



ORIGINAL

Tenotomía intrapélvica del psoas y alargamiento proximal del recto anterior como tratamiento del flexo fijo de rodilla en parálisis cerebral infantil

I. Martínez Caballero^{a,*}, G. Chorbadjian Alonso^{b,c}, R.M. Egea-Gómez^d,
 A. Ramírez Barragán^a y M. Fraga Collarte^a

^a Unidad de Neuroortopedia, Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Infantil Universitario Niño Jesús, Madrid, España

^b Departamento de Traumatología y Ortopedia, Clínica Alemana Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile

^c Servicio de Ortopedia y Traumatología Infantil, Hospital Clínico San Borja Arriarán, Santiago, Chile

^d Unidad de Raquis, Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Infantil Universitario Niño Jesús, Madrid, España

Recibido el 15 de junio de 2020; aceptado el 28 de septiembre de 2020

Disponible en Internet el 16 de enero de 2021

PALABRAS CLAVE

Parálisis cerebral;
 Deformidad del flexo fijo de rodilla;
 Tenotomía intrapélvica del psoas;
 Alargamiento intramuscular del recto anterior proximal

Resumen Aunque tradicionalmente se contempla en la parálisis cerebral infantil la corrección del flexo de rodilla mediante el alargamiento de la musculatura isquiocrural, la bibliografía indica que el tratamiento del flexo de cadera también mejora la extensión de la rodilla. El objetivo del estudio fue mostrar, primero, la eficacia de la secuencia de la tenotomía intrapélvica del psoas seguida del alargamiento intramuscular del recto anterior y, después, la de ambos gestos por separado. Para ello se realizó un estudio prospectivo en 10 pacientes con una edad media de 14 años que presentaban 16 flexos fijos de rodilla con una deformidad media de 22°.

Se analizaron los datos mediante un ANOVA de medidas repetidas y para la determinación del efecto por separado de cada una de las técnicas se contrastaron las mejorías obtenidas con respecto al nivel anterior.

La media de extensión conseguida fue de 12°: 7° correspondían a la tenotomía intrapélvica del psoas y, sobre el flexo de rodilla restante, una corrección de 5° tras el alargamiento intramuscular del recto anterior a nivel proximal.

Tanto la secuencia de gestos propuesta como los que la forman por separado mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) en la corrección de la deformidad.

Como conclusión, las técnicas propuestas aplicadas de manera secuencial o por separado son eficaces en la disminución del flexo de rodilla en la parálisis cerebral de predominio espástico, ya que facilitan, o incluso evitan, el tratamiento que de manera directa se necesite.

© 2020 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: manatina@hotmail.com (I. Martínez Caballero).

KEYWORDS

Cerebral palsy;
Fixed knee flexion
deformity;
Intrapelvic psoas
tenotomy;
Proximal
intramuscular rectus
anterior lengthening

Intramuscular psoas lengthening at the pelvic brim plus proximal lengthening of the rectus femoris as a treatment for fixed knee flexion deformity in cerebral palsy

Abstract Although the correction of knee flexion by lengthening the hamstring musculature is traditionally contemplated in cerebral palsy, literature suggests that treatment of hip flexion also improves knee extension. The aim of the study was to first show the efficacy of the sequence of intrapelvic tenotomy of the psoas followed by intramuscular lengthening of the proximal rectus anterior and, later, that of both surgical soft tissue surgeries separately. For this, a prospective study was carried out in 10 patients with a mean age of 14 years, which presented 16 fixed knee flexes with a mean of deformity of 22°.

The data was analyzed through means of an ANOVA of repeated measures and to determine the effect separately of each one of the techniques, the improvements obtained with respect to the previous level were contrasted.

The mean extension achieved was 12°, 7° corresponding to the intrapelvic tenotomy of the psoas and, on the remaining knee flexion, a correction of 5° after intramuscular lengthening of the anterior rectus at the proximal level.

Both the sequence of proposed gestures and those that form separately, showed statistically significant differences ($P < 0.001$) in the correction of the deformity.

In conclusion, the proposed techniques applied sequentially or separately are effective in reducing knee flexion in predominantly spastic cerebral palsy, facilitating or even being able to avoid the treatment that is directly needed.

