

Monograph

Efectos del Entrenamiento con Electroestimulación Neuromuscular sobre la Fuerza de los Flexores del Codo

William R Holcomb¹

¹University of Nevada, Las Vegas, Department of Kinesiology, Las Vegas, Nevada.

RESUMEN

La electroestimulación neuromuscular (NMES) puede ser utilizada para evitar la pérdida de fuerza asociada con la inmovilización post quirúrgica. La mayoría de los estudios que han investigado la efectividad de la NMES han utilizado entrenamientos de los extensores de la rodilla. El propósito de esta investigación fue evaluar la efectividad de la NMES para entrenar los flexores del codo. Veinticuatro estudiantes fueron aleatoriamente asignados a uno de tres grupos: entrenamiento con NMES, entrenamiento isométrico o control. Las evaluaciones y el entrenamiento fueron completados utilizando un dinamómetro Biodex™. Luego de una entrada en calor estandarizada, los sujetos fueron posicionados en el dispositivo Biodex™ con el hombro izquierdo en posición anatómica neutra, el codo flexionado a 90° y el antebrazo en supinación. Los sujetos realizaron tres contracciones isométricas máximas de 5 segundos de duración con 1 min de recuperación entre las repeticiones. Se calculó el torque pico promedio durante las tres repeticiones. Los sujetos entrenaron tres veces por semana durante cuatro semanas. El entrenamiento incluyó 15 contracciones máximas de 15 segundos de duración con 45 segundos de recuperación entre las repeticiones. A partir de un Combo Forte™ 400 se hizo circular corriente rusa a través de electrodos colocados en los extremos del bíceps braquial. Se suministró la máxima intensidad tolerable a una frecuencia de 90 hps y con un ciclo de trabajo de 15:45. Luego del entrenamiento, los sujetos fueron re evaluados de la misma manera que pre entrenamiento. Los datos normalizados de la fuerza media fueron analizados utilizando el análisis de varianza ANOVA de 3 (Grupo) × 2 (Test). La interacción Grupo × Test fue significativa. Los análisis post hoc revelaron que el grupo que entrenó la fuerza en forma voluntaria (medias normalizadas de 0.49 y 0.71 para las evaluaciones pre y post entrenamiento, respectivamente) tuvo un incremento significativamente mayor que los otros dos grupos, que no fueron significativamente diferentes entre si. La falta de ganancias significativas en la fuerza con NMES probablemente se debió a la baja intensidad promedio de entrenamiento, la cual fue de solo el 20.4% de la MVIC. En base a estos resultados se puede sugerir que el entrenamiento con NMES puede no ser una alternativa efectiva al entrenamiento voluntario en sujetos saludables.

Palabras Clave: estimulación eléctrica, extremidad superior, bíceps, torque

INTRODUCCION

Con frecuencia las lesiones deportivas significativas requieren la corrección quirúrgica y largos períodos de inmovilización.

Como resultados los músculos pueden atrofiarse y perder fuerza. Los ejercicios isocinéticos e isotónicos que requieren del movimiento a través de un rango de movimiento son contraindicados para estos sujetos debido al excesivo estrés que provocan sobre las partes corporales lesionadas. Además, los déficits neurológicos pueden provocar que la realización de contracciones voluntarias sea difícil. Por lo tanto, con frecuencia los terapeutas dependen de la electroestimulación neuromuscular (NMES) para el fortalecimiento muscular.

