Etude de la contraction musculaire par l'électromyographie

Muscle

J.P. VALETTE ET
EMMANUELLE BRIAND
Unité de Nutrition, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort,
94704 Maisons-Alfort.

L'activité musculaire peut être explorée par l'enregistrement des salves de faibles courants électriques qui se propagent le long des libres musculaires lors des contractions. C'est l'objet de l'électromyographie qui comporte des applications en pathologie mais aussi en médecine du sport. Cette technique permet, en effet, d'évaluer indirectement la force musculaire développée.

L'électromyographie (EMG) est l'enregistrement graphique de l'activité électrique d'un muscle au repos, excité ou se contractant volontairement. La forme de l'onde enregistrée peut être évaluée par son amplitude (exprimée en microvolts), sa durée, son nombre de phases et sa polarité. Cette technique est utilisée dans le but de diagnostiquer les pathologies neuro-musculaires mais aussi en physiologie de l'exercice pour l'évaluation de la fatigue musculaire et l'étude comparative des muscles impliqués dans la locomotion. En association avec des mesures biomécaniques, l'EMG permet d'estimer la force de contraction musculaire.

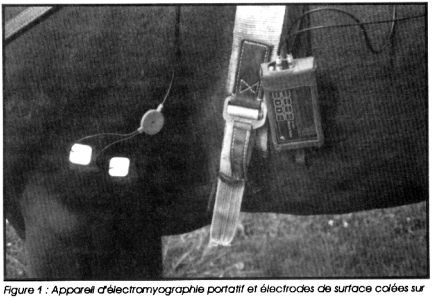


Figure 1 : Appareil d'électromyographie portatif et électrodes de surface collées sur la peau rasée.

RELATION ENTRE L'EMG ET LA CONTRACTION MUSCULAIRE

Pour pouvoir interpréter les enregistrements électro-myographiques, il faut connaître les phénomènes physiologique liés à la contraction musculaire.

Les fibres musculaires sont sensibles aux stimuli chimiques, mécaniques et électriques. Cette sensibilité se manifeste en général par une réponse électrique qui constitue le signal détecté et enregistré par l'EMG. Cette réponse électrique est le plus souvent accompagnée d'une contraction musculaire. Le stimulus physiologique normal de la contraction des muscles striés est de nature chimique : il résulte de la libération d'acétylcholine au niveau de la jonction neuromusculaire de la plaque motrice. Ce stimulus chimique entraîne une réponse électrique locale qui produit une dépolarisation du sarcolème et la propagation du potentiel d'action le long de la membrane cellulaire de la fibre musculaire.

Lors de contractions sous-maximales, le nombre d'unités mises en jeu est réduit. Elles sont le siège d'une activité rythmique à basse fréquence (4 à 8 potentiels propagés par seconde). On parle de "rythme de pulsation du motoneurone". La transmission de l'influx de la fibre nerveuse à la fibre musculaire s'effectue donc en coup par coup au niveau de la plaque motrice. Une unité motrice peut maintenir son activité à basse fréquence pendant plusieurs dizaines de minutes.

Néanmoins, le maintien strict d'une posture est rare et des déplacements minimes peuvent se produire, de nouveaux faisceaux musculaires étant substitués aux faisceaux précédemment actifs. Le nombre d'unités motrices augmente avec l'intensité de la contraction et la fréquence de leurs battements croît (20 à25 batts/s).

Lors d'une contraction maximale, la totalité ou la quasi-totalité des unités motrices est mise en jeu. L'amplitude des phénomènes électriques mesurés par électrodes externes et la force développée par le muscle augmentent simultanément. Certains auteurs ont observé une relation de proportionnalité entre phénomènes mécaniques et électriques.

EXPLORATION DE L'ACTIVITE ELECTRIQUE MUSCULAIRE PENDANT L'EXERCICE

C'est un des aspects les plus développés de l'EMG. De nombreux auteurs ont étudié le fonctionnement du muscle strié chez le chat, le chien et l'homme où l'on a mis en évidence une relation entre l'activité des unités motrices et une diminution de l'EMG de surface dans la fatigue. On peut déterminer facilement la zone transitionnelle aéro-anaérobie, en considérant la relation entre le changement du signal EMG et l'accumulation de lactate musculaire.

