

260

SCOLIOSE EXPERIMENTALE PAR LIGAMENTOPLASTIE RESULTATS PRELIMINAIRES

EXPERIMENTAL SCOLIOSIS BY LIGAMENTOPLASTY PRELIMINARY RESULTS

J.M. VITAL, C. LACOUR, M.A. LATOUR, S. EGUIRAUN, B. LAVIGNOLLE, J. SENEGAS

Unité de Pathologie Rachidienne - Hôpital Pellegrin Tripode - 33000 Bordeaux.

RÉSUMÉ

Un modèle expérimental original de ligamentoplastie unilatérale autour des côtes ou des processus transverses a été appliqué à 8 lapins de 4 à 6 semaines. Dans un premier groupe, le ligament a été simplement faufile avec ses deux extrémités libres (ligament dit non contraignant) : aucune scoliose n'a été observée malgré le processus fibrotique obtenu. Dans le second groupe, le ligament encercle sans tension côtes et transverses : les animaux sacrifiés, entre 16 et 20 semaines après l'intervention, présentent une scoliose de 30° en moyenne dont la concavité est située du côté du ligament et la rotation (de 5° en moyenne) entraîne les corps vertébraux vers la convexité. Le résultat dans le plan sagittal (lordose ou cyphose) dépend étroitement de la position plus ou moins ventrale du ligament. La régularité des résultats, et surtout la facilité technique de ce procédé font penser qu'il peut s'agir là d'une méthode de "tutérisation souple" de scoliose humaine reconnue précocément et dont le potentiel évolutif est certain.

Mots clés : Scoliose expérimentale - Ligamentoplastie rachidienne.

SUMMARY

Eight rabbits (four to six weeks old) sustained an unilateral vertebral ligamentoplasty extending from the last ribs to the upper dorsal transversal processes. In the first group, the ligament was singly tacked, living its extremities free. No deformity was noted in that group despite significant fibrosis around the ligament. In the second group, the ligament was fixed around the ribs and transversal processes without any tension.

Between sixteen and twenty weeks after the procedure the rabbits were sacrificed ; all of them were affected by a vertebral deformity of about 30° in the coronal plane with concavity located on the ligament side and rotation (about 5°) toward the convexe side.

In the sagittal plane, the type of deformity (lordosis or kyphosis) depends on the position more or less anterior of the ligament.

These results suggest the possibility of using ligamentoplasty to control the evolution of early and flexible human scoliosis.

Keys words : Experimental scoliosis - Spinal ligamentoplasty.

Le but de cette étude expérimentale chez le lapin en croissance est de créer une scoliose par apposition d'un ligament artificiel d'un côté de la colonne vertébrale grâce à un laçage passant de part et d'autre des processus transverses ou des côtes. Après une description de la méthodologie réalisée, nous précisons les résultats radiologiques, tomodynamométriques et histologiques obtenus puis nous les discuterons par rapport à ceux découlant d'autres méthodes expérimentales scoliotiques appliquées à l'animal. Cette technique de ligamentoplastie paravertébrale nous paraît une méthode chirurgicale simple et, éventuellement réversible pour créer une scoliose ; on peut penser qu'elle peut être appliquée du côté convexe d'une scoliose évolutive débutante pour en stopper l'aggravation.

HISTORIQUE DES EXPERIMENTATIONS SCOLIOGENES

Il n'est pas question, ici, de passer en revue l'ensemble des techniques pratiquées chez l'animal pour le rendre scoliotique, le moyen utilisé étant alors retenu par l'expérimentateur comme un facteur possible de scoliose chez l'homme. La scoliose peut être une découverte inattendue comme le signale Dubouset⁽⁴⁾ chez le poulet dont le diencéphale a été lésé : l'hypothèse neurologique centrale est alors soulevée ; de nombreuses expérimentations ont été réalisées dans ce sens : nous ne les décrivons pas, mais retiendrons quelques expériences agissant sur la maquette cartilagineuse costovertébrale par des contraintes asymétriques sur l'ensemble de la colonne ou certains noyaux vertébraux de croissance.

Hakkairien⁽⁶⁾ a ainsi plâtré, en inclinaison latérale, 253 lapins de 2 à 5 semaines. Comme Arkin⁽¹⁾ qui avait obtenu des déformations sur des membres de lapins plâtrés de façon asymétrique, Hakkairien obtient 85% de scoliose ; 52% seront permanentes ou progressives si la courbure est supérieure à 30°.

D'autres auteurs scandinaves comme Langenskiöld⁽⁸⁾, Michelsson⁽⁹⁾ et Karaharju⁽⁷⁾ ont obtenu des scoliose chez des lapins ou des cochons en leur faisant subir des résection costales, des dénervations intercostales ou des sections ligamentaires paravertébrales.

