

# Reflejo electrodérmico auricular en el hombre: Estudio experimental

W. Soler y L. M<sup>ª</sup>. Gonzalo

Departamento de Anatomía. Universidad de Navarra

**SUMEN:** Se han realizado varias experiencias con los siguientes objetivos: 1) comprobar que tanto el dolor espontáneo como el provocado dan lugar a respuestas electrodérmicas auriculares (REA); 2) investigar la acción de la anestesia local, general y raquídea sobre el REA y poner de manifiesto la vía aferente, el trayecto intraespinal y la vía eferente del RAE. Como estímulo doloroso se ha utilizado el calor (45°C durante 30 segundos) y el registro del REA se ha realizado con un servoscopio (Sedatelec). La anestesia local y la raquídea suprimen el REA y la anestesia general solamente disminuye su intensidad. El estudio del REA en parapléjicos ha puesto de manifiesto que los impulsos termalgésicos responsables del REA penetran en la médula espinal no sólo por la raíz dorsal correspondiente al dermatomo estimulado, sino por las cuatro o cinco raíces más craneales. Por otra parte, el trayecto intrarraquídeo de estos impulsos es bilateral con un ligero predominio ipsilateral. La multiradicularidad y la bilateralidad espinal de los impulsos, diferencia a los termalgésicos de los restantes impulsos nociceptivos. Por otra parte, los resultados obtenidos en pacientes tetrapléjicos permiten concluir que la integración del REA es espinal y que la acción de los centros supraespinales sobre este reflejo es simplemente moduladora.

**SUMMARY:** Several sets of experiments have been performed for the following purposes: 1) to show that spontaneous pain as well as thermal stimuli provoke the auriculoelectrodermic reflex (AER); 2) to investigate the action of local, general and rachianaesthesia on the AER, and 3) finally, to know the afferent, efferent and spinal pathways of the AER. As painful stimulus was utilized noxious heat (45°C during 30 seconds) and the AER was registered by means of a Servoscope (Sedatelec).

Local and rachianaesthesia suppressed the AER but the general anaesthesia decreased only its intensity. The study of the AER in paraplegic patients revealed that the thermalgesic impulses responsible for

the AER, enter in the spinal cord not only through the dorsal root corresponding to the stimulated dermatome, but also through the 4-5 cranial roots. On the other hand, the intraspinal pathway of the AER impulses is bilateral, with a slight ipsilateral predominance. The polyradicular input and spinal bilaterality difference the thermalgesic from the other nociceptive impulses. The results obtained in tetraplegic patients allow to conclude that the integration of the AER is spinal, corresponding to the supraspinal centres a modulatory influence.

## Introducción

La aplicación de un estímulo doloroso va seguida de diversas respuestas vegetativas, una de ellas es el aumento de la transpiración cutánea (3, 14, 24, 33). Esta respuesta sudomotora, también llamada electrodérmica (RED), pues disminuye la resistencia cutánea al paso de la corriente eléctrica, tiene lugar a nivel del dermatomo donde se aplica el estímulo. Además, aparece también en zonas cutáneas alejadas como, por ejemplo, en el pabellón auricular (17, 25, 29). En el caso concreto del pabellón auricular, la localización de los puntos RED positivos guarda una cierta somatotopía (18, 25, 27). Esta disociación entre lugar estimulado y territorio donde se pueden obtener respuestas electrodérmicas auriculares (REDA) es un hecho que permite investigar los factores que intervienen estimulando o inhibiendo el REDA; la ipsi, contra o bilateralidad del reflejo, su integración espinal o supraespinal, etc. Esta investigación, que en la bibliografía no hemos encontrado descrita, es la que presentamos a continuación y viene a mostrar que los impulsos termalgésicos tienen un comportamiento distinto al resto de los impulsos nociceptivos.

## Material y métodos

El material utilizado para el estudio del REDA se puede reunir en dos grupos, según los experimentos realizados: uno correspondiente a la comprobación de datos generalmente admitidos y otro a los experimentos destinados a demostrar la base anatomofisiológica del REDA (Tabla 1).

