

Technique de la pose d'un fixateur externe et d'allongement du tibia chez le lapin

How to put an external fixator for tibia lengthening in rabbit

Trigui M.,¹ Bahri A.,² Zribi W.,¹ Aoui M.,¹ Ellouze Z.,¹ Zribi M.,¹ Ayadi K.,¹ Keskes H.¹

¹ Service de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique - Hôpital Habib Bourguiba. Faculté de médecine de Sfax. Sfax - Tunisie.

² Faculté de Sciences de Sfax. Sfax - Tunisie.

CORRESPONDANCE : Dr. Moez TRIGUI

Service de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique - Hôpital Habib Bourguiba. Route El-Aïn, Km 0.5 CP3029. Sfax - Tunisie.

E-mail : dr_moez_trigui@yahoo.fr

RÉSUMÉ

L'allongement expérimental du tibia chez le lapin permet de mieux comprendre les différents phénomènes physiologiques de l'ossification par distraction des membres. Nous proposons de présenter et préciser notre technique de pose de fixateur externe et de distraction du tibia chez le lapin. Le matériel utilisé est un minifixateur externe monoplane. Cette technique est facilement reproductible, mais nécessite le respect de ses différentes étapes et une surveillance rapprochée et régulière de l'animal.

ABSTRACT

The experimental lengthening of the tibia in rabbit makes it possible to better understand the various physiological phenomena of distraction osteogenesis of long bones.

We present our technique of external fixator installation and of distraction of the tibia in rabbits. The material used is a monoplane external minifixator. This technique is easily reproducible, but requires the respect of its various stages and to keep a permanent watch on the animal.

I. INTRODUCTION

L'allongement expérimental des membres reste toujours nécessaire pour mieux comprendre l'ossification par distraction des membres sur le plan biologique, anatomopathologique, biochimiques, biophysiques... Ces techniques d'allongement expérimental ont été réalisées chez le lapin par de nombreuses équipes, mais la description de la technique opératoire n'a pas été détaillée de façon suffisante^[1-4]. Nous avons pu élaborer une technique opératoire de pose de fixateur externe en vue d'un allongement du tibia chez le lapin. Ceci a été possible non seulement grâce à une revue de la littérature mais aussi après plusieurs tests de faisabilité qui nous ont permis d'affiner la technique et d'identifier ses différentes étapes.

II. PROTOCOLE ANESTHÉSIQUE

A- Préparation à l'anesthésie

Le lapin est un animal très sensible au stress, donc il faut le laisser au calme durant toute la période de manipulation. Le cardia du lapin étant assez étroit, il ne permet pas en principe le vomissement et son métabolisme est très rapide ; donc une longue mise à la diète n'est pas indispensable. Les risques d'hypoglycémie et les dérèglements du métabolisme acido-basique sont plus à craindre. Une diète hydrique de 2 à 4 heures est suffisante dans la plupart des cas.

B- Induction

Le protocole choisi consistait en une injection intramusculaire de Kétamine® (Kétamine 250mg/5ml) à la dose de 1 ml associée à 0,1 ml d'Hypnovel® (Midazolam lpondis 5 mg/1ml). Après l'injection, l'animal est isolé et placé au calme durant 15 à 20 minutes environ, les yeux fermés. Une anesthésie locale complémentaire à l'aide de la Xylocaïne® (unicaine 2%) à la dose de 5^{ml} est toujours associée. L'association de l'anesthésie générale et locale permet d'obtenir une anesthésie satisfaisante et une bonne analgésie. Celle-ci est caractérisée par une respiration ample et bien rythmée mais plus profonde et plus lente qu'avant l'anesthésie, des mouvements abdominaux plus prononcés et l'absence de retrait de la patte ou de l'oreille au pincement.

C- Réveil

Le réveil est fait progressivement, au calme et au chaud. Le lapin n'est pas immédiatement apporté dans sa cage mais laissé dans une cage spécialement conçue pour les lapins opérés. Dans cette cage le lapin est mis sur du coton cardé et recouvert. Il est frictionné par intervalles et porté dans sa cage une fois réveillé. Aucun antagoniste n'est utilisé afin de conserver l'effet analgésique des sédatifs utilisés.

