

Boletín del
Colegio Mexicano de Urología

Volumen
Volume **17**

Número
Number **4**




Octubre-Diciembre
October-December **2002**

Artículo:




**Estimulación eléctrica, aplicaciones y
actualidades en urología**

Derechos reservados, Copyright © 2002:
Colegio Mexicano de Urología, A.C.

**Otras secciones de
este sitio:**

-  **Índice de este número**
-  **Más revistas**
-  **Búsqueda**

***Others sections in
this web site:***

-  ***Contents of this number***
-  ***More journals***
-  ***Search***



Estimulación eléctrica, aplicaciones y actualidades en urología

Erick Mendoza Carrillo,* Roberto Vega Serrano,** Gildardo Navarro Peña,*** Néstor Ceballos C*

* Médico residente del Servicio de Urología.

** Jefe del Servicio de Urología.

*** Médico adscrito al Servicio de Urología.

Del Servicio de Urología. Hospital de Especialidades Centro Médico Nacional "La Raza" México D.F.

Dirección para correspondencia:

Erick Mendoza Carrillo

Servicio de Urología, Hospital de Especialidades. Centro Médico Nacional "La Raza". México, D.F.

RESUMEN

La estimulación eléctrica desde su origen en la década de los 50, se ha ido desarrollando para el tratamiento de diferentes patologías urológicas, así mismo se han diseñado diversos neuroestimuladores con diferentes aplicaciones basados en la neurofisiología vesicouretral para dar tratamiento a diversas enfermedades urológicas.

En el presente trabajo se realizó una revisión de la estimulación eléctrica desde su origen hasta la actualidad revisando las aplicaciones, usos, utilidades y avances en el área de urología revisando detalladamente las publicaciones con respecto a este tema encontradas en MEDLINE e Internet PUBMED MEDLINE, concluyendo en las perspectivas que tendrán dichos avances en el umbral del nuevo milenio.

Palabras clave: Revisión, estimulación eléctrica, aplicaciones, urología.

ABSTRACT

The electric stimulation from its origin in the decade of the 50's, has been developing for the treatment of different urological pathologies, likewise diverse neurostimulants has been designed with different applications based on the vesicourethral neurophysiology to give treatment to diverse urologic illnesses.

In the present work a revision of the electric stimulation from its origin until the present time was carried out revising the applications, uses, utilities and advances in the urology area, reviewing the publications in detail with regard to this topic found in MEDLINE and Internet PUBMED MEDLINE, concluding in the perspectives that this advances will have in the threshold of the new millennium.

Key words: Revision, electric stimulation, applications, urology.

INTRODUCCIÓN

El interés del control neuroeléctrico de la función vesical surgió a principios de la década de los 50 y seguido hasta la actualidad demostrado en reportes en donde se iniciaba la manipulación y el estudio a través de

electrodos implantados,¹ la mayoría de los reportes en su inicio se encaminaban al estudio de la estimulación eléctrica directa en médula espinal^{2,3} o directamente en el detrusor,^{2,7-10} poco después se inician estudios para la estimulación eléctrica directamente en nervios pélvicos y sacros obteniendo excelentes resultados.^{4,5}



Desde su inicio hasta la actualidad se han realizado diversas publicaciones con respecto a este tema, basándose en principios anatomofuncionales del tracto urinario inferior⁶ teniendo así que con el desarrollo de diversos neuroestimuladores aproximadamente desde hace 15 años a la fecha^{11,12} aplicados a diferentes sitios se obtendrá una respuesta satisfactoria con aplicación clínica a diferentes patologías urológicas.

Al principio como la mayoría de los reportes experimentales, éstos fueron aplicados en animales, principalmente perros y encaminados a problemas de vejiga neurógena, sin embargo, los primeros resultados no fueron satisfactorios, ya que no se lograba el estímulo adecuado o se aplicaba éste en un sitio erróneo,¹³ posteriormente otro problema a vencer fue el desarrollo de un electrodo más sofisticado, coaxial y el cual generará un impulso intermitente el cual evitará que la relajación del músculo estriado del esfínter fuera mucho más rápida que la relajación vesical. El siguiente paso fue localizar y diferenciar las células neurales en la médula espinal^{14,15} concentrando los trabajos al sistema autonómico y somático y principalmente a este último, encontrando su componente somático en el núcleo pudiendo localizarse fácilmente en la médula espinal, así también en componentes autonómicos directos (Pared vesical, base de la vejiga, trigono, meato uretra y uretra) obteniendo mejores resultados con base al conocimiento de estos núcleos.¹⁶

Al investigar posteriormente las vías sacras^{17,18} encontramos axones neuronales diferentes, obteniendo además de éstas un abordaje intra y extradural en modelos experimentales caninos y posteriormente desarrollando el estudio de estas vías en humanos,¹⁹ teniendo así en sus inicios el estudio de esta vía con: 1. Estimulación unilateral de una vía sacra intacta a varios niveles, 2. Estimulación de la vía bilateral simultáneamente a diferentes niveles, 3. Estimulación de una vía dorsal y ventral por separado a diferentes niveles, 4. Estimulación de una vía proximal y distal terminal en una vía sacra dividida y 5. Estimulación de una vía proximal y distal terminal de una rama dorsal y ventral por separado²⁰⁻²².

