

Traumatología en pequeños animales

Resolución
de las fracturas
más frecuentes
SEGUNDA EDICIÓN

Juan Pablo Zaera Polo



Incluye
más de
**100 casos
clínicos**

Contenido
totalmente nuevo
sobre **deformidades
angulares, fijación
externa circular y
placas bloqueadas**



SERVET

ÍNDICE DE CONTENIDOS

GENERALIDADES

1 EL TEJIDO ÓSEO 1

Función	1
Estructura.....	1
Partes del hueso	1
Tipos de hueso.....	2
Vascularización.....	2

2 CRECIMIENTO ÓSEO Y CICATRIZACIÓN 5

Crecimiento óseo.....	5
Estructura de la placa de crecimiento.....	6
Cicatrización ósea	8
Fase inflamatoria.....	8
Fase reparadora.....	8
Cicatrización por segunda intención.....	8
Cicatrización por primera intención.....	10
Fase de remodelación	11
Leyes de la osificación	11

3 CLASIFICACIÓN DE LAS FRACTURAS 14

Implicación de los tejidos blandos.....	14
Fracturas cerradas.....	14
Fracturas abiertas.....	14
Número de fragmentos	16
Fractura simple.....	16
Fractura múltiple	16
Fractura conminuta	17
Dirección del plano de la fractura.....	17
Fractura transversa.....	17
Fractura oblicua	17
Fractura espiroidea.....	18
Fracturas metafisarias y epifisarias.....	18
Clasificación Salter-Harris.....	19
Afectación de la superficie articular.....	22
Fracturas por arrancamiento	23
Fracturas articulares	24
Tratamiento	25

4 ESTIMULACIÓN ÓSEA 27

Trasplantes óseos	27
Funciones del injerto	27
Osteogénesis	27
Osteoinducción	27
Osteoconducción.....	27
Tipos de trasplante óseo	27
Trasplante de hueso esponjoso	27
Trasplante de hueso cortical.....	28
Trasplante autólogo	29
Trasplante heterólogo	29
Injertos de BMP o PRP	31

5 SISTEMAS DE OSTEOSÍNTESIS Y BIOMECÁNICA 34

Fijación intramedular	34
Clavos	34
Agujas de Rush	39
Agujas de Kirschner	40
Cerclajes	43
Procedimiento para colocar un cerclaje.....	46
Tensado del cerclaje mediante alicates	46
Tensado mediante tensores de cerclaje	47
Combinación con otros sistemas de osteosíntesis	49
Clavos intramedulares	49
Placas de osteosíntesis	49
Otras aplicaciones.....	49
Sustitución temporal de tendones y ligamentos	50
Creación de bandas de tensión en algunas técnicas ortopédicas	51
Agujas con banda de tensión	52
Procedimiento de colocación.....	52
Fijadores externos clásicos	59
Componentes.....	59

Fijadores externos de metilmetacrilato	60
Tipos de fijadores	61
Fijador externo uniplanar-unilateral (tipo I)	61
Fijador externo uniplanar-bilateral (tipo II).....	62
Fijador externo tridimensional (tipo III)	62
Fijador externo biplanar-unilateral o biplanar...	62
Configuraciones híbridas	62
Técnica de aplicación	63
Ventajas de la aplicación de fijadores externos	66
Elección del tipo de fijador externo	66
Limitación física.....	67
Diámetro y número de clavos.....	67
Barras conectoras	67
Edad del paciente	68
Tipo de fractura.....	68

Fijadores externos circulares	71
Técnica de aplicación.....	72

Tornillos	76
Tipos de tornillo.....	76
Tornillos de cortical	76
Tornillos de esponjosa	76
Tornillos de posición.....	76
Tornillos de compresión.....	81

Placas	84
---------------------	----

Clasificación de las placas según su diseño	84
Placas de compresión dinámica	84
Placas de neutralización	88
Placas de elongación.....	92

Clasificación de las placas según su función	92
Placas de compresión	92
Placas de neutralización	93
Placas de sostén.....	93

Técnica de aplicación	94
------------------------------------	----

Placas bloqueadas	99
Tipos de placas bloqueadas y técnicas de aplicación	103

6

COMPLICACIONES EN LA CICATRIZACIÓN ÓSEA 123

Enfermedad fracturaria	123
Etiopatogenia.....	123
Contractura del músculo cuádriceps	124
Etiopatogenia.....	125
Cuadro clínico.....	125
Tratamiento	125
Elongación del cuádriceps femoral	126
Separación de las adherencias entre el músculo y el hueso	126
Unión retardada y no unión	126
Unión retardada	126
No unión	127
Etiopatogenia de la unión retardada y de la no unión.....	127
Cuadro clínico.....	128
Tratamiento	129
Deformidades angulares	132
Etiopatogenia.....	132
Alteraciones de las líneas de crecimiento: cierres prematuros de las placas de crecimiento.....	132
Consolidaciones defectuosas	137
Tratamiento	139
Cierres prematuros	139
Consolidación defectuosa.....	144
Osteomielitis	152
Etiopatogenia.....	152
Diagnóstico	154
Clasificación de las osteomielitis.....	154
Osteomielitis aguda	154
Osteomielitis crónica.....	155
Tratamiento de las fracturas abiertas	156
Preparación aséptica del campo quirúrgico..	156
Bases para la correcta estabilización.....	157

FRACTURAS

7

FRACTURAS DE LA CABEZA 158

Fracturas del cráneo	158
Fracturas del arco cigomático	159
Fracturas de mandíbula	160
Fijación externa.....	161
Cercclajes	162
Fractura de la sínfisis mandibular	163
Placas.....	164

8

FRACTURAS DEL MIEMBRO ANTERIOR 166

Fracturas de escápula	166
Fracturas del cuerpo y la espina.....	166
Fracturas de cuello	168
Fracturas de la cavidad glenoidea	169
Fracturas del tubérculo supraglenoideo	170
Fracturas de húmero	171
Técnicas de estabilización	171
Inmovilización externa.....	171
Enclavamiento intramedular	171
Fijación externa	173
Placas de osteosíntesis	175
Abordaje quirúrgico	176
Fracturas más frecuentes	178
Epifisiólisis de la cabeza humeral	178
Fracturas de la diáfisis	178
Fracturas de la epífisis distal.....	180

Fracturas de radio y cúbito	185
Técnicas de estabilización	186
Coaptación externa	186
Enclavijamiento intramedular.....	187
Fijación externa	187
Placas de osteosíntesis	188
Abordaje quirúrgico	189
Fracturas más frecuentes del radio	190
Fracturas de la epífisis proximal del radio.....	190
Fracturas de la diáfisis del radio	192
Fracturas de la epífisis distal.....	193
Fracturas más frecuentes del cúbito	196
Fractura del olécranon.....	196
Fractura de Monteggia	197
Fracturas del carpo	200
Fracturas de la cabeza distal del radio.....	200
Fracturas del hueso carporradial	201
Luxación del hueso carporradial	203
Fracturas de metacarpo y metatarso	205
Fractura de la epífisis proximal del V metacarpiano	205
Fracturas de la diáfisis de los metacarpianos y metatarsianos	206
Enclavijamiento intramedular.....	207
Placas	207
Fijación externa	208