III. TECHNIQUE OPÉRATOIRE

A- Matériel utilisé

Le matériel utilisé est un minifixateur externe "UR1504" (Figure 1), comportant 2 rails, 2 masses trouées et une tige à filetage opposé. Les deux rails sont stabilisés par

vissage, offrant une certaine maniabilité rotatoire du système. Les masses trouées permettent la fixation de fiches de 2mm de diamètre.

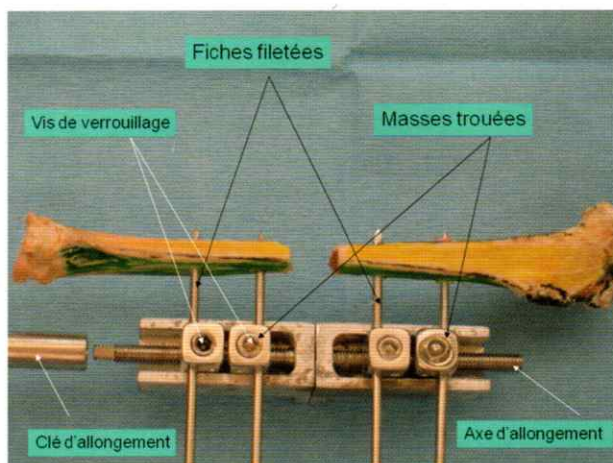


Figure 1 : Le minifixateur utilisé permettant à la fois la stabilité du foyer et la maniabilité lors de l'allongement.

Figure 1: The minifixator used, allowing at the same time stability and the handiness during lengthening.

B- Préparation du membre

Durant la période qui sépare la préanesthésie et l'anesthésie proprement dite, une épilation du membre à opérer est réalisée à l'aide d'une crème épilatoire. L'épilation doit être complète et minutieuse, sur toute la surface du membre, en excluant l'extrémité distale.

C- Installation

Le lapin est très sensible à l'hypothermie per et postopératoire ainsi qu'au collapsus cardiovasculaire. Pour éviter ces complications parfois mortelles, il est couvert durant toute l'intervention. Il est placé en décubitus latéral gauche et ses cornées sont protégées par un collyre protecteur ou fermées dès la préanesthésie. Une fois l'anesthésie générale obtenue, le membre inférieur droit est maintenu suspendu fixé à une potence par son extrémité distale (Figure 2).

Un champ stérile est mis en place par l'opérateur et son aide, exposant la cuisse et le tibia dans leur totalité. Dans cette position, on réalise les lavages bétadinés et l'anesthésie locale du membre. On prépare une table stérile conjointement pour recevoir les instruments opératoires.

D- Pose du fixateur externe

On réalise une petite incision cutanée en regard de la face antéro-externe du tibia droit, en regard de la zone d'implantation des 2 fiches proximale et distale. La première fiche placée est la plus proximale à 2cm au dessous de la tubérosité tibiale. Elle est mise au moteur, perpendiculaire à l'axe longitudinal du tibia. La fiche traverse la première corticale et dépasse de quelques mm la deuxième corticale. Le corps du fixateur externe est utilisé comme gabarit pour placer la fiche la plus distale du montage (Figure 3). Une fois ces deux fiches les plus éloignées du site d'ostéotomie posées, les fiches intermédiaires sont posées, celles-ci étant parallèles aux deux premières, toujours en

se servant du corps du fixateur externe comme gabarit. Le plan des fiches forme un angle de 45° avec le plan sagittal. Il faut veiller à respecter le parallélisme des fiches au cours de leur introduction, garant de la stabilité du montage. La distance entre les deux fiches intermédiaires est généralement de 20mm, ce qui permet de disposer de

suffisamment de place pour la réalisation de l'ostéotomie. Le corps du fixateur est fixé à 2cm de la surface de la peau, en prévoyant que l'action d'allongement se fasse du côté distal du tibia. Les fiches sont coupées et le montage verrouillé pour maintenir le tibia fixe durant le deuxième temps opératoire (Figure 3).

