

Monograph

# Efectos de la Estimulación Vibratoria Prolongada del Tendón sobre el Torque Concéntrico y Excéntrico Máximo y sobre el EMG de los Extensores de la Rodilla

Yu Konishi<sup>1</sup>, Junjiro Kubo<sup>2</sup> y Akinori Fukudome<sup>1</sup><sup>1</sup>Department of Physical Education, National Defence Academy, Kanagawa, Japan.<sup>2</sup>Faculty of Law, Heisei International University, Saitama, Japan.

## RESUMEN

El propósito del presente estudio ha sido comparar el efecto de la atenuación aferente Ia sobre la actividad de las motoneuronas alfa (MN) durante acciones concéntricas y excéntricas. En el presente estudio participaron ocho sujetos masculinos. Los experimentos consistieron de dos sesiones de evaluación en las que se llevaron a cabo mediciones de la MVC, pues todos los sujetos realizaron acciones máximas concéntricas y excéntricas. Las señales del EMG se midieron de manera simultánea. Para establecer los valores iniciales de la fuerza, se les pidió a los sujetos que realizaran una MVC de extensión de rodilla en cada sesión. Luego de finalizar las mediciones, se aplicaron 20 minutos de estimulación vibratoria. Inmediatamente después de finalizada la estimulación vibratoria, se volvió a medir la MVC y la AEMG. Los valores medios de la MVC para la extensión concéntrica de la rodilla antes y después del estímulo vibratorio fueron de  $192.2 \pm 49.3$  Nm y  $162.3 \pm 47.9$  Nm, respectivamente. Los valores medios de la MVC para la extensión excéntrica de la rodilla antes y después del estímulo vibratorio fueron de  $299.7 \pm 77.0$  Nm y  $247.3 \pm 88.6$  Nm, respectivamente. El análisis de varianza ANOVA de dos factores para medidas repetidas detectó diferencias significativas en la MVC. Se advirtieron efectos principales tanto para la condición pre-post estimulación ( $F_{(1,7)} =$ ,  $p = 0.0033$ ) como para la acción ( $F_{(1,7)} = 26.35$ ,  $p = 0.0013$ ). No se advirtió un efecto de interacción (acción  $\times$  condición). Se registró una reducción de los valores medios de la AEMG (vasto externo (VL), vasto interno (VM), recto femoral (RF)) antes y después del estímulo vibratorio. El análisis de varianza ANOVA de dos factores para medidas repetidas detectó diferencias significativas en la AEMG (VM y VL). Se advirtieron efectos principales tanto para la condición pre-post estimulación (VL;  $F_{(1,7)} = 7.27$ ,  $p = 0.0308$ , VM;  $F_{(1,7)} = 9.55$ ,  $p = 0.0175$ ) como para la acción ( $F_{(1,7)} = 12.40$ ,  $p = 0.0097$ ) en el VL y en el VM, pero no en el RF. Además, se advirtió un efecto de interacción significativo (acción  $\times$  condición) en el VM ( $F_{(1,7)} = 7.03$ ,  $p = 0.0328$ ), pero no en el VL. La MVC y la actividad EMG del VL en respuesta al estímulo vibratorio prolongado disminuyeron significativamente durante la contracción excéntrica con respecto a la contracción concéntrica. Estos resultados describieron que el efecto de desactivación en las motoneuronas alfa del VL durante la acción excéntrica fue mayor que durante la acción concéntrica.

