



II CAIM 2010
Segundo Congreso Argentino
de Ingeniería Mecánica
San Juan - Noviembre 2010

MEJORAS EN LA INSERCIÓN DEL LCP EN LA TÉCNICA INLAY POR VÍA ARTROSCÓPICA y RETRÓGRADA

Ufor R., Santander J., Yáñez A. ¹, Martel O. ¹, Souza E.

Departamento de Ingeniería Mecánica – Facultad Regional Gral. Pacheco Universidad Tecnológica Nacional - Av. Hipólito Irigoyen 288 Gral. Pacheco (B1617FRP), Bs. As. Argentina

Tel/Fax: +54-11-4740-5040 - E-mail: rufor@frgp.utn.edu.ar

¹ Dpto. Ingeniería Mecánica de la Universidad de Las Palmas, Campus de Tafira, 35017 Las Palmas de G.C., Islas Canarias, España

Área Temática: Biomecánica

RESUMEN

La Técnica de reparación de ligamento cruzado posterior, Inlay por vía artroscópica fue desarrollada por el Dr. Jorge Santander con quien colaboramos en el estudio mecánico del nuevo implante. Esta técnica permite que se resuelvan roturas del ligamento cruzado posterior utilizando los beneficios de la técnica Inlay tradicional pero lo novedoso fue poder resolverlo con la utilización de la artroscopia.

El desarrollo original realizado hace algunos años permitió que algunos profesionales puedan utilizar este método y lograr una mejora significativa para el paciente y para la técnica quirúrgica. Este trabajo pretende enunciar las mejoras obtenidas en el procedimiento quirúrgico y en el diseño del implante que permite ajustarse a las condiciones anatómicas de inserción. Básicamente el objetivo principal del trabajo es desarrollar cambios sobre el diseño inicial de la técnica quirúrgica y sobre el diseño del implante de tal forma que permita mejorar las condiciones de inserción del LCP sobre la tibia, mejorar las condiciones mecánicas del implante y mejorar la técnica quirúrgica.

Con el aporte del diseño y los ensayos mecánicos realizados entre los traumatólogos especialistas, los aportes del grupo de investigación biomecánica de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria - España y el grupo de estudio mecánico de implantes de la Facultad Reg. Gral. Pacheco de la Universidad Tecnológica Nacional - Argentina, se ha alcanzado mejorar las condiciones quirúrgicas y la fijación mecánica del sistema de reparación de LCP.

PALABRAS CLAVE: Ligamento Cruzado Posterior, Inlay Artroscopico, Ensayos Biomecánicos.

1. INTRODUCCIÓN

La lesión en el ligamento cruzado posterior de la rodilla, es una lesión relativamente común, y que se produce cuando uno de los dos ligamentos cruzados que se encuentran en el interior de la rodilla se corta. Esto ocasiona una inestabilidad en la rodilla, lo que puede provocar lesiones más severas en la persona que no tome los recaudos apropiados.

Las técnicas comúnmente utilizadas para la reparación de este ligamento en nuestro país son: la técnica del tornillo transtibial y la técnica Inlay. Estas técnicas pueden reparar la lesión producida, y su utilización depende de algunos criterios que consideran los profesionales a la hora de decidir cual de ellas usar.

En trabajos anteriores se ha presentado una técnica quirúrgica que resultó de investigar cuales eran las ventajas de de la Técnica Inlay y la técnica transtibial. De este trabajo resultó la utilización de un sistema de fijación denominado Inlay Artroscópico, ya que presentaba una fijación tibial del injerto que reemplaza al LCP similar al utilizado en la técnica Inlay pero la técnica de implantación es por vía artroscópica.

La técnica Transtibial presenta una notable ventaja quirúrgica, ya que puede ser abordada artroscópicamente, y como desventaja aparece una fijación por interferencia superficial con un tornillo y una curva muy pronunciada en la parte posterior de la tibia, elemento que genera un alto concentrador de tensiones debilitando la resistencia del injerto. La técnica Inlay presenta como ventaja una mejor fijación mecánica comparativamente con la técnica mencionada anteriormente [1 2] (aunque en algunos autores mantienen que las diferencias no son considerables [3]), pero como gran desventaja, presenta la dificultad de abordaje, debido a tener que trabajar en una zona de arterias y nervios importantes, y además del prolongado tiempo de cirugía requerido.

