



# Respuesta de la musculatura del piso pélvico a la estimulación eléctrica transcutánea del nervio pudendo durante la biorretroalimentación para incontinencia urinaria de urgencia

## Response of the pelvic floor musculature to transcutaneous electrical stimulation of the pudendal nerve during biofeedback for urge incontinence

Carlos Pérez-Martínez,<sup>1,2</sup> Margarita Martínez-Gómez,<sup>3</sup> Yolanda Cruz-Gómez,<sup>4</sup> Irma Beatriz Vargas-Díaz<sup>2</sup>

### Resumen

**ANTECEDENTES:** La incontinencia urinaria de urgencia es una alteración con elevada prevalencia en México (60%), asociada con diversos grados de incapacidad para la vida diaria. El tratamiento incluye terapia conductual y neuromodulación.

**OBJETIVO:** Evaluar la reacción de la musculatura del piso pélvico durante la biorretroalimentación asistida por estimulación eléctrica transcutánea del nervio pudendo en pacientes con incontinencia urinaria de urgencia.

**MATERIALES Y MÉTODOS:** Estudio observacional, longitudinal, no experimental, llevado a cabo en pacientes con incontinencia urinaria de urgencia, quienes recibieron tratamiento conductual con biorretroalimentación asistida por estimulación eléctrica transcutánea del nervio pudendo. Se registraron las variables de edad, evolución y parámetros del diario vesical. Se utilizó un equipo de urodinamia (Andromeda®) con transductor transrectal, se registró la perineometría en reposo, en contracción voluntaria de la musculatura del piso pélvico y durante la electroestimulación transcutánea del nervio pudendo con estimulación neuromuscular EMS+2 (Staadyn®). Para el análisis de los datos se utilizó el programa SPSS 10.1 (IC95% y prueba t de Student).

**RESULTADOS:** Se registraron 14 pacientes, con media de edad de  $59.8 \pm 11.80$  años. Durante la primera sesión la media de perineometría en reposo fue  $1.21 \pm 0.42$  cmH<sub>2</sub>O, en contracción voluntaria  $13.64 \pm 7.09$  cmH<sub>2</sub>O y con electroestimulación transcutánea del nervio pudendo  $46.4 \pm 7.14$  cmH<sub>2</sub>O ( $p < 0.05$ ). No se reportaron reacciones adversas.

**CONCLUSIONES:** La intensa contracción de la musculatura del piso pélvico (50 cmH<sub>2</sub>O), provocada por la estimulación eléctrica transcutánea del nervio pudendo durante la biorretroalimentación representa una técnica de neuromodulación efectiva, fácil de utilizar y con alta reproducibilidad en pacientes con incontinencia urinaria de urgencia.

**PALABRAS CLAVE:** Incontinencia urinaria de urgencia; biorretroalimentación; neuromodulación; nervio pudendo; electroestimulación.

### Abstract

**BACKGROUND:** Urge incontinence is a highly prevalent condition and is reported at 60% in Mexico. It causes different degrees of incapacity in relation to daily life. Treatment includes behavioral therapy and neuromodulation.

**OBJECTIVE:** To evaluate the response of the pelvic floor musculature during biofeedback assisted by transcutaneous electrical stimulation of the pudendal nerve in patients with urge incontinence.

<sup>1</sup> Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México.

<sup>2</sup> Centro de Urología Avanzada CURA; Delicias, Chihuahua, México.

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, Ciudad de México.

<sup>4</sup> Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México.

**Recibido:** mayo 2018

**Aceptado:** septiembre 2018

### Correspondencia

Carlos Pérez Martínez  
carlosperez@prodigy.net.mx

### Este artículo debe citarse como

Pérez-Martínez C, Martínez-Gómez M, Cruz-Gómez Y, Vargas-Díaz IB. Respuesta de la musculatura del piso pélvico a la estimulación eléctrica transcutánea del nervio pudendo durante la biorretroalimentación para incontinencia urinaria de urgencia. Rev Mex Urol. 2018 sept-oct;78(5):359-365.

