

# **Modulation de l'inhibition récurrente suite à un entraînement excentrique maximal**

*Hadrien ALAUX*

*Promotion 2017/2021*

*Directeur de mémoire : Simon BARRUE-BELOU*

*1479 mots.*

*Je déclare avoir un lien d'intérêt avec le laboratoire TONIC avec lequel j'étais rattaché dans ce travail de recherche.*

**Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Toulouse**

*Préambule : Pour mon mémoire de fin d'études en kinésithérapie j'ai eu la chance de participer à un protocole de recherche expérimental au sein du laboratoire TONIC de l'INSERM à Toulouse, en lien avec l'université Paul Sabatier.*

*Du fait de la situation sanitaire notre protocole a été retardé et je n'ai pu analyser que les données du groupe contrôle dans mon manuscrit final. En revanche pour la soutenance j'ai pu présenter une partie de nos données finalisées puisque nous avons à ce moment-là terminé le protocole expérimental. Pour cet article je présenterai les données concernant le muscle soléaire en contraction maximale, comme lors de ma soutenance.*

## Introduction

La contraction excentrique présente des spécificités tant sur le plan mécanique que dans sa stratégie d'activation neuromusculaire (Duchateau & Enoka, 2016). L'étude de la relation moment-vitesse angulaire a montré que certains sujets sont capables d'atteindre des niveaux de force supérieurs lors de la contraction excentrique, comparativement aux autres modes de contraction. Plusieurs mécanismes d'augmentation de la force résiduelle lors de la contraction excentrique ont été identifiés comme l'engagement d'éléments passifs induit par l'étirement du muscle pendant la contraction (Minozzo & Lira, 2013). En revanche sur le plan neurophysiologique la comparaison des modes de contraction a montré une diminution de l'activité électromyographique (EMG) en excentrique en comparaison aux autres modes de contraction (Komi et al., 2000). La mesure de l'activité électromyographique réalisée à la périphérie du système témoigne du niveau d'activité de l'ensemble du système neuromusculaire, mais ne permet pas de discerner les spécificités propres aux différents étages de la commande nerveuse. Des études se sont intéressées plus spécifiquement à identifier les particularités de la commande nerveuse en excentrique à différents niveaux. Certaines ont étudié des paramètres impliquant les structures supra-spinales et ont montré une tendance à la facilitation des paramètres nerveux par rapport aux autres modes (Fang et al., 2004). A ce stade l'ensemble de ces éléments concorde avec l'idée d'une modulation spécifique de la commande au niveau spinal. En effet l'activité cérébrale étant majorée alors que le signal est diminué à la périphérie sur l'EMG, il est probable qu'à l'étage intermédiaire des mécanismes d'inhibition soient activés. Cet élément a bien été largement observé lors de la contraction excentrique, à travers une diminution du réflexe H, potentiel utilisé comme témoin des inhibitions au niveau spinal (Romano & Schieppati, 1987). Plusieurs mécanismes peuvent être impliqués dans la diminution de l'excitabilité spinale. Il a été montré récemment qu'un des mécanismes spinaux post synaptiques : l'inhibition récurrente par la cellule de Renshaw, est impliquée dans cette diminution d'excitabilité spinale lors de la contraction excentrique (Barrué-Belou et al., 2018).

La capacité de production de force par le système neuromusculaire présente une plasticité et peut être augmentée par l'entraînement du fait d'adaptations structurales et neurophysiologiques. L'entraînement excentrique est particulièrement efficace dans le but d'augmenter le niveau de force et il a été montré qu'il permet d'accroître l'activité EMG

(Komi & Buskirk, 1972) qui est considérée comme une adaptations globale du système neuromusculaire. D'autres études ont quantifié les adaptations spécifiques à chaque étage de la commande nerveuse. Au niveau spinal une augmentation du réflexe H associée à une augmentation de la force musculaire, a révélé que l'entraînement excentrique supra-maximal permet de lever les inhibitions spinales (Duclay et al., 2008). Cependant, ceci n'a pas été montré en utilisant des intensités sous-maximales d'entraînement (Ekblom et al., 2010).

Ces éléments nous ont amené à nous demander quels étaient les mécanismes neurophysiologiques impliqués dans la levée des inhibitions spinales à la suite d'un entraînement excentrique supra maximal chez le sujet sain. Nous posons l'hypothèse que l'inhibition récurrente est diminuée à la suite d'un tel entraînement.

## **Méthode**

25 étudiants volontaires en bonne santé sans antécédents de pathologie neurologique ou traumatique ont participé à cette étude. Ils ont été aléatoirement répartis dans un groupe d'entraînement (TG) (n=15) et un groupe contrôle (CG) (n=10). Les sujets du TG ont réalisé un protocole d'entraînement excentrique de 7 semaines du muscle triceps sural. Ils ont été testés deux fois: une semaine avant l'entraînement, et une semaine après. Les sujets du GC n'ont réalisé aucun entraînement, et ont été testés à deux reprises, avec 8 semaines d'intervalles entre les mesures.

