

Artículo original

Interpretación de la maniobra de pivot mediante el uso de acelerómetros en pacientes que acuden a consulta ortopédica

Berumen-Nafarrate E,* Tonche-Ramos J,** Carmona-González J,** Leal-Berumen I,***
Vega-Nájera CA,**** Díaz-Arriaga JM,***** Espinoza-Sánchez MA,***** Aguirre-Madrid A*****

Hospital Christus Muguerza del Parque, Chihuahua, Chih.

RESUMEN. Los ligamentos cruzados (LC) de la rodilla, anterior (A) y posterior (P), localizados dentro de la articulación, unen fémur y tibia, dando estabilidad sobre la dirección anteroposterior de un hueso sobre otro. El LCA puede lesionarse mediante rotaciones provocadas en algún deporte que implique giro con el pie apoyado sobre el suelo. Las lesiones del LCA se determinan con maniobras como la de Lachman, cajón y pivot. Se utilizan acelerómetros que permiten graficar la maniobra de pivot en pacientes que acuden a consulta ortopédica, utilizando la prueba de KT1000 como estándar de oro. El trabajo ha sido aprobado por el Comité de Ética del Hospital. Estudio descriptivo entre casos y controles. **Resultados:** 92 pacientes aceptaron participar mediante consentimiento informado, nueve casos resultaron con KT1000 positivo, de los negativos, seleccionamos nueve controles afines a edad y género. Alteraciones de KT1000 fueron mayores en mujeres (78%) y en 67% de los casos la pierna alterada fue la derecha. Los resultados promedio de KT1000 en casos fue de 5.44 mm, en controles de 0.66 mm. Los acelerómetros permitieron graficar la maniobra de pivot y observamos gráficas similares tanto en casos y controles, solamente se muestran diferencias notables en un paciente masculino con KT1000 de 15 mm que fue sometido a reparación

ABSTRACT. The anterior (A) and posterior (P) cruciate ligaments (CL) of the knee, located inside the joint, connect the femur and the tibia and thus provide stability in the anteroposterior axis of one bone over the other. The anterior cruciate ligament (ACL) may be injured as a result of rotation when practicing a sport involving turning with the foot on the ground. ACL injuries are diagnosed with maneuvers like the Lachman, drawer and pivot. Accelerometers were used to plot the pivot maneuver in patients seeing the orthopedist surgeon using the KT1000 test as gold standard. This case-control descriptive study was approved by the Hospital's Ethics Committee. **Results:** 92 patients accepted to participate through an informed consent; nine cases were KT1000 positive, and nine age- and gender-matched controls were selected among KT1000 negative patients. KT1000 alterations were greater among females (78%) and in 67% of cases the right leg was affected. Mean KT1000 results were 5.44 mm in cases and 0.66 mm in controls. Accelerometers allowed plotting the pivot maneuver and the resulting charts for cases and controls were similar. Remarkable differences were seen only in one male patient with a 15 mm KT1000, who underwent repair of the left ACL; the maneuver was performed under seda-

Nivel de evidencia: IV

* Responsable del proyecto, Ortopedista, Hospital Christus Muguerza del Parque, Chihuahua, Chih.

** Alumno de 6º semestre de la Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Chihuahua.

*** Profesor Investigador de la Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Chihuahua.

**** Médico General independiente.

***** Ingeniero diseñador de equipo biomédico, independientes.

***** Ortopedista, Hospital Christus Muguerza del Parque, Chihuahua, Chih.

Dirección para correspondencia:

Dra. Irene Leal-Berumen

E-mail: ilealb62@yahoo.com.mx

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/actaortopedica>

de LCA izquierdo, la maniobra se realizó al estar sedado. Concluimos que el paciente, en estado consciente, pone resistencia en la maniobra, a diferencia de la obtenida con anestesia, y que el uso de acelerómetros permite documentar la maniobra de pivot observando diferencias entre un LCA normal y uno lesionado.

Palabras clave: acelerómetro, ligamento cruzado, rodilla, diagnóstico.

tion. We concluded that conscious patients oppose the maneuver, unlike anesthetized patients, and that the use of accelerometers helps document the pivot maneuver which, in turn, helps detect differences between a normal ACL and an injured one.