DOI: <https://doi.org/10.24245/rev-mexurol.v78i5.2256>

**MATERIALS AND METHODS:** A non-experimental, longitudinal, observational clinical study was conducted on patients with urge incontinence that received behavioral treatment with biofeedback assisted by transcutaneous electrical stimulation of the pudendal nerve. Patient age, progression, and bladder diary parameters were recorded. Perineometry was recorded in the resting state and in voluntary pelvic floor musculature using the Andromeda® urodynamic equipment with a transrectal transducer and transcutaneous electrical stimulation of the pudendal nerve was carried out using the Staodyn® EMS+2 neuromuscular stimulator. The data were analyzed utilizing the SPSS 10.1 program (95% CI and Student's t test).

**RESULTS:** Fourteen patients were included in the study and their mean age was  $59.8 \pm 11.80$  years. During the first session, the mean perineometric value in the resting state was  $1.21 \pm 0.42$  cmH<sub>2</sub>O, in voluntary contraction it was  $13.64 \pm 7.09$  cmH<sub>2</sub>O, and during transcutaneous electrical stimulation of the pudendal nerve it was  $46.42 \pm 7.14$  cmH<sub>2</sub>O ( $p < 0.05$ ). No adverse effects were reported.

**CONCLUSIONS:** The intense contraction of the pelvic floor musculature (50 cmH<sub>2</sub>O) caused by transcutaneous electrical stimulation of the pudendal nerve during biofeedback signifies that said neuromodulation technique is effective, easy to use, and highly reproducible in patients with urge incontinence.

**KEYWORDS:** Urge incontinence; Biofeedback; Neuromodulation; Pudendal nerve; Electrical stimulation.

## ANTECEDENTES

La incontinencia urinaria es de prevalencia alta en la población mundial, provoca diversos grados de incapacidad para la vida diaria y tiene repercusiones sociales y económicas importantes.<sup>2</sup> Un estudio efectuado en Estados Unidos, en 4229 mujeres de 20-60 años de edad, estimó una prevalencia de incontinencia urinaria de 49.6%.<sup>3</sup> El riesgo relativo de incontinencia es 2.5 veces más alto en mujeres México-americanas *versus* de raza negra.<sup>3</sup> Además de la incontinencia urinaria, las pacientes mayores de 65 años tienen alta prevalencia de vejiga hiperactiva (61%).<sup>4</sup> La revisión del Comité de la 6ª Consulta Mundial en Incontinencia, celebrado en Tokio en 2016, reportó una prevalencia general de 25-45%.<sup>5</sup> La prevalencia estimada en México es de 60% en mujeres mayores de 65 años, según la información del Estudio Nacional de Salud y Envejecimiento.<sup>6</sup>

La incontinencia urinaria de urgencia es el escape involuntario de orina acompañado o precedido por urgencia urinaria, donde el detrusor se contrae

antes del llenado vesical normal y coincide con un intenso y súbito deseo miccional que provoca el escape de orina.<sup>7</sup> Su origen puede relacionarse con alguna alteración neurogénica central o periférica, por hiperexcitabilidad del impulso aferente vesical que provoca el síndrome de vejiga hiperactiva,<sup>8</sup> incluso depende del daño neurológico asociado con la edad y el sexo.<sup>9,10</sup> Estudios en animales demuestran que la hiperexcitabilidad de las fibras C aferentes se debe a la disminución del umbral del pico de activación y al patrón de disparo tónico provocado por la disminución en la corriente de K<sup>+</sup> tipo A transitoria secundaria al daño neurológico.<sup>11</sup> La lesión neurológica central o periférica, producida por algún traumatismo obstétrico por alargamiento excesivo o aplastamiento nervioso por la cabeza del feto durante el parto,<sup>12</sup> la lesión posquirúrgica, trastornos metabólicos asociados con diabetes mellitus, cambios degenerativos, como la enfermedad de Parkinson, incluso el traumatismo del sistema nervioso central con pérdida de la inhibición de los centros supraespinales, pueden provocar la reaparición de micciones involuntarias, con evolución a incontinencia urinaria de urgencia.<sup>13-15</sup>