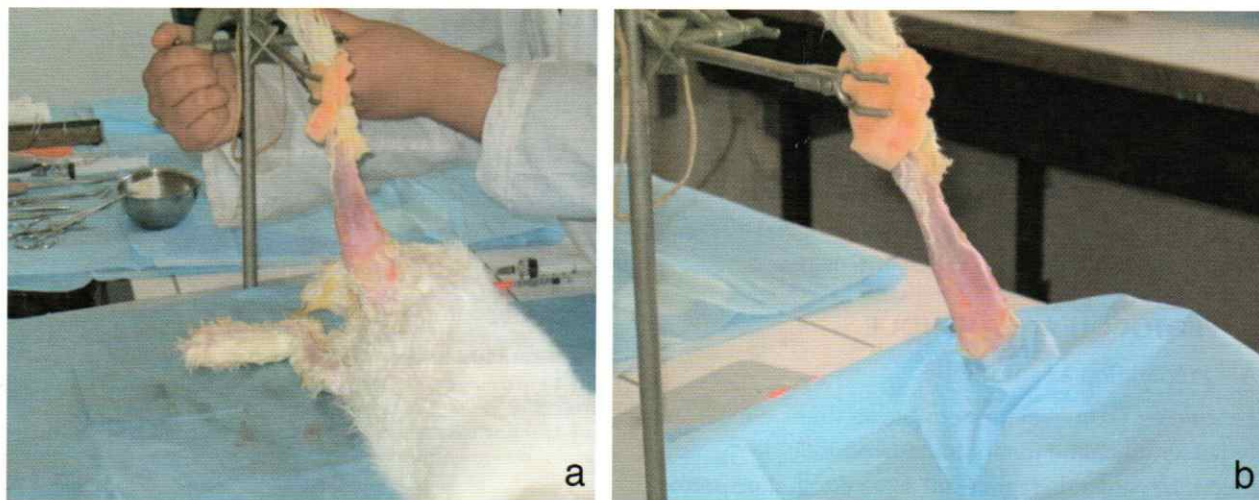


Figure2 : préparation du membre (a) Fixation du membre sur un support. (b) installation des champs stériles
Figure2: preparation of the leg. (a) Fixation of the member on a support. (b) installation

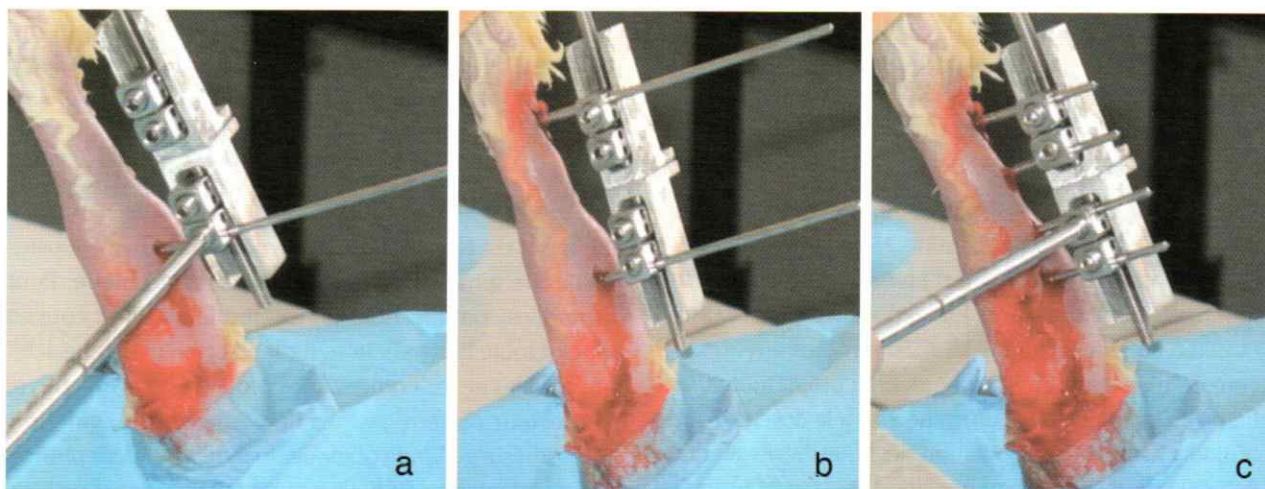


Figure 3 : Les différentes étapes de la pose du fixateur externe. (a) mise de la fiche la plus proximale et utilisation du fixateur comme gabarit pour la mise de la fiche la plus distale. (b) Fiche distale en place. (c) Section des fiches et verrouillage du fixateur