Tabla 1

TABLAS ARTIC TESIS		
<b>Grupo I</b>	REDA en dolor espontáneo osteoarticular	21 pacientes
	REDA en dolor espontáneo visceral	21 pacientes
	REDA en dolor espontáneo provocado (est. térmico)	11 pacientes
<b>Grupo II</b>	Anestesia general y REDA	4 pacientes
	Anestesia local y REDA	25 pacientes
	Raquianestesia y REDA	6 pacientes
	REDA en parapléjicos	10 pacientes
	REDA en tetrapléjicos	10 pacientes

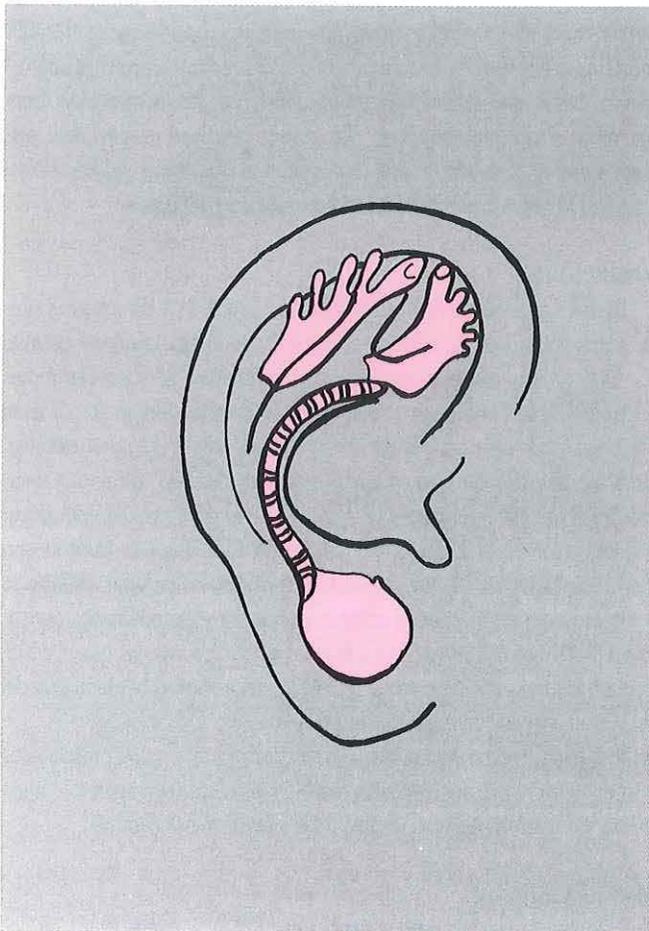


Figura 1. Esquema del pabellón auricular derecho, sobre el que se ha proyectado la representación somatotópica propuesta por Nogier, y que nosotros hemos podido confirmar.

Para provocar el estímulo termalgésico, se ha utilizado Zehner que se aplicaba a la piel durante 30 segundos a 45°C. La presencia cutánea al paso de la corriente se exploró con la ayuda del Servoscope (Sedatelec). Los experimentos se llevaron a cabo en un ambiente local, a una temperatura constante, sin ruidos y dentro de un intervalo horario. Se exploró la cara lateral de la oreja. En los casos de dolor provocado se realizó una primera exploración (exploración de control) antes de aplicar el estímulo, con el fin de determinar los puntos de respuesta positiva en condiciones basales. Estos se marcaron con un punto diferente al que se empleó para marcar los puntos que aparecieron al aplicar el estímulo doloroso. La anestesia, tanto general como raquídea, se practicó siempre el mismo equipo de anestelistas, siguiendo pautas establecidas. En todos los casos se solicitó la conformidad de los pacientes antes de la realización de las pruebas, previo consentimiento por parte de los representantes de los centros hospitalarios donde se realizaron los experimentos. En el método estadístico se han utilizado pruebas de comparación de medias: para los casos en que la varianza de la muestra era homogénea, de dos medias (contraste bilateral o datos apareados) y para los casos de comparación de medias múltiples y la «prueba no paramétrica de Whitney» cuando la varianza no era homogénea.

### Resultados

**Respuesta EDA al dolor osteoarticular espontáneo:** En la Tabla 1 se indica la localización de la patología que provocaba el estímulo de dolor espontáneo.

Todos los casos presentaban puntos REDA positivos y su localización correspondía a la establecida por Nogier (25) (Fig. 1). Los puntos REDA positivos aparecieron en los dos pabellones auriculares con predominio ipsilateral en un porcentaje no significativo.

**Respuesta EDA en el dolor visceral espontáneo:** Las zonas de respuesta del dolor espontáneo visceral eran las que detalla la Tabla 1.