La técnica Inlay Arthroscopy logró unir las ventajas de ambas técnicas y propuso una alternativa que mejora las condiciones técnicas de implantación y mejora las características mecánicas.

Luego de ensayos en huesos animales, ensayos cadavéricos conducidos por el Dr. Jorge Santander y los ensayos mecánicos, se ha logrado avanzar en la técnica y la misma fue utilizada en nuestro país. El comienzo de utilización generó la aparición de oportunidades de mejora. Uno de ellos corresponde a buscar la correcta inserción del LCP en la tibia, lo que origina nuevas investigaciones acerca de la inserción del LCP en tibia, por otro lado, se pretende dimensionar los implantes de tal forma de disminuir el riesgo asociado a la metalosis. Por último, estas oportunidades de mejora implican rediseño de los implantes y de la técnica, de lo cual se desprende la necesidad de re-analizar las condiciones mecánicas del nuevo modelo.

2. MÉTODO

Hipótesis de diseño: El proceso es básicamente utilizar parte del tendón rotuliano o tendón cuadriceps de longitud adecuada, el cual es extraído del mismo paciente o utilizado de banco cadavérico, e insertarlo

en lugar del Ligamento Cruzado Posterior. En el fémur se fijará a través de algún sistema de fijación tradicionalmente utilizado para las técnicas de Hueso-tendón-hueso. En tibia se procederá a fijar el tendón en la zona posterior y sin pasar el tendón a través de algún túnel generado en la tibia.

Para ello, cuando se pensó en el sistema Inlay Artroscópico, se pensó en un sistema de instrumental que permita alojar desde la parte anterior de la rodilla un implante que contenga uno de los extremos del injerto, sujetado con suturas, el cual pudiese servir para aprisionar contra la tibia al injerto. Este sistema debería permitir llevar el implante hasta la zona de inserción del ligamento cruzado posterior en la tibia. Asimismo el instrumental debería permitir atravesar la zona intra – articular de la rodilla y luego descender en la parte posterior hasta alcanzar el lugar de inserción.

El instrumental debe asegurar que no se produzca una lesión en las arterias y nervios (poplíteo) que se encuentra a pocos milímetros de la zona de trabajo.

Una vez alojado en el lugar correcto el implante posterior con el extremo del injerto que reemplazaría al LCP, un tornillo que se colocaría desde la parte anterior de la rodilla tomaría el injerto y el implante posterior, permitiendo ajustar y presionarlo de tal manera que aprisione al injerto contra la tibia.



Fig. N° 1 – Esquema de fijación tibial del reemplazo del LCP por medio de la técnica Inlay Artroscópica Fotografía tomada sobre los dispositivos confeccionados por Yana Salud S.A.

La zona de inserción es uno de los lugares donde hemos concentrado este trabajo.

Se ha analizado la bibliografía y está claro que son muchos los autores que mencionan al doble fascículo en el LCP y su inserción diferenciada en las dos fases del LCP, el Anteromedial (AM) y Posteromedial (PM) [4].

Según lo manifestado por algunos autores, la inserción tibial del LCP es muy difícil de identificar y referenciar anatómicamente, ya que puede variar en diferentes especímenes, pero según lo manifestado por Goro Tajima, en la tibia la inserción se realiza para el Anteromedial a un $83,4\% \pm 3,4\%$ de la longitud antero-posterior tibial desde el margen anterior del plano tibial y a un $47,1\% \pm 1,9\%$ de la distancia medio-

lateral desde el margen medial del plano tibial. Análogamente para la inserción del fascículo posteromedial las relaciones son $95,5\% \pm 1,9\%$ y $43,8\% \pm 2,2\%$. [5]. Para identificar las longitudes mencionadas ver la figura No. 2.