Figure 3: Various stages of the put of the external fixator. (a) setting of the proximal pin and use of the fixator like gauge for the setting of the most distal pin. (b) Distal pin in place. (c) Section of the pins and locking of the fixator

E- Ostéotomie médiodiaphysaire du tibia

La voie d'abord de l'ostéotomie est médiale, en regard de la partie interne du tibial cranial. Elle passe entre les interstices des corps musculaires pour que la fermeture ne se retrouve pas en regard de la crête tibiale, mais plutôt en regard d'un plan musculaire, protégeant à la fois le site d'ostéotomie et la plaie cutanée. Après ouverture de l'aponévrose musculaire, on passe sous le corps musculaire du tibial cranial, à sa face interne, pour aller directement sur la face cranio-médiale du tibia. Le périoste est incisé longitudinalement sur toute la hauteur de la voie d'abord. Une rugine fine permet de le décoller et de l'écarté (Figure 4). Cet abord ne comporte pas de risque vasculaire ou nerveux et, passe dans les espaces anatomiques et provoque peu de décollements. L'ostéotomie est réalisée au dessous de la syn-

tose tibiofibulaire. Elle est faite grâce à la scie oscillante, avec irrigation constante pour refroidir les tissus. Seul le tissu osseux est sectionné, le périoste étant maintenu à distance par les écarteurs. Les deux fragments restent maintenus alignés grâce au fixateur externe en place pendant tout ce temps opératoire. La section complète du tibia est vérifiée par la réalisation d'un allongement extemporané de 1mm contrôlé par vision directe sur le site d'ostéotomie. Un lavage abondant au sérum physiologique est ensuite réalisé. Le périoste est réappliqué sur le site d'ostéotomie. Ses berges viennent spontanément bord à bord et ne sont pas suturés du fait de leur finesse et de leur fragilité. Les plans musculaires sont suturés au-dessus de la face antéro-médiale du tibia au fil résorbable. Une suture cutanée est réalisée par points séparés au fil non résorbable (Figure 4).

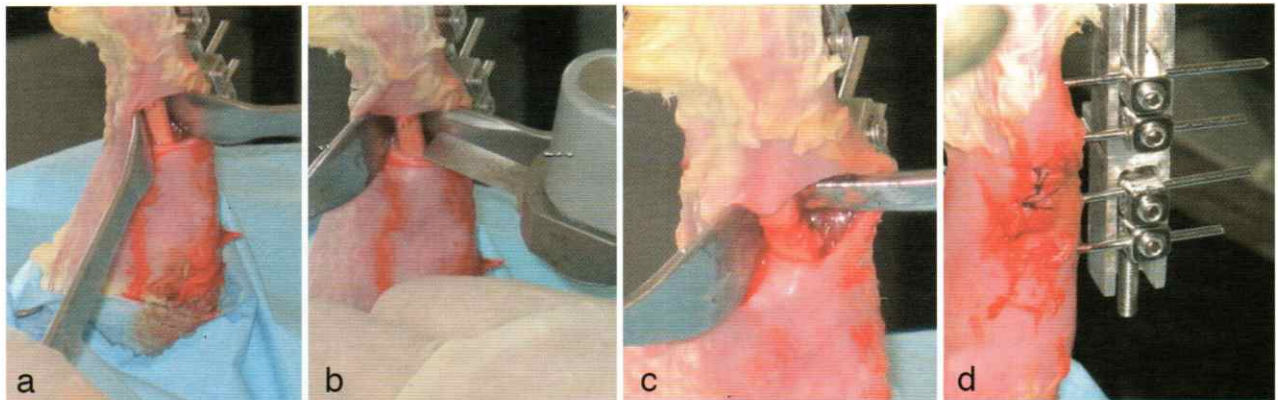


Figure 4 : Les différentes étapes de l'ostéotomie. (a) Exposition du tibia en sous périosté. (b) Utilisation de la scie oscillante pour la réalisation de l'ostéotomie. (c) Après ostéotomie les bouts osseux restent en contact grâce au fixateur externe. (d) Fermeture cutanée.

