



RÉÉDUCATION NEUROMUSCULAIRE PAR VIBRATION LOCALISÉE

Thomas LAPOLE

Maître de conférences - HDR

Université Jean Monnet Saint Etienne, Département STAPS

Laboratoire Interuniversitaire de Biologie de la Motricité

thomas.lapole@univ-st-etienne.fr



@ThomasLapole





Définition

DE L'INACTIVITÉ PHYSIQUE À L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

LE CORPS EN MOUVEMENT POUR UNE MEILLEURE SANTÉ

ACTIVITÉ PHYSIQUE ET INACTIVITÉ PHYSIQUE

(Anssi, OMS, 2014)
KEYZUP THINKING DESIGN 2017



ACTIVITÉ PHYSIQUE
Mouvement corporel produit par la contraction des muscles squelettiques générant une dépense énergétique supérieure à la dépense au repos (lors des activités de travail, de déplacement, domestiques ou de loisirs).

INACTIVITÉ PHYSIQUE
non-atteinte des recommandations de l'OMS en termes d'activité physique

*** INTENSITÉ MODÉRÉE :**
demande un effort moyen et accélère sensiblement la fréquence cardiaque
INTENSITÉ SOUTENUE :
demande un effort important, le souffle se raccourcit et la fréquence cardiaque s'accélère considérablement

Observatoire Nationale de l'Activité Physique et de la Sédentarité

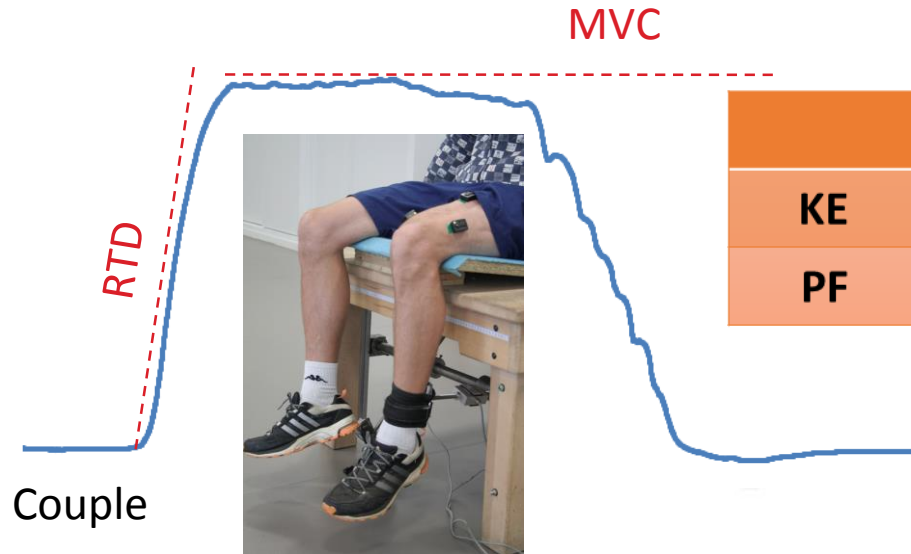
Hypoactivité et déconditionnement



Hypoactivité et déconditionnement musculaire



24 jours de suspension unilatérale de membre inférieur



	MVC	RTD
KE	-21%	-16%
PF	-12%	-17%

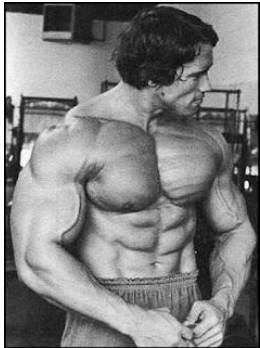
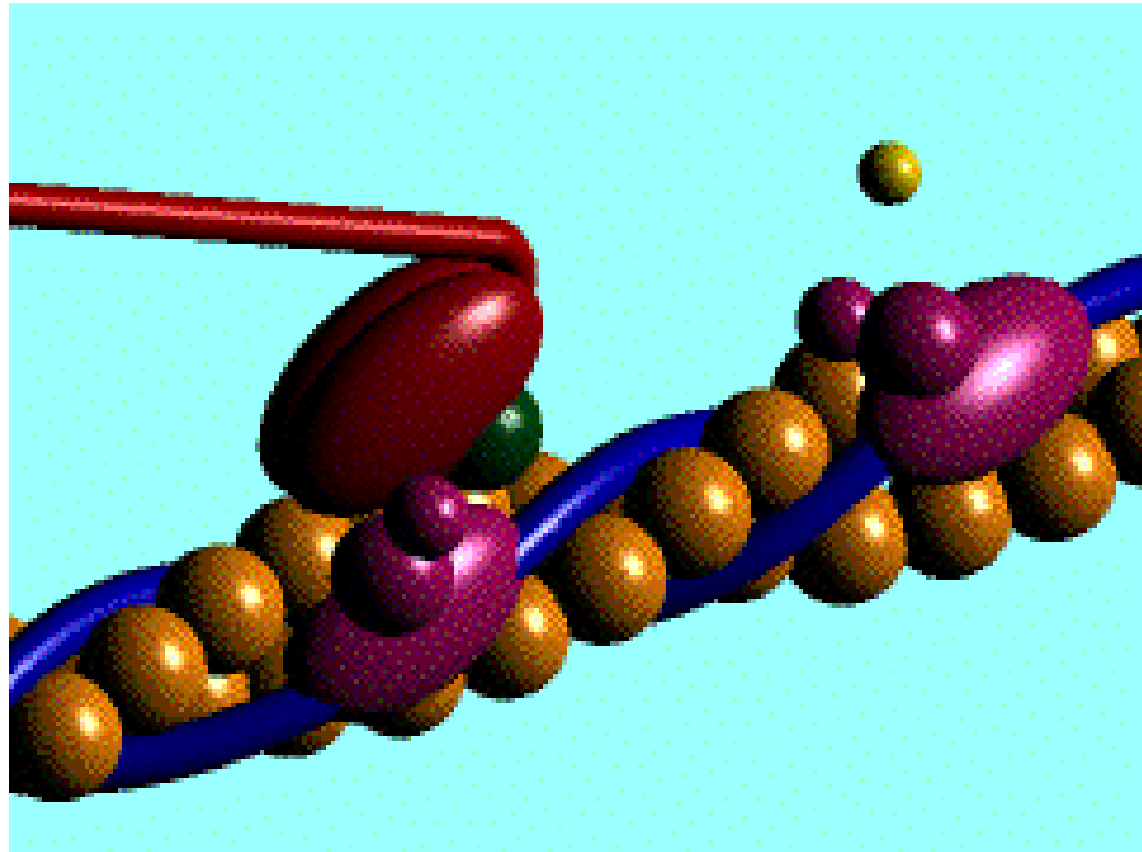
SJ deux jambes : **-20%**
 SJ une jambe : **-28%**



Horstman et al., 2012 (EJAP)

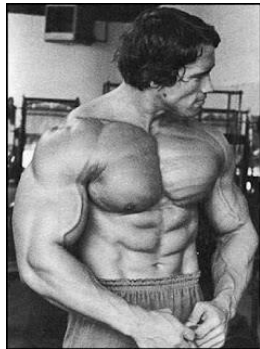
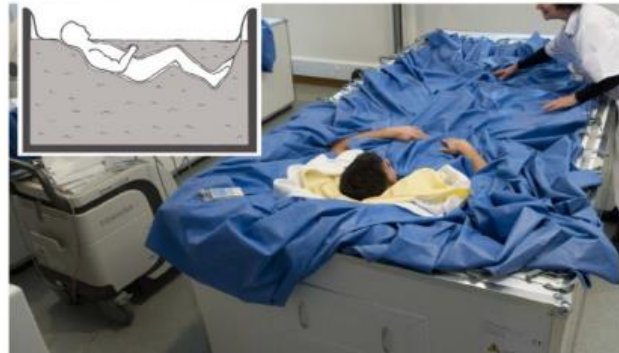


Les raisons du déconditionnement musculaire en situation d'hypoactivité

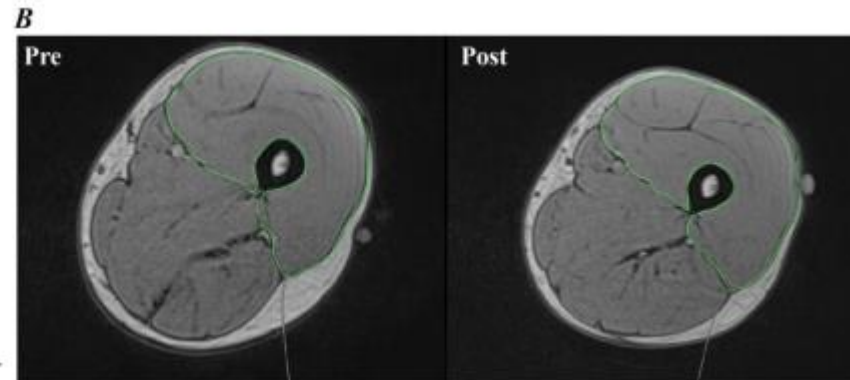
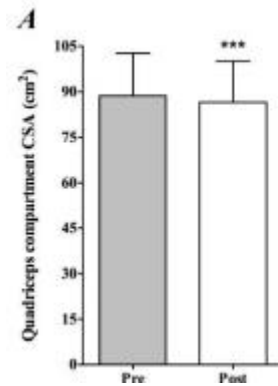




Les raisons du déconditionnement musculaire en situation d'hypoactivité



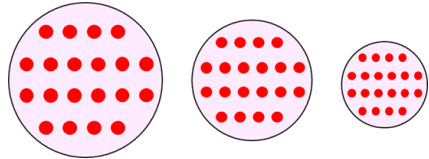
-2.4%



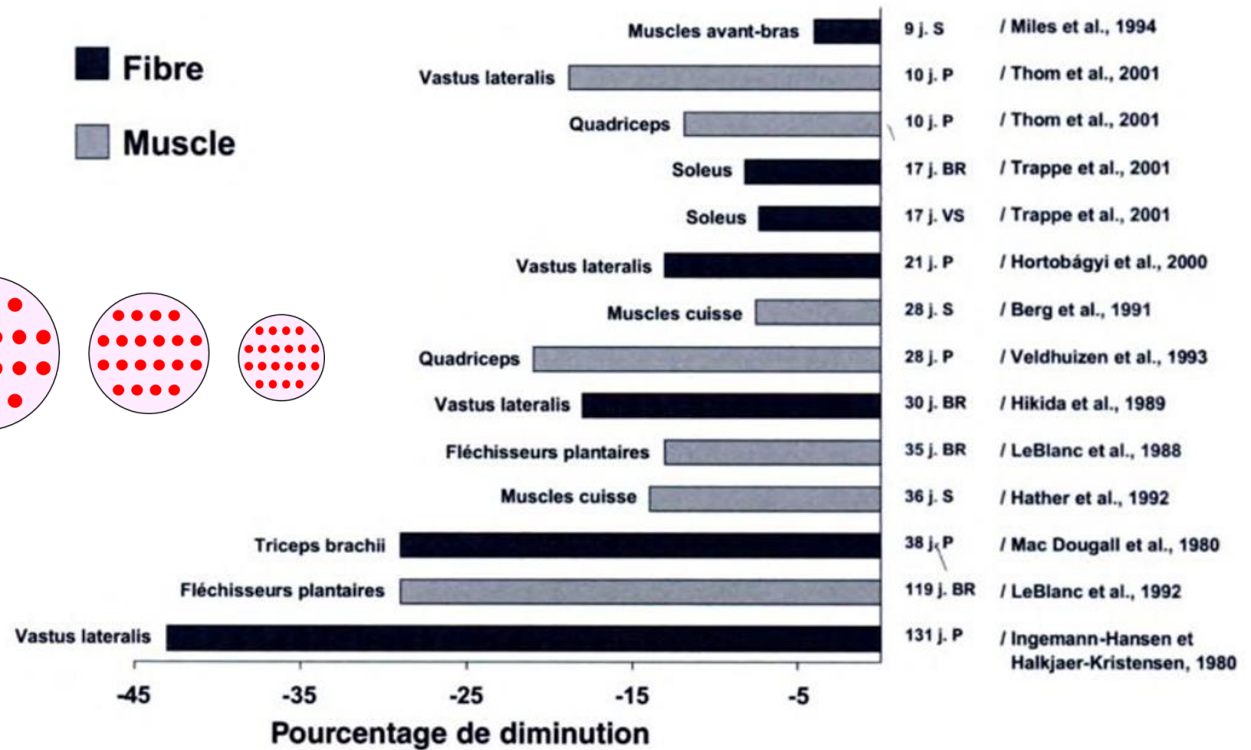
Demangel et al., 2017 (*J Physiol*)



Les raisons du déconditionnement neuromusculaire en situation d'hypoactivité

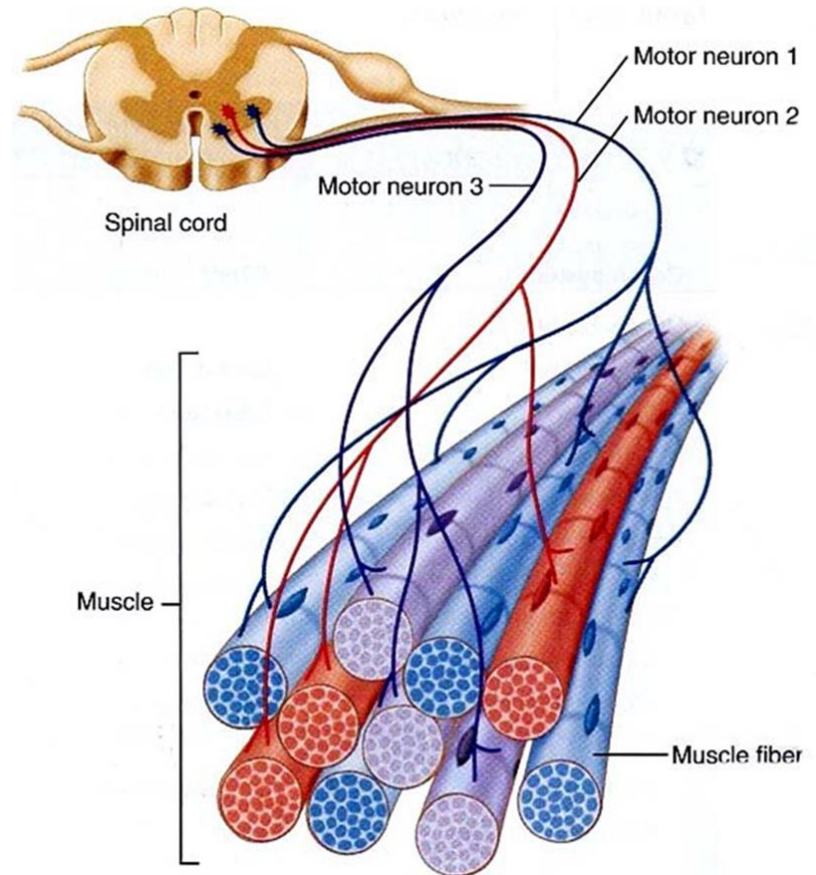
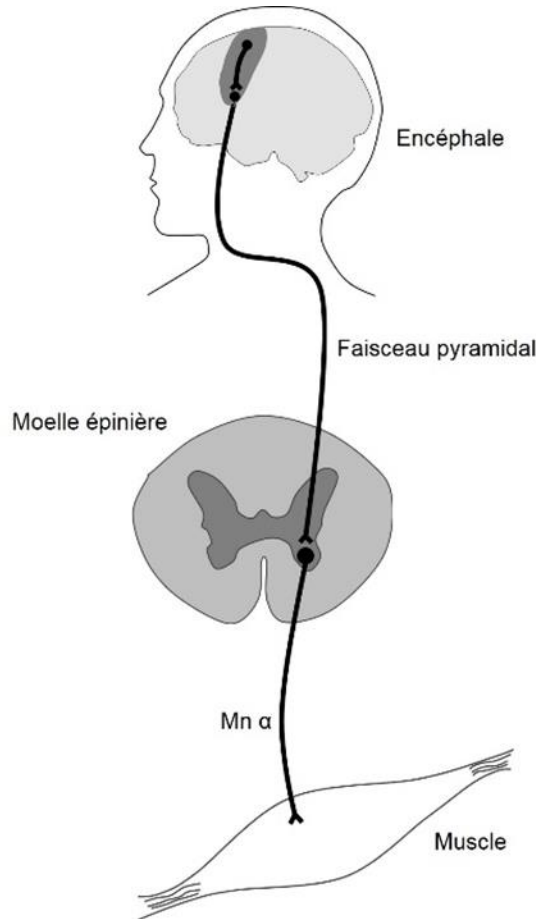


■ Fibre
■ Muscle

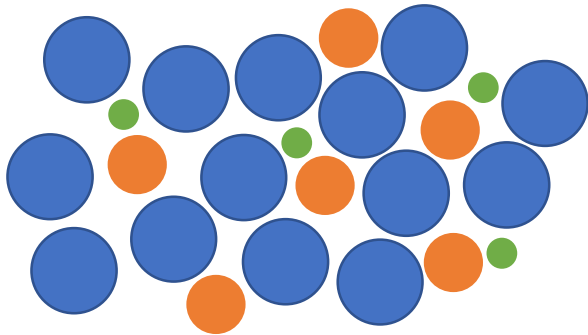


Portero and Cornu, 2004 (La plasticité de la fonction motrice)

Mais la force musculaire ne dépend pas que de la masse musculaire disponible...



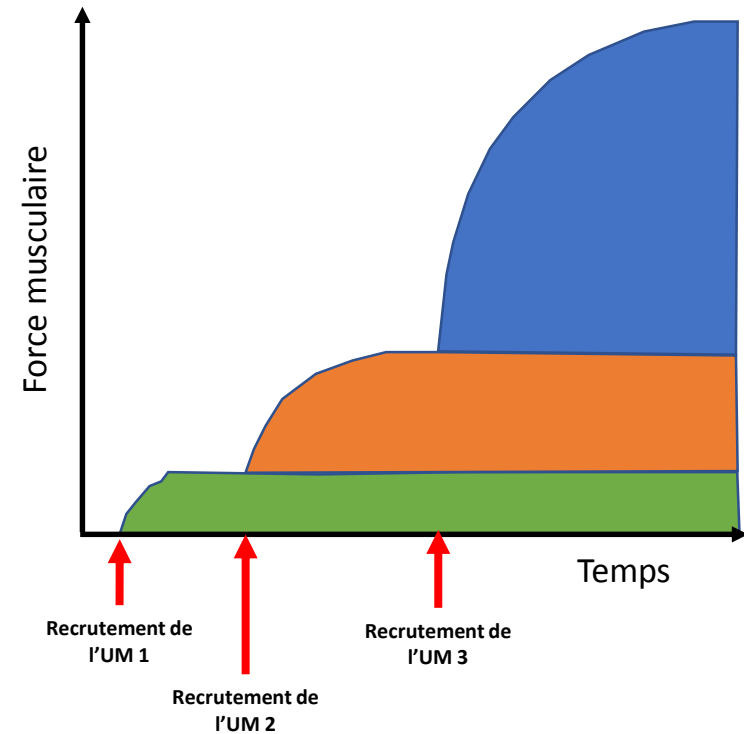
Le recrutement spatial des unités motrices



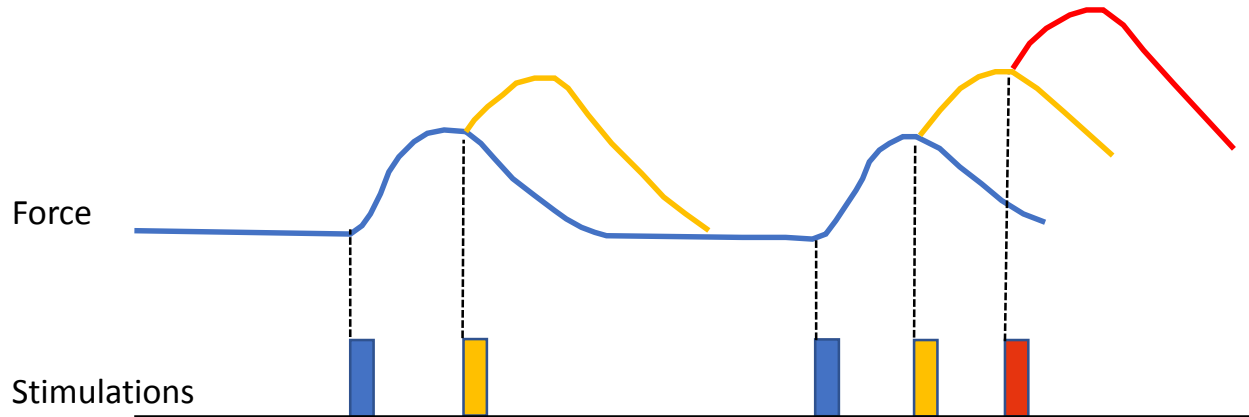
Unité motrice 3 (rapide et fatigable) : Fibres IIx