En todos los casos de este grupo se observaron puntos REDA positivos en la oreja. Su número fue superior al del grupo de dolor osteoarticular ( $\bar{x} = 3,31$  y  $2,69$  respectivamente). También en este caso hubo predominio de puntos REDA positivos, sin predominio ipsilateral significativo.

**REDA provocado por un estímulo termalgésico:** El estímulo termalgésico (TA) se aplicó en diferentes localizaciones de la mano expresadas en la Tabla 4.

La respuesta fue positiva en todos los casos y la localización de los puntos REDA positivos correspondía al esquema propuesto por Nogier (Fig. 2). La media de puntos positivos fue de 2,8 en el lado control y de 3,2 en el ipsilateral.

**Efecto de la anestesia local sobre el REDA:** En los cuatro casos en los que se exploró el efecto de la anestesia local sobre el REDA se comprobó que los puntos positivos aparecidos como consecuencia de la estimulación termalgésica en la zona a anestesiarse no aparecían al aplicar el estímulo, una vez se había aplicado la anestesia local.

Tabla 2.

Codo	3 casos
Muñeca	4 casos
Falanges	4 casos
Rodilla	8 casos
Tobillo	1 caso
Artic. metatarsofalángica	4 casos

Tabla 3.

Vesícula Biliar	12 pacientes
Nódulo mama	1 paciente
Fisura anal	7 pacientes
Hidrocele	1 paciente

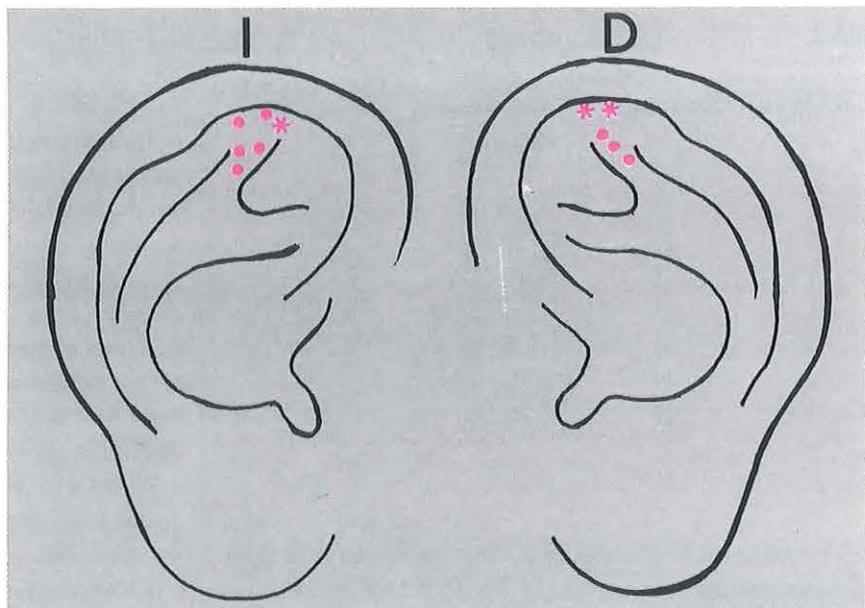


Figura 2. REDA ante estímulo térmico experimental.

- \* Puntos basales.
- Puntos tras aplicación del estímulo.

**Efecto de la anestesia general sobre el REDA:**

El efecto de la anestesia general se ha estudiado, tanto en pacientes intervenidos por patología visceral como en casos de operaciones osteoarticulares. En todos ellos se aplicó el estímulo TA antes de la anestesia y una vez se había administrado la misma, comprobando las diferencias en el REDA entre una y otra exploración.

En los 21 pacientes de cirugía osteoarticular la reducción de puntos REDA positivos fue de un 22%, siendo esta reducción significativa (<0,01), en tanto que en los pacientes de cirugía visceral la reducción fue sólo de un 6,8%. Sin embargo, en ningún caso hubo desaparición de los puntos REDA positivos.

**Efecto de la raquianestesia sobre el REDA:** La raquianestesia suprimió el REDA en todos los casos en los que el estímulo TA se aplicó en el talón o borde lateral del pie. En cambio, cuando el estímulo se aplicó en el borde medial de la rodilla, el REDA se suprimió en algunos casos y se mantuvo en otros, aunque la respuesta en estos últimos fue menos intensa. Esto hizo pensar que en los casos en los que persistía el REDA el estímulo alcanzaba raíces posteriores más craneales que las afectadas por anestesia. Si esto no era así, habría que admitir que el estímulo TA penetraba al menos por cuatro raíces posteriores. Para comprobar esta suposición se recurrió a la exploración en enfermos parapléjicos.