Otra causa es la lesión tisular local del urotelio, detrusor, o ambos, como sucede en pacientes con retención urinaria,<sup>16</sup> cistitis bacteriana, radiación y cistitis por quimioterapia. Estos cambios transforman las contracciones descoordinadas espontáneas del detrusor, llamado "*ruido aferente*" (actividad descoordinada espontánea para permitir la baja presión durante el llenado), en contracciones coordinadas a bajos volúmenes, porque la hiperexcitabilidad del detrusor y el urotelio pueden estimular los nervios aferentes a un umbral anormalmente bajo<sup>11</sup> y contribuir al reflejo de micción incontrolable y sensación de urgencia.<sup>16-21</sup> Los principales tratamientos incluyen: modificación del estilo de vida, rehabilitación del piso pélvico, medicamentos<sup>22</sup> y neuromodulación.<sup>23</sup> Los cambios en el estilo de vida como: disminución del peso corporal, mayor ingesta de líquidos y disminución de cafeína son los más indicados; sin embargo, los factores no biológicos que afectan la reacción al tratamiento han cobrado mayor relevancia,<sup>24</sup> principalmente: estigmatización, percepción del problema y calidad del nivel de atención profesional. Los fármacos representan el tratamiento más prescrito; no obstante son poco seguros y efectivos, provocan diversos efectos secundarios<sup>25</sup> y están contraindicados en pacientes con enfermedades concomitantes, incluso no han demostrado efectos "curativos".<sup>23</sup> El consumo crónico de estos fármacos tiene repercusión económica en los pacientes y sus familias.<sup>2</sup> La terapia conductual, la dieta y los ejercicios del piso pélvico son importantes en el tratamiento de la incontinencia urinaria.<sup>26</sup> Estos últimos se enfocan en la rehabilitación de los músculos del diafragma pélvico y del periné,<sup>27</sup> particularmente el puborrectal, isquiocavernoso y bulboesponjoso,<sup>28</sup> que tienen participación decisiva en los mecanismos de continencia femenina, según los estudios en modelos animales, que demuestran su función en la continencia.<sup>29</sup> En humanos se ha

descrito la interrelación anatómica del músculo elevador del ano y el esfínter uretral externo, al explicar su función en la conservación o recuperación de la continencia urinaria.<sup>30</sup> También se ha reportado que existe comunicación entre el nervio pudendo y el nervio elevador del ano en el músculo coccígeo, y que la inervación de los músculos superficiales del piso pélvico la aporta el nervio pudendo, mientras que los músculos profundos están inervados por ambos, es decir, el nervio pudendo y el elevador del ano,<sup>31</sup> con implicaciones funcionales al tener inervación mixta aferente y eferente.

La neuromodulación ha mostrado resultados alentadores, con escasos o nulos efectos adversos, además de un grado de satisfacción aceptable en los pacientes, comparado con la prescripción de medicamentos.<sup>32</sup> La reacción fisiológica del aparato urogenital a la estimulación eléctrica es dependiente de la frecuencia utilizada. McGee y su grupo señalan que las frecuencias de 3-15 Hz son inhibitorias, mientras que las mayores de 20 Hz son excitatorias.<sup>33</sup> Por la posición del electrodo intravaginal, la estimulación eléctrica transcutánea del nervio pudendo (TENS<sub>p</sub>) ejerce su acción en la porción puborrectal del músculo elevador del ano y de ambos nervios (pudendo y elevador del ano, principalmente),<sup>31</sup> además de ayudar a las pacientes a identificar los músculos del piso pélvico. También se ha encontrado que al manipular la frecuencia de la TENS<sub>p</sub> pueden obtenerse diversos efectos fisiológicos, como inhibición o estimulación del músculo detrusor y fortalecimiento del músculo elevador del ano, entre otros.