© 2020 SECOT. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La parálisis cerebral infantil (PCI) es la enfermedad neuromuscular pediátrica más frecuente, con una prevalencia de 1-1,7/1000 nacidos vivos¹. Considerando como criterio los problemas del control motor, la forma de predominio espástico es la más frecuente².

Dentro de las manifestaciones ortopédicas, la deformidad en flexión de rodilla es la tercera en cuanto a incidencia, después del equino de tobillo y de las contracturas asociadas a la displasia de cadera espástica³.

Su patogenia es diferente en función de la capacidad de deambulación del paciente. Por un lado, forma parte de la historia natural de las alteraciones de deambulación de la población dipléjica: aparece en su último estadio un flexo rígido de rodilla asociado a una enfermedad severa del brazo de palanca condicionada por alteraciones torsionales óseas y deformidades no flexibles de los pies^{3,4}. Por otro, en los pacientes no deambulantes la sedestación permanente produce un acortamiento progresivo en la musculatura isquiocrural y retracción capsular posterior⁵.

En ambos grupos funcionales las consecuencias son diferentes. Durante la marcha, el flexo de rodilla genera inestabilidad a lo largo de la fase de apoyo y, en aquellos pacientes que no pueden caminar, se dificultan las transferencias desde la silla de ruedas. En ambos casos puede asociarse dolor femoropatelar.

Como causa de flexo de rodilla, además del acortamiento de la musculatura isquiocrural, han sido descritas la insuficiencia del sóleo en el apoyo unipodal y la contractura de los flexores de cadera en la bipedestación, al aumentar la inclinación anterior en la pelvis^{4,6}. La relación que este último hecho tiene en el flexo de rodilla se explica por el comporta-

miento biarticular de los isquiocrurales, que para mantener su longitud ante el ascenso de su inserción proximal llevan la rodilla a flexión. Delp y Hoffinger demostraron este hecho mediante modelos virtuales que reproducían la marcha agachada y evidenciaban como el flexo de rodilla coexistía con un acortamiento de los flexores de cadera, en lugar del acortamiento de los isquiocrurales^{7,8}. Este hecho se corrobora en la exploración física con la maniobra del ángulo popliteo corregido, en la que, tras anular la lordosis lumbar, se mejora la extensión pasiva de la rodilla⁹.

Los motivos para el presente estudio se basan en la ausencia de trabajos que cuantifiquen el impacto en la disminución del flexo rígido de rodilla tras la corrección del flexo de cadera ipsilateral en pacientes con PCI.

La tenotomía intrapélvica del psoas seguida por el alargamiento intramuscular del recto anterior a nivel proximal fueron las cirugías escogidas por haber demostrado su capacidad para corregir la posición de la pelvis y por preservar la fuerza flexora de la cadera¹⁰⁻¹². Este último factor se explica porque respeta la porción iliaca del músculo iliopsoas y la continuidad del músculo recto anterior¹¹⁻¹³.

Los objetivos del trabajo fueron 2: primero, analizar si la corrección del flexo fijo de rodilla espástica era estadísticamente significativa tras tratar el acortamiento de los flexores de cadera mediante tenotomía intrapélvica del psoas seguida de alargamiento proximal del recto anterior y, segundo, analizar la eficacia que por separado tenían las técnicas mencionadas en la disminución del flexo de rodilla.

Material y método

Se realizó un estudio prospectivo, con evaluación de resultados durante los años 2017-2018, en pacientes diagnosticados

de PCI de predominio espástico, seleccionados en la consulta de cirugía ortopédica y traumatología por presentar deformidades ortopédicas con impacto funcional en la marcha o bipedestación y mostrar, en decúbito supino, un flexo rígido de rodilla igual o superior a 10° con signo de Thomas positivo ipsilateral.

Como criterios de exclusión se eligieron la ausencia de demanda funcional, la distonía como alteración motora predominante y, en pacientes deambulantes, la presencia de una debilidad en los flexores de cadera con una valoración máxima de 3 en la escala de Kendall, lo que significa tener la capacidad de lograr la flexión activa de cadera contra la gravedad sin llegar a vencer la resistencia¹⁴.

