PubliCE, (PubliCE) 2009

Monograph

Evaluación Artrométrica del Efecto Estabilizador de una Férula Funcional para la Rodilla en Diferentes Ángulos de Flexión

Saeedeh Seyed Mohseni[1], Farzam Farahmand[2], Hossein Karimi[3] y Mohammad Kamali[4]

[1]*Rehabilitation Research Center, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.*
[2]*School of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, RCSTIM, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.*
[3]*Physiotherapy Department, College of Health Sciences, University of Sharjah, Sharjah, UAE.*
[4]*School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.*

RESUMEN

Los estudios previos *in-vivo* sobre la eficacia estabilizadora de la férula para los pacientes con ACL reconstruido a menudo se han limitado a una flexión de rodilla de 20-30 grados. En el presente estudio se evaluó la efectividad de una férula funcional uniaxial articulada para mejorar la estabilidad de la rodilla en flexiones de 30, 60 y 90 grados. Las artrometrías se llevaron a cabo en 15 sujetos sanos antes y después de utilizar la férula y los desplazamientos tibiales se midieron hasta valores de 150 N de fuerza anterior. Los resultados indicaron que la férula funcional tiene un significativo efecto estabilizador durante todo el rango de flexión de la rodilla evaluado ($p < 0.05$). Sin embargo, el índice de efectividad no fue consistente a través del rango de flexión, e.g., 50% a los 30 grados y sólo 4% a los 90 grados. Se ha sugerido que el tamaño y el ajuste adecuado, como también la atención puesta en la colocación correcta de la curvatura relativa al cóndilo femoral pueden limitar la migración de la férula y mejorar su efectividad durante flexiones moderadas y profundas de la rodilla. Con la utilización de accesorios adaptables para las extremidades, a través de férulas flexibles, y una articulación policéntrica se podría obtener una mejora más significativa del rendimiento general y la eficacia de la férula.

Palabras Clave: férula, rodilla, lesión del ACL, inestabilidad, artrometría

INTRODUCCION

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (ACL) se encuentran entre los problemas más frecuentes que enfrentan los médicos especialistas en rodilla (Kupper et al., 2006). En la literatura se han propuesto muchas técnicas para el tratamiento de la inestabilidad de la rodilla causada por la lesión del ACL; no obstante, sus indicaciones y efectividad continúan siendo controversiales (Ellenbecker, 2000). La utilización de férulas funcionales ortopédicas es el principal tratamiento conservador para el manejo de inestabilidades leves de rodilla relacionadas con la ruptura parcial del ACL, así como también para mejorar la estabilidad articular durante el período de recuperación tras la reconstrucción del ACL (Hofmann et al., 1984).

Diversos investigadores han evaluado la eficacia de la férula funcional en la estabilidad de la rodilla mediante la utilización de diferentes técnicas. Algunos de estos estudios se han concentrado en muestras de cadáveres, teniendo en cuenta el hecho de que las pruebas clínicas manuales estándar para la estabilidad de la rodilla, por ejemplo, el cambio de eje, la prueba de Lachman, y las pruebas de cajón anterior, son difíciles y a veces imposibles de aplicar en los sujetos que usan férulas (Baker et al., 1987; Hofmann et al., 1984; Wojtys et al., 1987; 1990). No obstante, a estos trabajos se los podría criticar de manera racional por no incluir las condiciones de carga fisiológica de la rodilla y el comportamiento *in-vivo* de los tejidos blandos ligamentosos y musculares. Otros han intentado evaluar el efecto estabilizador de la férula *in-vivo*, utilizando una medición radiográfica del desplazamiento relativo tibio-femoral (Jonsson y Karrholm, 1990) o una medición directa de la tensión del ACL durante la prueba de laxitud anterior-posterior (Baker et al., 1987; Fleming et al., 2000; Wojtys et al., 1990).