Unité motrice 2 (rapide et résistante) : Fibres IIa

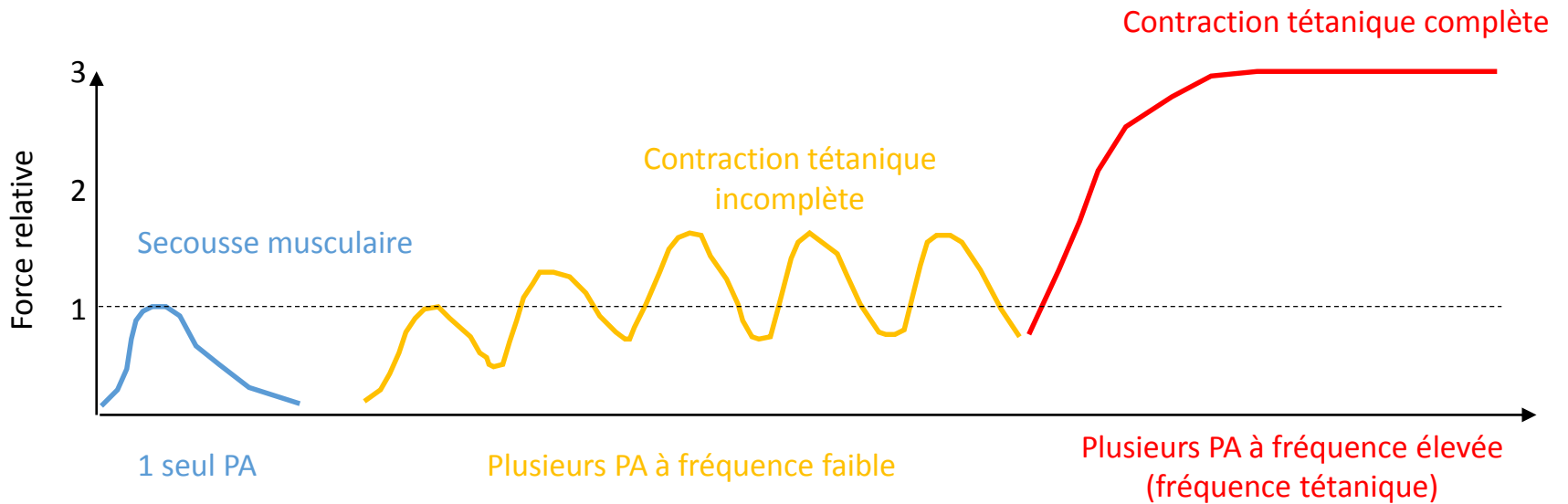
Unité motrice 1 (lente) : Fibres I



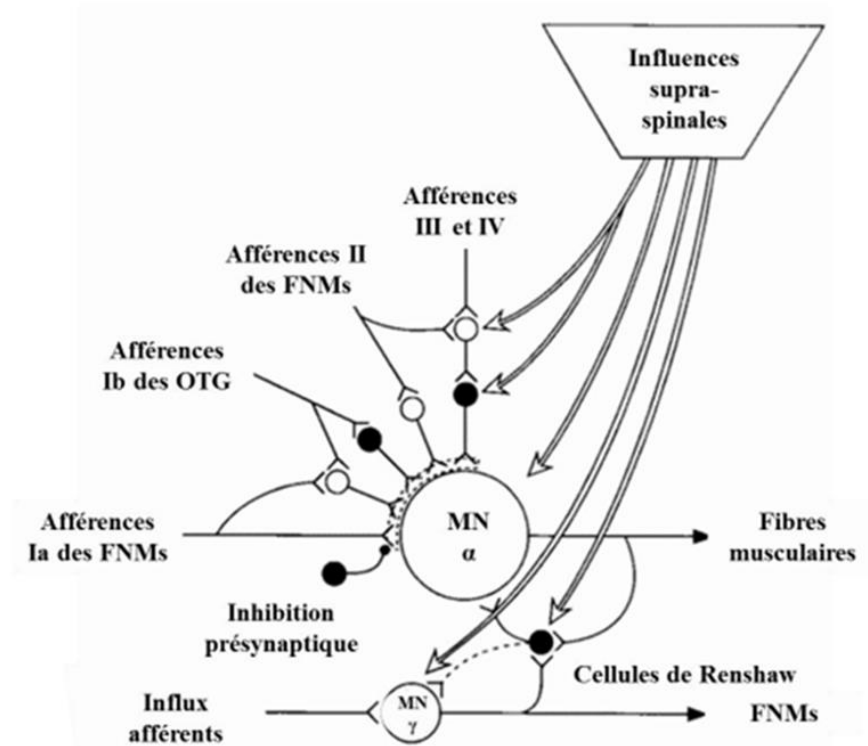
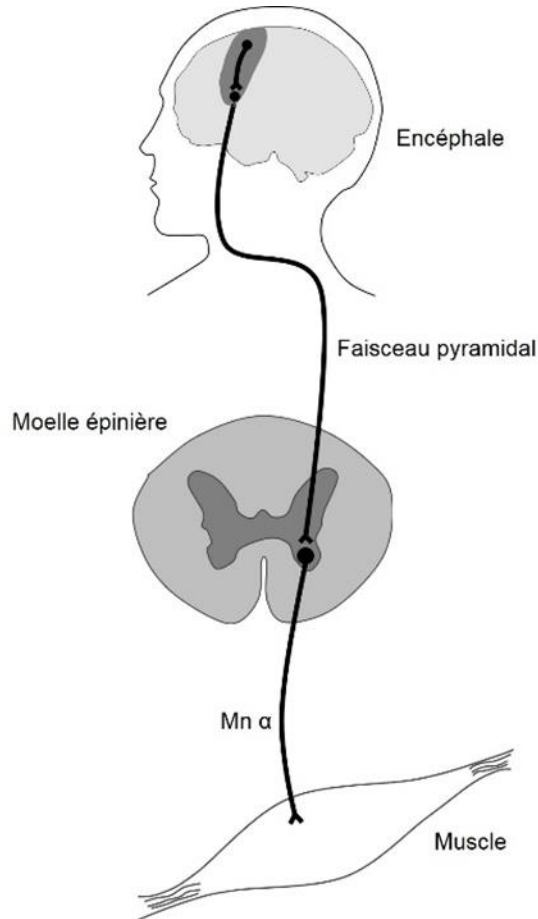
Le recrutement temporel des unités motrices



Le recrutement temporel des unités motrices

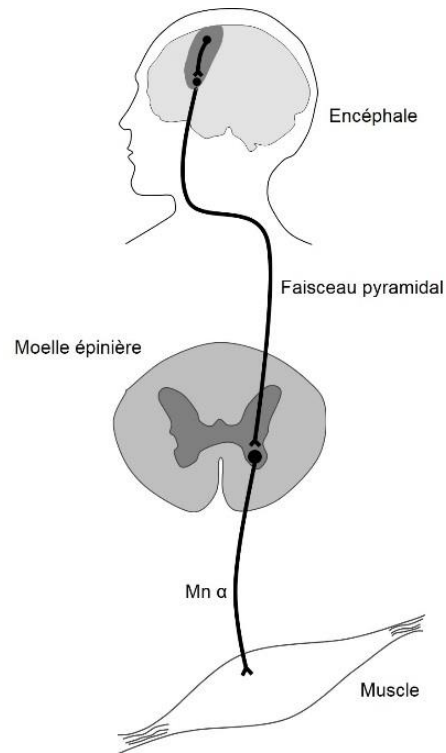


De quoi dépend le recrutement des unités motrices ?



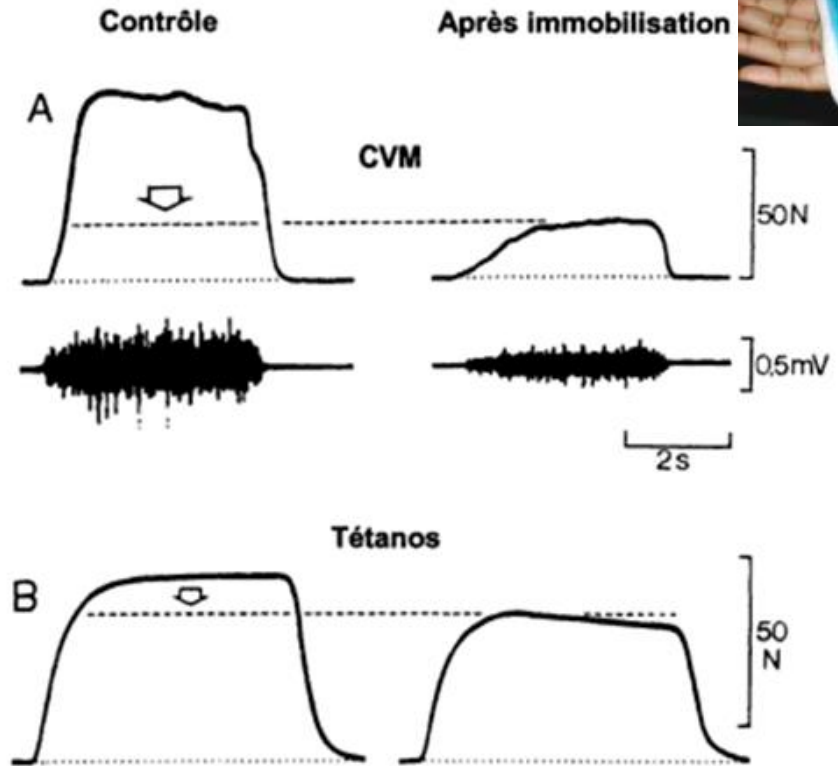
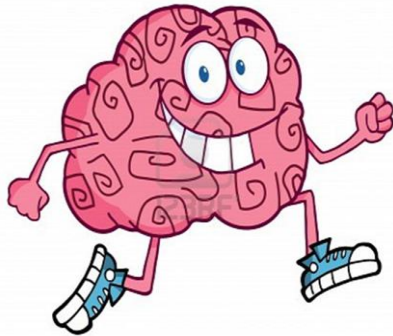
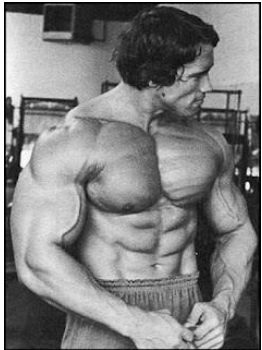
Gandevia, 2001 (*Physiol Rev*)

Plasticité de la fonction neuromusculaire : de la commande au mouvement





Les raisons du déconditionnement **neuromusculaire** en situation d'hypoactivité



Duchateau et Hainaut, 1987 (JAP)



Comment lutter contre le déconditionnement neuromusculaire ?

→ Augmenter le niveau d'activité musculaire par l'exercice conventionnel...

Les astronautes accordent à bord de la station spatiale internationale **2.5 heures par jour, 6 jours par semaines**, à des exercices de contremesure !



Tanaka et al., 2017 (J Physiol Sci)



Comment lutter contre le déconditionnement neuromusculaire ?

→ Augmenter le niveau d'activité musculaire par l'exercice conventionnel...



Table III. Isokinetic Strength Changes (%) Following Spaceflight (L-60 TO R+5, 14, 30).

	R+5		R+14		R+30	
	N	Mean (95% CI)	N	Mean (95% CI)	N	Mean (95% CI)
Knee extension-60	37		34		36	
Knee flexion-60	37		34		36	
Knee extension-180	37		34		36	
Knee flexion-180	37		34		36	
Knee extension work-180	34	-12%	31	-9.5%	33	-4.6%
Knee flexion work-180	34		31		33	
Ankle extension con-30	37		34		36	
Ankle flexion con-30	37		34		36	
Ankle extension ecc-30	32		31		32	
Ankle flexion ecc-30	31		30		32	

English et al., 2015 (Aerospace Medicine and Human Performance)



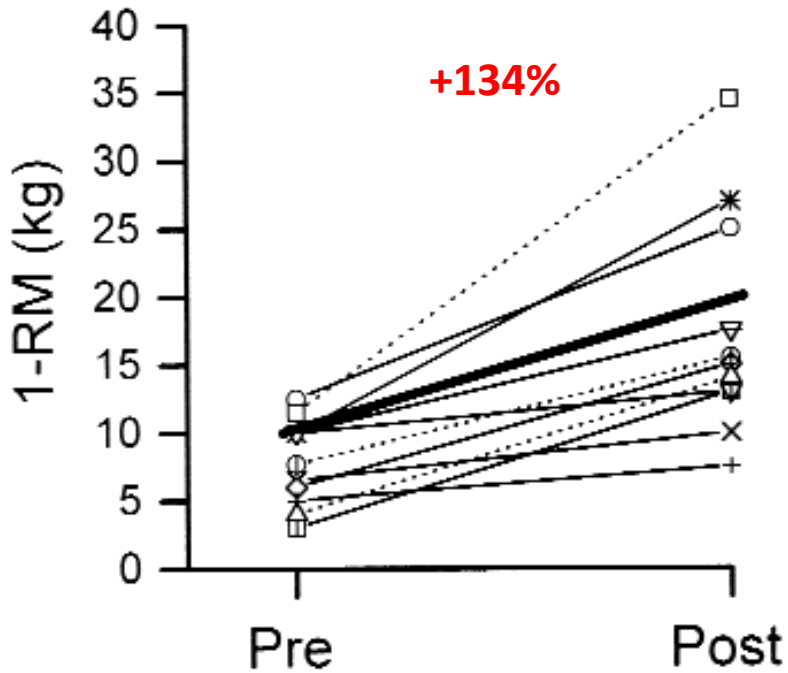
Comment lutter contre le déconditionnement neuromusculaire ?

→ Augmenter le niveau d'activité musculaire par l'exercice conventionnel...



Age : 85-97 ans
 12 semaines, 3 séances / semaine
 3 × 8 répétitions à 80% 1-RM
 Extension de genou

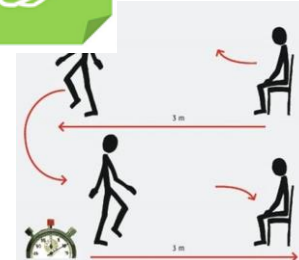
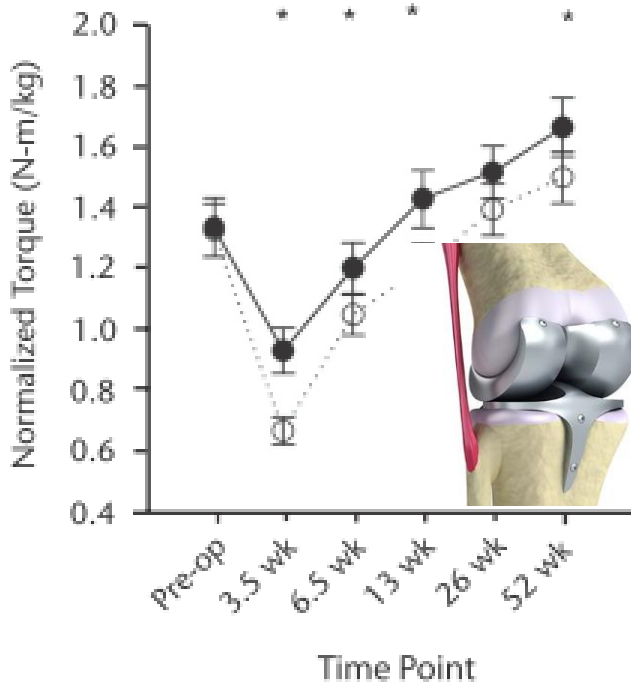
Harridge et al., 1999 (Muscle & Nerve)





Comment lutter contre le déconditionnement neuromusculaire ?

- Augmenter le niveau d'activité musculaire par l'exercice conventionnel...
- ... ou ses alternatives



Maffiuletti, 2010 (EJAP)

Stevens-Lapsley et al., 2012 (Phys Ther)

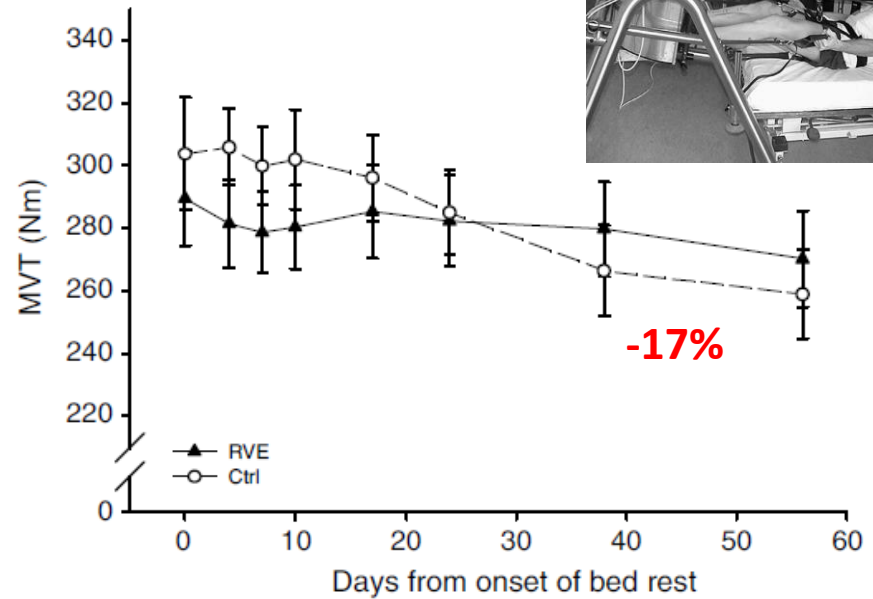


Comment lutter contre le déconditionnement neuromusculaire ?

- Augmenter le niveau d'activité musculaire par l'exercice conventionnel...
- ... ou ses alternatives

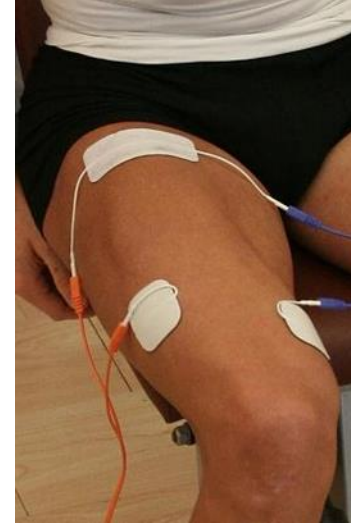


Rittweger, 2010 (EJAP)



Mulder et al., 2006 (EJAP)

Comment lutter contre le déconditionnement neuromusculaire ?



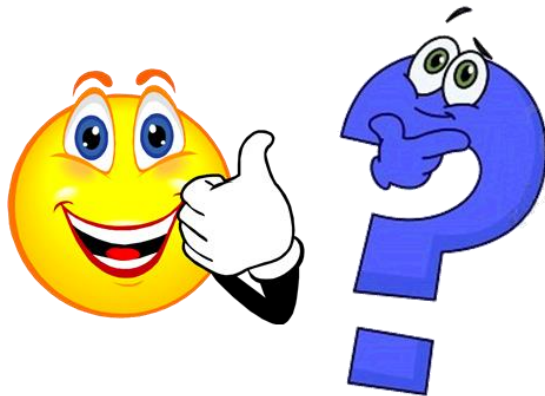
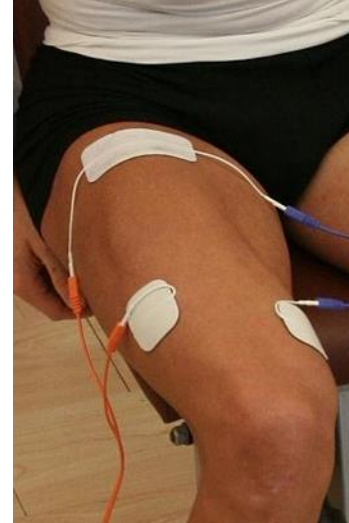
Efficacité prouvée mais...



Comment faire si la contraction musculaire est impossible ou douloureuse ?



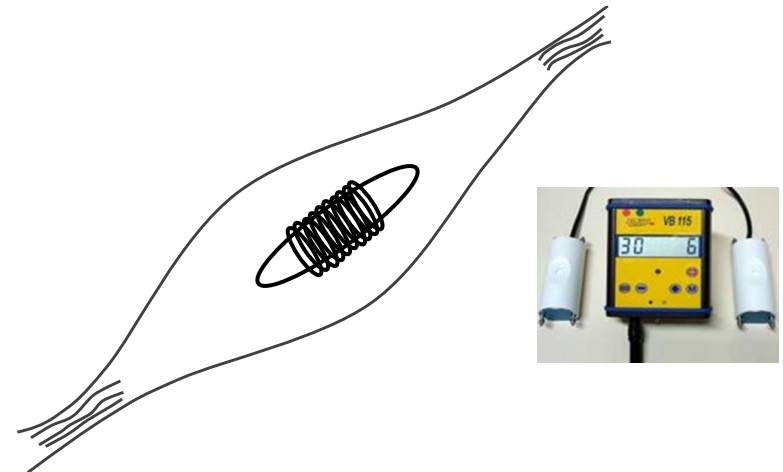
Comment lutter contre le déconditionnement neuromusculaire ?