**Palabras Clave:** contracción concéntrica, MVC, estímulo vibratorio, QF

# INTRODUCCION

---

Diversos estudios previos han demostrado que hay diferencias neuropsicológicas entre la contracción excéntrica y otros tipos de contracción muscular, tales como las contracciones concéntricas e isométricas (McHugh et al., 2002; Nakazawa et al., 1997; Nakazawa et al., 1998; Romano & Schieppati, 1987). Una de estas diferencias es que la frecuencia de descarga de los aferentes Ia de los husos musculares durante la contracción excéntrica es mayor que la de otros tipos de contracción muscular, pues la contracción excéntrica implica el desarrollo de tensión en los husos musculares cuando se alarga todo el músculo (Burke, 1978; Ribot-Ciscar & Roll, 1998). Sin embargo, la producción de las neuronas motoras alfa, como resultado del reflejo de estiramiento, o reflejo H, disminuiría aun cuando la retroalimentación de los aferentes Ia durante la contracción excéntrica se incrementara (Nakazawa et al., 1997; 1998; Romano & Schieppati, 1987). Por lo tanto, se considera que existe algún mecanismo inhibitorio dirigido contra el conjunto de motoneuronas durante la contracción excéntrica submáxima, aunque aún no se ha identificado cuál es el mecanismo exacto. En realidad, se considera que este mecanismo inhibitorio es esencial para lograr la continuidad del movimiento y para ajustar la velocidad del mismo durante la contracción excéntrica (Laidlaw et al., 2000; Laidlaw et al., 1999; Tracy et al., 2004). En contraste, con la contracción concéntrica o isométrica, el acortamiento del músculo relajaría las fibras intrafusales de los husos del tendón; por lo tanto, el sistema nervioso central intentaría incrementar la tensión de los husos musculares y adquirir la suficiente reacción de los aferentes Ia por medio de la co-activación alfa-gama, en lugar de inhibir al conjunto de motoneuronas. Por lo tanto, este mecanismo inhibitorio no existiría en la contracción concéntrica.

Por esta razón, el presente estudio fue diseñado para comparar la fuerza máxima y la actividad EMG en respuesta al estímulo vibratorio prolongado durante acciones excéntricas y concéntricas máximas a fin de evaluar la actividad de las motoneuronas alfa. Según estudios previos (Avela et al., 1999; Bongiovanni et al., 1990; Gandevia, 1998; Kouzaki et al., 2000), se considera que los aferentes Ia son necesarios para el reclutamiento de las unidades motoras de alto umbral. En efecto, se ha observado que la estimulación vibratoria prolongada, que atenuaría los aferentes Ia, derivó en la reducción de la fuerza máxima y la electromiografía integrada (I-EMG) durante contracciones isométricas (Konishi et al., 2002a; 2002b; Kouzaki et al., 2000). En teoría, la inhibición del conjunto de motoneuronas debe afectar en gran medida la actividad de las motoneuronas alfa. Aunque en estudios previos se ha reportado que el conjunto de motoneuronas se veía inhibido durante la contracción excéntrica submáxima voluntaria (Nakazawa et al., 1997; 1998; Romano & Schieppati, 1987), no se sabía que el conjunto de motoneuronas también se inhibía durante la contracción excéntrica máxima. Si el conjunto de motoneuronas también se inhibe durante la contracción excéntrica máxima, como han sugerido estudios previos, la atenuación de los aferentes Ia, a causa de la aplicación de un estímulo vibratorio prolongado, podría no afectar o tener un efecto menor sobre el reclutamiento de las unidades motoras de alto umbral, en comparación con la contracción concéntrica. El propósito del presente estudio fue comparar el efecto de la vibración prolongada sobre la fuerza del músculo y la EMG durante acciones concéntricas y excéntricas máximas.

## METODOS

---

### Participantes

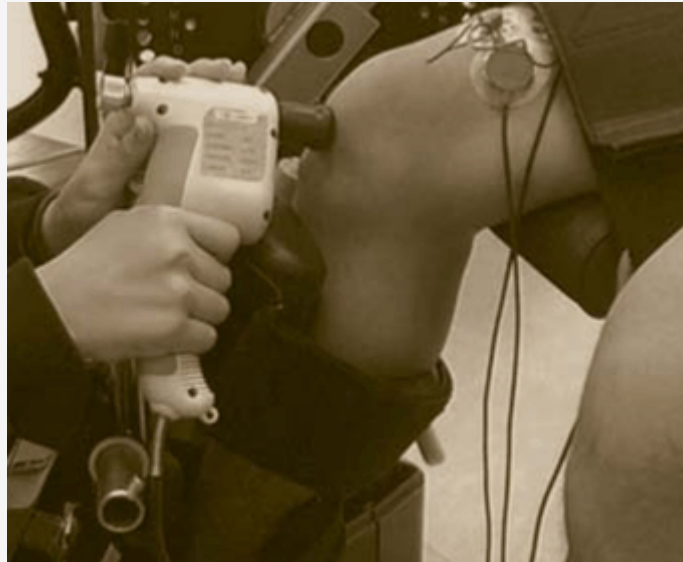
Ocho sujetos masculinos (edad:  $18.7 \pm 0.4$  años, altura:  $1.67 \pm 0.07$  m, masa:  $63.4 \pm 4.9$  kg, media  $\pm$  DE), participaron del presente estudio. Se excluyeron del estudio a los pacientes que sufrían de alguna lesión en la articulación de la rodilla. Todos los participantes del presente estudio pertenecían a equipos universitarios de gimnasia de 1° división. Dado que ellos a menudo toman contacto con el suelo desde lugares elevados, están acostumbrados a una alta intensidad de contracción excéntrica en sus cuádriceps. Todos los participantes dieron su consentimiento por escrito para participar en este estudio y todos los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universidad Internacional de Heisei.



