

Sección I. Ortopedia y traumatología general

Elongación femoral con fijador externo monolateral: análisis estadístico de los resultados y complicaciones en 144 casos consecutivos

Dr. Manuel Leyes*, Dr. Kenneth Noonan**, Dr. Francisco Forriol***, Dr. José Cañadell****

Resumen

Se presentan los resultados y complicaciones de 114 elongaciones femorales consecutivas mediante osteogénesis a distracción con fijador externo monolateral. La longitud media de elongación fue de 11,3 cm o 48% de la longitud inicial. Se observó una mayor incidencia de complicaciones y cirugías adicionales por porcentaje de elongación en elongaciones asimétricas que en pacientes displásicos ($p=0,010$ y $p=0,023$ respectivamente). Los segmentos con osteotomía metafisaria presentaron una incidencia mayor de complicaciones y de cirugías adicionales ($p=0,031$ y $p=0,042$ respectivamente). Los pacientes con 14 o más años presentaron una incidencia mayor de complicaciones ($p=0,047$) y un aumento significativo del índice de maduración ($p=0,019$), que no se correlacionaba con un aumento paralelo de las complicaciones debidas a la pobre formación de hueso.

Introducción

La difusión internacional de las técnicas de osteogénesis a distracción ha aumentado el interés por la elongación ósea. Desafortunadamente gran parte de la información publicada proviene de series con grandes diferencias en el tamaño de la muestra, en las características de los pacientes, en la técnica de elongación, en el tipo de fijador y en los resultados. El análisis estadístico de estos datos es difícil y con frecuencia las conclusiones obtenidas varían sustancialmente de un estudio a otro. Otra limitación de los trabajos previos es la presentación conjunta de los resultados en elongaciones femorales y tibiales^{1, 15}.

La larga experiencia de nuestro departamento en osteogénesis a distracción de fémur nos ha permitido analizar estadísticamente los resultados, las complicaciones y las cirugías adicionales en una muestra amplia y homogénea.

Material y métodos

Se realizó un análisis retrospectivo de 68 pacientes que fueron sometidos a 114 elongaciones femorales desde febrero de 1980 hasta abril de 1994. En cada paciente se registraron parámetros preoperatorios y de la elongación que incluían la edad en el momento de la cirugía, el diagnóstico, la latencia de distracción, el número de días de distracción, el tiempo necesario para la maduración del callo, el tiempo total con el fijador y el tiempo total de tratamiento (tiempo con fijador y subsiguiente inmovilización). También se recogieron las incidencias de complicaciones incluyendo lesiones neurovasculares, consolidación precoz del fémur, infección severa en la entrada de los clavos que precisó antibioterapia o retirada del clavo, y pseudoartrosis del foco de distracción. Además, se anotó la incidencia de cirugías adicionales: osteoclasia por consolidación prematura del fémur, manipulación del segmento por angulación o cambio del fijador, retirada de clavos por infección, estabilización operatoria por

* Profesor asociado. Departamento de Cirugía Ortopédica, Clínica Universitaria de Navarra, Apartado 4209.31080 Pamplona.

** Profesor asociado. Department of Orthopedic Surgery, Indiana University, 541 Clinical Drive, Room 600, Indianapolis Indiana, 46202-5111. U.S.A.

*** Correspondencia y separatas:

Francisco Forriol. Vicedecano. Departamento de Cirugía Ortopédica. Facultad de Medicina de la Universidad de Navarra. Clínica Universitaria.

Apartado 4209, 31080 Pamplona.
Tel.: 948 29 65 85. Fax: 34 48 42 56 49

**** Profesor ordinario. Departamento de Cirugía Ortopédica, Clínica Universitaria de Navarra, Apartado 4209.31080 Pamplona.

fractura del hueso elongado, estabilización quirúrgica y aporte de injerto en la pseudoartrosis del foco de elongación, tenotomía por rigidez en flexión de la cadera o subluxación, manipulación de la rodilla o artrolysis por rigidez o subluxación y osteotomía correctora tardía por angulación residual inaceptable.

Todas las radiografías de este estudio fueron tomadas con técnica radiográfica similar, desde la misma distancia y con el mismo aparato de rayos. Se midió la longitud inicial del hueso en la radiografía preoperatoria. El nivel de la osteotomía se clasificó como metafisario proximal (en el 1/4 proximal del fémur), diafisario (en el 1/2 del fémur) y metafisario distal (en el 1/4 distal del fémur). La longitud elongada se midió en la primera radiografía tomada en el período de maduración. Todas las radiografías fueron analizadas para detectar desviación axial mayor de 10° en el plano coronal previa a la retirada del fijador. No se analizó la desviación en el plano sagital debido a la superposición entre el fijador y el hueso en las radiografías laterales. También se registró la presencia de fractura o deformidad del hueso elongado tras la retirada del fijador. Se distinguió la fractura de la deformidad por la presencia de un trazo de fractura. Las fracturas se clasificaron en transversa, transversa con angulación del callo o fractura compresión con colapso del callo.

En cada segmento se determinó el porcentaje de elongación femoral dividiendo la elongación conseguida por la longitud inicial del fémur. El ritmo diario de distracción se calculó dividiendo la longitud de elongación en milímetros por el número de días de distracción. El índice de maduración⁵ se calculó dividiendo la duración del tratamiento en días (tiempo con fijador y subsiguiente inmovilización) por la longitud de la elongación en centímetros (índice de maduración-cm) y por el porcentaje de elongación (índice de maduración-%). Sólo se calcularon estos índices en los fémures que consolidaron sin estabilización interna ni aporte de injerto.

