

DESARROLLO DE UNA NUEVA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN MECÁNICA DE CARTÍLAGO ARTICULAR

*Ignacio Bermejo Bosch**, *José Luis Peris Serra**,
*Carlos M. Atienza Vicente**, *José María Carrillo Poveda***,
*Iván Serra Aguado***, *Carme Soler Canet***,
*Ramón Cugat Bertomeu****

*Instituto de Biomecánica de Valencia

** Departamento de Medicina y Cirugía Animal de la
Universidad Cardenal Herrera-CEU

***Artroscopia G.C.

EL INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA (IBV) HA DESARROLLADO Y PUESTO EN práctica una nueva metodología para la evaluación mecánica de cartílago articular. El protocolo diseñado ha permitido comparar las características mecánicas del cartílago articular sano con las del cartílago tratado con plasma rico en factores de crecimiento y con suero salino fisiológico.

Development of a new methodology for articular cartilage's mechanical evaluation

Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) developed and updated a new method for assessing the biomechanical properties of knee articular cartilage. The designed protocol has allowed to compare mechanical behaviour of healthy cartilage with articular cartilage treated by plasma rich in growth factors and physiological saline serum.

INTRODUCCIÓN

El cartílago articular, pese a ser un tejido metabólicamente activo, posee una limitada capacidad de reparación. Algunas lesiones traumáticas y osteoartríticas degenerativas provocan la degradación del cartílago y la destrucción de la superficie articular, requiriendo en la mayoría de casos un reemplazo total o parcial de la articulación para eliminar el dolor y restaurar la movilidad.

La aplicación de los factores de crecimiento abre expectativas muy esperanzadoras para el tratamiento de las patologías del cartílago articular. Dichos factores de crecimiento, también conocidos como citoquinas, son proteínas que regulan procesos celulares fundamentales para la regeneración tisular, son obtenidos de la sangre del propio individuo, son autólogos, no provocan reacciones inmunológicas y favorecen la regeneración tisular.





A



B

Figura 1. Detalle de las zonas de estudio. A: Cartílago articular sano; B: Zona del cartílago articular en el que se observa el defecto provocado.

Hasta el momento no se han realizado estudios capaces de medir cuantitativamente el comportamiento del cartílago regenerado con estas novedosas técnicas y, por tanto, no se conocen datos objetivos que evalúen la calidad de estos “nuevos” tejidos. Por ese motivo, el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) junto con el Departamento de Medicina y Cirugía Animal de la Universidad Cardenal Herrera-CEU (encargado de la definición, puesta a punto y realización de la fase clínica y diseño de experiencias) han desarrollado y puesto en práctica una metodología capaz de evaluar el comportamiento mecánico del cartílago articular de conejo regenerado mediante el uso de plasma rico en factores de crecimiento (PRFC) y suero salino fisiológico (PCB) comparando su comportamiento con el cartílago articular sano (Figura 1).

METODOLOGÍA EMPLEADA

El objeto del estudio fue obtener valores cuantificables de cartílagos sanos y regenerados mediante diferentes tratamientos, que permitiesen comparar de forma objetiva sus diferentes características mecánicas. El problema de evaluar mecánicamente un cartílago estriba en el hecho de que es un material viscoelástico, es decir, es un tejido en el que la tensión inicial para producir una deformación constante disminuye a lo largo del tiempo. En el presente estudio, se obtuvo la respuesta instantánea y en equilibrio de materiales viscoelásticos, y para representar su comportamiento se seleccionó el modelo homogéneo elástico-lineal. Este modelo queda caracterizado con el coeficiente de Poisson (ν), el módulo de Young (E) y el módulo a cortante (G) del material, parámetros que fueron determinados en el estudio.

El módulo de Young o el coeficiente a cortante de materiales viscoelásticos pueden ser evaluados, siempre y cuando, el coeficiente de Poisson sea asumido o calculado mediante técnicas experimentales. Hasta el año 2004, en los estudios relacionados con este tema se realizaban ensayos de compresión y/o torsión para el cálculo del coeficiente de Poisson y ensayos de indentación para el cálculo del resto de parámetros. Fueron Jin y Lewis (2004) quienes desarrollaron

una metodología que permite obtener los tres parámetros anteriormente citados sin necesidad de realizar ensayos de compresión ni torsión. La metodología seguida por el IBV se basa en la utilizada por Jin y Lewis (2004), que requiere la realización de dos ensayos de indentación sobre la misma muestra y zona, donde los indentadores utilizados fueron de distinto diámetro. Con los registros de carga obtenidos es posible calcular las diferentes características mecánicas de los cartílagos ensayados.

Descripción de la muestra

El Departamento de Medicina y Cirugía Animal de la Universidad Cardenal Herrera-CEU fue el centro encargado de la definición del grupo experimental, del diseño de la experiencia (periodos de sacrificio) y de la realización de la cirugía.

El animal experimental seleccionado fue el conejo de Nueva Zelanda. A todas las muestras, exceptuando a las del grupo de control, se les produjo una lesión de 5 mm de diámetro por 4 mm de profundidad en el cóndilo femoral medial que posteriormente fue tratada con PRFC o PCB.