9

FRACTURAS DEL MIEMBRO POSTERIOR

210

Fracturas de cadera	210
Fracturas caudales al acetábulo.....	211
Fracturas de isquion.....	212
Fracturas de ilion	214
Fracturas de acetábulo.....	217
Luxación sacroilíaca.....	219

Fracturas de fémur	222
Técnicas de estabilización	223
Enclavijamiento intramedular.....	223
Fijación externa	224
Placas de osteosíntesis	224
Abordaje quirúrgico	226
Fracturas más frecuentes	226
Fracturas de la epífisis proximal	227
Epifisiólisis de la cabeza del fémur.....	227
Epifisiólisis del trocánter mayor	228
Fracturas de cuello de fémur.....	228
Fracturas de la diáfisis	228
Fracturas subtrocantéricas.....	229
Fracturas del tercio medio.....	230
Fracturas de la epífisis distal.....	232
Fracturas de tibia y peroné	236
Técnicas de estabilización	237
Coaptación externa	237
Enclavijamiento intramedular.....	237
Fijación externa	238
Placas de osteosíntesis	239
Abordaje quirúrgico	240
Fracturas más frecuentes de la tibia	241
Fracturas de la epífisis proximal	241
Fracturas de la diáfisis	243
Fracturas de la epífisis distal.....	245
Fracturas más frecuentes del peroné	246
Fracturas de tarso	249
Fracturas del calcáneo	250
Fracturas del astrágalo.....	251

10 CASOS CLÍNICOS 253

FRACTURAS DE CABEZA 254

Cráneo 254

Caso 1. Fractura de los huesos frontal y nasal 254

Mandíbula y maxilar 255

Caso 1. Fractura de la porción rostral del maxilar y arrancamiento de la porción lateral 255

Caso 2. Fractura de la sínfisis y del cuerpo mandibular 256

Caso 3. Fractura de la sínfisis y de la rama mandibular 257

FRACTURAS DEL MIEMBRO ANTERIOR 258

Escápula 258

Caso 1. Fractura del cuerpo de la escápula 258

Caso 2. Fractura del cuello de la escápula con fragmentación de la parte caudal de la cavidad glenoidea 259

Caso 3. Fractura del cuello de la escápula .. 260

Húmero 261

Caso 1. Fractura oblicua metafisaria proximal del húmero 261

Caso 2. Fractura transversa metafisaria proximal del húmero 262

Caso 3. Fractura oblicua del tercio medio del húmero 263

Caso 4. Fractura oblicua del tercio medio del húmero 264

Caso 5. Fractura oblicua del tercio medio del húmero 265

Caso 6. Fractura múltiple del tercio distal del húmero 266

Caso 7. Fractura múltiple de tercio distal del húmero 267

Caso 8. Fractura antigua conminuta del tercio distal del húmero 268

Caso 9. Fractura supracondilar de la epífisis distal del húmero 269

Caso 10. Fractura conminuta supracondilar abierta por mordedura 270

Caso 11. Fractura supracondilar de la epífisis distal del húmero 271

Caso 12. Fractura bicondilar de la epífisis distal del húmero 272

Caso 13. Fractura bicondilar de la epífisis distal del húmero 273

Caso 14. Fractura múltiple bicondilar de la epífisis distal del húmero 274

Radio 275

Caso 1. Fractura transversa del tercio medio del radio y del cúbito 275

Caso 2. Fractura múltiple del tercio medio del radio y del cúbito 276

Caso 3. Fractura oblicua del tercio proximal del radio y del tercio distal del cúbito 277

Caso 4. Fractura conminuta del radio y del cúbito 278

Caso 5. No unión de radio y cúbito tras múltiples intentos de estabilización de una fractura transversa 279

Caso 6. Fractura múltiple del tercio distal del radio 280

Caso 7. Fractura transversa del tercio distal del radio y del cúbito 281

Caso 8. Fractura oblicua del tercio distal 282

Caso 9. Fractura oblicua metafisaria del radio y del cúbito 283

Caso 10. Fractura Salter-Harris tipo I de la epífisis distal del radio y aplastamiento del proceso estiloideo del cúbito 284

Caso 11. Fractura múltiple del tercio medio y del proceso estiloideo de la epífisis distal del radio 285

Caso 12. Fractura múltiple articular de la epífisis distal del radio 286

Caso 13. Fractura Slater-Harris III de la epífisis distal del radio y proceso estiloideo del cúbito 287

Cúbito 288

Caso 1. Fractura por avulsión de la epífisis proximal del cúbito 288

Caso 2. Fractura oblicua del olécranon 289

Caso 3. Fractura múltiple por avulsión de la epífisis proximal del cúbito.....	290
Caso 4. Fractura transversa intraarticular de la epífisis proximal del cúbito....	291
Caso 5. Fractura articular conminuta del olécranon	292
Caso 6. Fractura de Monteggia.....	293
Caso 7. Fractura de Monteggia múltiple	294
Caso 8. Fractura conminuta del tercio proximal del cúbito	295
Carpo	296
Caso 1. Fractura del hueso carporradial	296
Caso 2. Luxación del hueso carporradial....	297
Metacarpo	298
Caso 1. Fractura oblicua del tercio proximal del V metacarpiano.....	298
Caso 2. Fractura transversa de cuatro metacarpianos	299
Caso 3. Fractura conminuta abierta de cuatro metacarpianos.....	300

FRACTURAS DEL MIEMBRO POSTERIOR 301

Cadera	301
Caso 1. Fractura oblicua del cuerpo de ilion y escotadura isquiática	301
Caso 2. Fractura oblicua del cuerpo del ilion, pala isquiática y pubis.....	302
Caso 3. Fractura oblicua larga del cuerpo del ilion derecho y luxación sacroilíaca izquierda	303
Caso 4. Fractura conminuta muy caudal del cuerpo del ilion, pala isquiática y pubis.....	304
Caso 5. Fractura transversa del cuerpo del ilion derecho y conminuta del izquierdo, de la pala isquiática y del pubis	305
Caso 6. Fractura oblicua del cuerpo de ilion y escotadura isquiática (hemipelvis derecha) y fractura espiroidea de ilion e isquion (hemipelvis izquierda)	306
Caso 7. Fractura oblicua del cuerpo de ilion y del pubis	307
Caso 8. Luxación sacroilíaca (isquion y pubis).....	308

Fémur	309
Caso 1. Fractura Salter-harris tipo I de cabeza y trocánter mayor	309
Caso 2. Fractura del cuello del fémur	310
Caso 3. Fractura múltiple de metáfisis proximal y cuello del fémur.....	311
Caso 4. Fractura oblicua larga del tercio proximal del fémur	312
Caso 5. Fractura oblicua larga del tercio medio del fémur	313
Caso 6. Fractura espiroidea del tercio medio del fémur	314
Caso 7. Unión retardada de fractura múltiple del tercio proximal del fémur	315
Caso 8. Fractura múltiple del tercio medio del fémur	316
Caso 9. Fractura conminuta del tercio medio y del cuello del fémur.....	317
Caso 10. Fractura intercondilar y segmentaria del tercio medio del fémur.....	318
Caso 11. Fractura conminuta del tercio medio del fémur	319
Caso 12. Fractura continua del tercio medio del fémur	320
Caso 13. Fractura transversa del tercio distal del fémur	321
Caso 14. Fractura conminuta del tercio distal del fémur	322
Caso 15. Fractura transversa de los cóndilos femorales	323
Caso 16. Fractura supracondilar	324
Caso 17. Fractura Salter-Harris tipo II del tercio distal del fémur	325
Caso 18. Fractura transversa e intraarticular de la epífisis distal del fémur	326
Caso 19. Fractura espiroidea intraarticular de la epífisis distal asociada a fractura monocondilar del fémur.....	327
Caso 20. Fractura intercondilar y conminuta del tercio distal del fémur	328
Caso 21. Fractura múltiple del tercio medio del fémur	329
Caso 22. Fractura transversa del tercio medio del fémur	330
Caso 23. Fractura múltiple del tercio medio del fémur	331
Caso 24. Fractura transversa del tercio medio del fémur	332