Se cuantificó el efecto que la tenotomía intrapélvica del psoas seguida del alargamiento proximal del recto anterior tenían en la reducción del flexo de rodilla. Se estableció que, tras la cirugía en el psoas, tanto la corrección completa en la rodilla como la negativización del signo de Thomas fuesen criterios para no realizar el procedimiento en el recto anterior.

El estudio contó con la aprobación del comité de ética del centro y las familias fueron informadas de la razón y finalidad de la cirugía.

Inmediatamente antes de la intervención y bajo anestesia general, se registró el flexo de rodilla mediante un goniómetro rígido estéril colocado en la cara lateral, haciendo coincidir el centro de giro del instrumento con la interlínea articular femorotibial y colocando su brazo proximal paralelo al eje del fémur y el distal, paralelo al de la tibia. Se confirmó en todos los casos la persistencia del flexo de cadera ipsilateral mediante el signo de Thomas positivo.

Para el registro, se anotó la media de 2 mediciones tomadas por 2 observadores con experiencia en el uso del goniómetro y se registraron 3 momentos distintos: la medición obtenida antes de la cirugía, después de la tenotomía del psoas en la pelvis y, por último, tras el alargamiento intramuscular del recto anterior.

Las ventajas de las técnicas empleadas son preservar fuerza en la flexión de cadera y usar el mismo abordaje quirúrgico, tomando como referencia la descripción realizada por Novacheck y Matsuo^{12,13} (figs. 1 y 2).

En las 2 técnicas se emplea una misma incisión de 5-6 cm de longitud, iniciada desde la espina ilíaca anterosuperior y siguiendo el eje longitudinal del sartorio. Tras apartar este hacia lateral, se identifica la fascia del músculo ilíaco y, a través de un ojal hecho en ella, el cirujano introduce el dedo índice, lo mantiene pegado al hueso ilíaco y, en dirección a la sínfisis del pubis, realiza una disección roma del espacio existente entre hueso y músculo. La palpación cerca de la línea media de un cordón tenso que incluye el tendón del psoas nos guía para introducir con la otra mano un disector curvo y romo. Al dirigir el extremo de este instrumento hacia medial y distal mientras se apoya en el dedo introducido que localiza el tendón, logramos hacer que salte sobre la zona cilíndrica en tensión. Tras rodearla, se separan las fibras musculares visualizando las fibras tendinosas que se seccionarán con el electrocauterio.

El alargamiento tendinoso intramuscular del recto anterior se realiza tras identificarlo desde su origen en la espina ilíaca anteroinferior. Siguiéndolo distalmente, se rodea desde medial con disector curvo y romo y, lo más

distal que sea posible, se seccionan las fibras tendinosas respetando las musculares.

Se establecieron 2 hipótesis de trabajo. La primera formulaba que la tenotomía del psoas en la pelvis seguida del alargamiento del recto anterior a nivel proximal corrigen de manera estadísticamente significativa el flexo estructurado de rodilla y, la segunda, que cada una de las técnicas quirúrgicas tenía influencia por sí sola en la corrección de la rodilla.

Como estudio estadístico se aplicó el ANOVA de medidas repetidas, con contrastes *a priori* y análisis del efecto. Los cambios se valoraron tras aplicar un factor con 3 niveles:

- Nivel 1 (grados de flexo de rodilla previo a la intervención).
- Nivel 2 (grados de flexo de rodilla tras la tenotomía del psoas intrapélvico).
- Nivel 3 (grados de flexo de rodilla después del alargamiento intramuscular del recto anterior a nivel proximal).

Para la determinación del efecto por separado sobre la corrección del flexo de rodilla, se realizaron contrastes *a priori* de cada nivel respecto al nivel anterior y se estudió el tamaño del efecto medido.

Los análisis se hicieron con el paquete estadístico SPSS v.23.

Resultados

Se analizaron un total de 16 intervenciones de deformidad en flexo de rodilla con flexo de cadera ipsilateral, que correspondieron a 10 pacientes con PCI espástica, 9 de ellos varones (90%), con una edad media de 14 años (rango: 12-17); 6 de ellos requirieron la cirugía propuesta bilateralmente. Según el nivel GMFCS, correspondían 2 al nivel II, 5 al nivel III y 3 al nivel IV.