Posteriormente todos los resultados fueron evaluados y comparados mediante estudios urodinámicos.

Una vez estudiada la anatomía y fisiología neurológica del tracto urinario inferior se procedió a aplicar a diferentes niveles diferentes tipos de estímulos eléctricos observando la respuesta a los mismos.²³

Finalmente cada efecto a un estímulo eléctrico determinado se le dio una aplicación terapéutica clínica a diferentes patologías urinarias, estudiando además los efectos que provoca en el mismo la estimulación eléctrica crónica.^{24,25}

Las neuroprótesis están constituyendo una alternativa bien establecida para el tratamiento de trastornos

selectivos de disfunción neurológica vesicouretral y en recientes años a otros trastornos urológicos como la disfunción eréctil.^{26,27}

A los pacientes que se les ha aplicado un marcapaso vesical llevan una vigilancia urodinámica de las respuestas de la vejiga y el esfínter a la estimulación de ensayos de diversas raíces de los nervios sacros, preparando posteriormente bloqueos selectivos de los nervios pudendos verificando la respuesta estímulo-efecto analizando si se considera como apto el paciente para una neuroprótesis tomando en cuenta además para la selección de los pacientes otros factores como la capacidad vesical, competencia del esfínter, edad, función renal y estado total neurológico y psicológico.^{28,29}

Otros métodos de aplicación de estimulación eléctrica se han estudiado y desarrollado teniendo así que se encuentran en estudio aplicaciones intrauretrales y transcutáneas de dichas estimulaciones.³⁰⁻³³

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

A partir de la década de los 50 con el estudio de la neuroanatomía y neurofisiología del tracto urinario se comienzan a crear hipótesis respecto a los efectos de la estimulación neuroeléctrica a partir de los estudios realizados previamente con base al conocimiento físico emitido por Volt y Ohm con respecto a las teorías de la energía eléctrica, su potencial, desarrollo y efecto directo sobre la célula humana. En 1957 surge uno de los primeros estudios de investigación con respecto a este tema realizado en perros por Ingersoll y Jones evaluando los efectos sobre la vejiga urinaria a través de la estimulación de nervios pélvicos,¹³ posteriormente en 1964 Boyce y colaboradores describen el desarrollo de un estimulador eléctrico utilizado para la vejiga humana paralizada,¹ en 1967 Stenberg y cols reportan a los primeros 4 pacientes tratados con estimulación eléctrica.¹² Así, durante las siguientes tres décadas se han reportado una serie de estudios encaminados a la estimulación eléctrica en los cuales resaltan los trabajos realizados por Tanagho y Schmidt, este último perteneciente al grupo de estudio de estimulación del nervio sacro,³⁴⁻³⁶ así mismo los trabajos publicados por Brindley el cual ha desarrollado diferentes dispositivos de estimulación neuroléctrica³⁷⁻³⁹ y otros autores los cuales han desarrollado nuevos dispositivos y han aplicado en otras áreas de la urología dichos dispositivos.^{31,40}

Anatomía del nervio sacro

Tiene su origen a partir de la médula espinal a nivel de S2 a S4, la cual a su vez se divide con respecto a la sustancia gris en astas anteriores o motoras y dorsales o sensitivas.

Posteriormente, las fibras nerviosas una vez atravesado el foramen sacro, se dividen en fibras autonómicas y somáticas formando en primera instancia el plexo pélvico el cual inerva la vejiga y la pared de músculo liso de la uretra, así mismo unas cuantas fibras somáticas que salen de S2 y S3 de las ramas ventrales corren cerca del nervio pudendo, el músculo elevador del ano, el músculo estriado del rabdoesfínter y la uretra membranosa, contribuyendo con esta inervación a conformar el esfínter y mecanismo de continencia.^{23,28,53,54}

Anatomía del nervio pudendo

El nervio pudendo es una combinación de fibras nerviosas motoras y sensitivas, es parte del plexo sacro, derivándose sus fibras de S2 a S4 saliendo a través del foramen sacro dividiéndose a su salida en componente somático y autonómico. La porción autonómica desde su origen sale ventralmente formando el plexo pélvico el cual constituye el primer relevo parasimpático autonómico para la región pélvica en especial para el músculo detrusor y el músculo liso de la uretra. Con respecto al componente somático de S2 a S4 éste está compuesto por un tronco principal del nervio pudendo superior al ligamento sacroespinoso lateral al músculo y al hueso coccígeo, más caudalmente el nervio pudendo entra lateralmente a la fosa isquiorrectal, a la mitad de la fascia (Canal de Alcock) cerca del músculo obturador interno, así mismo la porción distal del nervio pudendo se extiende lateralmente hasta inervar el pene, colocándose lateralmente a la vena dorsal de éste.

