 316-1129, Ext. 47452
Correo electrónico: clemvas@ucol.mx

*Recibido el 3 de noviembre 2010.
Aceptado el 18 de noviembre 2011.*