

## Artículo original

doi: 10.35366/108124

# Primera serie de casos de alargamiento femoral mediante clavo intramedular Precice® en nuestro centro

*First case series of femoral lengthening using a Precice® intramedullary nail in our center*

Marquina V,\* Novoa B,\* Badía P,\* Jover P,\* Jara F,\* Hernández L\*

Hospital General Universitario de Valencia, España.

**RESUMEN. Introducción:** el alargamiento femoral mediante clavo intramedular es una de las opciones quirúrgicas en el tratamiento de las disimetrías severas de miembros inferiores en la práctica clínica habitual. **Material y métodos:** se realizó un estudio descriptivo retrospectivo de una serie de cinco pacientes con una media de edad de 15.4 años, intervenidos de alargamiento femoral mediante clavo intramedular Precice®. La etiología en todos los casos fue idiopática. Se midió la disimetría o alargamiento teórico prequirúrgico y el definitivo postquirúrgico, así como la precisión del alargamiento, la tasa y el índice de distracción (mm/día y días/cm respectivamente) y el índice de consolidación (días/cm). Se identificaron las complicaciones intra y postoperatorias en todos los casos. **Resultados:** la media de seguimiento fue de 21 meses (12-42), sin pérdidas en el seguimiento. La duración media del procedimiento quirúrgico fue de 126 minutos (105-160). La disimetría teórica prequirúrgica fue de  $38 \pm 2.7$  mm. El alargamiento medio final fue de  $41 \pm 7.5$  mm. La precisión media fue de 108% (91-125) y la tasa de distracción de  $0.9 \pm 0.4$  mm/día. El índice de distracción fue de  $13.9 \pm 5.1$  días/cm y el índice de consolidación, de  $26.6 \pm 9.1$  días/cm. La consolidación ósea se observó en la totalidad de los pacientes con una media de  $113 \pm 58$  días. Con respecto a las complicaciones, se encontraron un total de cuatro complicaciones menores de índole muscular. **Conclusión:** el clavo intramedular Precice® es una buena opción de tratamiento para casos de acortamiento femoral severo aportando buenos resultados clínicos y ra-

**ABSTRACT. Introduction:** femoral lengthening using an intramedullary nail is one of the surgical options in the treatment of severe lower limb dysmetria in routine clinical practice. **Material and methods:** a retrospective descriptive study was carried out on a series of five patients with a mean age of 15.4 years, who underwent femoral lengthening surgery using a Precice® intramedullary nail. The etiology in all cases was idiopathic. Preoperative and definitive postoperative theoretical lengthening or dysmetria was measured, as well as lengthening accuracy, distraction rate and index (mm/day and days/cm, respectively) and consolidation index (days/cm). Intraoperative and postoperative complications were identified in all cases. **Results:** mean follow-up was 21 months (12-42), with no loss to follow-up. The mean duration of the surgical procedure was 126 minutes (105-160). The preoperative theoretical dysmetria was  $38 \pm 2.7$  mm. The final mean lengthening was  $41 \pm 7.5$  mm. The mean accuracy was 108% (91-125) and the distraction rate was  $0.9 \pm 0.4$  mm/day. The distraction rate was  $13.9 \pm 5.1$  days/cm and the consolidation rate was  $26.6 \pm 9.1$  days/cm. Bone consolidation was observed in all patients with a mean of  $113 \pm 58$  days. Regarding complications, a total of four minor muscular complications were found. **Conclusion:** the Precice® intramedullary nail is a good treatment option for cases of severe femoral shortening, providing good clinical and radiological results with a low rate of complications and implant failure.

## Nivel de Evidencia: IV

\* Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Consorcio Hospital General Universitario de Valencia, España.

### Correspondencia:

Vicente Marquina-Moraleda  
Avenida Tres Cruces No. 2, 46014, Valencia, España.  
**E-mail:** vmarquina94@gmail.com

Recibido: 25-02-2022. Aceptado: 29-05-2022.

**Citar como:** Marquina V, Novoa B, Badía P, Jover P, Jara F, Hernández L. Primera serie de casos de alargamiento femoral mediante clavo intramedular Precice® en nuestro centro. Acta Ortop Mex. 2022; 36(2): 97-103. <https://dx.doi.org/10.35366/108124>



diológicos con una baja tasa de complicaciones y fallo del implante.

