

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2015

MEMORIA DEL PROYECTO Nº XX

1. DATOS DEL PROYECTO

Título: Caracterización mecánica y optimización numérica del comportamiento biomecánico de las reconstrucciones del ligamento cruzado anterior mediante tornillo interferencial.

Investigador/a/es responsable/es: Inés Peñuelas Sánchez

Tfno: 985181980

E-mail: penuelasines@uniovi.es

Otros investigadores: Cristina Rodríguez González, Antonio Maestro Fernández, Tomás García Suárez, Mónica Pérez Foyedo.

Empresas o instituciones colaboradoras: Clínica Cemmar (Centro de Especialidades Médicas Maestro y Rodríguez). La Clínica Cemmar, ubicada en Gijón, está especializada en Traumatología y Cirugía Ortopédica así como en Medicina del Deporte. El Doctor Antonio Maestro Fernández colabora desde hace años con este grupo investigador en la búsqueda de soluciones reconstructivas en intervenciones quirúrgicas de rodilla. En la actualidad se colabora con él en otros proyectos y su disponibilidad siempre es total, trabajando en conjunto de forma dinámica y permitiendo adaptarse en cada momento a los cambios que van surgiendo durante la realización de las colaboraciones.

En el presente proyecto el Dr. Maestro ha proporcionado material quirúrgico y biológico para la caracterización mecánica y ha asesorado en cuestiones quirúrgicas. Su participación en el presente proyecto es indispensable para que el mismo se pueda llevar a cabo.

2. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

2.1 Resumen ejecutivo

La intervención para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) puede realizarse utilizando dos posibles sustitutos del ligamento: los obtenidos del propio paciente y los denominados autoinjertos. Los primeros se obtienen del tendón del músculo semitendinoso, del recto interno o del ligamento rotuliano, mientras que los segundos son obtenidos de cadáveres. La utilización de los diferentes grupos de tendones no ha mostrado diferencias significativas en la calidad de la reconstrucción LCA, por lo que las variables principales que determinarán el éxito de la misma habrá que buscarlas entre la experiencia del cirujano, la curva de aprendizaje, la técnica quirúrgica o el tipo de fijación. Al ser nulas las diferencias entre el tipo de injerto a utilizar en la reconstrucción del LCA, y dado que las técnicas quirúrgicas se encuentran muy estudiadas y estandarizadas, la variable principal de éxito de la reconstrucción estriba en el tipo de fijación utilizada. Es muy habitual el uso de sistemas de fijación intratúnel mediante tornillos interferenciales, si bien existe la duda respecto a la fijación directa que este tipo de tornillos produce entre la plastia y el túnel óseo. El principio básico y primordial es la máxima compresión de dicha plastia contra el hueso, pero sin producir la

rotura de la misma por aplastamiento, sección con el filete del tornillo, etc. El equilibrio para lograr la máxima compresión con el mínimo daño en el tendón se consigue jugando con las variables diámetro de tornillo, diámetro de túnel y diámetro de plastia, entre otras. Dado que el diámetro de la plastia viene impuesto por el paciente, para una plastia dada serán las geometrías y configuración del tornillo y túnel, algunas de las variables fundamentales en la consecución de un grado de fijación óptimo.

Una mejora en las reconstrucciones LCA se traducirá en importantes beneficios para todos los pacientes que se ven sometidos a este tipo de intervenciones, en especial deportistas cuya recuperación es un factor clave para su futura práctica deportiva, como es el caso de futbolistas tanto amateurs como profesionales o esquiadores, entre otros, en los que este tipo de lesiones son muy frecuentes.

En el proyecto llevado a cabo por el equipo investigador en 2014, se determinó la geometría y configuración idóneas de túnel y tornillo para un diámetro de plastia dado. Para ello se evaluó el comportamiento biomecánico del conjunto hueso-plastia-fijación, mediante análisis numérico por elementos finitos (MEF) y se comparó con resultados experimentales obtenidos a partir de muestras in vitro de reconstrucciones llevadas a cabo con diferentes relaciones de diámetro tornillo/túnel.

La estrecha colaboración entre el Dr. Maestro y el equipo Investigador desde hace años, se ha traducido en la realización de un amplio programa experimental en el que se han obtenido numerosos datos y resultados muy interesantes. No obstante, el gran número de variables que intervienen en la óptima consecución de una reconstrucción LCA, hace inviable su estudio únicamente mediante técnicas experimentales.

Con este nuevo proyecto se pretende desarrollar modelos de comportamiento de hueso-plastia-fijación a partir de un amplio y ambicioso programa experimental. Esta caracterización va a permitir llevar a cabo simulaciones mucho más precisas de la reconstrucción de LCA mediante tornillo interferencial y optimizar la fijación para cada caso particular.