Los estudios que han utilizado NMES son muy comunes en la literatura científica. La NMES ha mostrado incrementar la fuerza en sujetos saludables (Balogun et al., 1993; Caggiano et al., 1994; Fahey et al., 1985; Kramer and Semple, 1983; Kubiak et al., 1987; Laughman et al., 1983; McMiken et al., 1983; Nobbs and Rhodes, 1986; Selkowitz, 1985). Asimismo, la NMES en combinación con ejercicios voluntarios ha mostrado ser efectiva para incrementar la fuerza en sujetos saludables (Laughman et al., 1983; Wolf et al., 1986) y en aquellos que se recuperan de una cirugía reconstructiva (Ross, 2000; Snyder-Mackler et al., 1991; Snyder-Mackler et al., 1995; Wigerstad et al., 1988). Una limitación de estas investigaciones previas fue que la vasta mayoría estudiaron las extremidades inferiores, particularmente la rodilla, y por lo tanto es necesario realizar algunas presunciones cuando se aplican estas investigaciones a las extremidades inferiores. Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue evaluar la efectividad de la NMES para entrenar los flexores del codo, y comparar la NMES con el entrenamiento voluntario y con un grupo de control. En base a los numerosos estudios que mostraron ganancias en la fuerza de las extremidades inferiores utilizando NMES, se hipotetizó que el entrenamiento con NMES y con contracciones voluntarias resultarían en ganancias de fuerza significativamente mayores a las del grupo control.

MÉTODOS

Diseño Experimental

El diseño para este estudio fue un modelo mixto siendo el factor Grupo inter sujeto y el factor Test intra sujeto. La variable dependiente fue el torque producido por el bíceps. La variable independiente fue el modo de entrenamiento, que incluyó entrenamiento con NMES, entrenamiento isométrico, y control. Los efectos de la variable independiente sobre la variable dependiente se valoraron a través de los cambios en la producción de torque entre la evaluación pre entrenamiento y la evaluación post entrenamiento.

Procedimientos

Los sujetos se reportaron al laboratorio de entrenamiento deportivo y se les pidió que dieran su consentimiento informado luego de informarles acerca de los procedimientos y los potenciales riesgos del estudio. Los métodos de este estudio fueron aprobados por la Oficina de Protección de Sujetos Humanos. Veinticuatro estudiantes universitarios saludables (12 hombres, 12 mujeres; edad 23.5 ± 3.9 años; talla, 1.73 ± 0.12 m; peso, 73.1 ± 16.7 kg) fueron asignados, equiparando los sexos en los grupos, a uno de tres grupos: entrenamiento con NMES, entrenamiento isométrico o grupo control que no realizó entrenamientos. Los estudiantes pertenecían al cuerpo general de estudiantes y por lo tanto su nivel de entrenamiento era variado. El torque medio en una contracción isométrica voluntaria máxima (MVIC) en el ejercicio de flexión del codo durante la evaluación pre entrenamiento fue de 59.6 ± 27.6 Nm. Todos los sujetos fueron pre evaluados para determinar la fuerza de flexión del codo utilizando un Dinamómetro Biodex™ (Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, NY). El dinamómetro Biodex™ ha mostrado ser confiable para valorar la fuerza isométrica de las extremidades superiores, con coeficientes de correlación interclase (ICC) en el rango de 0.97 a 0.99 (Leggin, 1996). Luego de una entrada en calor estandarizada, los sujetos fueron posicionados en el dinamómetro Biodex™ con el hombro izquierdo en posición anatómica neutra, con el codo flexionado a 90° y con el antebrazo en supinación. Los sujetos realizaron contracciones isométricas tomando la empuñadura del dinamómetro y tirando de un brazo de palanca estático. Se eligieron las contracciones isométricas debido a que la NMES se utiliza característicamente en las primeras etapas de la rehabilitación, cuando la aplicación de cargas a la articulación es contraindicada. Se realizaron tres contracciones isométricas máximas de 5 segundos de duración con 1 minuto de recuperación entre las repeticiones.

Se les requirió a los sujetos asignados al grupo control que no entrenaran por cuatro semanas, tras las cuales retornaron al laboratorio para repetir nuevamente las evaluaciones. A aquellos sujetos asignados a los grupos de entrenamiento se les pidió que volvieran en tres días para su primera sesión de entrenamiento. Los sujetos entrenaron 3 veces por semana durante 4 semanas. Se eligió una duración de cuatro semanas debido a que se cree que las ganancias de fuerza obtenidas con NMES se producen principalmente por adaptaciones neuromusculares, las cuales ocurren rápidamente. Cada sesión incluyó contracciones isométricas máximas de 15 segundos de duración, por un total de 15 minutos. Los sujetos realizaron las contracciones isométricas tirando del brazo de palanca estático del dinamómetro Biodex™ con el máximo esfuerzo.