El método más utilizado para evaluar la eficacia de la férula *in-vivo* ha sido la artrometría en la que se sujeta de manera externa con una correa un dispositivo a la parte inferior de la pierna y se registra el traslado de la tibia provocado por el estrés de corte anterior (Beck et al., 1986; Branch et al., 1988; Colville et al., 1986; Mishra et al., 1989; Rink et al., 1989; Risberg et al., 1999). No obstante, todos los estudios artrométricos previos de la literatura han examinado el comportamiento de estabilidad de la rodilla en un rango de flexión limitado de 20-30 grados, probablemente debido a las restricciones de diseño de los artrómetros comercialmente disponibles. Si bien, esto resulta razonable para la artrometría convencional, como método diagnóstico para evaluar la integridad funcional del ACL, no es suficiente para la evaluación de la férula funcional donde se quiere examinar una mejora de la estabilidad de la rodilla en todo el rango de flexión de la misma. El objetivo del presente estudio ha sido evaluar la eficacia de una férula funcional articulada estándar muy utilizada para mejorar la estabilidad de la rodilla en todo su rango de flexión, por ejemplo, a 30, 60, y 90 grados, utilizando la artrometría.

METODOS

En este estudio participaron quince voluntarios sanos, incluyendo 8 mujeres y 7 hombres, con una edad promedio de 24 años (de entre 18 y 28). Tenían rangos de movimiento y fuerzas musculares normales, y no poseían antecedentes de ninguna patología en los miembros inferiores. Antes de la prueba, todos los participantes leyeron y firmaron un formulario de consentimiento aprobado por el Comité de Investigaciones Humanas de la universidad.

Se evaluó a cada sujeto antes y después de colocarse la férula, mediante la utilización de un artrómetro casero en flexiones de rodilla de 30, 60 y 90 grados. El artrómetro tenía un diseño similar al sistema KT 2000 (MedMetric, San Diego, EE.UU.) y estaba equipado con una celda de carga S-Beam (serie DBBP, Bongishin, China), un transductor de desplazamiento rectilíneo (PY3, Gerfran, Italia), y una tarjeta de adquisición de datos (6024E, National Instruments, EE.UU.). La confiabilidad del artrómetro se examinó en estudios previos y reveló una variabilidad menor a 1.6 mm en una fuerza de 150N en el límite de confianza del 90% (Heydari et al., 2008; Soudbakhsh et al., 2005). La férula funcional que se utilizó para la prueba consistió de soportes laterales rígidos, bisagras uniaxiales ajustables, correas, almohadilla de espuma y soportes de plástico contorneados posteriores para el muslo y la pantorrilla. Básicamente, sólo tuvo un grado de libertad durante la articulación en bisagra que proporcionó una rotación en el plano sagital y permitió que la rodilla se flexionara en diferentes ángulos de flexión. Sin embargo, la férula también proporcionó cierta laxitud en otras direcciones debido a su adhesión no-rígida al miembro. Con el ajuste, el tamaño y el calce adecuado, la férula podría prevenir contra la hiperextensión de la articulación de la rodilla y limitar la rotación externa y el traslado de la articulación antero-posterior de la misma. A menudo estas simples férulas ortopédicas se utilizan como el principal tratamiento conservador para el manejo de las inestabilidades leves de rodilla relacionadas con la ruptura parcial del ACL, así como también para la protección de un ACL reconstruido durante la fase de recuperación (Hofmann et al., 1984). Se utilizaron dos férulas en tamaños pequeño y grande en la pierna izquierda de los individuos.