Caso 25. No unión con secuestro óseo del fémur.....	333	Caso 10. Fractura conminuta del tercio medio de la tibia.....	344
Caso 26. No unión de una fractura transversa distal del fémur.....	334	Caso 11. Fractura oblicua del tercio distal de la tibia.....	345
Tibia	335	Caso 12. Fractura oblicua corta del tercio distal de la tibia.....	346
Caso 1. Fractura Salter-Harris tipo I de la cresta tibial	335	Caso 13. Fractura múltiple del tercio distal de la tibia.....	347
Caso 2. Fractura Salter-Harris tipo III de la epífisis proximal de la tibia	336	Caso 14. Pseudoartrosis de la tibia.....	348
Caso 3. Fractura metafisaria proximal de la tibia.....	337	Caso 15. Incorrecta aplicación de la fijación intramedular de la tibia.....	349
Caso 4. Fractura oblicua del tercio medio ...	338	Caso 16. Fractura del maléolo medial.....	350
Caso 5. Fractura oblicua del tercio medio de la tibia.....	339	Raquis	351
Caso 6. Fractura múltiple del tercio distal de la tibia.....	340	Caso 1. Fractura oblicua de la vértebra L2..	351
Caso 7. Fractura oblicua del tercio medio de la tibia.....	341	Caso 2. Fracturas de las vértebras L4-L5....	352
Caso 8. Fractura múltiple del tercio medio de la tibia.....	342	Caso 3. Fracturas de las vértebras L3-L4....	353
Caso 9. Fractura múltiple del tercio medio de la tibia.....	343	Caso 4. Fracturas de las vértebras L3-L-4 ..	354
		Caso 5. Fractura oblicua de la vértebra L7..	355

son dos, puesto que el carpo no se puede extender más. El perro, por ejemplo, puede compensar un acortamiento del fémur de hasta un 25 % de su longitud, manteniendo una buena funcionalidad del miembro.

En el tratamiento de una no unión en la que existe una pérdida de tejido óseo no se puede pretender lograr una reducción perfecta de los bordes de la fractura, por tanto, se debe tratar de conseguir una alineación del miembro lo más anatómica posible. A este respecto, es importante tener en cuenta que los pacientes compensan de mejor a peor los siguientes defectos angulares: angulación craneocaudal o caudocraneal, angulación lateromedial o mediolateral y las rotaciones (la que peor se compensa es la rotación interna de la extremidad).

Cuando se resuelven quirúrgicamente casos de unión retardada o no unión siempre se debe estimular la cicatrización ósea.

En todos los casos de unión retardada o no unión que se traten quirúrgicamente se debe estimular la cicatrización ósea. Para ello existen varias opciones que tienen como finalidad reactivar la función osteoblástica del hueso (ver cap. 4, *Estimulación ósea*).

DEFORMIDADES ANGULARES

Se puede definir la deformidad angular como la pérdida del eje anatómico funcional de un hueso. Es importante señalar que, si no se pierde la funcionalidad de la extremidad, el problema pasa a ser estético. En estos casos, las posibles complicaciones derivadas de la cirugía no compensan su corrección.

Etiopatogenia

Aunque tanto las deformidades angulares como los acortamientos óseos no se dan con frecuencia, existen dos posibles causas: alteraciones de las líneas de crecimiento (Salter-Harris tipo V) y consolidaciones defectuosas.

Alteraciones de las líneas de crecimiento: cierres prematuros de las placas de crecimiento

El crecimiento longitudinal de los huesos se produce a partir de las placas de crecimiento, mediante procesos semejantes a una osificación endocondral (fig. 19). Es decir, se

produce una transformación del tejido cartilaginoso que queda situado entre los núcleos de osificación en tejido óseo.

A una edad determinada, dependiendo de la raza, del hueso y de qué línea se trate, los huesos dejan de crecer y las placas de crecimiento se cierran. Es importante tener en cuenta que, aunque una línea de crecimiento aparezca en una radiografía con aspecto radiolúcido, no significa que esté activa. Antes de cerrarse desde el punto de vista radiográfico, el crecimiento ya habrá cesado.

Normalmente, los cierres prematuros se producen como consecuencia de un traumatismo que afecta tanto a las células encargadas del crecimiento como a su vascularización epi- o metafisaria. Se denominan tipo V en la clasificación de Salter-Harris y conllevan una interrupción parcial o total del crecimiento. El cese del crecimiento puede tener diferentes consecuencias, dependiendo de la edad del paciente, la línea de crecimiento afectada, las interferencias con otros huesos y la simetría del cierre.

Edad del paciente

Cuanto más joven es el animal, su potencial de crecimiento es mayor, por lo que, en caso de lesión, la pérdida de longitud del hueso será más manifiesta. Cabe señalar que el potencial de crecimiento no solo varía con la edad, sino que depende también de la raza. Mientras que un perro de raza gigante entra en su curva de máximo crecimiento hacia los



FIGURA 19. Líneas de crecimiento de un cachorro de 2,5 meses de edad.

4-5 meses de edad, otro de raza enana habrá terminado de crecer a esa misma edad.

Línea de crecimiento afectada

Dependiendo de la línea de crecimiento que se afecte, la funcionalidad del miembro se verá o no condicionada. Hay líneas de crecimiento que en caso de cerrarse no conllevan prácticamente ninguna pérdida de funcionalidad. Es el caso de las zonas epifisarias en las que se insertan tendones, como por ejemplo la cresta tibial o el olécranon, en las que una pérdida parcial del crecimiento óseo se verá compensada por una elongación progresiva del tendón que se inserta en dicho punto (fig. 20).

Sin embargo, otras afectan a la longitud general del hueso; en estos casos, el impedimento funcional dependerá del acortamiento que se produzca. Es importante tener en cuenta que cuando se produce el cierre prematuro de una línea de crecimiento, el hueso intenta compensar parcialmente esta disminución de la longitud incrementando la actividad de la línea situada en la otra metafisis (crecimiento vicariante). Hay que tener presente que los pacientes tienen una alta capacidad para compensar el efecto de la falta de longitud de un hueso. Muchas veces, se comete el error de extrapolar los efectos del acortamiento de una pierna en la especie humana (con las consecuencias que produce en la

cadera y columna vertebral) a la medicina veterinaria. Los animales de compañía durante el apoyo, a diferencia de la especie humana, mantienen las articulaciones fisiológicamente en ligera flexión, lo que les permite compensar el acortamiento de un miembro abriendo el ángulo de las articulaciones, igualando, de esta forma, la longitud total del miembro afectado. La capacidad de compensación es superior en los miembros posteriores, dado que el carpo, a diferencia del tarso, se mantiene en extensión casi completa durante el apoyo.