Esta inervación nos condiciona una respuesta de continencia y control neurofisiológico del tracto urinario inferior.^{23,28,53,54}

Fisiología del tracto urinario inferior

El tracto urinario inferior está constituido por la vejiga y la uretra. El ciclo dinámico del tracto urinario inferior consta de dos fases: la de llenado o almacenamiento y la fase miccional o vaciamiento.

Durante la fase de llenado se asegura el almacenamiento de la vejiga (reservorio) de la orina proveniente de los riñones. Durante la fase miccional se realiza la eliminación periódica de la misma. Durante la fase de llenado se mantiene un mecanismo de continencia urinaria gracias a la interacción de diversos componentes vesicouretrales neurofisiológicos.⁴¹

La inervación del tracto urinario inferior tiene un componente simpático y parasimpático, este último dependiente de la inervación sacra de la médula espinal, tal cual se describió en la anatomía en el origen de las fibras nerviosas sacras de S2 a S4 de las astas anteriores o motoras y dorsales o sensitivas emergen ramas las cuales inervarán los diferentes

componentes del tracto urinario inferior, los cuales bajo una estimulación eléctrica específica provocarán cierta respuesta.^{41,53,54}

Estimulación del nervio sacro (estudios actuales)

Integridad de las fibras nerviosas: La vejiga y el esfínter responden a la estimulación eléctrica.^{23,28} Con la estimulación de S2 sola sobre el detrusor ésta es dominante, S1 y S2 presentan una influencia significativa en el cierre del esfínter, y S3 tiene su responsabilidad sobre el detrusor y el esfínter. La estimulación simultánea de grupos de nervios sacros resulta en diferentes efectos agregados entre el detrusor y el esfínter, así mismo los efectos sobre el cierre del esfínter son más aparentes que la contracción del detrusor.

Efectos sobre los nervios aferentes dorsales

La estimulación sobre los componentes dorsales íntegros sobre S2 produce respuesta en la vejiga y el esfínter que son similares a los inducidos sobre la raíz nerviosa ventral intacta.^{23,28} Después de la división de la vía dorsal y la estimulación de ésta a nivel proximal y distal, se observó la respuesta primaria como reflejo natural la cual está mediada por vías monosimpáticas y polisimpáticas dentro de la médula espinal. La contracción refleja del esfínter es extremadamente eficiente, la cual solamente se puede eliminar con la división y remoción de todos los nervios sacros. La mayoría de la respuesta refleja del esfínter se puede perder con la división de S1 y S2 bilateralmente.^{53,54}

Estimulación del nervio eferente ventral

La estimulación de los componentes de S2 resulta en una fuerte contracción del detrusor y del esfínter.^{23,28} La estimulación de las porciones terminales de los nervios divididos se ve reflejada con una actividad eferente natural, con un mínimo de actividad refleja, la cual sólo se produce por estimulación de la porción proximal. Después de la división de las fibras somáticas periféricas, realizada mediante el corte del tronco pudendo unilateral. La estimulación de esta rama ventral resulta en respuesta autonómica pura. La micción en esa situación se produce con presiones vesicales bajas y disminución significativa de la resistencia de salida, en consecuencia la respuesta miccional es lenta.

Bases físicas (Remisov 1987 y Cromer 1981)

Los tejidos del organismo están formados por moléculas que poseen carga eléctrica: Al hacer pasar una corriente se producirán cambios en sus propiedades físicas, las cuales darán lugar a cambios biológicos.

La corriente eléctrica es un flujo de electrones entre dos puntos con diferente carga eléctrica. Esta carga establece una diferencia de potencial entre ambos.

Si la diferencia de potencial permanece constante, se produce una corriente continua entre ambos puntos, si la diferencia de potencial varía con el tiempo, da lugar a una corriente alterna.

La intensidad de una corriente depende de la diferencia de potencial entre ambos puntos y de la resistencia opuesta al paso de dicha corriente (Ley de Ohm).

Con el tiempo en la corriente alterna existe una variación de su intensidad. Esta magnitud recibe el nombre de impulso. Las características del impulso eléctrico son importantes para la acción biológica de la corriente.

Las porciones características del impulso son: flanco (o borde), vértice, corte (o flanco posterior) y cola.