Con el paciente bajo anestesia general, la media de flexo de rodilla previo a la intervención fue de 22° (desviación estándar 15,8; rango 50-7). El valor mínimo de 7° se presentó en 3 casos y en ellos la tenotomía intrapélvica del psoas consiguió la corrección completa del flexo de rodilla y cadera. En los 13 casos restantes, se procedió al alargamiento intramuscular del recto anterior a nivel proximal como segundo gesto quirúrgico.

El incremento en extensión ganado en las 16 rodillas se recoge en la [tabla 1](#).

En la última fila se recoge la evolución de la deformidad en flexo, su media con la desviación estándar, durante la secuencia de la cirugía de partes blandas propuesta.

La extensión de la rodilla tras la tenotomía intrapélvica del psoas mejoró una media de 7° (intervalo de confianza al 95%: 3,4-10,5). Esta diferencia fue estadísticamente significativa con una $p < 0,001$ y un tamaño de efecto con η^2 de 0,66. Tras el alargamiento del recto anterior a nivel proximal, se consiguió extender la rodilla en un valor medio de 5° (intervalo de confianza al 95%: 2,1-8,4), cambio que se mostró estadísticamente significativo con una $p < 0,001$ y un tamaño de efecto η^2 de 0,74.

La evolución secuencial de la corrección del flexo de rodilla se recoge en las [figuras 3 y 4](#). En ellas se puede observar como los grados de flexo inicial de rodilla descienden una

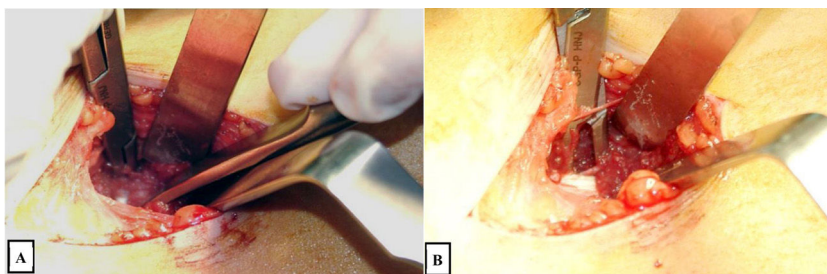


Figura 1 Técnica quirúrgica de la tenotomía del psoas en la pelvis. A) Exposición del tendón del psoas tras rodearlo con el disector curvo, separando las fibras musculares con periostótomo. B) Identificación sobre la pelvis del tendón del psoas antes de realizar su sección.

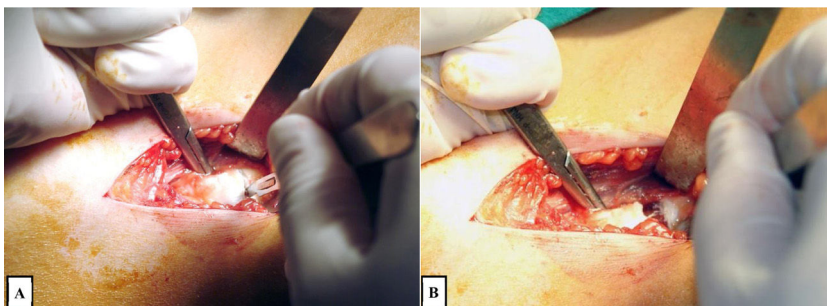


Figura 2 Técnica quirúrgica del alargamiento intramuscular del recto anterior a nivel proximal. A) Visualización e inicio de la sección de la porción tendinosa intramuscular del recto anterior a nivel proximal. B) Separación de los cabos de la porción intramuscular del tendón, respetando la continuidad del vientre muscular situado posteriormente.

Tabla 1 Incrementos logrados en la extensión de las rodillas

Rodilla n.º	Grados previos al tratamiento	Grados tras tenotomía psoas	Grados tras alargamiento recto
1	49	49	40
2	50	40	28
3	7	0	0
4	7	0	0
5	7	0	0
6	15	10	0
7	10	10	0
8	20	5	5
9	40	28	18
10	50	30	22
11	18	12	0
12	15	9	5
13	14	10	7
14	12	8	7
15	20	15	13
16	15	12	9
Media (DE)	22 (15,8)	15 (14)	10 (11,8)

La primera columna numera cada uno de los 16 flexos de rodilla; de izquierda a derecha se muestran la deformidad previa, la conseguida tras la tenotomía del psoas y la registrada tras el alargamiento intramuscular del recto anterior a nivel proximal. Los 4 primeros flexos corresponden a pacientes que requirieron cirugía unilateral.