Un perro puede compensar con una perfecta calidad de vida un acortamiento del fémur de hasta un 25 % de su longitud.

Interferencias con otros huesos

Aunque una pérdida de longitud pueda ser compensada, en algunas zonas del esqueleto existe una relación íntima entre huesos cuyo crecimiento debe ser armónico. En caso de que alguno de los dos huesos sufra alguna interferencia en su crecimiento, se modificará el espacio para el crecimiento fisiológico del otro. El hueso no afectado tendrá, entonces, que adaptarse a su nueva situación. El ejemplo más claro son el radio y el cúbito. Estos dos huesos deben crecer al unísono, dado que ambos participan en la configuración de la articulación antebraquiocarpiana y, principalmente, de la del codo. El radio posee dos placas metafisarias, una proximal y otra distal, responsables casi al 50 % del crecimiento total del hueso. Sin embargo, el cúbito posee una sola placa en su metafisis distal que prácticamente es responsable de la totalidad de su crecimiento (fig. 21). Otro punto relevante es la existencia, en la epífisis proximal del cúbito, del proceso ancóneo, que a modo de gancho se introduce en la fosa intercondilar de la epífisis distal del húmero.

Cuando se producen saltos desde cierta altura, el traumatismo lo sufre, principalmente, el carpo. Normalmente, el impacto es amortiguado mediante la flexión de las articulaciones, por lo que no se producen lesiones. En caso de que el impacto sea excesivo o mal neutralizado se pueden dañar las zonas de crecimiento. Como es lógico, la parte distal es más propensa a sufrir lesiones, aunque en algunos casos las fuerzas también pueden transmitirse a través del radio afectando a las placas proximales. De las dos placas distales, la del cúbito es la que se ve afectada con mayor frecuencia.



FIGURA 20. Compensación de un cierre prematuro mediante agujas con banda de tensión. Obsérvese cómo la rótula mantiene su posición anatómica.

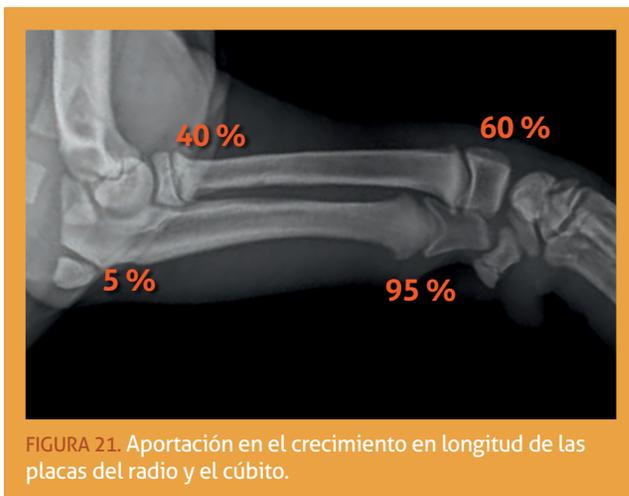


FIGURA 21. Aportación en el crecimiento en longitud de las placas del radio y el cúbito.

Como se ha mencionado, el radio y el cúbito son los huesos que sufren más lesiones de las placas de crecimiento. A continuación, se exponen brevemente las diferentes posibilidades con respecto a las placas que se pueden afectar y sus consecuencias.

- **Lesión de la epífisis distal del cúbito.** Cuando se produce un cierre prematuro en la epífisis distal del cúbito,

esta deja de crecer. Esta zona es prácticamente la única responsable del crecimiento de este hueso, por lo que no crecerá más (fig. 22). En el caso de que el paciente haya dejado de crecer (su potencial de crecimiento sea bajo), es posible que el crecimiento vicariante de la parte proximal del cúbito junto a un enlentecimiento en el desarrollo del radio hagan que no se produzcan repercusiones clínicas o que sean perfectamente asumibles. Sin embargo, si el potencial de crecimiento es aún elevado, los procesos compensatorios no van a ser capaces de neutralizar el problema. Mientras el cúbito deja de crecer, el radio continúa aumentando su longitud. La epífisis distal del cúbito se encuentra anclada al carpo por el ligamento colateral lateral, mientras que la epífisis proximal está sujeta por el proceso ancóneo introducido en la fosa intercondílea humeral, así como por diversas estructuras ligamentosas. Como el cúbito impide que la distancia entre la epífisis distal del húmero y el carpo pueda aumentar, la única opción que le queda al radio para poder continuar creciendo es curvarse (radio curvo, fig. 23).

- **Lesión de las epífisis distales del radio y el cúbito.** Otra posibilidad es que el traumatismo sea de una intensidad



FIGURA 22. Cierre prematuro de la epífisis distal del cúbito.



FIGURA 23. Curvatura craneal del radio como consecuencia de un enlentecimiento en el crecimiento de la epífisis distal del cúbito (retención en llama de vela).

suficiente para lesionar no solo la placa de crecimiento del cúbito, sino que afecte también a la de la del radio. En este caso, aunque con menor intensidad, también se produciría el mismo problema. Esto es debido a que mientras el cúbito solo crece por su parte distal, el radio aún tiene la placa de crecimiento proximal activa, por lo que pese a no crecer más por la epífisis distal sigue aumentando su longitud. La principal consecuencia cuando se presenta un radio curvo no es la curvatura del radio en sí, sino los efectos que conlleva en la articulación del codo, principalmente. Al crecer más el radio que el cúbito, se producirá un escalón en la superficie articular conformada por ambos huesos (fig. 24), lo que derivará en una inestabilidad que, a la larga, producirá una degeneración articular secundaria. Dependiendo de la diferencia de longitud entre los huesos el efecto será más o menos acentuado. En el carpo, como la epífisis distal del cúbito no forma parte de ninguna superficie articular,

la repercusión clínica es menor. Debido a la posición anatómica que ocupa el radio en el antebrazo, craneal en la parte proximal y medial en la distal, la curvatura se produce hacia donde más fácilmente le resulta crecer: en dirección craneomedial. Como el radio articula con el hueso carpoulnar, la mano se verá desplazada lateralmente provocando un valgo. Además, al estar situado el carpoulnar en la zona dorsal de la articulación, se producirá, en mayor o menor grado, una rotación externa de la parte distal de la extremidad (supinado).