Los sujetos que entrenaron con NMES fueron posicionados en el dinamómetro Biodex™ de la misma manera que el grupo

que entrenó con contracciones isométricas. Se transmitió corriente rusa mediante un Combo Electroestimulador Forte™ 400 (Chattanooga Group, Inc., Hixson, TN) mediante dos electrodos de fibra de carbono de dos pulgadas. Se decidió utilizar corriente rusa debido a que utiliza una frecuencia de 2500 Hz, para la cual la piel provee menor resistencia. De esta manera más corriente penetra el tejido cutáneo y alcanza los nervios motores subyacentes. Esta alta frecuencia es reorganizada en descargas para obtener una frecuencia resultante que es seleccionada por el personal clínico (Holcomb, 1997). Varios de los estudios citados previamente han reportado ganancias significativas en la fuerza utilizando corriente Rusa (Laughman et al., 1983; Selkowitz, 1985; Snyder-Mackler et al., 1991; Snyder-Mackler et al., 1995). Los parámetros disponibles fueron ajustados en un trabajo piloto para determinar que parámetros proveerían la mayor fuerza de contracción, y estos parámetros fueron utilizados en este estudio. Los electrodos fueron colocados en las extremidades del vientre muscular del bíceps braquial izquierdo. Se utilizó un ciclo de trabajo de 15 segundos de intensidad creciente y con 10 segundos de contracción tetánica sostenida, seguido de 45 segundos de recuperación. Se utilizó una frecuencia fija de 90 descargas por segundo (bps) y una intensidad máxima tolerable. La intensidad máxima tolerable fue determinada previamente a cada sesión y fue utilizada para la primera contracción. La intensidad se incrementó en cada contracción subsiguiente hasta el punto de máxima tolerancia. Esto fue posible debido a la rápida adaptación de los nervios motores, y fue de gran utilidad debido a que aseguró que se realizaran contracciones máximas durante toda la sesión de tratamiento. Se les pidió a los sujetos que se relajaran y que permitieran que el codo se flexionara contra el brazo de palanca estático. Tres días después de las cuatro semanas de entrenamiento, todos los sujetos realizaron las evaluaciones post entrenamiento en forma idéntica a las evaluaciones pre entrenamiento.

Análisis Estadísticos

Para los análisis estadísticos se calculó el promedio del torque pico obtenido en cada una de las tres repeticiones. El torque pico promedio fue entonces normalizado por el peso corporal. Los datos de la fuerza media normalizada fueron analizados utilizando el análisis de varianza ANOVA de 3 (Grupo) × 2 (Test), para medidas repetidas del último factor. El nivel de significancia fue establecido a *priori* a 0.05. Los datos fueron analizados con el Paquete Estadístico para Ciencias Sociales (SPSS 7.0, Chicago, IL).

RESULTADOS

Los análisis revelaron un efecto principal significativo para el Test ($F_{1,21} = 15.14$, $p < 0.001$) con medias normalizadas de 0.48 y 0.59 para las evaluaciones pre y post entrenamiento, respectivamente. El efecto principal para el Grupo no fue significativo ($F_{2,21} = 1.30$, $p = 0.294$). La interacción Grupo × Test fue significativa ($F_{1,21} = 4.62$, $p = 0.022$). Los análisis post hoc revelaron que el grupo que entrenó con contracciones voluntarias, con medias normalizadas de 0.49 y 0.71 para las evaluaciones pre y post entrenamiento respectivamente, tuvo un incremento significativamente mayor en la fuerza que los otros dos grupos, los cuales no fueron significativamente diferentes uno del otro (Figura 1). Estos resultados no respaldan la hipótesis de investigación.

