

APPROCHE DE LA CINEMATIQUE ARTICULAIRE DU DOIGT DU CHEVAL

Reçu le 13/11/2005 – Accepté le 14/07/2007

Résumé

L'étude biomécanique des articulations du doigt du cheval et celle du boulet en particulier revêt un intérêt certain quant aux fonctions dynamique et statique.

Afin de visualiser les parties fonctionnelles de cette région du membre thoracique, nous avons tenté d'apprécier l'amplitude maximale des mouvements du doigt à l'appui et au soutien.

Les résultats obtenus révèlent cependant l'existence de variations individuelles.

Mots-clés : Biomécanique, Articulation, Doigt, Cheval, Métacarpe.

Abstract

The joints biomechanic study of the horse's finger and that of boulet, in particular, dresses an interest as for the dynamic and static functions.

In order to visualize the functional parts of the thoracic member's region, we have tried to appreciate the maximal amplitude of the finger's movement to the support.

The gotten results reveal, however, the individual variation existence.

Keywords : Biomechanic, Joint, Finger, horse, Metacarpal bone.

F. TEKKOUK¹
J.M. DENOIX²

¹ Département des Sciences vétérinaires, Faculté des Sciences. Université Mentouri Constantine Algérie.

² Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, chaire d'Anatomie comparée. 1, Avenue Bourgelat BP 83 69280 Marcy l'étoile France.

ملخص

الدراسة البيوميكانيكية لمفاصل إصبع الحصان و منطقة الكوع بالخصوص تغطي فائدة أكيدة للوظائف الديناميكية و الثابتة.

حظة الأجزاء الوظيفية لمنطقة الطرف الصدري، حاولنا تقييم الإتساع الأقصى لحركات الإصبع عند الإرتكاز و عند رفعه. من أجل ملا

النتائج المحصلة بينت وجود تغييرات خاصة بكل فرد.

الكلمات المفتاحية: بيوميكانيكية - مفصل - إصبع - فرس - عظم مشط اليد

Le cheval est l'animal dont les membres demandent le plus de conditions de force, de vitalité et de résistance. On conçoit donc tout l'intérêt que présente l'étude de sa statique et de sa mécanique articulaire.

L'utilisation du cheval à bon escient dépend des conditions mécaniques de ses constituants osseux, comme de la disposition et de la force des puissances qui le font mouvoir ; donc tout simplement de l'intégrité de son appareil locomoteur.

L'étude biomécanique de la main du cheval a fait l'objet de peu de recherches et de travaux, certains ont porté sur le mécanisme du boulet et sur la conformation du cheval suivant les lois de la physiologie et la mécanique [12], d'autres sur la pathologie des systèmes articulaire et tendineux [14] et enfin DENOIX J.M [8][9][10][11] les a complétés en abordant les mesures des contraintes osseuses sur des membres soumis à compression.

L'intérêt de notre travail est susceptible d'apporter quelque peu un complément à l'une ou à l'autre des investigations précédentes et aux travaux effectués en situant le centre instantané de rotation de différentes positions par rapport à un même métacarpien ; de même l'étude cinématique permettrait de comprendre les conformations défectueuses sur le plan mécanique.

Pour exposer l'ensemble de ce travail, nous avons fait une étude « in vitro » de la région de la main en étudiant l'amplitude maximale des mouvements du doigt à l'appui et au soutien.

MATERIEL ET METHODE

Cette expérimentation concerne essentiellement l'articulation métacarpo-phalangienne ou articulation du boulet.

Amplitude maximale des mouvements du doigt à l'appui et au soutien

Cette technique consiste à soumettre la main du cheval à des forces verticales. Celles-ci sont transmises du métacarpe aux phalanges par des surfaces portantes.

Une fois déterminées, ces forces nous permettent de connaître les contraintes provoquées au niveau des articulations de la main (état des ligaments, situation des centres instantanés de rotation, état des profils articulaires...).

Matériel

Mtériel anatomique

L'expérimentation a porté sur cinq (5) membres thoraciques ; ceux-ci ont été prélevés sur des cadavres animaux sans choix préalable de ceux-ci. De ce fait, l'âge, le sexe, la race et la latéralité du membre (gauche ou droit) n'ont pas été pris en considération et n'ont aucune influence particulière sur notre travail.