La troisième possibilité technique consiste en des gestes directs sur les cartilages de croissance : Haas⁽⁵⁾ réalise une épiphysiodèse unilatérale chez le chiot par voie abdominale : les quatre chiots opérés sont porteurs d'une scoliose. Bisgard⁽³⁾ réalise l'excision

d'hémiplateaux chez le chevreau d'1 mois : une scoliose avec rotation est obtenue si 2 ou 3 vertèbres sont épiphysiodésées. Ottander⁽¹²⁾ stérilise l'arc postérieur de cochons de façon unilatérale ; Beguiristain⁽²⁾ visse les pédicules thoraciques (et donc le cartilage neurocentral) de 8 cochons de 2 mois : il obtient des scoliose presque parfaites dont la convexité se situe du côté vissé.

Enfin, la quatrième possibilité technique consiste à utiliser des moyens de contention internes placés d'un seul côté de la colonne vertébrale pour en bloquer la croissance. Moon⁽¹⁰⁾ obtient ainsi des hyperlordoses bloquant la croissance de l'arc postérieur chez le chiot et Nachlas⁽¹¹⁾ réalise sur le même animal un agrafage unilatéral sur les transverses et dans les corps vertébraux.

Le modèle expérimental que nous avons utilisé se rapproche dans son principe de ce dernier groupe d'expérience : il a l'avantage, contrairement aux résections costales et aux épiphysiodèses d'être partiellement réversible par ablation du matériel placé de façon unilatérale, la maquette cartilagineuse pouvant alors reprendre sa croissance de façon symétrique.

METHODOLOGIE

Huit lapins fauves de Bourgogne de 4 à 6 semaines subissent une anesthésie générale avec prémédication au Ketalar et Calmivet en intramusculaire, et prolongation de l'anesthésie avec du Ketalar intraveineux.

L'intervention est réalisée sans intubation, en décubitus latéral, par une incision paramédiane conduisant, grâce à une dissection transmusculaire à la base d'implantation sur les corps vertébraux des processus transverses dans la région lombaire ou aux articulations costo-transversaires dans la région thoracique. Un ligament simple tresse de Dacron (SEM) d'1,5 puis 2,5 mm avec aiguille sertie à chaque extrémité (*figure 1*), est faufilé, de part et d'autre des côtes basses et des processus transverses (ou des seuls processus transverses dans certains cas), du côté abordé. Les bouts de ligament, après retour à l'une des extrémités de la ligamentoplastie, ont été suturés sans tension entre eux (ligament dit "contraignant" puisque bloquant en principe la croissance de façon unilatérale de la colonne) ou non suturés (ligament dit "non contraignant" ne réalisant aucune force latérale) (*figure 2*).

Après fermeture, l'anesthésie est prolongée jusqu'à

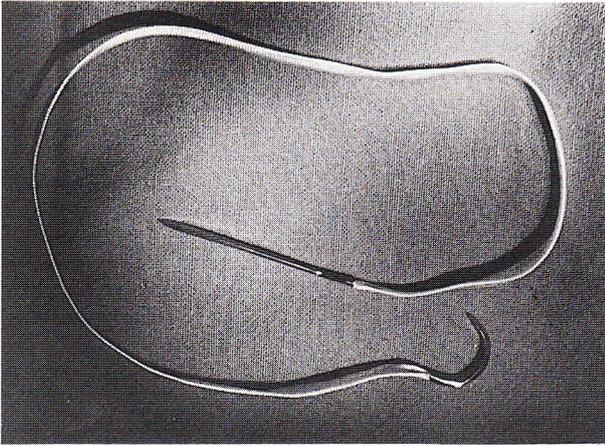


Figure 1
Ligament simple tresse de 2,5 mm utilisé dans l'expérimentation.

l'obtention d'un cliché radiographique de face et de profil qui reconnaîtra l'absence de déformation initiale, les ligaments étant posés sans tension. Trois décès, per ou post-opératoires immédiats sont à mettre sur le compte de problèmes anesthésiques et d'une brèche pleurale. Cinq dossiers sont analysables à long terme : ils concernent 3 lapins porteurs de ligament contraignant et 2 lapins porteurs de ligament non contraignant. Tous les lapins ont été sacrifiés le même jour (et donc à des âges différents) et ont subi :

- des contrôles radiographiques de face et de profil,
- des coupes tomodensitométriques,
- des coupes histologiques horizontales et frontales.

Le tableau 1 résume ces données de méthodologie et le résultat global (obtention ou non de scoliose).