Figure 4: Various stages of the osteotomy. (a) Exposure of the tibia. (b) Use of the oscillating saw for the realization of the osteotomy. (c) After osteotomy the osseous ends remain in contact. (d) Cutaneous closing.

F- Pansement

De la Povidone iodée (Betadine® Gel 10 % gel pour application cutanée) est appliquée sur les plaies opératoires.

Le pansement post-opératoire est fait avec une compresse stérile passée entre les broches du fixateur externe et sur la plaie d'ostéotomie.

La jambe avec le fixateur externe est entourée d'une bande semi-élastique autocollante en prenant soin de ne pas serrer. L'extrémité du membre de l'animal doit être aisément surveillée (œdème, chaleur locale, hématome...).

G- Surveillance post-opératoire

Le premier pansement est changé après trois jours de l'intervention, puis un contrôle quotidien des plaies et de l'animal permet de :

- vérifier l'état des cicatrices et rechercher un écoulement ou une désunion de la plaie. Les premiers jours postopératoires sont presque toujours associés à un œdème qui rétrocede spontanément.
- éviter la souillure du pansement par les déjections du lapin et la macération des tissus.
- entretenir la familiarisation de l'animal aux manipulations quotidiennes nécessaires pour l'allongement durant les semaines suivantes.
- s'assurer de la bonne santé de l'animal (poids, tonicité) et rechercher une anorexie, des signes d'automutilation, de blessure passée inaperçue...
- vérifier la bonne position du fixateur externe et des broches ainsi que la forme globale du membre de l'animal à la recherche d'une attitude vicieuse, refus d'appui spontané du membre opéré au-delà des 5 à 7 premiers jours postopératoires, signes qui peuvent faire craindre une fracture ou un démontage du matériel.

Les plaies sont nettoyées au sérum physiologique et à la Povidine iodée gel. Dans la majorité des cas, toutes les plaies cicatrisent dans les 5 à 7 jours qui suivent l'intervention. Les soins des plaies sont interrompus à cette date (Figure 5).

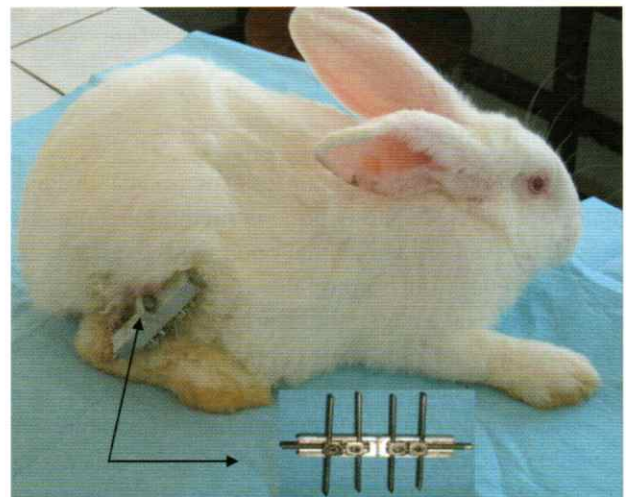


Figure5 : Fixateur en place avant le début d'allongement.

Figure5: Fixator in place before the beginning of lengthening.

IV. PROTOCOLE D'ALLONGEMENT

Nous avons choisi une phase de latence de 7 jours avant l'allongement. Celui-ci est pratiqué à l'aide d'une clé en T (Figure 6a). Un tour complet de la clé dans le sens d'aiguille d'une montre correspond à 1.4mm d'allongement. Nous réalisons un demi-tour de clé matin et soir, et on mesure les écartements externe et interne du fixateur chaque soir tout au long de la période d'allongement à l'aide d'un pied à coulisse (Figure 6b). L'allongement est suivi par une fiche de distraction remplie deux fois par jour. Un suivi clinique et radiographique est réalisé afin de suivre l'évolution et d'adapter, si besoin, le rythme d'allongement. L'allongement final ne doit pas dépasser 20% de la longueur totale du tibia.