La pièce anatomique est sectionnée à mi-hauteur du radius afin de s'adapter d'une part aux dimensions exigées

par l'appareil de mesure (65 cm de hauteur) et de respecter l'intégrité des dispositifs anatomiques de la mise en charge d'autre part.

Presse hydraulique

Il s'agit d'une machine à compression équipée de deux manomètres avec dispositif d'inversion, l'un permettant d'appliquer une charge allant jusqu'à 20 tonnes, l'autre une charge de 2 tonnes graduée tous les 50 KG.

C'est cette dernière que nous avons utilisée lors de notre expérimentation.

Méthode

L'expérimentation a été conduite en cinq (5) temps :

Installation de l'appareillage

La pièce anatomique est installée sur la pièce et soumise à des charges variables.

Elle a comme point d'appui la surface de section du radius d'une part et la sole du sabot d'autre part. La figure 1 illustre la position et le maintien du membre sur la presse.

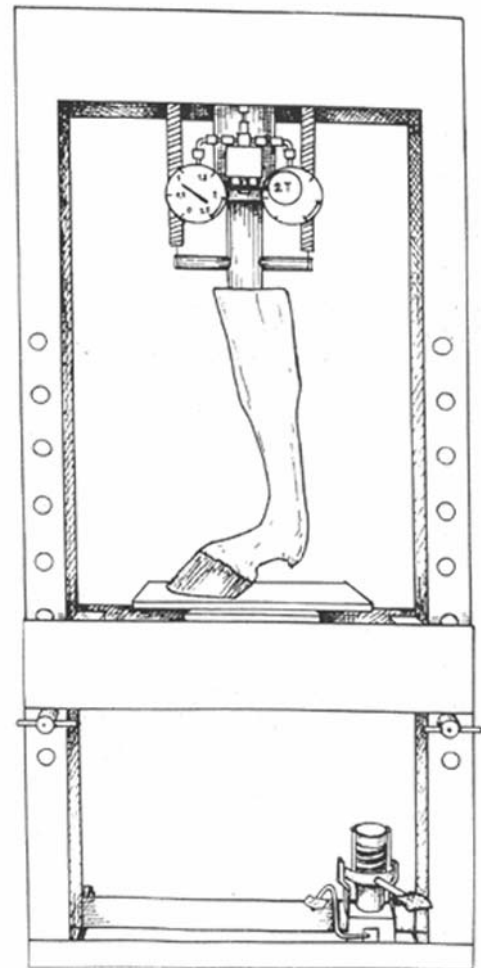


Figure 1 : L'installation de l'appareillage et position du membre sur la presse.

Préparation du membre

Chaque membre est tondu le long de sa moitié distale à l'aide d'une tondeuse électrique. Une tige métallique de grandes dimensions est ensuite introduite dans le métacarpe au niveau de son tiers moyen ; elle le traverse horizontalement de part et d'autre par un trou foré préalablement au niveau de l'os.

L'avantage majeur de cette préparation est de permettre l'ajustement de l'appareil de radiographie mobile à la même distance par rapport à chaque pièce anatomique.

De même, deux petits clous sont implantés profondément de part et d'autre de la phalange proximale ; ceux-ci serviront de repères au niveau des clichés radiographiques lors de l'évolution de l'articulation métacarpo-phalangienne en flexion ou en extension.

Les deux temps de préparation du membre sont représentés par la figure 2.

