



**Universidad
de Valparaíso**
CHILE

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL BIOMÉDICA

Revisión sistemática de técnicas de neuromodulación en niños con vejiga neurogénica

Constanza Yamilet Hernández Ávila

Trabajo para optar al Título de

Ingeniero Biomédico

Profesor Guía:

Alejandro Weinstein

Julio - 2021

Valparaíso - Chile

Resumen

Objetivo: La finalidad de esta revisión de literatura es conocer si son eficaces los tipos de técnicas de neuromodulación en los parámetros urodinámicos de niños con vejiga neurogénica

Método: Se utilizó la metodología PRISMA para realizar búsquedas de literatura en 2 bases de datos, se aplicó la expresión de búsqueda construida en base a conceptos de "neurogenic bladder", "neuromodulation", "children" con sus sinónimos respectivos.

Resultados: Al realizar la estrategia de búsqueda descrita, se encontró un total de 1410 artículos. Con EndNote se eliminaron los archivos duplicados, en el cual quedaron 1367 resultados como se puede ver en la figura 1. Luego, se procede a aplicar los criterios de exclusión e inclusión 14 resultados que cumplen con la metodología y objetivos descritos para esta revisión sistemática. Se identificaron 4 tipos de neuromodulación: sacra, intravesical, transcutánea y tibial percutánea.

Discusión: La literatura existente es escasa, por lo que hay pocos estudios para comparar de forma eficiente los datos de cada tipo de neuromodulación. Se observa que los parámetros de estimulación son diferentes debido a que, aún no se ha determinado los valores adecuados para cada tipo de neuromodulación. Hay datos prometedores.

Conclusión: La neuromodulación es eficaz para mejorar los parámetros urodinámicos. Tras esta revisión queda para futuras investigaciones definir los parámetros de estimulación, tiempo de tratamiento y características de los pacientes adecuados para poder controlar completamente la vejiga neurogénica en niños y mejorar su calidad de vida.

Palabras Clave: *neurogenic bladder, children, neuromodulation.*

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRUDUCCIÓN.....	4
2.	MARCO TEORICO.....	5
2.1.	ANATOMIA DE LA VEJIGA	5
2.2.	FISIOLOGÍA DE MICCIÓN.....	5
2.3.	FISIOPATOLOGÍA DE LA VEJIGA NEUROGÉNICA	6
2.4.	PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS NEUROMODULADORES	9
2.4.1.	Formas de estimulación de los neuroestimuladores:	9
2.4.2.	Mecanismos de acción	11
2.5.	Técnicas URODINÁMICaS	12
3.	MÉTODOLOGÍA	13
4.	RESULTADOS	14
4.1.	SELECCIÓN DE ARTÍCULOS.....	14
4.2.	CARACTERÍSTICAS DE LOS ARTÍCULOS	16
4.3.	EFICACIA DE NEUROMODULACIÓN SACRA.....	19
4.4.	EFICACIA DE ESTIMULACIÓN INTRAVESICAL	21
4.5.	EFICACIA NEUROMODULACIÓN TRANSCUTÁNEA	23
4.6.	EFICACIA ESTIMULACIÓN DEL NERVIO TIBIAL POSTERIOR.....	25
5.	DISCUSIÓN.....	26
6.	CONCLUSIÓN	26
7.	REFERENCIAS	27

Revisión sistemática de técnicas de neuromodulación en niños con vejiga neurogénica

Constanza Yamilet Hernández Ávila

Escuela de Ingeniería Civil Biomédica

Facultad de Ingeniería, Universidad de Valparaíso, Chile

Palabras clave: *neurogenic bladder, children, neuromodulation.*

1. INTRODUCCIÓN

La vejiga neurogénica corresponde al mal funcionamiento de los nervios que llevan el mensaje de la vejiga al cerebro y del cerebro a los músculos de la vejiga para indicarles cuándo deben contraerse o relajarse [1]. Existen dos tipos de vejiga neurogénica, la flácida y la espástica. En la vejiga neurogénica flácida las contracciones están ausentes, por lo que se llena hasta rebosar [2]. En la vejiga espástica, ésta tiene contracciones vesicales involuntarias y se percibe la necesidad de orinar, incluso cuando hay poca cantidad o nada de orina en la vejiga. Normalmente, las contracciones se producen de forma descoordinada con el músculo que cierra la abertura de la vejiga (esfínter urinario) [2].

