

Article de synthèse

—CHIRURGIE

Utilisation des plaques verrouillées lors de fractures et d'instabilités cervicales chez le cheval

Lorsque les fractures cervicales n'impliquent pas une compression de la moelle épinière trop importante, une stabilisation peut être envisagée, même avec un déplacement osseux marqué. Les plaques verrouillées se prêtent tout à fait à ce type d'ostéosynthèse.

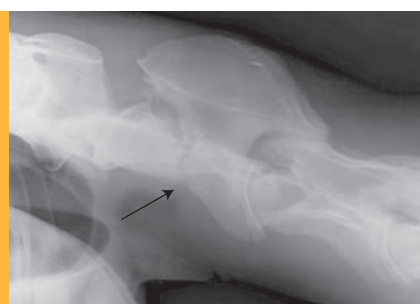
Les fractures vertébrales du cheval impliquent en général la région cervicale ou la région thoracolombaire. Elles surviennent le plus souvent lors d'hyperflexion, d'hyperextension ou de torsion latérale de l'encolure en cas de chute [3, 4]. Les fractures cervicales craniales sont plus souvent observées chez les jeunes chevaux (moins de 6 mois) et impliquent en général la dent de l'axis, dite processus odontoïde (*odontoid peg*) [4, 7]. Les fractures du processus odontoïde (fractures de Hangman) sont également les fractures les plus courantes chez l'homme [4]. Dans une étude, les troisième et quatrième vertèbres cervicales sont le plus souvent atteintes chez le cheval adulte [3]. Les fractures cervicales le plus souvent observées sont les fractures en compression du corps vertébral, suivies de celles des processus articulaires [7].

L'objectif de cet article est de décrire les options chirurgicales possibles dans le traitement de certaines de ces fractures, en particulier l'utilisation des plaques verrouillées (*locking compression plates* [LCP]). Cette technique peut aussi être utilisée, lors d'arthrodèse cervicale, dans le traitement de la myélopathie cervicale sténosante (MCS ou syndrome de Wobbler).

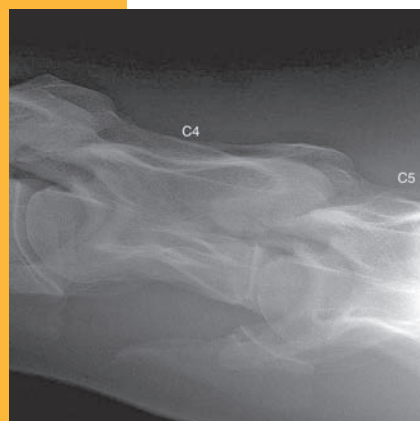
—Signes cliniques et choix thérapeutique

Certaines fractures des vertèbres cervicales sont modérément déplacées et les déficits neurologiques surviennent en raison d'une compression de la moelle épinière par l'œdème inflammatoire ou l'hématome. Ces chevaux peuvent être pris en charge de façon conservative à l'aide d'un traitement médical à base d'anti-inflammatoires non stéroïdiens, de corticostéroïdes et de diméthylsulfoxyde (DMSO) [7]. Le placement du cheval dans un hamac réduit le risque d'un déplacement de la fracture pouvant être fatal, en particulier lors de mouvements intenses de l'encolure (par exemple, au moment où le cheval tente de se lever après s'être couché). Ce système peut également être utilisé en phase préopératoire, avant une intervention chirurgicale par fixation interne.

La plupart des accidents chez les chevaux adultes surviennent cependant à grande vitesse au paddock ou en course, ce qui résulte en des fractures catastrophiques avec déplacement, entraînant des signes neurologiques majeurs et un décubitus. Peu d'options existent en général pour réparer chirurgicalement ces fractures. Dans certains cas de fracture complète, le déplacement peut être modéré, malgré



01.



02.

01. Fracture transverse du corps et de l'arc vertébral de C2 (axis) modérément déplacée (flèche) sur un yearling.

02. Fracture oblique déplacée de la partie ventrale du corps de C4. Le disque intervertébral est impliqué dans la fracture.

Clichés : F. Rossignol

une instabilité (**photo 1**). Dans d'autres, une compression minimale de la moelle épinière peut exister, malgré un déplacement osseux marqué (**photo 2**) [7]. Dans un recueil de trois cas de fractures cervicales ayant répondu à un traitement chirurgical, les chevaux présentaient une ataxie modérée à sévère, mais étaient tous capables de se lever spontanément [9]. En revanche, une douleur intense et une



ÉLÉMENTS À RETENIR

Fabrice Rossignol
Clinique vétérinaire
de Grosbois
94470 Boissy-Saint-Léger
CONFLIT D'INTÉRÊTS : AUCUN

♦ Les fractures cervicales craniales sont plus souvent observées chez les jeunes chevaux (moins de 6 mois) et impliquent en général la dent de l'axis.