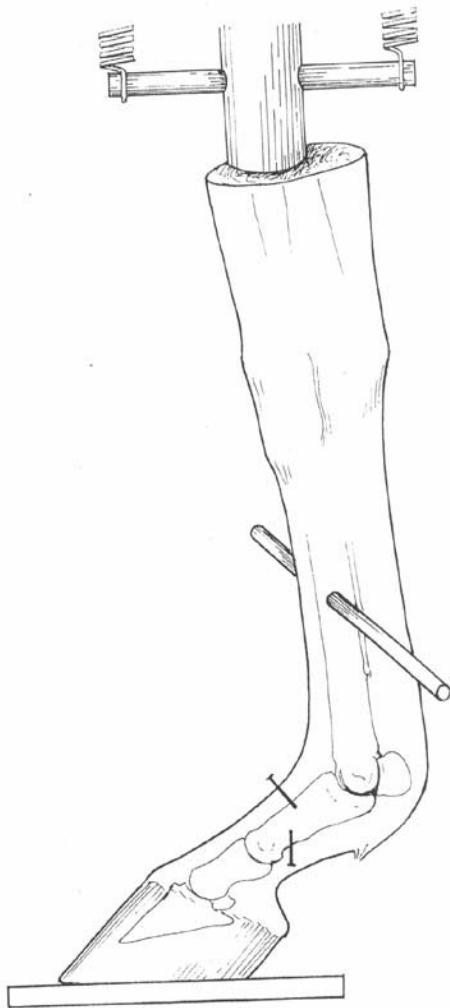


Figure 2 : Préparation du membre

Application des charges

Nous avons imposé des charges allant de 0 à 80 kg selon la capacité de résistance de la pièce anatomique. Cette pression ainsi imposée permet une appréciation de l'angle métacarpo-phalangien ; Celle-ci correspond à des contraintes physiologiquement supportées par l'animal au cours de sa locomotion.

Prise des radiographies

Les signes cliniques objectifs (flexion, extension) sont à considérer mais seule l'image radiographique du membre traduit véritablement et objectivement la sollicitation mécanique.

Ainsi un appareil de radiographie mobile est mis en place.

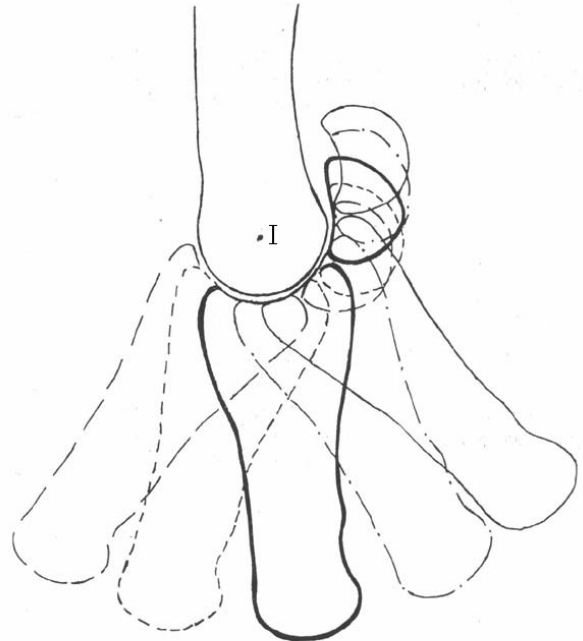
Plusieurs clichés en plusieurs positions de flexion et d'extension sont pris ; ils permettent d'apprécier l'angulation et la position des différents segments osseux les uns par rapport aux autres.

Les constantes de prises de vue sont les suivantes : KV : 70 ; secondes : 0,16 ; Ma : 150

Un cliché radiographique (comme celui ci-joint) a été réalisé pour les quatre autres membres.

Reproduction schématique

Chaque position de flexion et d'extension radiographiée est reproduite sur papier à l'aide d'un négatoscope ; tous les mouvements articulaires de la phalange proximale sont représentés par rapport à un même métacarpe (figure 3).



I: Centre instantané de rotation

Figure 3 : Positions articulaires.

RESULTATS ET DISCUSSION

Une même préparation a été effectuée sur les cinq pièces anatomiques ; Etant fraîchement décongelées, l'élasticité des ligaments et des tendons a bénéficié des conditions optimales de conservation.

Le protocole expérimental utilisé permet d'obtenir les effets des sollicitations mécaniques des membres étudiés suite à la série de charges d'amplitude croissante exercée sur eux.

Les prises de clichés radiographiques et leur réalisation permettent de déterminer la courbe formée par les axes de flexion et d'extension successifs du boulet.

Le centre global de la surface cartilagineuse métacarpienne est déterminé par des abaquages (figure 4) ; il s'agit d'une série de cercles concentriques de diamètres variables que nous avons superposés sur la courbe osseuse.