La vejiga neurogénica en niños tiene una prevalencia del 6% en poblaciones pediátricas estudiadas, sin embargo el porcentaje asociado de vejiga neurogénica con enfermedades de base que causan esta entidad es variable, así el 90 a 97% de niños con mielomeningocele presentará vejiga neurogénica, niños o niñas con lesiones a nivel del canal medular del 50 al 60% depende del nivel de lesión, y de otras entidades su prevalencia es muy variada ya que esta entidad puede ser adquirida y no necesariamente presentarse desde el nacimiento, por ejemplo en el caso de un trauma raquímedular [3].

Los tratamientos más comunes en niños son: intervenciones farmacológicas para relajar los músculos de la vejiga e impedir espasmos, cateterismo intermitente para drenar la vejiga a un horario regular. Esta última técnica implica insertar y extraer un tubo (catéter) a través de la uretra cada vez que se requiere vaciar la vejiga. Para algunas lesiones, es necesario colocar un catéter más permanente llamado “catéter implantado”. También se puede realizar intervenciones quirúrgicas para proteger los riñones y posibilitar la retención y expulsión controlada de orina y heces, por mencionar algunas, creación de un nuevo orificio en el abdomen a través del cual se coloca un catéter temporal para vaciar la vejiga, aumentar el tamaño de la vejiga y contraer el esfínter para que pueda retener mejor la orina [4].

Otro tratamiento es el llamado neuromodulación para la vejiga neurogénica. Es una técnica que utiliza impulsos eléctricos para estimular los nervios y modular la actividad neurológica de la vejiga, controlando así sus contracciones involuntarias [5]. Existen diferentes tipos de neuromodulación: La neuromodulación sacra consiste en un procedimiento quirúrgico para implantar un estimulador intracorpóreo conectado al electrodo radicular S3. La estimulación del nervio tibial posterior (PTNS) consiste en estimular el nervio mediante un electrodo colocado 5 cm por encima del maléolo medial. La neuromodulación transcutánea (TENS), se basa en el principio de que las estructuras neurales del sistema nervioso central pueden activarse mediante el uso de corriente eléctrica. La neuromodulación pudendal consiste en la estimulación del nervio pudendo para implantar un generador de pulso y estimulación eléctrica intravesical (IVES) implica un catéter con un electrodo de estimulación introducido en la vejiga y conectado a un estimulador [6][7][8].

En la literatura el tratamiento con las técnicas de neuromodulación se realizan con más frecuencia en los adultos con problemas de vejiga neurogénica o a niños con vejiga no neurogénica. Es menos común realizar este tipo de tratamiento en los niños con vejiga neurogénica. Por todo lo anterior mencionado, el objetivo de esta revisión de literatura es conocer la efectividad que tienen los tipos de técnicas de neuromodulación en los parámetros urodinámicos de niños con vejiga neurogénica.

2. MARCO TEORICO

2.1. ANATOMIA DE LA VEJIGA

La vejiga almacena la orina hasta que se produce voluntariamente la micción. Se compone del uréter, músculo detrusor, abertura de los uréteres, trigono, esfínter interno y externo, y uretra (Ver figura 1).