El objetivo de este estudio fue: evaluar la reacción de la musculatura del piso pélvico durante el tratamiento para la incontinencia urinaria de urgencia en la primera sesión con biorretroalimentación asistida por estimulación eléctrica transcutánea del nervio pudendo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio observacional, longitudinal, no experimental, llevado a cabo en el Centro de Urología Avanzada CURA de Delicias, Chihuahua, México. Criterios de inclusión: mujeres adultas con incontinencia urinaria de urgencia para recibir tratamiento multimodal. Criterios de exclusión: pacientes con  $Q_{\max} < 15$  cc/s en la uroflujometría (**Cuadro 1**), diabetes mellitus, prolapso de órganos pélvicos, retención urinaria crónica, incontinencia urinaria de esfuerzo o mixta, antecedentes de tuberculosis genitourinaria o radioterapia pélvica. Todas las pacientes firmaron el consentimiento informado. El protocolo de estudio consistió en tratamiento conductual con biorretroalimentación asistida con electroestimulación transcutánea del nervio pudendo (TENSp) para identificar la musculatura del piso pélvico en la primera sesión. Se registraron las variables de edad, evolución, paridad y parámetros del diario vesical (**Cuadro 1**). Se utilizó un equipo de urodinamia (Andromeda®) con transductor transrectal (**Figura 1A**) en la primera sesión de biorretroalimentación por estimulación eléctrica de la musculatura del piso pélvico; se registró la perineometría de cada paciente en reposo, en contracción voluntaria de la musculatura del piso pélvico y durante 5 segundos de la TENSp (**Figura 1B**) mediante el estimulador neuromuscular EMS+2 (Stadyn®), además de electrodos vaginales de plástico desechable de la misma marca comercial, de 3.5 cm de diámetro, con placas laterales de acero inoxidable (**Figura 1A**). Los datos estadísticos se analizaron con el programa SPSS 10.1 (IC95%, t de Student).

### Técnica de perineometría

La perineometría es una técnica que evalúa la función de la musculatura del piso pélvico<sup>7</sup> que se determina con la paciente en posición de litotomía. Se instala un balón-catéter intrarrectal, colocado en el esfínter anal y conectado a un

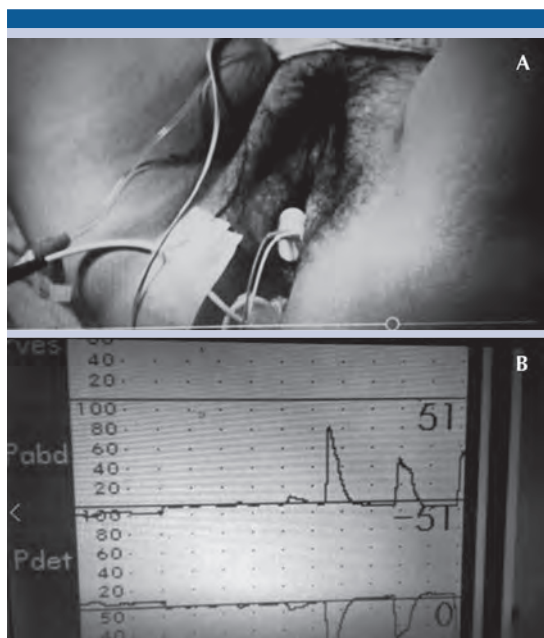
**Cuadro 1.** Características demográficas y clínicas (n = 14).

Variable	Media ± DE
Edad (años)	59.8 ± 11.80
Paridad (partos vaginales)	4.71 ± 2.01
Episodios de IUU (24 h)	6.07 ± 2.33
Frecuencia urinaria (24 h)	14.35 ± 4.63
Nicturia	3.5 ± 1.69
Volumen de micción (mL)	160.81 ± 95.35
$Q_{\max}$ (cc7s)	21.43 ± 2.67
Perineometría en reposo (cmH <sub>2</sub> O)	1.21 ± 0.42
Perineometría en contracción voluntaria (cmH <sub>2</sub> O)	13.64 ± 7.09*
Perineometría durante 5 seg de TENSp (cmH <sub>2</sub> O)	46.42 ± 7.14*
Intensidad de TENSp (mVolts)	9
Tiempo de estimulación TENSp (seg)	5

IUU: incontinencia urinaria de urgencia; TENSp: electroestimulación transcutánea del nervio pudendo.