**Figura 1.** Procedimiento experimental utilizado durante la medición del torque.

### **Protocolo Experimental y Medición de la Contracción Voluntaria Máxima (MVC)**

El presente estudio consistió de dos sesiones en las cuales se llevaron a cabo mediciones de la MVC, pues todos los sujetos fueron evaluados durante la realización de contracciones concéntricas y excéntricas máximas. Las sesiones estuvieron espaciadas por al menos tres días de separación. A cada sujeto se le asignó el orden de las sesiones de manera aleatoria. Además, los participantes aprendieron a realizar contracciones voluntarias máximas en una sesión de práctica previa a las sesiones de evaluación del estudio. Durante las mediciones, los sujetos estuvieron en posición de sentado con la parte superior del cuerpo y el muslo sujetos con firmeza al asiento de un dinamómetro Cybex NORM (Cybex, división de Lumex, Inc., Ronkonkoma, Nueva York, EUA) por medio de cinturones (Figura 1). Las señales electromiográficas de los músculos se registraron de manera simultánea durante la medición de la MVC. Para la medición de la contracción concéntrica, se utilizó el modo concéntrico isocinético. La velocidad angular se fijó a  $30 \text{ grados}\cdot\text{s}^{-1}$  y el rango de movimiento de 90 a 0 grados. Para la medición de la contracción excéntrica, se utilizó el modo excéntrico isocinético. La velocidad angular se fijó a  $30 \text{ grados}\cdot\text{s}^{-1}$  y el rango de movimiento de 0 a 90 grados. Para establecer los valores iniciales de la fuerza, se les pidió a todos los sujetos que realizaran una MVC de extensión de rodilla tres veces en cada sesión. El mayor valor del torque pico fue utilizado como la medida inicial de la fuerza. Una vez finalizadas las mediciones del torque, se aplicó un estímulo vibratorio durante 20 minutos. Inmediatamente después de la estimulación vibratoria, se volvió a medir la MVC de la extensión de la rodilla utilizando el mismo método que se utilizó para las mediciones previas a la vibración. Puesto que el efecto de la vibración prolongada sobre la contracción del músculo fue muy importante para el propósito del presente estudio, se les pidió a los sujetos que realizaran una contracción máxima inmediatamente después de finalizado el estímulo vibratorio.