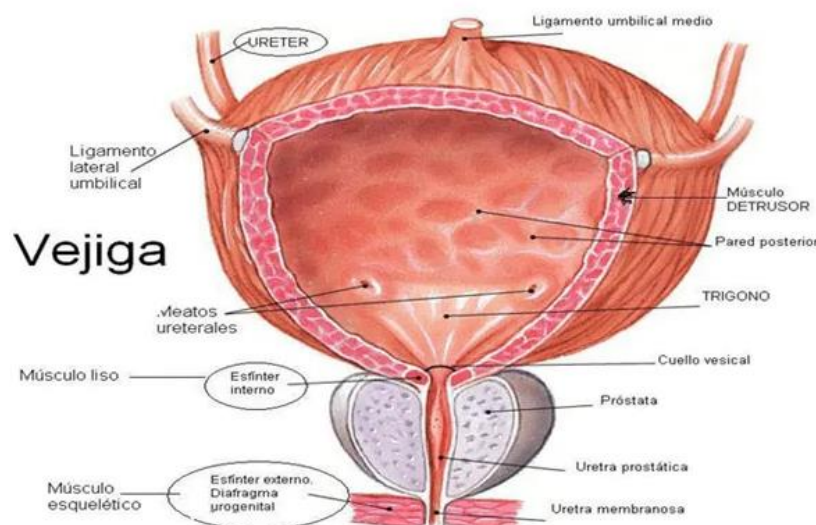


Figura 1: Anatomía de la vejiga (P. Prieto [9]).

2.2. FISIOLÓGÍA DE MICCIÓN

Los componentes del sistema nervioso que regulan la vejiga son: corteza cerebral, tronco cerebral y médula espinal. El área paracentral de la corteza frontal interactúa con el núcleo pontino del tronco cerebral (Ver figura 2). El núcleo pontino controla las contracciones vesicales y la actividad del esfínter. En la médula se desencadenan los reflejos de la micción cuando la tensión de la vejiga alcanza determinado nivel. Sin embargo, estos reflejos medulares quedan inhibidos por la corteza frontal y el centro pontino hasta que la persona decida orinar. Son dos las áreas medulares relacionadas con la micción. La región sacra (S2 a S4, ver figura 3) tienen innervación parasimpática al músculo liso de la vejiga y también inerva los músculos estriados de la uretra y suelo pélvico. La región toracolumbar (T10 a L2, ver figura 3) proporciona innervación simpática al músculo liso de la vejiga y uretra. La vejiga está innervada (ver figura 2) principalmente por [12]:

- Nervios pélvicos: se originan en la región sacra de la médula y llevan la innervación parasimpática al músculo liso de la vejiga, su activación produce la contracción del detrusor.
- Nervios hipogástricos: se originan en la región toracolumbar y proporcionan innervación simpática al músculo de la vejiga y la uretra, mantienen la relajación del detrusor y la contracción de la uretra durante la fase de llenado.

- Nervios pudendos: se originan en el núcleo de Onuf en la región sacra y se encargan de la contracción y relajación de los músculos estriados como el esfínter externo de la uretra y suelo pélvico [12].

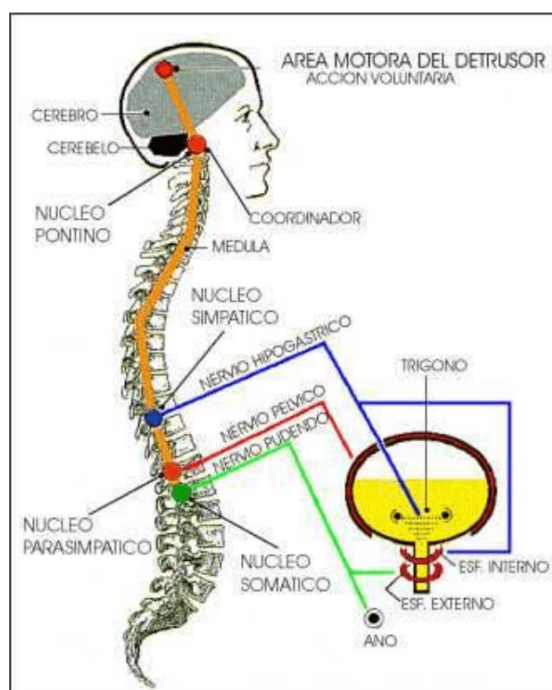


Figura 2: Ubicación de los nervios hipogástrico, pélvico y pudendo, con sus respectivos núcleos [10].