Los datos representan las medias ± DE, t de Student e IC95%. \*Significación  $p < 0.05$ .

transductor de presión (**Figura 1A**).<sup>34</sup> Se realizan tres mediciones al inicio de la primera sesión de biorretroalimentación con estimulación eléctrica. Se determina la fuerza de la musculatura del piso pélvico en reposo y en contracción máxima, solicitando a la paciente “oprimir o contraer al máximo el periné, como si fuera a escapar una flatulencia”, durante cinco segundos y se registra el resultado.<sup>35</sup> El protocolo de biorretroalimentación usado en nuestro centro consiste en tres grupos de 8 a 12 contracciones sostenidas, lentas-intensas (contracción voluntaria máxima), con duración de 6 a 8 segundos (descanso de 5 segundos), tres veces por semana, hasta lograr un buen desempeño por parte de la paciente, que continúa en su domicilio. Además, en este estudio se registró el resultado al momento de la contracción de los músculos del piso pélvico (biorretroalimentación) durante los cinco segundos de la electroestimulación transcutánea del nervio pudendo, en tres repeticiones con intervalos de 5 segundos de reposo para cada uno (**Figura 1B**).



**Figura 1.** Registro de la perineometría con electroestimulación transcutánea del nervio pudendo (TENS<sub>p</sub>). **A)** Paciente en posición de litotomía con transductor de presión (transrectal) y electrodo vaginal. **B)** Registro de la perineometría (Pabd) en la pantalla del equipo de urodinamia.

## RESULTADOS

Se registraron 14 pacientes que recibieron tratamiento conductual con biorretroalimentación asistida por electroestimulación transcutánea del nervio pudendo para identificar la musculatura del piso pélvico. Se reportó un promedio de edad de  $59.8 \pm 11.80$  años, paridad  $4.71 \pm 2.01$  (partos) e incontinencia urinaria de urgencia  $6.07 \pm 2.33$  episodios en 24 horas. La media de la intensidad de estimulación eléctrica transcutánea del nervio pudendo fue de 9 mV. La perineometría en reposo reportó  $1.21 \pm 0.42$  cmH<sub>2</sub>O, en contracción voluntaria de  $13.64 \pm 7.09$  cmH<sub>2</sub>O y durante la estimulación eléctrica transcutánea del nervio pudendo de  $46.42 \pm 7.14$  cmH<sub>2</sub>O ( $p > 0.05$ ). No se registraron reacciones adversas ni dolor.

## DISCUSIÓN

La incontinencia urinaria de urgencia supone un alto costo del tratamiento,<sup>2</sup> elevada morbilidad relacionada con efectos adversos de los medicamentos<sup>36</sup> y mala reacción por falta de apego al tratamiento; por tanto, es indispensable explorar soluciones económicas o accesibles, con bajo riesgo y mejores resultados, como la terapia conductual y la neuromodulación.<sup>32,37</sup> Algunos estudios señalan que la neuromodulación por electroestimulación del nervio tibial posterior *versus* medicamentos como tolterodina en pacientes con síndrome de vejiga hiperactiva produce menos eventos adversos y mayor grado de satisfacción.<sup>32,38</sup> Al comparar la neuromodulación por electroestimulación del nervio tibial posterior *versus* electroestimulación del nervio pudendo se han observado mejores resultados con la segunda técnica.<sup>39</sup> El efecto de la estimulación eléctrica del nervio pudendo y sus componentes visceromotores se ha descrito en estudios con animales.<sup>40</sup> La variabilidad anatómica de la inervación y de la musculatura perineal en el humano, recientemente reportada,<sup>41</sup> es motivo de discusión en cuanto a la estimulación eléctrica del nervio pudendo, debido a las reacciones de múltiples grupos musculares producidas por la neuromodulación cruzada entre los nervios.<sup>40,42</sup> Hace poco se demostró que la micción y la marcha están integrados neurofisiológicamente y conductualmente, donde la aferencia del nervio tibial y del nervio pudendo representan la base de la neuromodulación para tal integración.<sup>43</sup> Esto explica, en parte, el mecanismo de acción de la neuromodulación por electroestimulación del nervio pudendo. En nuestro estudio, el incremento en la respuesta de la contracción de los músculos del piso pélvico, incluso de 340% mediante estimulación eléctrica del nervio pudendo, comparada con la contracción voluntaria de la musculatura del piso pélvico sugiere que la técnica de neuromodulación por electroestimulación del nervio pudendo