Técnica quirúrgica y protocolo de elongación

En todos los fémures se colocó el fijador en la cara lateral antes de realizar osteotomía. En los primeros 96 casos se utilizó el fijador de Wagner, en 2 casos el fijador Orthofix y en los últimos 16 casos el fijador externo monotubo. En todos los

fémures se colocaron dos clavos proximales y dos distales; la mayoría de los clavos (excepto los Orthofix) se colocaron con un perforador manual. Se realizó la osteotomía percutánea con broca y escoplo. Cuarenta y siete osteotomías se localizaron en la región metafisaria proximal, 45 en la diáfisis y 22 en la metafisia distal. Los pacientes fueron dados de alta a los 3 a 5 días de la intervención permitiéndoles caminar con carga parcial. Tras una latencia, se inició la distracción a un ritmo de 1 mm al día en dos incrementos de 0,5 mm. El cuidado diario de los clavos se hizo con agua y jabón. Ocasionalmente algunos clavos dolorosos y con inflamación requirieron tratamientos cortos con antibioterapia oral, unos pocos precisaron antibioterapia endovenosa y retirada. Durante el período de distracción los pacientes acudieron a revisión cada dos o tres semanas para realizar un examen clínico y radiológico. A todos los pacientes se les indicó que mantuvieran la rodilla en extensión; además, los pacientes utilizaron una ortesis de extensión de la rodilla por las noches. Estas medidas estaban encaminadas a disminuir el riesgo de subluxación y contracturas en flexión de la rodilla. Durante el período de distracción los pacientes no realizaron ejercicios de flexoextensión de la rodilla. La distracción continuaba hasta alcanzar la longitud deseada o hasta que alguna complicación requiriera la interrupción de la elongación y la realización de una intervención adicional. Cuando se alcanzaba la elongación deseada se bloqueaba el fijador y se estimulaba a los pacientes a que aumentasen sus actividades y la carga sobre las extremidades. En este momento los pacientes comenzaban la rehabilitación para recuperar la movilidad de la rodilla perdida durante la distracción. Para mejorar la maduración ósea se dinamizaron los fijadores externos en los segmentos tratados con fijadores Monotubo u Orthofix.

Los fijadores se retiraban, comúnmente bajo anestesia (80% de los casos), cuando se observaba una buena continuidad ósea en al menos 3 de las 4 corticales en las radiografías anteroposteriores y laterales. Cuarenta y un segmentos (36%) fueron inmovilizados con un yeso o férula tras la retirada del fijador. El tiempo medio de inmovilización fue de 48 días (rango, 15 a 210 días). Finalizado el protocolo de elongación y completada la fase de maduración se continuó el seguimiento de los pacientes para detectar problemas secundarios como rigideces articulares, angulaciones o persistencia de disimetrías. En la Figura 1 se observa un caso representativo.

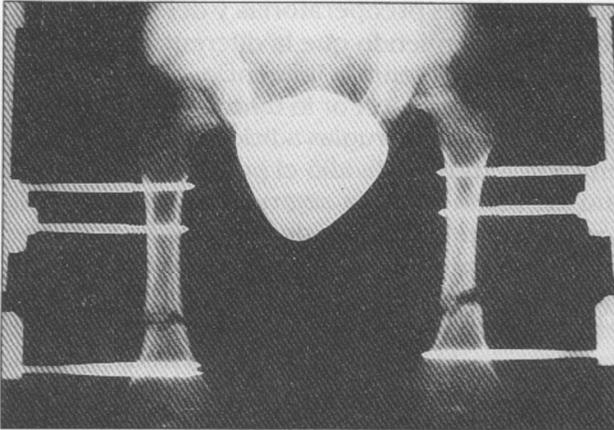


Fig. 1a: Radiografía al inicio de elongación bilateral de fémures.

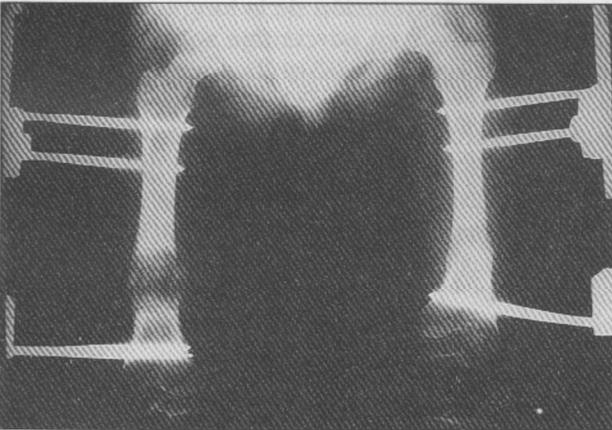


Fig. 1b: Consolidación precoz del fémur izquierdo que precisó osteoclasia.

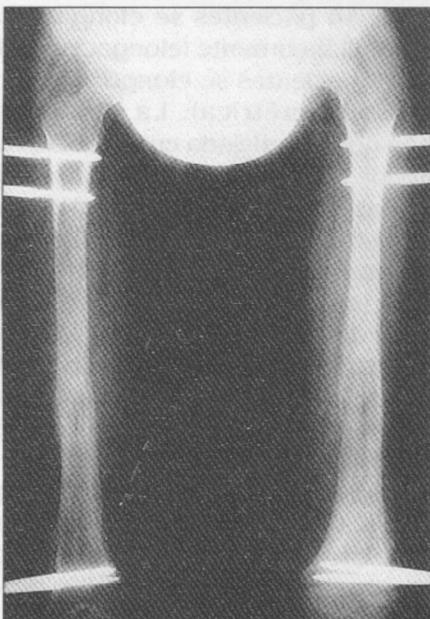


Fig. 1c: Radiografía tras elongación de 12 cm.

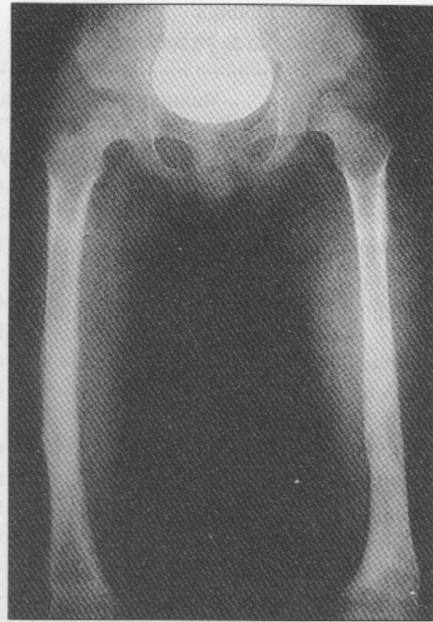


Fig. 1d: Radiografía a los 6 meses de la retirada del fijador.