2.3. FISIOPATOLOGÍA DE LA VEJIGA NEUROGÉNICA

Se han realizado múltiples clasificaciones según la etiología de la vejiga neurógena. Una de ellas es la que considera la localización del daño neurológico [13]:

- **Lesiones cerebrales:**

Las lesiones cerebrales producen la interrupción de las vías que conectan la corteza cerebral con el núcleo pontino y, consecuentemente la pérdida del control voluntario (ver figura 4). Cuando la vejiga está llena, se contraerá por acción de su arco reflejo parasimpático medular, sin que el sujeto pueda evitarlo, aunque tenga preservado el deseo miccional y sea consciente de que va a orinar. En las lesiones cerebrales se produce el daño sobre los centros y vías nerviosas responsables del control voluntario y consciente de la micción. El paciente es, casi siempre, consciente del deseo miccional y de la micción pero no puede evitarla ya que las vías nerviosas responsables de inhibir la micción están interrumpidas. Como el arco reflejo estará íntegro en los tres núcleos medulares (pudendo, simpático y parasimpático), cuando la vejiga esté llena, los estímulos que llegan por el nervio pélvico a su núcleo parasimpático harán que éste se «dispare» y dé la orden de contracción del detrusor, que el paciente no puede inhibir. Esta hiperactividad del detrusor se denomina hiperreflexia. Como el centro pontino coordinador de los tres núcleos medulares no está dañado habrá una coordinación perfecta, por lo que cuando el detrusor se contrae, los esfínteres están abiertos ~sinergia). La micción es normal en todos los aspectos a excepción de que no es controlada por la voluntad (Figura 4). La incontinencia es de urgencia, estando presente un fuerte deseo de orinar que el paciente no es capaz de controlar [13].

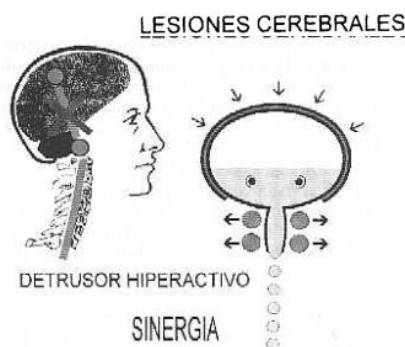


Figura 4: Las lesiones cerebrales producen la interrupción de las vías nerviosas que conectan el córtex cerebral con el núcleo pontino y, consecuentemente la pérdida del control voluntario. El detrusor es hiperrefléxico por liberación de los centros superiores y existe sinergia con la acción de la uretra, es decir, esta se relaja mientras el detrusor se contrae [13].

- **Lesiones medulares:**

Lesiones medulares altas (suprasacras): Se localizan entre el núcleo pontino y los tres núcleos medulares de la micción (núcleo simpático, núcleo parasimpático y núcleo somático). Van a afectar a la médula cervical y torácica. Los núcleos medulares de la micción quedan sin ningún daño, conservando, por tanto, sus arcos reflejos. El daño afecta a las vías nerviosas que, procedentes del núcleo pontino, son las responsables de coordinar a los núcleos de la micción y, por lo tanto, lograr la acción sincrónica de la vejiga y de la uretra. Las vías nerviosas moduladoras están interrumpidas y los arcos reflejos medulares están liberados de su control. Si la lesión es completa, la vejiga se comporta de forma automática de manera que cuando se llena, se vacía, sin que el sujeto sea consciente de ello, a diferencia de lo que ocurría en las lesiones neurológicas cerebrales. Al no estar modulada la coordinación parasimpático-simpático-pudendo por el núcleo pontino, los arcos reflejos liberados producirán acciones en vejiga y uretra no coordinadas; esta alteración recibe el nombre de disinergia. Esta falta de coordinación de los núcleos medulares de la micción va a suponer que la vejiga inicie la fase de vaciado por contracción del detrusor estando el cuello vesical y el esfínter externo de la uretra cerrados, impidiendo o dificultando la salida de orina. Por el contrario, durante la fase de llenado se pueden relajar los esfínteres dándose la incontinencia sin contracción del detrusor (ver figura 5) [13].