Key words: accelerometer, cruciate ligaments, knee, diagnosis.

Introducción

Los ligamentos cruzados de la rodilla son dos estructuras ligamentosas localizadas dentro de la articulación que unen el fémur y la tibia para dar estabilidad sobre la dirección anteroposterior de un hueso sobre otro. El ligamento cruzado anterior (LCA) transcurre desde la parte posterior y lateral de la escotadura intercondílea del fémur hasta la inserción anteromedial en la tibia.¹ Pasa por delante del ligamento cruzado posterior que discurre de forma contraria, desde la parte anterior y medial de la escotadura femoral hacia la región posterior de la tibia.² Su función básica es la correcta movilidad de la rodilla y su forma más común de lesión es mediante una rotación provocada en algún deporte en el que se implique algún giro con el pie apoyado sobre el suelo, cualquier deporte de contacto o alguna lesión accidental en la que ocurra un contacto directo sobre la rodilla o algún apoyo brusco del pie en el suelo.³

Por lo general, se produce una rotura completa del ligamento, lo que determina una pérdida de la función de estabilización para algunos movimientos. Con frecuencia, esta rotura se acompaña con la lesión del ligamento colateral medial como esguinces, lesiones meniscales o contusiones cartilaginosas.⁴

En la historia clínica, el paciente refiere por lo general una caída con dolor en la rodilla que le impide continuar con el ejercicio o actividad que estaba realizando. Comúnmente, dice haber escuchado un chasquido, lo que apunta a la rotura de dicha estructura. Al momento de la revisión médica, suele haber una inflamación dolorosa de la articulación con aumento de volumen y se podría obtener una hemartrosis de diferentes capacidades.⁴

Para determinar la lesión del LCA, se recurre a maniobras y métodos de diagnóstico por imagen para llegar a su confirmación.

Dentro de las pruebas que se realizan se encuentran las siguientes:

Prueba de Lachman: Se lleva a cabo con el sujeto en decúbito supino, con la rodilla en flexión de 20-30°. No hay rotación; se estabiliza el fémur con una mano y con la otra

se aplica una fuerza con dirección anterior sobre la tibia. Se debe comprobar el desplazamiento entre ambos huesos.⁴

Prueba de cajón: Se realiza con la rodilla en flexión de 90°, la cadera en 45° y el pie fijo. Se debe aplicar fuerza al realizar un movimiento de tracción anterior.⁴

Prueba de pivot: con la rodilla en completa extensión, se aplica valgo y una rotación medial, se flexiona la rodilla y, posteriormente, se lleva a extensión completa de nuevo. En caso de un LCA roto, se puede percibir un chasquido característico.^{1,5}

Material y métodos

Población de estudio: pacientes que acuden a consulta ortopédica por diferentes motivos de salud.

El procedimiento incluye una medición del desplazamiento del LCA utilizando el KT1000. Se cuenta, además, con el equipo para la medición de la maniobra del pivot (*pivot shift meter*), que consta de un par de acelerómetros conectados a un equipo de cómputo para almacenamiento de resultados de rotación (aceleración y desaceleración en los ejes de las X, Y y Z).

Las pruebas no representan ningún riesgo para el participante aun en caso de una lesión existente; son maniobras sencillas de exploración que no deben doler.

Se recuesta al individuo en la mesa de exploración y se le pide que descubra sus piernas hasta poco más arriba de la articulación de la rodilla para realizar la medición de la prueba de KT1000 (en caso de algún impedimento por la ropa del paciente, se le brinda una bata para facilitar la prueba).

Para realizar la medición del KT1000, se coloca una base debajo de la fosa poplítea de ambos miembros pélvicos y se pone otra base en los talones del sujeto para mantener la rodilla en flexión. Despues de esto, se coloca el equipo sobre la parte anterior de la tibia y una pequeña placa del mismo sobre la rótula. Posteriormente, se ajusta y calibra el equipo para comenzar la medición y se le hace saber al paciente que la prueba va a iniciar; en caso de alguna molestia, deberá avisar de inmediato. Finalmente, se tira de una palanca en el equipo hasta que éste comience a producir solamente tres sonidos consecutivos, entre más agudo es el sonido, más

cerca se está del resultado. Esto se debe repetir tres veces en cada pierna para obtener una media.