Los impulsos que se repiten reciben el nombre de corriente de impulsión. Esta corriente se caracteriza por la frecuencia de repetición de impulsos medidos en ciclos, segundos o Hertzios.⁴¹⁻⁴³

Tipos de impulsos

Existen varios tipos de impulsos según su morfología: galvánico, farádico, alterno y pulsátil (*Figura 1*).

El galvánico es un impulso constante e ininterrumpido, es sinónimo de corriente continua.

El impulso farádico es un impulso de corriente alterna que sigue un patrón sinusoidal y puede presentar cualquier frecuencia.

El impulso o corriente pulsátil es un impulso de corriente alterna que sigue un patrón rectangular, su frecuencia o ritmo de repetición es de 1 a 100 pulsos/segundo o hertzios, dentro de la corriente pulsátil existen varios tipos: a) monofásico el cual no tiene fase negativa por lo que es unidireccional, ya que el flujo de iones se produce siempre en la misma dirección, b) bifásico asimétrico, presenta una fase positiva y otra negativa pero de diferente duración. El flujo de iones cambiará de dirección según la fase de la corriente, c) bifásico simétrico, la duración de ambas fases es la misma, per-

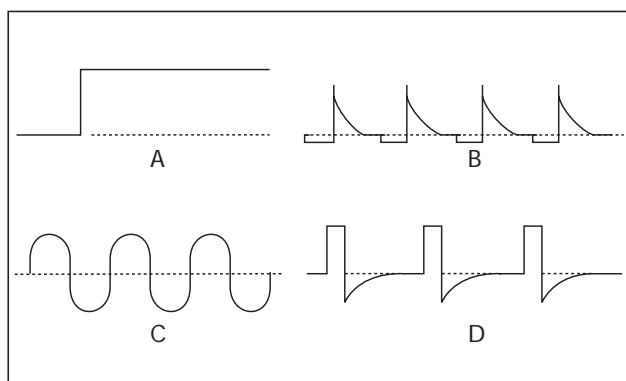


Figura 1. Tipos de impulsos eléctricos.

mitiendo la reversabilidad de muchas reacciones químicas, d) bifásico simétrico o alternante el cual también produce despolarización en ambos sentidos.⁴¹⁻⁴³

Bases fisiológicas

La acción de la corriente alterna sobre el organismo depende de la intensidad, frecuencia y forma del impulso.

El aumento de la pendiente del flanco disminuye la intensidad de corriente que provoca la contracción de los músculos. Este hecho confirma que los músculos se adaptan al cambio de intensidad de corriente. La pendiente del impulso se mide por el tiempo de rampa o tiempo en el que el estímulo alcanza toda su intensidad.

La pendiente del impulso rectangular sin tiempo de rampa es muy grande (teóricamente infinita); por consiguiente para producir contracción la intensidad de umbral de la corriente será menor que en otros casos.

La sensación dolorosa depende de la intensidad y de la frecuencia del impulso; el umbral de intensidad dolorosa es menor a frecuencias bajas que a frecuencias altas.

Esta sensación de dolor depende también de la pendiente del impulso (tiempo que tarda el estímulo en alcanzar toda su intensidad). Con un prolongado tiempo de rampa (pendiente suave) el impulso no es doloroso. Si la pendiente es acentuada, independientemente de la intensidad el impulso será doloroso.

El fenómeno de fatiga muscular se evita con un tiempo de reposo entre estímulos doble del correspondiente al tiempo de estimulación.⁴¹⁻⁴³

Método de aplicación

Debe de contarse con el equipo básico:

1. Generador de señales eléctricas: es un dispositivo que transforma la energía de una fuente de tensión eléctrica constante (corriente continua de una pila eléctrica o corriente periódica sinusoidal a 60 Hz de la red eléctrica) en oscilaciones electromagnéticas de diferente forma.
2. Para la electroestimulación se precisa de utilizar corrientes de baja frecuencia (sin efecto térmico) y de impulsos. El generador debe ser capaz de fijar con precisión parámetros como la forma de impulso, duración, frecuencia e intensidad.
3. Electrodo: Son los encargados de transmitir la corriente eléctrica a los tejidos. Para ello es necesario que exista una diferencia de potencial entre el electrodo positivo (o cátodo) y el electrodo negativo (o ánodo). Por convenio se estipula que la electricidad circula desde el cátodo al ánodo, aunque en realidad los electrones van desde el polo negativo al positivo.
4. El tipo de electrodo utilizado depende de la forma en que se aplique la corriente eléctrica: Inicialmente se

emplearon electrodos profundos. En este caso es necesario implantarlos quirúrgicamente. Caldwell (1963) utilizó dos electrodos monopolares implantados en el suelo pélvico y conectados a un generador de impulsos subcutáneo.