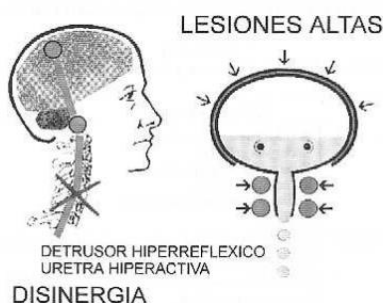


Figura 5: En las lesiones medulares altas el daño afecta a las vías nerviosas que, procedentes del núcleo pontino, son las responsables de coordinar a los núcleos de la micción. El detrusor es hiperrefléxico y además las acciones de la vejiga y la uretra no están coordinadas, es decir, existe disinergia [13].

Lesiones medulares bajas (sacras): Se localizan sobre los núcleos medulares de la micción, por lo que el arco reflejo estará interrumpido. Si la lesión es completa, tanto la vejiga como la uretra quedarán completamente desconectadas del sistema nervioso, comportándose de forma autónoma. El detrusor es

arreflético y la uretra hipoactiva. La vejiga se vacía cuando está llena sin contracciones del detrusor, al no haber ninguna resistencia uretral que se oponga a la salida de la orina. La incontinencia urinaria en las lesiones medulares bajas sucede por falta de actividad de los mecanismos uretrales. Al no estar presentes las contracciones del detrusor y existir resistencia uretral por la actividad del esfínter interno, la existencia de orina residual es la norma (ver figura 6) (Martinez, Burgues, & Alapont, 2000 [13]).

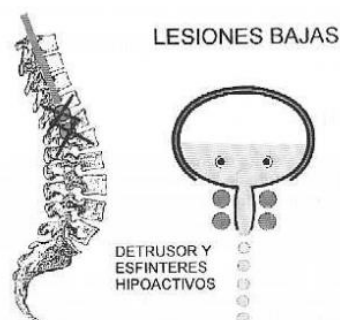


Figura 6: En las lesiones medulares bajas la lesión se localiza sobre los núcleos medulares de la micción. El detrusor es arreflético y la uretra hipoactiva [13].

- **Lesiones de los nervios periféricos:**

Neuropatías de diversa etiología, de ellas la más frecuente la producida por la Diabetes Mellitus, son causa de lesión de los nervios pudiendo, pélvico e hipogástrico. Las consecuencias dependerán del nervio afecto en cada caso [13]:

- Lesión del nervio pélvico: produce arreflexia y/o hipoactividad del detrusor.
- Lesión del nervio pudendo: produce hipoactividad del esfínter externo.
- Lesión del nervio hipogástrico: origina incompetencia del esfínter interno [13].

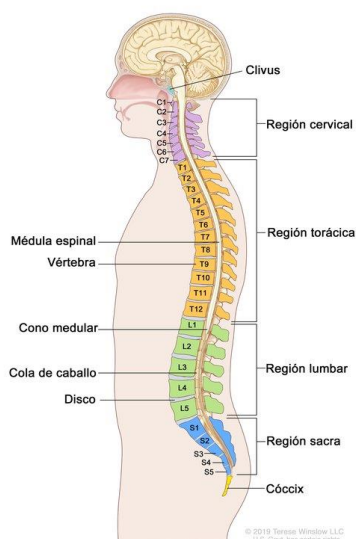


Figura 3: Partes de la médula espinal [11].

2.4. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS NEUROMODULADORES PARA VEJIGA NEUROGÉNICA

La técnica consiste en la modulación, de forma indirecta, del suelo pélvico a través del plexo sacro para modificar la función motora y sensitiva deficiente. El nervio tibial posterior tiene origen en las raíces sacras S2 a S4, nacimiento también de todos los nervios que controlan la actividad (ver figura 2) de la vejiga urinaria, ano y suelo pélvico [29]. Están las técnicas de neuromodulación:

- La central se corresponde con la Neuromodulación de las raíces sacras (SNS). Mediante cirugía se inserta un electrodo en la raíz sacra, por lo que trabaja a nivel central.
- La neuromodulación periférica: Consiste en la neuromodulación del nervio tibial posterior (PTNS) mediante estimulación eléctrica con un electrodo de aguja, vía percutánea (PPTNS) (ver figura 7), o mediante electrodos de superficie vía transcutánea (PTTNS) [29].