**Figura 2.** Procedimiento experimental utilizado durante el estímulo vibratorio.

### Método Vibratorio

En el presente estudio se utilizó el método de administración vibratoria que describieron Kouzaki et al. (Kouzaki et al., 2000). En pocas palabras, los participantes se ubicaron en el asiento del dinamómetro Cybex NORM (Cybex, división de Lumex, Inc., Ronkonkoma, Nueva York, EUA) con las piernas colgando del borde del mismo. Se les pidió que relajaran los muslos tanto como les fuera posible durante la aplicación de la vibración. La estímulo vibratorio se aplicó de manera manual en la porción media del tendón infrapatelar utilizando el dispositivo Hit Masser (Sun.R Co., Tokio) (Figura 2) para provocar la atenuación de los aferentes Ia a través del reflejo de vibración tónica del músculo del cuádriceps. En este estudio se modificaron la frecuencia, la amplitud, la fuerza de aplicación y la duración del estímulo vibratorio. En teoría, la inducción de la descarga Ia es necesaria para inducir la atenuación efectiva de los aferentes Ia. Sin embargo, el protocolo de vibración de Kouzaki et al., es menos efectivo en cuanto a la inducción de la descarga Ia que el utilizado en estudios previos (Bongiovanni et al., 1990; Burke et al., 1976; Hagbarth et al., 1986; Roll & Vedel, 1982; Roll et al., 1989). Por lo tanto, se ha llevado a cabo un estudio piloto a fin de diseñar un protocolo que pudiera resultar de manera efectiva en la reducción de la MVC y la I-EMG. La frecuencia vibratoria seleccionada fue de 50 Hz, que dio como resultado un desplazamiento de 1.5 mm, que es el ancho de la cabeza móvil. La fuerza y la duración de la aplicación fueron de aproximadamente 30 N y 20 min, respectivamente.

### Registro Electromiográfico

La electromiografía (EMG) se realizó en el vasto interno (VM), el vasto externo (VL) y el recto femoral (RF) durante la medición de la MVC a una frecuencia de muestreo de 1 kHz. La EMG se registró utilizando electrodos desechables bipolares de superficie (Blue Sensor, Medicotest) colocados en el vientre del vasto interno, del vasto externo y del recto femoral.

Tipo de contracción	Pre Estimulación Vibratoria (Nm)	Post Estimulación Vibratoria (Nm)		Valor F	Valor P
Contracción concéntrica	192.2 (49.3)	162.3 (47.9)	Pre vs Post	19.04	0.0033
Contracción excéntrica	299.7 (77.0)	247.3 (88.6)	Con vs Exc	26.351	0.0013
			Interacción	3.823	0.0915

**Tabla 1.** Contracción muscular máxima promedio de la extensión de la rodilla medida antes y después de la vibración y cambio porcentual promedio después del estímulo vibratorio de 20 min. Los datos son medias ( $\pm$  DE).

La distancia entre los electrodos fue de 30 mm. Los electrodos estaban conectados a una unidad de medición de EMG

(ME3000, Nihon Medix). Los datos de la EMG se transfirieron al PowerLab (ADInstruments) mediante una unidad de conversión A/D. Durante las contracciones voluntarias máximas concéntricas y excéntricas se llevaron a cabo registros simultáneos de fuerza y señales de EMG. En el presente estudio se analizaron las señales del EMG durante el movimiento del brazo de palanca (de 0 a 90 grados en la acción excéntrica y de 90 a 0 grados en la acción concéntrica). Luego, las señales analizadas fueron rectificadas a onda completa. Para calcular el EMG promedio (AEMG), las señales rectificadas del EMG se integraron y se analizaron por el tiempo a lo largo del movimiento del brazo de palanca.

### **Análisis Estadísticos**

El análisis estadístico descriptivo se expresó con medias  $\pm$  DE. Un valor  $P$  menor a 0.05 indicó la presencia de una diferencia estadísticamente significativa. La MVC y la EMG promedio (AEMG) se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) para medidas repetidas de  $2 \times 2$  con condición pre y post (pre estimulación vibratoria vs post estimulación vibratoria) como factor intra-sujeto y acción (acción concéntrica vs acción excéntrica) como factor inter-sujeto. Los análisis *post-hoc* se realizaron utilizando un análisis de efecto principal simple.

## **RESULTADOS**

---

### **MVC Pre y Post Estimulación Vibratoria**

En la Tabla 1 se presentan los valores promedio y las desviaciones estándar de la MVC antes y después de la estimulación vibratoria de 20 min. Los valores de la MVC se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) para medidas repetidas de  $2 \times 2$  con la condición pre y post (pre estimulación vibratoria vs post estimulación vibratoria) como factor intra-sujeto y acción (acción concéntrica vs. acción excéntrica) como factor inter-sujeto. Se advirtieron efectos principales para tanto para la condición pre-post ( $F_{(1,7)} =$ ,  $p = 0.0033$ ) como para la acción ( $F_{(1,7)} = 26.35$ ,  $p = 0.0013$ ). No se advirtió un efecto de interacción (acción  $\times$  condición).

