

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

UNIDAD IZTAPALAPA

DIVISIÓN: CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

ESPECIALIZACIÓN EN ACUPUNTURA Y FITOTERAPIA



**Casa abierta al tiempo**

**EFFECTO DE LA ACUPUNTURA EN EL PUNTO IG15 EN  
LA ACTIVIDAD ELECTROMIOGRÁFICA DEL MÚSCULO  
FLEXOR SUPERFICIAL DE LOS DEDOS: ESTIMULACIÓN  
IPSIATERAL *VERSUS* CONTRALATERAL**

IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN ACUPUNTURA Y FITOTERAPIA

PRESENTA:

**MED. CIR. CARLOS ROMÁN ACEVEDO**

DIRECTOR

DR. JOSÉ FEDERICO RIVAS VILCHIS

ASESOR

DR. EDUARDO BARRERA ESCORCIA

EL JURADO DESIGNADO POR LA DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD DE LA UNIDAD IZTAPALAPA APROBÓ LA IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS QUE PRESENTÓ:

**CARLOS ROMÁN ACEVEDO**

El día 5 de agosto del año 2009

**Sinodales:**

PRESIDENTE:

Dr. Eduardo Barrera Escorcía

---

SECRETARIO:

Dr. Rubén Román Ramos

---

VOCAL:

Dr. José Federico Rivas Vilchis

---

## **COMITÉ TUTORIAL**

### **DIRECTOR DE LA IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS**

**DR. JOSÉ FEDERICO RIVAS VILCHIS**

Profesor Titular C, Departamento de Ciencias de la Salud,  
División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad  
Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

### **ASESOR DE LA IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS**

**DR. EDUARDO BARRERA ESCORCIA**

Profesor Asociado C. Laboratorio de Biorregulación. Facultad  
de Estudios Superiores Campus Iztacala, Universidad  
Autónoma de México.

**La presente investigación se realizó en el:**

Laboratorio de Farmacología del Área de Investigación Médica del Departamento de Ciencias de la Salud y la Clínica de Acupuntura de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo no sería posible sin la invaluable colaboración del Dr. José Federico Rivas Vilchis quien brindo su tiempo y conocimientos, así mismo hago un reconocimiento por su asesoría al Dr. Eduardo Barrera Escorcia.

Dedico este trabajo a mi familia por su comprensión y apoyo a lo largo de mi vida, no sólo durante mi carrera profesional.

A Elizabeth y Carlos Alberto Ocotochtli por su amor y paciencia.

Gracias.

## RESUMEN

**Introducción.** Los textos de medicina tradicional china y otros textos modernos mencionan como una característica importante del tratamiento el carácter ipsilateral o contralateral de la aplicación de los puntos de acupuntura. La electromiografía es una prueba médica que permite el estudio del sistema nervioso periférico y muscular y tiene utilidad clínica y experimental, proporciona información sobre la fisiología y las características morfológicas de la actividad muscular y de sus sistemas neuronales. La señal electromiográfica se compone del conjunto de los potenciales de acción de grupos de fibras musculares organizadas en unidades funcionales llamadas *unidades motoras*. Esta señal puede ser detectada con electrodos colocados en la superficie de la piel. El punto IG 15 (Jianyu) de acupuntura se ha empleado en el tratamiento de los trastornos de los músculos locales del hombro y problemas del propio miembro superior. El propósito de este estudio fue comparar el efecto de la acupuntura en el punto IG15 aplicada de manera ipsilateral o contralateral en la actividad electromiográfica del músculo flexor superficial de los dedos empleando electromiografía de superficie.

**Materiales y métodos.** Se realizó una investigación descriptiva de corte transversal y con diseño cruzado. Se reclutaron 11 voluntarios sanos: mujeres (n=6;  $40.16 \pm 9.15$ ) y varones (n=5;  $37.8 \pm 8.87$ ). Se compararon las actividades electromiográficas basales y posacupuntura mediante los valores de potencia en el espectro de densidad (PED) - *power spectral density* (PSD) en tres periodos del registro: basal (1-20 s), posacupuntura inmediato (50-70 s) y posacupuntura tardío (160-180 s). Un segundo análisis de la actividad electromiográfica se realizó mediante mínimos cuadrados o *root mean square* (RMS). Además, se analizaron las correlaciones entre

la estimulación ipsilateral y contralateral de los valores de mínimos cuadrados en todo el periodo estudiado. Los promedios se presentan como media  $\pm$  DE. La comparación de los datos se realizó mediante la prueba *t student* para datos pareados en el caso de los valores correspondientes a datos pareados en el caso de datos ipsilaterales o contralaterales, y para datos no pareados en el caso de comparación ipsilateral *versus* contralateral.

**Resultados.** Se observó que la estimulación ipsilateral ocasionó una disminución significativa en la frecuencia media en los periodos inmediato y tardío posacupuntura; y una disminución constante, pero no significativa, en la frecuencia alta en el periodo final posacupuntura. La estimulación contralateral ocasionó una disminución constante de la frecuencia media en el periodo final posacupuntura; y una disminución constante en la frecuencia alta en los periodos inmediato y tardío posacupuntura, en todos los casos estas disminuciones no fueron significativas. En la comparación de la estimulación ipsilateral *versus* contralateral de IG15 se encontraron las mayores diferencias ( $p=0.05$ ) en la frecuencia media al comparar los periodos basal *versus* posacupuntura tardía. El estudio de correlación entre la estimulación ipsilateral y contralateral mostró que sólo en la frecuencia alta y en la comparación basal *versus* posacupuntura tardía se presentó correlación significativa.