Para iniciar la medición del pivote, primeramente se retira todo el equipo que corresponde al KT1000 y se mantiene la pierna del sujeto totalmente descubierta y relajada. Se coloca el equipo, que consiste en un par de acelerómetros unidos por bandas; se deben ajustar, usando las bandas de velcro, uno por encima de la rótula y otro sobre la tuberosidad tibial, de manera que queden alineados en la parte anterior de la pierna. Una vez ajustado el equipo, se abre el programa en la computadora para registrar el movimiento de los acelerómetros durante la realización de la maniobra.

Los movimientos de la rodilla que conforman la maniobra son:

- Con la pierna en reposo y en extensión, se procede a tomar la pierna sosteniendo la articulación del tobillo y la pantorrilla sin que el paciente oponga algún tipo de resistencia o fuerza al hacerlo. Se debe mantener al individuo lo más relajado posible hasta el final de todo el proceso.
- Se da «*Start*» al programa y se realiza una maniobra continua que consiste en una rotación medial de la pierna seguida por una flexión de la articulación de la rodilla en dirección de la rotación. Inmediatamente, la pierna se alinea ligeramente más lateral al eje vertical del cuerpo y se da la extensión de la misma, dejándola finalmente en reposo.
- La maniobra debe repetirse tres veces de manera simultánea y se detiene inmediatamente el programa, obteniendo así un trazo continuo al graficar el movimiento y los datos registrados por el acelerómetro.

El protocolo ha sido aprobado por el Comité de Ética del Hospital Christus Muguerza del Parque de Chihuahua. Antes de iniciar el estudio se le explica al participante el procedimiento y el objetivo del estudio; si acepta participar, se firma una forma de consentimiento informado con testigos.

Resultados

De los datos y gráficas obtenidos en el estudio se encontraron en total nueve sujetos que fueron considerados como «casos» que presentaron una anomalía en la medición de KT1000. Cabe destacar que de todos ellos, sólo uno asistió a consulta específicamente por una revisión de una lesión previa del LCA; todos los demás tenían motivos distintos y al realizar una exploración física con el equipo de artrometría, se hizo dicho hallazgo. También es importante mencionar que no sólo fueron nueve pacientes los que presentaban una gran laxitud del LCA, sino 10; esto fue evidente en los resultados de KT1000, ya que presentaban cifras altas de desplazamiento anterior en ambas rodillas. Esto no era un resultado esperado, ya que con dicha laxitud, daría la impresión de que el individuo tendría algún problema; sin embargo, debido a que debe existir

una diferencia mayor a 3 mm de desplazamiento anterior entre ambas rodillas y a que el paciente no presentaba molestia alguna, fue considerado como paciente «sano» para el estudio.

Después de obtener los casos, se buscó entre toda la población de 91 pacientes a nueve que tuviesen mismo sexo y una edad aproximadamente similar para que correspondieran a los «controles». Al emparejarlos uno con otro, se notan algunas diferencias en cuanto a las mediciones obtenidas con el KT1000.

Al analizar los casos se encontró lo siguiente:

- El 77.77% de ellos era una población del sexo femenino y sólo una de ellas había tenido una lesión del LCA. Por lo tanto, el 22.23% de la población era del sexo masculino y ninguno de ellos presentó una lesión previa.
- Las edades de todos los casos variaban entre los 17 y 74 años, con una moda de 45. Además, el promedio de las mismas es de 45 años.
- Los resultados de KT1000 oscilaban entre 1 y 12 mm de desplazamiento anterior en ambas rodillas; las diferencias entre ellos mayormente era de 4 mm, lo que significaría un resultado positivo. El promedio de diferencias fue de 5.44.
- La desviación estándar se encontró en un rango de 3.240 para la rodilla derecha y 3.674 para la izquierda. La desviación estándar de delta fue de 1.589.