Análisis estadístico

Se analizó el efecto de los diversos parámetros preoperatorios y de tratamiento (variables independientes) en la frecuencia de complicaciones, la necesidad de intervenciones adicionales y los índices de maduración (variables dependientes o resultados). Para el análisis estadístico 92 segmentos fueron clasificados como simétricos (elongación femoral bilateral) y 22 segmentos simétricos (elongación femoral unilateral). Además, los segmentos se clasificaron en cinco grupos (Tabla 1) basados en la similitud del diagnóstico (Grupo A: Acondroplasia; Grupo B: Otras displasias esqueléticas; Grupo C: Talla baja; Grupo D: Asimetrías). Además, todas las osteotomías metafisarias (n=69) se agruparon para compararlas con las diafisarias (n=45).

Las variables independientes fueron: edad (agrupados en segmentos de pacientes que eran menores de 14 años (n=79) y los de 14 ó más años (n=35)), simetría de la cirugía, grupo diagnóstico, localización de la osteotomía (metafisaria proximal (n=103) o diafisaria (n=44)), longitud elongada en cm (en grupos de segmentos elongados menos de ocho (n=20) de ocho a once (n=16), de once a trece (n=43) y más de trece centímetros (n=35)) y en porcentaje (en grupos de segmentos elongados menos del 25% (n=21), del 25 al 45% (n=27), del 45 al 60% (n=31) y más del 60% (n=35)).

Tabla 1
Diagnóstico de los pacientes

	Pacientes	Segmentos	Grupo (n=)
Acondroplasia	28	56	A n=56
Pseudoacondroplasia	4	8	A
Condrodisplasia metafisaria	6	12	B
Displasia epifisaria múltiple	1	2	B n=22
Talla baja idiopática	3	6	C
Pubertad precoz	2	4	C
Síndrome de Turner	1	2	C
Pseudohipoparatiroidismo	1	2	C n=14
Fémur corto congénito	12	12	D
Coxa vara congénita	1	1	D
Hemihipertrofia	1	1	D
Interrupción crecimiento post-traumático	4	4	D
Interrupción crecimiento post-infección	3	3	D
Síndrome de Klippel-Trenaunay	1	1	D n=22
Total	68	114	

Las variables dependientes incluían la incidencia de problemas en el callo (fracturas y pseudoartrosis del hueso elongado); de problemas articulares (rigidez o subluxación de rodilla o cadera que precisó tratamiento quirúrgico); el número total de complicaciones (consolidación prematura del fémur; angulación; fractura del hueso elongado; infección severa del orificio de los clavos; pseudoartrosis del callo de elongación; rigidez o subluxación de la rodilla o cadera; lesión neurovascular) y el número total de operaciones asociadas (osteoclasia por consolidación prematura; manipulación del segmento por angulación o cambio del fijador; osteotomía correctora por angulación residual; artrolysis, tenotomías o movilización bajo anestesia por rigidez de rodilla o cadera y osteosíntesis interna, con o sin aporte de injerto, por pseudoartrosis o fractura del callo de elongación).

Finalmente se utilizó el índice de maduración en centímetros (Índice de maduración-cm.) y en porcentaje de longitud ganada (Índice maduración-%) para cuantificar la maduración ósea entre las distintas variables independientes.

Para valorar el efecto de la longitud elongada en la incidencia de complicaciones y operaciones adicionales, se analizó la incidencia de esos problemas en diversos subgrupos basados en la longitud ganada en cm y en porcentaje de la longitud inicial. El resto de los análisis sobre el efecto

de las variables preoperatorias y del tratamiento se realizó asumiendo que la diferencia en la longitud elongada tendría influencia como una importante covariable. Por lo tanto la frecuencia de complicaciones y cirugías adicionales observadas en cada fémur se dividió el porcentaje de longitud elongada de cada segmento. La cifra resultante era representativa de la frecuencia de esos problemas por porcentaje de elongación conseguida. Se realizó subsecuentemente el análisis del efecto del diagnóstico, la simetría, la edad y la localización de la osteotomía en la frecuencia de complicaciones y cirugías adicionales por porcentaje de elongación conseguida. El análisis univariante de las diferencias en las frecuencias de complicaciones observadas y ajustadas se realizó con pruebas de Chi-cuadrado, T de Student y de Wilcoxon. La relación de la longitud elongada en centímetros y en porcentaje sobre los índices de maduración se realizó gráficamente y además, se determinaron los coeficientes de correlación y la significación estadística. También se eliminó la influencia de la magnitud de la elongación, mediante análisis multivariante de la covarianza (ANCOVA), para estudiar el efecto del diagnóstico, la simetría, la edad y la localización de la osteotomía en los índices de maduración. Se consideró un hallazgo significativo cuando el valor de p era menor de 0,05.

Resultados

Se elongaron 63 fémures de mujeres y 51 de varones. En 46 pacientes se elongaron ambos fémures simultáneamente (elongaciones simétricas) y en 22 pacientes se elongó sólo un fémur (elongación asimétrica). La etiología de la elongación queda reflejada en la Tabla 1. La edad media de los pacientes al realizar la cirugía fue de 11,2 años (rango, 3 a 28 años). La latencia media de distracción fue de 9 días (rango, 1 a 19 días). El ritmo medio de distracción fue de 1,1 mm por día (rango, 0,4 a 2,0 mm al día) siendo la duración media de la distracción de 112 días (rango, 32 a 186 días). El tiempo medio total con el fijador fue de 237 días (rango, 101 a 420 días), y la duración media del tratamiento de 257 días (rango, 105 a 420 días). El seguimiento medio de todos los pacientes fue 4,2 años (rango 1,7 a 11,1 años). La longitud media de la elongación fue de 11,3 cm (rango, 3,5 a 17 cm) y el porcentaje medio de elongación fue del 48% de la longitud inicial de la tibia (rango, 8,4 al 85,7%). El índice de maduración-cm medio fue de 24 días de

tiempo total de tratamiento por cm de elongación conseguida (rango, 13 a 60). El índice de maduración-% medio fue de 6,8 días de tiempo total de tratamiento por 1 por ciento de elongación conseguida (rango, 2,6 a 26,4).