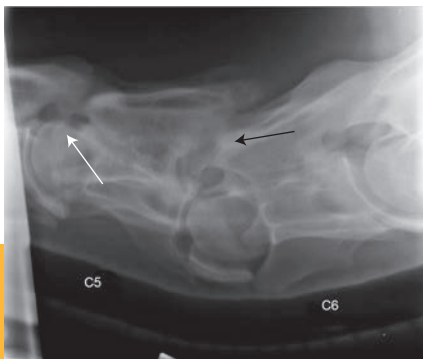
♦ Chez l'adulte, les fractures cervicales le plus souvent observées sont les fractures en compression du corps vertébral, suivies

de celles des processus articulaires.

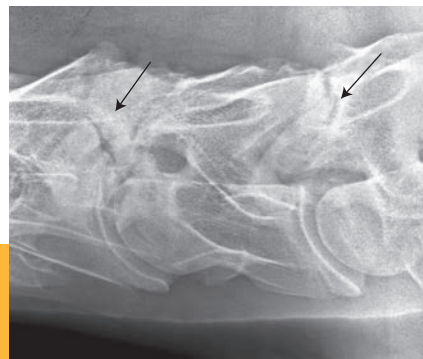
♦ La stabilisation par plaque ventrale est une technique indiquée pour la stabilisation des fractures vertébrales horizontales ou transverses du corps vertébral, ainsi que de certaines fractures de l'arc vertébral. Elle peut également

être utilisée dans le traitement chirurgical de la myélopathie cervicale sténosante (syndrome de Wobbler).

♦ L'association d'une plaque et d'un disque artificiel, ou "spacer", pour remplacer le disque et apporter une stabilité en flexion, semble être une perspective intéressante.



O3a.



O3b.

O3. Prise en charge conservatrice des fractures cervicales.

O3a. Ancienne fracture de l'arc vertébral de C5 (flèche noire) avec effondrement ventral de C6 et fusion en non-alignement C5-C6. Effet domino en C4-C5 avec subluxation dorsale de C5 (flèche blanche).

Cliché : F. Rossignol

O3b. Double fracture ancienne des facettes articulaires de C5 et de C6. Noter le cal cicatriciel et l'hypertrophie des facettes articulaires (flèches).

Cliché : Vincent Goudin

rigidité de l'encolure étaient observées sur les trois cas décrits.

Dans ce type de situation, la cicatrisation osseuse peut survenir, mais les séquelles neurologiques et/ou les douleurs chroniques dues au cal exubérant sont des complications fréquentes [3, 4, 7]. Des compressions médullaires peuvent se produire au niveau des espaces intervertébraux adjacents à la fusion, en raison du défaut d'alignement de ces vertèbres et de l'instabilité associée (effet domino) (photos 3a et 3b) [3]. Lorsqu'un mauvais alignement existe au niveau de ces vertèbres, une stabilisation cervicale peut être indiquée pour diminuer les signes neurologiques et réduire les douleurs cervicales liées à l'arthropathie, donc améliorer le confort et le pronostic.

—Examens complémentaires

La configuration de la fracture peut être évaluée grâce à un examen radiographique, par des incidences latéro-médiales, obliques, et éventuellement dorso-ventrales, essentiellement pour les

vertèbres rostrales. L'échographie permet d'évaluer les lésions au niveau des facettes articulaires. Le scanner est très utile pour apprécier la configuration en trois dimensions de la fracture, détecter les déplacements latéro-médiaux et les possibles compressions médullaires.

—Traitement

Des interventions réparatrices par fixation interne sont décrites pour traiter les fractures de la dent de l'axis chez le poulain, avec utilisation de plaques ventrales ou de broches de Steinmann [2, 4]. La fixation de ces fractures nécessite une arthrodèse atlanto-axiale.

Chez l'adulte, les fractures cervicales peuvent être stabilisées avec succès à l'aide de vis en compression, de laminectomies dorsales ou de fusions cervicales ventrales par utilisation de "paniers" ou de cages cervicales cylindriques filettées (*kerf-cut cylinder* [KCC]) [4, 11]. L'utilisation d'une plaque par abord dorsal est décrite sur une fracture verticale frontale déplacée de C2 [2]. Dans ce cas, une plaque de compression dynamique (*dynamic compression*

plate [DCP]) étroite à sept trous est posée sur le sommet de la vertèbre après réduction de la fracture à l'aide de broches de Steinmann et de réducteurs.