5. Sin embargo, actualmente este tipo de dispositivo se ha ido abandonando por los electrodos externos, de los cuales se distinguen los siguientes tipos:

Electroestimulación no aditiva. Se utiliza un electrodo bipolar único con ambos polos situados concéntricamente. Según el lugar de aplicación, el electrodo puede ser intrarrectal o intravaginal (Suhuel y cols. 1978). Su utilización no presenta contraindicaciones, no obstante, no deberá aplicarse en pacientes embarazadas ni en la presencia de marcapasos cardiacos aunque existen reportes actuales de la utilización de éstos en mujeres embarazadas con resultados todavía cuestionables.⁴⁴

Electroestimulación interferencial. El propósito de esta forma de aplicación consiste en obtener en profundidad una corriente eléctrica de una elevada frecuencia, por la superposición de varias corrientes superficiales, de esta manera se pueden conseguir frecuencias de hasta 4,000 Hz, en este caso se emplean dos pares de electrodos monopolares.

Estos electrodos se aplican en el hipogastrio y el periné manteniéndose en su sitio mediante el vacío (electrodos de succión) Varela y cols. 1989.⁴¹⁻⁴³

Aplicaciones técnicas

Éstas se basan en los potenciales de activación celular de cada célula con capacidad de responder a cierto estímulo bajo la aplicación de un estímulo eléctrico, el cual generalmente se reporta en intensidad de 2mA y 50 MH teniendo mayor respuesta a aplicaciones intermitentes de 5-10 segundos.³⁶

Actualmente la forma de administración más frecuente hoy en día es mediante electrodos externos conectados a generadores portátiles alimentados con pilas.

La pauta de estimulación más aceptada es la llamada máxima estimulación que consiste en sesiones diarias de estimulación de 20 minutos por 30 días.

Otros autores aplican impulsos eléctricos rectangulares con una frecuencia de 10 Hz y una amplitud de 15 a 25 mA con duración de 285 microsegundos, con tiempo de rampa de 2 segundos y tiempo de estimulación de 10 segundos con 25 segundos de tiempo de reposo.⁴¹

DEFINICIÓN

Estimulación eléctrica:

Es la aplicación de un impulso eléctrico continuo o intermitente sobre una estructura celular (músculo, nervio)

capaz de desencadenar una respuesta y actuar como sincitio funcional.

Rizotomía o neurotomía

Es la sección de una fibra o grupo de fibras nerviosas específicas con la intención de una denervación específica para un efecto deseado.⁴⁵

Implante de electrodos

Se refiere a los diferentes métodos de aplicación, abordajes, sitios y tipos de electrodos utilizados para lograr una estimulación eléctrica.

Actualmente existen implantes transcutáneos. Transuretrales, directamente sobre el detrusor, directamente sobre la médula espinal o a la salida inmediata de las fibras nerviosas, extra o intradurales, anales, perineales o transvaginales. En combinación con rizotomías selectivas para mayor efectividad de los procedimientos propuestos.

Aplicaciones en urología de la estimación eléctrica

- Vejiga neurógena^{6,28}
- Incontinencia urinaria^{29,45}
- Disfunción vesical irritativa³⁰
- Activación específica del detrusor^{r31,48}
- Activación secundaria a lesión o sección medular, paraplejía (vejiga neurógena)^{6,28,49}
- Urgencia miccional^{29,45}
- Disinergia esfínter detrusor⁵⁰
- Control miccional⁵⁶
- Vejiga hiper o hiporrefléxica^{51,52}
- Inestabilidad vesical⁵⁵
- Incontinencia urinaria de urgencia^{45,47}

1. Vejiga neurógena

Fue la primera entidad en la que se inició el estudio y aplicación de la electroestimulación así como en pacientes con lesiones o secciones medulares.

Se implantan electrodos en las raíces motoras (ventrales) de los nervios sacros que producirán contracción del detrusor al estimularse (siempre S3 en ocasiones S4) tomando medidas para reducir la hiperreflexia del esfínter cortando de manera selectiva el componente sensorial dorsal de estas mismas raíces de los nervios sacros y ramas selectivas de los pudendos, conectando los electrodos a un receptor subcutáneo que se opera externo al cuerpo, controlando así la continencia vesical o intestinal mediante un transmisor externo, conservando así los tres objetivos principales de lesiones espásticas de motoneurona superior: Preservación de la función renal, continencia y evacuación. Las dos primeras se logran reduciendo las presiones intravesicales. Esta medida protegerá la integridad de las vías urinarias altas y restablecerá la continencia aumentando la capacidad vesical. Ambas se logran combinando la electroestimulación con rizotomías selectivas.

vas, de esta manera protege la integridad del esfínter y evita la necesidad de fármacos.