La representación gráfica de la interdependencia de los distintos parámetros de tratamiento en las elongaciones femorales se presenta en las figuras 2 a 4. La asociación del tiempo total de tratamiento con la magnitud de la elongación en centímetros demuestra una dependencia lineal de aumento en el tiempo de maduración por cada centímetro de longitud ganada (Figura 2). Se observa una correlación moderadamente fuerte ($r=0,51$) que es estadísticamente significativa ($p<0,001$). Al comparar la relación entre el índice de maduración-cm con la magnitud de la elongación en cm (Figura 3) encontramos una fuerte relación hiperbólica negativa ($r=-0,71$), estadísticamente significativa ($p<0,001$). Del mismo modo, cuando comparamos la relación del índice de maduración-% con la magnitud de la elongación en porcentaje (Figura 4) también encontramos una fuerte relación hiperbólica negativa ($r=-0,88$) que era estadísticamente significativa ($p<0,001$). Los fémures que se elongaron menos tenían proporcionalmente mayores índices de maduración.

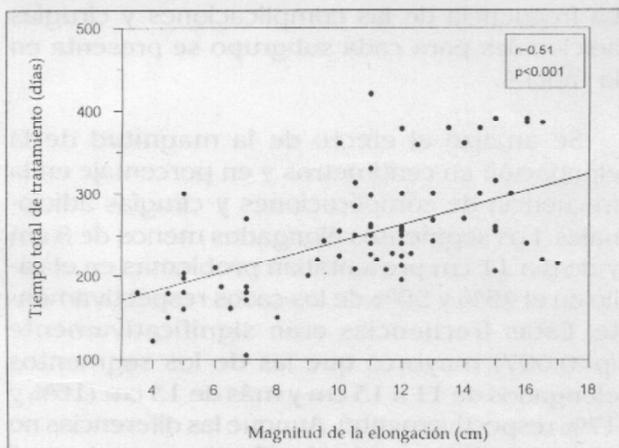


Fig. 2: Relación entre el tiempo total de tratamiento y la longitud de la elongación.

Se encuentra una relación lineal significativa ($p<0,001$), moderadamente fuerte ($r=0,51$), de aumento en el tiempo de tratamiento por cada cm de longitud ganada.

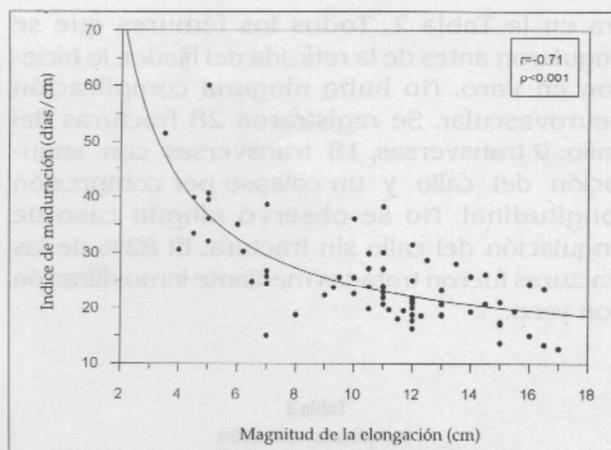


Fig. 3: Relación entre el índice de maduración-cm y la magnitud de la elongación.

Se encuentra una fuerte relación hiperbólica negativa ($r=-0,71$). Los segmentos con menor elongación tienen un índice de maduración-cm significativamente mayor ($p<0,001$).

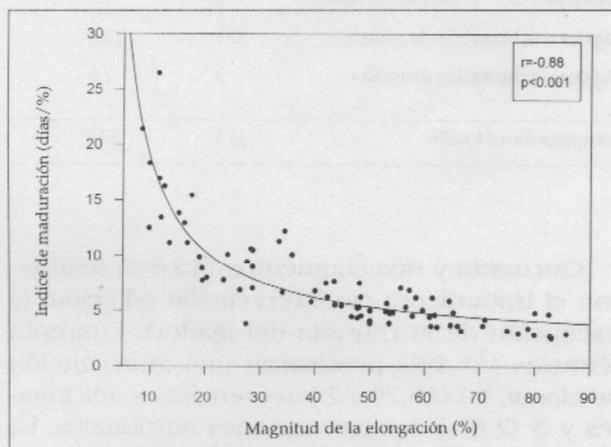


Fig. 4: Relación entre el índice de maduración-% y el porcentaje de la elongación.

Se encuentra una fuerte relación hiperbólica negativa ($r=-0,88$). Los segmentos con menor elongación tienen un índice de maduración-% significativamente mayor ($p<0,001$).

Complicaciones

Cuarenta y cinco segmentos (39,5%) finalizaron la elongación sin ninguna complicación, otros 35 con una complicación (30,7%), 24 (21,1%) presentaron dos complicaciones, 9 (7,9%) 3 complicaciones y 1 fémur (0,9%) presentó 4 complicaciones. La incidencia global de complicaciones fue de 100% por cada fémur elongado. La frecuencia específica de cada complicación se mues-

tra en la Tabla 2. Todos los fémures que se angularon antes de la retirada del fijador, lo hicieron en varo. No hubo ninguna complicación neurovascular. Se registraron 28 fracturas del callo: 9 transversas, 18 transversas con angulación del callo y un colapso por compresión longitudinal. No se observó ningún caso de angulación del callo sin fractura. El 82% de las fracturas fueron tratadas mediante inmovilización con yeso.