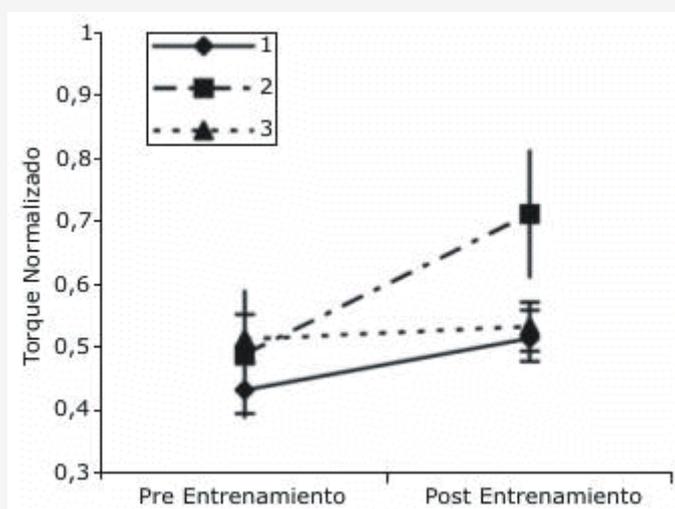


Figura 1. Torque normalizado por el peso corporal en las evaluaciones pre y post entrenamiento para (1) entrenamiento con NMES,

DISCUSION

Bajo las condiciones del presente estudio, el entrenamiento isométrico resultó en un incremento significativamente mayor en la fuerza que el entrenamiento con NMES. Las ganancias en la fuerza resultantes de las cuatro semanas de entrenamiento con NMES no fueron mayores que las del grupo control que no entrenó. Este fue un resultado sorprendente debido a que, en estudios previos, la corriente Rusa ha mostrado ser efectiva y a que los parámetros utilizados en este estudio son los recomendados para el desarrollo de la fuerza.

La falta de incrementos significativos en la fuerza con la utilización de NMES en el presente estudio probablemente se debió al bajo torque de contracción utilizado durante el entrenamiento. El torque pico promedio medido durante las evaluaciones pre entrenamiento fue registrado como una contracción isométrica voluntaria máxima (MVIC) para cada sujeto. Durante el entrenamiento con NMES el torque pico durante cada repetición fue comparado con la MVIC. El promedio de los torques medios de entrenamiento de todos los sujetos fue de solo el 20.4% de la MVIC promedio. Holcomb et al (2000), incluyeron una tabla que mostraba el torque de contracción utilizado en diez estudios. Ninguno de los estudios que utilizó la máxima intensidad tolerable de estimulación reportó un torque menor al 20% y solo el único estudio que utilizó una intensidad máxima menos intensa reportó un torque menor. Por lo tanto, el torque de entrenamiento utilizado en el presente estudio fue relativamente bajo en comparación con el utilizado en estudios previos.

El torque de entrenamiento es una consideración importante debido a que varios investigadores han sugerido que se requiere de un porcentaje mínimo de la MVIC para el desarrollo de la fuerza. Para sujetos saludables, se ha estimado que la resistencia requerida debe igual o mayor al 60% de la MVIC (Currier and Mann, 1983; McDonagh and Davies, 1984). Sin embargo, Soo et al (1988) demostraron que una intensidad del 50% era suficiente para provocar incrementos significativos en la fuerza utilizando diez sesiones de entrenamiento. Millar y Thepaut-Mathieu (1993) sugirieron que se debe alcanzar una intensidad mínima del 33% en la mayoría de las sesiones de entrenamiento. Incluso considerando las estimaciones más conservadoras, se puede observar que el torque de entrenamiento utilizado en el presente estudio, 20.4% de la MVIC, fue insuficiente para desarrollar la fuerza en sujetos saludables.

Los autores deben ser cuidadosos cuando aplican los resultados de los estudios que utilizaron sujetos saludables a poblaciones clínicas, ya que las respuestas a la NMES pueden ser diferentes. Sin embargo, en este caso la explicación a la falta de hallazgos positivos en una población de sujetos saludables puede no aplicarse a sujetos lesionados. Zinder-Mackler et al (1994) sugirieron que el torque mínimo de entrenamiento tendría que ser diferente para un músculo con deficiencias. Los autores utilizaron el análisis de regresión para mostrar la relación directa entre la intensidad del entrenamiento y la recuperación de la fuerza muscular luego de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (ACL). El análisis mostró que se requiere de un umbral mínimo de solo el 10% de la MVIC para obtener un efecto de entrenamiento. Ésta intensidad es mucho menor que la mínima sugerida para el entrenamiento en sujetos saludables y que está en el rango del 33-60% de la MVIC (Currier and Mann, 1983; McDonagh and Davies, 1984; Miller and Thepaut-Mathieu, 1993; Soo et al., 1988). De acuerdo con estos resultados, una intensidad de entrenamiento del 20.4% podría ser suficiente para entrenar a un músculo con deficiencias.