Chez le cheval, des équipes japonaises ont réalisé une étude électromyographique des muscles de l'épaule au pas, au trot et au galop, ainsi que sur l'activité des muscles du cou du cheval en mouvement (Fig.2).

ENCADRE 1 : TECHNIQUES D'ELECTROMYOGRAPHIE

On distingue deux techniques électromyographiques :

- **l'électromyographie élémentaire est l'étude isolée des unités motrices et même des fibres musculaires. Elle utilise des électrodes à aiguille piquées dans un muscle, de petite surface, mono ou bipolaire.**
- **l'électromyographie globale enregistre la somme d'activité de plusieurs unités motrices. On utilise alors deux électrodes de grande surface (environ 1 cm2), appliquées sur la peau recouvrant le muscle étudié.**

Dans les deux cas, on obtient un signal EMG constitué de potentiels d'action issus d'un nombre fini d'unités motrices. On parle de «trains des potentiels de l'unité motrice». Ces potentiels d'action de l'unité motrice (PAUMs) sont la somme des potentiels d'action de la contraction des myofibrilles de l'unité motrice.

Les électrodes de surface sont beaucoup plus faciles à manipuler. Leur utilisation est surtout intéressante pour l'étude de l'activité dans un muscle isolé ou un groupe de muscles. Mais les signaux enregistrés sont souvent parasités par l'activité des muscles adjacents. Pour obtenir des mesures très précises, il vaut mieux utiliser les électrodes à aiguille, mais leur pose est plus délicate et les interprétations plus complexes.

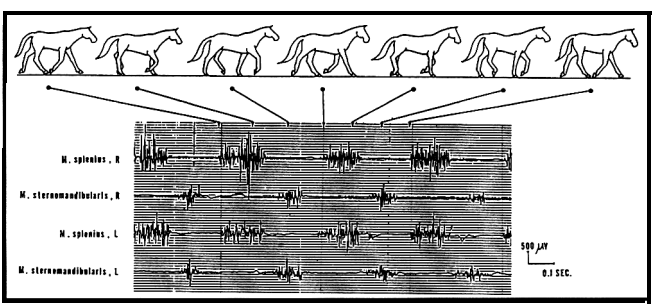


Figure 2 : Enregistrement EMG des muscles de l'encolure Splenius et Sternomandibulaire droit (R);et gauche (G). Le cheval trotte sans cavalier. (d'après Tokuriki et Aoki 1990).

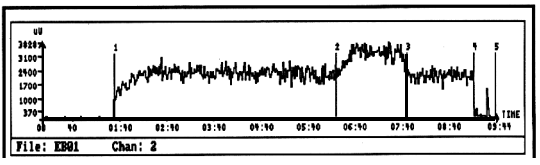
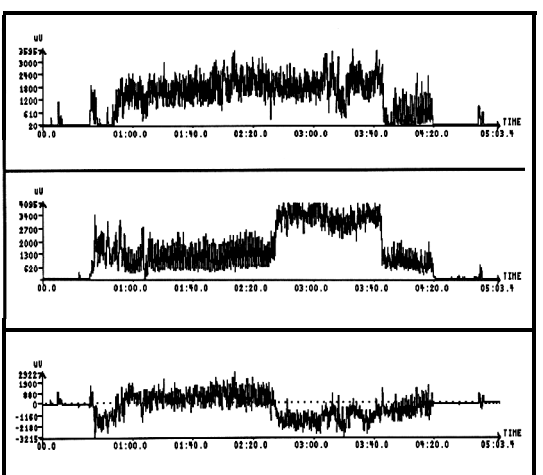


Figure 3 : EMG du muscle fessier, enregistrée avec un intervalle de mesure de 1sec (voir texte).

Figure 4 : Enregistrement EMG du fessier moyen gauche et droit avec un intervalle de mesure de 0,1 sec. Le tracé du bas représente la différence d'activité électrique entre les deux muscles symétriques (Voir texte).