Tabla 2
Complicaciones totales

	Frecuencia	Porcentaje
Consolidación precoz del fémur	3	2,6
Angulación del fémur	33	28,9
Fractura del hueso elongado	28	24,6
Infección severa de los clavos	6	5,3
Pseudoartrosis del foco de elongación	2	1,8
Rigidez o subluxación de cadera	33	28,9
Rigidez o subluxación de rodilla	9	7,9
Complicaciones totales	114	100

Cincuenta y dos segmentos (45,6%) finalizan el tratamiento sin intervención adicional (a excepción de la retirada del fijador). Cuarenta fémures (35,1%) precisaron una intervención adicional, 19 (16,7%) 2 intervenciones adicionales y 3 (2,6%) 3 intervenciones adicionales. La incidencia global de intervenciones adicionales fue de 76% por cada segmento elongado. Las frecuencias de cada intervención adicional se presentan en la Tabla 3. En 33 casos se realizó tenotomía por rigidez de cadera: en 17 casos del recto femoral y ocasionalmente de la banda iliotibial (flexores de cadera), en 2 casos tenotomía aislada del *adductor longus*, y en 14 casos tenotomía combinada de flexores y aductores. De los 9 segmentos con rigidez en flexión o subluxación de rodilla 6 precisaron manipulación bajo anestesia e inmovilización con yeso y 3 artrolysis de la rodilla o colocación de fijador saltando la articulación de la rodilla. Los tres casos que presentaron consolidación prematura del fémur fueron tratados mediante osteoclasia (Figura 1).

Tabla 3
Cirugías adicionales

	Frecuencia	Porcentaje
Osteoclasia por consolidación precoz	3	2,6
Retirada de clavo por infección	4	3,5
Manipulación por angulación o cambio del fijador	23	20,2
Osteotomía correctora por angulación residual	8	7,0
Tenotomía por rigidez o subluxación de cadera	33	28,9
Manipulación u artrolysis de rodilla por rigidez o subluxación	9	7,9
Osteosíntesis interna y aporte de injerto por pseudoartrosis	2	1,8
Osteosíntesis por fractura del hueso elongado	5	4,4
Cirugías totales	87	76,3

Análisis estadístico de las complicaciones y cirugías adicionales

La frecuencia de las complicaciones y cirugías adicionales para cada subgrupo se presenta en la Tabla 4.

Se analizó el efecto de la magnitud de la elongación en centímetros y en porcentaje en la frecuencia de complicaciones y cirugías adicionales. Los segmentos elongados menos de 8 cm y de 8 a 11 cm presentaban problemas en el callo en el 45% y 50% de los casos respectivamente. Estas frecuencias eran significativamente ($p=0,007$) mayores que las de los segmentos elongados de 11 a 13 cm y más de 13 cm (16% y 17% respectivamente). Aunque las diferencias no eran estadísticamente significativas, se observó una tendencia similar en los grupos elongados menos de 45% en comparación con los de más de 45%. También se encontró una incidencia significativamente mayor de problemas articulares en el grupo de fémures elongados más de 13 cm o más de 60% de su longitud inicial. Los segmentos elongados más de 13 cm presentaban

problemas articulares en el 63% de los casos, y en los elongados menos de 60% oscilaba entre el 19% y el 40% ($p=0,011$). De igual modo, los segmentos elongados más de 60% presentaban problemas articulares en el 63% de los casos mientras que en los elongados menos de 60% oscilaba entre el 15% y el 38% ($p=0,011$). Cuando se contabilizaron todas las complicaciones no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en función de la magnitud de la

elongación en cm o porcentaje. Por otra parte, la frecuencia de cirugías adicionales en los casos elongados menos de 25% y más de 60% eran de 144% y 97% respectivamente. Estas frecuencias eran mayores que las de los segmentos elongados de 25% a 45% y de 45% a 60% ($p=0,005$). Se encontró una tendencia similar, aunque no significativa, en los fémures elongados menos de 8 y más de 13 cm.

Tabla 4
Prevalencia y análisis estadístico de las complicaciones y cirugías adicionales en la osteogénesis a distracción del fémur

	N=	Frecuencia observada de problemas del callo	Problemas del callo/ % elongación	Frecuencia observada de problemas articulares	Problemas articulares/ % elongación	Frecuencia observada de complicaciones totales	Complicaciones totales/ % elongación	Frecuencia observada de cirugías adicionales	Cirugías adicionales/ % elongación
Diagnóstico*									
Acondroplasia	56	25	0,004	50	0,008	107	0,017	73	0,011
Otras displasias	22	5	0,001	18	0,004	68	0,018	63	0,015
Talla baja	14	36	0,018	0	-	71	0,032	64	0,030
Dismetría de extremidades	22	46	0,018	45	0,026	132	0,063	105	0,062
Valor de p			p=0,003		p=0,044		p=0,010		p=0,023
Simetría*									
Elongación simétrica	92	22	0,005	35	0,006	92	0,020	70	0,015
Elongación asimétrica	22	46	0,018	45	0,026	132	0,063	104	0,062
Valor de p			p=0,003		p=0,01		p=0,002		p=0,003
Edad*									
Menores de 14 años	79	24	0,007	32	0,009	89	0,025	72	0,023
Mayores de 14 años	35	31	0,010	49	0,011	126	0,035	86	0,027
Valor de p			p=0,30		p=0,42		p=0,047		p=0,34
Localización de la osteotomía*									
Metafisaria proximal o distal	69	29	0,011	36	0,012	109	0,036	84	0,032
Diafisaria	45	22	0,004	38	0,006	87	0,016	64	0,012
Valor de p			p=0,17		p=0,59		p=0,031		p=0,042
Elongación (cm)**									
Menores de 8	20	45		40		120		115	
8 a 11	16	50		25		118		56	
11 a 13	43	16		19		73		63	
Más de 13	35	17		63		114		80	
Valor de p		p=0,007		p=0,011		p=0,19		p=0,12	
Elongación (%)**									
Menos de 25	21	43		38		124		114	
25 a 45	27	22		15		89		63	
45 a 60	31	19		26		74		80	
Más de 60	35	26		63		117		97	
Valor de p		p=0,26		p=0,011		p=0,17		p=0,005	

* El análisis estadístico se realiza sobre la frecuencia de complicaciones y cirugías adicionales dividido por el porcentaje de elongación

** El análisis estadístico del efecto de la longitud de la elongación se realiza sobre las frecuencias observadas de complicaciones y cirugías adicionales

Las incidencias de complicaciones y cirugías adicionales se dividieron por la longitud de elongación antes de evaluar el efecto del diagnóstico, simetría, edad y localización de la osteotomía (Tabla 4). Este análisis estadístico reveló hallazgos importantes. Los fémures elongados asimétricamente presentaban una incidencia mayor de problemas del callo, problemas articulares, complicaciones totales, y cirugías asociadas por porcentaje de elongación que las tibias elongadas simétricamente (valores respectivos de p , $p=0,005$, $p=0,014$, $p=0,002$ y $p=0,003$).