- **Lesión de la epífisis distal del radio.** Aunque es menos frecuente, en algunos casos resulta afectada únicamente la placa de crecimiento distal del radio. En estos casos, el cúbito seguirá creciendo de forma normal, mientras que el radio dejará de crecer en su porción distal. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre cuando se lesiona la parte distal del cúbito, el radio no deja de crecer totalmente, gracias a que posee, a diferencia del cúbito, dos placas de crecimiento, una en cada metáfisis. En estos casos es bastante probable que la parte proximal pueda compensar la falta de crecimiento evitando las repercusiones clínicas. Si la lesión se produce cuando el paciente es muy joven, lo más probable es que el crecimiento vicariante no sea capaz de compensar el acortamiento. Al ser el radio más corto que el cúbito, el contacto de la epifi-



FIGURA 24. Escalón en la superficie articular radiocubital en el codo. Obsérvese como la cabeza del radio sobrepasa al cúbito.

sis distal del radio con el carporradial se va perdiendo, por lo que el carpo sufre una hiperextensión durante el apoyo con un ligero varo, que suele ser compensado relativamente bien. El principal problema es que la falta de contacto distal va a ir trasladándose hacia el codo. En esta articulación, al tener el radio menor longitud de la fisiológica, se va a producir un escalón en la superficie articular que configura junto con el cúbito. La pérdida de contacto entre la cabeza del radio y el húmero producen una inestabilidad del codo que junto a la sobrecarga que se produce entre la porción medial del cóndilo humeral y el cúbito desencadenan la aparición de una degeneración articular secundaria.

- **Lesión de la epífisis proximal del radio.** Esta lesión es la menos frecuente. En caso de que se produzca un solo cierre de la epífisis proximal del radio las consecuencias son semejantes a las del caso anterior, ya que este hueso crece por ambos extremos. Debido a la proximidad de la placa afectada con el codo, todo el efecto del acortamiento repercute prácticamente sobre esta articulación, por lo que los efectos clínicos son más graves (fig. 25).

Este mismo problema, aunque con menores repercusiones clínicas, se produce también entre la tibia y el peroné cuando se ve afectada la epífisis distal del peroné.

Simetría del cierre

El problema se acentúa cuando el cierre afecta únicamente a una parte de la placa de crecimiento. En estos casos al continuar creciendo solo por uno de los lados, el hueso se va curvando progresivamente (fig. 26). Dependiendo de la curvatura que se produzca puede verse afectada la correcta funcionalidad del miembro. En algunos casos, y principalmente si el problema comienza cuando el paciente es muy joven, esta curvatura cambia las fuerzas de presión sobre la superficie articular del hueso con el que se articula. Esto puede transmitirse afectando a las líneas de crecimiento del otro hueso de forma asimétrica con su consiguiente curvatura. Un ejemplo clásico es lo que se produce en la articulación de la rodilla en los pacientes afectados de luxación rotuliana. La traslación de la fuerza del músculo cuádriceps femoral en dirección al



FIGURA 25. Cierre prematuro de la epífisis distal del radio. El escalón es mucho más evidente en el codo. La cabeza del radio no articula con el húmero.



FIGURA 26. Curvatura distal del radio como consecuencia de un cierre asimétrico de su epífisis distal.

lado al que se desplaza la rótula produce una curvatura de la epífisis distal del fémur, y puede llegar a producir la curvatura de la tibia en dirección contraria (fig. 27).

Consolidaciones defectuosas

La consolidación defectuosa (*malunion*) se define como la reparación de una fractura en la que, aunque los procesos de cicatrización se han logrado correctamente, no se ha conseguido restaurar el eje anatómico del hueso (el hueso ha osificado pero con algún grado de angulación incorrecta) (fig. 28).

Ante una consolidación defectuosa lo primero que hay que valorar es si es preciso realizar una corrección quirúrgica, ya que solo es necesaria en los casos en los que existe una disfunción del miembro, que se produce cuando las articulaciones adyacentes al hueso no son capaces de compensar la angulación ósea.

No todas las angulaciones tienen la misma repercusión clínica, ya que, como es lógico, cuanto más angulado quede el hueso más difícil será compensar el problema. Atendiendo a la dirección de la consolidación defectuosa, podría decirse que las alteraciones que producen una rotación del eje longitudinal (pronado y supinado) son las más difíciles de compensar. Las menos graves serían las angulaciones

puramente anteroposteriores, que son fácilmente neutralizadas por el animal abriendo o flexionando las articulaciones adyacentes (fig. 29).



FIGURA 27.
Curvatura del fémur y la tibia como consecuencia de una luxación rotuliana medial.



FIGURA 28.
Consolidación defectuosa del radio, causada por una fractura no tratada.



FIGURA 29.
Curvatura craneal de casi 90°.

En la mayoría de los casos, las consolidaciones defectuosas son consecuencia de una mala técnica quirúrgica pre- o posoperatoria.

Las principales causas de las consolidaciones defectuosas son:

- **Incorrecta reducción de la fractura.** Una mala reducción de la fractura provocará que el hueso osifique en dicha posición; sin embargo, la causa más frecuente son las fracturas no tratadas.
- **Aplicación de un sistema de osteosíntesis poco estable.** Si el sistema de osteosíntesis no es lo suficientemente resistente, puede sufrir deformaciones progresivas que implicarían una consolidación defectuosa en caso de no ser detectadas a tiempo (fig. 30).
- **Deficiente reposo posoperatorio.**
- **Retirada prematura del material de osteosíntesis.** Durante las primeras fases de la cicatrización ósea por

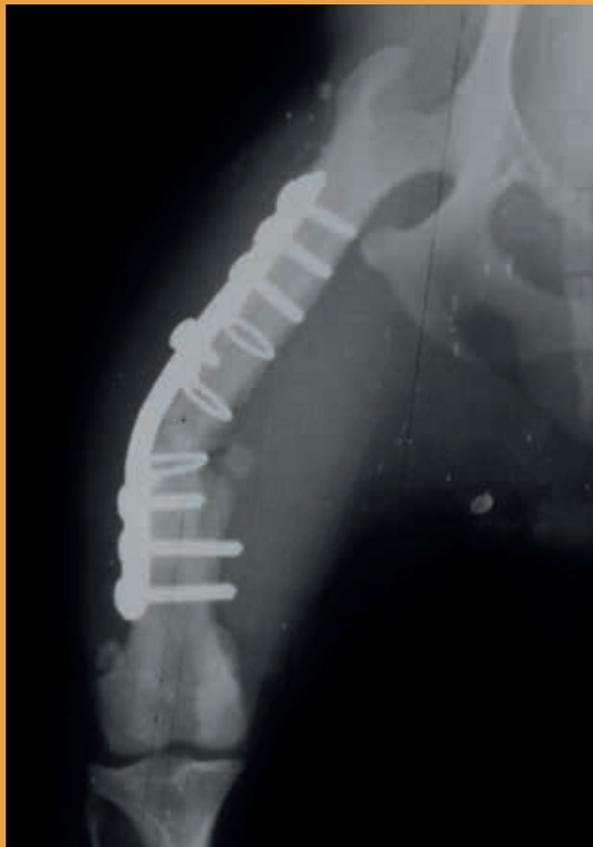


FIGURA 30. Consolidación defectuosa de un fémur en casi fase de callo maduro ocasionada por un fallo del implante.

segunda intención, los fragmentos óseos son inmovilizados primero mediante un tejido de tipo cartilaginoso. Este tejido tiene la capacidad de poder sufrir deformaciones en su estructura sin que por ello se interrumpan los procesos de osificación. En caso de que el implante sea retirado antes de lo debido puede ocurrir que las cargas que soporta el hueso lo vayan curvando. La necesidad de retirar un sistema de osteosíntesis anticipadamente suele ser debida a una mala elección del implante o a una mala técnica de aplicación.

