



Les contraintes mécaniques du dos du cavalier au galop

S. Biau¹, É. Pycik¹, F. Durand²

¹ IFCE Ecole Nationale d'Équitation, BP 207 - 49411 Saumur Cedex, France ³ Nom de l'organisme

² CAIPS - CREPS de Poitiers, Château de Boivre, 86580 Vouneuil-sous-Biard, France

Sophie.biau@ifce.fr



Ce qu'il faut retenir

De manière générale les athlètes ne sont pas épargnés par des maux de dos. Chez le cavalier, bien qu'aucune étude n'ait fait le lien entre la pratique de l'équitation et des atteintes du rachis, les prévalences de rachialgies sont élevées. En s'intéressant aux douleurs du dos, il est indispensable de considérer les contraintes mécaniques subies par le cavalier à cheval.

Le cavalier au galop assis dans sa selle contribue à augmenter au niveau des lombaires les accélérations cranio-caudales transmises par le cheval tandis que le cavalier en équilibre les amortit. Dans les deux cas, le tronc a un rôle d'amortissement des contraintes mais beaucoup plus marqué pour le cavalier en équilibre. Et dans les deux cas, le fonctionnement du bassin est prépondérant dans la gestion de l'équilibre.

L'amortissement des contraintes n'est possible qu'avec des muscles posturaux et mobilisateurs du tronc efficaces pour, d'une part garantir le respect des courbures naturelles de la colonne vertébrale et, d'autre part gérer l'équilibre.

Le rôle du tronc doit être pris en considération précocement dans les processus d'entraînement, pour lutter efficacement contre les attitudes délétères que ce soit à visée de prévention ou de performance.

Résumé

On a longtemps fait le lien entre l'équitation et le mal au dos. Mais les données médicales ne le prouvent pas. Pourtant les données récentes de type épidémiologique ont montré des prévalences de rachialgie élevées chez le cavalier professionnel. En s'intéressant aux douleurs du dos, il est indispensable de considérer les contraintes mécaniques subies par le cavalier à cheval. Cette étude a pour but de quantifier ces charges dans deux situations de galop : le galop de cross et le galop de dressage. Les accélérations tridimensionnelles que transmet le cheval ainsi que les accélérations au niveau du sternum et au niveau de la région lombaire de 10 cavaliers de haut niveau ont été mesurées au galop assis et au galop en équilibre. Les pics d'accélération cranio-caudales ($3,4 \pm 0,5g$) mesurés dans les deux situations sont comparables à ceux d'une course à pied. Le buste a un rôle d'amortissement des contraintes cranio-caudales, beaucoup plus marqué pour le cavalier en équilibre avec son buste fléchi. Plus le buste est fléchi et plus les accélérations cranio-caudales au niveau du bas et du haut du dos sont faibles. De plus le cavalier assis dans sa selle contribue à augmenter les accélérations au niveau de ses lombaires tandis que le cavalier en équilibre les amortit.

Le double rôle du tronc dans la gestion de l'équilibre et dans la préservation de l'intégrité des structures tissulaires (disques, ligaments, articulations) n'est possible qu'en considérant le gainage des muscles para vertébraux, abdominaux et intervertébraux.

1 Contexte et objectifs

On a longtemps pointé du doigt l'équitation pour son action délétère sur le rachis. Mais les données médicales n'ont pas mis en évidence de lien entre la pratique de l'équitation et des atteintes du rachis. Les résultats d'IRM de 58 cavaliers éлитes (1) ne font pas le lien entre les douleurs lombaires (88% des cavaliers) et des dégénérescences de disques intervertébraux, bien que la fréquence de ces dégénérescences soit élevée chez les cavaliers de dressage. Des examens cliniques et radiographiques chez 115 cavaliers professionnels et de loisirs ne montrent aucun lien de causalité entre la pratique et une incidence plus élevée d'ostéochondrose dans certaines parties de la colonne vertébrale (2).