Otra potencial explicación para la falta de ganancias en la fuerza con la NMES es la diferencia en la activación de los músculos esqueléticos cuando esta se realiza voluntariamente o involuntariamente. Con las contracciones voluntarias, los músculos son reclutados en forma asincrónica y por lo tanto, durante el entrenamiento, se involucran un mayor número de fibras musculares y se reduce la fatiga. En el entrenamiento con NMES siempre se reclutan las fibras que tienen el mismo umbral y por lo tanto se entrenan menos fibras musculares con el consecuente incremento en la fatiga (Ruther, 1995). El agotamiento de las fibras musculares resulta en una menor producción de tensión hacia el final de la serie y por lo tanto en un menor estímulo de entrenamiento, lo cual fue el caso del presente estudio.

Aunque muchos de los estudios previos que investigaron la efectividad de la NMES utilizaron los músculos del cuádriceps, varios estudios recientes han utilizado los músculos de las extremidades superiores. Por lo tanto, es posible realizar una comparación directa con los resultados publicados en esta literatura. Los resultados del presente estudio son consistentes con los obtenidos por Rich (1992), quien tampoco halló un incremento significativo en el torque del bíceps o el tríceps braquial luego del entrenamiento con NMES. El torque de entrenamiento en este estudio fue de aproximadamente el 30% de la MVIC en el grupo de hombres que entrenó el bíceps braquial y del 62% de la MVIC en el grupo de mujeres que entrenó el tríceps braquial. Si bien estos torques de entrenamiento son mucho mayores que el del presente estudio, Rich (1992) sugirió que el bajo torque de entrenamiento fue la principal causa de la falta de ganancias en la fuerza.

Diversos estudios han mostrado ganancias en la fuerza con la utilización de NMES en los músculos de las extremidades superiores y dos de estos estudios respaldan la importancia del torque de entrenamiento. Colson et al (2000) fueron capaces de alcanzar torques de entrenamiento de entre el 60-70% de la MVIC durante el entrenamiento del bíceps, y Pichon et al (1995) fueron capaces de alcanzar torques de entrenamiento del 60% de la MVIC durante el entrenamiento de los extensores del hombro. En ambos estudios el entrenamiento con NMES resultó en un incremento significativamente mayor en la fuerza que el observado en el grupo control que no realizó entrenamientos. Willoughby y Simpson (1996) también hallaron que el entrenamiento del bíceps braquial con NMES produjo ganancias significativas en la fuerza en comparación con un grupo control que no entrenó, aunque estos autores no proveyeron las intensidades de entrenamiento.

El entrenamiento con NMES es principalmente utilizado durante las primeras etapas de la rehabilitación, cuando las contracciones voluntarias, particularmente aquellas que requieren movimientos a través del rango de movimiento, son contraindicadas. El entrenamiento con NMES no es considerado una alternativa efectiva al entrenamiento con sobrecarga sino un sustituto en la rehabilitación temprana hasta que sea posible la utilización de contracciones voluntarias (Holcomb, 2005). Una limitación del presente estudio y de muchos otros estudios publicados en la literatura es el hecho de que la terapia recomendada para pacientes con lesiones es evaluada en sujetos saludables. La razón de utilizar sujetos saludables es simplemente la disponibilidad de una población de sujetos homogéneos. Hallar un número suficiente de sujetos con lesiones del codo similarmente significativas y que afecten la fuerza del bíceps braquial puede ser bastante difícil. Mencionado esto, quedaría por investigar el problema potencial de que un músculo con alguna deficiencia puede responder en forma diferencial a la NMES que un músculo sano.