La stabilisation par plaque par abord ventral est décrite sur trois cas de fractures cervicales et est probablement la technique la plus utilisée. C'est également une technique largement employée chez l'homme lors de fracture et d'instabilité cervicale [7, 9]. L'approche ventrale est similaire à celle décrite pour l'arthrodèse (ou fusion) cervicale avec KCC [11, 12].

—La stabilisation par plaque par abord ventral

La stabilisation par plaque ventrale est une technique indiquée pour la stabilisation des fractures vertébrales horizontales ou verticales (transverses) du corps vertébral, ainsi que de certaines fractures de l'arc vertébral [7, 9].

En raison de la faible longueur des vertèbres et de l'implication fréquente du disque intervertébral dans la lésion, une arthrodèse cervicale est souvent combinée à la fixation de la fracture.



04. Cheval positionné pour une intervention d'ostéosynthèse cervicale. Noter les cales en PVC permettant un placement parfaitement horizontal de l'encolure (flèche blanche) et les agrafes cutanées permettant le repérage du site chirurgical (flèches noires).

Cliché : F. Rossignol et université de Gand

Certains chevaux avec des fractures des processus articulaires présentent des signes cliniques différés de détérioration, avec une raideur de l'encolure et/ou une ataxie, en raison de l'arthropathie qui résulte de la fracture, ainsi que de la compression du canal vertébral par l'hypertrophie des facettes articulaires. Dans ce cas, l'arthrodèse par plaque ventrale est également indiquée en phase précoce, afin de stabiliser les mouvements au niveau du trait de fracture et des facettes articulaires, et ainsi de limiter le cal cicatriciel.

Préparation

Le cheval est stabilisé après son accident par l'administration d'anti-inflammatoires (phénylbutazone 2,2 mg/kg par voie intraveineuse [IV] deux fois par jour, dexaméthasone 0,1 mg/kg IV deux fois par jour et DMSO 1 g/kg à 20 % dans du sérum physiologique en perfusion lente). Le cheval est placé dans un hamac pour limiter une aggravation de la fracture par les mouvements d'encolure, lorsqu'il se couche et se relève.

Description de la technique chirurgicale

Pour les mêmes raisons, l'induction de l'anesthésie est également effectuée dans un hamac chirurgical. Le cheval est ensuite placé en décubitus dorsal sous anesthésie générale. Des cales en PVC avec ouverture en V sont utilisées, afin de placer l'encolure dans une position strictement horizontale (photo 4). Ces cales possèdent également une fente qui permet l'insertion de la cassette radio.

La vertèbre fracturée ou l'espace intervertébral lésé sont repérés par examen radiographique. Des marqueurs radio-opaques (agrafes) sont placés sur la peau au niveau du site chirurgical.

Une incision cutanée sagittale ventrale de 30 cm est réalisée, centrée sur la vertèbre fracturée et l'espace intervertébral impliqué. La trachée est réclinée vers la gauche et la surface vertébrale ventrale est exposée par une dissection mousse. L'œsophage et les carotides sont également identifiés et rétractés à l'aide de deux gros écarteurs automatiques de type Inge. Des compresses abdominales humides sont appliquées entre les mors des rétracteurs et les tissus, pour protéger ces derniers, en particulier les nerfs vagues et récurrents, ainsi que l'œsophage. Les muscles *longi colli* sont séparés à l'aide de ciseaux Mayo, et la crête ventrale des vertèbres impliquées est isolée à l'aide d'un élévateur à périoste. La crête ventrale de la ou des vertèbres impliquées est aplanie et sa partie proéminente située en regard du disque est partiellement réséquée à l'aide d'un ostéotome. Le disque intervertébral est ainsi exposé. Le site de fracture est débridé et l'hématome évacué. La fracture est réduite par pression digitée et à l'aide de réducteurs à os.