**Palabras clave:** clavo intramedular Precice®, alargamiento intramedular femoral, disimetría de miembros inferiores, clavo magnético.

**Keywords:** Precice® intramedullary nail, intramedullary femoral lengthening, lower limb dysmetry, magnetic nail.

## Introducción

La disimetría de miembros inferiores es una patología frecuente en la práctica clínica habitual. Las disimetrías menores a 1.5 cm generalmente son tratadas de manera conservadora; mientras que disimetrías mayores a 2 cm suelen requerir un tratamiento quirúrgico. La disimetría de miembros inferiores es una patología frecuente con una prevalencia alrededor de 23% en disimetrías menores a 1 cm y con una incidencia de 1:1,000 casos aproximadamente en aquellas que requieren un tratamiento quirúrgico según los reportes.<sup>1</sup>

Entre las opciones quirúrgicas podemos encontrar el alargamiento del miembro acortado, el acortamiento del lado contralateral y las técnicas que actúan sobre el cartílago de crecimiento.<sup>2</sup>

Con respecto al alargamiento del miembro inferior, la técnica quirúrgica de referencia en muchos centros hospitalarios ha sido el método de Ilizarov,<sup>3</sup> mediante el uso de fijadores externos. Sin embargo, se trata de una técnica compleja asociada en muchos casos a complicaciones (entre 20 y 45% según las series).<sup>4,5,6</sup> Aunque el fijador externo sigue siendo considerado en muchos centros hospitalarios, el tratamiento de referencia para el alargamiento de miembros inferiores, las complicaciones asociadas con los mismos, como la infección del trayecto de los clavos, los problemas de inestabilidad, la rigidez articular y la incomodidad que suponen para el paciente, presentes entre 20 y 45% según algunas publicaciones,<sup>4,5,6,7</sup> han provocado el surgimiento de técnicas alternativas para abordar este tipo de intervenciones.<sup>8,9</sup> Es necesario tener en cuenta además que la etiología de la disimetría puede influir en la tasa de las complicaciones del alargamiento. De esta manera y tal como describieron Gordon y colaboradores<sup>10</sup> en su serie de casos, si la causa de la disimetría era congénita, la tasa de complicaciones que requerían de una nueva intervención quirúrgica, podía alcanzar 35%.

Con la finalidad de solucionar estos problemas, a partir de finales del siglo pasado surgieron diferentes dispositivos intramedulares de alargamiento, como el clavo Bliskunov®, que usaba un cigüeñal conectado a la pelvis para impulsar su mecanismo y alargar el fémur a partir de los movimientos rotacionales del mismo; el clavo Albizzia® y el clavo ISKD® (*Intramedullary Skeletal Kinetic Distractor*), los cuales se basaban en fuerzas de rotación mecánicas (20° en el caso del primero y de 3 a 9° en el segundo) para impulsar el clavo intramedular a través del callo óseo presente en el gap de distracción; el clavo FITBONE®, cuyo mecanismo es accionado por un motor interno conectado a una antena

subcutánea que requiere de un transmisor externo de radiofrecuencia para controlarlo; y el clavo Precice®, del cual existen dos generaciones y ha sido el último en aparecer en el mercado.<sup>11</sup>

El objetivo de este estudio fue el de analizar los resultados clínicos y radiológicos y la incidencia de complicaciones intra y postoperatorias de la primera serie de pacientes con diagnóstico de disimetría de miembros inferiores tratados quirúrgicamente mediante alargamiento femoral con clavo intramedular Precice® en nuestro centro que es un hospital de tercer nivel.

## Material y métodos

### Datos demográficos

Se ha realizado un estudio descriptivo retrospectivo de una serie de cinco pacientes consecutivos con diagnóstico de disimetría de miembros inferiores intervenidos por el mismo cirujano mediante clavo femoral intramedular Precice® (*NuVasive, Inc, San Diego, USA*) entre Enero de 2016 y Noviembre de 2019. Las variables demográficas se expresan en la *Tabla 1*.

La etiología de la disimetría en todos los casos fue fémur corto idiopático. Dos pacientes habían sido intervenidos previamente, uno de corrección de escoliosis mediante cirugía con instrumentación; y otro de tibia corta congénita mediante alargamiento tibial con fijación externa monolateral.