Tableau 1 : matériel d'expérimentation.

| Lapin | âge à niveau l'opération | vertébral | ligament contraignant | non ligament contraignant | âge au sacrifice | résultat |
|-------|--------------------------|-----------|-----------------------|---------------------------|------------------|-----------------|
| N° 1 | 6 semaines | T11 - L4 | 1,5 mm | - | 30 semaines | pas de scoliose |
| N° 2 | 5 semaines | T12 - L6 | 2,5 mm | - | 28 semaines | pas de scoliose |
| N° 3 | 5 semaines | T11 - L4 | - | 2,5 mm | 25 semaines | scoliose |
| N° 4 | 4 semaines | L2 - L6 | - | 2,5 mm | 20 semaines | scoliose |
| N° 5 | 5 semaines | L1 - L3 | - | 2,5 mm | 21 semaines | scoliose |

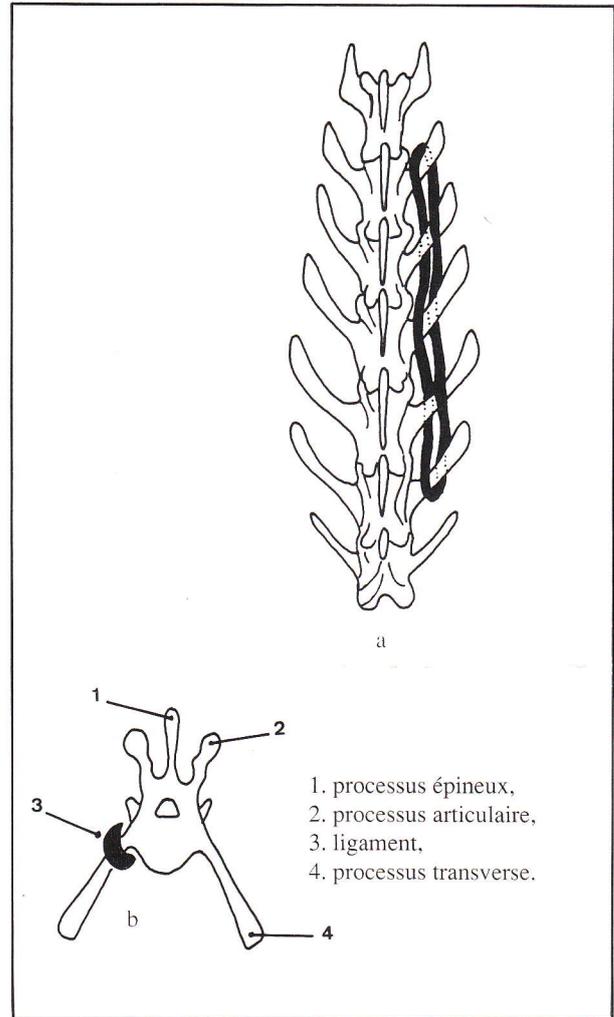


Figure 2
Situation du ligament contraignant sur une vue dorsale (a) et une coupe horizontale (b).

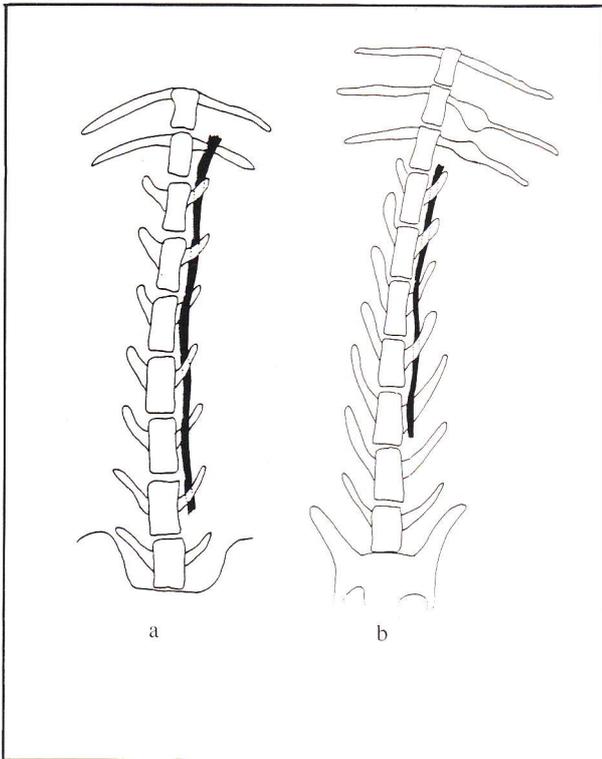


Figure 3
Lapin 2 ; ligament non contraignant.
a : cliché de face initial,
b : cliché de face final (25 semaines après).