puede mejorar la terapia conductual asistida por biorretroalimentación. Además, la respuesta fisiológica del aparato urogenital a la estimulación eléctrica es dependiente de la frecuencia utilizada, de tal manera que si se utilizan frecuencias iguales o menores a 15 Hertz puede inhibirse la reacción del músculo detrusor, mejorar la eficacia de la biorretroalimentación para controlar la urgencia urinaria y la incontinencia urinaria de urgencia, mientras que las frecuencias mayores de 20 Hertz son excitatorias<sup>33</sup> y pueden mejorar la continencia, porque fortalecen la musculatura del piso pélvico y los mecanismos de continencia. Este hallazgo puede ser útil en pacientes con incontinencia urinaria mixta. Incluso se han reportado tratamientos multimodales como: ejercicios del piso pélvico y diferentes tipos de neuromodulación (tibial y pudenda) con buenos resultados en el tratamiento de la incontinencia urinaria.<sup>42</sup> En este estudio no reportamos eventos adversos ni dolor, resultados similares a los obtenidos en otros ensayos que sugieren satisfacción por parte las pacientes.<sup>32,38,42</sup>

## CONCLUSIONES

Las contracciones intensas de la musculatura del piso pélvico (casi de 50 cmH<sub>2</sub>O), provocadas por la electroestimulación transcutánea del nervio pudendo durante la biorretroalimentación, representan una técnica de neuromodulación efectiva, fácil de aplicar y con alta reproducibilidad en pacientes con incontinencia urinaria de urgencia.