## **ABSTRACT**

**Introduction.** Traditional and modern texts Chinese medicine refer to the ipsilateral or counterlateral character while using acupuncture as an important characteristic of treatment. Electromyography (EMG) is a medical procedure used to study the peripheral nervous and muscular systems having clinical and experimental utility. EMG gives information about physiology and morphology characteristics of muscular activity and neuralgic systems. The electromyography signal is composed by a collection of action potentialities of muscular fiber groups organized by functional units called motor units. This signal may be detected by sensors placed on the skin surface or with needles or wire sensors put into the muscular tissue. The acupoint IG15 (Jianyu) has been used in the treatment of shoulder local muscle disorders. We compare the effect of acupuncture in IG15 either ipsilateral or counterlateral in the electromyographic activity of the digital superficial flexor muscle through superficial electromyography.

**Materials and Methods.** A descriptive and cross-over design was done. Healthy volunteers were recruited: women (n=6;  $40.16 \pm 9.15$ ) and men (n=5;  $37.8 \pm 8.87$ ). The basal and post-acupuncture electromyography activities were compared by the power spectral density values – power spectral density (PSD), in three periods: basal (1:20 seconds), immediate post-acupuncture (50-70 seconds) and late posacupuncture (160-180 seconds). A second analysis of electromyography activity was done by using root mean square (RMS). In addition, correlations between ipsilateral and counterlateral stimulation were calculated. The averages are shown like an arithmetic mean  $\pm$  SD. The comparison of the data was performed using the *t* Student test for paired data when the values corresponded to the same side

stimulation, and independent test for comparison between ipsilateral or contralateral stimulation. A difference  $P < 0.05$  was considered as significant.

**Results and discussion.** It was observed that the ipsilateral stimulation elicited a constant decrease in the average frequency in the immediate postacupuncture period, there was also a decrease in the average frequency in the late post-acupuncture period, and a constant diminution, although no significant in the high frequency in the final postacupuncture period. The contralateral stimulation elicited a constant decrease in the average frequency in the final postacupuncture period, and a constant decrease in the high frequency in the intermediate and final periods, although no significant. A comparison between ipsilateral *versus* contralateral stimulations of IG15 is shown on the electromyography activity of digital superficial flexor muscle, the larger and significant differences were found in the average frequency in the comparison of the basal *versus* late postacupuncture period.

The analysis of correlation between ipsilateral and contralateral stimulation showed that only in the comparison of the basal *versus* late postacupuncture periods a significant correlation in the high frequency was observed.

## PRINCIPALES ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

---

**PED** Potencia en el espectro de densidad (PSD, denominación en inglés)

**mFSD** Músculo flexor superficial de los dedos

**RMS** Mínimos cuadrados (siglas en inglés)

**EMG** Electromiografía

**sEMG** Electromiografía de superficie

**IG15** Punto de acupuntura del canal de intestino grueso. Denominación en chino Jianyu

# ÍNDICE GENERAL

Resumen	
Abstract	
Principales abreviaturas y acrónimos	
Introducción	1
Materiales y métodos	6
Resultados	10
Conclusiones y discusión	15
Referencias bibliográficas	20
Anexo	23

# **INTRODUCCIÓN**

## **Acupuntura y electromiografía**

En la medicina tradicional china, la acupuntura ha sido empleada durante centurias para tratar una amplia variedad de enfermedades y constituye el tipo más frecuente de medicina no convencional en los países desarrollados (Eisenberg D y Cols., 1993). Sus beneficios han sido estudiados en ensayos controlados (Coan y Cols., 1980). En los años cincuenta fue preconizado el empleo de la acupuntura para tratar el dolor y coadyuvar en la analgesia quirúrgica (Andersson S, 1993).

## **Ipsilateralidad y contralateralidad**

Los textos de medicina tradicional china y otros textos modernos mencionan como una característica importante del tratamiento el carácter ipsilateral o contralateral de la aplicación de los puntos de acupuntura (Mussat M, 2000). A pesar de lo anterior hasta donde llega nuestro conocimiento no se ha estudiado si la estimulación ipsilateral o contralateral de los puntos de acupuntura modifican de manera diferente la actividad electromiográfica de los músculos relacionados de manera clínica con esos puntos.

La electromiografía es una prueba médica que permite el estudio del sistema nervioso periférico y muscular y tiene utilidad clínica y experimental. De esta forma, se puede orientar al médico especialista sobre el diagnóstico y tratamiento a seguir (Barea R, 2000).

La señal electromiográfica se compone del conjunto de los potenciales de acción de grupos de fibras musculares organizadas en unidades funcionales llamadas

*unidades motoras*. Esta señal puede ser detectada con agujas o sensores alámbricos introducidos en el tejido muscular o con sensores colocados en la superficie de la piel (De Luca Cj y cols, 2006).

Durante la contracción muscular (voluntaria o provocada) se producen unos patrones característicos de conducción nerviosa que pueden ser detectados mediante esta prueba. El origen del impulso nervioso detectado radica en el potencial de membrana de las células musculares, entre el interior y el exterior de dichas células hay una diferencia de potencial de  $-70\text{mV}$ . Las medidas recogidas en el electromiograma invasivo pueden oscilar entre los  $50\ \mu\text{V}$  y los  $20$  o  $30\ \text{mV}$ , dependiendo del músculo a estudiar, los músculos más grandes desarrollan potenciales eléctricos mayores al coordinarse las fibras musculares entre sí (Roca J, 2001).