**El REDA en parapléjicos:** La primera exploración a estos pacientes fue para determinar el nivel de la sección espinal. Esta, según los casos, oscilaba entre los segmentos T5 y L2. El estímulo TA se aplicó en dermatomas de sensibilidad que ingresaba en la médula espinal por diferentes niveles, como puede observarse en la Tabla 5.

Los resultados de estas exploraciones demuestran claramente que el estímulo TA penetra en la médula espinal no sólo por la raíz posterior

que corresponde al estímulo, sino hasta cuatro y cinco raíces por encima.

**El REDA en tetrapléjicos:** Para este estudio se pidió la colaboración a diez tetrapléjicos cuyo nivel de sección espinal se encontraba: en C5, dos casos; en C6, cuatro casos, y en C7, cuatro casos. El estímulo TA se aplicó a nivel del borde medial de la epitróclea (segmento T2), excepto en un paciente en el que el estímulo TA se realizó a nivel torácico, en los dermatomas T2 y T11. En todos los casos se produjo el REDA, lo que pone de manifiesto que los centros supraespinales no son imprescindibles para la producción del REDA, o lo que es lo mismo, la integración de este reflejo se desarrolla a nivel espinal. Sin embargo, la respuesta en los tetrapléjicos es más débil que en los controles, por lo que hay que atribuirles un papel facilitador sobre los centros espinales responsables del REDA.

**DISCUSION**

El estudio del REDA en casos del dolor espontáneo, ya sea osteoarticular o visceral, ha permitido comprobar lo que se viene admitiendo desde los trabajos de Nogier (25) y otros (27, 31): la existencia de puntos

Tabla 4.

Dorso dedo anular mano izda.	4 casos
Dorso dedo anular mano dcha.	3 casos
Artic. metacarpofalángica izda.	3 casos
Artic. metacarpofalángica dcha.	1 caso

Tabla 5.

N.º de casos	Nivel sección	Nivel dermatomas estimulados	Niveles REDA post.
1	T5	T5, T10, T12	T5, T10
3	T7	T7, T10, T12	T7, T10
1	T8	T8, T10, T12	T8, T11
1	T1	T11, L1, L3, L4	T11, L3
1	T1	T12, L2, L5	T12, L
2	L1	L1, L5	L1,
1	L2	L2, L5, S1	L2, L5

REDA positivos tras la aplicación de un estímulo doloroso, es decir, aumento de la transpiración cutáneas (17, 18, 27, 34) con disminución de la resistencia de la piel al paso de la corriente (13, 15, 16, 26).

La localización de estos puntos REDA positivos no es arbitraria, sino que responde a una cierta somatotopía aunque no es tan estricta como la admitida por Nogier y seguidores (9, 25). El mismo efecto que el dolor espontáneo tiene el estímulo doloroso provocado por la aplicación de calor nociceptivo: también aparecen puntos REDA positivos en los puntos correspondientes del pabellón auricular (1, 9).

La conducción de este estímulo termalgésico se hace por vía nerviosa, como lo demuestra la abolición del REDA por la anestesia local y la raquianestesia. Sin embargo, la anestesia general no suprime el REDA, si bien disminuye su intensidad. Este resultado tiene el interés de poner de manifiesto que el comportamiento de los impulsos TA no es igual al del resto de los impulsos nociceptivos, pues éstos quedan abolidos por la acción de la anestesia general, indicando que los centros de integración de los impulsos TA son más resistentes a la acción anestésica.

El resultado obtenido mediante la acción de la raquianestesia al estimular zonas cutáneas cuya sensibilidad penetra en la médula por la raíz dorsal S1 (estímulo en maleolo tibial) y nivel L3 (estímulo en rodilla), indica que la acción de la anestesia a nivel S1 es total, en tanto que a nivel de L3 en algunos casos ya no actúa. Ahora bien, como el nivel alcanzado por la anestesia osciló entre T1 y L1, quiere

decir que la raíz L3 envía fibras hasta niveles espinales T11, debe haber fibras que ascienden por la cadena paravertebral hasta cinco segmentos.