El tercer objetivo, restablecer la evacuación continente, elimina la necesidad de sondas y cateterismos con peligro recurrente de infección.⁵⁷

2. Incontinencia urinaria

Reportado de un estudio multicéntrico incluyéndose 76 pacientes de 1993 a 1997 con seguimiento hasta los 18 meses posterior a estimulación sacra con implante subcutáneo en hipogastrio que el 76% de los pacientes presentaron mejoría significativa con respecto a la sintomatología con complicaciones mínimas constituyendo un método efectivo y seguro para el tratamiento de la incontinencia.

3. Disfunción vesical irritativa

Se realizó neuroestimulación sacra transcutánea para la disfunción miccional irritativa obteniendo resultados satisfactorios por Wlasko publicados en 1999 en donde los pacientes tratados refirieron mejoría significativa de la sintomatología irritativa, disminuyendo también la frecuencia de disuria, poliaquiuria y nicturia.

4. Activación específica del detrusor

Estudios de estimulación sacra para la activación selectiva del detrusor, previamente estudiado en animales con excelentes resultados, se realiza este estudio en doce humanos con un nuevo dispositivo implantado (Sistema Finetech-Brindley) reportando también resultados satisfactorios con respuesta de activación selectiva del detrusor.

5. Activación secundaria a lesión o sección medular (paraplejía)

Con respecto a este tema y al igual que la vejiga neurogénica existen diversas publicaciones en donde mediante neuroestimulación eléctrica con o sin rizotomía previa (por antecedente de la lesión) se obtienen efectos de vaciamiento y continencia del detrusor.

6. Urgencia miccional

Al igual que la incontinencia de urgencia se ha demostrado que con la estimulación eléctrica y algunas rizotomías selectivas se logra disminuir parte de la sintomatología aunque su efecto principal es sobre la incontinencia por urgencia, con respecto a la urgencia misma, deberán tratarse otras causas, así mismo deberá continuar el estudio de la estimulación para el tratamiento selectivo de la misma.

7. Disinergia esfínter detrusor, control miccional y vejiga hipo o hiperrefléxica

En estudios reportados por Halem AS de estimulación sacra en control miccional en combinación con neurotomía

selectiva sacra para evitar la disinergia esfínter detrusor es una contribución a la serie de trabajos publicados de tratamientos previos combinados para mayor efectividad.

Al respecto Tanagho, Schmidt y Brindley han reportado rizotomías centrales (de bloque subaracnoideo) y periféricas (rizotomías sacras y rizotomías selectivas sacras), demostrando que en la mayoría de los casos la rizotomía sacra anterior y posterior bilateral convierte una vejiga hiperrefléxica en arrefléxica en la cual responde mejor la neuroestimulación eléctrica.⁵⁶

8. Inestabilidad vesical

Reportan nuevas aplicaciones con respecto a la estimulación eléctrica para inhibir selectivamente la actividad del detrusor con reportes preliminares en 15 pacientes de 22 en total con inestabilidad del detrusor, sin embargo, también estos estudios encaminados inicialmente a la incontinencia urinaria además en estos casos reportan resultados óptimos en los pacientes tratados utilizando en ellos de 2 a 10 ciclos de 5 a 8 volts por 5 a 20 microsegundos.

9. Incontinencia urinaria de urgencia

Múltiples artículos reportando resultados satisfactorios y seguros con respecto al uso de dispositivos transcutáneos, perineales o intravesicales para el tratamiento selectivo y combinado de la incontinencia de urgencia.

CONCLUSIONES

La estimulación eléctrica de terminales nerviosas o tejidos excitables eléctricamente (músculo, nervio) que puedan desencadenar una respuesta biológica de sincitio con un efecto mecánico específico tiene su origen a principios de la década de los 50. Con el tiempo y la revolución tecnológica reciente, esto ha tenido un auge importante, sin embargo, a diferencia de otras medidas terapéuticas en urología (tratamientos médicos y farmacológicos) éstos constituyen a largo plazo una ventaja económica y terapéutica con mínimos efectos colaterales o adversos. Aunque su uso se ve limitado a la experiencia del grupo médico, a la disponibilidad y características intrínsecas del paciente, este tratamiento y el uso de nuevos generadores que puedan desarrollarse con mayor eficiencia, de menor tamaño y costo. Representando en el futuro inmediato, una excelente alternativa en diferentes patologías urológicas de origen neurofisiológico en el tracto urinario inferior.