El diagnóstico también influía en las frecuencias de complicaciones y cirugías adicionales. Los pacientes con afectación unilateral presentaban tasas mayores de problemas del callo, problemas articulares, complicaciones totales y cirugías adicionales por porcentaje de elongación que los pacientes con acondroplasia u otras displasias esqueléticas (valores de p respectivos, $p=0,003$, $p=0,0044$, $p=0,010$ y $p=0,023$). Además, los segmentos elongados por talla baja idiopática o secundaria o problemas endocrinos tenían una mayor incidencia de problemas del callo que los segmentos de los pacientes con acondroplasia u otras displasias esqueléticas ($p=0,003$).

Los fémures de los pacientes de 14 o más años tenían una incidencia significativamente mayor de complicaciones totales que los segmentos de los pacientes más jóvenes ($p=0,047$). Los segmentos de los pacientes mayores de 14 años también presentaban mayores incidencias de problemas del callo, problemas articulares y cirugías adicionales, aunque estas diferencias no eran significativas.

Finalmente, los segmentos en los que se realizó una osteotomía metafisaria tenían una incidencia significativamente mayor de complicaciones totales y cirugías adicionales que en los fémures con osteotomía diafisaria. (Valores de p respectivos, $p=0,031$ y $p=0,042$). También se observaron mayores incidencias de problemas del callo y articulares en las osteotomías metafisarias, pero estas diferencias no eran significativas.

Análisis estadístico de los índices de maduración

Debido a la relación estadísticamente importante en la magnitud de la elongación y los índices de

maduración (Figuras 3 y 4), realizamos una prueba de ANCOVA para valorar el efecto del diagnóstico, la simetría, la edad y la localización de la osteotomía sobre los índices de maduración (Tabla 5). No encontramos diferencias estadísticamente significativas en los índices de maduración en función del diagnóstico y la localización de la osteotomía. Por el contrario, los fémures elongados asimétricamente tenían un índice de maduración-% mayor que los elongados simétricamente ($p=0,012$). El aumento de la edad en el momento de la cirugía también mostró un efecto consistente de aumento del índice de maduración que era independiente de la magnitud de la elongación. Los segmentos de los pacientes de 14 o más años tenían índices de maduración (centímetros y porcentaje) mayores que los segmentos de pacientes más jóvenes (Valores de p respectivos, $p=0,002$ y $p=0,019$).

Discusión

Actualmente los resultados de las elongaciones mediante osteogénesis a distracción se valoran por parámetros como la longitud de la elongación, la prevalencia de complicaciones y de cirugías adicionales y el índice de maduración⁵. A excepción de la longitud de la elongación el resto de los parámetros se basan en una determinación subjetiva de la finalización del tratamiento⁷ o en diferentes definiciones de las complicaciones^{4, 11, 14, 15, 16}. Además, el índice de maduración, que es un parámetro cuantitativo, depende de un parámetro subjetivo como la determinación de la finalización del tratamiento, así como de otros factores como la magnitud y porcentaje de la elongación¹⁷. Esta subjetividad de los parámetros unida a las diferencias en el diagnóstico, en la técnica de elongación y en el tipo de fijador externo dificultan la comparación de los resultados entre las distintas series.

Por otra parte, la mayoría de los trabajos combinan fémures y tibias y son muy pocos los que analizan exclusivamente los resultados de las osteogénesis a distracción de los fémures^{15, 16, 18, 19}. Una particular ventaja de nuestra serie es el tamaño de muestra y la homogeneidad de las indicaciones y de los métodos.

Tabla 5
Análisis del efecto de las distintas variables en los índices de maduración en la osteogénesis a distracción del fémur

	N [*]	Longitud media de elongación (cm)	Longitud media de elongación (%)	Índice maduración observado (días/cm)	Índice maduración observado (días/%)	Índice maduración ajustado (días/cm)**	Índice maduración ajustado (días/%)**
Diagnóstico							
Acondroplasia	56	13,3	63,2	20,2	4,5	24,8	7,9
Otras displasias	22	11,5	47,1	23,5	6,2	25,0	7,3
Talla baja	14	10,2	29,2	24,8	9,0	24,5	7,4
Dismetrias	20	6,6	19,4	32,9	12,3	27,7	9,3
Valor de p						p=0,518	p=0,066
Simetría							
Elong. Simétrica	92	12,4	54,2	22,0	5,6	26,0	7,9
Elong. Asimétrica	20	6,6	19,4	32,9	12,3	29,0	9,9
Valor de p						p=0,135	p=0,012
Edad							
Menor de 14 años	77	10,9	49,3	23,7	6,2	22,3	6,5
Mayor de 14 años	35	12,5	45,0	24,6	8,0	26,0	7,7
Valor de p						p=0,002	p=0,019
Osteotomía							
Metafisaria proximal o distal	67	11,0	41,9	24,9	7,8	24,0	6,6
Diafisaria	45	12,0	56,9	22,7	5,3	23,5	6,5
Valor de p						p=0,657	p=0,793

- * El análisis estadístico se realizó en los casos en los que no fue necesaria la osteosíntesis interna ni el aporte de injerto
 ** El análisis estadístico se realizó sobre las medias observadas ajustadas mediante la prueba de ANCOVA, con la longitud de la elongación (en cm o %) como convariable