El electromiograma de superficie (sEMG) proporciona información sobre la fisiología y las características morfológicas de la actividad muscular y de sus sistemas neuronales. La sEMG es una fuente de información de fácil acceso debido a que los electrodos se encuentran en la piel por encima del músculo. Se han desarrollado y aplicado muchos métodos de procesamiento de señales sEMG para estudiar la fisiología neuromuscular (Karlsson y cols., 2008).

### **Análisis del sEMG**

**Potencia del espectro de densidad (PED).** Es una forma de procesamiento de la señal sEMG, y se denomina en inglés *power spectral density* (PSD). El PED se basa en el análisis de Fourier (*fast Fourier transform* o FFT) para funciones periódicas. Con

este análisis se obtiene una estimación razonable de la actividad y fuerza del músculo (Basmajian y De Luca 1985; Lawrence y De Luca 1983).

**Curva envolvente.** Después de rectificar la señal, se obtiene el área de la curva envolvente de la señal, a este proceso algunos autores le han llamado *falsa integración*. En muchos estudios se ha empleado este procedimiento, para aumentar la validez el registro del EMG se realiza con frecuencias de muestreo altas (Villarroya AM, 2005).

**Root mean square (RMS).** Con este análisis se mide el poder eléctrico de la señal electromiográfica. En este procedimiento se divide la raíz cuadrada del área entre el cuadrado de la señal y el tiempo calculado para un intervalo de tiempo dividido entre dicho tiempo; en este análisis no es necesaria la rectificación previa de la señal. También se obtiene en períodos de tiempo variables según la actividad que se estudia. Los valores de la RMS contienen una información mayor que la media rectificadora o la señal integrada. Los valores se expresan mV o en  $\mu\text{V}$  (Villarroya AM, 2005).

### **Electromiografía y actividad muscular**

Cuando el músculo se fatiga hay un aumento de los componentes de baja frecuencia y una reducción de los de alta frecuencia. Por ello, se ha utilizado la frecuencia media y su mediana, describiendo disminuciones en ambas, tanto en contracciones isométricas máximas, como en submáximas e isocinéticas. Sin embargo, hay menos información sobre la validez de la frecuencia media o mediana en contracciones dinámicas y, aunque algunos describen que sería válido utilizarlas, otros, como Matthijsse y cols. (1987) cuestionan esta validez. En el músculo fatigado,

también se han descrito disminuciones de la relación *H:L* (proporción entre el valor RMS de los componentes de alta y baja frecuencia). Se ha propuesto que esta relación es más perceptible que las frecuencias media y mediana, pero también menos fiable (Villarroya AM, 2005).

En un estudio electromiográfico realizado sobre los efectos en la actividad de los músculos temporal y masetero empleando acupuntura en problemas de opresión molar, dio como resultado la disminución de la actividad eléctrica muscular y de los síntomas dento-molares después de la aplicación del tratamiento con acupuntura, siendo mayor la relajación en el músculo temporal que el músculo masetero (de Sousa R, 2007). Otro estudio electromiográfico sobre bruxismo e hipertonicidad en algunos músculos de la masticación la aplicación de puntos de acupuntura resultó en la relajación de los músculos temporal, masetero, digástrico y esternocleidomastoideo (Romoli M, 2003). Otro estudio muestra la reducción de la actividad electromiográfica del músculo tibial anterior con la estimulación mediante acupuntura del punto B9, y no con el E36. (Kao M , 2006).

### **Punto IG15 (Jianyu): utilización clínica y aspectos básicos**



**Figura 1. Punto IG 15**

Este punto de acupuntura se ha empleado en el tratamiento de los trastornos de los músculos locales del hombro y problemas del propio miembro superior. Su localización se realiza con el brazo en abducción hasta la horizontal, entre la parte anterior y media del músculo deltoides, en la depresión anterior e inferior del acromion. Se punciona de forma perpendicular u oblicua con una profundidad promedio de 2 cm. Entre sus indicaciones convencionales destacan un efecto analgésico local. También, trastornos dolorosos en el trayecto del brazo y antebrazo. Además, en medicina tradicional china se afirma que este punto de acupuntura del meridiano lo hace “transitable”, “dispersa el viento” y “calma el prurito”. El punto también está indicado en padecimientos dolorosos y con limitación motora la articulación del hombro y la extremidad superior (Hans-U, 2005).

El propósito de este estudio fue comparar el efecto de la acupuntura en el punto IG15 aplicada de manera ipsilateral o contralateral en la actividad electromiográfica del músculo flexor superficial de los dedos empleando electromiografía de superficie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación de corte transversal con diseño cruzado y descriptiva. La población en estudio estuvo constituida por personas que participaron de manera voluntaria en la investigación y eran miembros de la comunidad universitaria de la Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa. Se incluyeron personas con las siguientes características: cualquier sexo, edades entre 18 - 40 años, sin obesidad, sin padecimientos neuromusculares y que no recibieron medicamentos o tratamiento con acupuntura en los 7 días anteriores al estudio. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa y se obtuvo el consentimiento informado y por escrito de los participantes.