Finalmente se están experimentando nuevos dispositivos,^{31,40} y se están ampliando las áreas de aplicación que con el desarrollo de nuevas técnicas diagnósticas y terapéuticas representan nuevas alternativas altamente efectivas, de costo disminuido y probablemente accesibles en un futuro inmediato a cualquier paciente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Boyce WH, Lathem JE, Hunt LD. Research related to the development of an artificial electrical stimulator for the paralyzed bladder. *J Urol* 1964; 91: 41.
2. Bradley WE, Timm GW, Chou SN. A decade of experience with electronic stimulation of the micturition reflex. *Urol Int* 1971; 26: 283.
3. Hald T. Neurogenic dysfunction of the urinary bladder. An experimental and clinical study with special reference to the ability of electrical stimulation to establish voluntary micturition. *Danish Med Bull* 1969; 16(Suppl 5): 1.
4. Nashold BS, Friedman H, Glenn JF, Grimes JH, Barry WF, Avery R. Electromicturition in paraplegia. Implantation of a spinal neuroprosthesis. *Arch Surg* 1972; 104: 195.
5. Jonas U, Tanagho EA. Studies on the feasibility of urinary bladder evacuation by direct spinal cord stimulation. *Invest Urol* 1975; 13: 142.
6. Tanagho EA, Schmidt RA. Electrical stimulation in the clinical management of the neurogenic bladder. *Jour Urol* 1988; 140: 1331.
7. Jonas U, Heinem JP, Tanagho EA. Spinal cord versus detrusor stimulation. A comparative study in six acute dogs. *Invest Urol* 1975; 13: 171.
8. Hald T, Agrawal G, Kantrowitz A. Studies in stimulation of the bladder and in motor nerves. *Surgery* 1966; 60: 848.
9. Timm GW, Brandley WE. Electrostimulation of the urinary bladder in unilateral stimulation of pelvic nerves in the dog. *Amer J Physiol* 1957; 189: 167.
10. Habib HN. Experience and recent contributions in sacral nerve stimulation for voiding in both human and animal. *Brit J Urol* 1977; 15: 78.
11. Holmequist B. Electromicturition by pelvic nerve stimulation in dogs. *Scand J Urol Nephrol* 1968; Suppl 2: 1.
12. Stenberg CC, Burnette HW, Bunts RC. Electrical stimulation of human neurogenic bladders: Experience with 4 patients. *J Urol* 1967; 97: 79.
13. Ingersoll EH, Jones LL, Hegre ES. Effect on urinary bladder of unilateral stimulation of pelvic nerves in the dog. *Amer J Physiol* 1957; 189: 167.
14. De Araujo CG, Schmidt RA, Tanagho EA. Neural pathways to lower urinary tract identified by retrograde axonal transport of horseradish peroxidase. *Urology* 1982; 19: 290.
15. Tanagho EA, Schmidt RA, Araujo CG. Urinary striated sphincter: What is its nerve supply? *Urology* 1982; 20: 415.
16. Thüroff JW, Bazzed MA, Schmidt RA, Luu DH, Tanagho EA. Regional topography of spinal cord neurons innervating pelvic floor muscles and bladder neck in the dog: A study by combined horseradish peroxidase histochemistry and autoradiography. *Urol Int* 1982; 37: 110.
17. Schmidt RA, Bruschini HJ, Tanagho EA. Urinary bladder and sphincter responses on stimulation of dorsal and ventral sacral roots. *Invest Urol* 1979; 16: 300.
18. Schmidt RA, Bruschini H, Tanagho EA. Sacral root stimulation in controlled micturition; peripheral somatic neurotomy and stimulated voiding. *Invest Urol* 1979; 17: 130.
19. Tanagho EA. Induced micturition via intraspinal sacral roots stimulation, Clinical Implications In: *Functional Electrical stimulation*. Edit. for Hambrecht and B. Reswick, NY, Mercel Dekker. Inc 1977: 157-172.
20. Thüroff JW, Bazzed MA, Schmidt RA, Wiggin DM, Tanagho EA. Functional of sacral root stimulator in dogs. I. Micturition. *J Urol* 1982; 127: 1031.
21. Thüroff JW, Bazzed MA, Schmidt RA, Wiggin DM, Tanagho EA. Functional of sacral root stimulation in dogs II, Urethral closure. *J Urol* 1982; 127: 1034.
22. Schmidt RA, Tanagho EA. Feasibility of controlled micturition through electrical stimulation. *Urol Int* 1979; 34: 199.
23. Juennenmann KP, Lue TF, Schmidt RA, Tanagho EA. Clinical significance of sacral and pudendal nerve anatomy. *J Urol* 1988; 139: 74.
24. Schmidt RA, Tanagho EA. Bladder pacemaker. Scientific basis and clinical future. *Urology* 1982; 20: 614.
25. Guth L, Yellin H. The dynamic nature of the so-called Fiber types of mammalian skeletal muscle. *Exp Neurol* 1971; 31: 277.
26. Walsh CP. *Campbell's Urology*, Séptima edición 1998; 1188-9.
27. Gerstenberg TC. Nerve conduction velocity measurements of dorsal nerve of the penis in normal and impotent males. *Urology* 1983; 21-90.
28. Lyne CJ, Bellinger MF. Early experience with transurethral electrical bladder stimulation. *Jour Urol* 1993; 150: 697-699.
29. Tanagho EA, Schmidt RA, Bradley RO. Neural stimulation for control of voiding dysfunction: A preliminary report in 22 patients with serious neuropathic voiding disorders. *Jour Urol* 1989; 142: 340.
30. Walsh IK et al. Transcutaneous sacral neurostimulation for irritative voiding dysfunction. *Eur Urol* 1999; 35-192.
31. Rijkhoff NJ et al. Selective detrusor activation by sacral ventral nerve-root stimulation: results of intraoperative testing in humans during implantation of a Finetech-Brindley System. *World J Urol* 1998; 16-337.
32. Kaplan WE, Richards I. Intravesical transurethral electrotherapy for the neurogenic bladder. *J Urol* 1986; 136: 243.
33. Siracusano S et al. Transcutaneous electrical localization and reversible blockade of the sacral nerve in the diagnosis of the urge syndrome. *Arch Esp Urol* 1994; 47: 432.
34. Schmidt RA, Tanagho EA. Feasibility of inducing micturition of sacral roots. *Urology* 1978; 12: 471.
35. Schmidt RA et al. Micturition and the male genitourinary response to sacral root stimulation. *Invest Urol* 1979; 17: 122.
36. Schmidt RA, Jonas U, Oleson RU. Sacral nerve stimulation for treatment of refractory Urinary Urge Incontinence. *Jour Urol* 1999; 162-352.
37. Brindley GS. Control of the bladder and urethral sphincters by surgically implanted electrical stimulation. In: Chisholm GD: *Fair WB Scientific, Foundations of Urology*. Chicago, Year book medical Publishers, 1990; 336-339.
38. Brindley GS. History of the sacral anterior root stimulation, 1969-1982. *Neurol Urodyn* 1990; 12-481.
39. Brindley GS. The first 500 patients with sacral anterior root implants: General description. *Paraplegia* 1994; 32-795.
40. Petersen T et al. Experimental electrical stimulation of the bladder using a new device. *Urol Res* 1986; 14-53.
41. Sakinas C. *Urodinámica clínica*, segunda edición, Madrid, España 1995; 561-572.
42. Cromer AH. Bioelectricity. In: *Physics for the life sciences*, NY Mc Graw-Hill Book Company 1981.
43. Remizov A. *Física médica y biológica*, traducción española de la versión rusa Madrid, editorial MIR-Rubíños 1991.
44. Nanninga JB et al. The effect of sacral nerve stimulation for bladder control during pregnancy: a case report. *J Urol* 1988; 139-121.
45. Gasparini ME, Schmidt RA, Tanagho EA. Selective sacral rhizotomy in the management of the reflex neuropathic bladder: A report on 17 patients with long term follow up. *J Urol* 1992; 148-1207.