Cependant une étude de type épidémiologique portant sur la santé du cavalier professionnel, menée en 2016 en France, avait mis en évidence des prévalences de rachialgies de plus d'un mois et permanentes particulièrement élevées, respectivement 25 et 9 % pour les cervicalgies, 24 et 13 % pour les dorsalgies et 33 et 23 % pour les lombalgies (3). Certaines activités professionnelles du cavalier, notamment les tâches à pied, avaient été considérées comme pénalisantes, tandis que l'activité à cheval avait été décrite comme bénéfique pour l'intégrité du rachis, en dehors de toute sinistralité. Les douleurs du rachis du cavalier sont considérées comme non invalidantes dans la mesure où elles disparaissent à cheval. La disparition de la douleur à cheval est liée à l'action bénéfique des muscles profonds rachidiens, muscles courts qui prennent naissance et se terminent sur la colonne vertébrale. Mais même si les douleurs disparaissent à cheval, il ne faut pas ignorer les répercussions d'un épisode lombalgique sur le fonctionnement du corps avec un risque d'impact sur la performance à cheval. Le temps de réponse musculaire dans la région lombo-sacrée et pelvienne est plus long (4) et le contrôle neuromusculaire dans des situations de fatigue est réduit.

On sait également que d'un point de vue sportif, les athlètes présentent des prévalences élevées de lombalgie (5). Le cavalier qui pratique de manière intensive est plus exposé (6). Le mal de dos chez les athlètes en général est compris entre 1 et 30% (7). Il est fréquent pour des activités sportives à fortes charges vertébrales telles que la gymnastique 67%, le saut à ski nautique 45%, le football 53%, l'haltérophilie 71%, la lutte 77%, la course d'orientation 55%, le hockey sur glace 89%, le plongeur 89% et le tennis 50% (8).

L'optimisation du geste oblige à la connaissance des mécanismes lésionnels et des situations à risque s'y reportant. En s'intéressant aux douleurs du dos, il était indispensable de considérer les contraintes mécaniques subies par le cavalier à cheval. Le tronc est impliqué dans toutes les activités physiques. Par conséquent, sa contribution doit être évaluée. A notre connaissance, la sollicitation du rachis du cavalier en situation a été peu étudiée, en particulier au galop et c'est au galop que le tangage, le roulis et le lacet sont les plus importants (9, 10) impactant l'équilibre du cavalier.

L'objectif de l'étude est d'évaluer les accélérations subies par le dos du cavalier au galop dans deux situations: le galop de cross et le galop de dressage. En évaluant les accélérations subies par le rachis du cavalier au galop en équilibre et assis dans la selle, le rôle de la musculature du tronc dans la gestion de ces contraintes mécaniques est abordé.

Ces mesures vont contribuer aux connaissances de la discipline de l'équitation en termes de santé de la pratique, et contribuer à former des professionnels à la dimension préventive (le nombre de sujet atteint de rachialgies peut croître au cours des prochaines décennies du fait du vieillissement de la population et de l'âge d'accès à l'équitation) et à développer des actions de promotion de la discipline.

2 Méthode

10 cavaliers experts dont 7 inscrits sur la liste des cavaliers de haut niveau ont participé aux mesures : 5 couples de concours complet pour l'analyse du galop de cross, 3 couples de dressage et 2 couples de concours complet pour l'analyse du galop de dressage. Le galop de dressage est analysé au cours d'une séance de dressage : 2 galops en ligne droite. Le galop de cross est analysé pendant un cross : un galop en début de cross et un galop en fin de cross. La sélection de ces lignes droites a été possible grâce à la caméra embarquée (Cambox Isi®) synchronisée avec trois centrales inertielles (APDM INC., Portland, USA) positionnées au niveau du sternum du cheval et au niveau de L5 et du sternum du cavalier.

Les contraintes mécaniques au niveau du rachis ont été évaluées ainsi :

- l'écart quadratique moyen (rms : root mean square) des accélérations du cheval (Che), des lombaires (L5) et du sternum (ST) du cavalier, au cours des 10 foulées en ligne droite sur les trois axes (antéropostérieur (AP), medio latéral (ML) et cranio-caudal (V)) pour le cavalier et dorsoventral pour le cheval (V), en g. Le rms a été utilisé pour prédire l'incidence de blessure par impact. Toutefois il ne peut pas évaluer la dynamique de la colonne vertébrale.
- la moyenne des pic max de l'accélération cranio-caudale (V) pour le cavalier et dorsoventrale pour le cheval (V), en g.
- les moyennes des flexions/extensions au niveau de L5 et du sternum, en degré. Il s'agit des angles des mouvements effectués dans le plan sagittal, à partir d'une posture de référence (0°), debout, les

bras le long du corps, le regard vers l'horizon. La flexion est le mouvement vers l'avant et l'extension vers l'arrière. La méthode de calcul est une méthode trigonométrique utilisant la fonction arc-tangente.