Dentro del programa experimental, se realizarán ensayos de caracterización mecánica de los diferentes materiales que componen la unión, así como ensayos del comportamiento del conjunto. Para ello se dispondrá de tendones y huesos extraídos de rodillas de cerdo (por su similitud a las humanas), así como de tornillos interferenciales comerciales utilizados en las reconstrucciones reales. En lo que respecta a las técnicas numéricas, se utilizará el software comercial de elementos finitos ABAQUS.

2.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

El objetivo fundamental del proyecto es la modelización y simulación numérica 3D de la geometría y configuración idóneas de túnel y tornillo a utilizar en cada reconstrucción LCA para un diámetro de plastia dado (a partir de los resultados obtenidos mediante el proyecto llevado a cabo en 2014 sobre análisis 2D), y del comportamiento biomecánico del conjunto hueso-plastia-fijación, mediante análisis numérico utilizando el método de los elementos finitos (MEF).

Por otra parte se pretende caracterizar mecánicamente los distintos elementos que intervienen en la reconstrucción del LCA, es decir, de hueso, plastia y tornillo interferencial. Para ello se dispondrá de muestras in vitro de todos los elementos que conforman la unión, así como de muestras de reconstrucciones llevadas a cabo con diferentes relaciones de diámetro tornillo/túnel. Una vez caracterizados los materiales biológicos, se incorporarán al modelo de elementos finitos, de cara a verificar la validez del mismo para la simulación del

comportamiento real de reconstrucciones LCA. La combinación de las técnicas experimentales y numéricas, permitirá optimizar la reconstrucción para cada caso particular.

Como consecuencia del retraso sufrido en la financiación del proyecto (contratación del personal), el proyecto está todavía en su fase media de ejecución. Por ello el grado de consecución de los objetivos planteados es del 40%. Queda todavía pendiente llevar a cabo los ensayos con material biológico, en el laboratorio de Mecánica de Medios Continuos de la EPIG. No obstante, la persona contratada para llevar a cabo parte del proyecto, está en la actualidad realizando su Trabajo Fin de Máster en el mismo, y se espera que los resultados sean alcanzados al 100% en Junio.

2.3 Tareas realizadas

Durante la ejecución del proyecto, hasta la fecha se han realizado las siguientes tareas:

- 1) Estudio bibliográfico.
- 2) Búsqueda de modelos tridimensionales de fémur y tibia para su posterior adaptación al software de elementos finitos.
- 3) Modificación de modelos numéricos de tendón para su utilización como injerto en el proceso de reconstrucción.
- 4) Modificación de la geometría de túnel y tornillo.
- 5) Análisis numérico del comportamiento mecánico del conjunto hueso-plastia-fijación.

Además de los miembros del equipo investigador, para la realización de estas tareas se ha contado la colaboración del Doctor Antonio Maestro.

El grado de ejecución del proyecto es del 40%.

2.4 Resultados obtenidos

Los principales resultados obtenidos mediante el presente proyecto hasta la fecha, se resumen en los siguientes:

- 1) La modelización y análisis tridimensional del conjunto hueso-plastia-fijación presenta numerosos problemas debidos a la falta de reconocimiento topográfico del software de cálculo, de las geometrías importadas desde programas de modelado sólido. Estos problemas hacen necesario un importante tratamiento de los modelos geométricos para que sean susceptibles de ser mallados dentro del software de Elementos Finitos.
- 2) Las simulaciones 3D presentan numerosas complicaciones en cuanto a los contactos entre las distintas superficies, ya que los grados de deformación y las tensiones existentes entre tornillo y tendón y entre tornillo y hueso son de órdenes de magnitud diferentes.
- 3) El material utilizado para el tornillo interferencial (Titanio, Ácido Poliláctico (PLA) y Polieteréteracetona (PEEK)) influyen enormemente en el comportamiento de la reconstrucción.