Al analizar los controles, se halló lo siguiente:

- El 77.77% de ellos era una población del sexo femenino y sólo una de ellas había tenido una lesión de rodilla. Sin embargo, no presentaba anomalías en el KT1000. El 22.23% de la población fue del sexo masculino y ninguno de ellos presentó una lesión previa.
- El promedio de edades fue 46 años, aproximadamente.
- Los resultados de KT1000 oscilaron entre 3 y 12 mm para ambas rodillas. Además, existió un paciente que presentaba un desplazamiento anterior de 12 mm en ambas rodillas, pero, como ya se mencionó antes, al no haber una diferencia superior a 3 mm entre ambas rodillas, se le consideró sano. En promedio, las diferencias de ambas rodillas fueron de 0.66 y la moda, de 1 mm.
- Las desviaciones estándar fueron de 2.645 para la pierna derecha y 2.91 para la izquierda. Finalmente, para delta, la desviación estándar fue de 0.707.

Durante la realización del estudio, se tuvo la oportunidad de analizar a un sujeto con una rotura franca del LCA en un quirófano, previamente a su cirugía reconstructiva. Al estar la persona en un estado de sedación, se eliminó el factor de resistencia refleja que el mismo paciente tiene al momento de realizar la maniobra. De esta manera, fue posible realizar el procedimiento completo con datos mucho más precisos tanto para KT1000 como para el pivote.

Tabla 1. Se muestran todos los parámetros de cada paciente, tanto caso como control. Adicionalmente, se presenta el caso número diez, que representa al sujeto con rotura franca de LCA y todos sus datos obtenidos durante el estudio.

	Casos					Controles				
	Género	Edad	kt1000 PD	kt1000 PI	dif kt1000	Género	Edad	kt1000 PD	kt1000 PI	dif kt1000
1	Fem	45	9 mm	5 mm	4	Fem	47	3 mm	3 mm	0
2	Fem	45	2 mm	6 mm	4	Fem	48	5 mm	5 mm	0
3	Fem	17	6 mm	12 mm	6	Fem	18	4 mm	4 mm	0
4	Fem	28	12 mm	5 mm	8	Fem	29	4 mm	3 mm	1
5	Fem	48	3 mm	8 mm	5	Fem	49	6 mm	8 mm	2
6	Masc	71	5 mm	1 mm	4	Masc	75	5 mm	4 mm	1
7	Fem	74	7 mm	2 mm	5	Fem	73	5 mm	4 mm	1
8	Masc	53	6 mm	1 mm	5	Masc	53	12 mm	12 mm	0
9	Fem	24	10 mm	2 mm	8	Fem	25	4 mm	5 mm	1
Promedio		45	6.66	4.66	5.44			46.33	5.33	5.33
Desviación estándar		19.7	3.3	3.6	1.5			19.8	2.6	0.66
Caso franco de rotura de LCA										
Paciente	Género		Edad		kt1000 PD			kt100 PI		dif kt1000
10 rotura franca de LCA	Masc		Aprox. 30 años		6 mm			15 mm		9 mm