L'observation quotidienne de l'animal au cours d'allongement est réalisée aussi bien au repos que lors du mouvement. Au repos, l'animal n'exprime pas clairement ses souffrances, mais plusieurs signes d'appel doivent être consignés :

- Un changement d'activité : animal hyper ou hypo actif.
- Emission de vocalismes différents : augmentés ou diminués.
- Un changement de la prise alimentaire ou de la boisson.
- Un changement comportemental : attitude agressive ou défensive.

L'observation de l'animal en mouvement permet d'évaluer sa prise d'appui sur le membre opéré. Un suivi de l'évo-

lution du poids du lapin est réalisé par intervalle d'une semaine à fin d'établir les courbes de croissance.

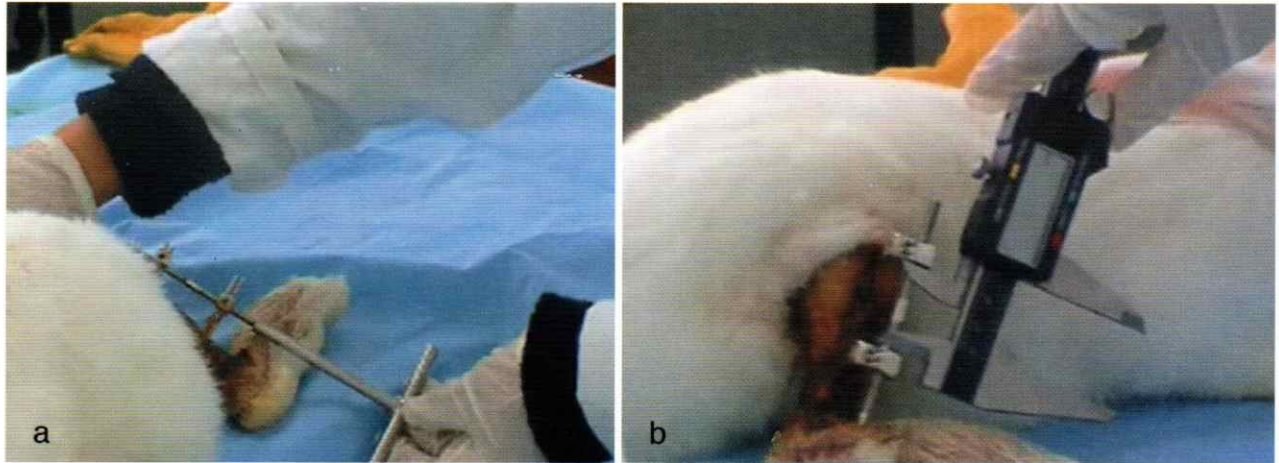


Figure 6 : (a) Réalisation de l'allongement à l'aide d'une clé en T. (b) Vérification de l'amplitude d'allongement par un pied à coulisse.
Figure 6: (a) Realization of lengthening using a T-shaped wrench. (b) Checking of the amplitude of lengthening by a calliper.