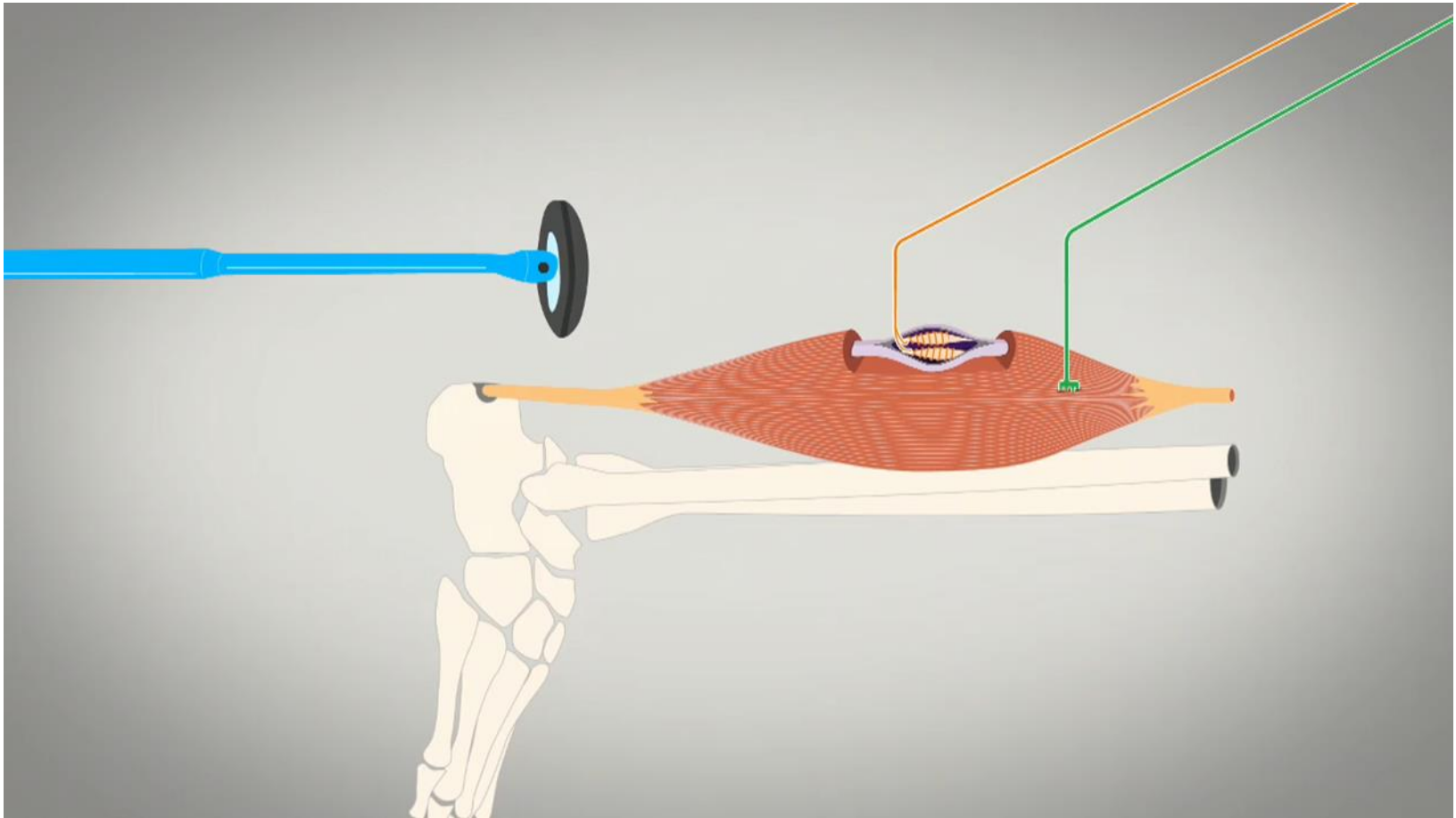


Les bases neurophysiologiques de la vibration

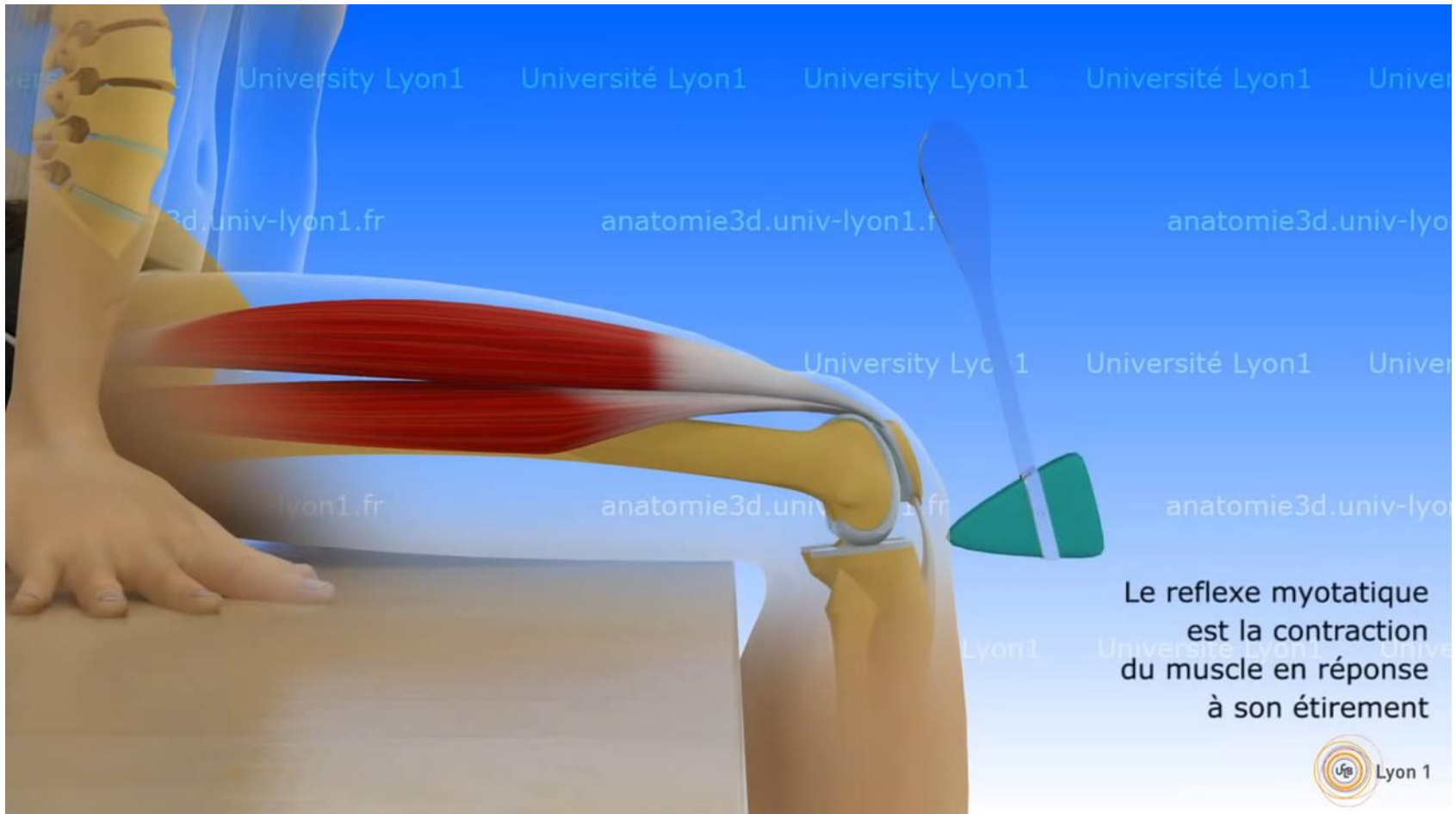
- Activation des FNM [Burke, 1976 \(J Physiol\)](#)

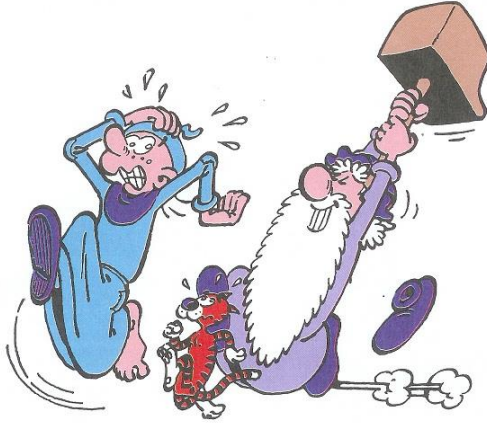


Les fuseaux neuromusculaires, récepteurs sensibles aux variations de longueur musculaire



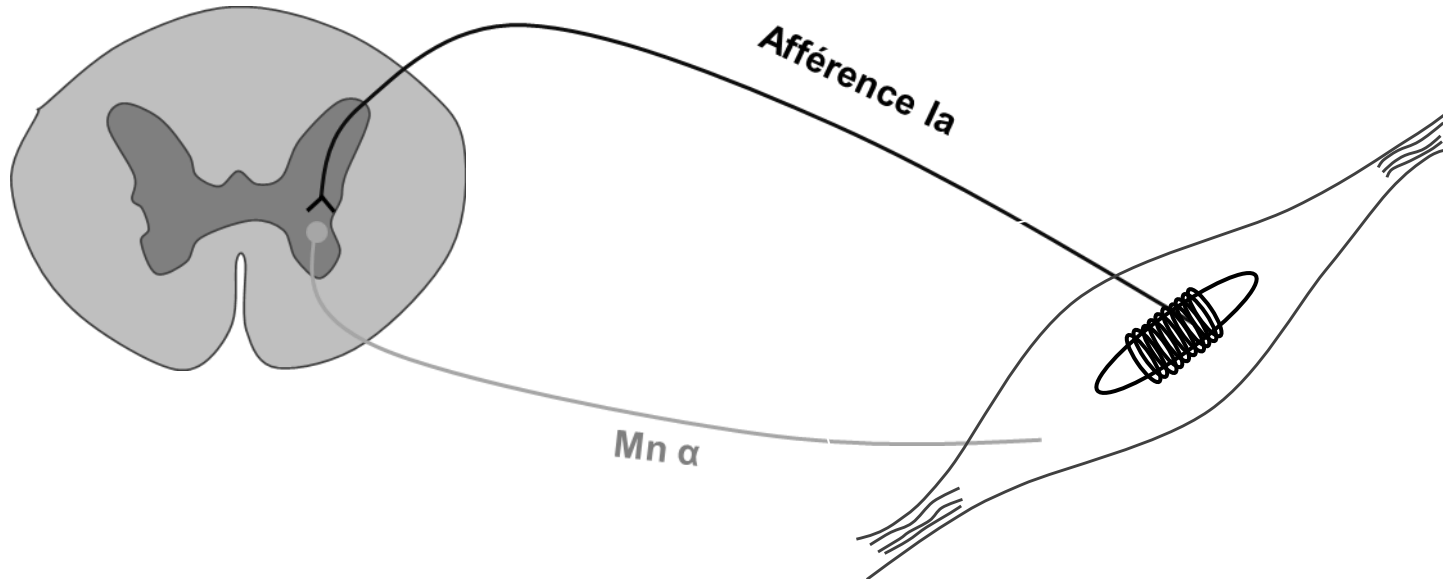
Les fuseaux neuromusculaires, point de départ du réflexe myotatique





Le réflexe myotatique

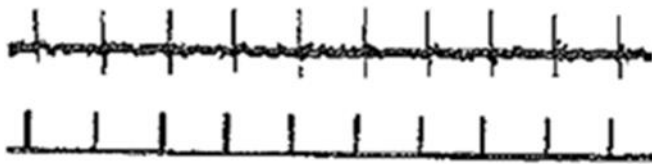
- Etirement du muscle et des FNM
- Activation des afférences Ia des FNM
- Activation réflexe des Mn α du muscle étiré
- Contraction musculaire



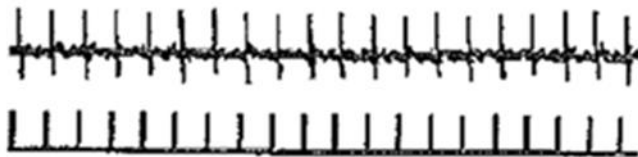


Les bases neurophysiologiques de la vibration

- Activation des FNM *Burke, 1976 (J Physiol)*

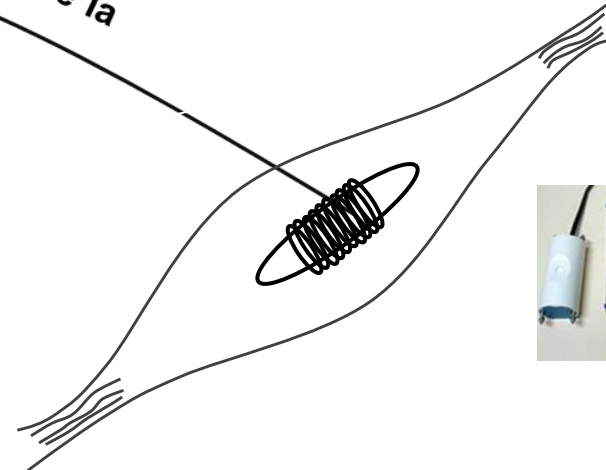


30Hz



60Hz

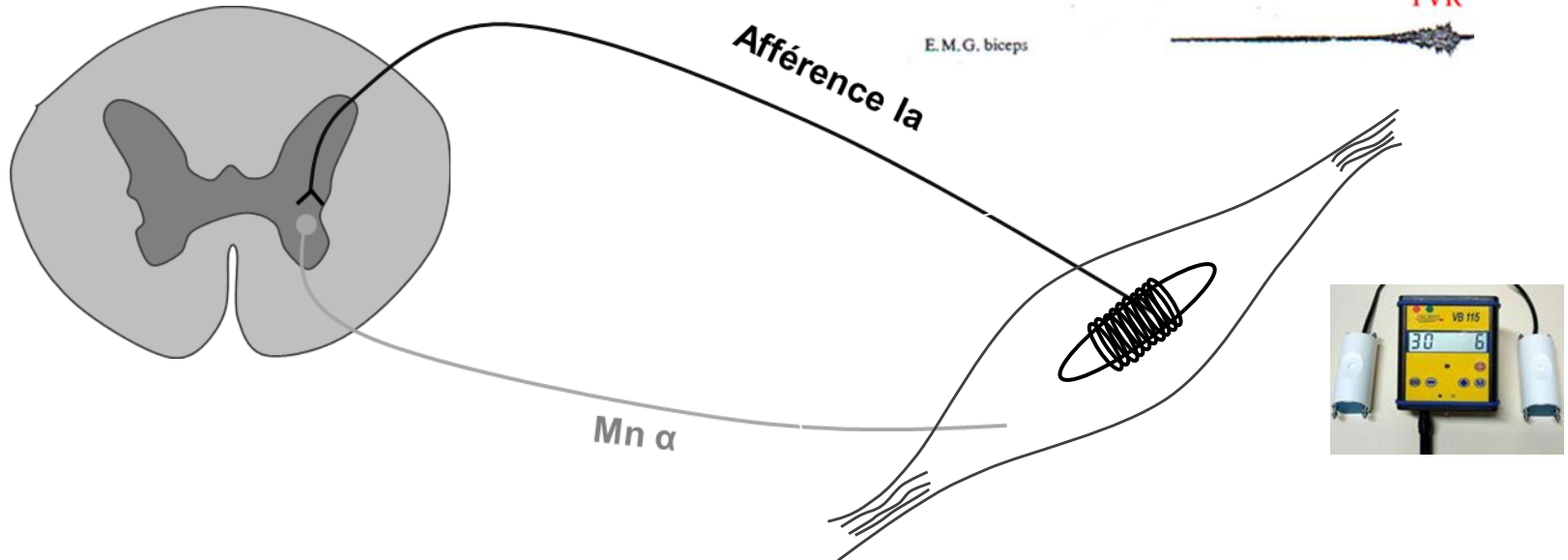
Afférence Ia



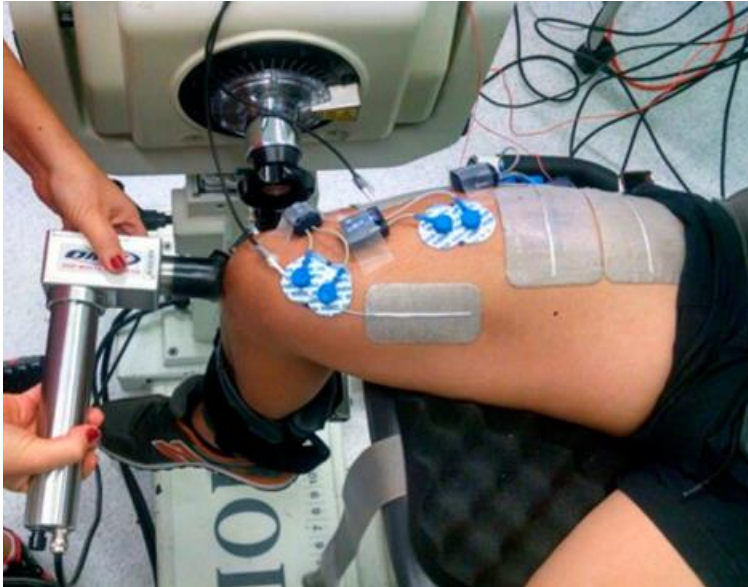


Les bases neurophysiologiques de la vibration

- Activation des FNM [Burke, 1976 \(J Physiol\)](#)
- TVR [Eklund et Haghbarth, 1966 \(Exp Neurol\)](#)



Electrostimulation musculaire et vibration tendineuse combinées



- Facilitation de l'activation musculaire réflexe
- Recrutement plus important des UMs lentes
- Moindre fatigue
- Moindre intensité de stimulation pour niveau de force donné
- Moindre douleur

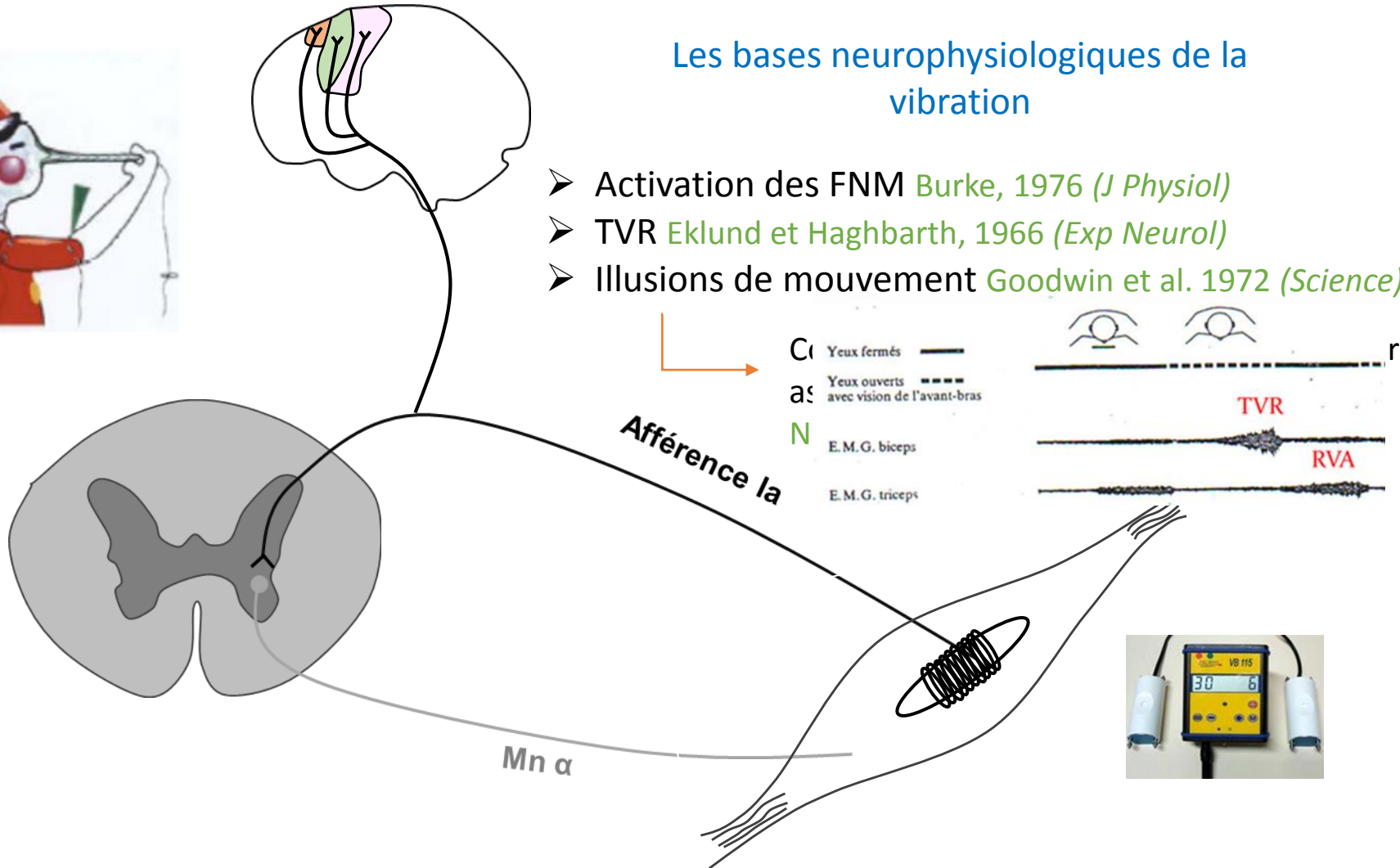


Bochkezanian et al., 2017 (BMC Neurol)