Las muestras ensayadas fueron 35 cóndilos femorales de conejo sacrificados a las 5 y 8 semanas, 12 de ellos sanos (control), 12 tratados con PRFC y 11 tratados con PCB.

Pasos para la realización del ensayo

- Inicialmente se fijó cada muestra en un recipiente cilíndrico mediante polimetil metacrilato (PMMA).
- Se realizaron dos ensayos de indentación con indentadores de distinto radio sobre cada muestra (Figura 2), registrando la disminución de la carga de compresión necesaria para producir una deformación constante a lo largo del tiempo. Este comportamiento típicamente viscoelástico se puede observar en el gráfico de la figura 3.
- Seguidamente, se midió el espesor del cartílago de la zona adyacente al defecto mediante técnicas de análisis de imagen.

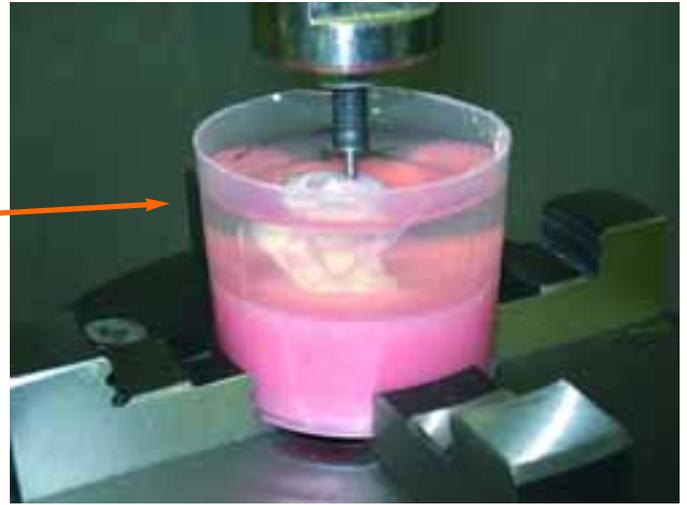
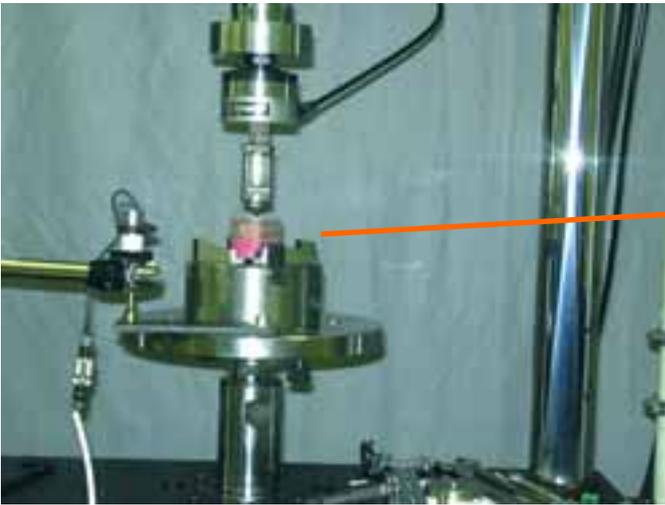


Figura 2. Configuración de un ensayo de indentación.

- A partir de los resultados obtenidos y mediante un proceso iterativo, se calculó el coeficiente de Poisson en cada instante de tiempo (1200 s).
- Finalmente, se calculó el módulo de Young y el módulo a cortante a partir de las ecuaciones que regulan el modelo homogéneo lineal-elástico.

diferentes valores de rigidez, y los valores de carga máxima para cada uno de ellos. Sin embargo, la información obtenida de las cargas registradas no permite hacer una exhaustiva evaluación mecánica de los tejidos ensayados, para lo que es necesaria la comparación entre los parámetros mecánicos que caracterizan el modelo elástico-lineal utilizado.

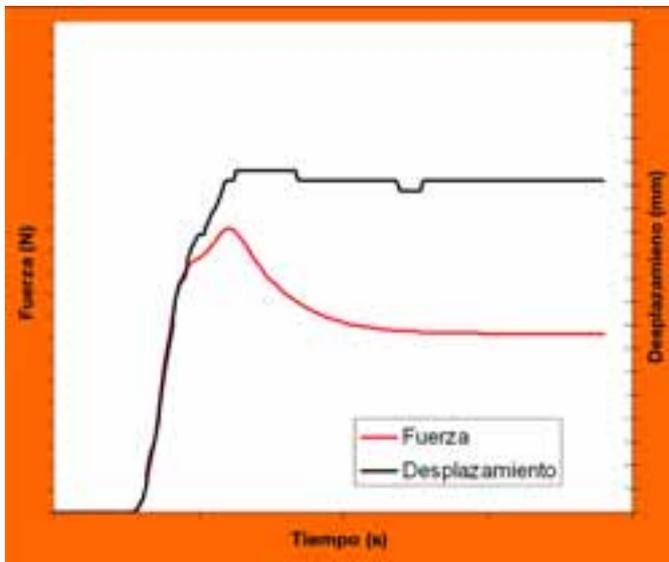


Figura 3. Resultados de un ensayo de indentación realizado en el IBV en el que se registra la carga de compresión aplicada para obtener un desplazamiento constante a lo largo del tiempo.