### Procedimiento quirúrgico

En nuestra serie de casos se ha utilizado el clavo intramedular Precice® (*NuVasive, Inc, San Diego, USA*) de segunda generación, el cual consta de una carcasa de aleación de titanio (Ti-6Al-4V)<sup>12</sup> y porta en su interior un imán, que se encuentra conectado a través de una caja de engranajes a un tornillo giratorio, que produce el alargamiento del clavo intramedular tras empujar la porción telescópica de éste hacia fuera. De esta manera, el alargamiento está controlado de manera externa tras la aplicación de un campo magnético por el propio paciente.

La intervención quirúrgica se realizó con el paciente en decúbito supino sobre una mesa de material radiolúcido y bajo control radiográfico intraoperatorio. La longitud y el diámetro del clavo se determinó preoperatoriamente según las radiografías previas y teniendo en cuenta el peso del paciente, que condiciona el diámetro del clavo como describen

Green y colaboradores.<sup>8</sup> De esta manera, para pacientes con un peso corporal menor o igual a 114 kg se debe emplear un clavo de 10.7 o 12.5 mm de diámetro; mientras que para pesos corporales menores de 57 kg se utiliza el clavo de 8.5 mm de diámetro.

Se identificó el lugar de la osteotomía femoral siguiendo el método habitual descrito por Paley y colaboradores,<sup>13</sup> realizándose mediante múltiples perforaciones a través de un abordaje lateral. Como describen algunos autores, estas perforaciones registran una baja tasa de tromboembolismo pulmonar.<sup>2</sup> El punto de entrada del clavo se realizó en la punta del trocánter mayor a través de un abordaje lateral proximal (*Figura 1*), que permitió el fresado del canal femoral hasta 1.5-2 mm mayor que el diámetro definitivo del clavo seleccionado. Se introdujo el clavo intramedular Precice® hasta el borde proximal de la zona de osteotomía y se completó la misma a través del abordaje lateral, introduciendo el clavo hasta su localización definitiva y bloqueándolo proximal y distalmente (*Figura 2*). Por último, se realizó la distracción del clavo 1-2 mm para asegurar el correcto funcionamiento del dispositivo magnético.

Todos los pacientes fueron instruidos para el correcto funcionamiento del dispositivo y comenzaron el alarga-

miento femoral a la semana de la intervención en torno a 1 mm/día. El primer control radiográfico se realizó a los siete-10 días de la intervención y posteriormente, de manera sucesiva, cada dos semanas hasta el final del alargamiento (*Figura 3*), cuantificando el mismo en cada revisión. Después se realizó un seguimiento mensual durante la fase de consolidación (*Figura 4*), la cual comprende desde el final del alargamiento femoral hasta la consolidación ósea de la zona alargada (*Figura 5*). Por último, se realizaron controles a los seis meses, al año y a los dos años de la cirugía.

Se realizó descarga del miembro intervenido durante la fase de alargamiento femoral y carga parcial con asistencias durante la fase de consolidación, terminando por realizar carga completa tras la formación definitiva del callo óseo.

### Métodos de evaluación

Se midió la disimetría preoperatoria o alargamiento teórico (en milímetros) de los pacientes mediante telemedicina y el alargamiento postoperatorio mediante radiografías anteroposterior y axial de fémur completo siguiendo

Tabla 1: Datos demográficos de la serie de pacientes.

Caso	Edad (años)	Sexo	Peso (kg)	Diámetro del clavo (mm)
1	20	Mujer	58	10.7
2	15	Hombre	70	12.8
3	15	Hombre	63	10.7
4	13	Hombre	54	8.5
5	14	Hombre	58	10.7
Media (rango)	15.4 (13-20)		59.8 (52-70)	10.68



Figura 1: Región de entrada para la introducción del clavo intramedular localizada en el trocánter mayor.



Figura 2: Bloqueos proximales del clavo intramedular tras la completa introducción del mismo.