Réalisation pratique de l'EMG sur le cheval

Un protocole d'étude dépend d'un nombre important de facteurs et son déroulement sera limité par toutes sortes de contraintes. Seuls certains muscles pourront être étudiés (Triceps Brachial, Dorsal et Fessier moyen) sans trop de problèmes techniques.

Pour faire des enregistrements EMG dans de bonnes conditions, il faut choisir des chevaux calmes et réguliers. Ils doivent avoir des allures stables pour obtenir une bonne répétabilité des enregistrements. Les nombreuses manipulations (tontes fréquentes, poses des électrodes et des cablages...) ne doivent pas les perturber.

Les différents types d'électrodes de surface disponibles sont destinés à l'utilisation humaine, et le contact entre l' électrode et la peau influence les résultats. Lorsque la peau n'est pas nue, il apparaît de nombreux artefacts, entraînant une activité musculaire, quels que soient le muscle et l'allure.. Il est donc indispensable que le cheval soit rasé dans la région étudiée (Fig.1).

L'utilisation du tapis roulant, par la maîtrise de la vitesse facilite la répétabilité des mesures, mais implique que le cheval uavaille sans se déplacer par rapport à l'air ambiant, et donc transpire. Cette transpiration excessive, atténuée par l'utilisation d'un ventilateur. induit des artéfacts en modifiant le contact entre l'électrode et la peau. Les électrodes devront avoir une adhérence suffisante pour ne pas se décoller avec la sueur, mais sans provoquer d'initation de la peau. Il est de plus indispensable, pour des raisons de répétabilité d'utiliser toujours le même type d'électrodes au cours d'un protocole.

Le matériel portatif disponible (Fig.1) est destiné à l'expérimentation humaine et n'est pas bien adapté au cheval (fragilité, manque de longueur et poids excessif des câbles, problèmes de bruitage...). L'étude sur la cyclicité des allures est difficile avec les appareils qui travaillent sur le signal intégré et non le signal brut. L'impulsion électrique a une durée de 1 à 15 millisecondes et certains appareils ne peuvent enregistrer les impulsions que tous les 100 millisecondes au maximum. Il existe des appareillages fixes, plus performants mais aussi beaucoup plus chers. Leur utilisation reste compliquée et soumise à encore plus de contraintes pratiques. Le choix du matériel est donc le problème le plus difficile à résoudre.

Exemples d'enregistrement EMG

La figure 3 montre un enregistrement de l'activité EMG du fessier moyen (gluteus medius) gauche d'un trotteur aux différentes allures. Au pas (repères 0-1) l'amplitude moyenne est de **110 μV,** au petit trot (repères 1-2,3.5 m/s), elle est de **2200 μV et** au trot soutenu (repères 2-3,5.5 m/s) elle atteint 3150 **μV.** Le retour à un petit trot (repères 3-4,3 m/s) donne une amplitude de **2100 μV** et le pas final (repères **4-5) est à 220 μV.** Cet enregistrement a été réalisé sur le cheval tondu mais non rasé avec un intervalle de mesure de 1 seconde.

La figure 4 montre un enregistrement, avec un intervalle de mesure de 0,1 seconde, de l'activité EMG du fessier moyen gauche du même trotteur aux différentes allures, ainsi que la différence d'amplitude entre le fessier droit (canal 1) et le fessier gauche (canal 2). Les amplitudes ont à peu près les mêmes moyennes mais le tracé est moins net que sur la figure 3 car l'intervalle de mesure est plus court (0.1 sec). La différence entre l'activité du fessier gauche et droit est presque égale à zéro pour le pas et le petit trot. et devient négative pour le trot soutenu. Le fessier dmit développe une moindre activité EMG qui peut traduire les irrégularités de l'allure ou une éventuellc boiterie.

La figure 5 montre l'évolution, en fonction de la vitesse, de l'activitd EMG de différents muscles explorés sur le même trotteur. Nous avons retenu le fessier moyen, le triceps brachial (triceps brachii) et le dorsal (erector spinae). Le fessier moyen est sollicité dès le début de l'effort alors que le triceps ne se mobilise intensément que pour des vitesses plus élevées. L'activité du dorsal a une évolution quasi linéaire avec la vitesse.