La metodología explicada anteriormente ha permitido obtener valores del coeficiente de Poisson, del módulo de Young y del módulo a cortante de cada una de las muestras en cada instante de tiempo. La comparación de estos parámetros en respuesta instantánea y en equilibrio es suficiente para poder evaluar las diferencias de comportamiento entre el cartílago articular sano y los tratados.

RESULTADOS

De las cargas registradas en los ensayos de indentación se obtiene una importante información del comportamiento biomecánico de los cartílagos ensayados. En el gráfico de la figura 4 se muestra el efecto de relajación de la carga de los distintos materiales ensayados para un periodo de 8 semanas de evolución y se puede observar el comportamiento típicamente viscoelástico de todos los tejidos, así como sus

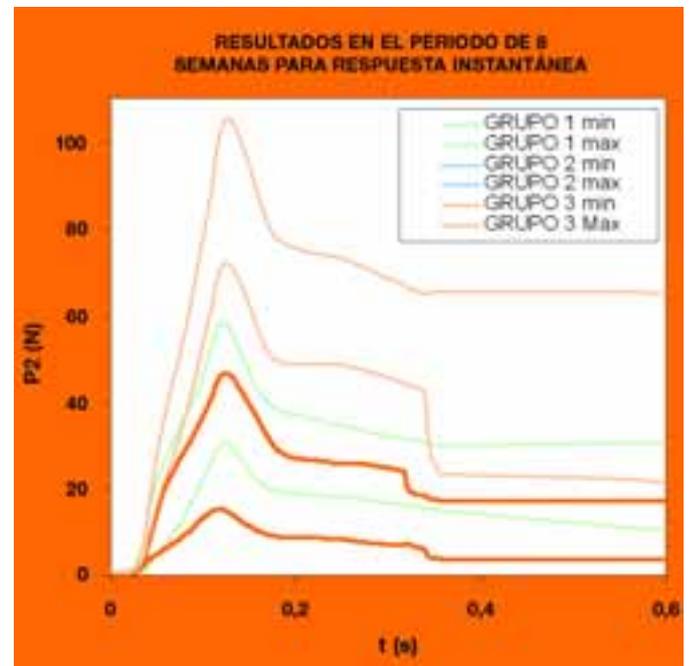


Figura 4. Rangos de las cargas aplicadas frente al tiempo de los diferentes grupos para el periodo de sacrificio de 8 semanas.

16 proyectos de I+D

- > Como ejemplo de los resultados obtenidos, en la figura 5 se presentan los valores del módulo de Young en respuesta instantánea, observándose como aparecen diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos de estudio y los periodos de sacrificio.

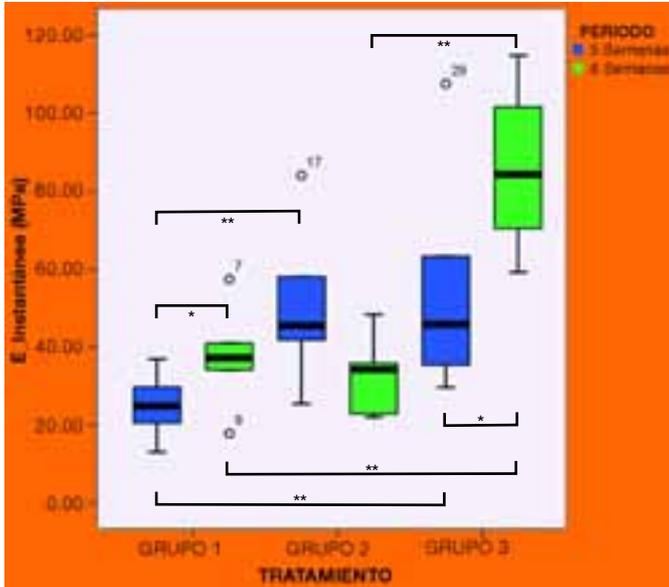


Figura 5. Diagrama de cajas y arbotantes del Módulo de Young (MPa) instantáneo.

(*) $0.1 \geq p > 0.05$

(**) $p < 0.05$

CONCLUSIONES

Se ha desarrollado una metodología capaz de obtener las características mecánicas de tejidos viscoelásticos (cartílago articular).

Estas características mecánicas nos permiten comparar diferentes tratamientos utilizados para regenerar tejidos blandos no homogéneos, como es el caso del cartílago articular, y así evaluar sus diferencias de comportamiento.

Se ha demostrado que el procedimiento de ensayo es lo suficientemente sensible como para evaluar las características mecánicas de muestras con espesores de cartílago inferiores a un milímetro. ●

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Artroscofia G.C. por financiar el estudio.