**Figura 3:**

Fase de alargamiento a las tres semanas postquirúrgicas.

las indicaciones de Paley y colaboradores.<sup>1</sup> Se calculó la precisión del alargamiento (relación entre el alargamiento logrado y el planeado), la tasa de distracción (mm distraídos entre los días de distracción totales) (mm/día), el índice de distracción (relación entre el número de días de distracción y el alargamiento alcanzado) (días/cm) y el índice de consolidación (relación entre la duración para lograr la consolidación ósea y la longitud alcanzada) (días/cm) siguiendo el método utilizado por Nasto y colaboradores.<sup>9</sup>

Consideramos la consolidación de la zona de alargamiento como la existencia de callo óseo en tres de las cuatro corticales siguiendo el método descrito por Nasto y colaboradores.<sup>9</sup> Se identificaron las complicaciones intraoperatorias y postoperatorias en todos los casos según el método descrito por Paley y su equipo,<sup>7</sup> que subdivide las complicaciones en problemas, obstáculos y complicaciones.

## Resultados

El seguimiento medio fue de 21 meses (rango de 12 a 42), sin pérdidas en el seguimiento. La duración media del procedimiento quirúrgico fue de 126 minutos (rango de 105 a 160).

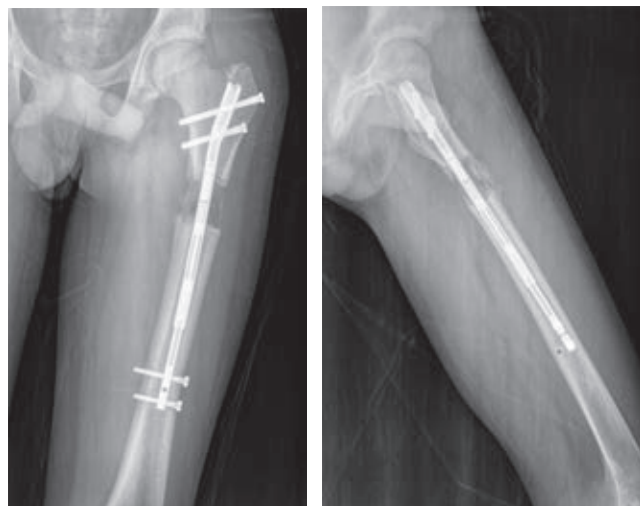
De los cinco clavos utilizados, tres tenían un diámetro de 10.7 mm; uno, un diámetro de 8.5 mm; y otro, de 12.8 mm. Tres clavos tenían una longitud de 215 mm; uno, de 230 mm; y otro, de 245 mm. Todos los clavos fueron femorales y anterógrados.

La disimetría prequirúrgica medida fue de  $38 \pm 2.7$  mm. El alargamiento final medido en las radiografías postoperatorias fue de  $41 \pm 7.5$  mm. La precisión media fue de 108% y la tasa de distracción de  $0.9 \pm 0.4$  mm/día. El índice de distracción medido fue de  $13.9 \pm 5.1$  días/cm y el índice de

consolidación de  $26.6 \pm 9.1$  días/cm. El tiempo medio de distracción fue de  $57.6 \pm 25.9$  días. Los datos por pacientes quedan reflejados en la *Tabla 2*.

La consolidación ósea se observó en 100% de los pacientes con una media de tiempo de  $113 \pm 58$  días. En dos casos se retiraron los clavos intramedulares después de un mínimo de un año de seguimiento según indica la técnica quirúrgica (*Figura 6*).

En cuanto a las complicaciones, se dividieron en complicaciones mayores o menores, identificándose un total de cuatro complicaciones menores en nuestra serie (*Tabla 3*): dos casos de claudicación de la marcha por déficit de extensión de la rodilla que no supuso limitación funcional y que mejoraron tras rehabilitación; un caso de atrofia y dolor de la musculatura cuadriceps que se recuperó tras rehabilitación y analgesia; y un caso de rotura fibrilar del recto anterior que se solucionó con reposo relativo y rehabilitación precoz.



**Figura 4:** Fase de consolidación a las 10 semanas postquirúrgicas.



**Figura 5:** Alargamiento consolidado a los seis meses postquirúrgicos.



**Tabla 2: Resultados de disimetría preoperatoria y alargamiento postoperatorio, además de la precisión obtenida.**

Caso	Disimetría preoperatoria (mm)	Alargamiento final (mm)	Precisión (%)
1	40	50	125.0
2	40	44	110.0
3	35	35	100.0
4	40	45	112.5
5	35	32	91.0