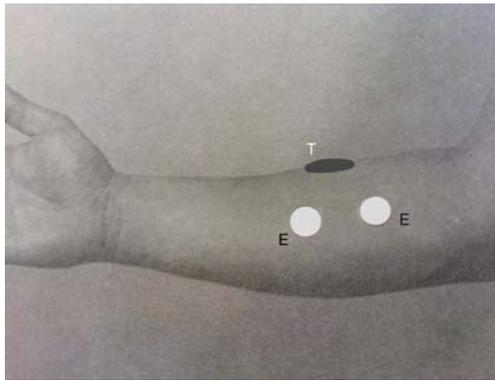
Se pidió a los participantes no realizar ejercicio muscular extenuante durante un periodo previo de 72 h. Todos los sujetos estuvieron en reposo durante un periodo  $\geq 10$  minutos antes de comenzar los registros. Durante el estudio los sujetos permanecieron en posición de decúbito dorsal.

**Cuadro 1.** Secuencia experimental

Primera sesión	Periodo de lavado de una semana	Segunda sesión
Estimulación en IG15 brazo derecho		Estimulación de IG15 brazo izquierdo

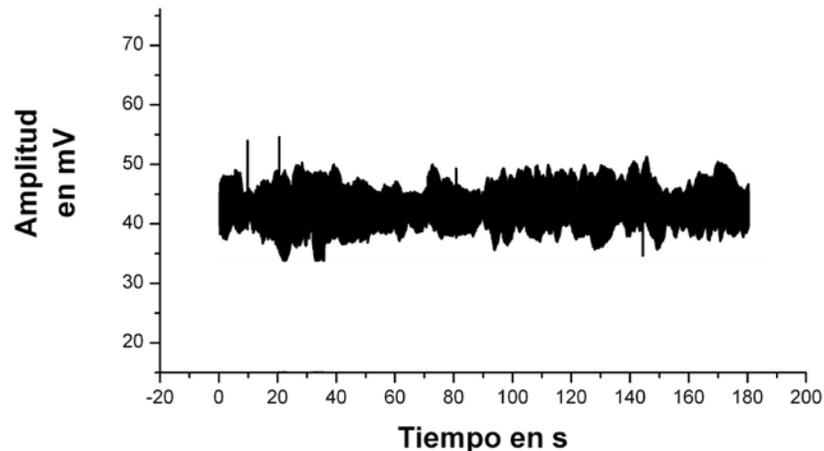
## Adquisición de la señal del electromiograma de superficie (sEMG).

Se removieron todos los objetos metálicos cercanos al área en estudio, se limpió la piel con alcohol para remover cualquier grasa presente, se colocaron 3 electrodos (SS2L, Biopac Systems), 2 en los extremos del músculo flexor superficial de los dedos (mFSD) derecho a una distancia promedio de 5 cm y se colocó el electrodo de tierra fuera del músculo estudiado. Figura 2.



**Figura 2.** Colocación de los electrodos.

El tiempo de registro fue de 3 minutos. En la figura 3 se muestra un registro electromiográfico característico.



**Figura 2.** Registro electromiográfico típico de la actividad del músculo flexor superficial de los dedos.

La aguja se insertó en el segundo 25 del registro y se retiró al segundo 30. En la primera sesión se estimuló el punto IG15 del brazo derecho (ipsilateral). Después de un periodo de lavado de 1 semana se estimuló el punto IG15 del lado izquierdo (contralateral, al mFSD) y se llevó a cabo el procedimiento de registro mencionado.

### **Tratamiento con acupuntura**

Para el tratamiento con acupuntura se emplearon agujas desechables de acero inoxidable de 2.5 cm de longitud y 0.22 mm de diámetro marca (AcuZone, República Popular China) sin estimulación adicional eléctrica o con láser. A todos los sujetos se les aplicó el mismo procedimiento respecto al registro de la información médica y tratamiento con acupuntura. Se localizó de manera tradicional el punto IG15 (en la parte media anterior del musculo deltoides), se insertó la aguja a una profundidad aproximada de 1.6 cm y estimuló de forma manual por 5 segundos hasta que se obtuvo la sensación característica de la acupuntura (*Deqi*, de acuerdo a su denominación china) y entonces se retiró la aguja.

### **Análisis del electromiograma**

Se compararon las actividades electromiográficas basales y posacupuntura mediante los valores de potencia en el espectro de densidad (PED) - *power spectral density* (PSD) de acuerdo a su denominación en inglés - en tres periodos del registro: basal (1-20 s), posacupuntura inmediata (50-70 s) y posacupuntura tardío (160-180 s), con el empleo de la función *power spectral density* del *software* Acqknowledge v. 3.91. Un segundo análisis de la actividad electromiográfica se realizó mediante

mínimos cuadrados o *root mean square* (RMS); el RMS se calculó mediante el empleo de la función *integrative* del *software* Acqknowlege v. 3.91.

**Cuadro 2.** Cronograma experimental

<b>Duración en minutos</b>		<b>Cronograma (s)</b>
Reposo inicial		-900 al -240
Colocación de electrodos		-239 al -0
Registro electromiográfico	Periodo basal	1-20
	Aplicación de acupuntura	25-30
	Periodo posacupuntura inmediata	50-70
	Periodo posacupuntura tardía	160-180

**Análisis de correlación.** Se analizaron las correlaciones y su significación estadística entre la estimulación ipsilateral y contralateral de los valores de mínimos cuadrados en todo el periodo estudiado. Este análisis se realizó mediante el *software* Origin 7.0.