Debido a que la NMES se recomienda principalmente para ser utilizada con músculos deficientes y debido a que la mayoría de los estudios que han utilizado músculos de las extremidades superiores se han llevado a cabo con sujetos sanos, se recomienda que los estudios futuros incluyan sujetos con lesiones en las extremidades superiores. Esto podría ser de utilidad para evaluar la noción de que se requiere de un menor torque de entrenamiento para la recuperación de un músculo deficiente. Al mismo tiempo, se deberían llevar a cabo esfuerzos para identificar los parámetros que provocarán contracciones de mayor intensidad y que retrasen la fatiga, de manera que se puedan alcanzar mayores torques promedio de entrenamiento.

CONCLUSIONES

Dentro de las limitaciones del presente estudio, se podría sugerir que el entrenamiento del bíceps braquial en sujetos saludables con NMES no parece ser tan efectivo como el entrenamiento con contracciones isométricas y no parece ser más efectivo que no realizar entrenamientos cuando se intenta incrementar la fuerza. Estos hallazgos, los cuales no son consistentes con los de otros estudios, probablemente se debieron al bajo torque de entrenamiento utilizado. En el presente estudio el entrenamiento con NMES provocó un torque promedio de entrenamiento de solo un 20.4% de la MVIC, lo cual es menor que lo recomendado en la literatura para el entrenamiento de músculos saludables.

Puntos Clave

- El entrenamiento de los flexores del codo con contracciones isométricas produjo ganancias en la fuerza significativamente mayores que las observadas con el entrenamiento con NMES
- Las ganancias en la fuerza observadas con el entrenamiento con NMES no fueron mayores que las observadas en el grupo control
- La falta de ganancias en la fuerza con NMES probablemente se debieron al bajo torque promedio de entrenamiento, el cual fue del 20.4% de la MVIC.

Dirección para el envío de correspondencia: William R. Holcomb 4505 Maryland Parkway, Las Vegas, NV 89154-3034, USA.

REFERENCIAS

1. Balogun, J.A., Onilari, O.O., Akeju, O.A. and Marzouk, D.K (1993). High voltage electrostimulation in the augmentation of muscle strength: effects of pulse frequency. *Archive Physical Medical Rehabilitation* 74, 910-916
2. Belanger, A.Y., Allen, M.E. and Chapman, A.E (1992). Cutaneous versus muscular perception of electrically evoked tetanic pain.