### **EMG Promedio (AEMG) Pre y Post Estimulación Vibratoria**

En la Tabla 2 se presentan los valores promedio y las desviaciones estándar de la AEMG (vasto externo (VL), vasto interno (VM), recto femoral (RF)) antes y después de la estimulación vibratoria de 20 min en todos los grupos. Las AEMG del VL, del VM y del RF se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA) para medidas repetidas de  $2 \times 2$  con la condición pre y post (pre estimulación vibratoria vs post estimulación vibratoria) como factor intra-sujeto y acción (acción concéntrica vs acción excéntrica) como factor inter-sujeto. Se advirtieron efectos principales tanto para la condición pre vs post (VL;  $F_{(1,7)} = 7.27$ ,  $p = 0.0308$ , VM;  $F_{(1,7)} = 9.55$ ,  $p = 0.0175$ ) como para la acción ( $F_{(1,7)} = 12.40$ ,  $p = 0.0097$ ) en el VL y en el VM, pero no en el RF. Además, el análisis de varianza ANOVA para medidas repetidas mostró un significativo efecto de interacción (acción  $\times$  condición) en el VM ( $F_{(1,7)} = 7.03$ ,  $p = 0.0328$ ) pero no en el VL. El efecto de interacción significativo se continuó analizando mediante la utilización de un análisis de efectos principales simples de acción dentro de cada nivel de condición. En la condición pre vibración no se detectó ninguna diferencia significativa entre las acciones excéntrica y concéntrica ( $F_{(1,14)} = 0.556$ ,  $p = 0.4683$ ). En la condición posterior a la vibración se detectó una diferencia significativa entre las acciones excéntrica y concéntrica ( $F_{(1,14)} = 19,20$ ,  $p = 0,0006$ ). En ambas acciones, excéntrica y concéntrica, el valor posterior a la vibración fue significativamente más bajo (Acción concéntrica;  $F_{(1,14)} = 13.524$ ,  $p = 0.0025$ , Acción excéntrica;  $F_{(1,14)} = 5.243$ ,  $p = 0.0381$ ).

## **DISCUSION**

---

Los resultados del presente estudio demostraron que la aplicación del estímulo vibratorio prolongado sobre el tendón infrapatelar disminuyó la fuerza de la extensión de la rodilla y los valores promedio del EMG del vasto externo (VL) y del vasto interno (VM) en ambas acciones, concéntrica y excéntrica. Para el propósito del presente estudio, se ha comparado la MVC y la actividad EMG en respuesta al estímulo vibratorio prolongado entre las acciones concéntrica y excéntrica.

Músculos	Tipo de contracción	Pre Estimulación Vibratoria (mV)	Post Estimulación Vibratoria (mV)		Valor F	Valor P
VL	Concéntrica	0.071 (0.032)	0.062 (0.190)	Pre vs Post	7.279	0.0308
	Excéntrica	0.126 (0.067)	0.105 (0.057)	Con vs Exc	7.188	0.0315
				Interacción	0.951	0.3619
VM	Concéntrica	0.074 (0.015)	0.070 (0.160)	Pre vs Post	9.556	0.0175
	Excéntrica	0.130 (0.050)	0.105 (0.040)	Con vs Exc	12.403	0.0097
				Interacción	7.037	0.0328
RF	Concéntrica	0.158 (0.069)	0.149 (0.072)	Pre vs Post	0.411	0.5416
	Excéntrica	0.194 (0.102)	0.161 (0.085)	Con vs Exc	4.176	0.0803
				Interacción	4.232	0.0787

**Tabla 2.** Valores de la AEMG en cada músculo del cuádriceps femoral (VL = vasto externo, VM = vasto interno, RF = recto femoral) medidos antes y después de la estimulación vibratoria de 20 min y valores del cambio relativo posterior a la vibración en ambos grupos de estudio. Los datos son medias ( $\pm$  DE).