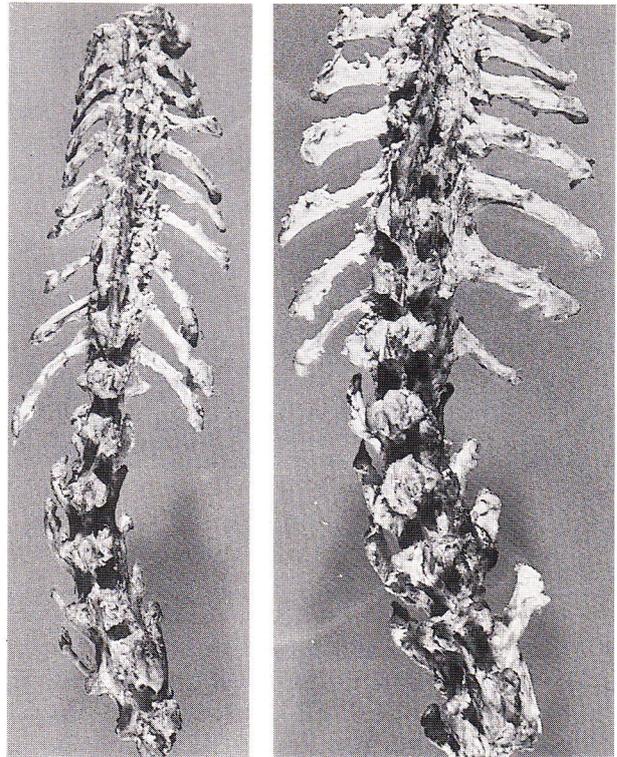


Figure 4 4a ▲ 4b ▲
Vue postérieure.
a : du lapin 4,
b : du lapin 5.

RESULTATS

En dehors des complications per-opératoires d'ordre anesthésique aucune complication, notamment infectieuse, n'est à déplorer. Les lapins étant opérés à des âges à peu près identiques (4 à 6 semaines) successivement pendant les 3 premiers mois de l'année 1989 et tous sacrifiés le même jour, la durée d'évolution de la ligamentoplastie est appréciée sur des périodes allant de 17 semaines pour le lapin 5, à 24 semaines pour le lapin 1.

Deux groupes sont à opposer :

1 - les lapins 1 et 2 porteurs de ligament "non contraignant" (c'est-à-dire simplement faufileés dans le sens longitudinal le long des côtes et des processus transverses), ont des radios de face et de profil qui ne montrent pas de scoliose ni de modification de la courbure sagittale par rapport aux clichés initiaux (figure 3). Les coupes histologiques montrent la parfaite intégration du ligament.

2 - les lapins 3, 4, et 5, porteurs de ligament "contraignant" (c'est-à-dire suturé à lui-même, après avoir encerclé sans tension les côtes et transverses d'un côté de la colonne) présentent tous une scoliose dont la concavité se situe du côté du ligament) (figures 4,5,6).

● le cliché de face retrouve une scoliose mesurée : à 33° pour le lapin 3, à 32° pour le lapin 4, à 33° pour le lapin 5.

Les vertèbres les plus inclinées correspondent le plus souvent aux vertèbres d'insertion limite du ligament. La durée d'action du ligament (ou de survie de l'animal) n'a pas influé sur l'angulation obtenue ; l'âge de l'animal identique pour les 3 lapins au moment de l'intervention, explique sans doute l'angulation pratiquement identique des scolioses obtenues.

Figure 5

Evolution radiologique du lapin 3.

a : profil initial - b : profil final - c : profil final (noter la lordose) - d : face initial - e : face final - f : face final.