Le programme d'entraînement consistait en 17 séances de renforcement excentrique sur une période de 7 semaines. Les séances d'entraînement ont été effectuées sur une presse horizontale pneumatique qui permet d'effectuer un travail excentrique en déchargeant la phase concentrique, car la charge était ramenée à la position initiale par un vérin pneumatique. La charge d'entraînement était ensuite de 6 séries de 6 contractions excentriques à une intensité de 120 % de la RM concentrique, et le temps de repos entre les séries était de 3 minutes.



*Figure 1 : Position des sujets lors des sessions d'entraînement*

Le moment de force maximal, l'activité EMG et les différents réflexes : mesure du réflexe H de conditionnement sans réponse M : H1 ; mesure de la réponse à intensité supra maximale : Msup et V ; et mesure du réflexe H conditionné : H' ont été enregistrés selon les trois modes de contraction : isométrique, concentrique et excentrique sur un dynamomètre isocinétique. Les contractions isométriques étaient effectuées à 0 degré (position anatomique de cheville). Au cours des contractions concentriques et excentriques, les mesures étaient effectuées à une vitesse de 30 deg/s avec une amplitude de mouvement de la cheville de 30 degrés (de +15 degrés en flexion plantaire à -15 degrés en flexion dorsale). Il a été demandé aux sujets de produire des contractions maximales volontaires.



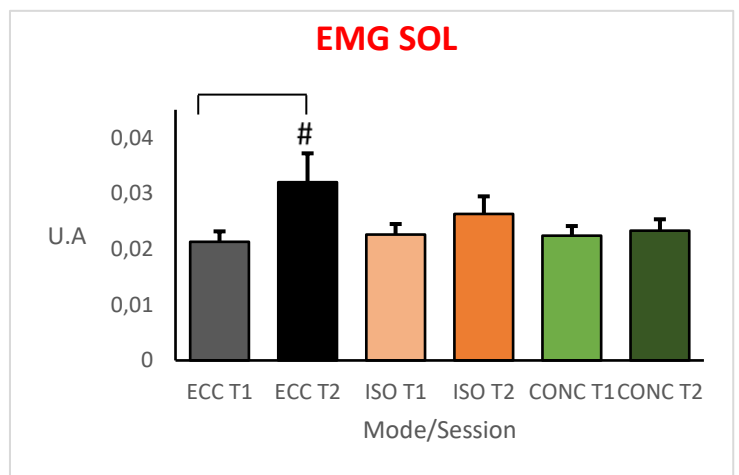
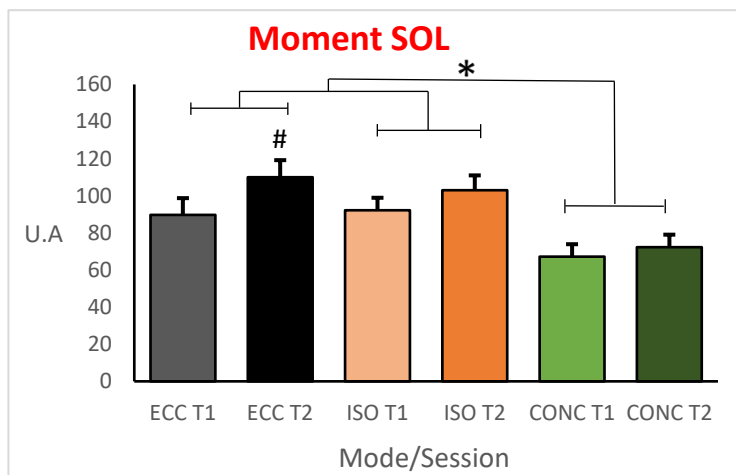
*Figure 2 : Position des sujets lors des sessions de test*

Une ANOVA à trois facteurs à mesure répétée [session de test (PRE vs POST)] ; × [mode de contraction (isométrique vs concentrique vs excentrique)] ; × [Groupe (TG vs GC)] a été utilisée pour comparer le moment de force, le rapport RMS/Msup, et les rapports suivants : H1/Msup, V/Msup, et H'/H1 entre T1 et T2. Nous avons ainsi pu analyser l'influence de l'entraînement excentrique supra-maximal sur le niveau d'inhibition récurrente (H'/H1).