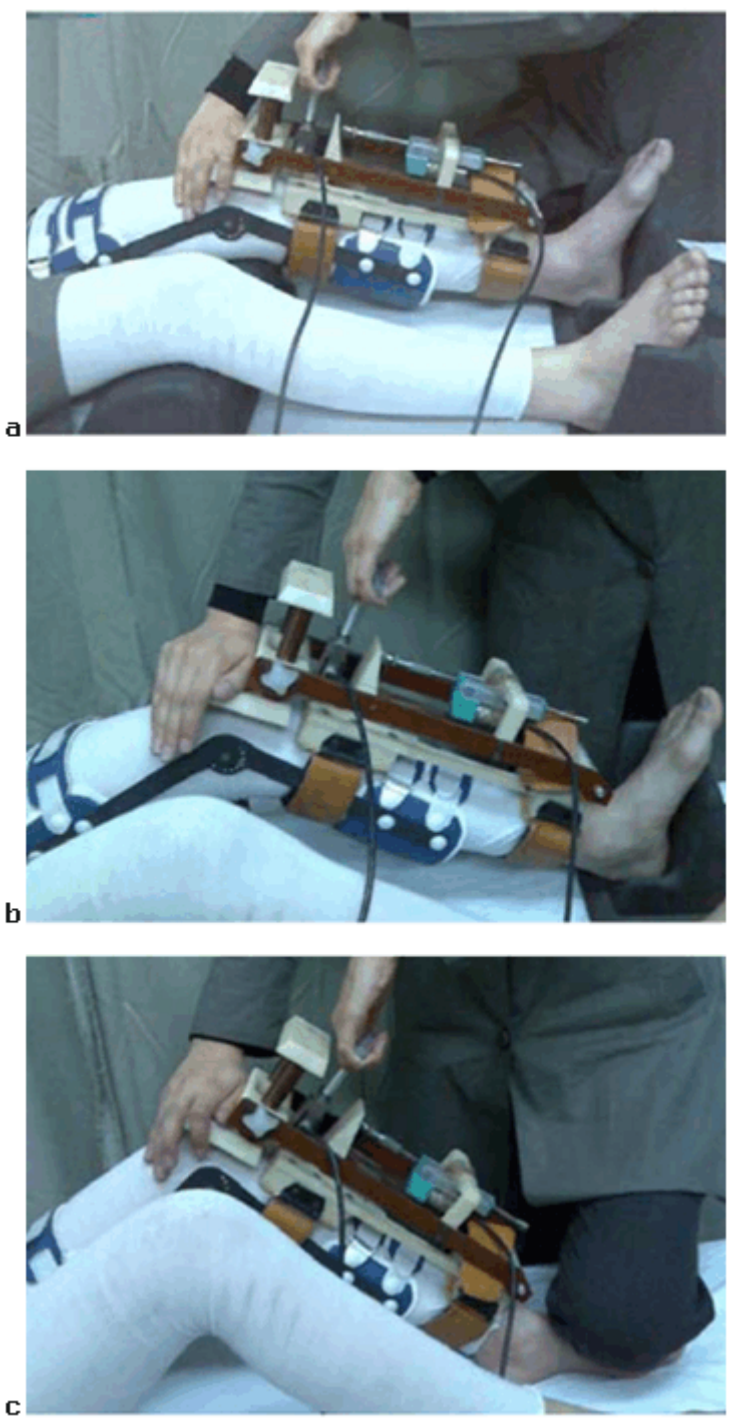

Figura 1. *Configuraciones de la artrometría en (a) 30 grados, (b) 60 grados y (c) 90 grados de flexión de rodilla.*

Las pruebas con férula y sin férula se llevaron a cabo en posición supina, con las manos del sujeto a los costados, sobre una mesa de examen firme y cómoda. En las flexiones de rodilla de 30 y 60 grados, las rodillas del sujeto se mantuvieron simétricamente en su lugar mediante la utilización de una plataforma de apoyo que se colocó a un nivel próximo al hueco poplíteo (Figuras 1a,1b). También se utilizó una plataforma de apoyo para mantener los pies con la tibia en rotación externa de aproximadamente 15 grados. En la flexión de 90 grados, los pies estaban apoyados sobre la mesa con los dedos al nivel del apoyo de los pies, y el examinador evitó el movimiento de los miembros sentándose sobre los pies del sujeto (Figura 1c). En cada ángulo de flexión, el artrómetro se ubicó sobre la cresta de la tibia y se aseguró con dos correas de Velcro. El borde inferior de la almohadilla patelar se ajustó para que quedara al mismo nivel de la parte proximal del tendón rotuliano, ya que de esta manera al empujar la almohadilla patelar en dirección posterior, la rótula se mantenía firme en el surco femoral durante el examen (Figuras 1a-c). Con la rótula bien estabilizada contra el fémur, el movimiento

relativo de la articulación tibio-femoral se midió como el movimiento relativo entre las almohadillas sensoras patelar y de la tibia del artrómetro.

Todas las pruebas las condujo un solo examinador experimentado. Durante la prueba, se le pidió al individuo que mantuviera los músculos de la pierna relajados. El examinador se aseguraba palpando con suavidad los músculos de la pantorrilla. Además, en tres repeticiones previas a la prueba, se aplicaron fuerzas de hasta 90 N en dirección anterior y posterior de manera alternativa. Las principales pruebas se realizaron mediante la aplicación de una fuerza anterior sobre la tibia que se incrementó hasta 150 N y se midieron los desplazamientos resultantes. Se llevaron a cabo tres pruebas para cada ángulo de flexión y si existía alguna diferencia evidente entre las pruebas, se repetían con el consentimiento del sujeto.