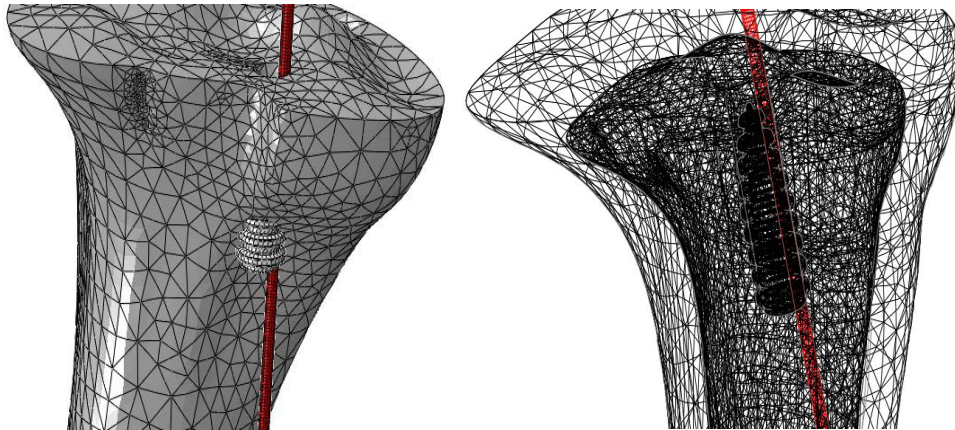


Figura 1: Modelo 3D de tibia, tornillo y tendón

4) En lo que respecta a la caracterización experimental, se ha decidido utilizar tibias de cerdo y tendones de cerdo del dedo gordo de la pata delantera izquierda de cerdas, con pierna de 13 kg para realizar los ensayos, aunque todavía no se han podido llevar a cabo.

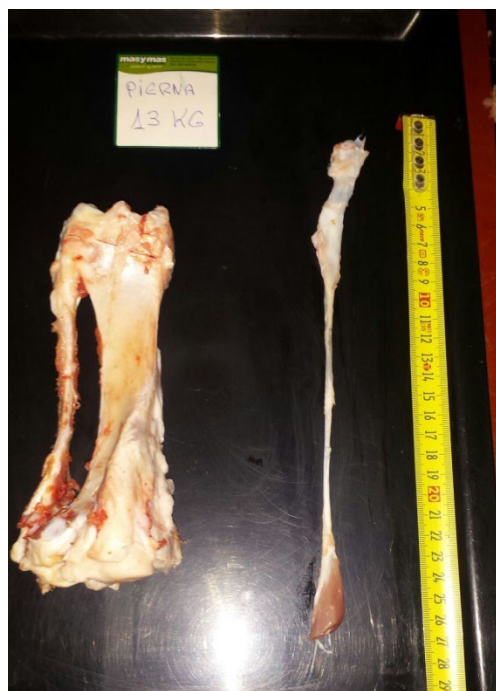


Figura 2: Muestras biológica tipo a utilizar en los ensayos

2.5 Trabajos o necesidades futuras

Como continuación lógica del proyecto, y a tenor de los interesantes resultados obtenidos, se pretende seguir con la caracterización mecánica de los distintos elementos que intervienen en la reconstrucción del LCA, es decir, de hueso, plastia y tornillo interferencial. Para ello se analizarán nuevas muestras in vitro de todos los elementos que conforman la unión, así como de muestras de reconstrucciones llevadas a cabo con diferentes relaciones de diámetro tornillo/túnel. Por otra parte, y tras determinar la geometría y configuración idóneas de túnel y tornillo a utilizar en cada reconstrucción LCA para un diámetro de plastia dado (a partir de los

resultados obtenidos mediante el proyecto llevado a cabo en 2014), se procederá a la modelización y simulación numérica de estos elementos y del comportamiento biomecánico del conjunto hueso-plastia-fijación, mediante análisis numérico utilizando el método de los elementos finitos (MEF). La combinación de las técnicas experimentales y numéricas, permitirá optimizar la reconstrucción para cada caso particular.

2.6 Divulgación de los resultados (publicaciones, artículos, ponencias...)

Los resultados obtenidos en el proyecto llevado a cabo en 2015, se presentarán en el congreso internacional 15th European Society for Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy Conference (ESSKA 2016), que se realizará en mayo de 2016, bajo el título "Engineering view of the effect of size ratio and type of interference screw used in ACL reconstruction".

3. MEMORIA ECONÓMICA

Financiación		Personal	Inventariable	Fungible	Otros gastos
IUTA	SV-15-GIJÓN-1.	4.500 €			
Otras fuentes	Referencia proyecto/contrato				
Estudiante con ayuda a la investigación	Nombre	MÓNICA PÉREZ FOYEDO			
	Tareas	Está participando activamente en todas las actividades y tareas del proyecto. El mayor tiempo lo está dedicando a la realización de las simulaciones numéricas, gestión de resultados y análisis de los mismos.			
	Período	DEL 1 DE SEPTIEMBRE AL 31 DE DICIEMBRE			

4. OTROS PROYECTOS Y CONTRATOS CON FINANCIACIÓN EXTERNA

Título del proyecto/contrato	
Referencia	
Investigador/a/es principal/es	
Equipo investigador	
Periodo de vigencia	
Entidad financiadora	
Cantidad subvencionada	