

Estudio de la influencia de la avulsión de la raíz anterior del menisco lateral y de su reparación en la biomecánica de contacto articular

Peña-Trabalón A.^{1,2}, Espejo-Reina A.^{1,3}, Estebanez B.^{1,2}, Moreno-Vegas S.^{1,2}, Perez-Blanca A.^{1,2}, Prado-Novoa M.^{1,2}

¹ Laboratorio de Biomecánica Clínica de Andalucía, alejandropt98@uma.es

² Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Málaga; ³ Hospital Vithas Málaga.

Introducción

Aunque todavía no existe un estudio exhaustivo sobre la prevalencia de las lesiones en la raíz anterior del menisco lateral (RAML), se ha observado que su desprendimiento aparece como lesión concomitante a lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) o con fracturas en la tibia^{1,2}, probablemente debido a que la huella tibial del LCA y de la RAML se superponen y las fibras externas de la raíz se entremezclan con las del ligamento en esta zona. Por otra parte, existe diversos trabajos que ponen de manifiesto el importante riesgo de lesiones iatrogénicas de la RAML cuando se repara el LCA³, llegando a ocurrir en el 18% de las intervenciones en un estudio realizado en mujeres asiáticas⁴.

Tradicionalmente, las roturas de las raíces meniscales se trataban con meniscectomía parcial o total, pero hoy en día su reparación es un tratamiento cada vez más común, debido a la reconocida asociación entre la meniscectomía y el desarrollo de artrosis temprana.

La mayoría de los estudios biomecánicos sobre la evaluación de la importancia de la avulsión de la raíz meniscal y la eficacia de su reparación se centran en el menisco medial, principalmente en su raíz posterior. Hasta donde sabemos, éste es el primer trabajo que se ocupa de analizar los efectos biomecánicos de la avulsión y posterior reparación del RAML.

Materiales y métodos

Este trabajo contó con la aprobación del Comité Ético de Experimentación de la UMA (CEUMA). Se utilizaron 9 especímenes de rodilla cadavérica, que fueron sometidos a 1000N de compresión axial en las siguientes situaciones:

- En 4 condiciones sucesivas del menisco lateral: intacto, avulsión de la RAML, reparación de la RAML con fijación *in-situ* y meniscectomía total
- Para cada condición meniscal en 4 ángulos de flexión en el siguiente orden: 0, 30°, 60° y 90°.

Los especímenes se colocaron en una máquina de tracción/compresión uniaxial con un utillaje diseñado para controlar la flexión y evitar el desplazamiento antero-posterior de la articulación, simulando las acciones musculares, pero conservando los restantes 4 grados de libertad para permitir la realineación natural del espécimen (Figura 1). Se insertó un sensor de presión (K-scan 4000, Tekscan Inc., Boston, MA) en la interfaz menisco-cartílago tibial, maximizando la cobertura del área de contacto. Solo se consideran los valores de presión superiores a 0.07MPa, para excluir el ruido de la señal y resultados anómalos como los generados por la presencia de arrugas en sensores⁵.

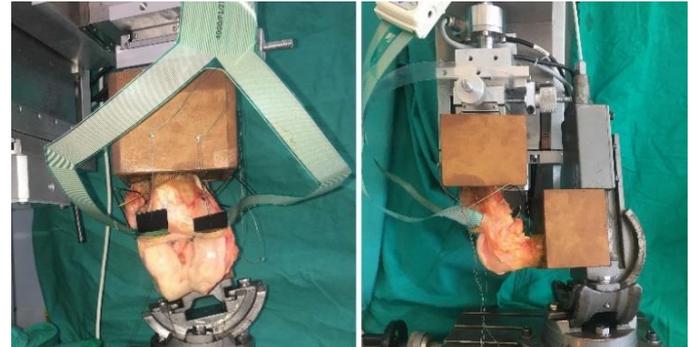


Figura 1: Vista frontal y lateral del montaje experimental mostrando la máquina de ensayo con un espécimen de rodilla derecha a 90° de flexión.