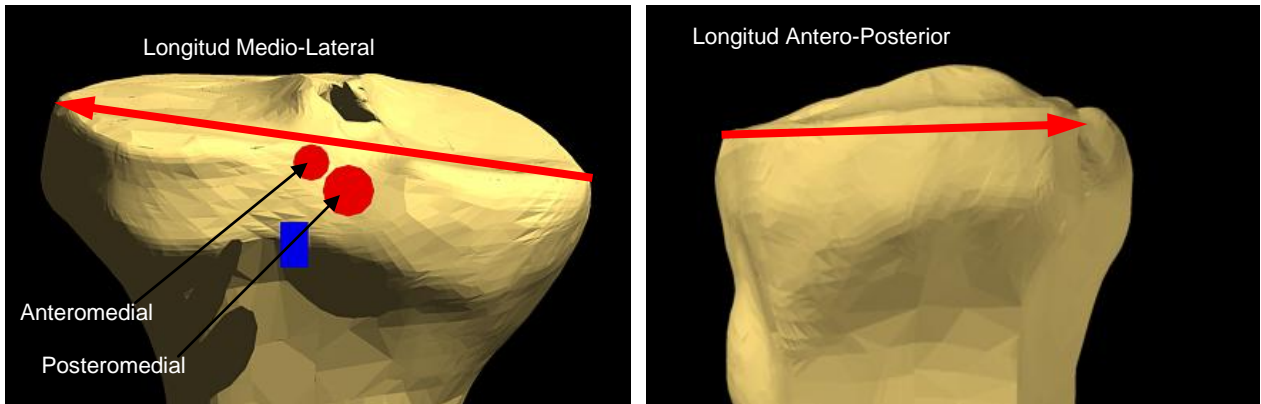


Fig. N° 2 – Determinación de las zonas de inserción del LCP en la Tibia.

Estas inserciones no son puntuales, sino que lo hacen en zonas que según estudios ocupan una superficie de $93,1 \text{ mm}^2 \pm 16,6 \text{ mm}^2$ para la inserción del fascículo Anteromedial y $150,8 \text{ mm}^2 \pm 31,0 \text{ mm}^2$ para el posteromedial.

Otros autores mencionan la inserción de las fibras principales del LCP en un plano sagital a 7 mm de la corteza posterior de la tibia. [6]

La figura No.3 muestra un corte sagital obtenido por una resonancia, donde se puede apreciar que la zona de inserción del LCP es además un plano inclinado aproximadamente 45° , por lo menos en la línea central.

Este análisis de la zona de inserción, generó modificaciones en el diseño de la técnica, ya que la inserción originalmente se realizaba en una zona mas posterior de la tibia (ver rectángulo azul en la figura 2), además se ajustó el diseño del implante para que el mismo fuera apto para la nueva zona de inserción y disminuya la posibilidad de generación de metalosis en el paciente.

Una vez que el diseño fue evaluado, desde el punto de vista teórico, es decir que las posibilidades de fabricación y las necesidades médicas fueran teóricamente satisfechas, se procedió a realizar ensayos en rodillas de vaca, rodillas plásticas y rodillas cadavéricas con los prototipos fabricados por la empresa Yana Salud S.A.

La seguridad de contar con un sistema de implantes e instrumentales que podían cubrir las necesidades iniciales, se realizó una serie de ensayos mecánicos que permitieron determinar algunas condiciones mecánicas a las que se encuentra sometido el implante, las cuales fueron soportadas a través del programa I-Deas por cálculo de elementos finitos.