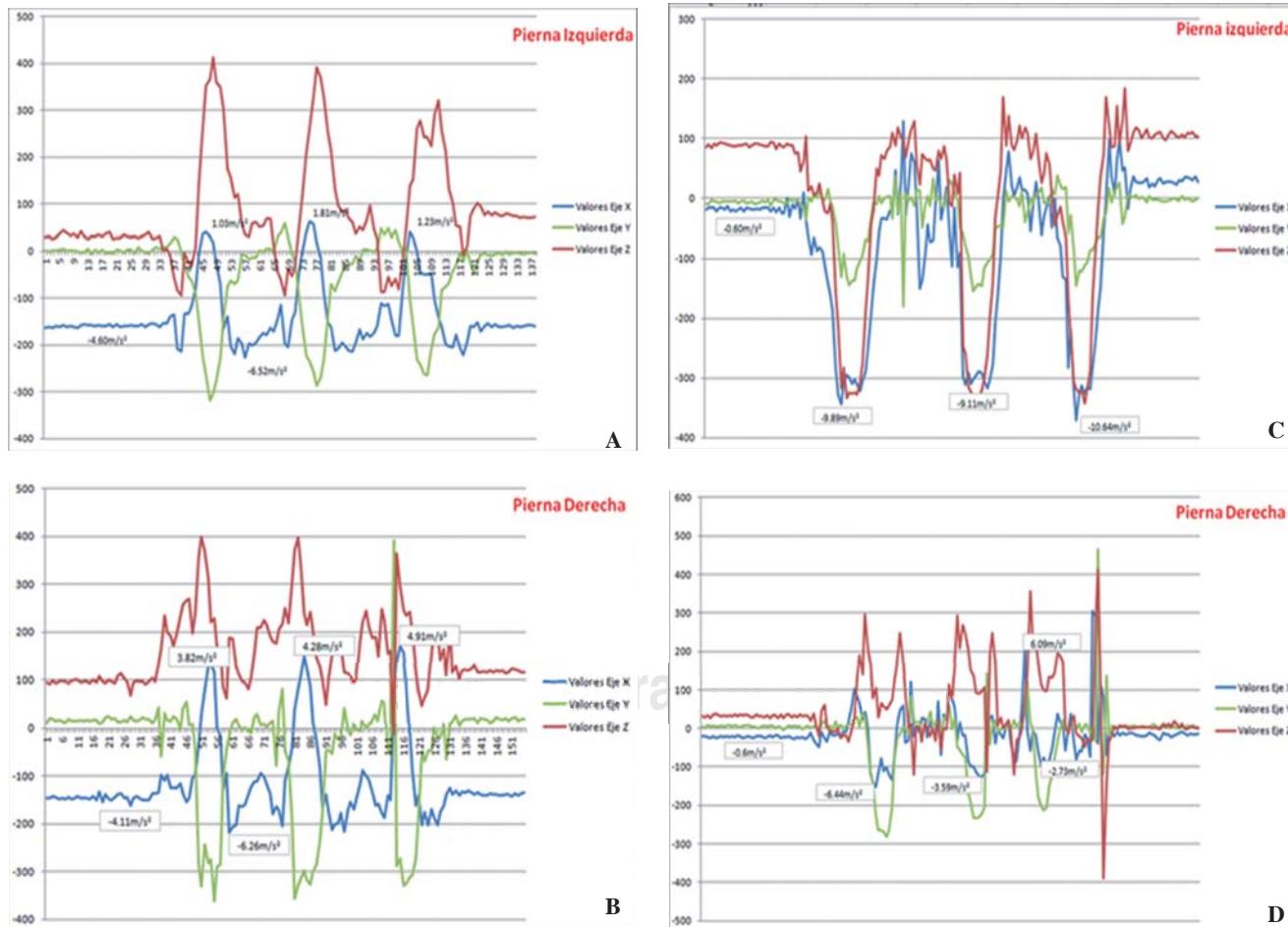


Figura 1. Gráficas de dos pacientes, un caso (A y B) y un control (C y D). En ambas gráficas se encuentran los tres ejes (X, Y, Z) en que se graficó la maniobra y se agregan los valores del eje «X», el cual resulta ser el más representativo.

Los resultados en la *tabla 1* muestran una diferencia en los KT1000 entre cada pierna de aproximadamente 9 mm, siendo la pierna derecha (6 mm) la rodilla sana y la izquierda (15 mm) la lesionada. Estos datos muestran un K1000 positivo a la rotura del ligamento, confirmándolo mediante el estándar de oro.

Posteriormente, se realizó un análisis de los datos obtenidos con la telemetría del pivote de los mismos individuos. Al llevar a cabo esta comparación, se tomaron como ejemplo dos de los sujetos más representativos, un caso y un control, para un estudio más específico de cada uno. Además, para este análisis, se tomaron en cuenta las unidades que muestra el programa tras hacer la maniobra con los acelerómetros. Estas unidades fueron posteriormente transformadas a metros sobre segundo al cuadrado (m/s^2) para tener resultados más precisos.