3. Caggiano, E., Emrey, T., Shirley, S. and Craik, R.L (1994). Effects of electrical stimulation or voluntary contraction for strengthening the quadriceps femoris muscles in an aged male population. *Journal Orthopaedic Sports Physical Therapy* 20,22-28
4. Colson, S., Martin, A. and Van Houcke, J (2000). Reexamination of training effects by electrostimulation in the human elbow musculoskeletal system. *International Journal Sports Medicine* 21, 281-288
5. Currier, D.P. and Mann, R (1983). Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals. *Physical Therapy* 63, 915-921
6. Fahey, T.D., Harvey, M., Schroeder, R. and Ferguson, F (1985). Influence of sex differences and knee joint position on electrical stimulation-modulated strength increases. *Medicine Science Sports Exercise* 17, 144-147
7. Holcomb, W.R (1997). A Practical Guide to Electrical Therapy. *Journal of Sport Rehabilitation* 6, 272-282
8. Holcomb, W.R (2005). Is neuromuscular electrical stimulation an effective alternative to resistance training?. *Journal Strength Conditioning* 27, 76-79
9. Holcomb, W.R., Golestani, S. and Hill, S (2000). A comparison of knee extension torque production with biphasic versus Russian current. *Journal Sport Rehabilitation* 9, 229-239
10. Kramer, J.F and Semple, J.E (1983). Comparison of selected strengthening techniques for normal quadriceps. *Physiotherapy Canada* 35, 300-304
11. Kubiak, R.J., Whitman, K.M. and Johnston, R.M (1987). Changes in quadriceps femoris muscle strength using isometric Exercise versus electrical stimulation. *Journal Orthopaedic Sports Physical Therapy* 8, 537-541
12. Laughman, K.R., Youdas, J.W., Garrett, T.R. and Chao, E.Y.S (1983). Strength changes in the normal quadriceps femoris muscle as a result of electrical stimulation. *Physical Therapy* 63, 494-499
13. Leggin, B.G., Neuman, R.M., Iannotti J.P., Williams G.R. and Thompson E.C (1996). Intrarater and interrater reliability of three isometric dynamometers in assessing shoulder strength. *Journal Shoulder Elbow Surgery* 5, 18-24
14. McDonagh, M.J.N. and Davies, C.T.M (1984). Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *European Journal Applied Physiology* 52, 139-155
15. McMiken, D.F., Todd-Smith, M. and Thompson, C (1983). Strengthening of human quadriceps muscles by cutaneous electrical stimulation. *Scandinavian Journal Rehabilitation Medicine* 15, 25-28
16. Miller, C.R. and Thepaut-Mathieu, C (1993). Strength training by electrostimulation conditions for efficacy. *International Journal Sports Medicine* 14, 20-28
17. Nobbs, L.A. and Rhodes, E.C (1986). The effect of electrical stimulation and isokinetic exercise on muscular power of the quadriceps femoris. *Journal Orthopaedic Sports Physical Therapy* 8, 260-268
18. Pichon, F., Chatard, J.C., Martin, A. and Cometti, G (1995). Electrical stimulation and swimming performance. *Medicine Science Sports Exercise* 27, 1671-1676
19. Rich, N.C (1992). Strength training via high frequency electrical stimulation. *Journal Sports Medicine Physical Fitness* 32, 19-25
20. Ross, M (2000). The effect of neuromuscular electrical stimulation during closed chain exercise on coger extremity performance following anterior cruciata ligament reconstruction. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation* 9, 239-251
21. Ruther, C.L., Golden, C.L., Harris, R.T. and Dudley, G.A (1995). Hypertrophy, resistance training, and the nature of skeletal muscle activation. *Journal Strength Conditioning Research* 9, 155-159
22. Selkowitz, D.M (1985). Improvement in isometric strength of the quadriceps femoris muscle alter training with electrical stimulation. *Physical Therapy* 65, 186-196
23. Snyder-Mackler, L., Delitto, A., Bailey, S.L. and Stralka, S.W (1995). Strength of the Quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Journal Bone Joint Surgery* 73-A, 1166-1173
24. Snyder-Mackler, L., Delitto, A., Stralka, S.W. and Bailey, S.L (1994). Use of electrical stimulation to enhance recovery of quadriceps femoris muscle force production in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. *Physical Therapy* 74, 901-907
25. Snyder-Mackler, L., Laden, Z., Schepsis, A.A. and Young, J.C (1991). Electrical stimulation of the thigh muscles after reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Journal Bone Joint Surgery* 73-A, 1025-1036
26. Soo, C-L, Currier, D.P. and Threlkeld, A.J (1988). Augmenting voluntary torque of healthy muscle by optimization of electrical stimulation. *Physical Therapy* 68, 333-337
27. Wigerstad-Lossing, I., Grimby, G., Jonsson, T., Morelli, B., Peterson, L. and Renstrom, P (1988). Effects of electrical muscle stimulation combined with voluntary contraction after knee ligament surgery. *Medicine Science Sports Exercise* 20, 93-98
28. Willoughby, D.S. and Simpson, S (1996). The effects of combined electromyostimulation and dynamic muscular contractions on the strength of collage basketball players. *Journal Strength Conditioning* 10, 40-44
29. Wolf, S.L., Ariel, G.B., Saar, D., Penny, A. and Railey, P (1986). The effect of muscle stimulation during resistive training on performance parameters. *American Journal Sports Medicine* 14, 18-23

Cita Original

William R. Holcomb. Effect of Training with Neuromuscular Electrical Stimulation on Elbow Flexion Strength. *Journal of Sports Science and Medicine* (2006) 5, 276-281