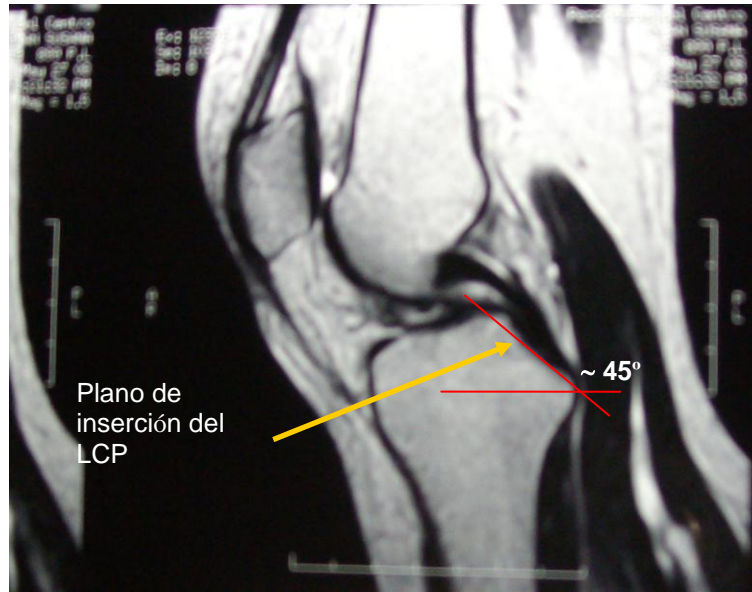


Fig. N° 3 – Resonancia facilitada por el Dr. Santander donde se puede observar un corte central sagital de una rodilla.

3. RESULTADOS

El trabajo realizado sobre los prototipos y en las rodillas cadavéricas permitió desarrollar una singular mejora en la técnica de fijación tibial en el reemplazo del LCP.

El reemplazo del LCP se realiza con una porción del tendón rotuliano ó cuadricipital el cual es alojado entre la placa y la tibia ente la zona de inserción del LCP. El tornillo que avanza desde la zona anterior y ajusta al injerto contra el hueso, ya que enrosca sobre la placa con una rosca izquierda, de tal forma que cuando se pretende extraer el tornillo desde la zona anterior el mismo se dirige a la zona anterior de la rodilla, pero enrosca sobre la placa y provoca el aprisionamiento del injerto.

El cambio mas significativo se realiza en la zona de inserción, como ya se mencionó, la inserción se realizaba en la zona posterior de la tibia indicado en el rectángulo azul de la figura 2, o como se visualiza en el modelo sobre hueso de plástico en la figura 1, mientras que ahora se busca alojar la placa con el injerto en las zonas determinadas por los círculos rojos de la figura 2.

Tal como se mencionó, estos dos círculos están separados y representan las zonas medias donde se insertan los fascículos del LCP. De acuerdo al diseño propuesto no hay posibilidad de insertar el doble fascículo en tibia, por tal motivo se busca la inserción en una línea que una los centros de cada área. Esta línea puede tener una longitud de $8,2\text{mm} \pm 1,3\text{mm}$. [7], lo que se busca es insertar el reemplazo del LCP en esta línea. A tal fin se ha tenido que re-diseñar la guía.

En la figura 4 se muestra en la fotografía uno de los ensayos realizados sobre huesos plásticos para analizar la factibilidad de inserción de la placa y el injerto en la zona posterior, mas precisamente en la

línea determinada por los centros de ambas zonas. Con este ensayo se determinó el diseño de la guía con el cual se hace pasar por la incisión anterior de la rodilla, el extremo de a guía con la placa y el injerto atado.

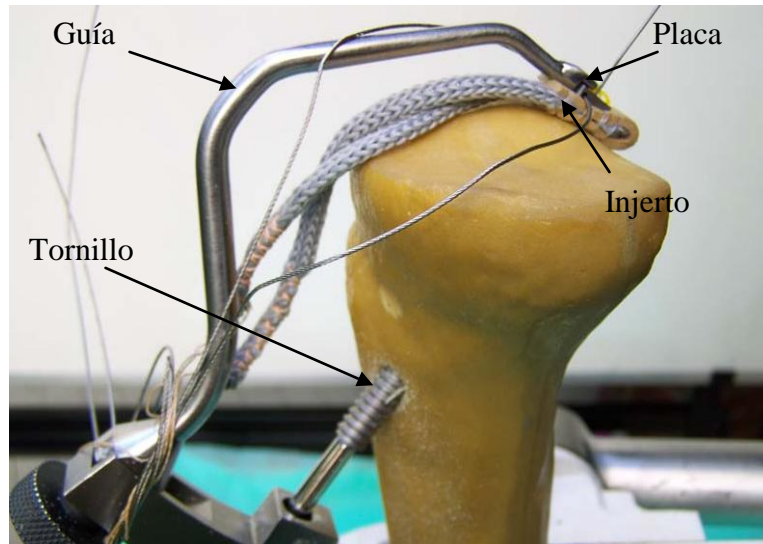


Fig. N° 4 – Ensayo con el nuevo sistema sobre modelo de tibia plástica. Sistema construido por Yana Salud S.A.