**Figura 6:** Posterior a la extracción del clavo al año postquirúrgico.

## Discusión

Una de las novedades que caracterizan al clavo intramedular Precice® es el control bidireccional (de alargamiento y acortamiento) que presenta. Además, permite su introducción en el fémur de manera anterógrada (a través del trocánter mayor o vía piriforme) o retrógrada; y anterógrada en el caso de la tibia.<sup>11,14</sup> Diferentes estudios concluyen en la utilización en adolescentes de la vía anterógrada a través del trocánter mayor, ya que presenta menor tasa de necrosis avascular de la cabeza femoral.<sup>13,15,16</sup>

El clavo de segunda generación aporta modelos para el fémur con diámetros de 8.5, 10.7 y 12.5 mm, con longitudes entre 195 y 365 mm y con patrones de orificios para los tornillos distales en dos planos diferentes que permiten la adaptación a la variedad anatómica de los pacientes.<sup>1</sup> Paley y colaboradores en un estudio de 67 clavos intramedulares (41 femorales) y un seguimiento medio de 9.6 meses, concluyeron que este clavo intramedular Precice® de segunda generación es, al menos, dos veces más resistente a la fatiga por flexión y presenta un acoplamiento tres veces más fuerte entre los engranajes y el tornillo de alargamiento, así como mayor capacidad de distracción en comparación con su pri-

mera versión. En este estudio Paley y colaboradores, tras observar tres roturas del clavo y siete fallos en la distracción del mismo, identificaron dos posibles errores de la primera versión del implante: la unión de los engranajes al tornillo de avance y las soldaduras del clavo en ambos lados del mecanismo de accionamiento.<sup>13</sup> Asimismo, Panagiotopoulou y colegas en una serie de 15 clavos extraídos de 13 pacientes describieron que la primera generación de los clavos Precice® presentaba residuos internos producidos por la corrosión del implante. Dichos hallazgos no se encontraron en el diseño de segunda generación.<sup>12</sup>

En el presente estudio se han evaluado los resultados de una serie de cinco pacientes consecutivos intervenidos de alargamiento femoral. Esta serie ha aportado buenos resultados en relación con la precisión del clavo (108%). En este sentido, diferentes autores han publicado buenos resultados clínicos y radiológicos de este dispositivo. Green y colaboradores en un estudio multicéntrico de 31 pacientes con alargamiento de miembros inferiores (23 femorales) describen una precisión de 96.7%. De la misma manera, en tres estudios similares; uno realizado por Kirane y colegas<sup>17</sup> con 17 casos de alargamiento femoral, se observó una precisión de 98%; y otros realizados por Wagner y colaboradores<sup>18</sup> y por Schiedel y su equipo,<sup>19</sup> ambos con series de 24 y 15 clavos femorales respectivamente, observaron una precisión de 97%.

En nuestra serie de casos, la tasa de distracción ha sido de 0.9 mm/día. Paley y colegas<sup>13</sup> destacan que tasas de distracción > 1.5 mm/día constituyen un factor de riesgo de una peor regeneración ósea. En este estudio reportan una tasa de 0.8 mm/día, aspecto que se objetiva en nuestra serie, así como en otros estudios de la literatura (rango entre 0.7 y 0.9 mm/día): Nasto y colaboradores (0.9 mm/día)<sup>9</sup> en una serie de 26 casos con una edad media próxima a la nuestra (14.7 años); Laubscher y colaboradores (0.9 mm/día);<sup>20</sup> Schiedel y colegas (0.8 mm/día)<sup>19</sup> y Wagner y su equipo (0.7 mm/día).<sup>18</sup>

Cabe destacar que se ha realizado la retirada del clavo tras un período de 12 meses de seguimiento en dos pacientes. Solamente en un estudio de Farsetti y colaboradores con 20 casos consecutivos de alargamiento femoral se extrajeron todos los clavos a los ocho meses después de visualizarse la consolidación radiológica.<sup>21</sup>

Si bien en el presente estudio no se ha comparado el dispositivo intramedular con otros métodos de fijación externa, Laubscher y colaboradores realizan este propósito en