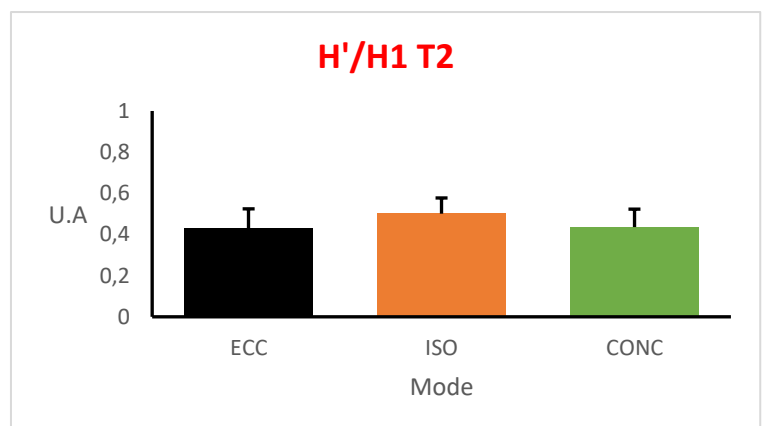
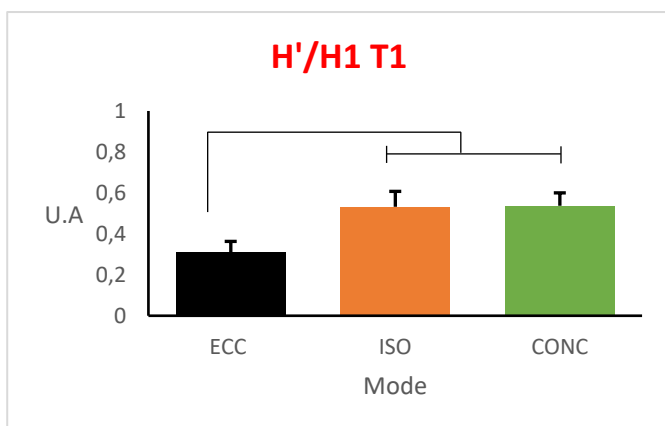
Lorsqu'un effet ou une interaction étaient trouvés, une analyse post-hoc était appliquée à l'aide du test de Tuckey HSD. Les tests post-hoc, les ANOVA ont été réalisés avec le logiciel JAMOVI. La significativité était acceptée pour un  $P < 0.05$ .

## Résultats

Suite à l'entraînement le moment maximal volontaire du triceps sural (+22%) et l'activité RMS EMG du soléaire (+50%), ont été augmentés significativement ( $p < 0.05$ ) en contraction excentrique seulement :



Le rapport  $H'/H1$  était significativement inférieur en excentrique en comparaison aux autres modes de contractions ( $p < 0.05$ ) lors de la première session de test (T1). Suite à l'entraînement le rapport  $H'/H1$  a augmenté seulement en excentrique, et on ne retrouvait plus de différence entre les modes ( $p > 0.05$ ) (T2) :



Aucun effet de l'entraînement ni du mode de contraction n'a été retrouvé concernant les rapports  $V/M_{sup}$ ,  $H1/M_{sup}$  et le niveau de coactivation.

## Discussion

L'objectif principal de ce mémoire était d'étudier l'effet d'un entraînement excentrique supra-maximal sur le niveau d'inhibition récurrente chez le sujet sain. Cette étude présente une originalité du fait qu'elle est, à notre connaissance, la première à étudier la plasticité à l'entraînement excentrique du mécanisme d'inhibition récurrente. Ces types d'entraînements supra-maximaux ne sont évidemment pas adaptés pour toutes les populations, et difficiles à mettre en place en cabinet. Ils semblent plutôt réservés aux populations sportives déjà entraînées pour majorer leurs adaptations ou peuvent être intégré à la fin des phases de rééducation. En revanche la littérature a bien montré que des entraînements excentrique sous-maximaux (80%RM), plus adaptés à nos patients en rééducation, entraînent également des gains nerveux et de force (Barrué-Belou et al., 2016).

Suite à l'entraînement excentrique supra-maximal le moment maximal du triceps sural et l'activité RMS EMG du muscle soléaire ont augmenté uniquement en contraction excentrique. Ceci reflète d'une forte spécificité des gains de force et nerveux en fonction des modalités d'entraînement, ce qui peut être intéressant à intégrer en kinésithérapie pour mieux cibler nos renforcements musculaires en rééducation.

Pour mesurer le niveau d'inhibition récurrente nous avons utilisé la technique du reflexe H conditionné (paired H-reflex test) développée par Pierrot-Deseilligny (Hultborn & Pierrot-Deseilligny, 1979). Lors de la première session de test le niveau d'inhibition récurrente était inférieur en excentrique en comparaison aux autres modes de contraction, ce qui rejoint les résultats de la littérature (Barrué-Belou et al., 2018). Suite à l'entraînement le rapport H'/H1 a augmenté seulement en excentrique et n'était plus différent entre les modes de contraction. Nous pouvons donc penser que l'entraînement excentrique supra-maximal a été en mesure de moduler le niveau d'inhibition récurrente. Une des hypothèses serait que l'intensification de la commande nerveuse descendante après l'entraînement a exercé un contrôle inhibiteur sur l'activité de la cellule de Renshaw, pour ainsi diminuer le niveau d'inhibition récurrente et augmenter l'excitabilité spinale. Une augmentation du nombre d'unités motrices en direction du muscle permettrait alors aux sujets d'augmenter leurs niveaux de force.