Primeramente, se muestra caso versus control en la *figura 1*, donde se presentan ambas gráficas de cada uno y en cada una se señalan los valores del eje «X», que resulta ser el más representativo de los tres ejes en que se graficó. Se puede apreciar que aunque el caso hace patente un KT1000 positivo, no arroja una gran diferencia en aceleración ni un gráfico demasiado irregular con respecto al eje «X» al compararlo con su respectivo control; se puede ver que aunque existe una gran diferencia entre ambos pares de gráficas, éstos parecen ser gráficos normales. Se muestran tres «picos» máximos y mínimos, los cuales representan las tres repeticiones de la maniobra. En los gráficos del paciente presentado como caso, se muestran pequeñas irregularidades en el eje «X» y «Z»; sin embargo, éstas aún parecen ser relativamente normales y semejan ligeramente las de su respectivo control.

Cabría esperar que el individuo que se presenta como caso tuviera alguna lesión por su resultado de KT1000 de la rodilla derecha y las ligeras anormalidades o «muescas»

que presenta el gráfico en los llamados «picos» máximos. Aun así, el sujeto no presentaba molestias en ninguna rodilla y tenía un motivo de consulta no relacionado con el estado del LCA. No se observaron diferencias claras al comparar las gráficas de las personas presentadas como caso y control.

Posteriormente, se incluyó al paciente con la rotura franca del LCA de la rodilla izquierda. Se hizo el mismo análisis al convertir las unidades que se mostraban en sus gráficos en m/s^2 y se observó la diferencia en aceleración del eje «X», que tomamos como representativo. A diferencia de los casos y los controles, este individuo no fue comparado con otro sujeto sano, sino que su rodilla izquierda lesionada sirvió como caso y su rodilla derecha (sana) fue tomada como control, convirtiéndose así en control interno.

La explicación para esto fue que cada persona es diferente anatómica, fisiológica y sicológicamente. Cada uno tiene un estilo de vida definido que repercute en su estado de salud, ya sea de buena o mala manera. Por definición, dos personas jamás serán 100% iguales, así que por muy similares que sean, no sería adecuado comparar a un paciente con otro.

Una vez establecido esto, se procedió a realizar la comparación entre ambas rodillas. En la *figura 2* se muestran ambas gráficas con sus respectivos valores representativos del eje «X». Cabe destacar que una diferencia entre ambas gráficas es que la que corresponde a la pierna derecha sólo muestra tres «picos», que representan tres maniobras en esa pierna; por otro lado, la de la pierna izquierda (lesionada) muestra cuatro «picos», que representan cuatro maniobras realizadas en esa rodilla. Dentro de la gráfica de la rodilla izquierda, también se encuentran dos elementos relativamente únicos que podrían aparecer en otros gráficos, pero no tan marcados como en este caso, que es una franca lesión de LCA. Estos elementos fueron clasificados como