A la hora de elegir qué sistema se va a aplicar, se deben tener en cuenta no solo el hueso y tipo de fractura, sino también otros factores como el peso, la edad y la actividad del paciente, su entorno y el tipo de propietario.

Callo maduro

Para evitar retirar antes de lo debido los implantes, es importante reconocer radiológicamente el callo maduro. Es el momento en el que el tejido que forma el foco de fractura ya no es capaz de sufrir deformaciones. Radiológicamente se caracteriza por tener una silueta de perfil suave y continuo en forma de huso. Es posible que pueda apreciarse la línea de fractura, pero la cicatrización continuará sin problemas (fig. 31).



FIGURA 31. Radiografía después de retirar un fijador externo en una tibia. Las líneas de fractura aún son reconocibles, pero es un callo de fractura estable.

Tratamiento

Las deformidades angulares deben ser tratadas únicamente en caso de que produzcan incapacidades funcionales importantes.

El tratamiento consiste en volver a alinear el eje funcional del hueso mediante osteotomías u ostectomías, y fijarlo de forma estable.

Existen algunas diferencias en el tratamiento dependiendo del origen del problema. Principalmente, si la consolidación defectuosa es debida a lesiones de las placas de crecimiento y está en proceso de desarrollo o ya está instaurada.

Cierres prematuros

Teniendo en cuenta que los efectos que se producen como consecuencia de un cierre prematuro van apareciendo de forma progresiva, es de vital importancia realizar un diagnóstico lo más precoz posible.

Como recomendación general, siempre que llegue un paciente pediátrico que haya sufrido un traumatismo, principalmente en la zona del carpo o tarso, aunque no se aprecien

consecuencias, se debe advertir a los propietarios de las posibles lesiones de los cartílagos de crecimiento (fig. 32). De esta forma, en caso de que la lesión produjese algún cierre prematuro, el problema sería diagnosticado precozmente y se podría instaurar el tratamiento adecuado antes de que se precisasen técnicas más agresivas.

Ante un cierre prematuro, se deben valorar primero una serie de factores que orientarán el tratamiento que se debe instaurar.

- **Posibles efectos.** No siempre es necesario plantearse un tratamiento quirúrgico dado que, muchas veces, las consecuencias funcionales pueden ser compensadas.
- **Potencial de crecimiento.** Se define como la longitud que aún le queda por elongar a una placa epifisaria. Cuanto más joven es el paciente, más potencial de crecimiento tienen sus huesos. Es muy importante tenerlo en cuenta, ya que los problemas que se deriven de un cierre prematuro serán más acusados cuanto más falte para que concluya el crecimiento. Sin embargo, en caso de que exista un potencial de crecimiento alto se podrán modificar parcialmente las líneas de crecimiento con el fin de que el proceso se revierta de forma natural y progresiva (base de las epifisiodesis).

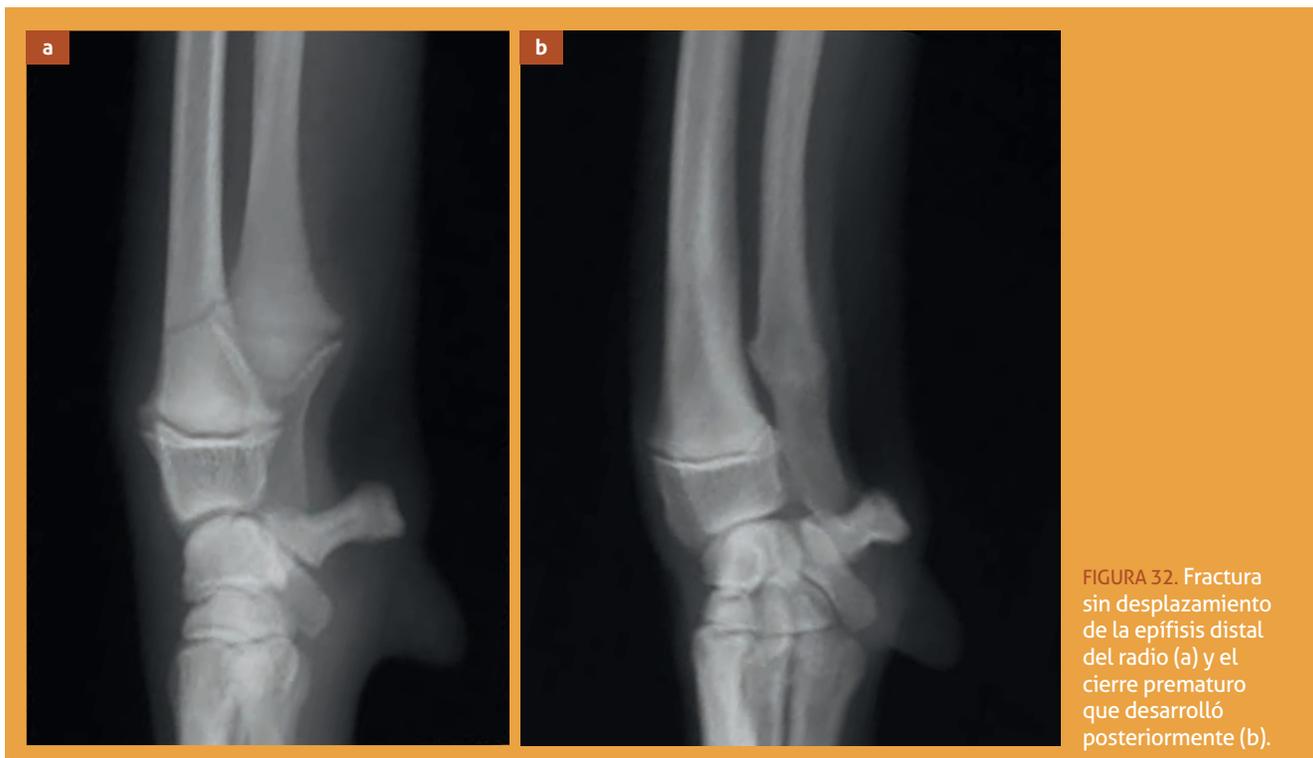


FIGURA 32. Fractura sin desplazamiento de la epífisis distal del radio (a) y el cierre prematuro que desarrolló posteriormente (b).

- **Cierre completo o parcial.** Dependiendo de la intensidad del traumatismo, la lesión puede paralizar parcial o totalmente el crecimiento del hueso. En caso de un cierre completo es lógico esperar que se produzca un acortamiento del hueso. Sin embargo, existen casos en los que puede verse afectada únicamente una zona de la placa de crecimiento, por lo que la porción lesionada dejará de crecer, mientras que el resto de la placa, al no verse alterada, proseguirá con su desarrollo de forma normal. Al producirse una elongación asimétrica de la placa de crecimiento la metáfisis del hueso se ira curvando de forma progresiva.

No se deben tratar curvaturas óseas que no ocasionen impedimentos funcionales. En algunos casos es posible que el propietario quiera corregir el defecto por problemas meramente estéticos, por lo que se le deben explicar muy claramente las posibles complicaciones que pueden derivarse de una cirugía supeditada a muchas variables y no necesaria desde el punto de vista clínico.

El tratamiento quirúrgico consiste en lograr una alineación fisiológica de las articulaciones o conseguir que el hueso alcance una longitud que no produzca impedimento funcional.