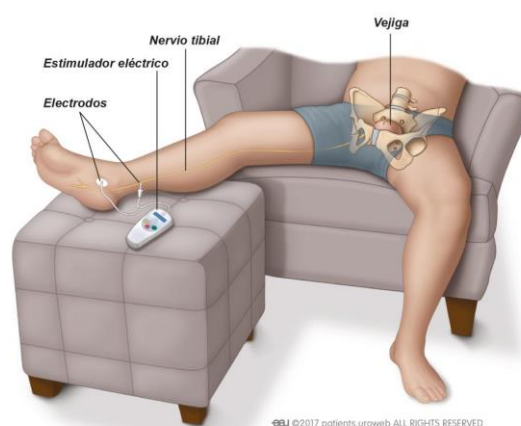


Figura 7: Neuromodulación periférica, vía percutánea [30].

2.4.1. Formas de estimulación de los neuroestimuladores:

2.4.1.1. Neuromodulación sacra:

La neuromodulación sacra consiste en implantar un dispositivo, en la región glútea superior, que envía impulsos eléctricos a través de un sistema de electrodos para administrar estimulación. Además, contiene un programador del paciente que es un dispositivo de mano que le permite activar y desactivar el neuroestimulador y ajustar la estimulación [31]. A continuación se muestra el neuromodulador InterSim II Modelo 3058:

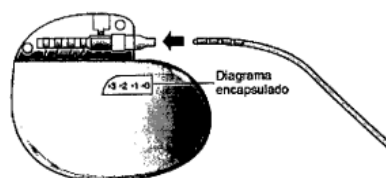


Figura 8: Neuroestimulador sacro modelo 3058 [31].

Antes de la implantación del neuromodulador, se debe realizar una estimulación de prueba, con el fin de localizar con exactitud el nervio de interés mediante la estimulación eléctrica. La estimulación de prueba se realiza con un electrodo o aguja de foramen, placa de toma de tierra, cables para la estimulación de

prueba y neuroestimulador externo (figura 9). Para comprobar la respuesta muscular de la estimulación de prueba se debe observar la pelvis y la planta de los pies. Si es exitosa la estimulación de prueba se procede a realizar la implantación del neuromodulador. A continuación, como primera fase, se deberá implantar quirúrgicamente un electrodo tetrapolar que se exteriorice a través de una extensión percutánea para realizar la estimulación de prueba. Si esta primera fase no es concluyente se puede repetir la estimulación de prueba o extraerse el electrodo. En el caso que esta fase sea concluyente, se procederá a la segunda fase. Consiste en implantar quirúrgicamente el neuroestimulador, que se conecta al electrodo previamente implantado [31].

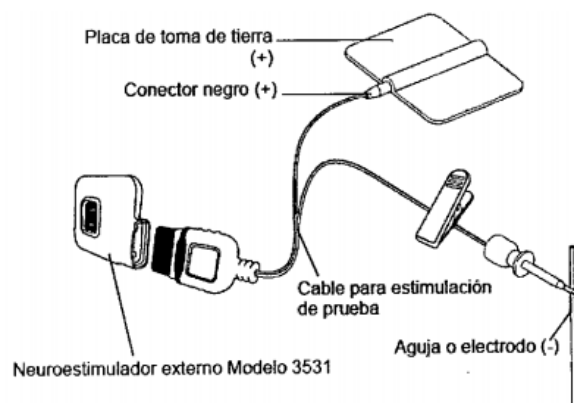


Figura 9: Conexiones de los cables del Neuroestimulador externo para realizar el proceso de estimulación de prueba [31].