Les bases neurophysiologiques de la vibration

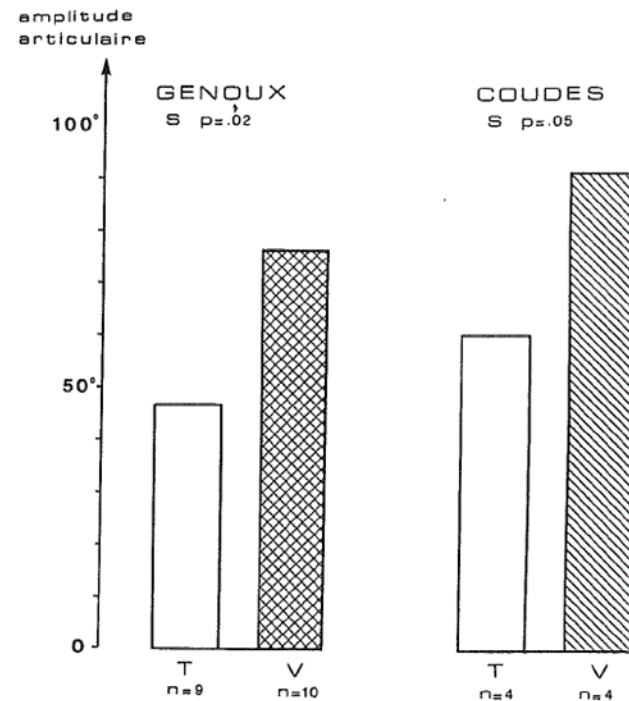
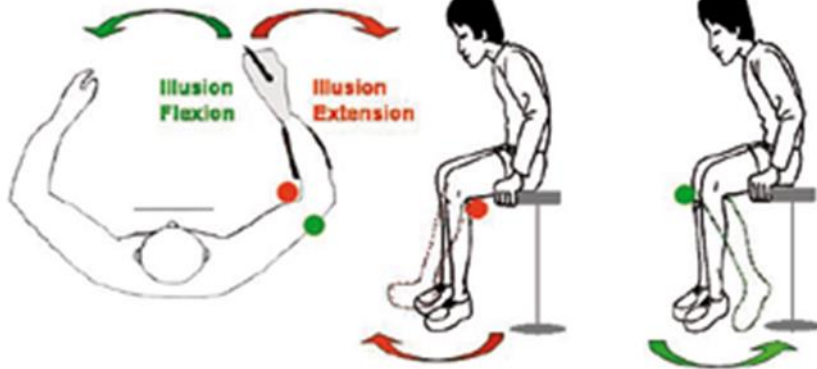
- Activation des FNM [Burke, 1976 \(J Physiol\)](#)
- TVR [Eklund et Haghbarth, 1966 \(Exp Neurol\)](#)
- Illusions de mouvement [Goodwin et al. 1972 \(Science\)](#)



Rééducation proprioceptive par assistance vibratoire

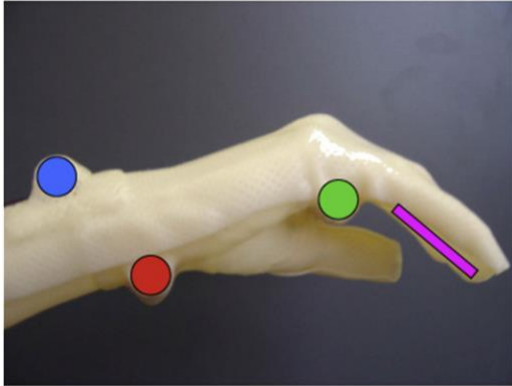


Maintien de sensations proprioceptives

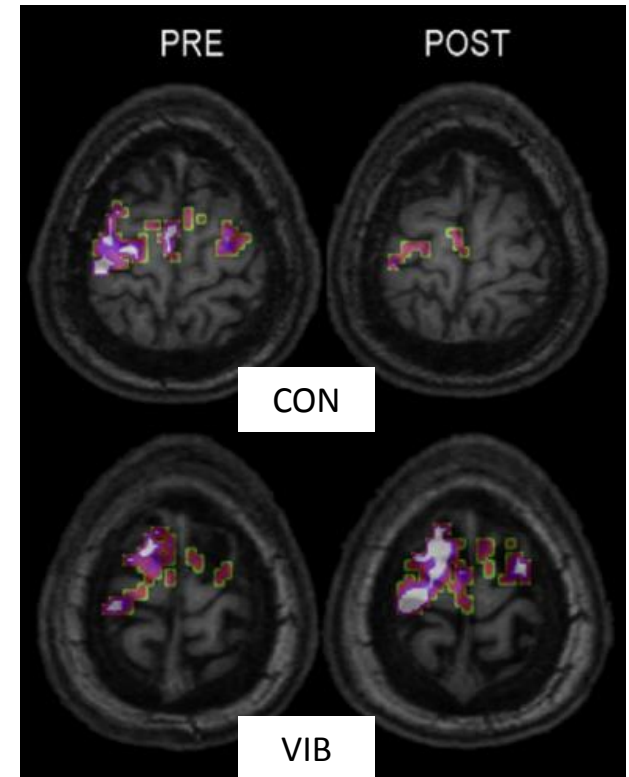
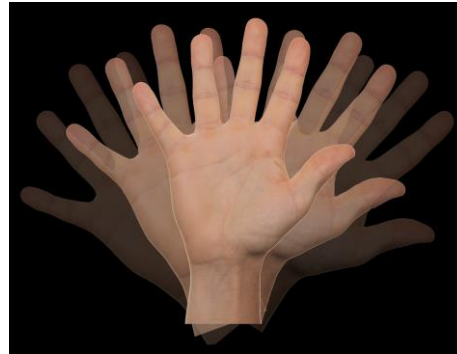


Neiger et al., 1986 (Kinesither)

Rééducation proprioceptive par assistance vibratoire

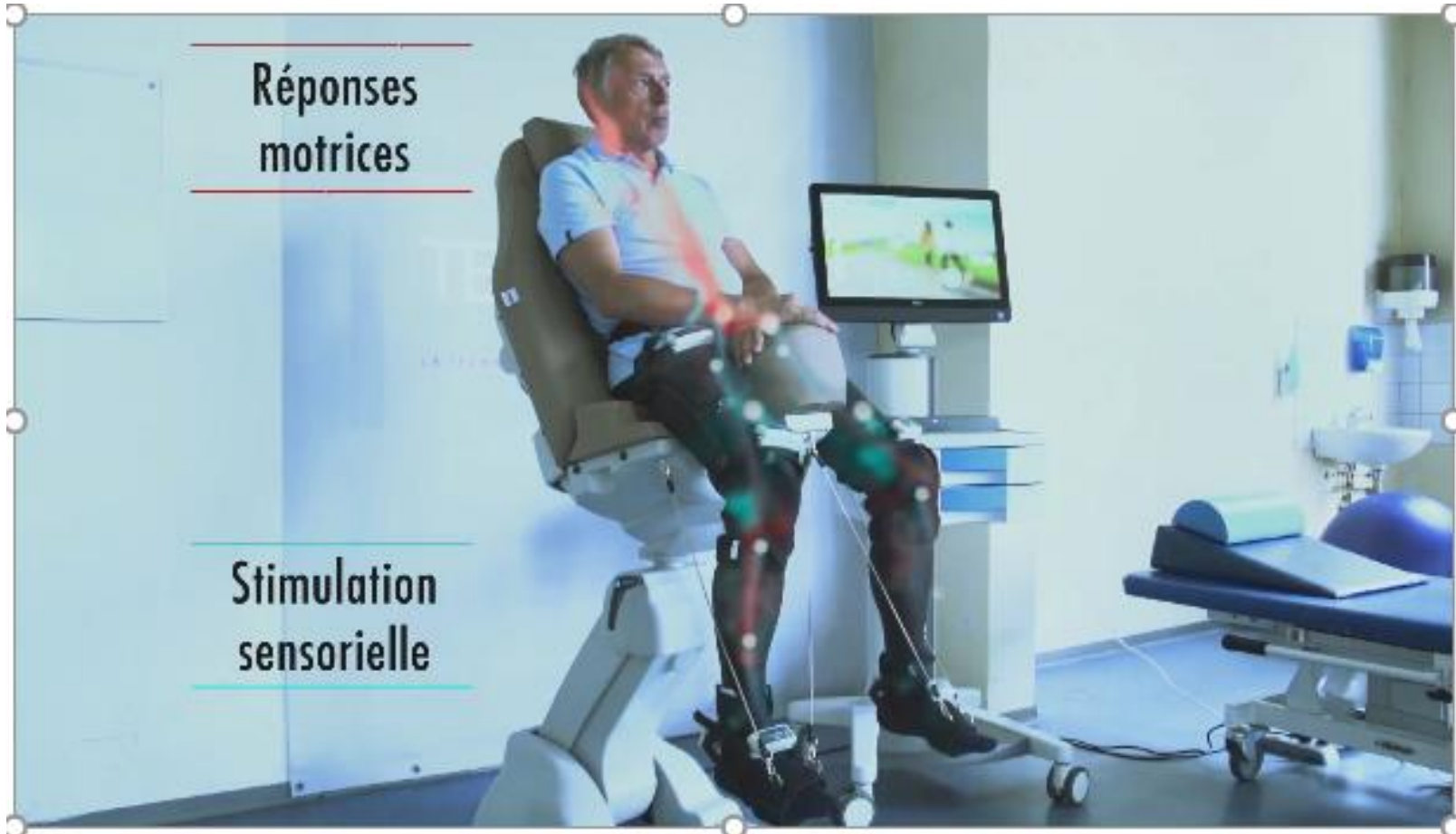


5 jours d'immobilisation



Roll et al., 2012 (Neuroimage)

Rééducation proprioceptive par assistance vibratoire

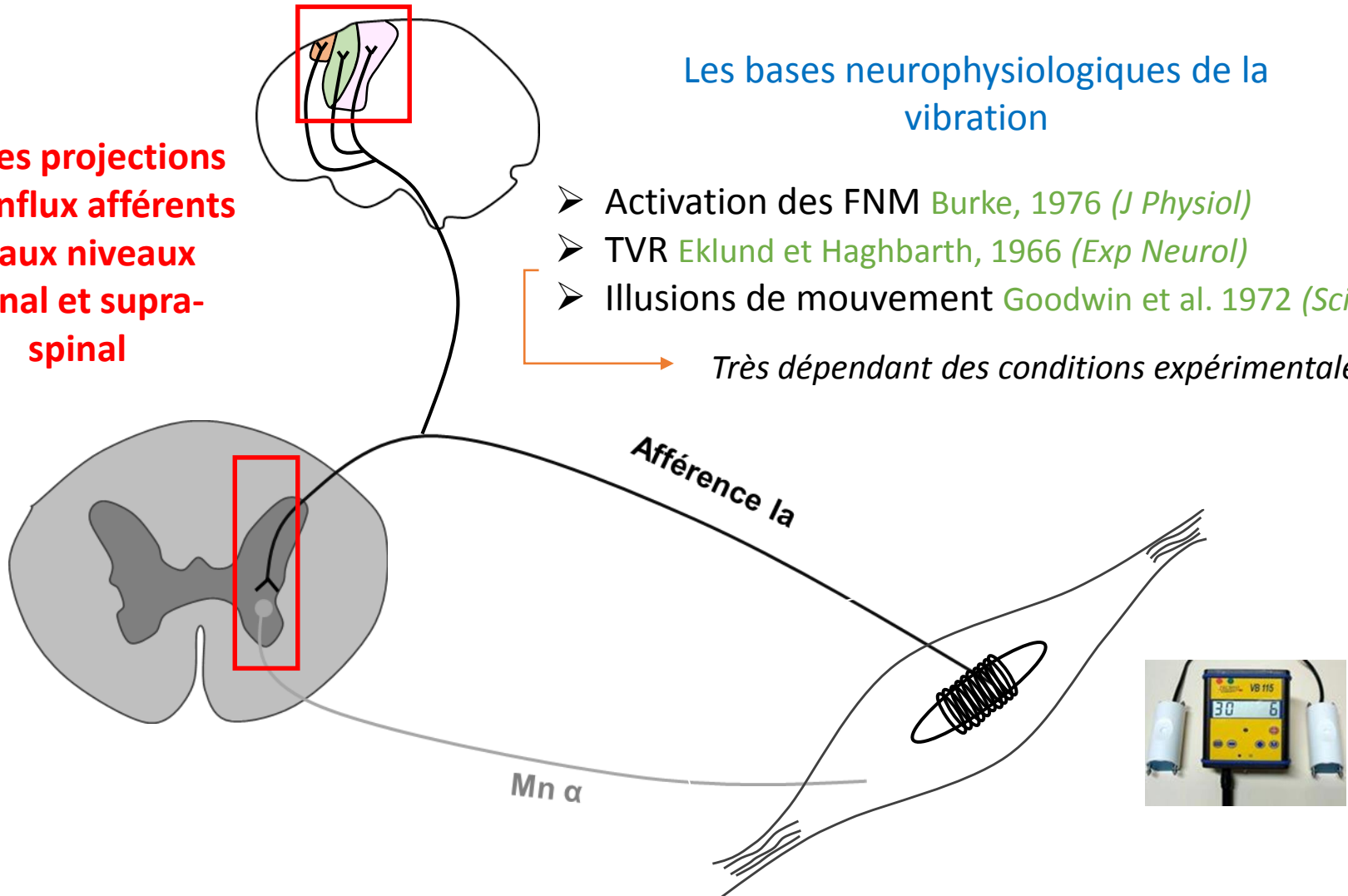


**Fortes projections
des influx afférents
la aux niveaux
spinal et supra-
spinal**

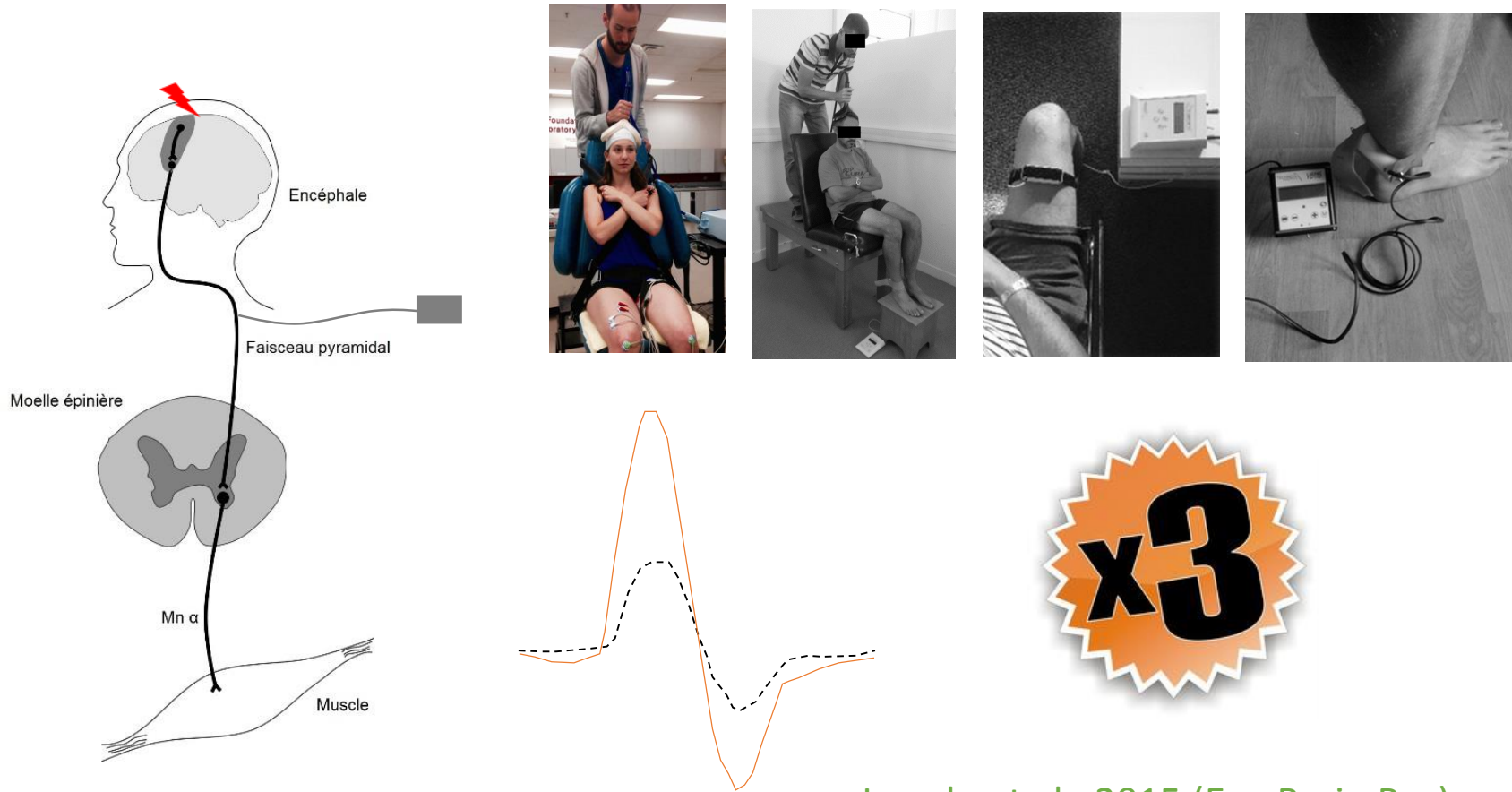
Les bases neurophysiologiques de la vibration

- Activation des FNM *Burke, 1976 (J Physiol)*
- TVR *Eklund et Haghbarth, 1966 (Exp Neurol)*
- Illusions de mouvement *Goodwin et al. 1972 (Science)*

Très dépendant des conditions expérimentales



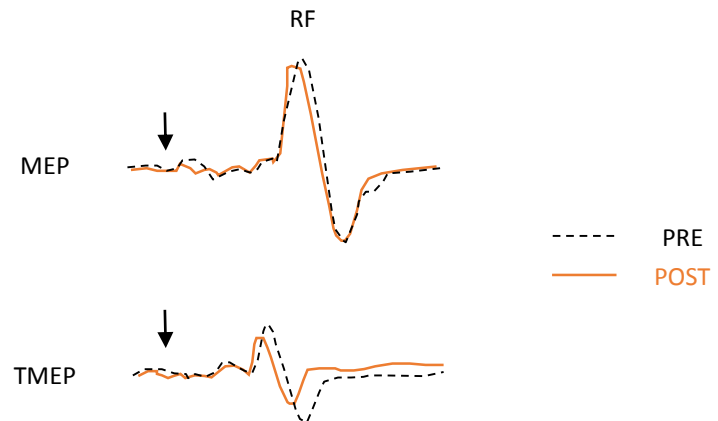
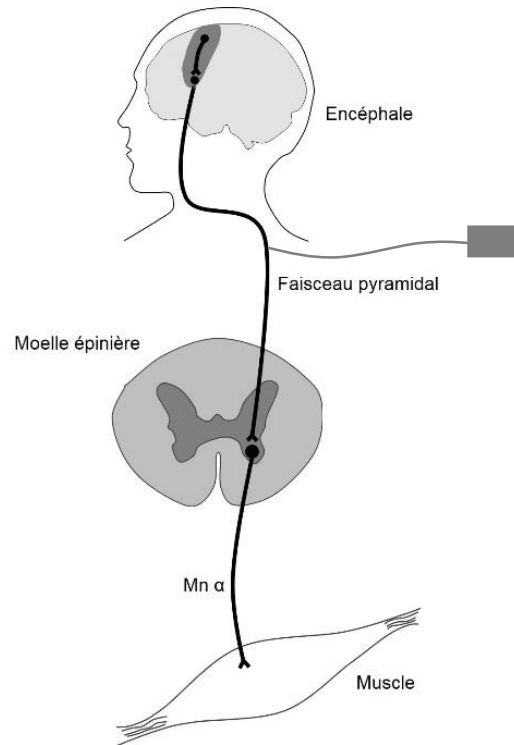
Modulation de l'excitabilité cortico-spinale durant l'application de vibration localisée



Est-ce spinal ou cortical en origine ?