Dado que las combinaciones de posibles problemas y grado de curvatura son muy amplias, y que los efectos clínicos dependen también del hueso afectado y de su interacción con otros huesos, a continuación se van a orientar los posibles tratamientos atendiendo a los casos más frecuentes.

Cierre completo

En caso de que el crecimiento compensatorio de la línea de crecimiento de la otra metáfisis del hueso no sea suficiente, se deberá realizar una osteotomía de distracción.

En un principio, los acortamientos óseos se trataban realizando una osteotomía separando los fragmentos en un solo paso. El espacio que quedaba se rellenaba con hueso cortical o esponjoso y se estabilizaba el hueso en su nueva posición mediante placas de elongación. Pero este sistema tiene varios problemas.

- **Distancia de separación.** Los fragmentos no se pueden separar todo lo que se quiera de forma repentina debido a la acción de los músculos y tendones de la extremidad. Al estar limitada la distancia de separación, los resultados que se pueden conseguir son, en muchas ocasiones, insuficientes para solucionar el problema.
- **Excesiva separación.** En algunas ocasiones, una excesiva separación puede evitar que se produzcan correctamente los procesos de cicatrización, pudiéndose formar un callo atrófico. Para solucionarlo se hace un trasplante de hueso esponjoso o corticoesponjoso en el foco de fractura, aunque no siempre funciona.
- **Fallo del implante.** Al no existir contacto entre los bordes de la fractura, la placa queda sometida a grandes fuerzas de flexión que pueden producir un fallo del implante. Para dar mayor estabilidad mecánica a la fractura, se puede realizar un trasplante de segmento óseo interpuesto entre sus bordes. Actualmente, también se pueden usar cilindros de titanio poroso como sistemas de salvación.

Estos problemas que pueden ocurrir durante la osificación se pueden evitar si se realiza la elongación mediante una separación progresiva de los fragmentos. Asimismo, los tejidos blandos se van adaptando paulatinamente a la nueva situación permitiendo distraer lo suficiente el foco de fractura.

Cierre asimétrico

El principal problema que se deriva de los cierres asimétricos no es tanto la pérdida de longitud del hueso como la curvatura que se produce.

En este caso, para seleccionar el tratamiento más adecuado es muy importante tener en cuenta el potencial de crecimiento del paciente.

- **Paciente en crecimiento.** Si el potencial de crecimiento del paciente es suficientemente alto, se puede realizar una epifisiodesis. Esta técnica consiste en provocar un cierre asimétrico del lado de la placa de crecimiento no afectada. De esta forma, se evita que el hueso crezca más y se continúe curvando. En algunos casos en los que el cierre de la zona afectada no es total, se puede realizar la epifisiodesis como técnica única. El potencial de crecimiento remanente puede llegar a corregir la angulación el hueso. Para realizar la técnica se usan grapas óseas. Cada lado del implante debe quedar anclado a uno de lados de la placa para frenar su crecimiento. Existe otra opción que es la de

Fundamentos de la elongación ósea

La elongación ósea se basa en el aprovechamiento de los procesos que se producen durante la cicatrización ósea por segunda intención. En este tipo de cicatrización se forma primero un tejido pseudocartilaginoso que, a través de procesos de osificación endocondral, se va transformando en tejido óseo. Para elongar un hueso lo que se hace es producir una fractura para convertirla en una placa de crecimiento.

Después de hacer la osteotomía en el punto y dirección elegidos, y una vez aplicado el sistema de distracción más adecuado, se procede a separar la fractura a un ritmo de un milímetro al día. Esta velocidad de separación es interpretada por el hueso como un movimiento en un foco de fractura, por lo que procede a fijar los bordes mediante un tejido cartilaginoso, elástico. Progresivamente, según se continúen separando los fragmentos, se irá formando nuevo tejido cartilaginoso en el centro de la fractura, mientras que el tejido neoformado cerca de los bordes se irá transformando en tejido óseo a través de procesos de osificación endocondral. Es decir, se crea artificialmente una doble placa de crecimiento que crece en ambas direcciones (fig. 33).

La distancia que se puede alcanzar mediante elongaciones progresivas está limitada por las estructuras de músculos, tendones y nervios, ya que el hueso en sí podría elongarse indefinidamente. Cuando se alcanza la separación deseada se mantiene la fractura estabilizada hasta que calcifique correctamente todo el tejido neoformado.

Con este fin se pueden emplear fijadores externos uniplanares unilaterales (tipo I), en los que la barra conectora se ha sustituido por un sistema de distracción progresiva. Este sistema tiene el inconveniente de que, como el mecanismo de distracción queda situado únicamente en uno de los lados, los clavos percutáneos deben tener un diámetro considerable con el fin de soportar las fuerzas que se tienen que transmitir al hueso (fig. 34). El grosor que



FIGURA 34. Elongador unilateral. Obsérvese el grosor de los clavos percutáneos.



FIGURA 33. Radiografías seriadas de la elongación de un radio mediante un distractor unilateral.



FIGURA 35. Evolución de una elongación realizada mediante un distractor bilateral uniplanar.

acepte el hueso es un factor limitante de las fuerzas que puede transmitir el elongador. Si la fuerza es superior a la resistencia de los clavos, estos se doblarán, con lo que no solo se interrumpirá la elongación, sino que se producirá una curvatura del hueso.

Otra opción es emplear fijadores uniplanares bilaterales con un sistema de elongación a cada lado. De esta forma, sincronizando la distracción de ambos lados, los clavos percutáneos podrán flexionarse, pero el hueso no se curvará (fig. 35). Como es lógico, la aplicación de sistemas bilaterales queda limitada al radio y a la tibia.

El sistema de fijación externa más idóneo en veterinaria para realizar esta intervención son los fijadores circulares tipo Ilizarov y sus combinaciones híbridas circular unilateral (fig. 36) (ver cap. 5, *Sistemas de osteosíntesis y biomecánica*).



FIGURA 36. Distractor circular tipo Ilizarov.

colocar dos tornillos o anclas óseas, uno a cada lado de la línea, unidos por un alambre de cerclaje en forma de ocho (fig. 37). El problema de esta técnica es que el resultado es hasta cierto punto impredecible. Es importante tener en cuenta que como el animal está aún creciendo puede que, pese a haber corregido la angulación mediante cirugía, el hueso continúe deformándose y requiera más intervenciones. Otra posibilidad es esperar a que el animal deje de crecer y una vez que se alcance la deformidad final proceder a su corrección quirúrgica.

Siempre que se realiza una epifisiodesis se debe controlar radiológicamente la evolución del paciente con el fin de no provocar una curvatura del hueso en sentido opuesto.

- **Paciente adulto.** El tratamiento consiste en corregir la curvatura del hueso y, en caso de que sea necesario, la pérdida de longitud.



FIGURA 37. Epifisiodesis realizada mediante tornillos y cerclaje.

Acortamiento del hueso

En estos pacientes se debe plantear un tratamiento quirúrgico siempre que se haya perdido la funcionalidad del miembro. Existen varias posibilidades dependiendo de lo que se deba elongar el hueso.