Básicamente, el cambio en la zona de inserción del LCP y el cambio en las dimensiones del implante posterior (plaquita), generan un nuevo diseño de la guía y por supuesto del propio implante. Como se puede apreciar en la figura No. 4, la guía presenta una geometría que permite de la manera mas sencilla posible alojar la plaquita junto con el injerto que luego será enroscada por el tornillo, en las zonas de inserción de los fascículos AM y PM. Por otro lado, el implante diseñado, permite mantener el sistema de fijación propuesto por la técnica Inlay Artroscópico original, pero se pensó en las dimensiones de tal forma que disminuya el riesgo de metalosis en el paciente y que no afecte anatómicamente, ya que su ubicación es más próxima a la zona intra-articular de la rodilla.

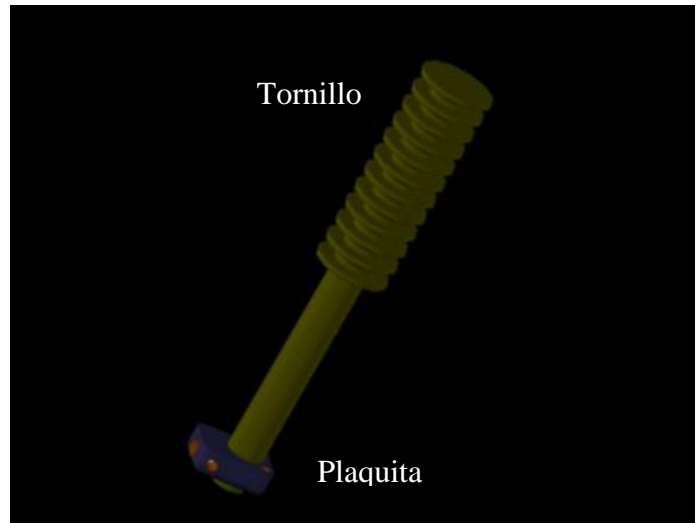


Fig. Nº 5 – En la figura se puede visualizar el diseño geométrico de los implantes a colocar para la fijación del LCP.

La fijación del injerto en la tibia, es un elemento de características mecánicas y que tendrá que soportar una cierta carga durante el tiempo que demore el tejido integrarse al hueso del paciente (aproximadamente 6 semanas), valor que puede variar en cada paciente y bajo ciertas condiciones de colocación.

Para verificar el comportamiento mecánico del implante antes que se produzca la integración ósea del nuevo ligamento al hueso, se ha diseñado la realización de un ensayo en la máquina de ensayos de tracción del Departamento de Mecánica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. El ensayo constó de un sistema que permitió sujetar una rodilla de cerdo a la cual se le había colocado un implante prototipo Inlay Arthroscopy y se encontraba sujetando un injerto obtenido del tendón rotuliano de la mismo animal, con un diámetro aproximado de 12 mm en los cuatro casos.

Las siguientes gráficas muestran dos de los ensayos realizados, donde se implantaron en rodillas de cerdo el nuevo implante con tendones del mismo animal, utilizados como los injertos que reemplazarían al ligamento cruzado posterior. Solamente se muestran estos casos ya que representan los mejores resultados alcanzados. La carga máxima que soportó el injerto ha sido de 820 N. Esto indica que el tendón respondió hasta este valor de carga, lugar donde comenzó a deformarse y desgarrarse hasta alcanzar la rotura total.

En todos los casos los implantes retirados, tanto el tornillo como la placa no presentaron deformaciones permanentes, con lo cual se evidencia que el soporte mecánico mas crítico del sistema lo constituye el tejido utilizado para el reemplazo del ligamento.