Para comprobar este dato hemos recurrido a individuos paraplégicos. En ellos, explorando la sensibilidad cutánea, se puede establecer con seguridad el nivel de la sección espinal. Por otra parte, cuando se aplica un estímulo termalgésico a dermatomas de diversas alturas, se puede establecer la posible discordancia entre dermatomo estimulado y niveles espinales a los que llega el estímulo. Este estudio ha confirmado ya lo que ya hacían sospechar los resultados obtenidos con la raquianestesia: los puntos REDA positivos son positivos estímulos practicados hasta cinco dermatomas por debajo del nivel de la sección espinal. Esta penetración en médula por los impulsos TA por múltiples raíces dorsales diferencia a este tipo de impulsos del resto de los nociceptivos y les asemejan a los impulsos nociceptivos, que también penetran por seis o más raíces dorsales (8, 10, 11, 28).

Otro hecho que también diferencia el comportamiento de los impulsos TA de los otros impulsos nociceptivos es su bilateralidad, en contraste con la contralateralidad de estos últimos. La explicación de que al menos una parte de los impulsos termalgésicos caminen por el haz espinocervical (lo que explicaría su predominio ipsilateral) no es aceptable. En efecto, los resultados obtenidos con los tetrapléjicos contradicen esta hipótesis, ya que en estos pacientes la sección espinal se encontraba entre los segmentos C5-C7, es decir, por debajo del núcleo cervical lateral y, sin embargo, en ellos el REDA se mantuvo con predominio ipsilateral.

Este hecho que acabamos de apuntar pone de manifiesto la integración del REDA es espinal, ya que si dependiera de centros supraespinales el REDA quedaría abolido en estos pacientes paraplégicos. Hay que admitir, sin embargo, una capacidad moduladora del reflejo por parte de los centros supraespinales en cuanto que la intensidad del REDA es menor en los tetrapléjicos.

Las fibras eferentes del REDA, en cuanto que han de actuar sobre las glándulas sudoríparas del pabellón auricular, inervadas por el sistema simpático (7, 14, 20, 23, 30), hay que suponer que abandonan la médula con las fibras simpáticas destinadas a las vísceras abdominales, es decir, a nivel de los mielómeros T1-T2. Su trayecto hasta la piel hacen en compañía de las correspondientes arterias.