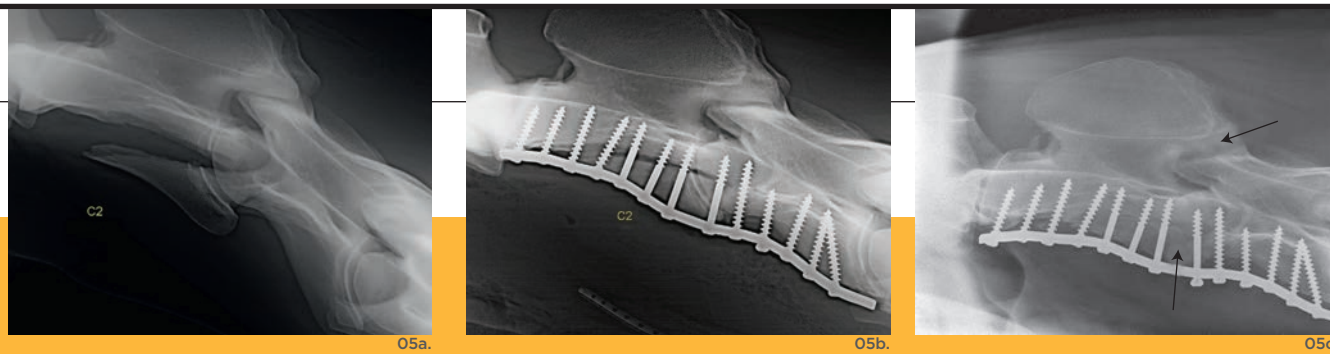
Lorsque le disque intervertébral est impliqué dans la fracture, il est utile de combiner la fixation de cette dernière avec une arthrodèse cervicale. Cela permet de renforcer la stabilité de la fixation en utilisant une surface osseuse plus importante, apportée par la vertèbre adjacente, et de limiter les douleurs

postopératoires pouvant résulter d'une arthropathie intervertébrale. Un cas de fracture de l'axis (C2) impliquant le disque C2-C3 a été stabilisé avec succès à l'aide d'une plaque DCP et de 14 vis spongieuses pontant les vertèbres C2 et C3 après destruction du disque par forage [9]. La cicatrisation et la fusion intervertébrale étaient complètes à 5 mois postopératoires (photos 5a à 5c). Un cas de fracture de l'arc vertébral et d'une facette articulaire de C4 a été stabilisé de façon similaire à l'aide d'une LCP à sept trous et de vis verrouillées, ainsi que d'une petite cage en titane, appliquée dans l'espace discal ventral après destruction de ce dernier (photos 6a à 6c). La cicatrisation osseuse était également complète à 5 mois postopératoires. Les deux chevaux ont complètement récupéré cliniquement et repris une activité sportive (en concours de saut d'obstacles [CSO]).

Dans des configurations spécifiques, la fracture peut être stabilisée par une plaque ventrale, positionnée sur la vertèbre lésée, sans pontage avec la vertèbre adjacente. Les plaques LCP ont des propriétés biomécaniques supérieures à celles des plaques DCP en matière de stabilité et de solidité [7]. Elles sont très adaptées à l'os spongieux des vertèbres cervicales. Des vis spongieuses ou corticales peuvent parfois être associées aux vis verrouillées pour permettre une compression du fragment fracturé. La procédure est effectuée sous contrôle radiographique ou fluoroscopique. Il est nécessaire d'inclure une magnification de 20 % dans les mesures radiographiques. Cela est important, en particulier pour limiter le risque de perforation du canal médullaire. Les longs guide-mèches vissés dans la plaque sont très utiles pour travailler au fond de la cavité du site chirurgical, et ils permettent également de stabiliser la plaque sur la vertèbre et de contrôler facilement l'axe du forage (photo 7).

Lorsque la plaque est stabilisée par les vis, l'espace discal est abondamment comblé par de l'os spongieux prélevé dans le sternum, un ciment artificiel de

UTILISATION DES LCP LORS DE FRACTURES ET D'INSTABILITÉS CERVICALES



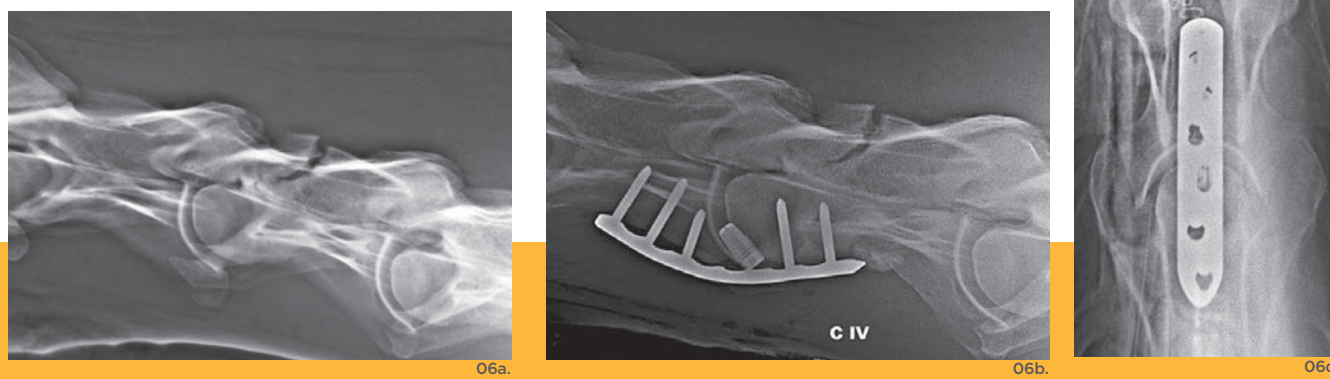
05. Cas d'une fracture stabilisée à l'aide d'une plaque de compression dynamique (DCP).