En nuestra serie la longitud de elongación de los fémures fue de 11,3 cm o 48% de la longitud original del hueso, siendo 6,6, cm o 19% en las elongaciones asimétricas y de 12,4 cm o 54% en las elongaciones simétricas. Estos datos coinciden con los de publicaciones previas de elongaciones femorales de hasta el 50% en pacientes acondroplásicos^{5, 20, 21}. En nuestros fémures encontramos 114 complicaciones siendo la tasa de complicaciones por fémur elongado de 100%. En series previas la tasa de complicaciones en las elongaciones femorales oscilaba entre el 5,6 y el 118%^{15, 16, 18, 19}. Estas variaciones se deben a diferencias en la clasificación de las complicaciones, en el diagnóstico, en las deformidades asociadas y en la magnitud de la elongación. Nosotros recomendamos la clasificación de las complicaciones propuesta por Cañadell²², ya que tienen en cuenta el área de afectación y la repercusión sobre el proceso de elongación. Los problemas articulares en las

elongaciones femorales no son infrecuentes e incluyen las rigideces y subluxaciones de cadera y de rodilla⁶. Teóricamente, el aumento en la tensión del cuádriceps, de los isquiotibiales y de los adductores provocan una disminución de la movilidad de la cadera. En algunos casos el estiramiento de las partes blandas que rodean a la articulación pueden provocar una inestabilidad articular. La subluxación de la cadera se asocia a una displasia acetabular preexistente²³ y la subluxación de la rodilla es más frecuente en las elongaciones de fémures con acortamiento congénito^{24, 25}. En estos casos la inestabilidad de la rodilla se asocia comúnmente con la aplasia del ligamento cruzado anterior²⁶ y la hipoplasia del cóndilo femoral²⁷. En nuestra serie el 28,9% de los segmentos precisaron una tenotomía de los flexores o adductores de la cadera y un 7,9% precisaron un tratamiento quirúrgico de la rigidez o subluxación de la rodilla. Trabajos previos sobre elongaciones femorales encuentran problemas

articulares en hasta un 30% de los casos y un 23% precisan tratamiento quirúrgico^{15, 16, 28}. En nuestra serie la frecuencia de complicaciones articulares se correlacionaba con la magnitud de la elongación, siendo mayor en los fémures elongados más de 13 cm o 60% de su longitud original. El aumento del número de cirugías adicionales en el grupo de pacientes elongados menos de 25% guarda relación con el porcentaje de elongaciones asimétricas en dicho grupo. En nuestros fémures encontramos fracturas o pseudoartrosis en el 26% de las elongaciones femorales. En otras series la frecuencia oscila entre el 8% y el 50% de los casos^{15, 16, 18, 29}. Nosotros no encontramos una mayor incidencia de fracturas o pseudoartrosis del callo al aumentar la longitud de la elongación, a diferencia de Danziger²⁹ que encontró una mayor incidencia de fracturas femorales en elongaciones mayores de 5 cm.

Los fémures de pacientes con disimetría mostraron una mayor incidencia de problemas del callo, de problemas articulares, de complicaciones totales y de cirugías adicionales, coincidiendo con los hallazgos de otros autores^{15, 24, 27, 28} que encontraron mayor incidencia de estos problemas en las asimetrías femorales congénitas, infecciosas o neurológicas. Dentro de las elongaciones simétricas, en nuestra serie resultaba más fácil elongar los fémures de los pacientes displásicos que de los pacientes con talla baja idiopática o secundaria a endocrinopatías. En los pacientes acondroplásicos las partes blandas oponen poca resistencia a la distracción progresiva ya que, a diferencia de otros acortamientos congénitos, la afectación radica fundamentalmente en el hueso y no en las partes blandas que lo rodean. Shurov³⁰ encontró que los músculos de los acondroplásicos eran proporcionalmente más largos que los huesos cuando se comparaban con los sujetos normales. Por su parte Agostino³¹ realizó arteriografías antes y después de la elongación en pacientes acondroplásicos y encontró que los vasos eran serpenteantes antes de la elongación y rectos después de la distracción.

En nuestra serie los fémures de los pacientes de 14 o más años eran más difíciles de elongar y presentaban una mayor incidencia de complicaciones totales por porcentaje de elongación. Young³² encontró que las elongaciones efectuadas en pacientes de más de 19 años se asociaba con retardos de consolidación, y para Paley¹¹ el límite de edad adecuado para efectuar una elongación con garantía es hasta los 20 años. Las

elongaciones realizadas con osteotomía metafisaria femoral presentaban una mayor incidencia de complicaciones totales y de cirugías adicionales. Estos hallazgos se oponen a los otros estudios que encuentran una mayor frecuencia de complicaciones óseas en las osteotomías diafisarias^{7, 18, 21, 33}.

Finalmente los índices de maduración se relacionaban significativamente con la magnitud de la elongación en cm y en porcentaje. Al aumentar la longitud disminuía el índice de maduración. En este trabajo utilizamos un análisis multivariante para excluir el efecto de la magnitud de la elongación al valorar el efecto de la edad, el diagnóstico, la simetría, el nivel de la osteotomía en el resultado de la elongación. La mayoría de los trabajos publicados han tenido esto en cuenta, y es posible que muchas de las conclusiones que han publicado carezcan de validez. En nuestro estudio los fémures elongados asimétricamente tenían un índice de maduración-% significativamente mayor. Este hallazgo puede tener validez clínica ya que dichos fémures también presentaban mayores problemas del callo. Al igual que Bonnard², la localización de las osteotomías no afectó al índice de maduración ni a la incidencia de problemas del callo. Por el contrario, el aumento de la edad en el momento de la cirugía provocaba un aumento en el índice de maduración independiente de la magnitud de la elongación. Este hallazgo coincide con el trabajo de Eyres³⁴ en el que la consolidación del callo de los pacientes mayores de 20 años tardaba el doble que en los menores de 12 años.

Conclusiones

La osteogénesis a distracción del fémur nos permite conseguir grandes elongaciones a expensas de un largo tratamiento y frecuentes complicaciones.

Una adecuada formación de hueso ocurre independientemente de la magnitud de la elongación.

En las elongaciones unilaterales existe una mayor incidencia de complicaciones por porcentaje de longitud conseguida.

En las elongaciones por talla baja los fémures de los pacientes con talla baja idiopática o endocrinopatía tienen más problemas que los pacientes con displasias esqueléticas.

Los segmentos de los pacientes de 14 o más años presentan más complicaciones y un mayor índice de maduración. Dicho índice puede ser útil al paciente para una estimación aproximada de la duración de un determinado tratamiento.