**Análisis estadístico.** Las variables discontinuas se describen como valores  $\pm$  desviación estándar. Se utilizó la prueba T student: i) para datos pareados en el caso de datos ipsilaterales o contralaterales y ii) para datos no pareados en el caso de comparación ipsilateral *versus* contralateral.

## RESULTADOS

### Descripción de la población

Se estudiaron 11 sujetos: 6 (55%) mujeres ( $40.16 \pm 9.15$  años de edad) y 5 (45%) varones ( $37.8 \pm 8,87$  años de edad).

### Actividad electromiográfica y estimulación con acupuntura

#### Potencia en el espectro de densidad (PED)

El efecto de la estimulación de IG15 del brazo derecho (ipsilateral) o izquierdo (contralateral) en la actividad electromiográfica del músculo flexor superficial de los dedos derecho evaluada mediante la potencia del espectro de densidad (PED) se muestran en los cuadros 3 y 4.

**Cuadro 3.** Efecto de la estimulación ipsilateral de IG15 del brazo derecho en la actividad electromiográfica del músculo flexor superficial de los dedos derecho analizado mediante PED.

Frecuencia	A Basal 1-20 s	B Posacupuntura inmediata 50-70 s	C Posacupuntura tardía 160-180 s	Valores P	
				A vs B	A vs C
Baja	$27.43 \pm 33.05$	$28.20 \pm 31.75$	$28.39 \pm 31.26$	0.32717	0.33493
Media	$5.10 \pm 6.98$	$3.43 \pm 4.93$	$3.48 \pm 5.62$	0.04941	0.03984
Alta	$9.01 \pm 15.27$	$7.46 \pm 11.66$	$6.04 \pm 8.75$	0.25673	0.21632

Medias  $\pm$  DE.

La estimulación ipsilateral ocasionó una disminución significativa en la frecuencia media en los periodos posacupuntura inmediato y posacupuntura tardío; y una disminución constante, aunque no significativa en la frecuencia alta, en el periodo posacupuntura tardío.

**Cuadro 4.** Efecto de la estimulación contralateral de IG15 del brazo izquierdo en la actividad electromiográfica del músculo flexor superficial de los dedos derecho analizado mediante PED.

Frecuencia	A Basal 1-20 s	B Posacupuntura Inmediata 50-70 s	C Posacupuntura Tardía 160-180 s	Valores P	
				A vs B	A vs C
Baja	19.73 ± 30.15	15.18 ± 26.14	15.24 ± 26.41	0.43653	0.44976
Media	0.7 ± 1.58	0.12 ± 0.26	0.53 ± 1.35	0.24655	0.18358
Alta	1.63 ± 3.75	1.25 ± 3.20	1.30 ± 3.37	0.11654	0.15729

Medias ± DE.

La estimulación contralateral ocasionó una disminución constante de la frecuencia media en el periodo final posacupuntura; y una disminución constante en la frecuencia alta en los periodos inmediato posacupuntura y tardío posacupuntura, aunque en los tres casos esta disminución no fue significativa.

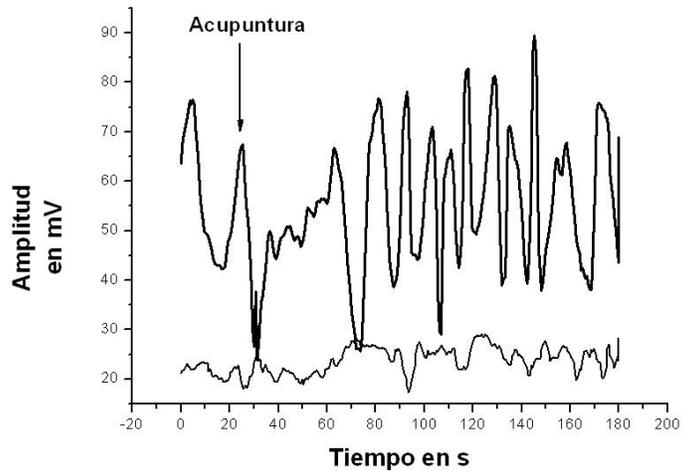
**Cuadro 5.** Comparación de la estimulación ipsilateral *versus* contralateral de IG15 sobre la actividad electromiográfica del músculo flexor superficial de los dedos analizado mediante PED.

Frecuencia	Periodos	
	Posacupuntura inmediata* Medias de las diferencias (p)	Posacupuntura tardía** Medias de las diferencias (p)
Baja	0.76727 vs 0.95727 (0.359)	4.54727 vs 4.49545 (0.358)
media	1.67454 vs 1.62909 (0.231)	0.58090 vs 0.16818 (0.05)
alta	1.55363 vs 2.96727 (0.380)	0.37727 vs 0.32545 (0.256)

\*Comparación de las medias de las diferencias de los valores del periodo basal (1-20 s) *versus* posacupuntura inmediata (50-70 s).

\*\* Comparación de las medias de las diferencias de los valores del periodo basal (1-20 s) *versus* posacupuntura final (160-180 s).

En el Cuadro 5 se muestra la comparación de la estimulación de IG15 ipsilateral *versus* contralateral en la actividad electromiográfica del músculo flexor superficial de los dedos, se encontró diferencia significativa en la frecuencia media al comparar los periodos basal *versus* posacupuntura tardía.