05a. Fracture oblique et déplacée de la partie ventrale de C2 impliquant le disque intervertébral C2-C3.

05b. Arthrodèse à l'aide d'une plaque DCP et de 14 vis spongieuses. Noter les vis semi-filetées placées au travers du trait de fracture pour permettre la réduction. Aspect postopératoire immédiat.

05c. Contrôle radiographique à 5 mois postopératoires. Noter l'excellente cicatrisation osseuse de la fracture et l'arthrodèse complète, tant au niveau des corps vertébraux que des facettes articulaires (flèches).

Clichés : F. Rossignol



06. Cas d'une fracture stabilisée à l'aide d'une plaque verrouillée (LCP).

06a. Fracture modérément déplacée de la partie rostrale de l'arc vertébral de C4 au niveau de la base de la facette articulaire.

06b. Arthrodèse à l'aide d'une plaque LCP large à sept trous et d'une petite cage en titane dans la partie ventrale de l'espace discal.

06c. Incidence dorso-ventrale.

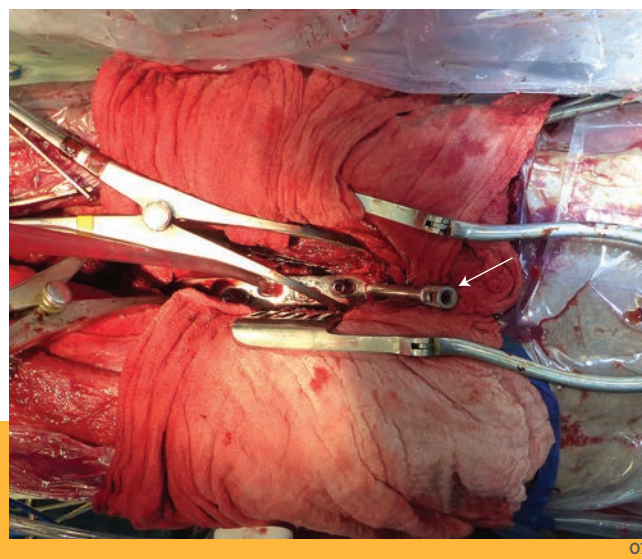
Clichés : F. Rossignol

phosphate tricalcique ou une combinaison des deux.

Un drain actif de Redon est placé et la plaie chirurgicale est fermée en trois plans. Un bandage cousu est appliqué. Le réveil est assisté en contrôlant le lever, et en stabilisant les postérieurs à l'aide d'une corde reliée à la queue. La tête est laissée libre.

Complications

Peu de complications sont notées. Les plus courantes sont l'apparition d'un sérome et la désinsertion des vis. Les séromes répondent en général très bien à un traitement conservateur. D'après l'expérience de l'auteur, la pose d'un drain de Redon limite ce risque. La désinsertion ou l'arrachement des vis peuvent survenir, mais seraient davantage liés à des erreurs techniques ou associés à un défaut de contact entre la plaque et la surface osseuse.



