

MODELOS PORCINOS COMO SUSTITUTOS PARA EL ESTUDIO DE REPARACIONES DE LESIONES DE LA RAÍZ DEL MENISCO EN HUMANOS JÓVENES

Alejandro Peña-Trabalon¹, Salvador Moreno-Vegas¹, Ana Perez-Blanca¹, M. Belen Estebanez Campos¹, Maria Prado-Novoa¹

¹ Laboratorio de Biomecánica Clínica de Andalucía (BIOCLINA), España, bioclin@uma.es

Introducción

Las raíces meniscales son los principales elementos restrictivos del menisco dentro del área intraarticular de la rodilla. La avulsión de la raíz meniscal provoca cambios significativos en la biomecánica de contacto articular, similares a los observados tras una meniscectomía total [1]. Por ello, el tratamiento quirúrgico actual de las avulsiones de raíz en pacientes jóvenes ha evolucionado hacia la re inserción de la misma, suturando el cuerno meniscal para mantener el menisco en su posición.

La deformación en la zona suturada y la resistencia del cuerno reparado pueden evaluarse *in vitro*. Para ello, el uso de modelos porcinos está muy extendido [2-3]. Sin embargo, no está demostrado que sus propiedades mecánicas sean equivalentes a las del menisco humano joven, lo que genera dudas sobre la idoneidad de este modelo y subraya la necesidad de evaluar su aplicabilidad en relación con la resistencia y deformación del cuerno meniscal suturado.

Materiales y métodos

Tras la aprobación por parte del Comité Ético de Investigación de Andalucía, y con el fin de estudiar el comportamiento de la interfaz tejido-sutura, se analizaron dos grupos de meniscos suturados aislados (N=22): humanos ≤ 55 años y porcinos. Los meniscos se obtuvieron, respectivamente, de rodillas humanas criopreservadas y de articulaciones femorotibiales porcinas. El día del ensayo, se extrajeron los meniscos, y se asignaron aleatoriamente para la reparación del cuerno anterior o posterior. El criterio de inclusión fue presentar una calidad macroscópica superior a 3 en la escala Pauli.

La reparación quirúrgica del cuerno se simuló mediante la inserción de un hilo UHMWPE del No.2 (Force Fiber™ No.2, Stryker Iberia, Madrid, España). Tras medir el grosor del menisco en el punto de sutura, éste se sometió a un ensayo de carga hasta el fallo, siguiendo el procedimiento descrito por Peña et al. [4]. Durante el ensayo, se registraron tanto la carga aplicada como la deformación en la zona de la sutura.

A nivel de espécimen, se calcularon la fuerza en el inicio del desgarro meniscal, F_c , y la fuerza máxima alcanzada en el ensayo, F_u . A nivel tisular, la resistencia al desgarro, S_c , se determinó como la tensión en el inicio de la rotura mediante:

$$S_c = \frac{F_c}{d_t \cdot t} \quad (1)$$

Donde d_t es el diámetro del hilo y t el grosor inicial del cuerno en la zona del orificio. A nivel tisular se calculó el módulo de rigidez equivalente en la dirección de tracción, m_s , definido como la pendiente de la

aproximación lineal de la curva tensión-deformación en el intervalo [0–0.3].

La energía para un desplazamiento clínicamente relevante, En , se determinó como el área bajo la curva de desplazamiento en la zona de la sutura en función de la fuerza de tracción, entre el inicio del desgarro y un desplazamiento de 3 mm, ya que este valor se ha asociado con una alteración de la función meniscal [5].

Para evaluar las diferencias en las propiedades mecánicas entre grupos, las comparaciones se realizaron mediante pruebas t de Student. Se consideraron significativos los valores de $p \leq 0,05$.

Resultados

El grupo de humanos jóvenes estuvo conformado por 18 hombres y 4 mujeres, con una edad media de 37,87 años (DE 6,25). Los meniscos porcinos se obtuvieron de 22 cerdos de 6 meses de edad.

En la Tabla 1 se presentan los valores medios y desviaciones estándar de las propiedades a nivel de espécimen y de tejido para ambos grupos, junto con el valor de p de las comparaciones.

Tabla 1. Media y desviación estándar de las variables estudiadas para grupos humano y porcino, con valores de p.

Variable	Humano≤55	Porcino	p
F_c (N)	57.8(22.4)	168.9(50.4)	<0.001
F_u (N)	77.7(33.9)	205.8(72.6)	<0.001
En (Nmm)	181.0(82.5)	497.3(245.7)	<0.001
S_c (MPa)	47.2(18.5)	74.5(27.5)	<0.001
m_s (MPa)	113.6(55.0)	111.3(52.1)	0.888

Discusión

Los modelos porcinos pueden constituir un sustituto adecuado a meniscos humanos jóvenes en investigaciones centradas en la deformación del menisco en la zona de la sutura. Sin embargo, este modelo no resulta apropiado cuando se estudia la resistencia. Por tanto, las conclusiones de trabajos que emplean meniscos porcinos para comparar la resistencia de distintas técnicas quirúrgicas de sutura, tanto a nivel de espécimen como de tejido, deben interpretarse con la debida cautela.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Espejo-Baena y al Dr. Espejo-Reina por su valiosa colaboración. Este trabajo fue financiado por la ayuda UMA20-FEDERJA-116 de la Junta de Andalucía y la Universidad de Málaga.

Referencias

- [1] Espejo-Reina *et al.*, Sci Rep. 12, 6182, 2022.
- [2] Wu *et al.*, J Orthop Transl. 24:144–149, 2020.
- [3] Hirose *et al.*, Am J Sports Med. 50:1850–1857, 2022.
- [4] Peña-Trabalon *et al.*, Front Bioeng Biotechnol. 11, 1249982, 2024.
- [5] Stärke *et al.*, Arthroscopy. 26:358–365, 2010.