Los datos artrométricos del desplazamiento de la fuerza se importaron a una PC para el procesamiento y análisis estadístico. Los resultados de las tres pruebas para cada ángulo de flexión se promediaron utilizando la curva Spline en MATLAB (Math-works Inc., Natick, Massachusetts). Las medias y las desviaciones estándar de los datos del desplazamiento para las pruebas con férula y sin férula se calcularon en niveles de fuerza de 30, 60, 90, 120 y 150 Newton y se utilizó la prueba *t* para datos apareados (en un nivel del 5%) para determinar si los resultados eran significativamente diferentes. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el programa de estadística SPSS (versión 11, SPSS Inc, Chicago, IL).

RESULTADOS

En general, la estabilidad de la articulación se incrementó con el uso de la férula en los tres ángulos de flexión evaluados. En la flexión de rodilla de 30 grados, las medias de los desplazamientos tibiales de los 15 sujetos en las pruebas sin férula fueron de 3.1 (± 0.9 DE), 4.7 (± 1.2 DE), 5.9 (± 1.6 DE), 7.1 (± 2.1 DE), y 8.6 (± 2.6 DE) milímetros, respectivamente, con niveles de fuerza anterior de 30, 60, 90, 120, y 150 Newton. Con férula, se redujeron a 1.4 (± 0.7 DE), 2.0 (± 1.1 DE), 2.7 (± 1.3 DE), 3.5 (± 1.7 DE), y 4.4 (± 1.0 DE) milímetros, respectivamente (Figura 2a). Las pruebas *t* para datos apareados revelaron que estas diferencias eran estadísticamente significativas en todos los niveles de fuerza evaluados ($p < 0.05$).

En la flexión de rodilla de 30 grados, las diferencias de los desplazamientos tibiales en las condiciones sin férula y con férula sólo fueron significativas con las fuerzas de 120 N y 150 N ($p < 0.05$). Las medias de los desplazamientos se obtuvieron en 7.8 (± 2.6 DE) y 9.9 (± 3.0 DE) milímetros, respectivamente, para las pruebas sin férula, en comparación con 6.6 (± 2.3 SD) y 8.3 (± 2.4 DE) milímetros, respectivamente para las pruebas con férula (Figura 2b). Con la rodilla flexionada en 90 grados, se obtuvieron desplazamientos tibiales menores en comparación con las flexiones en 30 y 60 grados. La comparación estadística de los resultados con férula y sin la misma en una flexión de 90 grados reveló que el desplazamiento anterior se redujo de manera significativa tras el uso de la férula sólo con el nivel de fuerza de 150 N ($p < 0.05$). Las medias de los desplazamientos tibiales fueron de 5.8 (± 1.8 DE) y 5.3 (± 1.5 DE) milímetros, respectivamente, en las condiciones sin y con férula (Figura 2c).