Néanmoins d'autres mécanismes spinaux pourraient également être modulés suite à un entraînement pour augmenter l'excitabilité spinale (Bawa, 2002). Par exemple l'entraînement pourrait entraîner une dépression de l'inhibition pré-synaptique des afférences Ia du fuseau neuromusculaire (Meunier & Pierrot-Deseilligny, 1998), ou des afférences Ib de Golgi (Aagaard et al., 2000).

Ces résultats encouragent donc de nouvelles investigations pour mieux comprendre les mécanismes neurophysiologiques impliqués dans la modulation des voies spinales à la suite d'entraînements.

## **Conclusion**

L'entraînement excentrique supra-maximal du triceps sural a induit une augmentation significative du moment maximal, et des adaptations nerveuses (EMG). A l'étage spinal, le rapport H'/H1 n'était plus significativement inférieur en excentrique en comparaison aux autres modes de contraction suite à l'entraînement. La modulation de l'inhibition récurrente pourrait donc être un des mécanismes responsable de la levée des inhibitions spinales suite à un entraînement excentrique supra-maximal.



## Bibliographie

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, S. P., Halkjær-Kristensen, J., & Dyhre-Poulsen, P. (2000). Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction : effects of resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 89(6), 2249-2257. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.6.2249>
- Barrué-Belou, S., Amarantini, D., Marque, P., & Duclay, J. (2016). Neural adaptations to submaximal isokinetic eccentric strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 116(5), 1021-1030. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3367-1>
- Barrué-Belou, S., Marque, P., & Duclay, J. (2018). Recurrent inhibition is higher in eccentric compared to isometric and concentric maximal voluntary contractions. *Acta Physiologica*, 223(4), e13064. <https://doi.org/10.1111/apha.13064>
- Bawa, P. (2002). Neural Control of Motor Output : Can Training Change It ? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30(2), 59-63. <https://doi.org/10.1097/00003677-200204000-00003>
- Duchateau, J., & Enoka, R. M. (2016). Neural control of lengthening contractions. *The Journal of Experimental Biology*, 219(2), 197-204. <https://doi.org/10.1242/jeb.123158>
- Duclay, J., Martin, A., & Pousson, M. (2008). Spinal Reflex Plasticity during Maximal Dynamic Contractions after Eccentric Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(4), 722-734. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31816184dc>
- Ekblom, M. M. (2010). Improvements in dynamic plantar flexor strength after resistance training are associated with increased voluntary activation and V-to-M ratio. *Journal of Applied Physiology*, 109(1), 19-26. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01307.2009>
- Fang, Y., Siemionow, V., Sahgal, V., Xiong, F., & Yue, G. H. (2004). Distinct brain activation patterns for human maximal voluntary eccentric and concentric muscle actions. *Brain Research*, 1023(2), 200-212. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2004.07.035>
- Hultborn, H., & Pierrot-Deseilligny, E. (1979). Changes in recurrent inhibition during voluntary soleus contractions in man studied by an H-reflex technique. *The Journal of Physiology*, 297(1), 229-251. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1979.sp013037>
- Komi, P., & Buskirk, E. (1972). Effect of Eccentric and Concentric Muscle Conditioning on Tension and Electrical Activity of Human Muscle. *Ergonomics*, 15(4), 417-434. <https://doi.org/10.1080/00140137208924444>
- Komi, P., Linnamo, V., Silventoinen, P., & Sillanpaa M. (2000). Force and EMG power spectrum during eccentric and concentric actions. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(10), 1757-1762. <https://doi.org/10.1097/00005768-200010000-00015>
- Meunier, S., & Pierrot-Deseilligny, E. (1998). Cortical control of presynaptic inhibition of Ia afferents in humans. *Experimental Brain Research*, 119(4), 415-426. <https://doi.org/10.1007/s002210050357>

Minozzo, F. C., & Lira, C. A. (2013). Muscle residual force enhancement : a brief review. *Clinics*, 68(2), 269-274. [https://doi.org/10.6061/clinics/2013\(02\)r01](https://doi.org/10.6061/clinics/2013(02)r01)

Romanò, C., & Schieppati, M. (1987). Reflex excitability of human soleus motoneurons during voluntary shortening or lengthening contractions. *The Journal of Physiology*, 390(1), 271-284. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1987.sp016699>