**Figura 5.** Comparación de la estimulación ipsilateral (línea gruesa) *versus* contralateral (línea delgada) mediante el análisis integrado y con promedio de puntos adyacentes de las señales de los electromiogramas de superficie de todos los sujetos.

**Análisis integrado o de promedios de mínimos cuadrados.**

En la figura 5 se muestran los promedios con promedio de puntos adyacentes (*smoothing*, mediante el *software* Origin 7.0) de las señales sEMG de la estimulación ipsilateral *versus* contralateral.

**Cuadro 6.** Correlaciones de la estimulación ipsilateral *versus* contralateral de IG15 sobre la actividad electromiográfica del músculo flexor superficial de los dedos.

Frecuencia	Periodos	
	Posacupuntura inmediata*	Posacupuntura tardía**
	<i>r</i> (p)	<i>r</i> (p)
Baja	-0.22951 (0.49722)	-0.34936 (0.2923)
media	0.21243 (0.53058)	0.44019 (0.17544)
alta	0.55561 (0.07597)	0.8133 (0.00233)

\*Correlación de los efectos de la acupuntura de los periodos basal (1-20 s) *versus* posacupuntura inmediata (50-70 s).

\*\*Correlación de los efectos de la acupuntura de los periodos basal (1-20 s) *versus* posacupuntura tardía (160-180 s).

**Correlación entre la estimulación ipsilateral y contralateral.** El estudio de la correlación entre la estimulación ipsilateral y contralateral mostró que al comparar los periodos basal *versus* posacupuntura inmediata que en la frecuencia alta se presentó una correlación casi significativa entre ambas estimulaciones. Mientras que al comparar los periodos basal *versus* posacupuntura tardía se presentaron correlación casi significativa en la frecuencia media y correlación significativa en la frecuencia alta.

## CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

El análisis mediante la potencia del espectro de densidad (PSD, siglas en inglés) mostró que la acupuntura ipsilateral produjo modificaciones mayores que la estimulación contralateral en el sEMG; en especial, en la frecuencia alta la acupuntura disminuyó los valores en forma casi significativa, al comparar el periodo basal *versus* posacupuntura tardío. Con la estimulación contralateral disminuyeron en forma constante, aunque no significativa, las frecuencias media y alta al comparar el mismo periodo. Al comparar la estimulación ipsilateral *versus* contralateral la mayor diferencia se encontró en la frecuencia alta, también en el mismo periodo.

El análisis RMS mostró que la actividad sEMG se modificó de manera más amplia con la estimulación ipsilateral, y la mayor diferencia se presentó durante los segundos 50-70 segundos de la aplicación de acupuntura.

El análisis mediante mínimos cuadrados o análisis integrativo (RMS) mostró que la estimulación ipsilateral produjo modificaciones electromiográficas mayores que la estimulación contralateral y esta diferencia fue notoria después de la aplicación de acupuntura y hasta el segundo 65.

El análisis de correlación mostró que las estimulaciones ipsilateral y contralateral ejercieron los efectos más semejantes en las frecuencias media y alta al comparar los periodos basal *versus* posacupuntura tardía y basal *versus* posacupuntura inmediata y tardía, de manera respectiva.

Las variaciones descritas provocadas por la acupuntura corresponden en el análisis PED del EMG en todas las frecuencias (bajas, medias y elevadas) a cambios en el grado de descarga del músculo, estos han sido detectados cuando se presenta fatiga muscular (Villarroya AM, 2005).

Se describe que cuando el músculo se fatiga hay un aumento de los componentes de baja frecuencia y una reducción en los de alta. Debido a esto se utiliza la frecuencia media y su mediana, para describir disminuciones en ambas, tanto en contracciones isométricas máximas, como en submáximas e isocinéticas (Matthijsse y col. 1987).

En otros estudios se menciona que en el músculo fatigado hay disminuciones en la relación H:L (proporción entre el valor RMS de los componentes de alta y baja frecuencia) (Villarroya, 2005).

La disminución de la frecuencia puede deberse a un descenso en la velocidad de conducción, pero también puede estar implicado un aumento de la sincronización de las unidades motoras. También se describen variaciones en la amplitud de la señal electromiográfica (EMG integrada y RMS) en el músculo fatigado, pero existe una gran controversia respecto a lo que ocurre. En contracciones máximas isométricas la amplitud de la señal EMG cae progresivamente debido probablemente por una disminución gradual en la excitación de las unidades motoras. La RMS durante la contracción máxima isométrica en el vasto lateral disminuyó con la fatiga cerca del 30% según Millet y col (2003).

### **Vías aferentes y eferentes en la estimulación de IG15 y la respuesta del mFSD**

La inervación sensitiva del hombro está dada por nervio cutáneo del hombro y el nervio lateral inferior. El estímulo nervioso se dirige hacia el asta posterior a través de la sustancia gelatinosa en las neuronas de las laminas I al VI. Hacen sinapsis con las células de origen del sistema anterolateral, entre ellas los fascículos espinotalámicos y las proyecciones espino-reticulares. Este fascículo y proyección

ascienden por la medula espinal penetran a la formación reticular, al tubérculo cuadrigémino y el núcleo posterolateral ventral el cual conduce sensaciones dolorosas y térmicas a la corteza somatosensorial primaria en el área de Brodman 3,1 y 2 de la circunvolución poscentral. Las fibras provenientes de las porciones superiores del cuerpo se proyectan a las aéreas corticales cercanas a la fisura lateral. La inervación motora del músculo deltoides es provista por el nervio circunflejo que es una rama del tronco secundario posterior del plexo braquial en sus segmentos medulares C4 y C5.