DE: desviación estándar.

media de 7° tras la tenotomía del psoas intrapélvico y 5° después del alargamiento del recto anterior. La corrección media total de 12° supone una mejora importante antes de abordar directamente el problema de la deformidad sobre la rodilla.

Discusión

El tratamiento del flexo de rodilla en PCI ha sido enfocado tradicionalmente hacia el alargamiento de la musculatura isquiocrural. En ella se incluyen los músculos isquiotibiales y la porción larga del bíceps crural, cuya inserción distal se

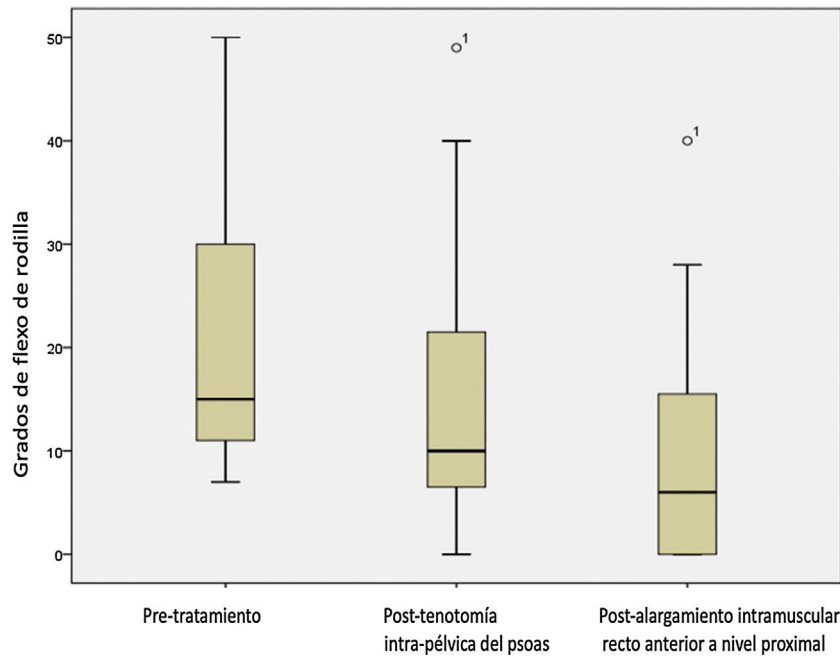


Figura 3 Evolución del flexo de rodilla en diagrama de cajas tras la corrección de la contractura de los flexores de cadera.

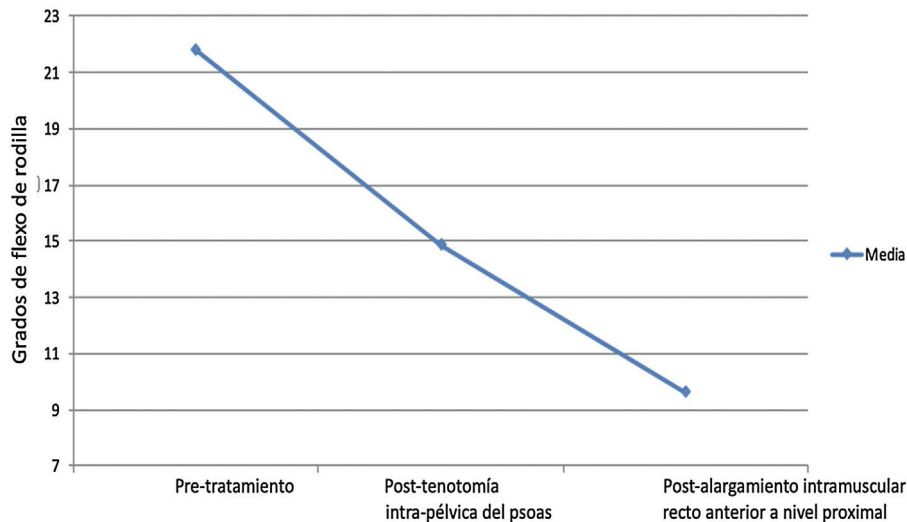


Figura 4 Secuencia del descenso medio del flexo tras cada una de las cirugías.