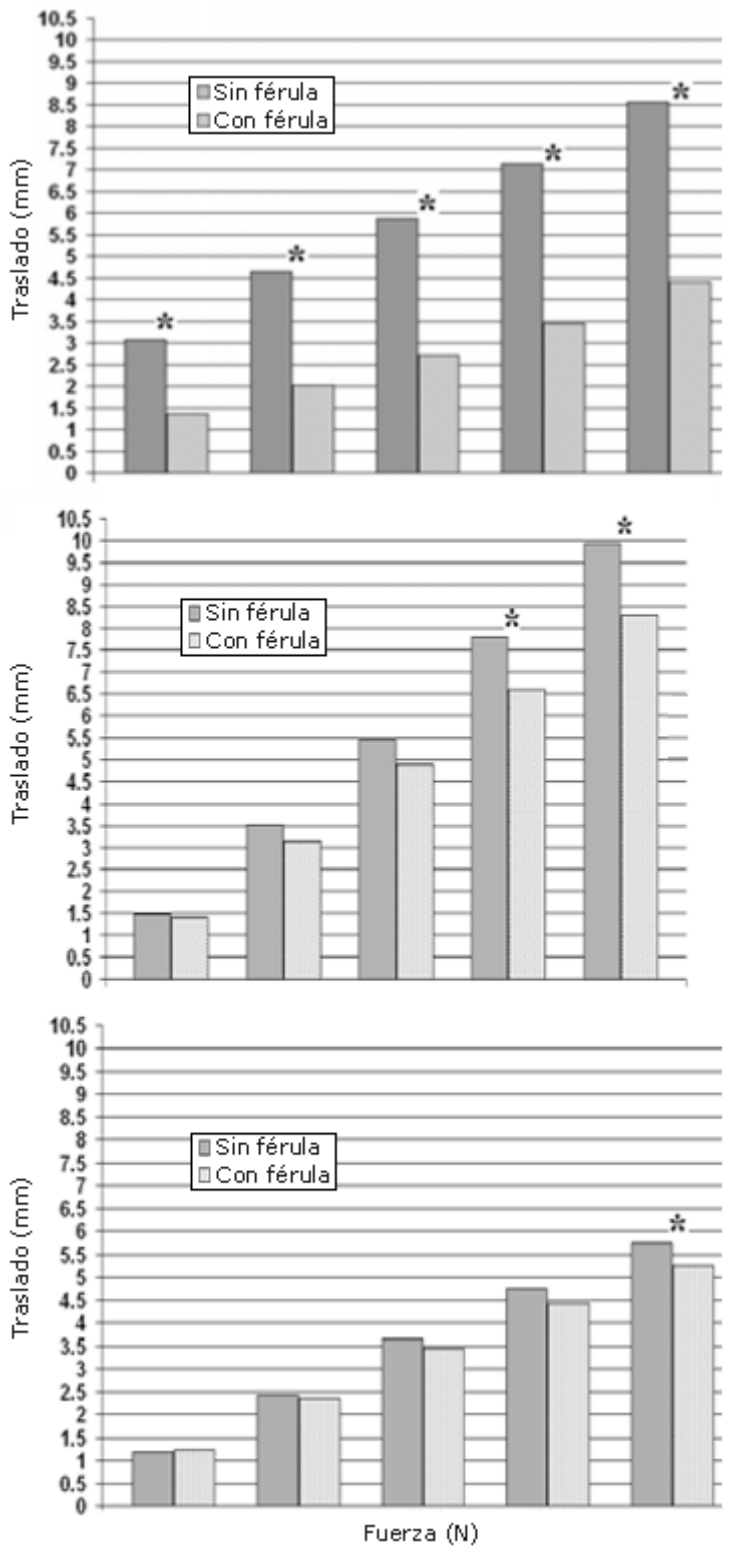

Figura 2. *Comparación del traslado de la tibia debido a las diferentes fuerzas anteriores en condiciones sin y con férula en (a) 30 grados, (b) 60 grados y (c) 90 grados de flexión de rodilla. *Indica diferencia significativa.*

DISCUSION

Durante la artrometría es importante que la rótula se encuentre bien estabilizada contra el fémur, de este modo el

movimiento relativo de la articulación tibio-femoral se mide como el movimiento relativo entre las almohadillas sensoras patelar y de la tibia del artrómetro. Esto se logra en los sistemas de artrometría disponibles a través del ajuste adecuado del dispositivo y presionando la almohadilla patelar en dirección posterior para asegurarse de que la rótula se mantenga firme en el surco femoral durante el examen. Si el ángulo de flexión de la rodilla es menor a 20° o el ángulo del sulcus femoral es anormalmente amplio, las restricciones no serán suficientes y la movilidad rotular podría producir errores en la prueba (Kupper et al., 2006). No obstante, con mayores ángulos de flexión de la rodilla, con la rótula bien ubicada en el surco femoral, la mayor fuerza articular causada por el cierre del ángulo entre los tendones rotuliano y del cuádriceps, y la creciente tensión pasiva de los músculos (Farahmand et al., 1998; 2004), la rotula se mantiene firme dentro del surco y se minimiza su movilidad. Además, como se ilustra en las Figuras 1a-c, el riesgo del movimiento relativo tibio-femoral se reduce en ángulos de flexión de rodilla mayores debido a que la fuerza de cajón anterior aplicada a la tibia se vuelve menos oblicua en relación con la dirección del eje femoral. Por lo tanto, en general, no hay problema en la utilización de artrómetros en ángulos de flexión de rodilla medios y profundos, excepto que con la rótula ubicada profundamente en el surco femoral, queda libre una superficie rotuliana posterior más pequeña que toma contacto con la almohadilla patelar. De esta manera, a pesar ejercer presión, la almohadilla podría deslizarse sobre la rótula durante la prueba provocando errores en la misma. En las presentes pruebas esto se evitó mediante la utilización de una almohadilla patelar ligeramente cóncava que proporcionó una comodidad mayor y un área de contacto más amplia con la superficie rotuliana posterior.