## REFERENCIAS

- Abrams P, Cardozo L, Fall M, et al. The standardization of terminology in lower urinary tract function: Report from the standardization sub-committee of the International Continence Society. *Neurourol Urodyn* 2002;21:167-178.
- Coyne KS, et al. Economic Burden of Urgency Urinary Incontinence. *J Manag Care Pharm*. 2014;20(2):130-140. DOI: 10.18553/jmcp.2014.20.2.130
- Dooley Y, et al. Urinary incontinence prevalence: results from the National Health and Nutrition Examination Survey. *J Urol*. 2008;179(February):656-661. DOI:10.1016/j.juro.2007.09.081.
- Coyne KS, et al. An overactive bladder symptom and health-related quality of life short-form: validation of the OAB-q SF. *Neurourol Urodyn* 2015;34:255-263. DOI: 10.1002/nau.22559
- Milsom I, et al. Committee 1. Epidemiology of Urinary Incontinence (UI) and other Lower Urinary Tract Symptoms (LUTS), Pelvic Organ Prolapse (POP) and Anal Incontinence (AI). In: Abrams P, et al, editors. *International Consultation on Incontinence*, Tokyo, September 2016. 6<sup>th</sup> ed. London, UK; 2017:1-92.
- Barrantes-Monge M, et al. Dependencia funcional y enfermedades crónicas en ancianos mexicanos. *Salud Publica Mex*. 2007;49(Supl. 4):S459-S466. Dirección URL: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0036-36342007001000004>.
- Haylen BT, et al. An International Urogynecological Association (IUGA)/International Continence Society (ICS) joint report on the terminology for female pelvic floor dysfunction. *Neurourol Urodyn* 2010;29(1):4-20. DOI:10.1002/nau.20798.
- Fowler CJ, et al. The neural control of micturition. *Nat Rev Neurosci* 2008;9(6):453-466. DOI:10.1038/nrn2401.
- Coyne KS, et al. The prevalence of lower urinary tract symptoms (LUTS) and overactive bladder (OAB) by racial/ethnic group and age: results from OAB-POLL. *Neurourol Urodyn* 2013;32(3):230-237. DOI:10.1002/nau.22295.
- Cruz Y, et al. Neural and Endocrine Factors Contribute to the Comorbidity of Urinary and Sexual Dysfunctions. *Curr Sex Heal Reports* 2017;9(4):251-261.
- Takahashi R, et al. Hyperexcitability of bladder afferent neurons associated with reduction of Kv1.4  $\alpha$ -subunit in rats with spinal cord injury. *J Urol* 2013;190(6):2296-2304. DOI:10.1016/j.juro.2013.07.058.
- Palacios JL, et al. Neuroanatomic and behavioral correlates of urinary dysfunction induced by vaginal distension in rats. *Am J Physiol Ren Physiol* 2016;310(10):F1065-F1073. doi:10.1152/ajprenal.00417.2015.
- Cuerva-González MJ, et al. Incontinencia urinaria y fecal posparto en embarazo gemelar. *Ginecol Obstet Mex* 2011;79(9):540-546.
- Rickenbacher E, et al. Impact of overactive bladder on the brain: Central sequelae of a visceral pathology. *Proc Natl Acad Sci USA* 2008;105(30):10589-94. DOI: 10.1073/pnas.0800969105.
- De Groat WC, et al. Neural control of the lower urinary tract. *Compr Physiol* 2015;5:327-396. DOI:10.1002/cphy.c130015.
- Munoz A, et al. Lumbosacral sensory neuronal activity is enhanced by activation of urothelial purinergic receptors. *Brain Res Bull* 2011;86(5-6):380-384. DOI:10.1016/j.brainresbull.2011.09.001.
- Sugaya K, et al. Central nervous control of micturition and urine storage. *J Smooth Muscle Res*. 2005;41(3):117-132. DOI:10.1540/jsmr.41.117.