encuentra en la cabeza del peroné¹⁵. Esta cirugía debilita la extensión de la pelvis y de la cadera, tal y como recoge el síndrome de la zambullida descrito por Rang, lo que justifica la búsqueda de alternativas¹⁶. Una de ellas se ofrece tras el reconocimiento de la importancia de la antepulsión de la pelvis relacionada con el acortamiento de los flexores de cadera^{7,8}.

El tratamiento quirúrgico de los flexores de cadera se dirige a músculos biarticulares acortados como el psoas y, con menor frecuencia, hacia el recto anterior^{11,12}.

La tenotomía del psoas en la pelvis se ha demostrado eficaz en la disminución de la lordosis, ya que preserva la fuerza de flexión de cadera al respetar la inserción en el trocánter menor de la porción ilíaca del músculo iliopsoas^{11,13}.

Los resultados del estudio cinemático comparativo de Bialik cuestionaron el hecho de que, en función del lugar donde se secciona el tendón, el trocánter menor o la porción intra-pélvica, hubiese diferencia en la fuerza flexora de cadera¹⁷. La justificación a sus resultados se basaba en la capacidad que otros músculos flexores de cadera, como el recto anterior, tienen para sustituir la pérdida de fuerza que supone la sección del psoas a nivel distal.

Todo ello refleja la preocupación por el mantenimiento de la fuerza del músculo iliopsoas como responsable del 20% de la propulsión en el paso^{18,19}.

El papel del recto anterior en el flexo de cadera se correlaciona con la actitud en extensión de la rodilla que aparece durante el signo de Thomas y la actividad electromiográfica asociada, tal y como recoge Perry²⁰. Desde la perspectiva

quirúrgica, solo la serie de Matsuo refiere buenos resultados en la cadera espástica, tras el alargamiento del psoas y del recto anterior a nivel proximal¹².

Siguiendo los modelos virtuales de Delp, la cirugía en la cadera permite la mejora de la lordosis, disminuye la tracción en los isquiocruales y, por tanto, mejora la extensión de la rodilla⁷.

La paradoja que supone que el debilitamiento de un extensor de rodilla consiga extenderla se explica relacionando el mayor efecto que la localización de la cirugía produce en una de las funciones que como músculo biarticular realiza. Es así como el efecto en el reposicionamiento de la pelvis asociado al alargamiento del recto anterior mejora la extensión de la rodilla^{7,12,21}.

La disminución de la deformidad bajo anestesia general, demostrada en la modificación de 10° a 7° presente en 3 de las 16 rodillas, reafirma la necesidad de considerar la exploración justo antes de la intervención como un pilar más en la toma de decisiones²².

El análisis de los resultados muestra la alta significación estadística ($p < 0,001$) en los cambios obtenidos en la extensión de rodilla actuando a distancia. Su significación estadística permite avalar tanto la secuencia quirúrgica empleada como el papel que por separado tienen cada uno de sus pasos. La eficacia de estas cirugías en la corrección del flexo de cadera se reseña en la bibliografía, sin que en ella hayamos podido encontrar referencia alguna sobre el papel que estas desempeñan en la corrección del flexo fijo de rodilla^{8,10,23}.

La corrección media final de 12° conseguida tras las 2 técnicas permitiría, en casos de deformidades no importantes, salvar la necesidad de una osteotomía femoral distal extensora^{3,5}. El ahorro de morbilidad, tiempo de quirófano y costes son factores que considerar para la generalización de la estrategia quirúrgica propuesta.