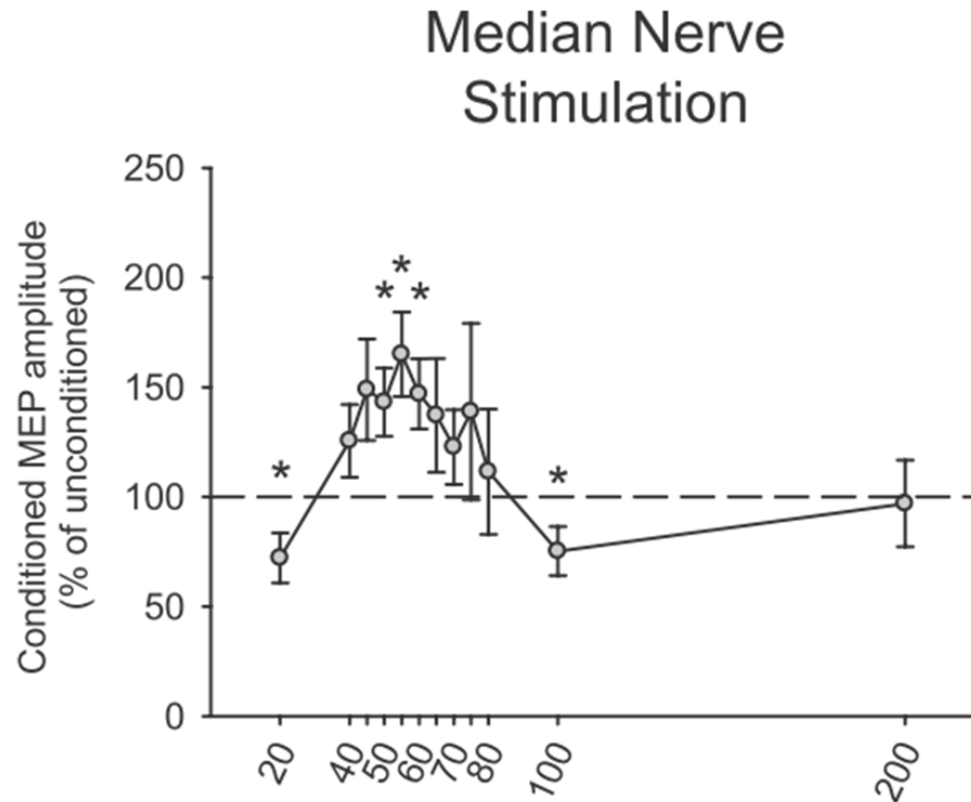
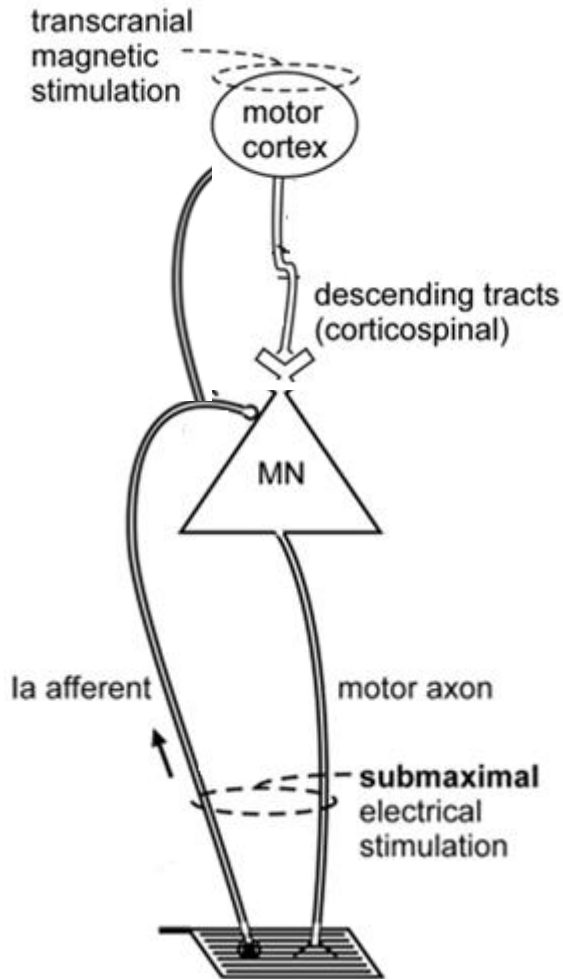
Lapole et al., 2015 (Exp Brain Res)
Souron et al., 2018 (Front Physiol)

Effets aigus de la vibration localisée prolongée sur l'excitabilité cortico-spinale



Souron et al., 2017 (*Front Hum Neurosc*)

Une séance de vibration modifie t-elle l'excitabilité des circuits sensorimoteurs ?



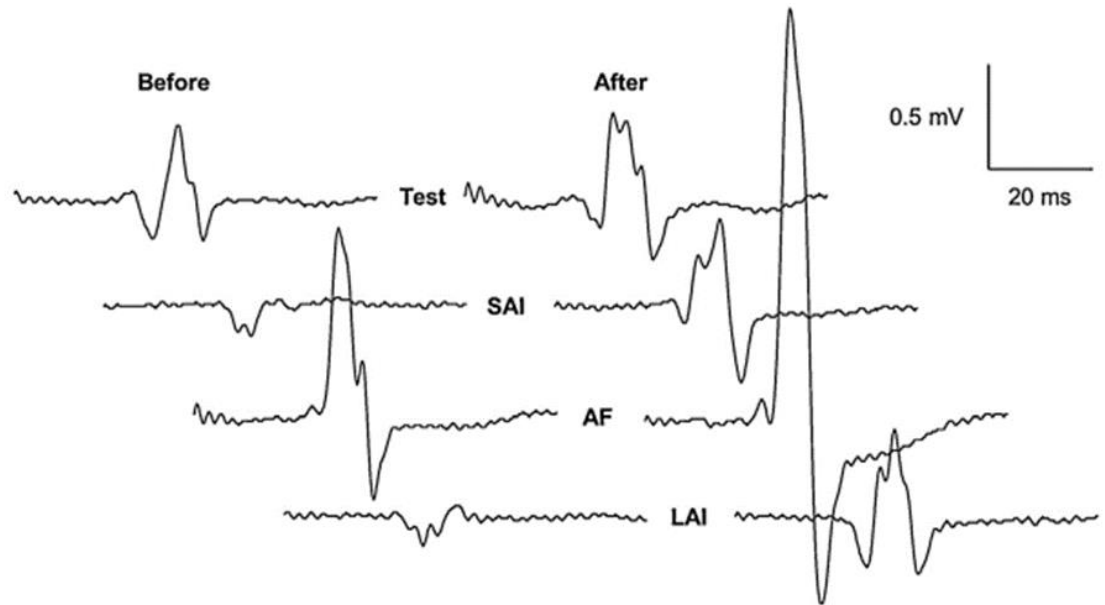
Devanne et al., 2009 (Eur J Neurosci)

Une séance de vibration modifie-t-elle l'excitabilité des circuits sensorimoteurs ?



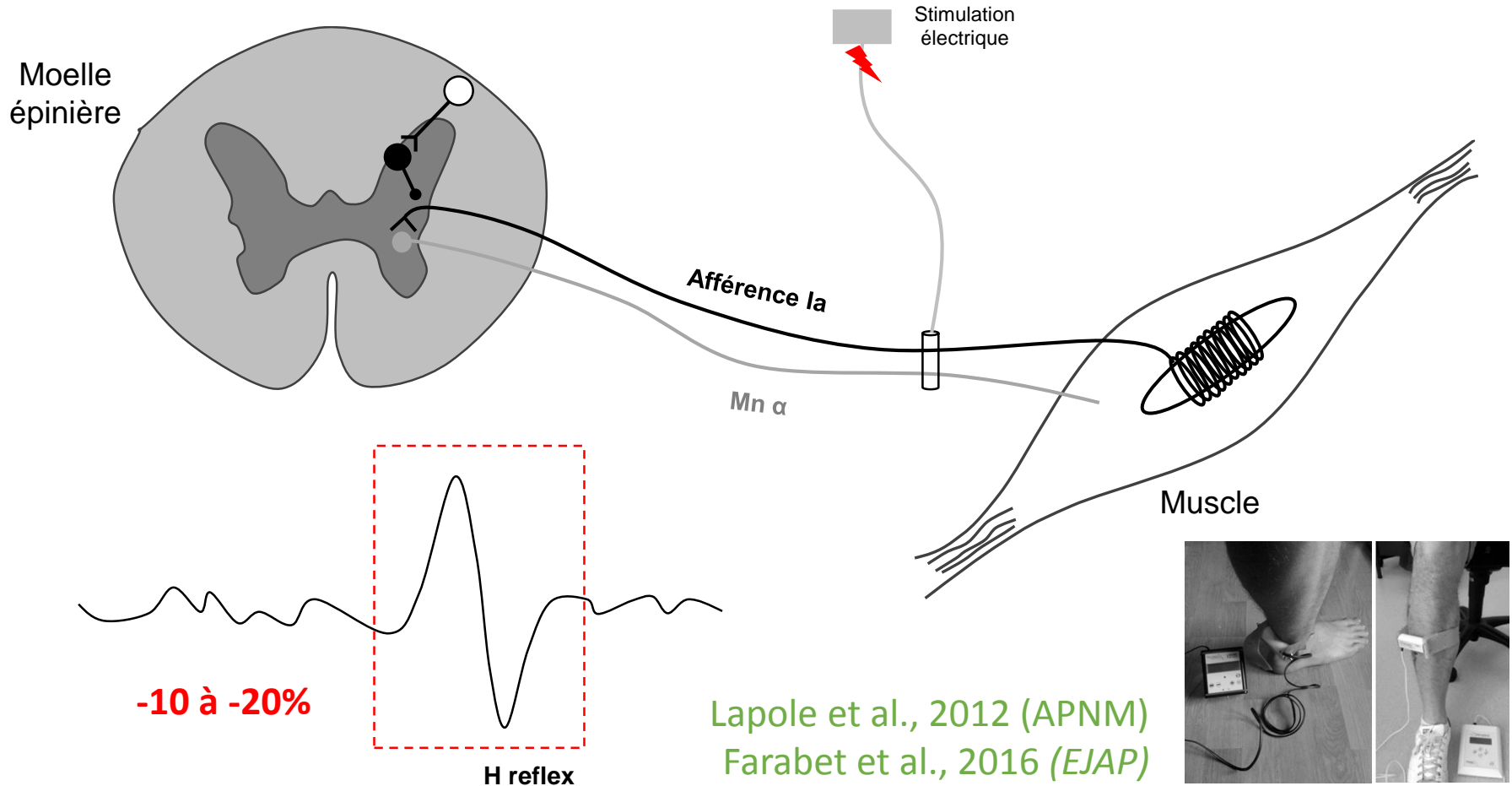
15 min

Modification d'intégration sensorimotrice

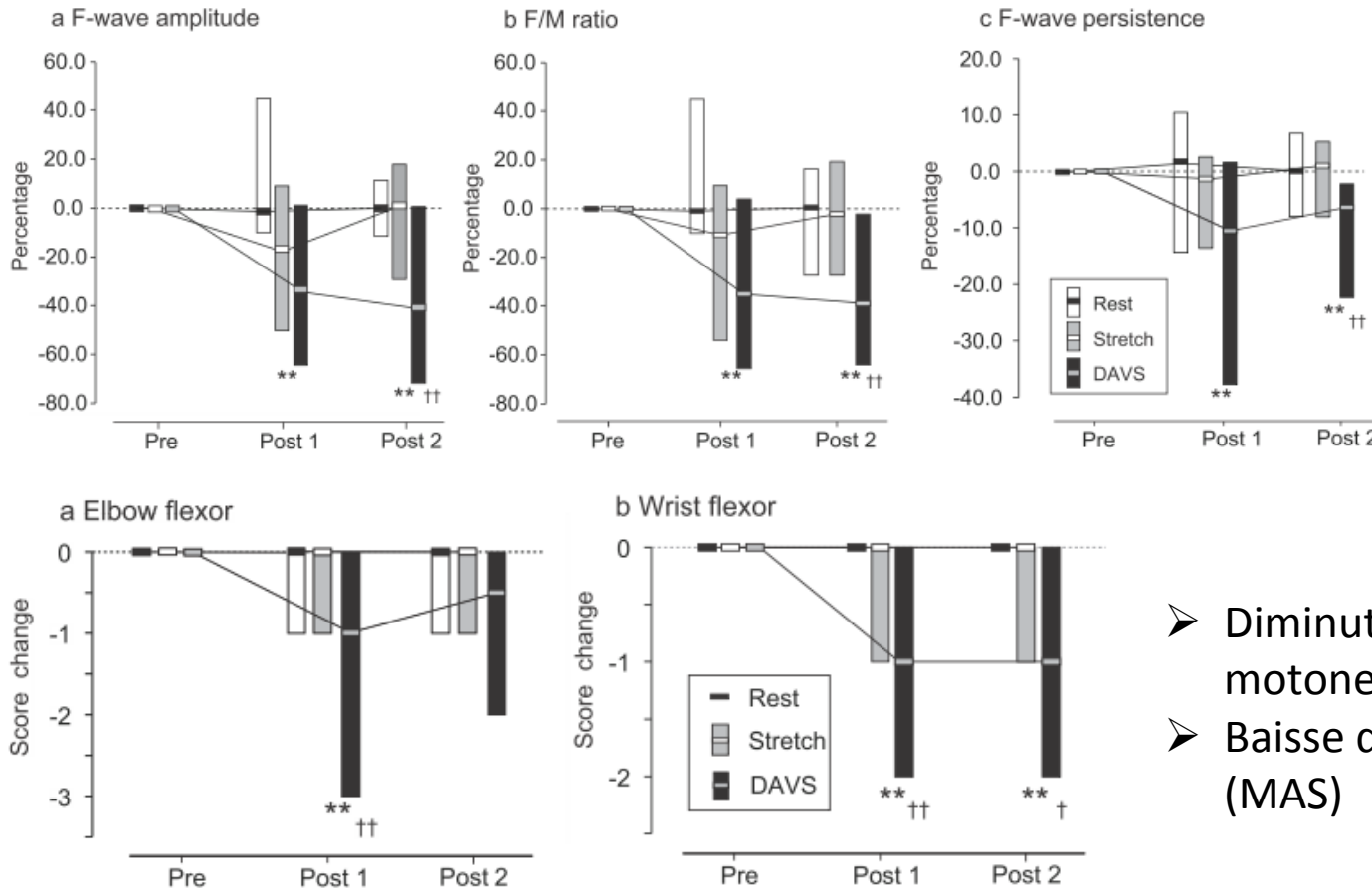


Lapole et Tindel, 2015 (Neurosci Lett)

Effets aigus de la vibration localisée sur l'excitabilité spinale



Vibrations et spasticité



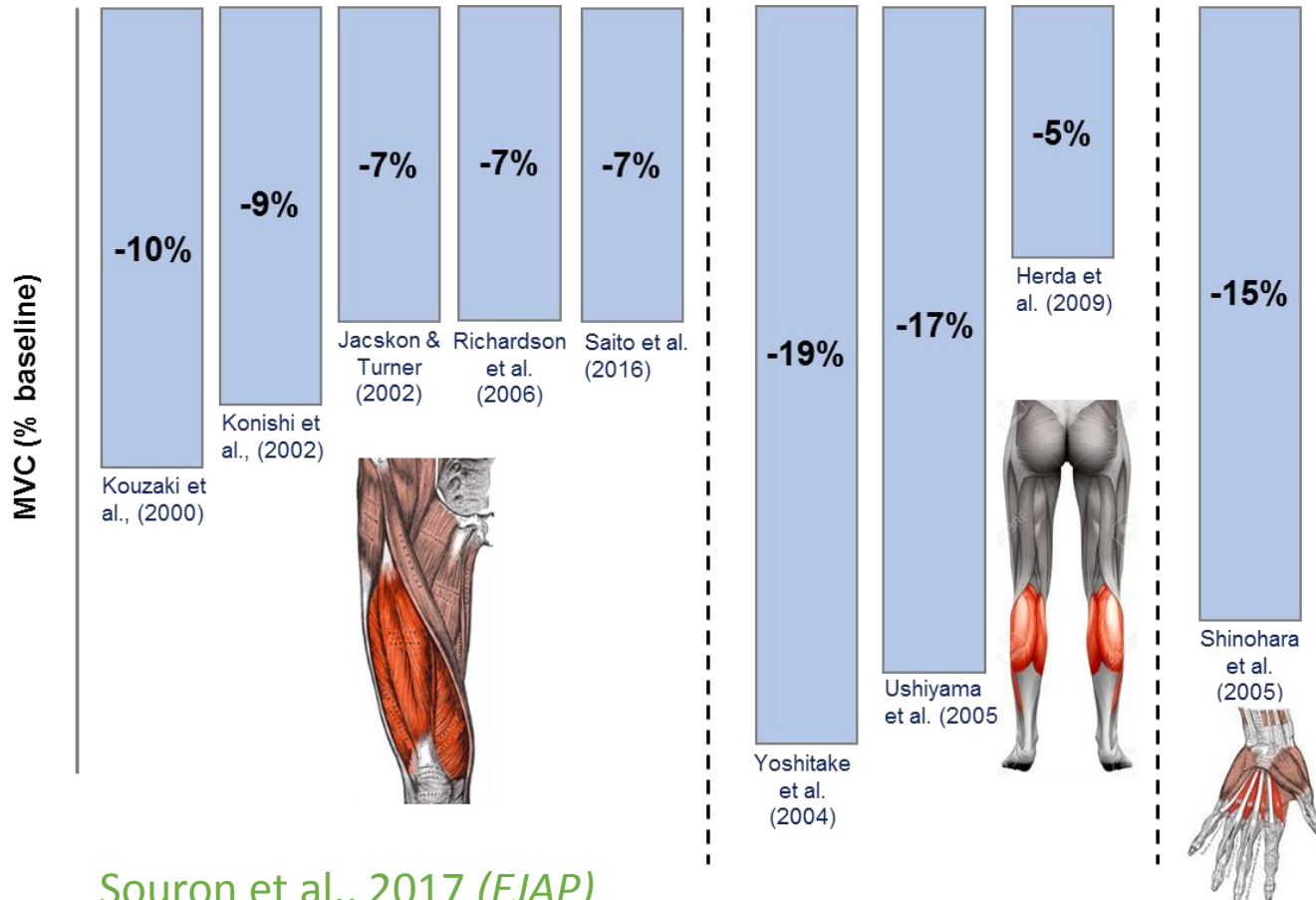
DAVS = 5 min de vibrations musculaires

- Diminution d'excitabilité motoneuronale
- Baisse de la spasticité (MAS)

Noma et al., 20112(*J Rehabil Med*)

MAS

Effets aigus d'une exposition prolongée à la vibration localisée sur les capacités de production de force

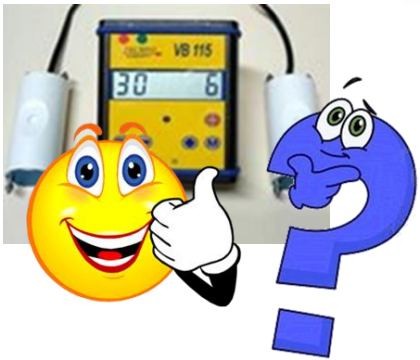
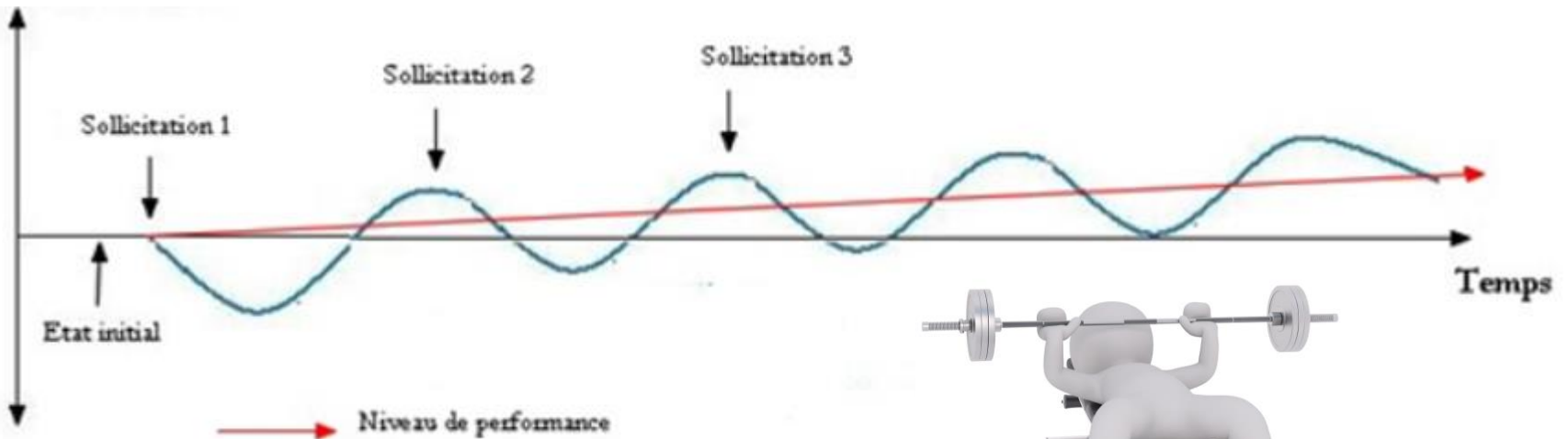


Potentiel stimulus pour le reconditionnement neuromusculaire à long terme ???



Souron et al., 2017 (EJAP)

Peut-on envisager l'utilisation de la vibration localisée pour lutter contre le déconditionnement neuromusculaire ?