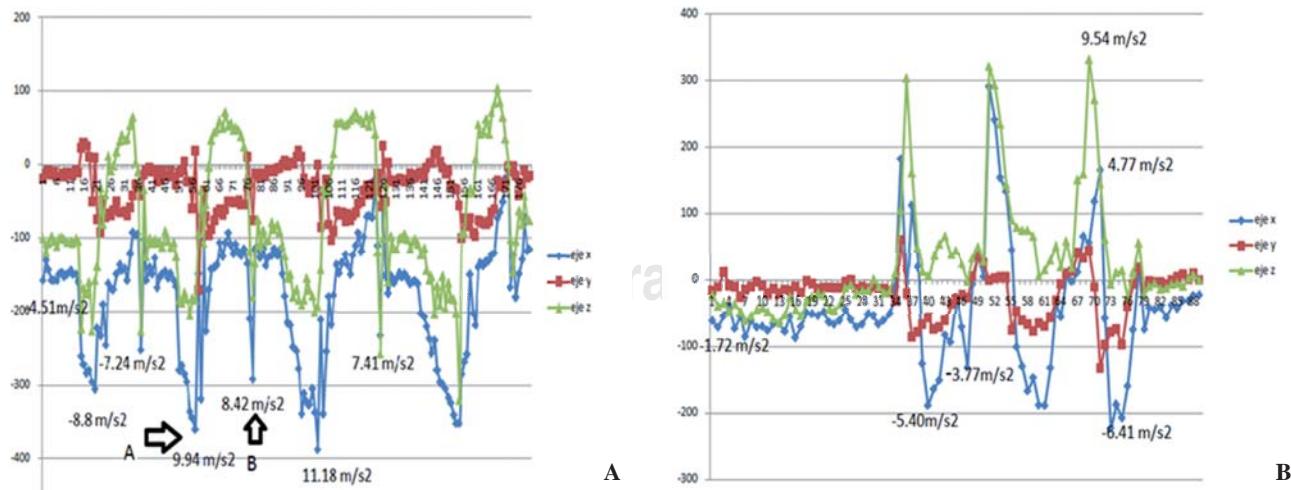


Figura 2. Comparación de ambas gráficas del paciente con rotura del ligamento cruzado anterior. La rodilla derecha (B) muestra solamente los valores del eje «X», mientras que en la rodilla izquierda (A) se muestran la punta A y la punta B, así como los valores representativos de la aceleración para el eje de las «X».

«punta A» y «punta B» en otro artículo realizado por el Dr. Edmundo Berumen Nafarrate, Carlos Vega Nájera, y colaboradores, quienes describen que «El trazo en punta B se interpreta como la aceleración provocada por el roce entre cóndilo femoral y faceta articular tibial al instante en el que la subluxación se reduce a su posición anatómica».

De esta manera, se considera importante el hallazgo de dichas «puntas», que sólo se presentan cuando el LCA está roto. Hay que mencionar que el paciente tenía un KT1000 positivo, ya que en su rodilla izquierda (lesionada) era de 15 mm, mientras que en la derecha (sana) era de 6 mm. Esto nos da una diferencia de 9 mm, lo que significa que es positivo ante nuestro estándar de oro. Esto, aunado al hallazgo de las puntas en los gráficos, nos representa una probabilidad de demostrar la diferencia entre un gráfico «normal» y uno en el que se muestra una rotura franca mediante algunas diferencias tanto en la morfología como en los datos obtenidos.

Discusión

Por el momento, el proyecto y desarrollo de una herramienta adecuada para medir la maniobra del pivot aún está en la primera etapa; sin embargo, una vez que ésta ya esté completa y en funcionamiento adecuado, será posible la medición de la rotura del ligamento cruzado anterior con mayor precisión que con el KT1000, incluso eliminando la condición de indispensable de la RM o de la TC para el diagnóstico certero de dicha lesión.

Aún se encuentra en estudio la interpretación completa de las gráficas y su relevancia en el diagnóstico de lesión o rotura del LCA, pero una vez que se logre comprender el significado de éstas en su totalidad, habrá incluso posibilidad de darle un grado específico a toda lesión del LCA, no sólo si existe presencia de rotura o no, sino que se podrá considerar la graduación de la lesión, permitiendo expresar si la rotura es parcial o total. Además, esto sería un gran apoyo al momento de considerar las opciones terapéuticas para dicho padecimiento, permitiría al médico tratante seleccionar la técnica adecuada para la corrección quirúrgica de la rotura y considerar la utilización de restauración de uno o dos haces, así como el grado de evolución de la misma después de haber aplicado el tratamiento adecuado.

Bibliografía

1. Rotura del ligamento cruzado anterior de la rodilla. [citado 15 de marzo de 2014] Disponible en: <http://www.doctorlopezcapape.com/traumatologia-deportiva-rotura-ligamento-cruzado-anterior-rodilla.php>
2. López-Capapé D: Lesiones del ligamento cruzado anterior en el deportista. Folleto en pdf. pp. 10-20 [citado 15 de marzo 2014]. Disponible en: <http://www.doctorlopezcapape.com/docs/David-Lopez-Capape-Lesiones-Ligamento-Cruzado-Anterior-en-deportista.pdf>
3. Pereira MT, Nanni G, Roi GS: Epidemiología de las lesiones del ligamento cruzado anterior en el futbolista profesional. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2003; 20(96): 299-303.
4. León-Gaitán VV, et al: *Patología en traumatología del deporte*. 1a. Edición editorial. El cortijo Empresarial (Guatemala): 88-94 ISBN 978-9929-40-030-6.
5. Wheless CR: *Pivot shift test*. EUA: Textbook of Orthopaedics; 2012.