- un coefficient d'amortissement des accélérations subies par le cavalier ($\text{Coeff } L_5/ST = (1 - \text{rms}ST/\text{rms}L_5) * 100$) et un coefficient d'amortissement des lombaires du cavalier, des accélérations du cheval ($\text{Coeff } Che/L_5 = (1 - \text{rms}L_5/\text{rms}Che) * 100$). Ce coefficient est calculé dans le but d'évaluer la capacité du buste à « traiter » les accélérations transmises par le cheval. Le signe négatif signifie une amplification de l'accélération transmise par le cheval tandis que le signe positif signifie une réduction de la quantité d'accélération.

Un test de Kruskal-Wallis évalue les différences entre les variables du galop de dressage et celles du galop de cross. Un test de corrélation (Spearman) calcul le lien entre les variables.

3 Résultats

3.1 Les deux galops

Les accélérations du cheval sont principalement dans l'axe vertical (axe V: $1,35 \pm 0,17$ g ; axe AP : $0,8 \pm 0,3$ g), ce qui est le cas de tout type de locomotion, y compris chez l'homme à la marche par exemple pour qui les accélérations du haut du corps sont de 0,3 à 0,8 g dans le sens vertical, et de 0,2 g horizontalement. La fréquence de ces pics se situe entre 0,8–5 Hz pour le haut du corps (11). Pour le cavalier, le pic d'accélération est de $3,4 \pm 0,5$ g et est à la fréquence de 1,75 foulées/s. Les deux galops se sont différenciés par les accélérations mesurées selon les trois axes au niveau du sternum. Le galop de cross se distingue du galop de dressage par ses accélérations plus élevées dans les trois axes V, ML et AP, respectivement $1,5 \pm 0,1$ g vs $1,2 \pm 0,1$ g $p=0,003$; $0,6 \pm 0,1$ g vs $0,4 \pm 0,1$ g $p=0,008$; $1 \pm 0,2$ g vs $0,5 \pm 0,1$ g, $p=0,003$.

3.2 Attitude du buste du cavalier

Dans le cadre de ces deux types de galop, les cavaliers adoptent un équilibre différent ($p < 0,0001$) : pour le galop de cross, le cavalier fléchit son buste de $25 \pm 8^\circ$ en moyenne pour le haut du dos et de $16 \pm 11^\circ$ pour le bas du dos, tandis que le buste tout entier du cavalier de dressage tend à être à la verticale avec des valeurs de flexion proche de la position de référence, debout les mains le long du corps ($3 \pm 8^\circ$ pour le haut du dos et $-7 \pm 5^\circ$ pour le bas du dos ; ce chiffre négatif désigne une région lombaire légèrement en extension, en lien avec un bassin en rétroversion).

Les mouvements de flexion-extension du buste ont un effet sur la distribution des contraintes induites par les accélérations du cheval sur le rachis du cavalier. La flexion du buste est fortement corrélée au coefficient d'amortissement de la région lombaire : plus le buste est fléchi et plus les accélérations CC au niveau du bas et du haut du dos sont faibles. La flexion du buste a pour effet d'augmenter l'amortissement des contraintes CC. A l'inverse la flexion du buste s'accompagne d'une augmentation des accélérations longitudinales et latérales au niveau de la région lombaire. Ces accélérations sont liées aux mouvements du cheval au galop. Les accélérations du cheval sont corrélées ($p < 0,5$) aux accélérations ML et AP de la région lombaire uniquement. On devine ici l'importance du bassin mobile dans la gestion de l'équilibre et la stabilité du haut du buste dans l'amortissement des accélérations et par la même la stabilité de son centre de gravité.