**Tabla 3: Complicaciones menores en la serie de casos.**

Caso	Complicación	Tratamiento
1	Claudicación de la marcha	Rehabilitación
2	Atrofia cuadricepsal	Rehabilitación
3	Sin complicaciones	
4	Claudicación de la marcha	Rehabilitación
5	Rotura fibrilar recto anterior	Rehabilitación

un estudio de una serie de 15 pacientes comparada con un grupo de siete pacientes con fijador externo. El alargamiento femoral con el clavo femoral Precice® logró excelentes resultados funcionales con menos complicaciones y mayor satisfacción del paciente en comparación con el sistema de fijación externa, que incluía infecciones de los pines y mayor intolerancia al tratamiento con fijador por parte de los pacientes. El seguimiento medio fue de 14.7 meses y el alargamiento medio, de 59.7 mm. El tiempo medio para realizar carga completa fue significativamente más corto en el grupo Precice® que en el grupo de fijación externa (3.6 meses versus 4.8 meses,  $p = 0.02$ ). La satisfacción de los pacientes fue mayor en el grupo Precice® y los pacientes presentaron menos dolor durante el alargamiento y la consolidación ( $p < 0.001$ ).<sup>20</sup>

En cuanto a las complicaciones, existen diferentes métodos de clasificación publicados en la literatura,<sup>9</sup> aunque en nuestro estudio las hemos dividido en complicaciones mayores y menores dependiendo de si precisaron de reintervención quirúrgica o no.

La tasa de complicaciones viene determinada según la severidad de éstas y si tienen relación con el implante. De esta forma, podemos destacar el estudio realizado por Green y colaboradores,<sup>8</sup> en el que observaron 52% de complicaciones; de las cuales, la complicación más frecuente fue el dolor en 26% de los pacientes. Obtuvieron dos efectos adversos relacionados con el implante, una rotura de un tornillo de bloqueo distal y un fallo en el alargamiento del implante. De la misma forma, Kirane y colaboradores<sup>17</sup> registraron 24% de complicaciones menores no relacionadas con el implante, entre las que destacan una moderada pérdida de rango de movimiento en tobillo y rodilla, que se recuperaron tras ejercicios de rehabilitación; y 4% de complicaciones relacionadas con el implante, referentes a fallos en el mecanismo de alargamiento que se solucionaron con el recambio del mismo.

Birkholtz y colaboradores<sup>22</sup> describieron su experiencia inicial con el clavo Precice® en nueve pacientes, con resultados similares a los nuestros, objetivando un alargamiento promedio de 45 mm y una precisión de 103%, registrando un total de dos complicaciones. En nuestro estudio encontramos un total de cuatro problemas que se solucionaron con tratamiento conservador, sin registrar ninguna complicación que necesitare de intervención quirúrgica.

El implante Precice® tiene un precio competitivo y comparable con otros dispositivos de fijación externa de alargamiento de extremidades inferiores. Tal como describen Paley y colaboradores, la reducción de complicaciones de los implantes y los pines deberían conducir a una mayor rentabilidad de este dispositivo en comparación con la fijación externa.<sup>1</sup> Otros autores, en cambio, como Laubscher y su equipo<sup>20</sup> refieren que la diferencia de coste puede ser compensada por el ahorro que conlleva un tiempo de rehabilitación más corto tras el alargamiento intramedular. A pesar de esto, se necesitan más estudios costo-efectividad que aporten evidencia en relación con este aspecto del dispositivo.

Nuestro estudio presenta varias limitaciones, ya que se trata de una serie de cinco casos retrospectiva sin tener grupo control para comparar nuestros resultados clínico-radiológicos con los de otros dispositivos intramedulares disponibles en el mercado o con métodos de fijación externa. Es necesario por tanto, la realización de estudios prospectivos-comparativos de estos implantes con los de fijación externa que aporten mayor evidencia científica a la existente en la literatura y respalden las observaciones encontradas en los estudios retrospectivos.

## Conclusión

Consideramos el clavo intramedular Precice® una alternativa válida a la fijación externa en el tratamiento de pacientes con disimetrías mayores de 2 cm de miembros inferiores aportando buenos resultados clínicos y radiológicos con una baja tasa de complicaciones y fallo del implante.