Cuando el acortamiento no es demasiado manifiesto se puede realizar una osteotomía y separar los fragmentos lo que se considere necesario en un solo paso. Como sistema de estabilización es posible utilizar tanto placas como fijación externa. En estos casos es importante valorar cuál será la distancia a la que quedarán los fragmentos, dado que si es demasiado amplia, puede que lo impidan los tejidos blandos. Además, se puede producir una pseudoartrosis atrófica; para prevenirla es recomendable realizar un trasplante de hueso esponjoso o corticoesponjoso.

Si se realiza un trasplante de hueso cortical, lo ideal es hacerlo del mismo paciente. Una zona muy adecuada para extraer el hueso es la diáfisis del cúbito. Se puede tomar una gran porción de hueso sin que el paciente se resienta funcionalmente. El fragmento de hueso cortical debe estabilizarse en su nueva posición mediante una placa de compresión. Se deben rellenar ambos extremos del canal medular del fragmento óseo con hueso esponjoso y realizar compresión en ambos lados.

Siempre que sea posible, es preferible realizar una elongación progresiva, principalmente ante acortamientos muy manifiestos.

En el caso de un cierre simétrico en el que solo haya un acortamiento, la planificación de la cirugía es sencilla. Lo único que se debe decidir es el elongador que mejor se adapta, así como el punto de osteotomía y donde emplazar los implantes. Los elongadores circulares son los más adecuados para estas cirugías, siempre y cuando el hueso acepte este sistema. Una de las grandes ventajas que tienen es la opción de construir la configuración que se va a emplear antes de la cirugía y esterilizarlo ya montado (fig. 38).

Una vez que se ha colocado en la extremidad, se procede a realizar la osteotomía en el punto elegido (fig. 39). De esta forma se mantiene el eje longitudinal del hueso evitando posibles rotaciones.

Aunque al principio se remondaba al realizar el corte óseo, no es necesario la realización de una corticotomía con el fin de preservar la vascularización centromedular, puesto que



FIGURA 38. Elongador circular montado previamente a la cirugía.



FIGURA 39. Elongador colocado en la extremidad (a) y posterior osteotomía (b).

los resultados son óptimos esperando un par de días antes de comenzar la elongación del hueso.

Una vez finalizada la cirugía, y transcurridos uno o dos días dependiendo de la edad del paciente, se comienza a separar los fragmentos actuando sobre el elongador. Es preciso explicar muy claramente al propietario qué acciones exactas debe realizar sobre el sistema de distracción para distraer el foco de fractura medio milímetro cada 12 horas.

Preferentemente, las maniobras de elongación deben realizarse antes de sacar a pasear al animal. Así, los tejidos blandos se van adaptando a la nueva situación de una manera más confortable para el paciente.

Durante el proceso, es conveniente hacer revisiones periódicas tanto del fijador como de los avances en el hueso mediante estudios radiológicos (fig. 40). Una vez alcanzada la longitud deseada, se deja de elongar y se mantiene como un fijador externo normal hasta que el callo de fractura indica que el hueso ha consolidado, momento en el que se procede a retirar el elongador (fig. 41).

Consolidación defectuosa

El tratamiento de las consolidaciones defectuosas (angulaciones óseas) consiste en fracturar el hueso y recolocarlo recuperando su eje longitudinal funcional.

Existen dos enfoques para conseguir posicionar los fragmentos en su nueva situación: hacerlo de forma progresiva o

en un solo tiempo. Tradicionalmente las correcciones angulares se realizan de la segunda manera; para esto se realizan osteotomías u ostectomías de corrección, según sea necesario realizar un solo corte o eliminar alguna cuña del hueso, y, posteriormente, los fragmentos se colocan en la posición deseada y se estabilizan mediante el sistema de osteosíntesis adecuado. La otra opción es hacerlo de forma progresiva, es decir, mediante osteotomías de distracción, angular o combinada; este sistema suele aplicarse, principalmente, a consolidaciones defectuosas que afectan al radio y a la tibia, puesto que estos huesos aceptan mejor los sistemas de elongación.

Independientemente del sistema que se elija, lo más importante para alcanzar el resultado deseado es realizar una planificación exacta de la cirugía, para lo que es imprescindible realizar primero un correcto estudio radiológico.

Con el fin de obtener unas proyecciones lo más exactas posibles, el paciente debe estar anestesiado o bajo sedación muy profunda. En muchos casos no es suficiente realizar solo las vistas tradicionales, anteroposterior y laterolateral, sino que se deben obtener proyecciones oblicuas (fundamental



FIGURA 40. Distractor circular. Radiografía posoperatoria (a) y una vez realizada la elongación (b).



FIGURA 41. Radiografía después de retirar el elongador.

en el caso de consolidaciones defectuosas rotacionales). En estos pacientes es recomendable realizar dos radiografías posicionando el hueso atendiendo únicamente a la epífisis proximal y, posteriormente, a la distal (fig. 42).

Es conveniente realizar radiografías no solo de la extremidad afectada, sino también de la sana con el fin de poder valorar las referencias óseas fisiológicas que servirán como puntos de orientación durante la cirugía.



FIGURA 42. Fémur con consolidación defectuosa rotacional. Radiografías de la epífisis proximal (a), epífisis distal (b) y después de corregir la rotación (c). Compárense las posiciones de las epífisis.

La planificación de estas cirugías es mucho más eficaz si se realiza mediante tomografía axial computarizada (TAC), siempre que se puede. Este sistema permite hacer reconstrucciones virtuales en 3D en las que se pueden visualizar y realizar todas las mediciones que se consideren oportunas desde cualquier punto de vista del hueso (fig. 43).

En la actualidad, existen empresas que mediante programas informáticos pueden calcular el punto y dirección de corte más adecuado para la corrección de la consolidación defectuosa e, incluso, fabricar placas específicas para cada caso en particular. Estos implantes, completamente contorneados y con los agujeros emplazados en las zonas más idóneas, pueden, dependiendo de la empresa, venir acompañados de guías de corte intraoperatorias, lo que facilita enormemente la realización de la cirugía.

Planificación de la cirugía

Para preparar la intervención se debe medir y calcular con qué ángulo y en qué dirección se debe corregir la deformidad para lograr la buena funcionalidad del miembro.

Una vez realizado el estudio radiológico, se debe determinar cuál es el punto alrededor del cual se debe realizar la

rotación de los fragmentos para corregir la angulación. Es lo que se denomina centro de rotación de la deformidad (CORA, *center of rotation of angulation*).

Determinación del CORA

Para determinar el CORA se deben trazar dos líneas, una desde cada epífisis del hueso, que discurren por el centro de la diáfisis dividiéndola en dos longitudinalmente. Cada línea debe partir perpendicularmente desde otra línea trazada sobre la superficie articular. Ambas líneas se encontrarán en un punto de intersección que es el teórico punto de rotación (fig. 44).

En caso de realizar las mediciones en un hueso normal, ambas líneas deberían encontrarse casi sin angulación, dado que el eje funcional de los huesos es una línea que pasa por el centro del canal medular. Para calcular los grados que se deben corregir, basta con medir el ángulo que forman ambas líneas en su punto de intersección. Dicho ángulo corresponde al que se debe corregir en el plano en el que hemos realizado la medición.

Este proceso debe realizarse en las dos proyecciones del hueso, tanto en la anteroposterior como en la laterolateral, con el fin de valorar la angulación ósea en todas las direcciones espaciales.