3.3 Le coefficient d'amortissement du buste

Le coefficient d'amortissement des accélérations transmises par le cheval au niveau de la région lombaire est significativement différent entre les deux types de monte ($p=0,004$) : $8,5 \pm 7,9$ chez le cavalier de cross et -19 ± 3 chez le cavalier de dressage. Le signe négatif signifie une amplification de l'accélération transmise par le cheval tandis que le signe positif signifie une réduction de la quantité d'accélération. Le cavalier de dressage génère de l'accélération verticale, tandis que le cavalier de cross l'amortit.

L'accélération cranio caudale générée par le cavalier de dressage est faiblement amortie par le haut du corps, contrairement au cavalier de cross (Coeff L_5/ST : 14 ± 7 pour le galop de cross ; 5 ± 8 pour le galop de dressage). L'accélération cranio caudale mesurée au niveau du sternum du cavalier de dressage s'en trouve significativement plus élevée que celle du cavalier de complet ($1,4 \pm 0,2$ vs $1,2 \pm 0,1$ g) mais n'est pas significativement plus élevée que l'accélération dorsoventrale du cheval.



4 Applications pratiques

4.1 Valeurs des accélérations et comparaison avec d'autres activités

Les pics d'accélération verticales mesurées dans cette étude (3,5 g en moyenne) sont comparables à celles enregistrées pour d'autres activités physiques. Pendant la course par exemple, des pics d'accélération verticales à chaque foulée dans le bas du dos ont été évalués à 0,04 g/kg en moyenne (de 0,9–5,0 g) à 12km/h sur tapis roulant ou encore à 0,08g/kg en moyenne (de 3,9 à 6,0 g) sur trampoline (saut d'1m) (12).

Ces valeurs sont bien en dessous des limites acceptables publiées dans la littérature. Mais la tolérance ne dépend pas uniquement de l'amplitude de l'accélération, mais aussi de la partie du corps où elle s'applique, du sens (vers le haut, vers le bas), de la durée et de la fréquence. Des lésions corporelles peuvent être entraînées par de faibles énergies dans la mesure où elles sont transmises pendant un temps très court et sur une petite surface, et réciproquement le corps peut supporter de fortes énergies dans la mesure où elles sont distribuées dans le temps et dans l'espace. De plus, les sollicitations répétitives peuvent être préjudiciables à l'intégrité de la colonne vertébrale et plus globalement à l'appareil locomoteur.

Il s'agit pour le cavalier de mettre en place une stratégie motrice pour d'une part gérer son équilibre et d'autre part pour préserver son dos.

4.2 Deux galops, deux stratégies motrices

Bien que la description du geste soit liée à une combinaison de facteurs anatomiques, physiologiques, biomécaniques, psychologiques et neurologiques, seul l'aspect biomécanique est pris en compte ici.

Le rôle du tronc apparaît nettement au regard des coefficients d'amortissement calculés pour les deux groupes (cross et dressage). Les deux groupes atténuent les accélérations cranio-caudales au niveau du haut du buste. L'amortissement se traduit par une diminution de l'accélération allant du bassin vers la tête. Cet amortissement est d'autant plus efficace que le buste est fléchi. La mise en jeu de cette stratégie dépend de la capacité du système neuromusculaire et du système tonique postural à répondre aux stimuli générés par les contraintes.

Le maintien de l'équilibre consiste à maintenir un centre de gravité dont la projection verticale se situe dans la surface de sustentation. Ce maintien fait intervenir les muscles posturaux des plans profonds. Il fait intervenir également les muscles mobilisateurs longs et puissants du plan superficiel pour corriger l'équilibre face à des perturbations externes, comme un écart du cheval... ou faciliter le mouvement volontaire, comme les transitions de mouvement entre les postures. L'équilibre est un système complexe faisant intervenir plusieurs systèmes coordonnés : les systèmes vestibulaire, visuel, auditif, moteur etc. Les informations provenant des systèmes sensoriels sont interprétées dans le système nerveux central sur la base d'un schéma corporel interne, une réponse appropriée est formulée et les synergies des muscles posturaux sont activées pour effectuer les mouvements appropriés de la tête, des yeux, du tronc et des membres afin de maintenir la posture (13). L'expert maintient sa tête stable et les mouvements du bassin (et des membres inférieurs) sont prépondérants dans la gestion de son équilibre et celui de son cheval. Dans cette étude, les deux groupes se distinguent par leur gestion de l'accélération cranio-caudale au niveau du bassin. Le cavalier au galop de dressage assis dans sa selle impulse le mouvement, les contraintes transmises par le cheval sont augmentées. Le cavalier au galop de cross debout sur ses étriers amortit les accélérations transmises par le cheval avec ses membres inférieurs, pour gagner en stabilité du buste et bien gérer le contact.