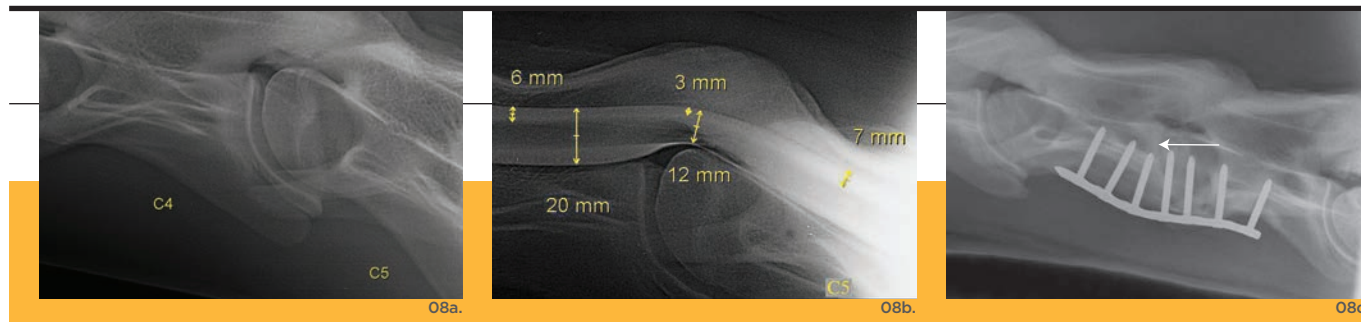
07. Vue peropératoire. Plaque LCP large positionnée sur les vertèbres. Noter les longs guide-mèches vissés dans la plaque (flèche), permettant de positionner cette dernière sur les vertèbres et de contrôler l'axe du forage.

Cliché : F. Rossignol

Suivi postopératoire

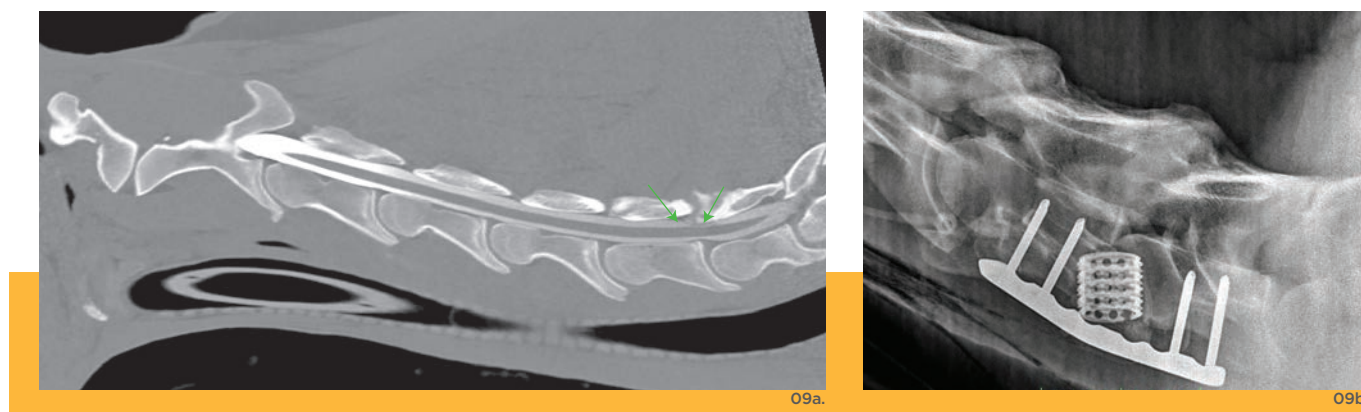
En période postopératoire, les chevaux sont laissés libres au box pendant 1 mois, puis progressivement réhabilités par de la marche en main,

au marcheur et des mises au paddock, jusqu'à une remise progressive en activité entre le cinquième et le huitième mois, après un contrôle clinique et radiographique.



08. Cas d'une myélopathie cervicale sténosante stabilisée à l'aide d'une plaque verrouillée (LCP).
 08a. Radiographie d'un cheval présentant une subluxation dorsale de C5 avec signes cliniques d'ataxie.
 08b. Myélographie montrant une compression en C4-C5 avec une réduction de la colonne dorsale et du diamètre du canal vertébral.
 08c. Mise en alignement et stabilisation par arthrodèse cervicale à l'aide d'une plaque LCP appliquée ventralement. Aspect à 6 mois postopératoires. Noter l'excellent alignement et la fusion intervertébrale (flèche).

Clichés : F. Rossignol



09. Cas d'une myélopathie sténosante en C6-C7 stabilisée avec association d'un implant KCC (*kerf-cut cylinder*) entièrement fileté et d'une plaque verrouillée (LCP) large à sept trous.
 09a. Myéloscanner (encolure en position neutre). Noter la compression en C6-C7 (flèches), qui est augmentée avec l'extension d'encolure.
 09b. Radiographie de profil. Un KCC partiellement fileté avait été préalablement posé seul, mais le montage avait cédé avec déplacement ventral du KCC et fractures de l'aspect ventral de C6 et C7. La reprise chirurgicale avec association des deux implants a permis de stabiliser la lésion.