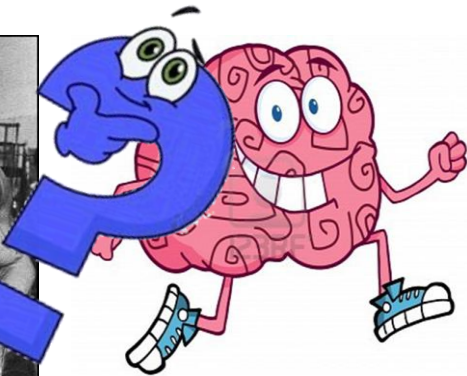
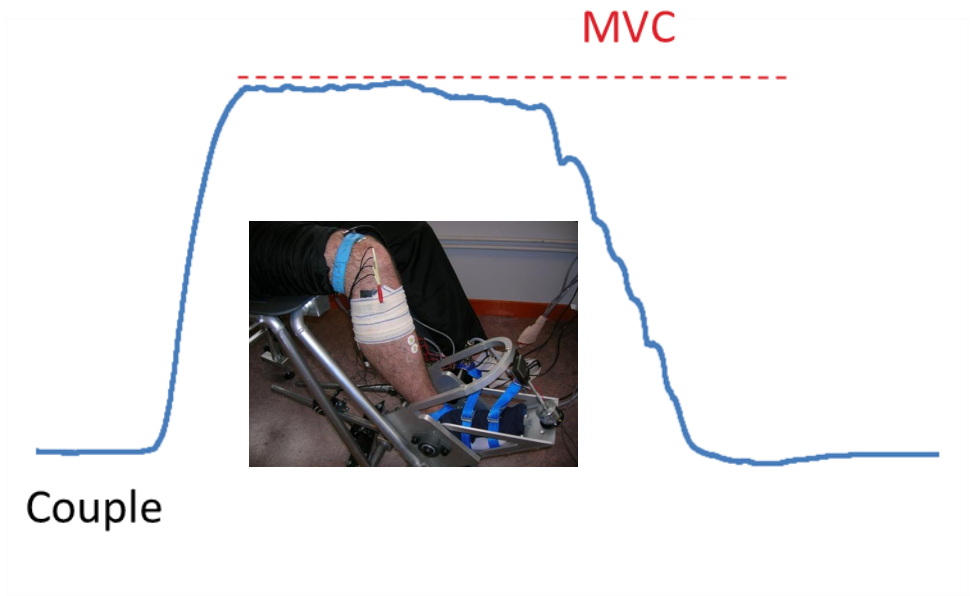


- Validation chez le sujet sain
- Compréhension des mécanismes d'adaptation aigus et chroniques
- Vers une application clinique

Effets chroniques d'un protocole de vibration du tendon d'Achille sur les capacités de production de force

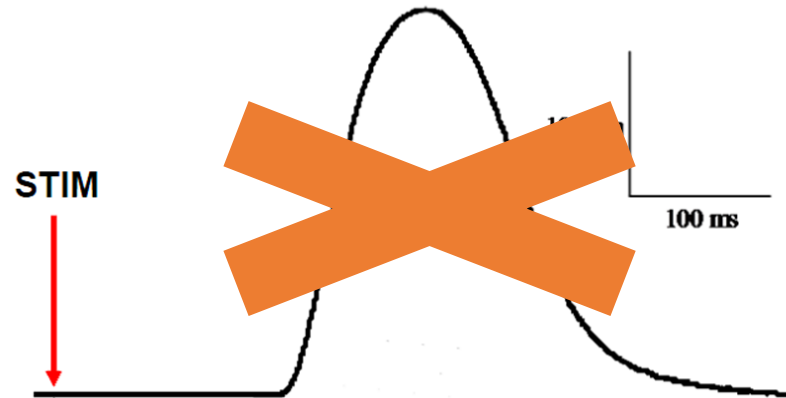
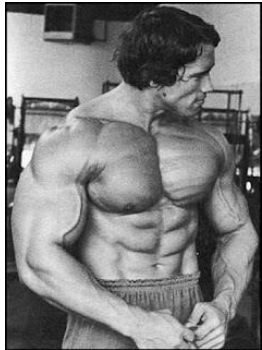


14 jours consécutifs
1h / jour
50 Hz
n = 29



	P1	P2	P3	Post	Benefits (%)
MVC (Nm)	117 ± 29	117 ± 27	119 ± 28	125 ± 28*	6.9 ± 8.3

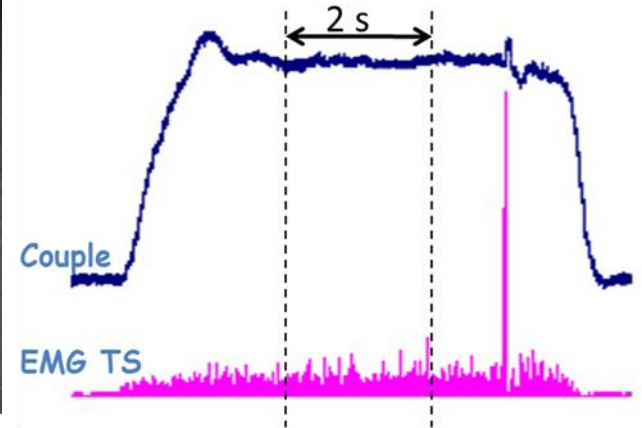
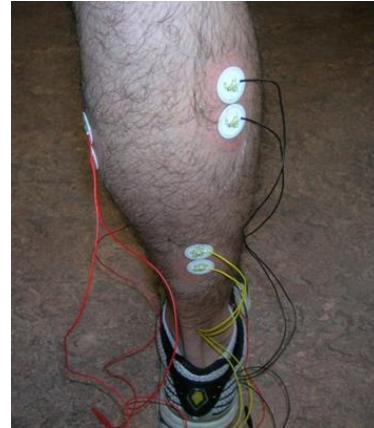
Lapole et Pérot, 2010 (JEK)



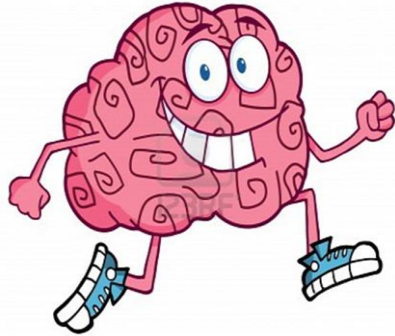
	P1	P2	P3	Post	Benefits (%)
MVC (Nm)	117 ± 29	117 ± 27	119 ± 28	125 ± 28*	6.9 ± 8.3

Lapole et Pérot, 2010 (JEK)

Effets chroniques d'un protocole de vibration du tendon d'Achille sur les capacités de production de force



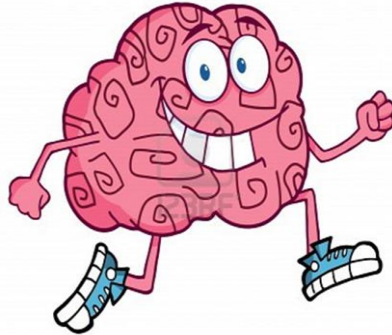
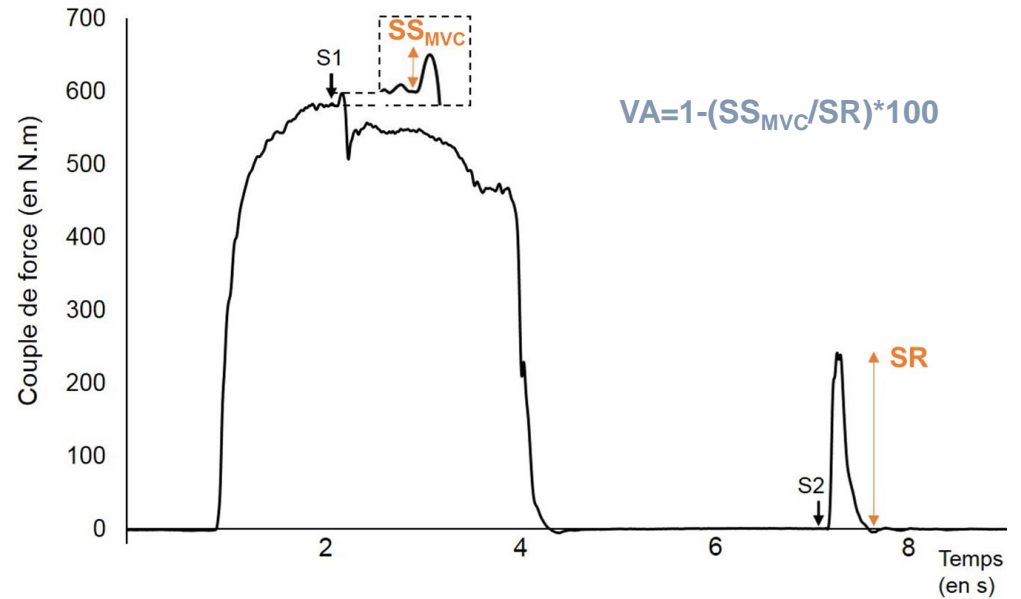
+17%



	P1	P2	P3	Post	Benefits (%)
MVC (Nm)	117 ± 29	117 ± 27	119 ± 28	125 ± 28*	6.9 ± 8.3

Lapole et Pérot, 2010 (JEK)

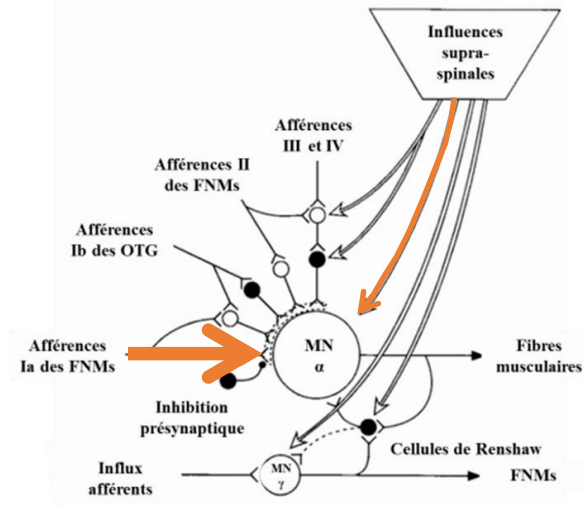
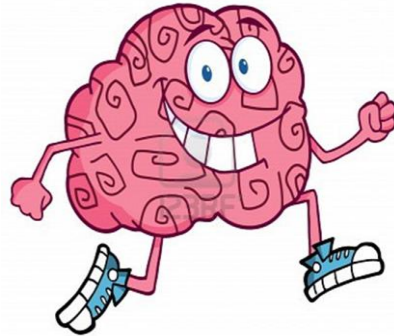
Effets chroniques d'un protocole de vibration du tendon d'Achille sur les capacités de production de force



	P1	P2	P3	Post	Benefits (%)
MVC (Nm)	117 ± 29	117 ± 27	119 ± 28	125 ± 28*	6.9 ± 8.3

Lapole et Pérot, 2010 (JEK)

Effets chroniques d'un protocole de vibration du tendon d'Achille sur les capacités de production de force



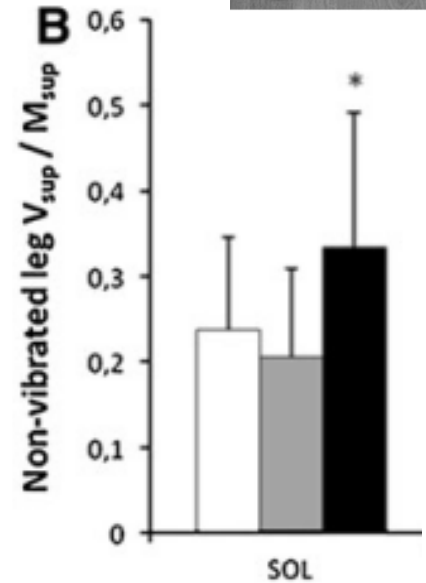
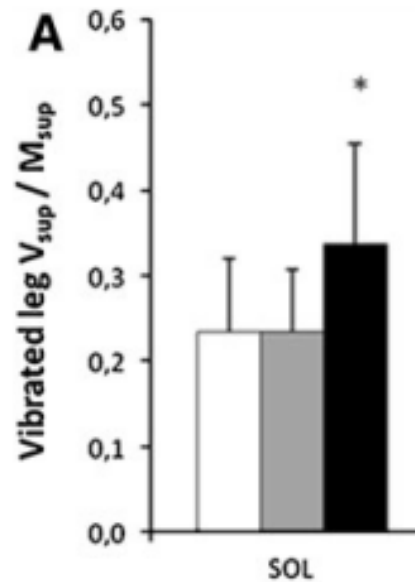
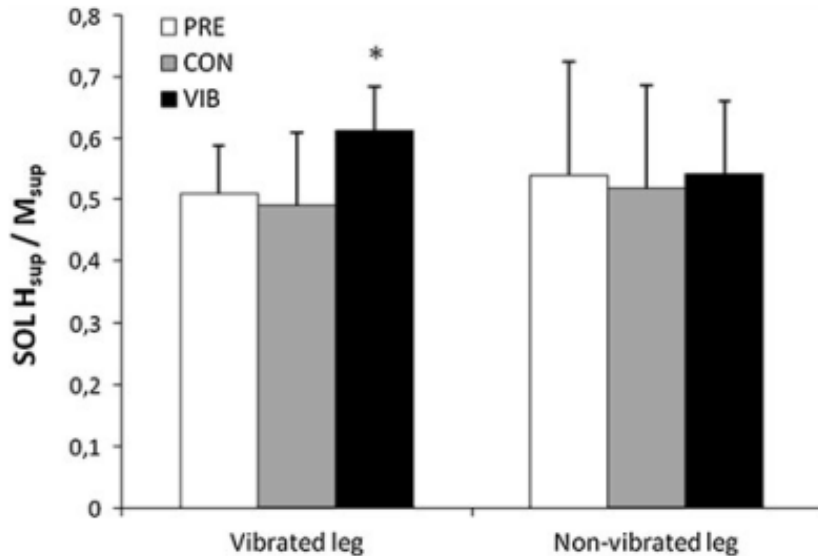
	P1	P2	P3	Post	Benefits (%)
MVC (Nm)	117 ± 29	117 ± 27	119 ± 28	125 ± 28*	6.9 ± 8.3

Lapole et Pérot, 2010 (JEK)

Quelles adaptations nerveuses induites suite à un entraînement par vibration localisée ?

MVC : +10% ... aussi du coté controlatéral non vibré !

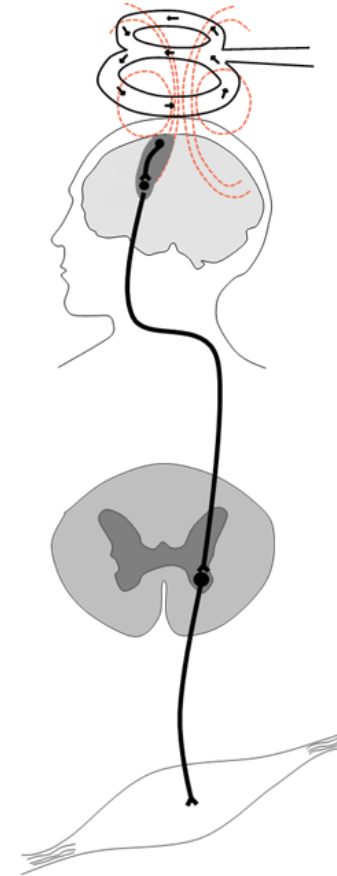
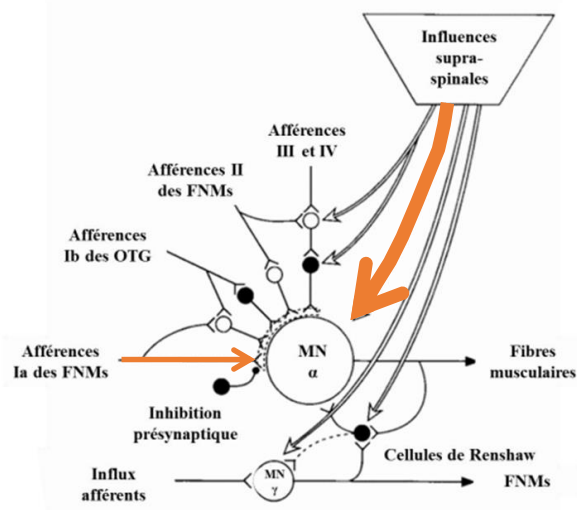
Mesures de réflexe H et onde V pendant MVC



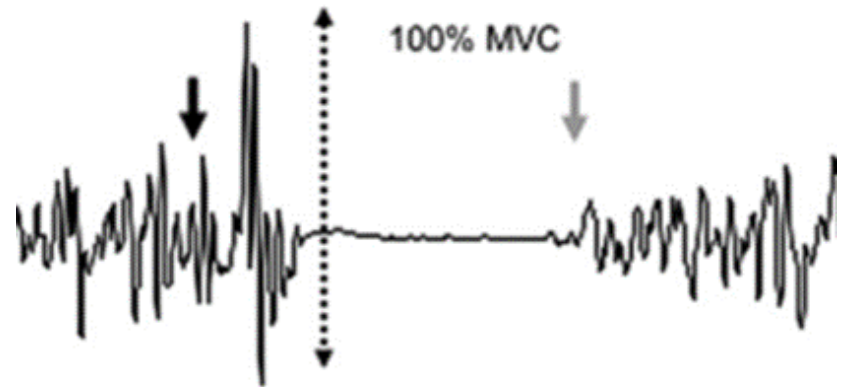
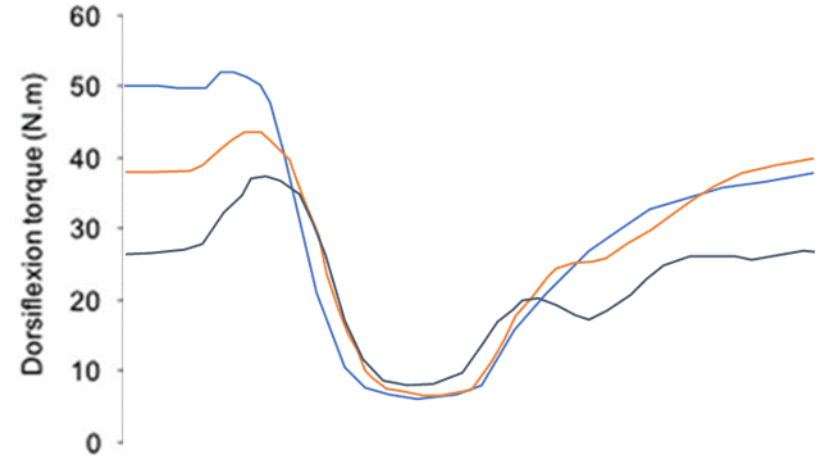
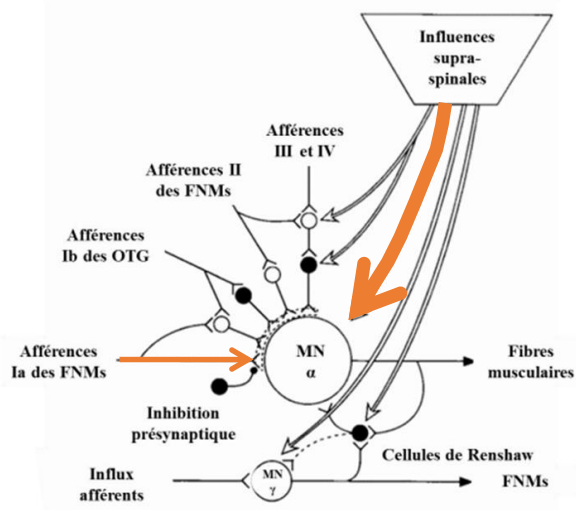
Augmentation de la commande descendante ?

Lapole et al., 2013 (EJAP)

Comment identifier d'éventuelles adaptations d'origine supra-spinale ?



Comment identifier d'éventuelles adaptations d'origine supra-spinale ?