El mFSD recibe su inervación motora del nervio mediano, este nervio se origina de 2 raíces relacionadas con C5-C8 y T1. El tipo de reflejo de este músculo se considera mono sináptica donde sólo actúan 2 neuronas una aferente y otra eferente.

### **Contralateralidad.**

Se ha propuesto que la organización comisural e intersegmentaria de los centros primarios de la médula espinal y del tronco cerebral que incluye interneuronas y células con prolongaciones largas, cada neurona recibe impulsos de 4000 células nerviosas y a su vez puede tener conexiones sinápticas con más de 25000 que pudieran servir como base para las reacciones contralaterales y heterosegmentarias y explicar la acción de IG15 izquierdo sobre el mFSD derecho (Chusid, 1980).

La vía que se acepta en acupuntura es la aferente primaria A delta, cuyos campos receptivos responden a los estímulos mecánicos y térmicos. Fibras A beta de umbral bajo y fibras C de umbral elevado. Las fibras A delta y A beta, que son mucho más rápidas, conducen la sensación producida por la punción de la aguja, y pueden

inhibir el empalme de la información nociceptiva conducida por las primeras, con el haz paleo-espinotalámico a nivel de la sustancia gelatinosa de Rolando.

El tren de impulso aferente generado por la aguja sigue un curso paralelo a las vías de la nocicepción a través de los haces anterolateral y espinotalámico y se proyecta sobre las estructuras neuromoduladoras del dolor: la formación reticular, la sustancia gris que bordea al acueducto de Silvio, el tálamo, el sistema límbico y la corteza somestésica.

En este curso ascendente tras alcanzar la formación reticular y la porción dorsal de la sustancia gris que tapiza el acueducto de Silvio, se activa el sistema inhibitorio descendente del rafe, por una parte; y se envía en forma secuencial, esta información al hipocampo lateral, el *septum* lateral, el hipocampo y la habénula. Estos impulsos alcanzan, luego el péndulo y el hipotálamo anterior, a cuyo nivel determinan la liberación de la hormona liberadora de corticotropina (CRH) y desencadenan la producción de los factores neurohumorales hipofisarios.

Las limitaciones del presente estudio son el número reducido de participantes y la corta duración del seguimiento. Sin embargo, el método que se empleó para analizar los cambios electromiográficos permitirá valorar en forma adecuada la respuesta a nivel muscular de la estimulación de puntos de acupuntura.

De esta manera, se propone la realización de estudios subsecuentes: i) con un número mayor de participantes, ii) con seguimiento por periodos más prolongados, iii) donde se examine el efecto de otros puntos de acupuntura que se recomiendan de manera tradicional en forma ipsilateral o contralateral en el tratamiento o estimulación a distancia, iv) donde se realicen estudios para conocer el efecto de la acupuntura en

individuos diestros o siniestros y saber si esta condición influye en la respuesta electromiográfica a la acupuntura.

Hasta donde llega nuestro conocimiento este es el primer trabajo donde se analizan los efectos sobre la actividad electromiográfica de la acupuntura en un músculo situado de manera distal al punto de acupuntura y también en condiciones de ipsilateralidad o contralateralidad. Los resultados mostraron que la estimulación ipsilateral del punto IG15 modificó la actividad del mFSD con mayor intensidad que la estimulación contralateral. Las estimulaciones ipsilateral y contralateral se correlacionan de manera importante, de manera principal en las frecuencias altas. Los mecanismos que fundamentan esta correlación deberán ser estudiados en investigaciones posteriores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ainee C, Luke B, Edward M (2003). Adverse effects of acupuncture. *Can Fam Physician*, 49: 985-989.
2. Andersson S (1993). The functional background in acupuncture effects. *Scand J Rehabil Med Suppl* 29, 31– 60.
3. Eisenberg D, Kessler R, Foster C, Norlock F, Calkins D, and Delbanco T (1993). Unconventional medicine in the United States. Prevalence, costs and patterns of use. *N Engl J Med* 328, 246–252.
4. Coan R, Wang G, Ku S, Chan Y, Wang L, Ozer F, and Coan P (1980). The acupuncture treatment of low back pain; a randomised controlled study. *Am J Clin Med* 8, 181–189.
5. De Sousa R, Semprini M, Vitti M, Borsatto M, Hallak (2007). Electromyographic evaluation of the masseter and temporal muscles activity in volunteers submitted to acupuncture. *Electromyogr Clin Neurophysiol. Brazil*, Jul;47(4-5):243-50
6. So R y cols (2007). Effect of transcutaneous electrical acupoint stimulation on fatigue recovery of the quadriceps. *Eur J Appl Physiol. China*, Aug;100(6):693-700
7. Kao M, Hsieh Y, Kuo F, Hong C (2006). Electrophysiological assessment of acupuncture points. *Am J Phys Med Rehabil*. May;85(5):443-8.
8. Smith M, Tong H (2005). Manual acupuncture for analgesia during electromyography: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*. Sep;86(9):1741-4.