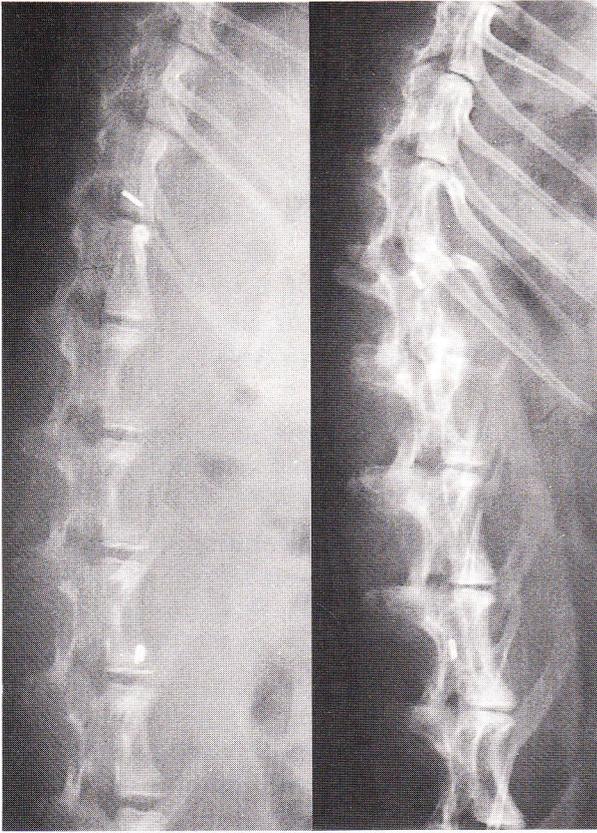


Figure 5a ▲

Figure 5b ▲

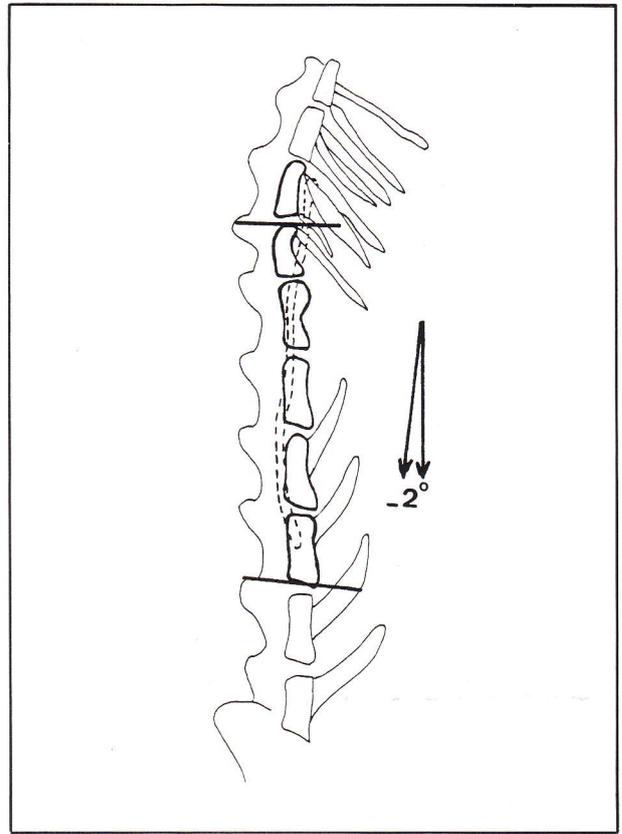


Figure 5c ▲

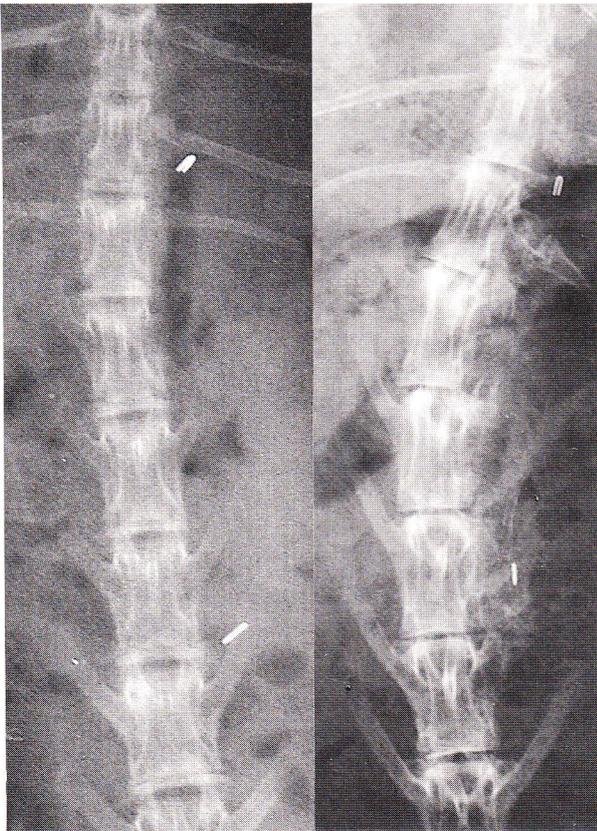


Figure 5d ▲

Figure 5e ▲

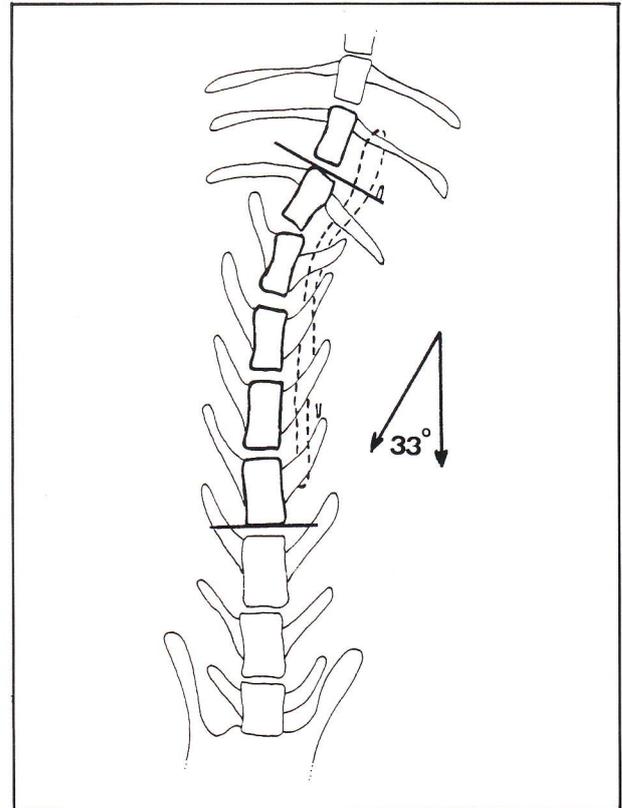


Figure 5f ▲



Figure 6 a ▲

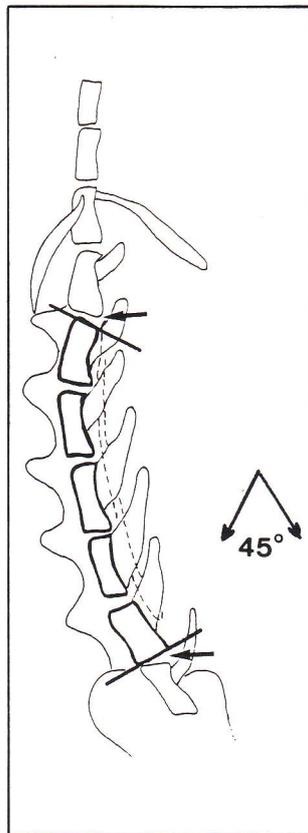


Figure 6 b ▲

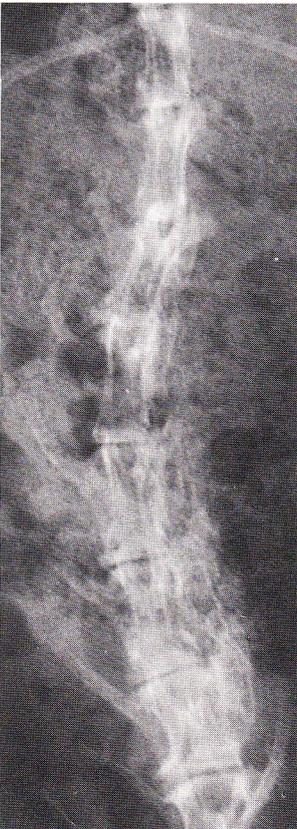


Figure 6 c ▲

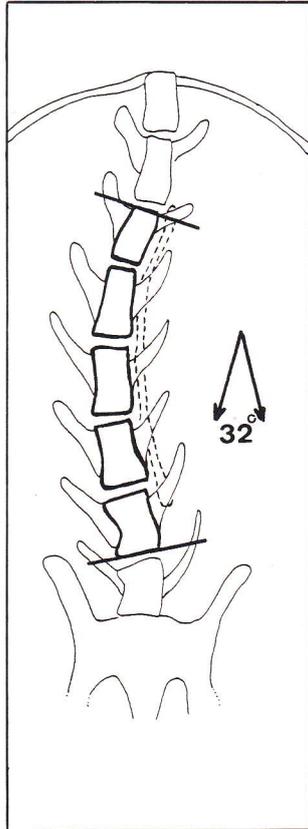


Figure 6 d ▲

Figure 6

Clichés finaux du lapin 4.

A et B : de profil (noter la cyphose)

C et D : de face.

• le cliché de profil montre, par rapport aux 15° de moyenne de cyphose initiale mesurée sur le segment porteur du ligament :

- dans 2 cas, une tendance à la lordose (- 2° pour le lapin 3, et 5° pour le lapin 5) quand le ligament a été placé près de la base des processus transverses (*figure 5*);

- une aggravation de la cyphose à 45° pour le lapin 4 chez qui le ligament a été placé beaucoup plus ventral sur les processus transverses (*figure 6*).

• les coupes tomodynamométriques montrent une rotation de la vertèbre sommet par rapport aux vertèbres limites de 5° en moyenne, la rotation des corps vertébraux se faisant du côté convexe (*figure 7*).

• les coupes histologiques horizontales confirment la rotation des vertèbres et la parfaite intégration du ligament; les coupes frontales montrent la diminution de hauteur du corps vertébral du côté concave.

DISCUSSION

Elle porte sur le matériel animal utilisé, la technique d'épiphysiodèse indirecte réalisée et les résultats obtenus.

1 - **matériel** : tout modèle expérimental animal visant à créer une scoliose est, a priori, éloigné du modèle humain puisqu'appliqué à des quadrupèdes ; l'expérience rapportée par Dubouset⁽⁴⁾ sur la destruction du diencéphale de poulets dont la colonne vertébrale est érigée, est à ce sujet originale. Le plus souvent, les expérimentateurs ont choisi des quadrupèdes en cours de croissance : le lapin^(6,7,8), le chiot^(5,10,11), le cochon^(2,7,9,12) ou le chevreau⁽³⁾.