Effets chroniques de la vibration localisée appliquée au muscle tibial antérieur



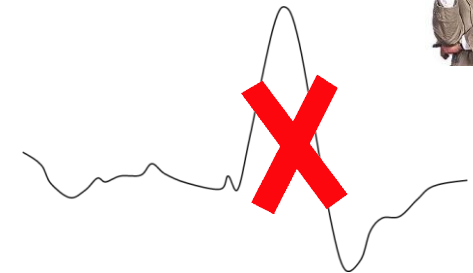
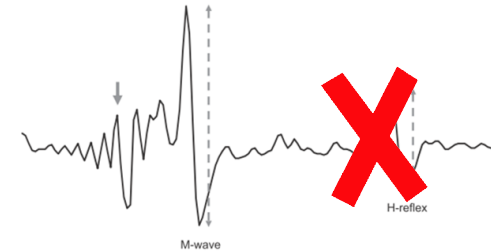
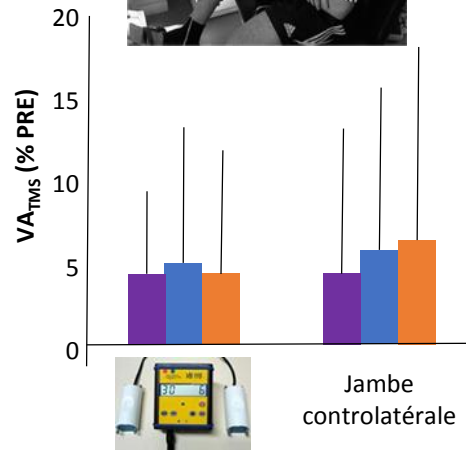
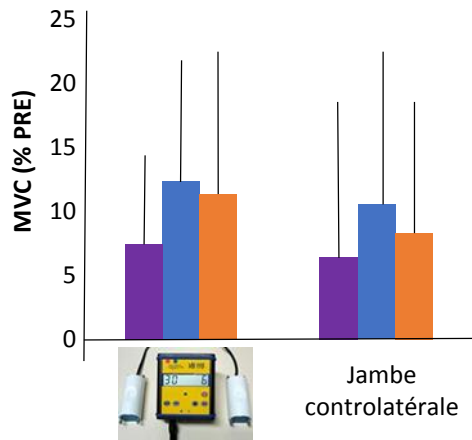
8 semaines
3 séances d'1h / semaine
100 Hz

Tests neuromusculaires

- Après 4 semaines d'entraînement
- Après 8 semaines d'entraînement
- 2 semaines après la fin de l'entraînement

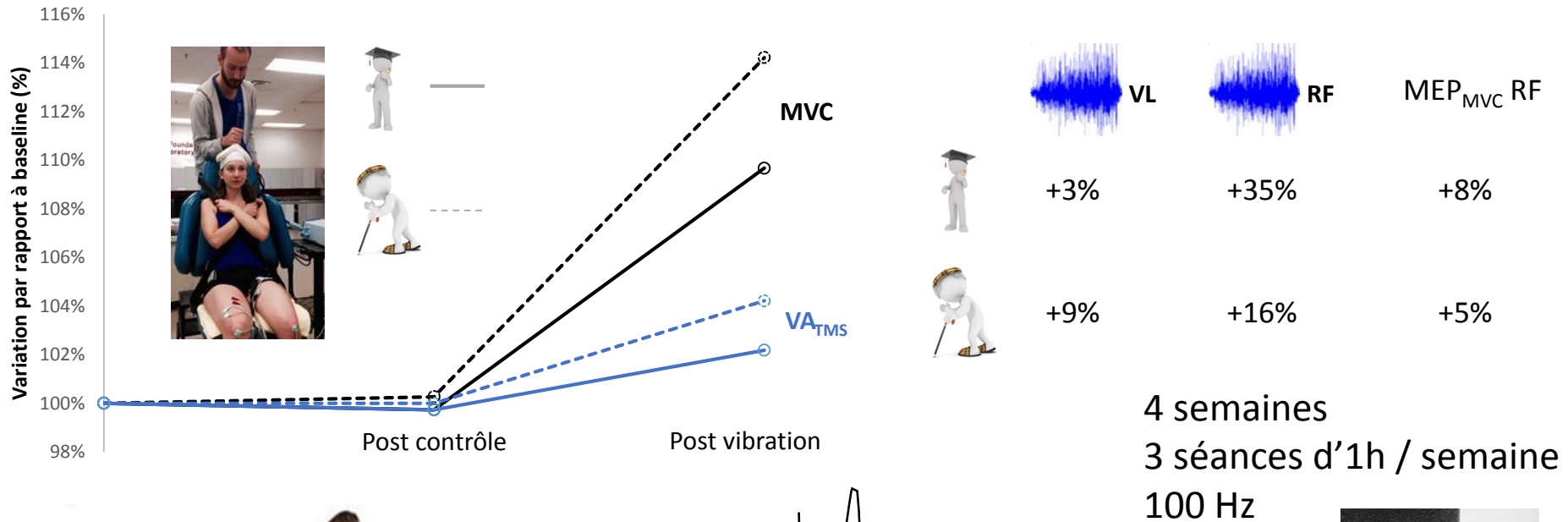


Etude randomisée
Groupe contrôle n=22
Groupe test n=22

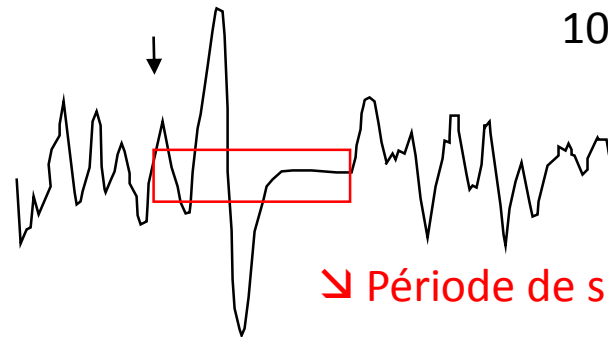


Souron et al., 2017 (JAP)

Effets chroniques de la vibration localisée appliquée au quadriceps



SJ : +15%
CMJ : +6%



Souron et al., 2017 (APNM)

TAKE HOME MESSAGE

Eur J Appl Physiol
DOI 10.1007/s00421-017-3688-8



INVITED REVIEW

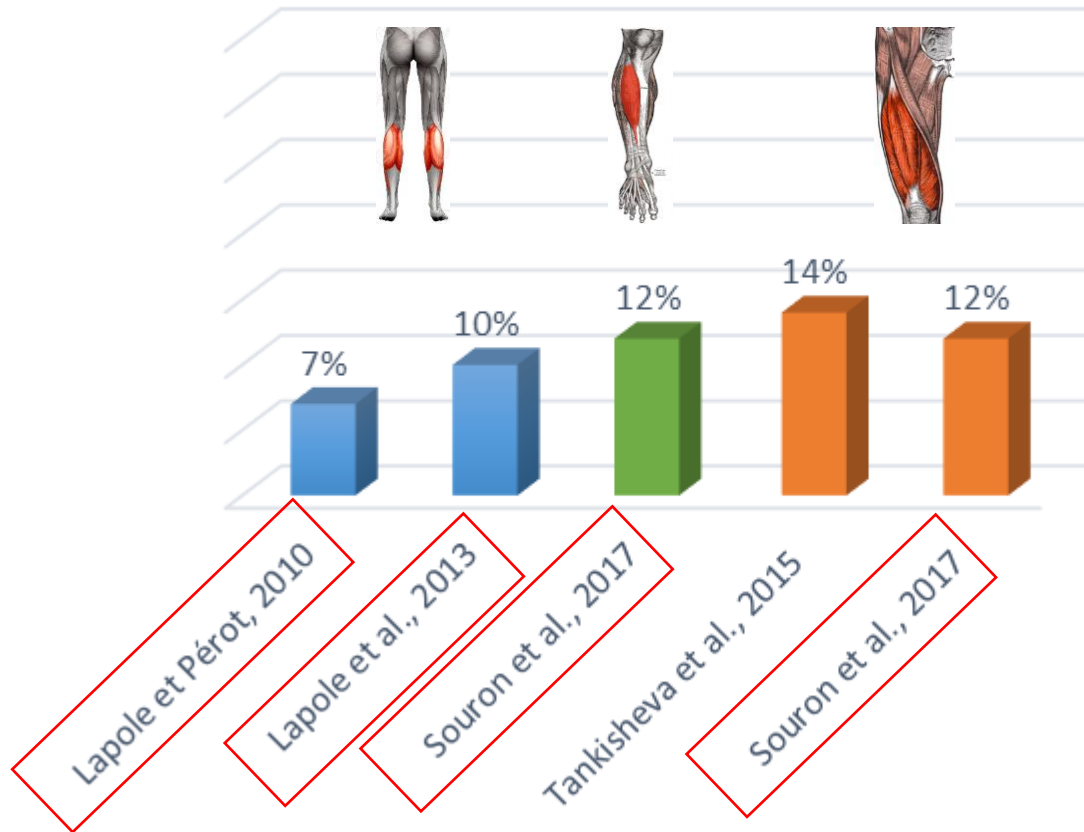
Acute and chronic neuromuscular adaptations to local vibration training

Robin Souron¹ · Thibault Besson¹ · Guillaume Y. Millet² · Thomas Lapole¹



Souron et al., 2017 (*EJAP*)

Gains de force maximale isométrique après entraînement par vibration localisée



Vibrations mécano-acoustiques focalisées à haute fréquence (300 Hz)



Souron et al., 2017 (EJAP)

TAKE HOME MESSAGE

Eur J Appl Physiol
DOI 10.1007/s00421-017-3688-8



INVITED REVIEW

Acute and chronic neuromuscular adaptations to local vibration training

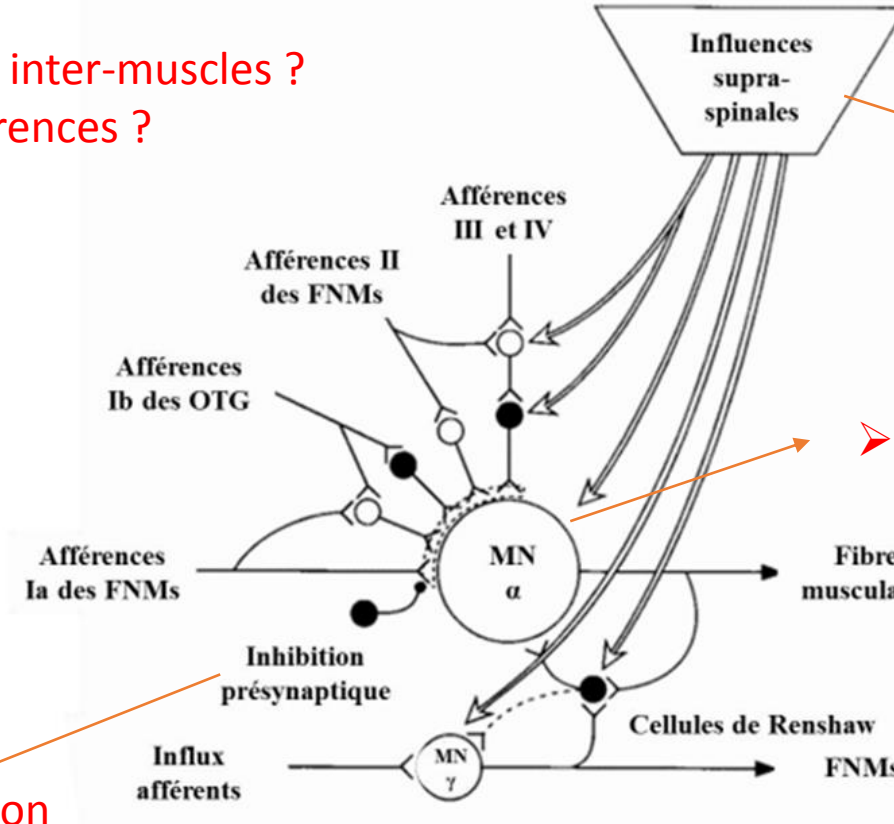
Robin Souron¹ · Thibault Besson¹ · Guillaume Y. Millet² · Thomas Lapole¹



Souron et al., 2017 (*EJAP*)

Mieux identifier les effets aigus et chroniques de la vibration localisée

- Différences inter-muscles ?
- Autres afférences ?
- MN γ ?



- Ratio MEP / TMEP
- Paired pulse
- Conditionnement afférent
- IRM fonctionnel
- Tomographie
- EEG

➤ TMEP

- TVR
- Contrainte vibratoire

- D1 inhibition
- Facilitation par projections hétéronymes Ia

- Sensibilité fusoriale
- Raideur musculo-tendineuse

TAKE HOME MESSAGE

Eur J Appl Physiol
DOI 10.1007/s00421-017-3688-8



INVITED REVIEW

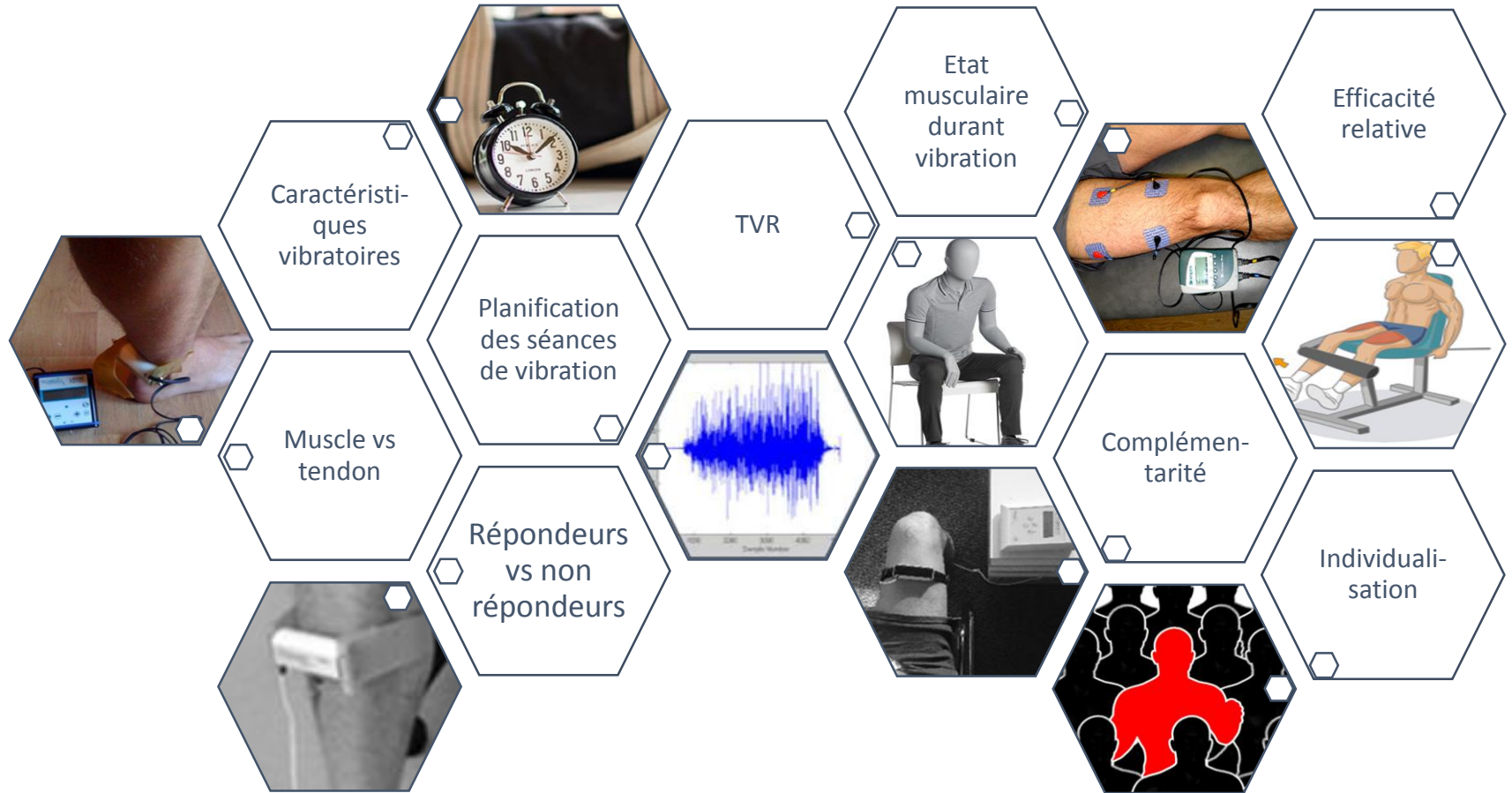
Acute and chronic neuromuscular adaptations to local vibration training

Robin Souron¹ · Thibault Besson¹ · Guillaume Y. Millet² · Thomas Lapole¹

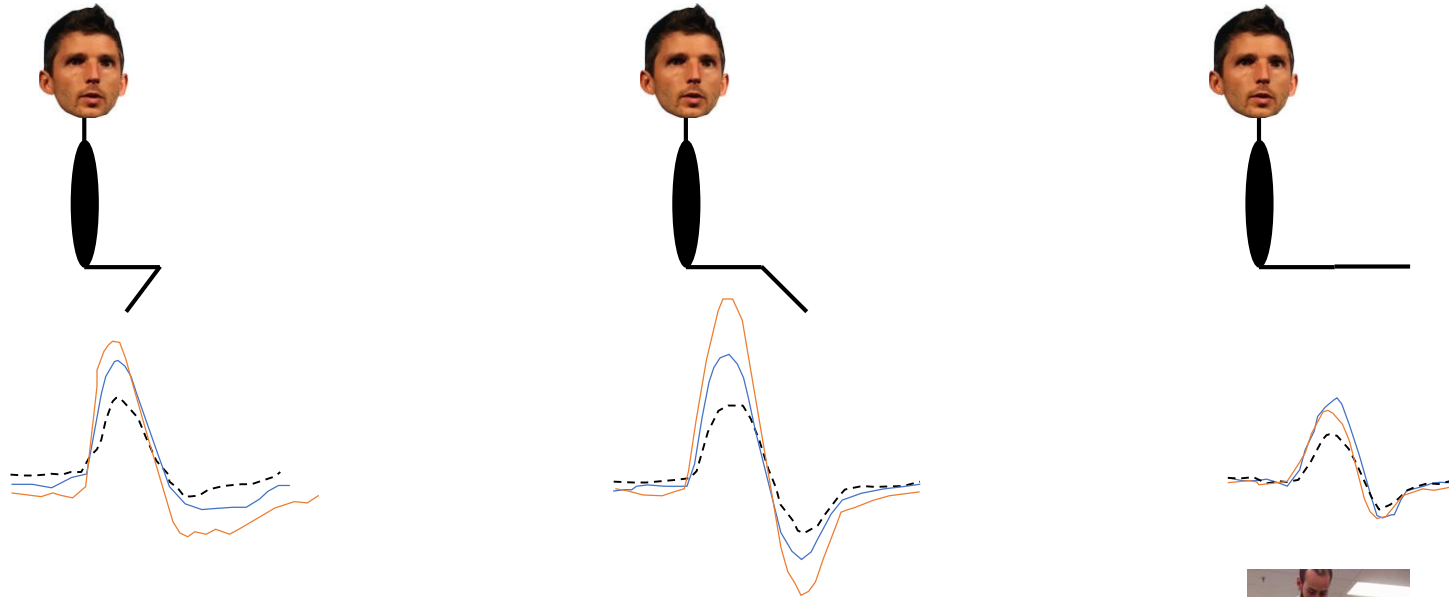


Souron et al., 2017 (*EJAP*)

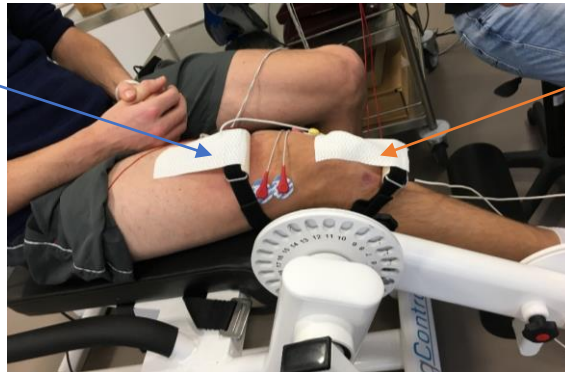
Optimiser les programmes de stimulation par vibration localisée



Optimiser les programmes de stimulation par vibration localisée



Vibration musculaire

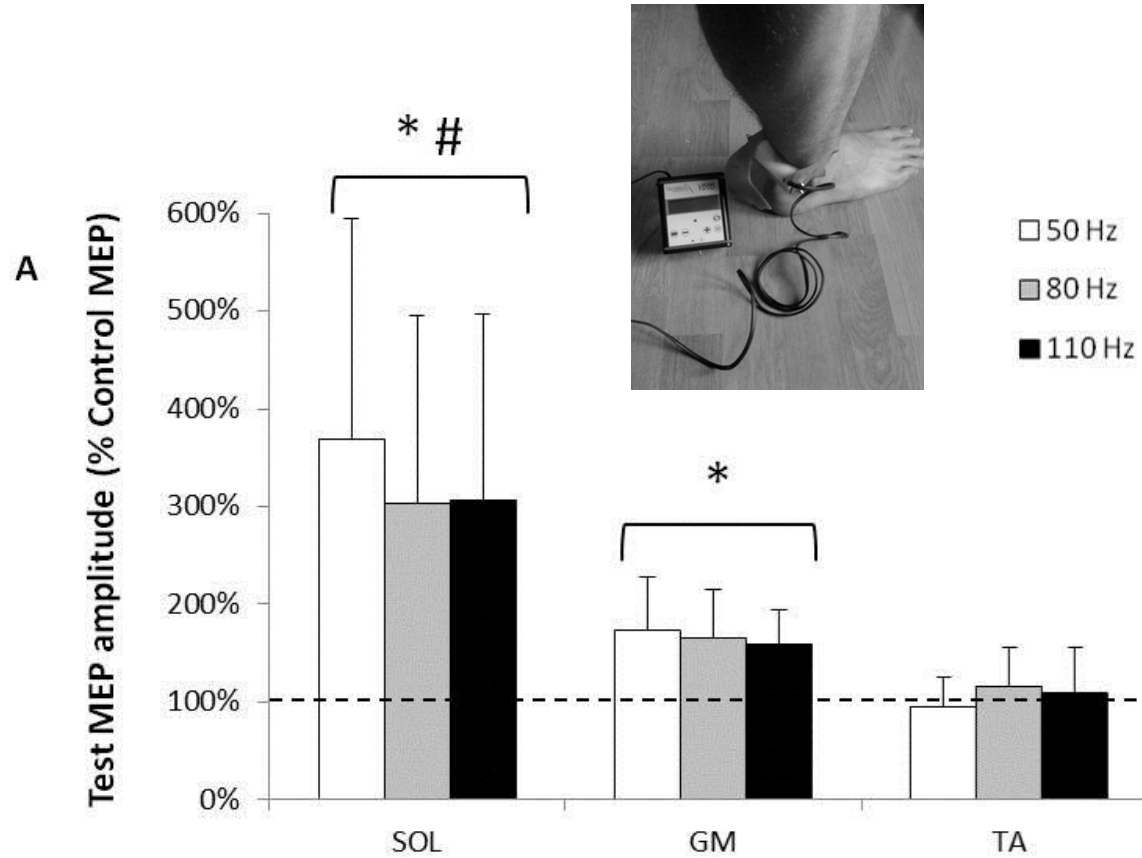


Vibration tendineuse



Souron et al., 2018 (*Front Physiol*)

Optimiser les programmes de stimulation par vibration localisée



Lapole et al., 2015 (*Exp Brain Res*)