Los resultados revelaron que la reducción de la fuerza excéntrica máxima en respuesta al estímulo vibratorio prolongado fue significativamente mayor a la de la acción concéntrica. Además, los valores promedio de la EMG del VL en respuesta al estímulo vibratorio prolongado también disminuyeron significativamente durante la contracción excéntrica, con respecto a la contracción concéntrica. Asumiendo que se consideraba que la aplicación de la vibración prolongada en los músculos atenúa los aferentes Ia y que se aplicó el mismo protocolo de estímulo vibratorio en ambas condiciones de acción excéntrica y concéntrica, el resultado sugirió que la atenuación de los aferentes Ia tuvo un mayor efecto de desactivación sobre las motoneuronas alfa del VL durante la acción excéntrica que durante acción concéntrica.

Por otro lado, estudios previos reportaron que la activación de las motoneuronas alfa no mejoró en la misma medida de lo que se incrementó la descarga Ia durante la contracción excéntrica (Burke, 1978; Nakazawa et al., 1997; 1998; Ribot-Ciscar & Roll, 1998; Romano & Schieppati, 1987). Esta es la razón por la que se cree que durante la contracción excéntrica existen algunos mecanismos inhibitorios que pretenden inhibir la activación del *pool* de motoneuronas (Laidlaw et al., 1999; 2000; Tracy et al., 2004). Si el mismo mecanismo inhibitorio contra el conjunto de motoneuronas se activa durante la acción excéntrica máxima, la atenuación de los aferentes Ia, como consecuencia de la aplicación del estímulo vibratorio prolongado, podría no afectar o tener un efecto menor sobre la actividad de las motoneuronas alfa, en comparación con la acción concéntrica. Por el contrario, los resultados del presente estudio indicaron que los aferentes Ia tienen un efecto mayor sobre la actividad de las motoneuronas alfa durante la acción excéntrica máxima que durante la acción concéntrica. Por lo tanto, se puede especular con que el conjunto de motoneuronas podría no ser inhibido durante la contracción excéntrica máxima. La inhibición del conjunto de motoneuronas durante la contracción excéntrica submáxima se consideró funcionalmente importante, porque este mecanismo inhibitorio es esencial para lograr la continuidad del movimiento y para ajustar la velocidad del mismo durante acciones excéntricas (Laidlaw et al., 1999; 2000; Tracy et al., 2004). Sin embargo, los resultados del presente estudio revelaron que el mecanismo inhibitorio del conjunto de motoneuronas no se activaría durante la contracción excéntrica máxima. El mecanismo inhibitorio contra el conjunto de motoneuronas durante la acción excéntrica podría activarse o desactivarse de manera selectiva dependiendo de la fluctuación en la tensión durante acciones excéntricas voluntarias. Además, no se detectó ninguna diferencia significativa en la EMG promedio del VM y el RF entre las contracciones concéntrica y excéntrica. Por lo tanto, sólo el VL tendría un control neuronal diferente durante la acción excéntrica máxima al de los otros cuádriceps.

## CONCLUSION

Estudios previos han reportado que el conjunto de motoneuronas fue inhibido durante la realización de contracciones excéntricas submáximas voluntarias. Si el mismo mecanismo inhibitorio contra el conjunto de motoneuronas se activa durante acciones excéntricas máximas, la aplicación del estímulo vibratorio prolongado podría afectar menos la actividad de las motoneuronas alfa, en comparación con las acciones concéntricas. Sin embargo, la MVC y la actividad EMG del VL en respuesta al estímulo vibratorio prolongado disminuyeron significativamente durante la contracción excéntrica, con respecto a la contracción concéntrica. Estos resultados indican que el efecto de desactivación en las motoneuronas alfa del VL durante la acción excéntrica fue mayor que durante la acción concéntrica máxima.

### Puntos Clave

- El efecto de desactivación de las motoneuronas alfa del vasto externo durante la acción excéntrica fue mayor que durante la acción concéntrica máxima.