Malgré sa fragilité lors de l'anesthésie, nous avons retenu le lapin qui a été opéré précocement (entre 4 et 6 semaines) ; Langeskiold⁽⁸⁾ est intervenu avant le premier mois et Hakkairén⁽⁶⁾ a plâtré des lapins âgés de 2 à 5 semaines ; il est donc vraisemblable que si les lapins que nous avons opérés avaient été moins âgés, nous aurions obtenu des déformations plus importantes. Par contre, la durée de maintien en place du ligament qui a varié de 16 semaines (lapin 4 et 5) à 20 semaines (lapin 3) ne semble pas avoir influé sur la gravité de la scoliose obtenue.

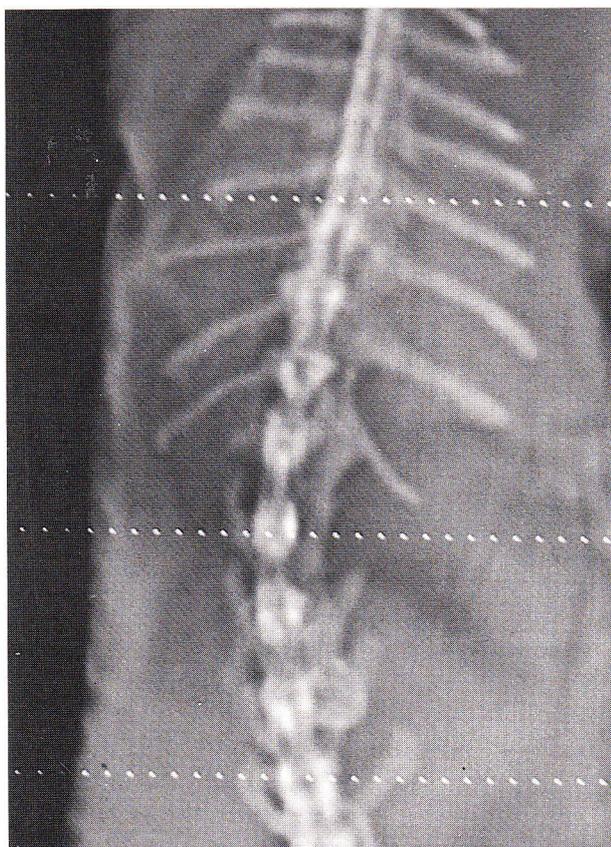


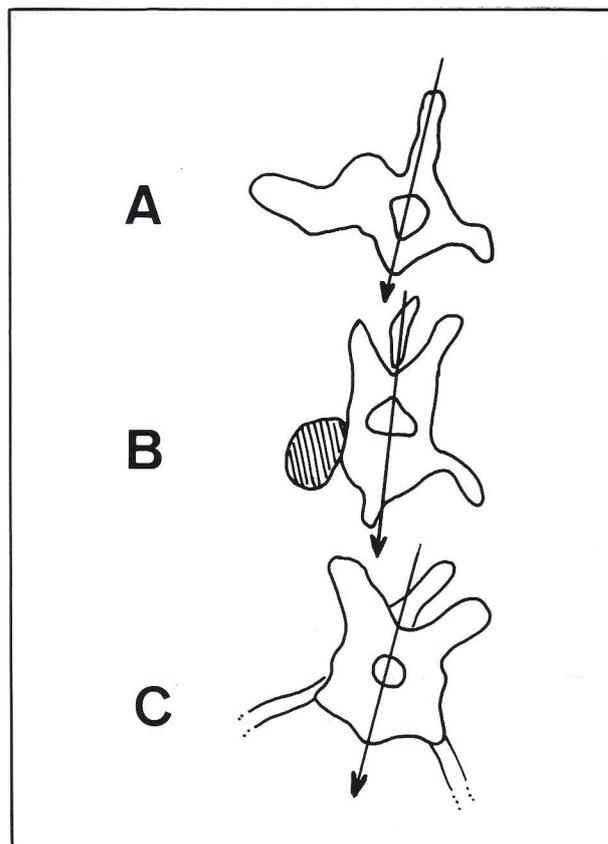
Figure 7

Coupes scanographiques sur le lapin 3 montrant la rotation relative des vertèbres A et C par rapport à la vertèbre sommet B.

2 - technique : le principe commun des modèles expérimentaux à "visée purement osseuse" est d'appliquer, sur une maquette cartilagineuse d'animal en croissance des contraintes asymétriques, soit par plâtre (Hakkairén⁽⁶⁾), soit par agrafes (Nachlas⁽¹¹⁾) ou ciment (Monn⁽¹⁰⁾).

- des stérilisations asymétriques du cartilage de croissance des plateaux vertébraux (Haas⁽⁵⁾, Bisgard⁽³⁾), de l'arc postérieur (Ottander⁽¹²⁾), ou du cartilage neurocentral (Beguiristain⁽²⁾).
- des destructions asymétriques costales (Langeskiold⁽⁸⁾, Karaharju⁽⁷⁾, Michelsson⁽⁹⁾).