A partir de la distribución de presiones registrada, se calculó el área de contacto y las presiones medias y máximas en cada cóndilo. Los valores se normalizaron respecto al valor para el mismo espécimen en la misma posición, pero intacto, para controlar la variabilidad inter-especímenes generada por las diferencias en tamaño, forma o alineación natural de la articulación.

Se utilizaron pruebas paramétricas no-pareadas para estudiar las diferencias entre los 4 estados meniscales, por ser las más adecuadas para tamaños muestrales reducidos. Los resultados normalizados se compararon con 1 para evaluar variaciones relativas a la condición de referencia mediante una prueba de rango con signo de Wilcoxon. Las diferencias entre tratamientos se evaluaron mediante la prueba de análisis de varianza de Friedman, considerando $p \leq 0.05$ estadísticamente significativo. Cuando se detectó una diferencia significativa global, se realizaron comparaciones por pares mediante una prueba de rangos con signo de Wilcoxon con corrección de Bonferroni (significación estadística corregida $p \leq 0.025$). Para todos los análisis se utilizó el paquete de software estadístico SPSS Statistics v.25 (IBM, Chicago, IL, EE.UU.).

Resultados y discusión

Un espécimen se eliminó del estudio tras presentar al desarticularlo una superficie articular de geometría anómala, con lo que el tamaño muestral fue $N=8$. Los valores medios y el intervalo de confianza del 95% en el cóndilo lesionado de las variables analizadas se muestran en la Figura 2, donde se han marcado también las diferencias significativas entre los grupos. En el cóndilo medial no se encontraron diferencias significativas entre grupos.

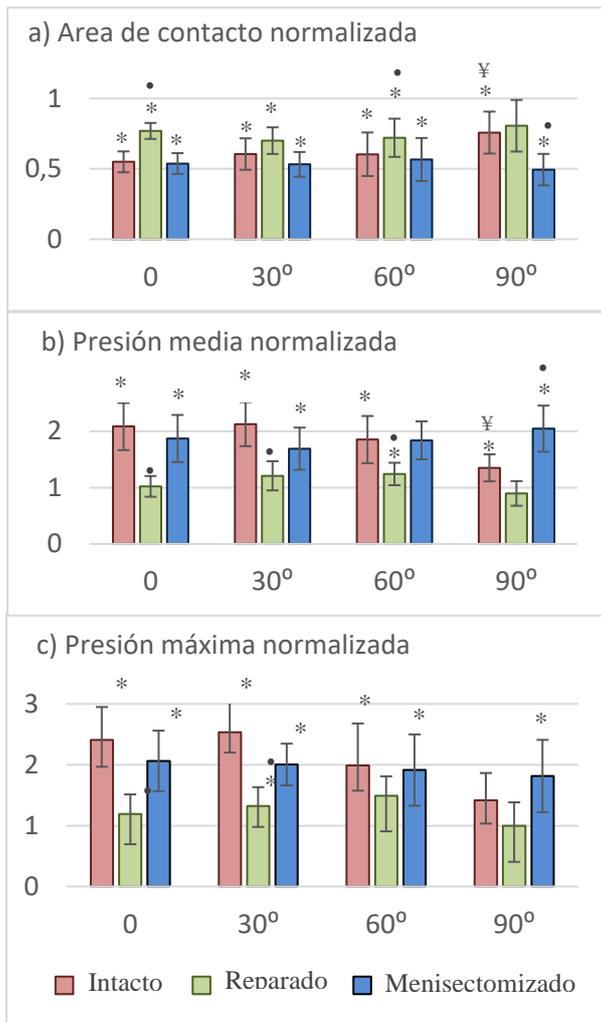


Figura 2: Resultados en las cuatro posiciones ensayadas.
*: diferencia significativa con la condición intacta;
†: diferencia significativa con espécimen menisectomizado;
•: diferencia significativa con menisco lesionado.