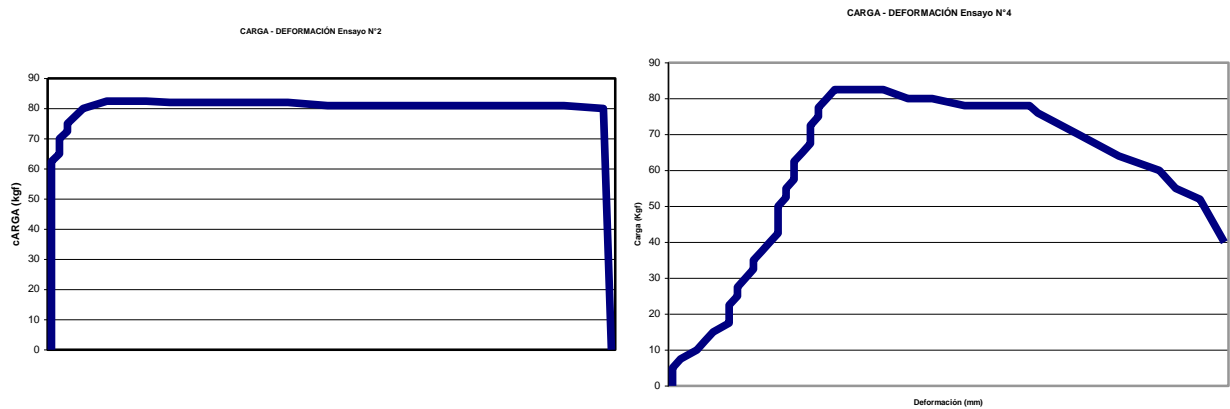


Fig. 6 - Gráficos de Cargas- Deformaciones de los ensayos 2 y 4 sobre rodillas de vaca.

Se puede evidenciar en cada uno de estos gráficos que la reacción de los injertos no ha sido similar en cada uno de los casos frente a la carga aplicada. En ambos casos la velocidad de carga ha sido inferior a 1,3 N/seg.

Si consideramos que un ligamento reconstruido en el cuerpo humano con injertos de su propia rodilla, debería estar en valores menores de carga a la rotura que para los tendones de cerdo con mayores diámetros, con lo cual es evidente que las cargas soportadas por el dispositivo mecánico, construido en Titanio no alcanzan a deformarlo y menos romperlo.

En la fijación de implantes para el reemplazo de Ligamento cruzado Posterior, se han realizado pruebas con cargas cíclicas de 50 a 300N [8], que aunque sean cíclicas corresponden a valores muy inferiores a los 820N que nos permitieron los injertos traccionar antes que se corten.

En virtud de verificar que podría estar sucediendo en el tornillo que soporta la placa con la carga de 820 N, se realizó un estudio a través de la simulación de cargas, en el programa Ideas de estudio por elementos finitos.

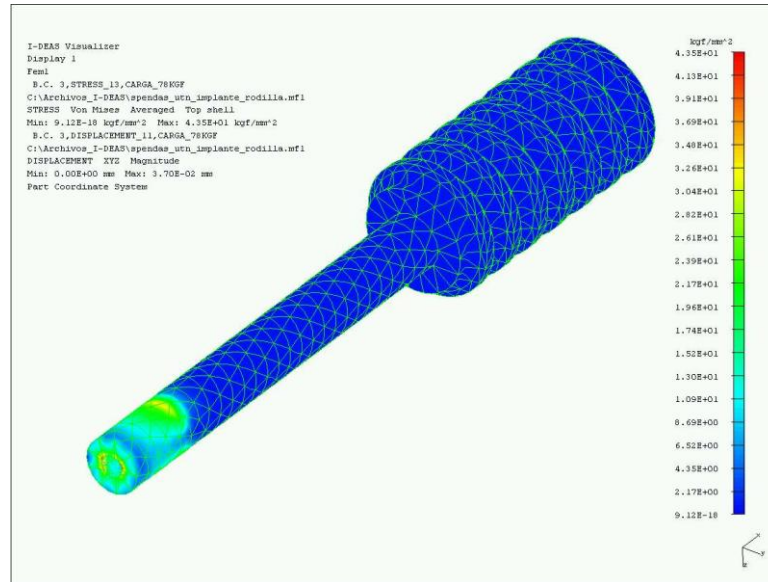


Fig. N° 7 – Gráfico de análisis por elementos finitos del tornillo del implante Inlay Arthroscopy.