46. Brindley GS, Polkey CE, Rushton DN, Cardozo. Sacral anterior root stimulators for bladder control and paraplegia. The first 50 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiat* 1986; 49:1104.
47. Talalla A, Bloom JW et al. Successful intraspinal extradural sacral nerve stimulation for bladder emptying in a victim of traumatic spinal cord transection. *Neurosurgery* 1986; 19:955.
48. Rijkhoff NJ et al. Selective detrusor activation by electrical stimulation of the human sacral nerve roots. *Artif Organs* 1997; 21:223.
49. Nygaard IE et al. Spine update, urological management in patients with spinal cord injuries. *Spine* 1996; 1: 21-128.
50. Hallem AS et al. Sacral root stimulation for controlled micturition: prevention of detrusor-external sphincter dyssynergia by intraoperative identification and selective section of sacral nerve branches. *J Urol* 1993; 149:1607.
51. Walter JS et al. Inhibiting the hiperreflexic bladder with electrical stimulation in a spinal animal model. *Neurol Urodyn* 1993; 12: 241.
52. Toczek SK et al. Selective sacral rootlet rhizotomy for hyper-tonic neurogenic bladder. *J Neurosurg* 1975; 42: 567.
53. Markland C et al. Sacral nerve root stimulation. A clinical test of detrusor innervation. *J Urol* 1972; 107: 772.
54. Markland C et al. Sacral nerve stimulation. A diagnostic test of bladder innervation. *Br J Urol* 1971; 43: 453.
55. Gonzalez Chamorro F et al. Electric stimulation of sacral roots for the treatment of urinary incontinence due the detrusor instability: application of a technique and results in a clinical case. *Arch Esp Urol* 1998; 51: 278.
56. Walsh CP. *Campbell's Urology*, Séptima edición 1998; 992-1000.
57. Tanagho EA, Mc Anich JW. *Smith General Urology*. Décima edición MM 1993: 484.