Se encontró que la avulsión de la RAML alteró significativamente la biomecánica de contacto en el compartimento con la lesión. La alteración resultó más acusada en términos de todos los parámetros para ángulos de flexión bajos. Es más, el grupo lesionado no se diferenció significativamente del grupo menisectomizado excepto a 90° de flexión, posición en la que la lesión tuvo menor impacto.

La reparación quirúrgica de la raíz mediante técnica *in-situ* consiguió restaurar parcialmente la biomecánica de contacto previa a la lesión. Concretamente, todos los parámetros de contacto mejoraron en las posiciones significativamente influenciadas por la lesión, es decir, para flexión poco profunda, aunque todavía con diferencias estadísticas respecto a la condición intacta, lo que demuestra que la recuperación fue incompleta. A 90°, la avulsión produjo las menores alteraciones, pero con diferencias estadísticas respecto al grupo intacto en cuanto al área de contacto lateral y la presión media. Después de la reparación, ya no se encontraron diferencias con respecto a la condición intacta para ningún parámetro de contacto, lo que sugiere que la reparación también tiene beneficios para los ángulos de flexión altos. Sin embargo, no se detectaron diferencias entre la condición reparada y la lesionada,

probablemente debido a la alta dispersión de los resultados a 90°.

Las alteraciones de los parámetros de contactos encontrados en este trabajo cuando se produce una avulsión de la RAML son de magnitud similar a las publicadas en diversos estudios en referencia a la lesión de su raíz posterior⁶. Sin embargo, para la raíz posterior las mayores alteraciones aparecieron para ángulos de flexión altos, mientras que, para la avulsión anterior, se encontraron las máximas alteraciones en baja flexión. Creemos que esta discrepancia puede deberse a la cinemática articular: a baja flexión el área de contacto se sitúa más anterior, más cerca de la raíz anterior, y se desplaza posteriormente a medida que la rodilla flexiona. Las alteraciones de magnitud similar en los parámetros de contacto sugieren que ambas lesiones pueden provocar daños comparables en el cartílago cuando no se reparan, sin embargo, la avulsión de la RAML podría ser de mayor importancia, ya que la rutina diaria y las actividades deportivas habituales implican períodos más largos de carga con la rodilla en flexión poco profunda. Además, debe considerarse que la función estabilizadora de la raíz lateral posterior está reforzada por el ligamento meniscofemoral (cuando está presente), mientras que no existe una estructura similar que colabore con la RAML, por lo que su integridad sería más crítica.

La reparación de la lesión consigue recuperar parcialmente el estado previo a la lesión, con más éxito en las posiciones en las que la rodilla está más frecuentemente cargada. Es por tanto una actuación quirúrgica recomendable, aunque todavía poco frecuente. La baja presencia de esta actuación seguramente se deba a las dificultades tanto para el diagnóstico de la lesión como de la técnica de reparación, especialmente cuando se combina con reparación de los ligamentos de la rodilla, lesiones frecuentemente concomitantes.

Conclusión

La avulsión de la RAML produce importantes alteraciones en la biomecánica de contacto de la rodilla. Las alteraciones fueron mayores en los ángulos bajos de flexión de la rodilla, donde resultaron similares a la menisectomía total. La reparación *in-situ* consiguió restablecer parcialmente el estado anterior a la lesión.

Agradecimientos

El trabajo se ha realizado con financiación otorgada por MCIU/AEI/FEDER, UE (ref. RTI2018-094339-B-I00) y la Universidad de Málaga (UMA).

Referencias

- [1] Krych A. *et al.*, J Am Acad Orthop Surg. 28:491-9, 2020
- [2] Menge TJ. *et al.* J Orthop Res 47(5), 2018
- [3] Kodama Y., *et al.* J Orthop Res 28(11), 2020
- [4] Kodama Y., *et al.* Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 28:3517-23, 2020
- [5] Herregodts S., *et al.* Dig SCAD. 6:7, 2015
- [6] Perez-Blanca A., *et al.* Arthroscopy 32:624-33. 2016