Sin embargo, la configuración de la rodilla estándar para el diagnóstico artrométrico de inestabilidad de rodilla, es el rango de flexión de 20° a 35° (Branch et al., 1988; Bach et al., 1995; Heydari et al., 2008). Esto se debe al hecho de que la inestabilidad de rodilla es más prominente y puede manifestarse mejor por sí misma en este rango de flexión (Bach et al., 1995; Markolf y Amstutz 1976; Markolf et al., 1978). Como resultado, las investigaciones artrométricas *in-vivo* previas relacionadas con la eficacia de la férula funcional para la estabilidad de la rodilla también se han llevado a cabo en este rango de flexión (Branch et al., 1988; Colville et al., 1986; Mishra et al., 1989; Rink et al., 1989). Mishra et al (1989) evaluaron cuatro diseños de férulas con ángulos de flexión de la rodilla de 30 ± 5° y reportaron que el desplazamiento tibial anterior disminuyó en las condiciones de uso de férula. Rink et al (1989) evaluaron la eficacia estabilizadora de las tres férulas funcionales en 14 sujetos con ACL afectado en ángulos de flexión de 20 a 30 grados y reportaron que todas las férulas proporcionaron una mejora estadísticamente significativa en la estabilidad de la rodilla. Colville et al (1986) examinaron la efectividad de una férula funcional para el tratamiento de inestabilidad de rodilla en 20 grados de flexión y reportaron que con una fuerza anterior de 100 N, el desplazamiento tibial disminuyó en alrededor del 29% con el uso de la férula. Por último, Branch et al (1988) compararon el efecto contenedor de dos tipos de férulas en 25 y 90 grados de flexión de rodilla y hallaron una mejora significativa de la inestabilidad de rodilla con una fuerza anterior de 89 N. No obstante, sus resultados indicaron que con la prueba activa del cajón anterior con fuerzas de carga mayores, ninguna de las férulas fue efectiva para controlar el traslado anterior de la tibia.

Los resultados de los estudios previos en general respaldan la hipótesis de que la férula funcional mejora de manera significativa la estabilidad de la rodilla. Sin embargo, teniendo en cuenta el hecho de que en estudios previos el examen de estabilidad a menudo se ha limitado a una flexión de rodilla de hasta 30 grados, continúa siendo un interrogante si esta mejora se limita a la extensión de rodilla y a ángulos de flexión bajos, o se mantiene durante las flexiones media e intensa. Los resultados del presente estudio sugieren que la férula funcional tiene un efecto significativo en el rango de ángulos de flexión de rodilla evaluados; no obstante, el índice de esta efectividad no es consistente. En la flexión de rodilla de 30 grados, (Figura 2a); la estabilidad de la rodilla se incrementó de manera significativa en alrededor de un 50% con el uso de la férula, sin importar la magnitud de la fuerza anterior. Mishra et al., (1989) y Wojtys et al., (1996) han informado resultados similares del 29-40 por ciento de incremento en la estabilidad de la rodilla. Sin embargo, con flexiones de rodilla de 60 y 90 grados el efecto estabilizador de la férula fue menos importante (11% en 60 grados y 4% en 90 grados) y sólo pareció ser estadísticamente significativo en niveles de fuerza más elevados (Figura 2b, 2c).

Otro hallazgo interesante del presente estudio ha sido el patrón de variación de la estabilidad de la rodilla con los diferentes ángulos de flexión y con el uso de la férula. En la condición sin férula, la estabilidad de la rodilla fue menor con una flexión de 30 grados y mejoró con un ángulo de flexión en aumento, algo parecido a lo que reportaron varias investigaciones (Markolf y Amstutz 1976; Markolf et al., 1978). No obstante, con el uso de la férula, la estabilidad menor pareció estar relacionada con una flexión de rodilla de 60 grados y luego de 90.