## Referencias

1. Paley D. PRECICE intramedullary limb lengthening system. *Expert Rev Med Devices*. 2015; 12(3): 231-49.
2. Jahmani R, Lovisetti G, Alorjani M, Bashaireh K. Percutaneous femoral shortening over a nail using on-site smashing osteotomy technique. *Eur J Orthop Surg Traumatol Orthop Traumatol*. 2020; 30(2): 351-8.
3. Ilizarov GA. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop*. 1990; (250): 8-26.
4. Herzenberg JE, Scheufele LL, Paley D, Bechtel R, Tepper S. Knee range of motion in isolated femoral lengthening. *Clin Orthop*. 1994; (301): 49-54.
5. Stanitski DF, Bullard M, Armstrong P, Stanitski CL. Results of femoral lengthening using the Ilizarov technique. *J Pediatr Orthop*. 1995; 15(2): 224-31.
6. Green SA. Complications of external skeletal fixation. *Clin Orthop*. 1983; (180): 109-16.
7. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop*. 1990; (250): 81-104.
8. Green S, Fragomen A, Herzenberg J, Iobst C, McCarthy J, Nelson S, et al. A magnetically controlled lengthening nail: A prospective study of 31 individuals (The PRECICE intramedullary nail study). *J Limb Lengthening Amp Reconstr*. 2018; 4(2): 67-75.
9. Nasto LA, Coppa V, Riganti S, Ruzzini L, Manfrini M, Campanacci L, et al. Clinical results and complication rates of lower limb lengthening in paediatric patients using the PRECICE 2 intramedullary magnetic nail: a multicentre study. *J Pediatr Orthop Part B*. 2020; 29(6): 611-7.
10. Gordon JE, Manske MC, Lewis TR, O'Donnell JC, Schoenecker PL, Keeler KA. Femoral lengthening over a pediatric femoral nail: results and complications. *J Pediatr Orthop*. 2013; 33(7): 730-6.
11. Calder PR, Laubscher M, Goodier WD. The role of the intramedullary implant in limb lengthening. *Injury*. 2017; 48 Suppl 1: S52-8.
12. Panagiotopoulou VC, Davda K, Hothi HS, Henckel J, Cerquiglini A, Goodier WD, et al. A retrieval analysis of the Precice intramedullary limb lengthening system. *Bone Joint Res*. 2018; 7(7): 476-84.
13. Paley D, Harris M, Debiparshad K, Prince D. Limb lengthening by implantable limb lengthening devices. *Tech Orthop*. 2014; 29(2): 72-85.
14. Morrison TA, Sontich JK. Premature consolidation with resultant implant failure using PRECICE femoral nail lengthening: a case report. *JBJS Case Connect*. 2016; 6(1): e2.
15. Rozbruch SR, Birch JG, Dahl MT, Herzenberg JE. Motorized intramedullary nail for management of limb-length discrepancy and deformity. *J Am Acad Orthop Surg*. 2014; 22(7): 403-9.

16. Hammouda AI, Jauregui JJ, Gesheff MG, Standard SC, Herzenberg JE. Trochanteric entry for femoral lengthening nails in children: is it safe? *J Pediatr Orthop*. 2017; 37(4): 258-64.
17. Kirane YM, Fragomen AT, Rozbruch SR. Precision of the PRECICE internal bone lengthening nail. *Clin Orthop*. 2014; 472(12): 3869-78.
18. Wagner P, Burghardt RD, Green SA, Specht SC, Standard SC, Herzenberg JE. PRECICE® magnetically-driven, telescopic, intramedullary lengthening nail: pre-clinical testing and first 30 patients. *SICOT J* [Internet]. 2017; 3: 19. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5962966/>
19. Schiedel FM, Vogt B, Tretow HL, Schuhknecht B, Gosheger G, Horter MJ, et al. How precise is the PRECICE compared to the ISKD in intramedullary limb lengthening? Reliability and safety in 26 procedures. *Acta Orthop*. 2014; 85(3): 293-8.
20. Laubscher M, Mitchell C, Timms A, Goodier D, Calder P. Outcomes following femoral lengthening: An initial comparison of the Precice intramedullary lengthening nail and the LRS external fixator monorail system. *Bone Joint J*. 2016; 98-B(10): 1382-8.
21. Farsetti P, Maio F, Potenza V, Efremov K, Marsiolo M, Caterini A, et al. Lower limb lengthening over an intramedullary nail: a long-term follow-up study of 28 cases. *J Orthop Traumatol*. 2019; 20(1): 30.
22. Birkholtz FF, de Lange P. Evaluation of the first experience of intramedullary nail lengthening using PRECICE® in a South African limb lengthening and reconstruction unit. *SA Orthop J*. 2016; 15(1): 67-71.