APPLICATION DE L' EMG EN PATHOLOGIE MUSCULAIRE

L' EMG présente de nombreuses applications en pathologie **:** pour le diagnostic des maladies neuromusculaires, pour l'identification des causes d'amyotrophie et le diagnostic des boiteries atypiques.

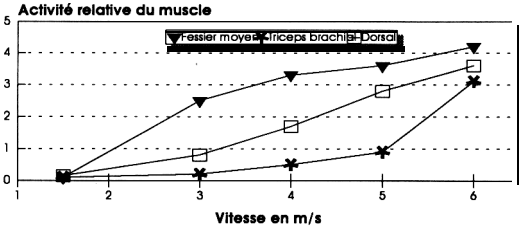


Figure 5 : Relation entre l'activité électrique des muscles Fessier, Long dorsal et Triceps brachial et la vitesse de l'allure au trot.

Son utilité est démontrée pour le diagnostic des affections suivantes:

- neuropathies bulbaires, spinales ou périphériques ;
- myopathies : myosites et myopathies nutritionnelles ;
- atrophie fonctionnelle, associée à une maladie osseuse.

Parmi les autres utilisations cliniques, l'EMG est très utilisée pour étudier le système digestif chez le cheval, mais aussi chez le chien, le porc, le mouton, et pour surveiller la gestation et la parturition. L'EMG sert parfois au diagnostic des maladies respiratoires chez le cheval.

Muscle dénervé

Lorsque le muscle squelettique perd son innervation, les fibres musculaires subissent de profondes modifications. On observe une augmentation considérable de la sensibilité à l'acétylcholine et aux stimulations mécaniques. Lorsqu'un muscle est totalement dénervé, on ne peut pas observer d'activité d'unité motrice.

Cependant, on peut détecter une activité des fibres musculaires individuelles, sans stimulation nerveuse ou mécanique. On parle d'activité spontanée car elle ne répond à aucune stimulation apparente. Cette activité spontanée se compose de deux types de potentiels, les potentiels de fibrillation et les ondes positives aiguës. On obtient aussi d'occasionnelles décharges de haute fréquence. On observe parfois l'apparition d'unités motrices géantes, indiquant le début d'un processus de réinnervation du muscle étudié.

Muscle myopathique

De nombreuses myopathics primaires ou secondaires entraînent des anomalies électromyographiques au repos, mais aussi lors des contractions. Les anomalies du signal EMG semblent résulter de la destruction des fibres musculaires alors que celles observées au repos résulteraient de la variation spécifique de l'excitabilité des fibres musculaires, provenant d'anomalies du métabolisme intra ou extracellulaire.

CONCLUSION

L'EMG chez le cheval est difficile à réaliser pour plusieurs raisons :

- sur le poil, les électrodes de surface ne permettent pas de bons contacts électriques sur toute la surface du corps ;
- les enregistreurs EMG portatifs sont des appareils pour l'athlète humain pas toujours adaptés au cheval ;
- la réalisation d' EMG de bonne qualité nécessite l'implantation d'électrodes. Par ailleurs, le cheval doit évoluer sur un tapis roulant pour disposer d'enregistreurs précis placés à côté du cheval.

Néanmoins, avec le progrès technique des appareils d'EMG portatifs, il sera probablement possible de les utiliser chez le cheval pour détecter des asymétries fonctionnelles ou pour évaluer la force développée par un muscle.

Pour en savoir plus :

AOKI O., TOKURIKI M., KURAKAWA Y., HATAYA M., KITAT., 1984. Electromyographic studies on supraspinatus and infraspinatus muscles of the horse with or without a rider, in walk, trot and canter. Bulletin of Equine Research Institute, 21, 100-104.

GOUBEL F., 1989. Signal EMG et production de lactate. In CR Traitement du Signal et Electromyographie, Nantes, 23 novembre 1989.

MATON B., 1989. Relation entre l'activité des unités motrices et l'EMG de surface dans la fatigue, lors du travail statique continue. In CR Traitement du Signal et Electromyographie, Nantes, 23 novembre 1989.

TOKURIKI M. & AOKI O., 1990. Neck Muscles activity in Horse during locomotion with and without a rider. Equine Exercice Physiology 3, Person, Lindholm & Jeffcott Eds, 146-150.