La pose d'un ligament contraignant d'un côté de la colonne s'apparente au modèle de Nachlas⁽¹¹⁾ qui utilisait des agrafes, et entraîne, en principe, un ralentissement homolatéral de croissance de la colonne. En plaçant sur les lapins témoins 1 et 2 des ligaments non contraignants, nous voulions prouver que la simple dissection musculaire puis périostée et la pose du ligament n'entraînait pas de déformation par simple effet fibrosant unilatéral.



3 - résultats : l'obtention d'une déformation par l'un quelconque des procédés tendrait à prouver que celui-ci est en cause dans la scoliose et que s'il est appliqué du côté opposé de la colonne qui a encore un potentiel de croissance, on peut espérer une correction de la déformation induite : il est difficile chez l'animal de toujours prouver cette hypothèse car la période de croissance (chez le lapin notamment) est brève (2-3 mois).

Dans notre expérience de ligamentoplastie, au prix d'une technique simple de dissection paravertébrale et non destructive, nous avons obtenu des scolioses de 30° en moyenne, avec rotation de 5° en moyenne. La situation du ligament, plus ou moins proche de la base du processus transverse, conditionne la déformation dans le plan sagittal en lordose (lapins 3 et 5 avec ligament près de la base) ou en cyphose (lapin 4 avec ligament plus ventral).

A 16 semaines minimum d'évolution (et donc à fortiori au-delà), ce ligament paraît difficilement extirpable car bien intégré aux muscles et à la colonne avoisinante.

L'angulation des scolioses est moindre que celles obtenues par les auteurs scandinaves^(6,7,8,11) qui ont travaillé sur des lapins plus jeunes. Le résultat dans le plan sagittal n'est pas spécifié par ces auteurs. Quant aux rotations, elles sont rarement retrouvées en dehors de l'expérimentation de Beguiristain⁽²⁾.

CONCLUSION

Grâce à un modèle expérimental simple consistant à placer un ligament de façon unilatérale autour de l'insertion des côtes et des processus transverses sur la colonne vertébrale chez de jeunes lapins, il a pu être obtenu des déformations scoliotiques assez proches de

celles observées dans les scolioses idiopathiques. Ce procédé simple techniquement, non invasif puisqu'extracanalair, non destructif et réversible (grâce à l'ablation assez précoce du ligament) peut laisser entrevoir des possibilités techniques de "tutérisation souple" de scoliose humaine détectée suffisamment tôt et à caractère évolutif certain.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - ARKIN A.M., KATZ J.F.
The effects of pressure on epiphyseal growth. The mechanism of plasticity of growing bone.
J. Bone Jt Surg. 1956, 38 A, 5, 1056-1076.
 - 2 - BEGUIRISTAIN J.L., DE SALIS J., ORIAIFO A., CANADELL J.
Experimental scoliosis by epiphysiodesis in pigs.
Intern Orthop., 1980, 3, 317-321.
 - 3 - BISGARD J.D., MUSSELMAN M.M.
Scoliosis ; its experimental production and growth correction ; growth and fusion of vertebral bodies.
Surg. Gyn. Obstet. 1940, 70, 1029-1036.
 - 4 - DUBOUSSET J, QUENEAU P., THILLARD M.J.
Scoliose expérimentale induite par lésions pinéales et diencephaliques chez le poulet. Relations expérimentales et cliniques avec la scoliose idiopathique.
Communication à la Réunion du G.E.S.; 1983, Bruxelles.
 - 5 - HAAS S.L.
Experimental production of scoliosis.
J. Bone Jt Surg. 1939, 21, 4, 963-968.
 - 6 - HAKKAIREN S.
Experimental scoliosis : production of structural scoliosis by immobilisation of young rabbits in a scoliotic position.
Acta. Orth. Scand. 1981, supplément 192, Vol. 52.
 - 7 - KARAHARJU E.O.
Deformation of vertebrae in experimental scoliosis.
Acta. Orthop. Scand., 1967, 105.
 - 8 - LANGENSKIOLD A., MICHELSSON J.E.
Experimental progressive scoliosis in the rabbit.
J. Bone Jt. Surg. 1961, 43 B, 1, 116-120.
 - 9 - MICHELSSON J.E.
The development of spinal deformity in experimental scoliosis.
Acta Orthop. Scand., 1965, supplément n° 81.
 - 10 - MOON M.S.
The effects of posterior spinal fixation with bone cement upon vertebral growth in dogs : an experimental study.
Intern. Orthop. 1980, 4, 13-18.
 - 11 - NACHLAS I.W., BORDEN J.N.
Experimental scoliosis ; the role of the epiphysis.
Surg. Gynecol. Obst. 1950, 90, 672-680.
 - 12 - OTTANDER H.G.
Experimental progressive scoliosis in a pig.
Acta. Orthop. Scand. 1963, 33 91-97.
-