Bibliografía

1. **Aaron Ad. Ellert Re.** *Results of the Wagner and Ilizarov methods of limb lengthening.* J Bone Joint Surg (A) 1996; 78: 20-29.
2. **Bonnard C. Favard L. Sollogoub Y. Glorion B.** *Limb lengthening in children using the Ilizarov method.* Clin Orthop 1993; 293: 83-88.
3. **Cattaneo R. Villa A. Catagni M. Tentori L.** *Limb lengthening in achondroplasia by Ilizarov's method.* Int Orthop (SICOT) 1988; 12: 173-179.
4. **Dahl Mt. Gulli B. Berg T.** *Complications of limb lengthening. A learning curve.* Clin Orthop 1994; 301: 10-18.
5. **De Bastiani G. Aldegheri R. Brivio Lr. Trivella G.** *Limb lengthening by callus distraction (callotaxis).* J Pediatr Orthop 1987; 7: 129-134.
6. **Eldrige Jc. Bell Df.** *Problems with substantial limb lengthening.* Orthop Clin North Am 1991; 22 (4): 625-631.
7. **Faber Fw. Keessen W. Van Roermund Pm.** *Complications of leg lengthening. 46 procedures in 28 patients.* Acta Orthop Scand 1991; 62: 327-332.
8. **García E. Olsen B. Ruiz M. Fernández N. Munuera L.** *Ilizarov technique. Results and difficulties.* Clin Orthop 1992; 283: 116-123.
9. **Hood R. Riseborough Ej.** *Lengthening of the lower extremity by the Wagner method.* J Bone Joint Surg (A) 1981; 63: 1122-1131.
10. **Karger C. Guille J. Bowen J.** *Lengthening of congenital lower limb deficiencies.* Clin Orthop 1993; 291: 236-245.
11. **Paley D.** *Problems, obstacles and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique.* Clin Orthop 1990; 250: 81-104.
12. **Paley D.** *Current techniques of limb lengthening.* J Pediatr Orthop 1988; 8: 73-92.
13. **Trovella Gp. Brigadoi F. Aldegheri R.** *Leg lengthening in Turner dwarfism.* J Bone Joint Surg (B) 1996; 78: 290-293.
14. **Aquerreta D. Forriol F. Cañadell, J.** *Complications of bone lengthening.* In Orthop (SICOT) 1994; 18: 299-303.
15. **Glorion C. Poulliquen Jc. Langlais J. Coelin JI. Kasis B.** *Femoral lengthening using the callotaxis method, study of the complications in a series of 70 cases in children and adolescents.* J Pediatr Orthop 1996; 161: 167.
16. **Stanitsi Df. Shahcheragi H. Nicker Da. Armstrong P.** *Results of tibial lengthening with the Ilizarov technique.* J Pediatr Orthop 1996; 16: 168-172.
17. **Fischgrund J. Paley D. Suter C.** *Variables affecting time to bone healing during limb lengthening.* Clin Orthop 1994; 301: 31-37.
18. **Bowen Jr. Levy Ej. Donohue M.** *Comparison of knee motion and callus formation in femoral lengthening with the Wagner of monolateral-ring device.* J Pediatr Orthop 1993; 13: 467-472.
19. **Ilizarov Ga. Trohova Vg.** *Operative elongation of the femur.* Orthop Traumatol Protez 1973; 34: 51-55.
20. **Price Ct.** *Limb lengthening for achondroplasia: Early experience.* J Pediatr. Orthop 1989; 9: 512-515.
21. **Aldegheri R. Renzi-Brivio L. Agostini S.** *The callotaxis method of limb lengthening.* Clin Orthop 1989; 241: 137-145.
22. **Cañadell J. Aquerreta D. Forriol F.** *Prospective study of bone lengthening.* J Pediatr Orthop 1993; 2: 1-7.
23. **Suziki S. Kasahara Y. Seto Y. et al.** *Dislocation and subluxation during femoral lengthening.* J Pediatr Orthop 1994; 14: 343-346.
24. **Grill F. Dungal P. Steinwender G. Hosny G.** *Congenital short femur.* J Pediatr Orthop 1993; 2: 35-41.
25. **Jones Dc. Moseley Cf.** *Subluxacion of the knee as a complication of femoral lengthening by the Wagner method.* J Bone Joint Surg (B) 1985; 67: 33-35.
26. **Johnson E. Audell R. Oppenheim Wl.** *J Pediatr Orthop 1987; 7(2): 194-200.*
27. **Guidera Kj. Hess Wf. Highhouse Kp. Ogden Ja.** *Extremity lengthening: Results and complications with the orthofix system.* J Pediatr Orthop 1991; 11: 90-94.
28. **Poulliquen Jc. Ceolin JI. Langlais J. Pauthier F.** *Upper metaphyseal lengthening of the tibia by callotaxis: forty-seven cases in children and adolescents.* J. Pediatr Orthop (B) 1993; 2: 49-56.
29. **Danziger Mb. Kumar A. De Weese J.** *Fractures after femoral lengthening using the Ilizarov method.* J Pediatr Orthop 1995; 15 (2): 220-223.
30. **Shurov Va. Gracheva Vv. Laitzev Vd. Bogomyagkov Vs.** *Dynamics of some functional indices of elongated leg in use of mono and bifocal distraction osteosynthesis after Ilizarov.* Orthop Traumatol Protez 1983; 44: 15-18.
31. **Agostino S. De Bastiani G. Aldegheri R.** *Vascularization of the limbs after lengthening.* Specialization Thesis. University of Verona, Italy, 1986.
32. **Young Jwr. Kovelman H. Resnick Cs. Paley D.** *Radiologic assesment of bones after Ilizarov procedures.* Radiology 1990; 177: 89-93.
33. **Monticelli G. Spinelli R.** *Leg lengthening by closed metaphyseal corticotomy.* Ital J Orthop Traumatol 1983; 9: 139-152.
34. **Eyres Ks. Bell Mj. Kanis Ja.** *New bone formation during leg lengthening evaluated by dual energy X-ray absorptiometry.* J Bone Joint Surg (B) 1993; 75: 96-106.