A fin de justificar estos hallazgos, se deben considerar las características de la férula funcional y las condiciones de la prueba artrométrica en mayor detalle. En primer lugar una férula uniaxial articulada, como la que se utilizó en el presente estudio, no puede adaptarse por sí misma con el cambio instantáneo del eje de rotación de la rodilla para contener con firmeza la articulación en todo el rango de flexión. Además, a menudo las férulas están moldeadas para ajustarse a la pierna de un sujeto con una flexión de rodilla de 15 a 20 grados. Entonces, con ángulos de flexión mayores podrían quedar más sueltas sobre el miembro a causa del cambio del volumen del tejido suave. Se cree que esta adhesión floja con grandes ángulos de flexión hace que la fuerza anterior se transfiera por completo al miembro en niveles de fuerza bajos. No obstante, con fuerzas mayores el desplazamiento de la tibia excede la brecha y parte de la fuerza se transfiere a la férula, por consiguiente aparece el efecto estabilizador de la férula.

Las consideraciones mencionadas anteriormente sugieren que es necesario prestar atención a la correcta ubicación de la curvatura para mejorar la función y eficacia de la férula en general. Asimismo, el tamaño y el ajuste adecuados pueden limitar la migración de la férula y mejorar su efectividad. También se podrían sugerir algunas modificaciones en el diseño para mejorar la eficacia de la férula durante flexiones moderadas y profundas, por ejemplo, utilizando accesorios adaptables para los miembros a través de almohadillas más flexibles, y/o articulaciones policéntricas.

CONCLUSION

En este estudio ha habido algunas limitaciones a las cuales es necesario hacer frente. La fuerza anterior se limitó hasta 150 N por la seguridad de los sujetos voluntarios. No obstante, en condiciones fisiológicas de apoyo del peso corporal, es esperable que se apliquen a la rodilla valores de estrés de corte mucho más elevados. Por lo tanto, el efecto estabilizador de las férulas en ángulos de flexión medios y profundos podría ser más significativo en condiciones fisiológicas que lo que se observó en las artrometrías del presente estudio. Es necesario realizar más estudios para evaluar estas recomendaciones. Además, se han evaluado sujetos sanos en lugar de pacientes con ACL reconstruido. Aunque en estudios previos no se ha informado ninguna diferencia significativa en la resistencia mecánica y las propiedades de rigidez de los ACL normales y los injertos de ACL bien recuperados (Fleming et al., 2000; Risberg et al., 1999), se pueden obtener resultados más realistas si se evalúa a pacientes con ACL reconstruido.

Puntos Claves

- La férula funcional mejora la estabilidad de la articulación de la rodilla mayormente en una posición extendida.
- A diferencia de la condición sin férula, la mínima estabilidad de la articulación de la rodilla aparece en los ángulos de flexión medios y profundos al utilizar una férula articulada.
- El tamaño y el calce adecuados, y la atención en la colocación correcta de la curvatura relativa al cóndilo femoral puede limitar la migración de la férula y mejorar su efectividad en las flexiones media e intensa de la rodilla.
- La función y eficacia de la férula en general podrían mejorar de manera significativa mediante la utilización de accesorios adaptables para los miembros a través de almohadillas flexibles, y/ o articulaciones policéntricas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores destacan el apoyo del personal del Laboratorio de Biomecánica de la Universidad Tecnológica de Sharif, y en particular la valiosa ayuda de la señorita Tahmineh Rezaiean en las diferentes etapas de este trabajo.

REFERENCIAS

1. Bach, B.R., Jr., Jones, G.T., Hager, C.A., Sweet, F.A. and Luergans, S (1995). Arthrometric results of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction using autograft patellar tendon substitution. *American Journal of Sports Medicine 23(2), 179-185*
2. Baker, B.E., VanHanswyk, E., Bogosian, S.t., Werner, F.W. and Murphy, D (1987). A biomechanical study of the static stabilizing effect of knee braces on medial stability. *American Journal of Sports Medicine 15(6), 566-570*
3. Beck, C., Drez, D., Jr., Young, J., Cannon, W.D., Jr. and Stone, M.L (1986). Instrumented testing of functional knee braces. *American Journal of Sports Medicine 14(4), 253-256*
4. Branch, T., Hunter, R. and Reynolds, P (1988). Controlling anterior tibial displacement under static load: a comparison of two braces. *Journal of Orthopaedics 11(9), 1249-1252*
5. Colville, M.R., Lee, C.L. and Ciullo, J.V (1986). The Lenox Hill brace. An evaluation of effectiveness in treating knee instability. *American Journal of Sports Medicine 14(4), 257-261*
6. Ellenbecker, T.S (2000). Knee ligament rehabilitation. *Churchill Livingstone*
7. Farahmand, F., Tahmasbi, M.N. and Amis, A.A (1998). Lateral force-displacement behavior of the human patella and its variation with knee flexion- a biomechanical study in vitro. *Journal of Biomechanics 31(12), 1147-1152*
8. Farahmand, F., Tahmasbi, M.N. and Amis, A.A (2004). The contribution of the medial retinaculum and quadriceps muscles to patellar lateral stability- an in-vitro study. *The Knee 11(2), 89-94*
9. Fleming, B.C., Renstrom, P.A., Beynnon, B.D., Engstrom, B. and Peura, G (2000). The influence of functional knee bracing on the