9. Romoli M, Ridi R, Giommi A (2003). Electromyographic changes in bruxism after auricular stimulation. A randomized controlled clinical Trial, *Minerva Med.* Aug; 94(4 Suppl 1):9-15.
10. Liz Tough (2006) Lack of effect of acupuncture on electromyographic activity, *Acupuncture in medicine*;24(2):55-60.
11. Gerhard L (2008). A Short Review of Animal Experiments Ten Years Evidence-based High-Tech Acupuncture, Australia, 1-5.
12. Ma S. (2004). *Neurobiology of Acupuncture*, EU, 2004;1(1)41–47
13. Roca J, Jimenez J. (2001). Reconocimiento de patrones de actividad en EMG superficial, de uso en ayudas tecnológicas y biofeedback, Sociedad cubana de Bioingeniería, 1-15 pp.
14. Mussat M. (2000). Energética de los sistemas vivos aplicada a la acupuntura, Escuela Superior de Acupuntura A.C., México, 106 pp.
15. Karlsson JS, Roeleveld K, Gronlund C, Hooltermann A, (2008) Signal processing of the surface electromyogram to gain insight into neuromuscular physiology. *Phil Trans R A.* 367:337-356.
16. De Luca Cj, Adam A, Wotiz R, Gilmore Ld, Nawab Sh,(2006) Decomposition of surface EMG signals. *J Neurofisiol* 96:1646-1657-
17. Hans-U, (2005). Acupuntura, 1ra Ed., Manual Moderno, 67-75pp.
18. Barea R (2000). Electromiografía, Instrumentación Biomédica. Departamento Electrónica. Universidad Alcalá. 1-19 pp.
19. Bossy J (1985). Bases neurológicas de las reflexoterapias, Masson, España, 123pp

20. Chusid JG (1980). Neuroanatomía correlativa, 5ª edición, El manual moderno, México, 116-117
21. Díaz TL (2006). Bioenergética de la acupuntura y el masaje, E.S.A.M.A.C., México, pag 99
22. Eisenberg D, Kessler R, Foster C, Norlock F, Calkins D, and Delbanco T (1993). Unconventional medicine in the United States. Prevalence, costs and patterns of use. *N Engl J Med* 328, 246–252.
23. Matthijsse PC, Hendrich KM, Rijnsburger WH, Woittiez RD, Huijing PA (1987). Ankle angle effects on endurance time, median frequency and mean power of gastrocnemius EMG power spectrum: a comparison between individual and group analysis. *Ergonomics*, 30:1149-1159.
24. Noback C, Demarest R, Fundamentos de neurobiología, 1983, Mc Graw Hill, México, 200-203.

ANEXO



**Universidad Autónoma Metropolitana**

*Unidad Iztapalapa*

---

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Con fundamento a lo dispuesto en el Reglamento de la Ley General de Salud:

Yo: \_\_\_\_\_,

Domicilio: \_\_\_\_\_,

Teléfono: \_\_\_\_\_.

Manifiesto que estoy en plena capacidad jurídica y uso de mis facultades y que no padezco enfermedades cardiovasculares hasta donde llega mi conocimiento.

Me explicaron los responsables de la investigación la naturaleza y propósito de la investigación:

**Efecto de la acupuntura en la actividad electromiográfica de músculo estriado:**

**Comparación de la estimulación ipsolateral *versus* contralateral.**

Me describieron el procedimiento a realizar y los efectos adversos probables de la aplicación de la acupuntura manual en IG-15.

Declaro ciertos, todos los datos relativos a mi historia clínica, no habiendo omitido aspecto alguno de interés, quedando bajo mi responsabilidad, el no haber informado en el momento y en el tiempo oportuno al médico tratante acerca de algún(os) padecimiento(s), patologías, tratamientos terapéuticos,

suministro de medicamentos u otras enfermedades en mi haber, que pudieran oponerse al tratamiento indicado por el personal médico de esta institución; por esto, libero de toda responsabilidad al personal y la institución. He sido informado(a) de que mis datos proporcionados para la realización de la historia clínica serán protegidos y confidenciales, sólo para estricto uso de la investigación mencionada. Otorgo mi consentimiento y acepto de manera voluntaria se me incluya en el protocolo ya mencionado. Para los efectos y alcance legal a que haya lugar, firmo el presente CONSENTIMIENTO INFORMADO al margen y al calce.

\_\_\_\_\_  
Firma  
TESTIGOS

Testigo 1

Testigo 2

Nombre:

Nombre:

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Firma

MEXICO, D. F., a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2009.

EL JURADO DESIGNADO POR LA DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD DE LA UNIDAD IZTAPALAPA APROBÓ LA IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS QUE PRESENTÓ:

**CARLOS ROMÁN ACEVEDO**

El día 5 de agosto del año 2009

**Sinodales:**

PRESIDENTE:

Dr. Eduardo Barrera Escorcia

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Eduardo Barrera Escorcia', written over a horizontal line.

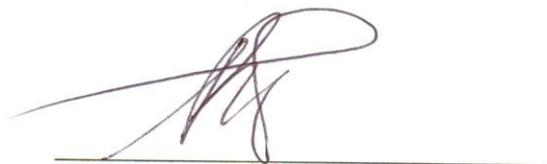
SECRETARIO:

Dr. Rubén Román Ramos

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Rubén Román Ramos', written over a horizontal line.

VOCAL:

Dr. José Federico Rivas Vilchis

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'José Federico Rivas Vilchis', written over a horizontal line.