**Palabras clave:** reflejo electrodérmico, respuesta sudomotora, estímulo térmico.

**Correspondencia:** L. M.º Gonzalo. Dpto. de Anatomía, Apto. 273, Pamplona.

## BIBLIOGRAFIA

1. BECK, P. W.; HANDWERKER, H.O., y ZIMMERMANN, M. «Nervous outflow from the cat's foot during noxious radiant heat stimulation». *Brain Res*, 1974. 67: 373-386.
2. BLOCH, V. «Nouveaux aspects de la methode psychogalvanique ou électrographique (E. D. G.) comme critère des tensions affectives». *L'Année psychologique*, 1952. 52:329.
3. BROMM, B., y TREEDE, R. D. «Withdrawal reflex, skin resistance reaction and pain ratings due to electrical stimuli in man». *Pain*, 1980. 9: 339-354.
4. CERVERO, F.; CONNELL, L. A. y LAWSON, S. N. «Somatic and visceral primary afferents in the lower thoracic dorsal roots ganglia of the cat». *J. Comp. Neurol*, 1984. 228: 422-431.
5. CIRIELLO, J., y CALARESSI, F. R. «Central projections of afferents renal fibers in the rat: an anterograde transport study of HRP». *J. Auton. Nerv. System*, 1983. 8: 273-286.
6. CLERC, N. «Afferent innervation of the lower oesophageal sphincter of the rat. An HRP study». *J. Auton. Nerv. System*. 1983. 8: 223-236.
7. DALE, H. H., y FELDBERG, W. «The chemical transmission of secretory impulses to the sweat glands of the cat». *J. Physiol (London)*, 1934. 82: 121-128.
8. EL ZUAZZI, T. «Contribution a l'étude de la sensibilité digestive. Approche histologique, histochimique et électrophysiologique, chez le chat». Thèse Doctoral d'Etat et Sciences Nat. Marseille, 1981.
9. FERRÉ, J., y GONZALO, L. M. «Remote electrodermic response to an allodermic stimulus. Pathway and spinal integration». *Rev. Esp. Fisiol*. 1987. 43: 407-414.
10. GRANT, G., y WESTMAN, J. «The lateral cervical nucleus in the cat». *Exp. Brain Res*, 1969. 7: 51-67.
11. JÄNIG, W., y RATH, B. «Activation of sweat glands in the cat foot paws by natural stimulation of skin». *Plügers Arch*, 1976. 362: R42.
12. JÄNIG, W., y RATH, B. «Electrodermal reflexes in the cat's paws elicited by natural stimulation of skin». *Plügers Arch*, 1977. 369: 27-32.
13. JÄNIG, W., y SPILOK, N. «Functional organization of the sympathetic innervation supplying the hairless skin of the hindpaws in chronic spinal cats». *Plügers Arch*, 1978. 377: 25-31.
14. JANITZKI, A., y GOTTE, A. «Measurements of skin resistance in detecting of the sympathetic nervous system in spinal anaesthesia». *Reg. Anaesth*, 1986. 9: 49-53.
15. KARL, H.; SATO, A., y SCHMIDT, R. F. «Electrodermal reflexes induced by natural stimulation of skin». *Brain Res.*, 1975. 87: 145-150.
16. KOOS, M. C., y DAVISSON, M. A. «Characteristics of the electrodermal response. A model for analysis of central sympathetic reactivity». *Arch. Pharmacol*, 1976. 259: 153-158.
17. KRÜGER, C. P., y KRÜGER, H. «Grundlagen der Aurikulotherapie bei Mensch und Pferd». *Akupunkturarzt-Aurikulotherapeut*, 1980. 7: 13-17.
18. KVIRCHISVILI, V. J. «Projections of different parts of the body on the surface of the concha auricularae in humans and animals». *Amer. J. Acupuncture*, 1974. 2: 258-264.
19. LANDIS, C. «Electrical Phenomena of the skin (galvanic skin response)». *Psychol. Bull*, 1932. 29: 693-752.
20. LANGLEY, J. N. «On the course and connections of the secretory fibers supplying the sweat glands in the feet of the cat». *J. Physiol (London)*, 1891. 12: 347-374.
21. LANGLEY, J. N. «Further observations on the secretory and vasomotor fibers of the foot of the cat, with notes on other sympathetic nerve fibers». *J. Physiol (London)*, 1894. 17: 269-314.
22. LANGLEY, J. N. «The secretion of sweat. Part I». *J. Physiol (London)*, 1922a. 56: 110-119.
23. LANGLEY, J. N. «The secretion of sweat. Part II». *J. Physiol (London)*, 1922b. 56: 225-226.
24. NAIFEH, K. H.; HELLER, P. H., et AL. «Altered electrodermal responsiveness associated with clinical pain». *Pain*, 1983. 16: 277-283.
25. NOGIER, P. «Treatise of auriculotherapy». *Maisonneuve, Moulins-les-Metz*, 1972.
26. OGATA, H.; MATSUMOTO, T., y TSUKAHARA, H. «Changes in the electrical skin resistance on meridians during gastric surgery under general anaesthesia». *Am. J. Chin. Med.*, 1983. 11: 123-129.
27. OLESON, T. D.; KROENING, R. J., y BRESLER, D. E. «An experimental evaluation of auricular diagnosis: the somatotopic mapping of musculoskeletal pain at ear acupuncture points». *Pain*, 1980. 8: 217-229.
28. PASCUAL, J. I.; INSAUSTI, R., y GONZALO, L. M. «The pelvic innervation of the rat: Different spinal origin and projections in Sprague-Dawley and Wistar rats». *Brain Research*, 1989. 480: 397-402.
29. REICHMANIS, M.; MARINO, A. A., y BEEKER, R. D. «Electrical correlates of Acupuncture». *IEEE Trans. Bio-med. Engin.*, 1975. 22: 533-535.
30. RICHTER, C. P., y KATZ, D. T. «Peripheral nerve injuries determined by the electrical skin resistance method». *J. Amer. Med. Ass.*, 1943. 122: 648-651.
31. ROTINEN, S. «Conexiones espinales de la Pars Caudalis del núcleo espinal del Trigémino». Tesis Doctoral. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra, 1983.
32. RUCKMICK, C. A. «Terminology "in re" psychogalvanic reflex». *Psychol. Rev*, 1933. 40: 97-98.
33. TURSKI, B. «Physical, physiological, and psychological factors that affect pain reaction to electric shock». *Psychophysiology*, 1974. 11: 95-112.
34. YAMAGATA, S., y ISHIKAWA, M. «A diagnostic re-evaluation of electric skin resistance, skin temperature and deeper tenderness in patients with abdominal pain». *Tonoku U. exp. Med.*, 1976. 118: 183-189.