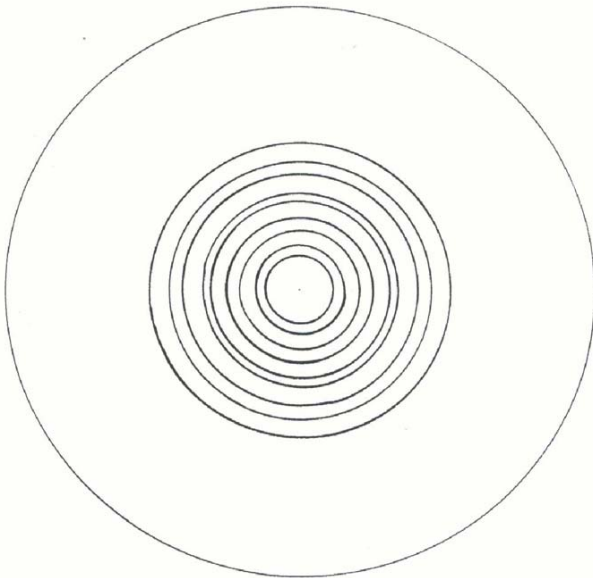


Figure 4 : Abaquages

Nous signalons que l'application de charges et de décharges successives sur le membre modifient le comportement des ligaments [9] ; il est à noter qu'après la mise en compression définitive du membre (800 kg), la charge indiquée par le manomètre de la presse diminue légèrement (environ 10%).

Ce phénomène est dû à l'élasticité des ligaments et des tendons qui, se détendant progressivement offrent moins de résistance à la presse ; ce qui explique la décroissance du montant de la charge [12].

Par conséquent pour certains membres, certaines charges n'ont pas été exercées.

Ayant été maintenues pendant tout le temps de la manipulation (développement des clichés...), leurs pressions sur les membres ont été modifiées lors de la prise radiographique.

Pour le membre au soutien, seules 3 positions ont été réalisées et rendues possibles.

Après reproduction de clichés radiographiques, nous constatons une dissémination importante des centres instantanés de rotation au niveau de la surface cartilagineuse métacarpienne. Que le membre soit à l'appui ou au soutien, leur dispersion se fait toujours sur une aire très étendue ; de plus la répartition des pressions exercées sur chaque courbure métacarpienne par les os sésamoïdes proximaux est variable selon que le centre de rotation est proche ou éloigné du centre global de la courbure [17].

Il est probable que les variations de ces centres de rotation entraîne une inégalité de répartition de ces pressions [7, 11].

Une telle dispersion indique une certaine instabilité de l'articulation métacarpo-phalangienne, déterminée par les mouvements normaux de flexion et d'extension habituels lors de pas, trot ou galop ou encore lors de mouvements forcés imposés à cette articulation [9].

Plus le centre instantané de rotation est éloigné du centre global du condyle métacarpien, plus l'inégalité des pressions sur les surfaces articulaires est grande.

Dans la majorité des cas, le centre global de la surface cartilagineuse est retrouvé dans une aire restreinte située au voisinage du centre de courbure osseuse.

Pour chaque membre étudié, les résultats obtenus révèlent cependant des variations individuelles.

CONCLUSION

Par suite de l'irrégularité des surfaces articulaires et des variations de leur rayon de courbure, l'étendue de l'aire de contact entre deux pièces osseuses anatomiquement concordantes variera en fonction de l'angulation de l'articulation.

Un contact parfait de leurs deux surfaces articulaires n'est atteint que dans un nombre restreint de positions [8].

De même, l'observation des profils de section de ces surfaces s'avère une technique insuffisante pour l'étude des relations exactes entre deux surfaces se mouvant l'une sur l'autre.

Quoi qu'il en soit, l'ensemble de nos observations montre que chez le cheval, les actions mécaniques qui s'exercent sur les os de la main impriment aux structures de ces organes une organisation adaptée aux fonctions qu'ils doivent assurer.

REFERENCES

[1]- BARONE R. : Anatomie Comparée des Mammifères Domestiques. I. Ostéologie, 2^{ème} édition, Paris, Vigot, 1976.