Clichés : clinique de Bosdreef et F. Rossignol

—Myélopathies cervicales sténosantes

L'utilisation des plaques LCP a également été décrite, lors d'arthrodèse cervicale, pour le traitement des myélopathies cervicales sténosantes (MCS ou syndrome de Wobbler), en particulier en présence d'une compression dynamique [8, 10]. L'emploi de ces plaques est une alternative très intéressante aux paniers, les "Cloward bagby baskets" (CBB) et les KCC [11, 12]. Dans une étude *in vitro*, Reardon et coll. montrent que les plaques LCP possèdent des propriétés biomécaniques supérieures à celles des KCC lors de stabilisation cervicale ventrale [5]. Un article détaille l'utilisation avec succès d'une plaque LCP pour le traitement d'une MCS sur un poulain de 3 mois [6]. Dans une autre publication, les auteurs décrivent l'utilisation des plaques LCP sur 7 chevaux adultes présentant des MCS [10]. Les résultats cliniques sont similaires à ceux des études menées

avec les KCC. Les plaques appliquées ventralement permettent de répartir la contrainte sur la totalité de la surface vertébrale. Le débridement du disque par forage est important pour favoriser une fusion osseuse précoce (photos 8a à 8c). Tous les chevaux faisant partie de l'étude présentent une excellente fusion intervertébrale à l'examen radiographique à 6 mois. Dans certains cas, l'auteur a associé les deux implants (KCC et LCP) pour optimiser la stabilité biomécanique à la fois en flexion, en extension et en rotation (photos 9a et 9b). Plus récemment, une technique de fusion intervertébrale associant une cage intervertébrale poreuse et des fixateurs internes (tiges cylindriques avec connecteurs) a été testée dans une étude expérimentale sur des chevaux normaux [1]. Cette technique s'est révélée efficace pour stabiliser les troisième et quatrième vertèbres cervicales avec des degrés d'ostéo-intégration variables. Ce type de combinaison

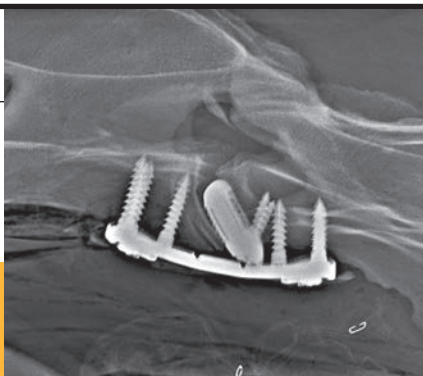
d'implants a également été récemment utilisé avec succès par l'auteur pour stabiliser et réaliser l'arthrodèse des deuxième et troisième vertèbres cervicales, après distorsion et fracture des facettes articulaires (photos 10a et 10b). Une cage cervicale poreuse en titane haute densité réalisée par impression 3D a été associée à une plaque cervicale spécifique⁽¹⁾. La pouliche opérée présentait une ataxie de grade 3/5 et a montré une résolution très rapide des signes cliniques. Cette combinaison d'implants permet une stabilisation très stable biomécaniquement, en contrant à la fois les forces en flexion, en rotation et en extension. Une étude *in vitro* ainsi que davantage de cas cliniques sont nécessaires pour valider cette technique déjà largement utilisée chez l'homme.

(1) 3D Medical, 94440 Marolles-en-Brie.

UTILISATION DES LCP LORS DE FRACTURES ET D'INSTABILITÉS CERVICALES



10a.



10b.

10. Cas d'une pouliche présentant une ataxie sévère à la suite d'un traumatisme cervical.
10a. Distorsion et fracture des facettes articulaires des deuxième et troisième vertèbres cervicales (flèche).
10b. Association d'une cage cervicale intervertébrale poreuse en titane réalisée par impression 3D et d'une plaque cervicale spécifique.

Clichés : F. Rossignol

Conclusion

L'utilisation de plaques positionnées ventralement, ou plus rarement dorsalement, s'est révélée utile pour stabiliser des fractures de vertèbres cervicales dans deux publications, ainsi que dans des cas anecdotiques en communication personnelle. Tous les chevaux des cas décrits ont

repris l'activité à laquelle ils étaient destinés. L'utilisation des plaques LCP semble tout à fait adaptée à ce type d'ostéosynthèse, en raison de leurs propriétés biomécaniques ainsi que de l'ancillaire qui leur est associé, très adapté au positionnement en profondeur sur la surface vertébrale. Actuellement à l'étude, l'association d'une plaque avec

un disque artificiel ou "spacer" pour remplacer le disque et apporter une stabilité en flexion semble être une perspective intéressante. Ce type d'implant, couramment utilisé en chirurgie du rachis chez l'homme, pourrait permettre d'accroître la stabilité, tout en limitant les contraintes sur les vertèbres. //