Las limitaciones del estudio tales como el seguimiento, el tamaño de la muestra, la ausencia de un estudio comparativo real entre ambas técnicas o la metodología de la medición fueron tenidas en cuenta en su diseño. En primer lugar, la ausencia de necesidad de seguimiento se fundamenta en el objetivo de evaluación inmediata de la eficacia intraoperatoria. En segundo lugar, en cuanto al tamaño de la muestra, el modelo de estudio estadístico escogido permite estudiar los cambios intrasujeto con 2 ventajas: requerir una muestra menor que los diseños completamente aleatorizados y evitar la variación residual por las diferencias entre los sujetos. En cuanto a la ausencia de comparación de la eficacia entre ambas técnicas, para ello se precisaría un estudio comparativo prospectivo con 2 cohortes homogéneas a las que aplicar las 2 cirugías, lo que presenta la dificultad de la aceptación por parte de las familias y de la obtención de la conformidad del Comité de Ética. Por último, con respecto a la fiabilidad de las mediciones intraoperatorias, para minimizar el sesgo relacionado con el goniómetro estéril se extremó la estandarización de las referencias anatómicas y se complementó con el acuerdo de 2 observadores con experiencia en su uso. Con respecto a los resultados de la cirugía en la corrección del flexo de cadera, la dificultad de su cuantificación en quirófano hizo que esta se valorase

por la persistencia del signo de Thomas tras la tenotomía de psoas, para, de esa manera, justificar el alargamiento intramuscular del recto anterior.

Los aspectos novedosos del presente trabajo son 3. Primero, registra la influencia directa con su significación estadística de la tenotomía intrapélvica del psoas en la disminución del flexo de rodilla. Segundo, muestra la eficacia igualmente significativa del alargamiento proximal del recto anterior como tratamiento complementario. Por último, demuestra que la suma de ambas cirugías permite corregir deformidades moderadas del flexo fijo de rodilla.

La trascendencia terapéutica de los resultados se refleja en 3 hechos. Primero, la posibilidad de ahorrar cirugías óseas con mayor coste y riesgo de morbilidad. En segundo lugar, la corrección del flexo real de la rodilla, al ser de menor magnitud, se asocia a un menor riesgo de complicaciones neurovasculares y a una menor necesidad de alargamiento de la musculatura isquiocrural. De esta manera se preserva fuerza extensora en la cadera. Por último, en cuanto a la rodilla, de necesitarse una osteotomía extensora del fémur distal, el tamaño de la cuña de base anterior sería menor, lo que redundaría en una menor deformidad metafisaria^{3,6,24}. Esta alteración de la anatomía conviene minimizarla, ya que se relaciona con una disminución de la congruencia articular femorotibial y una pérdida de los grados de movilidad en la flexión de rodilla similar a los grados de extensión conseguidos^{24,25}.

Otro mensaje del estudio es la posibilidad de valorar la inclusión de manera rutinaria del alargamiento intramuscular del recto anterior en la cirugía de cadera y rodilla en PCI. Los resultados demuestran como esta técnica puede ser una alternativa a la tenotomía del psoas en aquellos pacientes que presenten debilidad en la flexión de cadera¹².

Conclusiones

En la PCI de predominio espástico, la tenotomía intrapélvica del psoas seguida del alargamiento intramuscular del recto anterior a nivel proximal consiguen extender la rodilla con deformidad en flexo fijo de manera estadísticamente significativa.

Ambas técnicas por separado consiguen ser eficaces en la reducción de la deformidad del flexo de rodilla.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia IV.

Financiación

El actual trabajo no ha recibido ayudas ni fuentes de financiación.

Conflicto de intereses

Todos los autores confirman la inexistencia de conflictos de interés.