V. DISCUSSION

L'anesthésie des animaux pour les expérimentations animales est une nécessité éthique et méthodologique : le stress et la douleur de l'animal pourraient, par des réactions nerveuses ou hormonales modifier les résultats expérimentaux. La plupart des anesthésiques utilisés chez l'homme peuvent l'être chez l'animal^[5]. L'anesthésie des lapins soulève certains problèmes parce que la réponse aux anesthésiques communément utilisés est extrêmement variable, avec des effets parfois imprévisibles et la marge de sécurité est petite. Il peut exister un grand temps de latence avant l'installation de l'effet anesthésique et la dose correcte est difficile à ajuster. Dans tous les cas, il est conseillé d'endormir le lapin dans une ambiance calme et d'éviter les réinjections qui peuvent se potentialiser dangereusement^[6]. L'application d'une préanesthésie une heure avant la chirurgie a réduit le stress et l'excitation de ces animaux sensibles et a permis une préparation aisée à la chirurgie. L'anesthésie par voie intraveineuse n'est pas conseillée chez le lapin car les doses toxiques sont très rapidement atteintes, c'est pourquoi nous avons préféré la voie intramusculaire. L'intubation endotrachéale est compliquée à exécuter, à cause de l'étroitesse du pharynx et nous n'avons pas jugé nécessaire la ventilation au masque. La Kétamine peut être responsable d'une rigidité ou d'une nécrose musculaire, son analgésie n'est pas très bonne, c'est pourquoi ce produit est souvent utilisé en association avec les benzodiazépines (Diazépam, Midazolam...). Le Midazolam (Hypnovel®) donne une bonne sédation et myorelaxation, mais n'a pas d'effet analgésique^[5]. L'utilisation d'anesthésie locale était très utile pour obtenir une analgésie satisfaisante durant l'acte opératoire qui dure généralement 30mn. Selon FLECKNELL et al^[7], l'utilisation d'agent volatil tel l'isoflurane constitue la meilleure méthode pour les actes chirurgicaux lourds.

Le protocole chirurgical employé avait déjà été validé lors d'études précédentes^[1, 8]. Toutefois, il a été amélioré après une étude anatomique de l'animal, étape indispensable pour parfaire la technique chirurgicale et limiter les com-

plications. Le facteur clé dans la réussite de la distraction osseuse est la stabilité axiale du fixateur externe^[9]. PALEY et al^[10] ont testé quatre systèmes de fixateur externe et ont trouvé que l'Orthofix® unilatéral offre une bonne stabilité totale biomécanique. Le fixateur externe utilisé dans cette technique est similaire à l'Orthofix®. Nous avons préféré la réalisation d'une ostéotomie sacrifiant la vascularisation endoméduillaire, contrairement à d'autres études qui ont souligné l'importance de la protection de la moelle et ont recommandé une corticotomie soigneusement limitée^[11, 12]. Nous avons trouvé que l'endoste et la moelle ne sont pas indispensables pour la formation adéquate du cal comparativement au périoste et que la corticotomie est de réalisation délicate et incertaine. Nos constatations étaient comparables aux résultats d'autres auteurs^[11, 13].

Une période de latence est indispensable avant de débiter la distraction, sous peine de retarder la formation du cal de distraction. Un allongement immédiat empêche l'accumulation de cellules ostéoprogénitrices et l'organisation d'un réseau vasculaire autour du foyer d'allongement^[11, 14]. D'autre part, la cicatrisation des tissus mous entourant le foyer d'ostéotomie permet une meilleure vascularisation du cal. Nous avons choisi une période de latence de 7 jours comme de nombreux auteurs^[11, 11, 15]. DE BASTIANI a préconisé une période de 10 jours et a renommé ce processus callotasis. Cette période d'attente permet l'initiation de la consolidation dans la zone d'ostéotomie, ainsi la distraction se fait sur le cal fibreux qui s'est formé et non sur l'hématome initial^[16].

LI et al^[17] ont relevé que le progrès de régénération pendant l'allongement osseux est soumis à trois variables principales: la vitesse, le rythme et la longueur à allonger. Chez le lapin, un allongement de 0,7 à 1,3 mm/j est conseillé pour avoir des conditions optimales de formation du cal^[17]. ILIZAROV^[11] a préconisé un allongement de 0,5 à 1,5 mm par jour. Selon lui, un allongement trop rapide risque d'aboutir à une pseudarthrose; alors qu'un allongement trop lent (<1 mm/3j), accroît les risques de consolidation précoce. Il a préconisé de répartir cet allongement

en 2 à 4 fois, ce qui permet d'améliorer nettement l'ostéogénèse et de diminuer la douleur liée à l'allongement. Il est impératif d'adapter le rythme d'allongement à la qualité de l'ostéogénèse, à la tolérance des tissus mous et à l'âge^[11]. En effet, la stimulation de l'ostéogénèse est étroitement liée à la qualité de vascularisation du régénérat et la vitesse d'allongement doit être adaptée à la qualité du cal osseux^[14].