Ces mesures contribuent à la connaissance de la discipline de l'équitation en termes de santé de la pratique. Les accélérations mesurées au niveau du rachis ne peuvent expliquer les maux de dos chez le cavalier, qui

doit mettre tout en œuvre pour supporter la fréquence de ces sollicitations à court moyen et long terme. Le cavalier doit gérer son équilibre en respectant les courbures de son rachis pour mieux encaisser les contraintes de compression et d'étirement, quantifiées dans cette étude par les variations d'accélération (rms). Le respect des courbures de la colonne vertébrale ne peut se faire sans une bonne activité des muscles posturaux et mobilisateurs du tronc. Les muscles posturaux contribuent à l'amortissement des contraintes transmises par le cheval (les accélérations diminuent de bas en haut : elles sont plus importantes au niveau de la région lombaire et sont plus faibles au niveau du sternum). Ces muscles posturaux aidés des muscles mobilisateurs ont un rôle dans la gestion de l'équilibre et dans le respect de l'intégrité physique du rachis (pour exemple, les abdominaux peuvent réduire de 1/3 les contraintes de la colonne vertébrale lors du soulèvement d'une charge)

L'entraînement du cavalier doit considérer à la fois l'entretien de la fonction posturale mais aussi l'amélioration du contrôle moteur. L'évaluation de l'équilibre des cavaliers est essentielle pour l'entraînement, la prévention et la rééducation des blessures résultant d'une instabilité posturale. Il est admis que l'entraînement à l'équilibre pour les athlètes pourrait être bénéfique à la fois dans la prévention et la réhabilitation des blessures musculo-squelettiques

Le gainage est essentiel pour la stabilité du rachis. La justesse du mouvement (équilibre symétrique du cavalier de cross, verticalité du dos du cavalier de dressage) et stabilité, acquise entre autre par le gainage des muscles para vertébraux, abdominaux et intervertébraux, sont essentielles pour minimiser les charges articulaires.

De nombreux ouvrages proposent des exercices dont des parutions récentes :

- Préparation physique du cheval de dressage Collectif (Auteur) Cadre noir de Saumur – Edition IFCE- 2018
- L'entraînement du couple cheval de sport / cavalier Patrick Galloux et Guy Bessat – Edition IFCE – 2018
- Métiers du cheval : associer travail, santé et performance Guide MSA <https://maineetloire.msa.fr/lfy/documents/98940/1144690/Guide+cavalier+professionnel>
- Equitation et judo : les transferts d'apprentissage Sanson N., Hais G., Biau S. –Edition IFCE- 2019

5 Perspectives

D'un point de vue méthodologique, l'utilisation d'un capteur accélérométrique au niveau du sternum du cheval a été largement validé et appliqué à des outils d'analyse de la locomotion (Equimetrix®) et de suivi d'entraînement (Equisense®, Seaver®). Le traitement des centrales inertielles au niveau du buste fournit des informations pertinentes d'analyses de la posture. Pour des raisons de confort du cavalier en situation, le capteur est fixé au regard de L5. Il ne renseigne pas tout à fait sur les mouvements du bassin (rétroversion et antéversion même si ces mouvements impactent la courbure lombaire. Une prochaine étude évaluera ce lien, en situation contrôlée sur simulateur. Les résultats offriront de nouvelles perspectives dans la compréhension du rôle du bassin dans l'interaction cavalier/cheval.