- [2]- BARONE R. : Anatomie Comparée des Mammifères Domestiques. II. Arthrologie et Myologie, 2^{ème} édition, Paris, Vigot, 1980.
- [3]- BARONER. et LOMBARD M. : Le jarret du bœuf et son fonctionnement. Revue Med. Vet., 1968, 119 (12), 1141-1166.
- [4]- BERTHELET M.A : Etude des articulations du doigt du cheval par la méthode des empreintes de mise en charge. Mémoire CES de Biomécanique, Univ. Cl. Bernard, LYON I, 1986.
- [5]- BOBADILLA BARRIOS C. : contribution à l'étude de la mécano-structure des os du membre pelvien du cheval. Maîtrise es-Sciences Vétérinaires, LYON 1981.
- [6]- CHATEAU H., DEGUEURCE C., JERIBI H., CREVIER-DENOIX N., POURCELOT P., AUDIGUE F., PASQUI-BOUTARD V., DENOIX J.M : Three-dimensional kinematics of the equine interphalangeal joints : articular impact of asymmetric bearing. Veterinary research ISSN 0928-4249, 2002, vol.33, n°4, pp.371-382
- [7]- CHATEAU H., GIRARD D, DEGUEURCE C., DENOIX J.M : Analyse des contraintes méthodologiques liées à l'utilisation d'un système d'analyse cinématique tridimensionnelle fondé sur le principe de la triangulation sonore. Revue européenne de biotechnologie médicale.2003, vol.24, N°2, pp :69-78
- [8]- DENOIX J.M : Analyses des contraintes osseuses en régions métacarpienne et phalangienne chez le cheval. Etude sur membre isolé soumis à compression. Mémoire CES de Biomécanique, Univ. Cl. Bernard, LYON, 1984.
- [9]- DENOIX J.M : Etude biomécanique de la région phalangienne chez le cheval. CEREOPA, 11ème journée d'Etude ERPC, 1985,60-75.
- [10]- DENOIX J.M. Etude biomécanique des articulations interphalangiennes du cheval par la méthode des surfaces de contact. CEREOPA, 13ème journée d'Etude ERPC, 1987, 145-164.
- [11]- DENOIX J.M : Etude biomécanique de la main du cheval : extensométrie des rayons métacarpo-phalangiens et surfaces de contact (sur membre isolé soumis à compression). Thèse Doctorat biologie Humaine , Univ. Cl. Bernard, LYON I , 1987.
- [12]- DENOIX (J.M) : Reproduction, locomotion, nutrition. 3^{ème} Journée de la recherche Equine. Paris le 08 mars 2007.
- [13]- DENOIX (J.M), BERTHELET (M.A) : Approche biomécanique de l'os sésamoïde distal par la méthode des empreintes en charge. C.R. Congrès Chirurgie Equine et Médecine des Sports Equestres, Genève, 1987, 62-85.
- [14]- DENOIX J.M, PAILLON J.P :Approche de la kinésithérapie du cheval. Maloine Paris 1989,198p.ISBN 2-224-01867-3
- [15]- MAQUET P.G.J. Biomécanique du genou. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York ; 1977. [16] PETIT (G.): A propos du mécanisme du boulet chez le cheval. Rec. Med. Vet. , Alfort, 1986, 507.
- [17]- ROONEY J.R. Distal condylar fracture of the canon bone in the horse. Modern Veterinary Practice, D.V.M. , 1974 (february), 113-114.
- [18]- SCOTT E.A, SANDLER G.A. Electromagnetic measurements of Metacarpal and digital blood flow in the pony. Am. J. Vet. Res., 1978, 39(11), 1853-1855.
- [19]- TAYLOR B.M., TIPTON C.M., ADRIAN M. *et al.* Action of certain joints in the legs of the horse recorded electrogoniometrically. Am. J. Vet. Res., 27, 85-89.
- [20]- VALETTE J.P , BLANCHARD G. PARAGON P.M , DENOIX J.M: Bilan de l'enquête sur l'élevage équin en Basse Normandie ; suivi zootechnique et statut radiologique des poulains. Epidémiologie et santé animale.2000,38,pp.27-37.
- [21]- WEBBON P.M. A postmortem study of equine digital flexor tendon. Equine Vet. J., 1977, 9, (2), 61-67.