LEE et al^[2] ont rapporté que l'allongement du tibia d'un lapin par plus de 30% de la longueur originale, a provoqué un retard de croissance du tibia proximal et était à l'origine de lésions cartilagineuses histologiques qui ont persisté jusqu'à la fin de croissance.

VI. CONCLUSION

La maîtrise de la technique de pose d'un mini fixateur externe pour les allongements du tibia chez le lapin est possible après une parfaite connaissance de l'anatomie de l'animal et après une période expérimentale préliminaire au cours de laquelle une analyse correcte des échecs et des difficultés rencontrées lors de la pose du fixateur est réalisée. Une surveillance régulière est nécessaire pour éviter tout incident ou complication susceptible d'apparaître au cours de la distraction.

VII. RÉFÉRENCES

- 1) Kojimoto H., Yasui N., Goto T., Matsuda S., Shimomura Y. Bone lengthning in rabbits by callus distraction. The role of periosteum and endosteum. *J Bone Joint Surg* 1988; 70B:543-9.
- 2) Lee D.Y., Chung C.Y., Choi I.H. Longitudinal growth of the rabbit tibia after callotasis. *J Bone Joint Surg* 1993; 75B:898-903.
- 3) Yasui N., Kojimoto H., Sasaki K., Kitada A., Shimizu H., Shimomura Y. Factors affecting callus distraction in limb lengthening. *Clin Orthop Relat Res* 1993; 293:55-60.
- 4) Chung C.Y., Choi I.H., Yoo W.J., Cho T.J., Gong H.S. Distraction osteogenesis for segmental bone defect physeal change after acute bone shortening followed by gradual lengthening in a rabbit tibia model. *Injury* 2005; 36:1453-9.
- 5) Bazin J.E., Constantin J.M., Gindre G. Anesthésie des animaux des laboratoires, réflexion de son influence sur l'interprétation des résultats. *Ann Fr Anesth Rea* 2004; 23:811-8.
- 6) Boussarie D. Spécificités des rongeurs et lagomorphes de compagnie et leurs conséquences. *Point Vet* 1999; 30:19-24.
- 7) Flecknell P.A., Cruz I.J., Liles J.H., Whelan G. Induction of anaesthesia with halothane and isoflurane in the rabbit: a comparison of the use of a face-mask or an anaesthetic chamber. *Lab Anim* 1996; 30:67-74.
- 8) Krawczyk A, Kurok P, Kuryszko J, Wall A, Dragan S, Kulej M. Experimental studies on the effect of osteotomy technique on the bone regeneration in distraction osteogenesis. *Bone* 2007; 40:781-91.
- 9) Waanders N.A., Richards M., Steen H., Kuhn J.L., Goldstein S.A., Goulet J.A. Evaluation of the mechanical environment during distraction osteogenesis. *Clin Orthop Relat Res* 1998; 349:225-34.
- 10) Paley D. Problems, obstacles and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop Relat Res* 1990; 250:81-104.
- 11) Ilizarov G.A. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop Relat Res* 1989; 239:263-85.
- 12) Merloz P. Le concept d'Ilizarov et son évolution. Conférences d'enseignement de la SOFCOT 2002; 79:207-24.
- 13) Trigui M., Ayadi K., Ellouze Z., Gdoura F., Zribi M., Keskes H. Traitement des pertes de substance osseuse des membres par transport osseux segmentaire. *Rev Chir Orthop* 2008; 94:628-34.
- 14) White S.H., Kenwright J. The timing of distraction of an osteotomy. *J Bone Joint Surg* 1990;72B:356-61.
- 15) Singare S., Li D., Liu Y., Wu Z., Wang J. The effect of latency on bone lengthening force and bone mineralization: an investigation using strain gauge mounted on internal distractor device. *Biomed Eng Online* 2006; 9:5-18.
- 16) De Pablos J. Callotasis. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Elsevier 2003:141-165.
- 17) Li G., Simpson A.H., Kenwright J., Triffitt J.L. Effect of lengthening rate on angiogenesis during distraction osteogenesis. *J Orthop Res* 1999; 17:362-7.