18. Kanai A, Andersson KE. Bladder afferent signaling: recent findings. *J Urol* 2010;183(4):1288-1295. DOI:10.1016/j.juro.2009.12.060.
19. Yosimura N, et al. Central nervous targets for the treatment of bladder dysfunction. *NeuroUrol Urodyn*. 2014;33:59-66. doi:10.1002/nau.22455
20. Yoshimura N, et al. Histological and electrical properties of rat dorsal root ganglion neurons innervating the lower urinary tract. *J Neurosci*. 2003;23(10):4355-4361.
21. Boone TB, et al. Enhanced production of nitric oxide may contribute to the induction of detrusor underactivity in sucrose fed rats. *Bladder* 2015;2(2):1-6. DOI:10.14440/bladder.2015.50.
22. Thüroff JW, et al. EAU guidelines on urinary incontinence. *Eur Urol* 2011;59:387-400. doi:10.1016/j.eururo.2010.11.021.
23. Gormley EA, et al. Diagnosis and treatment of overactive bladder (non-neurogenic) in adults: AUA/SUFU guideline amendment. *J Urol* 2015;193(5):1572-1580. DOI:10.1016/j.juro.2015.01.087.
24. Norton JM, et al. Nonbiologic factors that impact management in women with urinary incontinence: review of the literature and findings from a National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases workshop. *Int Urogynecol J* 2017;28:1295-1307. DOI:10.1007/s00192-017-3400-x.
25. Mayer R. Neuromodulation--who, what, when, where and why? *J Urol*. 2010;183(1):17-18. DOI:10.1016/j.juro.2009.10.053.
26. Rardin CR. Biofeedback and Pelvic Floor Physiotherapy : Introducing Non-Surgical Treatments to Your Office. In: Culligan PJ, Goldberg RP, eds. *Urogynecology in Primary Care*. London: Springer; 2007:73-74.
27. Wilson PD, Herbison GP. A Randomized controlled trial of pelvic floor muscle exercise to treat postnatal urinary incontinence. *Int Urogynecol J* 1998;9:257-264.
28. Giraudet G, et al. Three dimensional model of the female perineum and pelvic floor muscles. *Eur J Obstet Gynecol*. 2018;226:1-6. DOI:10.1016/j.ejogrb.2018.05.011.
29. Corona-Quintanilla DL, et al. Temporal coordination of pelvic and perineal striated muscle activity during micturition in female rabbits. *J Urol* 2009;181(3):1452-1458. doi:10.1016/j.juro.2008.10.103.
30. Wallner C, et al. The anatomical components of urinary continence. *Eur Urol* 2009;55(4):932-943. DOI:10.1016/j.eururo.2008.08.032.
31. Wallner C, et al. The contribution of the levator ani nerve and the pudendal nerve to the innervation of the levator ani muscles; a study in human fetuses. *Eur Urol* 2008;54(5):1136-1144. DOI:10.1016/j.eururo.2007.11.015.
32. Preyer O, et al. Percutaneous tibial nerve stimulation versus tolterodine for overactive bladder in women: a randomised controlled trial. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2015;191:51-56. doi:10.1016/j.ejogrb.2015.05.014.
33. McGee MJ, Grill WM. Modeling the spinal pudendo-vesical reflex for bladder control by pudendal afferent stimulation. *J Comput Neurosci* 2016;40(3):283-296. doi:10.1007/s10827-016-0597-5.
34. Mørkved S, et al. Pelvic floor muscle strength and thickness in continent and incontinent nulliparous pregnant women. *Int Urogynecol J*. 2004;15:384-390. DOI:10.1007/s00192-004-1194-0.
35. Pérez-Martínez C, Vargas-Díaz I. Utilidad de la perineometría para evaluar la incontinencia urinaria de esfuerzo. *Rev Mex Urol* 2010;70(1):2-5.
36. Gormley EA, et al. Diagnosis and treatment of overactive bladder (non-neurogenic) in adults: AUA/SUFU guideline. *J Urol* 2012;188(6 Suppl):2455-2463. doi:10.1016/j.juro.2012.09.079.
37. Wibisono E, Rahardjo HE. Effectiveness of short term percutaneous tibial nerve stimulation for non-neurogenic overactive bladder syndrome in adults: a meta-analysis. *Acta Med Indones* 2015;32:188-200.
38. Peters KM, et al. Randomized trial of percutaneous tibial nerve stimulation versus extended-release tolterodine: results from the overactive bladder innovative therapy trial. *J Urol*. 2009;182(3):1055-1061. DOI:10.1016/j.juro.2009.05.045.
39. Gungor U, et al. Comparison of the effects of electrical stimulation and posterior tibial nerve stimulation in the treatment of overactive. *Gynecol Obstet Investig*. 2013;75:46-52. DOI:10.1159/000343756.
40. Pacheco P, et al. Somato-motor components of the pelvic and pudendal nerves of the female rat. *Brain Res* 1989;490(1):85-94.
41. Plochocki JH, et al. Functional and clinical reinterpretation of human perineal neuromuscular anatomy : application to sexual function and continence. *Clin Anat* 2016;29:1053-1058. DOI:10.1002/ca.22774.
42. Surwit EA, et al. Neuromodulation of the pudendal, hypogastric, and tibial nerves with pelvic floor muscle rehabilitation. *Neuromodulation*. 2009;12(3):175-179. DOI: 10.1111/j.1525-1403.2009.0012.x
43. Gad PN, et al. Neuromodulation of the neural circuits controlling the lower urinary tract. *Exp Neurol*. 2016;285:182-189. DOI:10.1016/j.expneurol.2016.06.034.