En la figura N° 7 se observa que las máximas tensiones pueden estar aplicadas en la zona donde el tornillo sobresale del hueso en la parte posterior de la tibia. En este caso se consideró al tornillo como si estuviese empotrado en toda la longitud que se encuentra dentro del hueso, aunque sabemos que la estructura ósea no es una estructura de rigidez homogénea, mas bien todo lo contrario y que es altamente probable que en algunos sectores la rigidez sea menor a la del tornillo de Titanio.

En este caso el tornillo presentó una tensión máxima promediada según la teoría de Von Mises, alrededor de 460 N/mm², cuando sabemos que la tensión de fluencia del Titanio Grado 5 es de 750 N/mm².

4. CONCLUSIONES

Los aportes realizados desde el diseño mecánico basados en la experiencia del Dr. Santander en las cirugías de reparación de LCP, trabajos previos y en publicaciones científicas, han permitido alcanzar la mejora de una técnica quirúrgica que proporciona bondades en la inserción del LCP y la técnica para su implantación.

La viabilidad para la aplicación práctica de la cirugía está en evolución y uno de los pilares que permiten fundamentar esta evolución ha sido el resultado de los ensayos mecánicos que permiten asegurar la funcionalidad del sistema.

Cabe aclarar que a la fecha de presentación de este trabajo, algunos profesionales han realizado pruebas cadavéricas, obteniendo resultados satisfactorios desde el punto de vista mecánico de la técnica, pero que se han presentado problemas para lograr una adecuada limpieza de la zona de inserción.

R. Ufor / Mejoras en la Inserción del LCP en la Técnica INLAY por vía Artroscópica y Retrógrada.

5. REFERENCIAS

-
- ¹ Margheritini, Fabricio MD, y otros. Biomechanical Comparison of Tibial Inlay versus Transtibial Techniques for posterior cruciate ligament Reconstruction. The American Journal of Sport Medicine 2004; 32: 587 – 593.
 - 2 Markolf Keith PhD, y otros. Cyclic Loading of Posterior Cruciate Ligament replacements fixed with tibial tunnel and Tibial Inlay Methods. The Journal of Bone and Joint Surgery. 2002; 84A; 4:518 – 523.
 - 3 Oakes Daniel MD, y otros. Biomechanical comparison of Tibial Inlay and Tibial Tunnel Techniques for Reconstruction of the posterior cruciate Ligament. The Journal of Bone and Joint Surgery. 2002; 84A; 6:938 – 943.
 - 4 Forsythe Brian et al. Topography of the Femoral Attachment of the Posterior Cruciate Ligament. The Journal of Bone and Joint Surgery. 2009 suppl 2 (Part 1): 89-100.
 - 5 Goro Tajima, MD, PhD et al. Morphology of the Tibial Insertion of the Posterior Cruciate Ligament. The Journal of Bone and Joint Surgery. 2009;91:859-866.
 - 6 Claude Moorman III, MD et al. Tibial Insertion of the Posterior Cruciate Ligament: A Sagittal Plane Analysis Using Gross, Histologic, and Radiographic Methods. The Journal of Arthroscopy and Related Surgery. Vol 24 No 3 (march), 2008 pp 269-275.
 - 7 Goro Tajima, MD, PhD et al. Morphology of the Tibial Insertion of the Posterior Cruciate Ligament. The Journal of Bone and Joint Surgery. 2009;91:859-866.
 - 8 Markolf Keith PhD, y otros. Cyclic Loading of Posterior Cruciate Ligament replacements fixed with tibial tunnel and Tibial Inlay Methods. The Journal of Bone and Joint Surgery. 2002; 84A; 4:518 – 523.