### Dirección para el envío de correspondencia

Yu Konishi, PhD, ATC. Department of Physical Education, National Defence Academy, 1-10-20 Hashirimizu, Yokosuka City, Kanagawa, Japan 239-686 (yu57@nda.ac.jp)

## REFERENCIAS

1. Avela, J., Kyrolainen, H. and Komi, P.V (1999). Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *Journal of Applied Physiology* 86, 1283-1291
2. Bongiovanni, L.G., Hagbarth, K.E. and Stjernberg, L (1990). Prolonged muscle vibration reducing motor output in maximal voluntary contractions in man. *Journal of Physiology* 4423, 15-26
3. Burke, D., Hagbarth, K.E., Lofstedt, L. and Wallin, B.G (1976). The responses of human muscle spindle endings to vibration during isometric contraction. *Journal of Physiology* 2261, 695-711
4. Burke, D.H. and Lofstedt, L (1978). Muscle spindle activity in man during shortening and lengthening contractions. *Journal of Physiology* 2277, 131-142
5. Gandevia, S.C (1998). Neural control in human muscle fatigue: changes in muscle afferents, motoneurons and motor cortical drive [corrected]. *Acta Physiol Scand* 162, 275-283
6. Hagbarth, K.E., Kunesch, E.J., Nordin, M., Schmidt, R. and Wallin, E.U (1986). Gamma loop contributing to maximal voluntary contractions in man. *Journal of Physiology* 3380, 575-91
7. Konishi, Y., Fukubayashi, T. and Takeshita, D (2002). Mechanism of quadriceps femoris muscle weakness in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 12, 371-375
8. Konishi, Y., Fukubayashi, T. and Takeshita, D (2002). Possible mechanism of quadriceps femoris weakness in patients with ruptured anterior cruciate ligament. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34, 1414-1418
9. Kouzaki, M., Shinohara, M. and Fukunaga, T (2000). Decrease in maximal voluntary contraction by tonic vibration applied to a single synergist muscle in humans. *Journal of Applied Physiology* 89, 1420-1424
10. Laidlaw, D., Bilodeau, M. and Enoka, R.M (2000). Steadiness is reduced and motor unit discharge is more variable in old adults. *Muscle and Nerve* 23, 600-612
11. Laidlaw, D., Kornatz, K., Keen, A., Suzuki, S. and Enoka, R (1999). Strength training improves the steadiness of slow lengthening contractions performed by old adults. *Journal of Applied Physiology* 87, 1786-1795
12. McHugh, M., Tyler, T., Greenberg, S. and Gleim, G (2002). Differences in activation patterns between eccentric and concentric quadriceps contractions. *Journal of Sports Science* 20, 83-91
13. Nakazawa, K., Yamamoto, S. and Yano, H (1997). Short- and long-latency reflex responses during different motor tasks in elbow flexor muscles. *Experimental Brain Research* 116, 20-28
14. Nakazawa, K., Yano, H., Satoh, H. and Fujisaki, I (1998). Differences in stretch reflex responses of elbow flexor muscles during shortening, lengthening and isometric contractions. *European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology* 77, 395-400
15. Ribot-Ciscar, E. and Roll, J (1998). Ago-antagonist muscle spindle inputs contribute together to joint movement coding in man. *Brain Research* 791, 167-176
16. Roll, J.P. and Vedel, J.P (1982). Kinaesthetic role of muscle afferents in man, studied by tendon vibration and microneurography. *Experimental Brain Research* 47, 177-190
17. Roll, J.P., Vedel, J.P. and Ribot, E (1989). Alteration of proprioceptive messages induced by tendon vibration in man: a microneurographic study. *Experimental Brain Research* 76, 213-222
18. Romano, C. and Schieppati, M (1987). Reflex excitability of human soleus motoneurons during voluntary shortening or lengthening contractions. *Journal of Physiology* 390, 271-284
19. Tracy, B., Byrnes, W. and Enoka, R (2004). Strength training reduces force fluctuations during anisometric contractions of the quadriceps femoris muscles in old adults. *Journal of Applied Physiology* 96, 1530-1540

### Cita Original

Yu Konishi, Junjiro Kubo and Akinori Fukudome. Effects of Prolonged Tendon Vibration Stimulation on Eccentric and Concentric Maximal Torque and EMGS of the Knee Extensors. *Journal of Sports Science and Medicine* (2009) 8, 548 - 552.