anterior cruciate ligament strain biomechanics in weight bearing and nonweightbearing knees. *American Journal of Sports Medicine 28(6), 815-824*
10. Heydari, Z., Farahmand, F., Arabalibeik, H. and Parnianpour, M (2008). Adaptive neuro-fuzzy inference system for classification of ACL-ruptured knees using arthrometric data. *Annals of Biomedical Engineering 36(9), 1449-1457*
11. Hofmann, A.A., Wyatt, R.W., Bourne, M.H. and Daniels, A.U (1984). Knee stability in orthotic knee braces. *American Journal of Sports Medicine 12(5), 371-374*
12. Jonsson, H. and Karrholm, J (1990). Brace effects on the unstable knee in 21 cases. A roentgen stereophotogrammetric comparison of three designs. *Acta Orthopaedica Scandinavica 661(4), 313-318*
13. Kupper, J.C., Loitz-Ramage, B., Corr, D.T., Hart, D.A. and Ronsky, J.L (2006). Measuring knee joint laxity: a review of applicable models and the need for new approaches to minimize variability. *Clinical Biomechanics 22(1), 1-13*
14. Markolf, K.L. and Amstutz, H.C (1976). Stiffness and laxity of the knee. Contributions of the supporting structure, A quantitative in-vitro study. *Journal of Bone and Joint Surgery Am 58(5), 583-594*
15. Markolf, K.L., Graff-Radford, A. and Amstutz, H.C (1978). In vivo knee stability. A quantitative assessment using an instrumented clinical testing apparatus. *Journal of Bone and Joint Surgery Am 60(5), 664-674*
16. Mishra, D.K., Daniel, D.M. and Stone, M.L (1989). The use of functional knee braces in the control of pathologic anterior knee laxity. *Clinical Orthopaedics and Related Research 241, 213-220*
17. Rink, P.C., Scott, R.A., Lupo, R.L. and Guest, S.J (1989). A comparative study of functional bracing in the anterior cruciate deficient knee. *Orthopaedic Review 18(6), 719-727*
18. Risberg, M.A., Holm, I., Steen, H., Eriksson, J. and Ekeland, A (1999). The effect of knee bracing after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective, randomized study with two years follow-up. *American Journal of Sports Medicine 27(1), 76-83*
19. Soudbakhsh, D., Parnianpour, M., Shirazi, R. and Farahmand, F (2005). Reliability test of a knee arthrometer. *Proceedings of the 2005 Summer Bioengineering Conference, Coloroda*
20. Wojtys, E.M., Goldstein, S.A., Redfern, M., Trier, E. and Matthews, L.S (1987). A biomechanical evaluation of the Lenox Hill knee brace. *Clinical Orthopaedic and Related Researches 2220, 179-184*
21. Wojtys, E.M., Kothari, S.U. and Huston, L.J (1996). Anterior cruciate ligament functional brace use in sports. *American Journal of Sports Medicine 24(4), 539-546*
22. Wojtys, E.M., Loubert, P.V., Samson, S.Y. and Viviano, D.M (1990). Use of a knee-brace for control of tibial translation and rotation. A comparison, in cadavera, of available models. *Journal of Bone and Joint Surgery Am 72(9), 1323-1329*

Cita Original

Saeedeh Seyed Mohseni, Farzam Farahmand, Hossein Karimi and Mohammad Kamali. Arthrometric Evaluation of Stabilizing Effect of Knee Functional Bracing at Different Flexion Angles. Journal of Sports Science and Medicine (2009) 8, 247 - 251.