Bibliografía

1. McIntyre S, Taitz D, Keogh J, Goldsmith S, Badawi N, Blair E. A systematic review of risk factors for cerebral palsy in children born at term in developed countries. *Dev Med Child Neurol*. 2013;55:499–508.
2. Rethlefsen SA, Ryan DD, Kay RM. Classification systems in cerebral palsy. *Orthop Clin North Am*. 2010;41:457–67.
3. Young JL, Rodda J, Selber P, Rutz E, Graham HK. Management of the knee in spastic diplegia: What is the dose? *Orthop Clin North Am*. 2010;41:561–77.
4. Rozumalski A, Schwartz MH. Crouch gait patterns defined using k-means cluster analysis are related to underlying clinical pathology. *Gait Posture*. 2009 Aug;30:155–60.
5. Miller F. Knee flexion deformity in cerebral palsy. En: *Cerebral palsy*. Miller F, Bachrach S, Lennin N, O'Neil M (editores). Estados Unidos: Springer; 2019.
6. Stout JL, Gage JR, Schwartz MH, Novacheck TF. Distal femoral extension osteotomy and patellar tendon advancement to treat persistent crouch gait in cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am*. 2008 Nov;90:2470–84.
7. Delp SL, Arnold AS, Speers RA, Moore CA. Hamstrings and psoas lengths during normal and crouch gait: Implications for muscle-tendon surgery. *J Orthop Res*. 1996 Jan;14:144–51.
8. Hoffinger SA, Rab GT, Abou-Ghaida H. Hamstrings in cerebral palsy crouch gait. *J Pediatr Orthop*. 1993;13:722–6.
9. Novacheck TF, Trost JP, Sohrweide S. Examination of the child with cerebral palsy. *Orthop Clin North Am*. 2010 Oct;41:469–88.
10. Sutherland DH, Zilberfarb JL, Kaufman KR, Wyatt MP, Chambers HG. Psoas release at the pelvic brim in ambulatory patients with cerebral palsy: Operative technique and functional outcome. *J Pediatr Orthop*. 1997 Sep;17:563–70.
11. Novacheck TF, Trost JP, Schwartz MH. Intramuscular psoas lengthening improves dynamic hip function in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2002 Mar;22:158–64.
12. Matsuo T, Hara H, Tada S. Selective lengthening of the psoas and rectus femoris and preservation of the iliacus for flexion deformity of the hip in cerebral palsy patients. *J Pediatr Orthop*. 1987;7:690–8.
13. Truong WH, Rozumalski A, Novacheck TF, Beattie C, Schwartz MH. Evaluation of conventional selection criteria for psoas lengthening for individuals with cerebral palsy: A retrospective, case-controlled study. *J Pediatr Orthop*. 2011;31:534–40.
14. Kendall R, Peterson F. *Muscles: Testing and function with posture and pain*. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2011.
15. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. *Prometheus. Texto y atlas de anatomía*. España: Médica Panamericana; 2005. p. 431, tomo 1.
16. Rang M, Silver M, de la Garza J. Cerebral palsy. En: *Pediatric orthopedics* Lovell, Winter (editores). Philadelphia: JB Lippincott Co; 1994. pp. 345-395.
17. Bialik GM, Pierce R, Dorociak R, Lee TS, Aiona MD, Sussman MD. Iliopsoas tenotomy at the lesser trochanter versus at the pelvic brim in ambulatory children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2009 Apr;29:251–5.
18. Ounpuu S, Gage JR, Davis RB. Three-dimensional lower extremity joint kinetics in normal pediatric gait. *J Pediatr Orthop*. 1991;11:341–9.
19. Gage JR. Gait analysis. An essential tool in the treatment of cerebral palsy. *Clin Orthop Relat Res*. 1993 Mar;126–34.
20. Perry J, Hoffer M, Antonelli D, Plut J, Lewis G, Greenberg R. Electromyography before and after surgery for hip deformity in children with cerebral palsy. A comparison of clinical and electromyographic findings. *J Bone Joint Surg Am*. 1976 Mar;58:201–8.
21. Prilutsky BI. Coordination of two- and one-joint muscles: Functional consequences and implications for motor control. *Motor Control*. 2000 Jan;4:1–44.
22. Davids JR, Ounpuu S, Deluca PA, Davis RB. Optimization of walking ability of children with cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am*. 2003 Nov;85:2224–34.
23. Valenciano I, Dopazo JA, Albiñana J, Martínez I. Osteotomías de cadera en la parálisis cerebral. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2001;45:40–5.
24. Paley D, Herzenberg JE, Tetsworth K, McKie J, Bhave A. Deformity planning for frontal and sagittal plane corrective osteotomies. *Orthop Clin North Am*. 1994 Jul;25:425–65.
25. Rutz E, Gaston MS, Camathias C, Brunner R. Distal femoral osteotomy using the LCP pediatric condylar 90-degree plate in patients with neuromuscular disorders. *J Pediatr Orthop*. 2012;32:295–300.