RÉSUMÉ/SUMMARY

Lorsque les fractures cervicales sont complètes et impliquent le corps ou l'arc vertébral chez le cheval adulte, elles sont presque toujours associées à des signes neurologiques sévères qui nécessitent une euthanasie. Dans certains cas, il peut cependant exister une compression minimale de la moelle épinière, malgré des lésions osseuses sévères avec déplacement. Lors de défaut d'alignement vertébral, la fixation interne par pose de plaques ventrales est une option efficace pour améliorer l'évolution clinique et le pronostic. Les plaques verrouillées, très utilisées dans d'autres domaines, sont tout à fait adaptées à l'ostéosynthèse des vertèbres cervicales. Ces plaques peuvent être combinées à des cages, lors d'arthrodèse cervicale, pour traiter les fractures impliquant le disque intervertébral ou pour le traitement chirurgical de la myélopathie cervicale sténosante.

Mots clés : vertèbres cervicales, fractures, Wobbler, ostéosynthèse, cheval.

USE OF LOCKING PLATES FOR CERVICAL FRACTURES AND INSTABILITIES

When complete cervical fractures involve the vertebral body or neural arch in adult horses, they almost always produce severe neurologic signs that necessitate euthanasia. In some cases, however, minimal spinal compression can occur in spite of obvious bone disruption and displacement. When malalignment has developed, internal fixation using ventral plating is a useful option to improve outcome and prognosis. The widely used locking compression plates are very adapted to cervical vertebral fixation. These plates can be combined with a cage for intervertebral fusion to treat fractures involving the intervertebral disc or for surgical treatment of stenotic cervical myelopathy.

Keywords: cervical vertebrae, fractures, Wobbler, osteosynthesis, horse.

1. Aldrich E, Nout-Lomas Y, Seim HB 3rd et coll. Cervical stabilization with polyaxial pedicle screw and rod construct in horses: a proof of study. *Vet. Surg.* 2018;47:932-941.
2. Gygax D, Fuerst A, Picek S et coll. Internal fixation of a fractured axis in an adult horse. *Vet. Surg.* 2005;406-410.
3. Mayhew IGJ. Cervical vertebral fractures. *Equine Vet. Educ.* 2009;21:536-542.
4. Nixon AJ. Fractures of the vertebrae. In: *Equine Fracture Repair*. Ed. Nixon AJ. Saunders, Philadelphia. 1996:299-312.

5. Reardon R, Bailey R, Walmsley J et coll. A pilot *in vitro* biomechanical comparison of locking compression plate fixation and kerf-cut cylinder fixation for ventral fusion of fourth and fifth equine cervical vertebrae. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2009;22:371-375.
6. Reardon R, Kummer M, Lischer C. Ventral locking compression plate for treatment of cervical stenotic myelopathy in a 3-month-old warmblood foal. *Vet. Surg.* 2011;38:537-542.
7. Robertson JT, Samii VF. Traumatic disorders of the spinal column. In: *Equine Surgery*. Ed. Auer JA and Stick

JA, 4th ed. Saunders Elsevier, St Louis, MO. 2012:711-719.

8. Rossignol F, Brandenberger O, Vitte-Rossignol A et coll. Use of locking compression plate fixation for ventral cervical arthrodesis to treat cervical instability in horses. *Proc. ACVS Annual meeting, Nashville.* 2015;44:E41-E73.
9. Rossignol F, Brandenberger O, Mespoulhes C. Internal fixation of cervical fractures in three horses. *Vet. Surg.* 2016;45:104-109.

10. Vitte A, Mespoulhès-Rivière C, Denoix JM et coll. Use of locking compression plate fixation for ventral cervical

arthrodesis to treat cervical instability in horses. *Proc. Euro. Coll. Vet. Surg. Meeting, Barcelona.* 2012;41:E29.

11. Wagner PC, Bagby GW, Grant BD et coll. Surgical stabilization of the equine cervical spine. *Vet. Surg.* 1979;8:7-12.

12. Walmsley J, Grant B. Surgical treatment of developmental diseases of the spinal column. In: *Equine Surgery*. Ed. Auer JA and Stick JA, 4th ed. Saunders Elsevier, St Louis, MO. 2012:700-710.