De nombreuses études s'intéressent aux charges délétères dans différentes activités sportives. Ces résultats constituent une première base de travail mais est insuffisante par manque de données dans situations extrêmes telles que les sauts, en particulier lors de la réception. Le matériel utilisé ici n'a pas permis d'évaluer les accélérations lors des sauts pour des raisons de saturation de capteurs au-delà de 6g. L'acquisition de nouvelles centrales inertielles permettra d'évaluer la charge lors de ces phases et d'apprécier la cinématique du rachis.

Le mécanisme d'amortissement des accélérations cranio-caudales serait impacté par le genre. En effet une étude de la marche (14) a mis en évidence un amortissement plus efficace du rachis chez les femmes que chez les hommes. L'utilisation en routine de l'outil Mazarin (www.ifce.fr/ifce/connaissances/webconferences/equitation/mieux-se-connaître-pour-optimiser-son-travail-a-cheval/) composé entre autre de deux centrales inertielles au niveau du buste, comme Accompagnement Scientifique de la Performance va permettre d'évaluer ce mécanisme d'amortissement du rachis chez les cavaliers et cavalières.

D'un point de vue de la santé, ces mesures apportent des informations supplémentaires pour une prise en charge globale de la douleur de l'athlète et peuvent contribuer à définir des postures adaptées aux cavaliers atteints de pathologies spécifiques à la discipline. Pour conduire une stratégie préventive primaire efficace, il demeure important de comprendre et d'analyser les mécanismes lésionnels. Cela permettra par la suite de conduire des stratégies d'entraînement de la gestuelle ciblées et efficaces.

6 Références

- 1 Kraft CN., Pennekamp PH., Becker U., Young M., Diedrich O., Lüring C., von Falkenhausen M. 2009. Magnetic resonance imaging findings of the lumbar spine in elite horseback riders: correlations with back pain, body mass index, trunk/leg-length coefficient, and riding discipline. *Am J Sports Med.* 37(11):2205-13.
- 2 Hördegen KM. 1975. The spine and horseback riding. *Schweiz Z Sportmed.* 23(1):29-43.
- 3 Biau S., Fouquet N., Mounster R. and Brunet R. 2016. Prevalence of back pain and its risk factors in professional horse riders. 12th International Equitation Science Conference. June 23-25, • French National Riding School • Saumur • France
- 4 O'Sullivan, P., Twomey, L., Allison, G., Sinclair, J., Miller, K. 1997. Altered patterns of abdominal muscle activation in patients with chronic low back pain. *Aust J Physiother.* 43(2):91-98.
- 5 Bono, C. M. 2004. Low-back pain in athletes. *Journal of Bone & Joint Surgery*, 86- A(2).
- 6 Favory, E. 2011. Santé et équitation. Ed Chiron. 171p.
- 7 Bradley GP, Wiesel SW. 2008. Low Back Pain in the Aging Athlete. *Sports Med Arthrosc Review.*16: 39-46.
- 8 Jonasson P. Halldin K., Karlsson J., Thoreson O., Hvanberg, Swa`rd L., Baranto A. 2011. Prevalence of joint-related pain in the extremities and spine in five groups of top athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19:1540–1546
- 9 Münz, A., Eckardt, F., Witte, K., 2014. Horse–rider interaction in dressage riding. *Human Movement Science* 33, 227-237.
- 10 Galloux P., Jinenez M., Richard N., Dronka T (1995). Les mouvements de la selle aux trois allures. *Equathlon Vol 7 num 28 pp22-27*
- 11 Bouten CV. , Koekkoek K , Verduin M , Kodde R , Janssen JD . A triaxial accelerom- eter and portable data processing unit for the assessment of daily physical ac- tivity. *Biomed Eng IEEE Trans* 1997;44:136–47.
- 12 Bhattacharya A., McCutcheon E.P., Shvartz E., and Greenleaf J.E. 1980. Body acceleration distribution and O2 uptake in humans during running and jumping, *J. Appl. Physiol.*, vol. 49, pp. 881–887.
- 13 Mancini M., Horak F. 2010. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2010 Jun; 46(2): 239–248.
- 14 Mazza C., Iosa M., Picerno P., and Cappozzo A., 2009. Gender differences in the control of the upper body accelerations during level walking. *Gait and Posture*, vol. 29, no. 2, pp. 300–303.