TAKE HOME MESSAGE

Eur J Appl Physiol
DOI 10.1007/s00421-017-3688-8



INVITED REVIEW

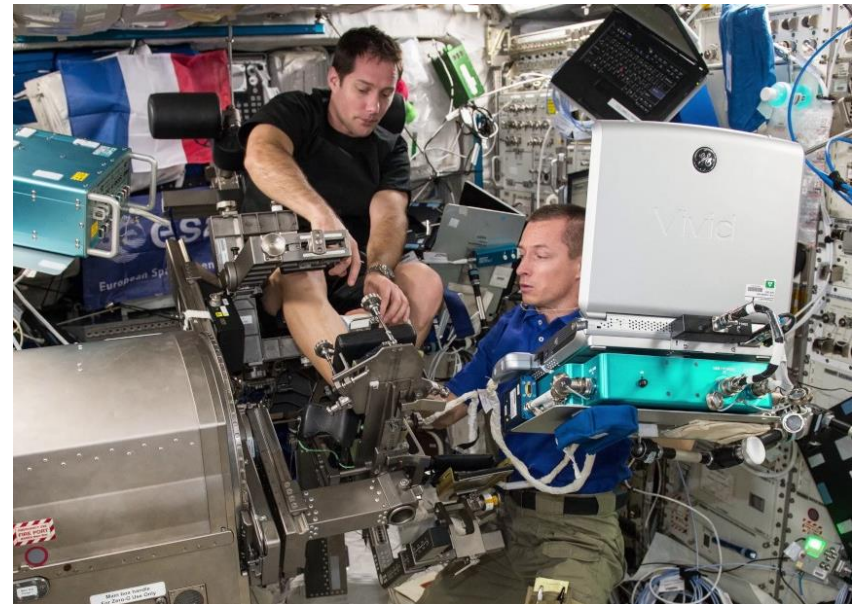
Acute and chronic neuromuscular adaptations to local vibration training

Robin Souron¹ · Thibault Besson¹ · Guillaume Y. Millet² · Thomas Lapole¹

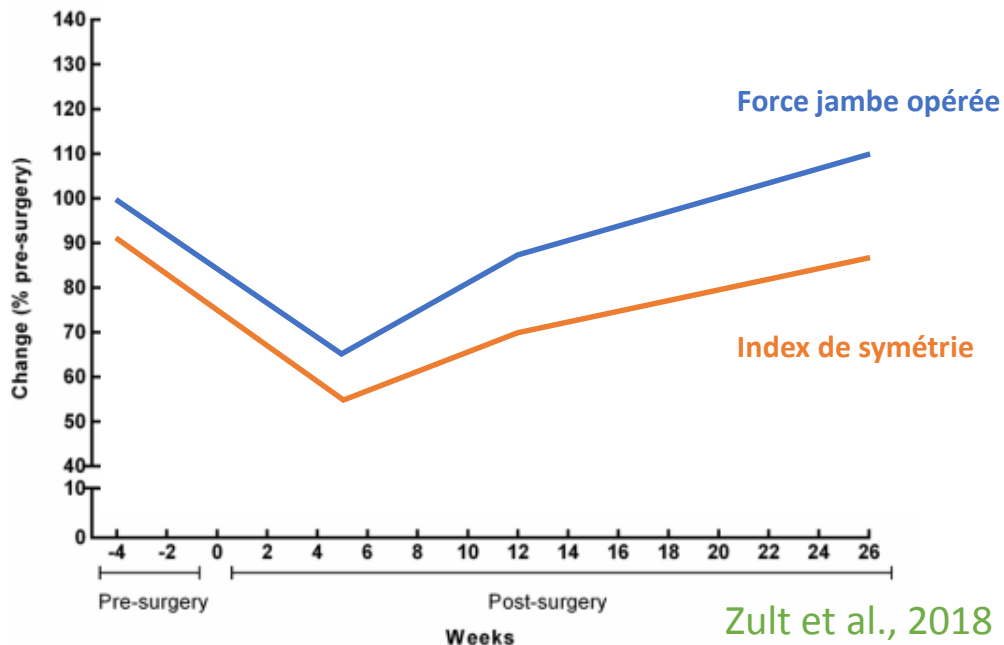
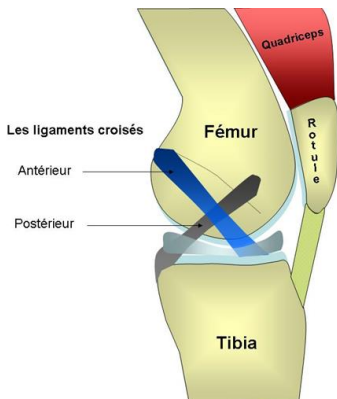


Souron et al., 2017 (EJAP)

Proposer l'utilisation de la vibration localisée dans un cadre clinique



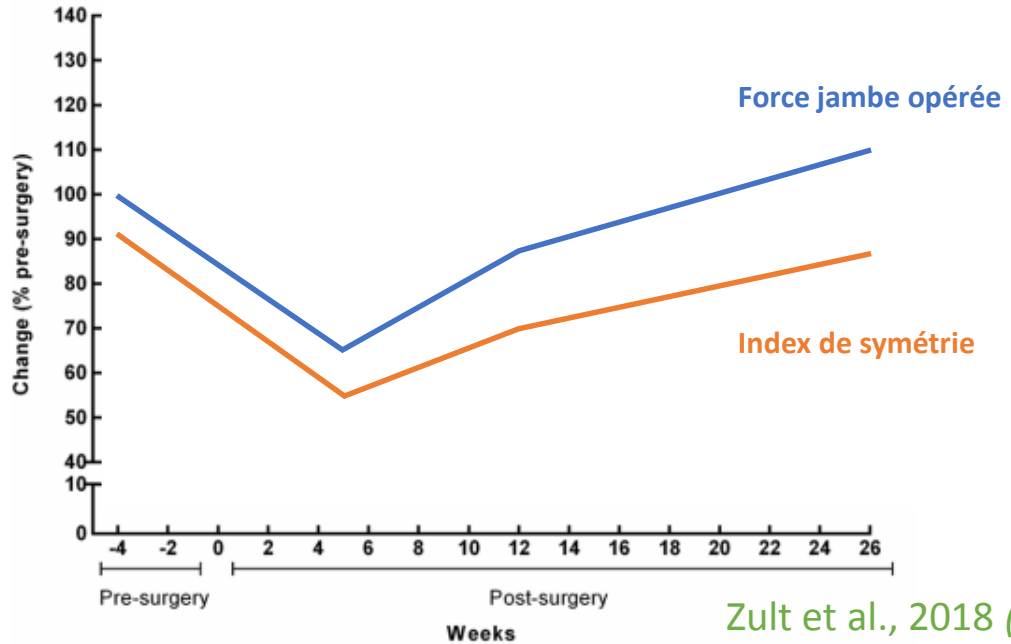
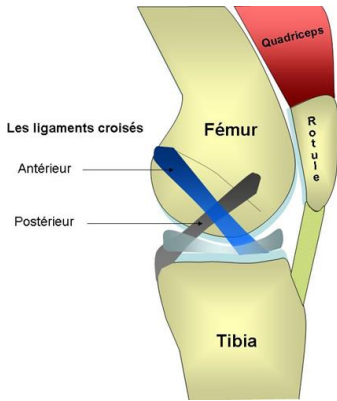
Déconditionnement neuromusculaire après reconstruction du ligament croisé antérieur



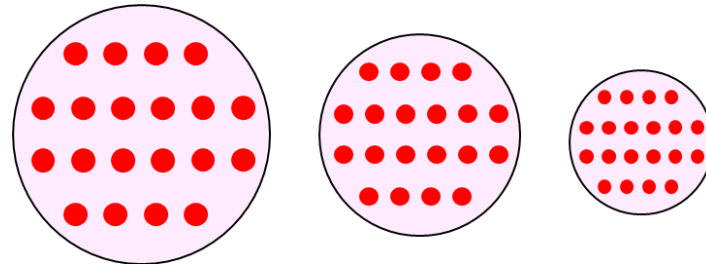
- Performance
- Sentiment d'invalidité
- Troubles de la locomotion
- Risque de rechute / Arthrose

Rice et McNair, 2010 (Semin Arthritis Rheum)

Déconditionnement neuromusculaire après reconstruction du ligament croisé antérieur

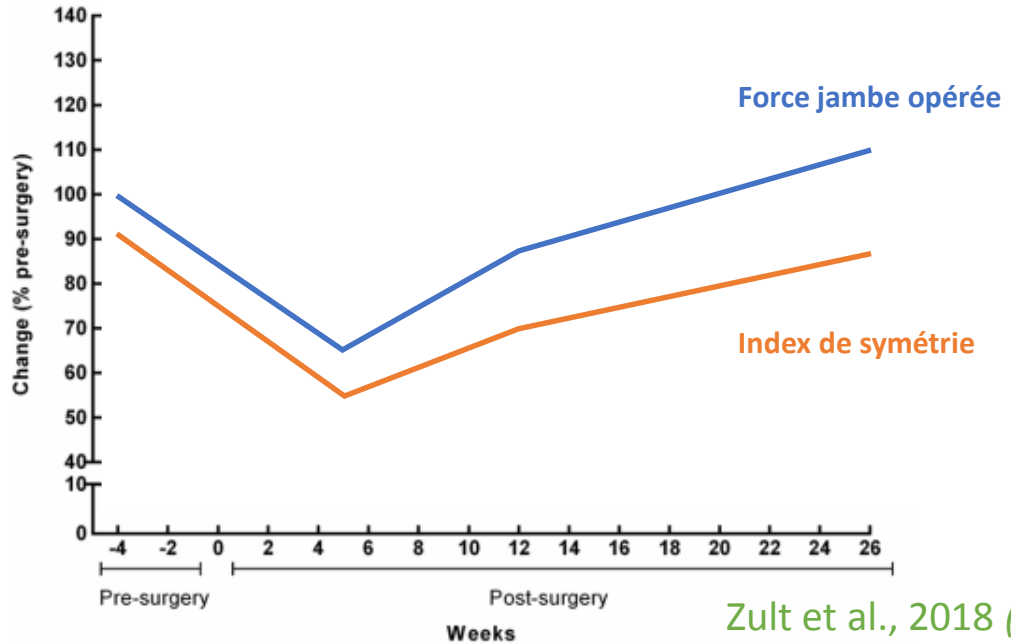
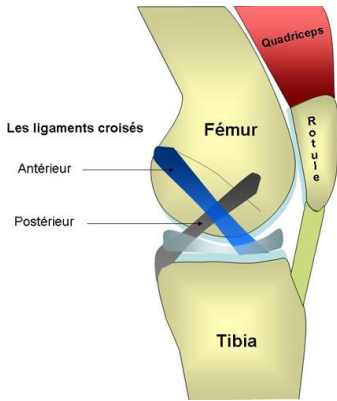


Zult et al., 2018 (EJAP)

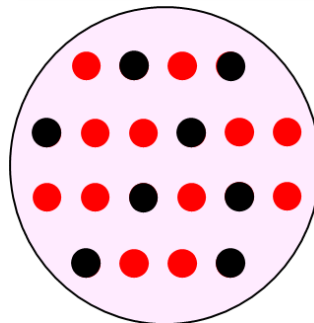


Atrophie musculaire
Williams et al., 2005 (J Biomech)

Déconditionnement neuromusculaire après reconstruction du ligament croisé antérieur

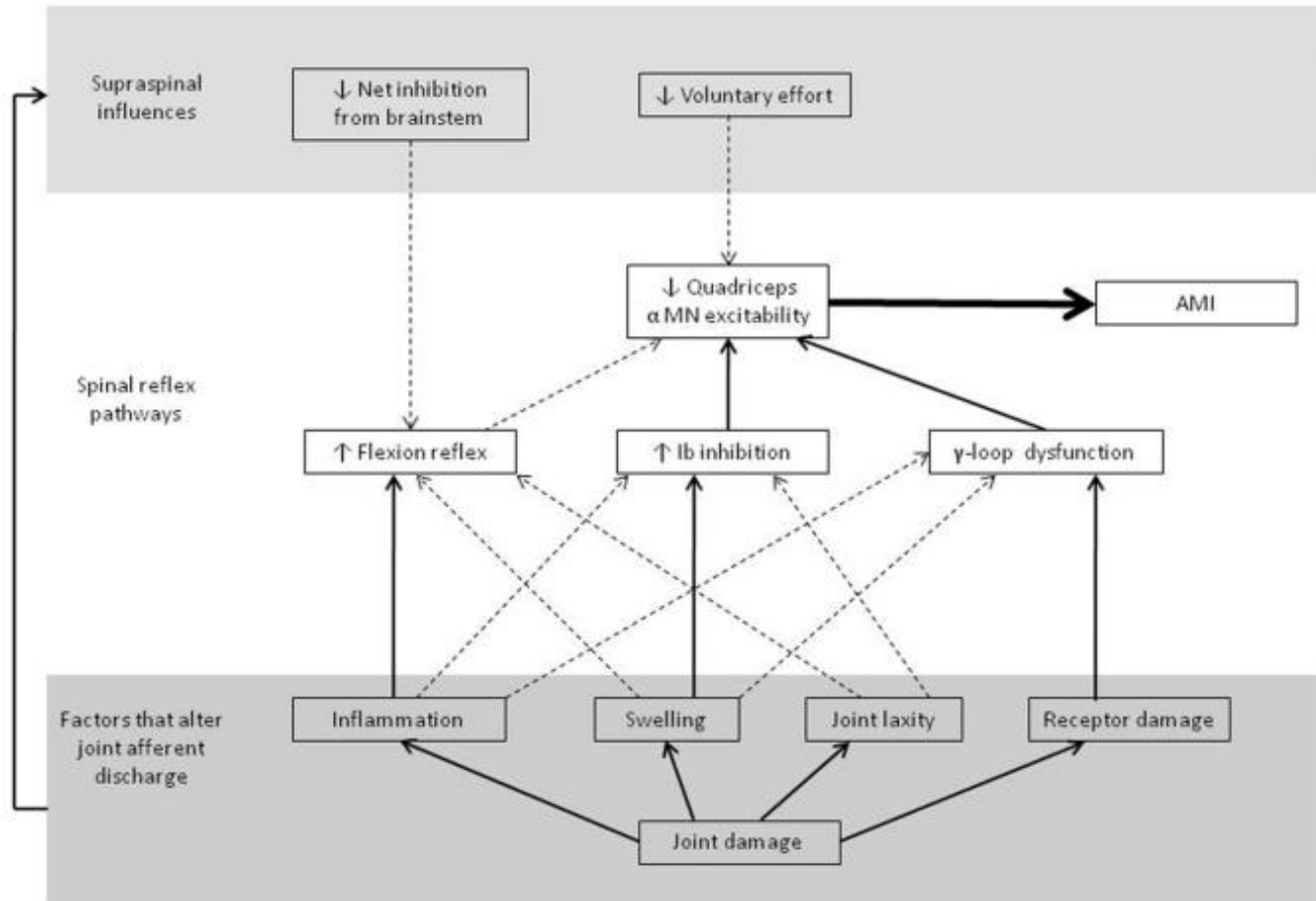


Zult et al., 2018 (EJAP)



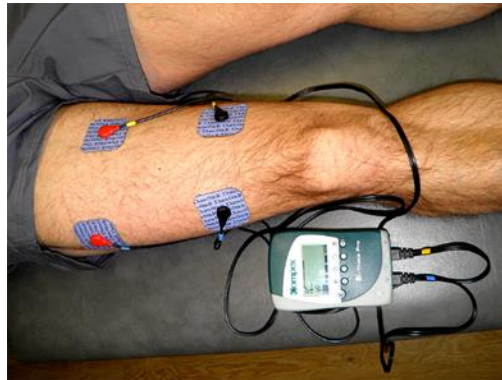
Sidération musculaire
Lepley et al., 2015 (SJMSS)

Arthrogenic muscle inhibition



Rice et McNair, 2010 (*Semin Arthritis Rheum*)

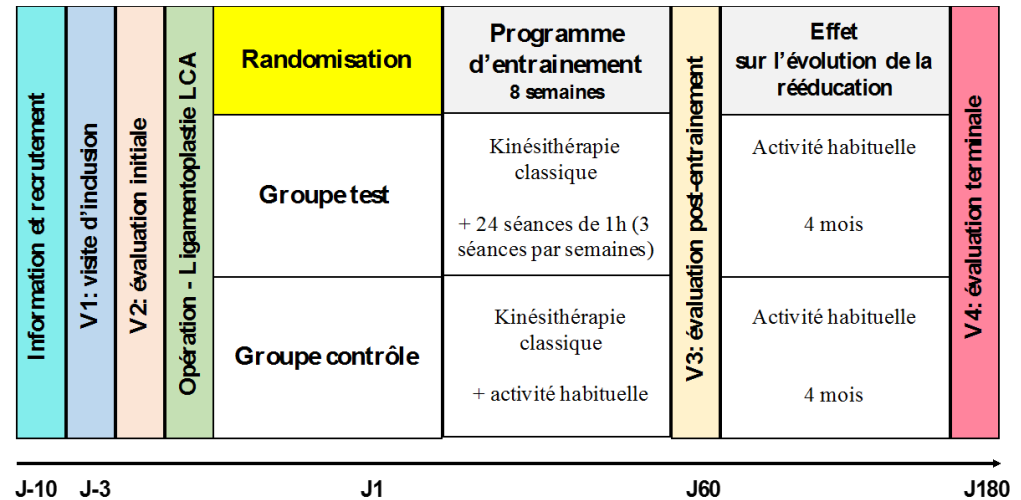
Quelles modalités de rééducation ?



Palmieri-Smith et al., 2008 (*Clin Sports Med*)

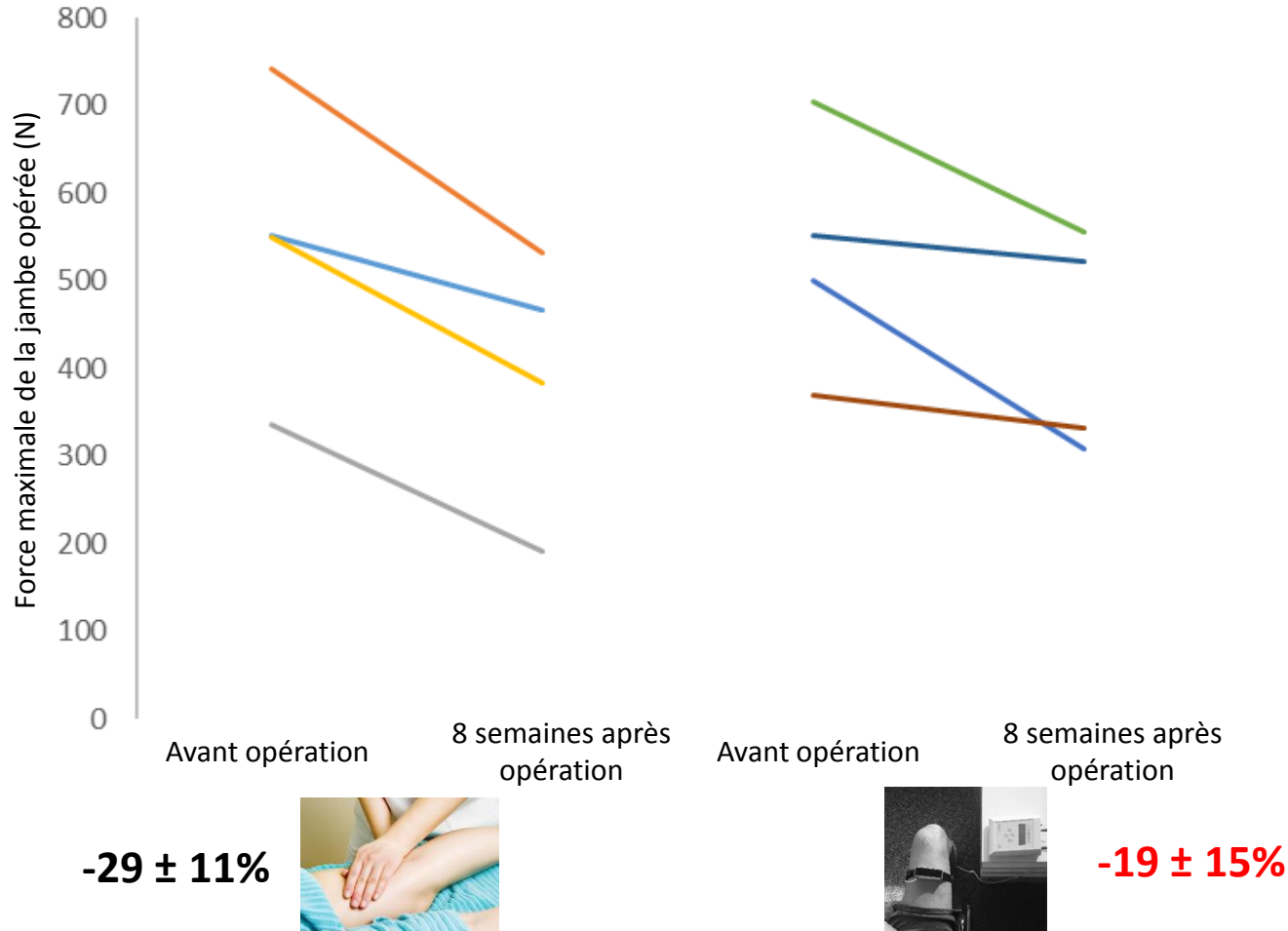
Proposer l'utilisation de la vibration localisée dans un cadre clinique

VIB-LCA : Effets chroniques de vibrations localisées sur le reconditionnement neuromusculaire après ligamentoplastie du ligament croisé antérieur



Quels bénéfices de 8 semaines de rééducation par vibration localisée en complément de la kinésithérapie ?

Proposer l'utilisation de la vibration localisée dans un cadre clinique



-3 ± 10%
+2 ± 4%



MERCI DE VOTRE ATTENTION



thomas.lapole@univ-st-etienne.fr



@ThomasLapole