Para programar el neuromodulador se utiliza el programador del médico NVision 8840 de Medtronic con la tarjeta de software 8870, con el fin de revisar y programar los parámetros del dispositivo mediante telemetría (figura 11). También, se utiliza para definir los límites del programador del paciente (figura 10).



Figura 10. Programador del paciente [32].

Los parámetros de estimulación que utiliza el programador clínico son [32]:

- Polaridades de los electrodos: positivo (+), negativo (-) u OFF programado.
- Ancho de pulso: duración de cada pulso en microsegundos (μs). El paciente experimenta un ancho de pulso como la fuerza o cobertura de la parestesia.
- Frecuencia: frecuencia de los pulsos en hercios (Hz). El paciente experimenta la frecuencia como la suavidad de la parestesia.
- Amplitud: fuerza del pulso en voltios (V). El paciente experimenta la amplitud como la fuerza o cobertura de la parestesia

Características opcionales [32]:

- Ciclos: activa y desactiva el neuroestimulador en intervalos programados.
- Terapia programada: enciende y apaga grupos específicos en horarios programados en base a un reloj de 24 horas.
- Límites de control del paciente: establece los límites superior e inferior para el ajuste de los parámetros del paciente. programar amplitudes en el grupo activo al mismo tiempo.



Figura 11. alinear los puertos de infrarrojos en los programadores de N'Vision e iCon [33].

4.2.1.2. Neuromodulación transcutánea

La neuromodulación transcutánea consiste en enviar impulsos eléctricos a través de electrodos posicionados de 2 formas. La primera forma es que el electrodo positivo se coloca en la piel por encima de la sínfisis púbica, y el negativo se coloca sobre la piel debajo de la uretra (en mujeres sobre los labios mayor y en hombres debajo del escroto) [25]. La segunda forma es poner los electrodos en los dermatomas sacros. Los parámetros que utiliza son: ancho de pulso, frecuencia e intensidad de corriente [7].

4.2.1.3. Neuromodulación intravesical

La neuromodulación intravesical consiste en enviar impulsos eléctricos a través un catéter (negativo) que se posiciona en la vejiga, el cual está especialmente diseñado con un electrodo monopolar dentro de la punta, rodeado por una pequeña cantidad de solución salina (35 ml). El positivo consta de 2 placas de diatermia acopladas (electrodo neutro electroquirúrgico) unidas a la piel abdominal por encima del hueso púbico. Los parámetros que utiliza para el control de la estimulación eléctrica son: ancho de pulso, frecuencia e intensidad de corriente [19].

4.2.1.4. Estimulación del nervio tibial posterior

La estimulación se realiza mediante una aguja de calibre 34 insertada con 2 dedos en dirección cefálica al maléolo medial. La colocación adecuada de la aguja se confirmó observando la flexión o abanico plantar y/o del dedo del pie ipsilateral. Los parámetros que utiliza para el control de la estimulación eléctrica son: ancho de pulso, frecuencia e intensidad de corriente [17].

2.4.2. Mecanismos de acción

El mecanismo de acción de los neuromoduladores es inconcluso, solo hay teorías al respecto, tal y como:

- **Control supraespinal:** Se demostró en voluntarios portadores de vejiga hiperactiva, que al estimular una vía neurológica periférica en forma intermitente por un período de 12 semanas se logró evocar potenciales evocados somatosensoriales (PESS) a nivel frontal. Este hallazgo es sin duda de valiosa importancia, pues refleja la existencia de un cambio cortical generado a partir de la estimulación periférica. Esta neuro plasticidad evidenciada, es trascendental a la hora de entender el efecto terapéutico de largo plazo observado en pacientes tratados con neuromodulación periférica o central [14].
- Estudios en voluntarios sanos con tomografía de emisión de positrones han demostrado que luego de la neuromodulación sacra se logran activar los núcleos pontinos y corticales relacionados con el control de la función vesical. Esta evidencia se suma a la descrita para los potenciales evocados somatosensoriales corticales que fueron desencadenados luego de la estimulación tibial posterior, lo cual sin duda confirma la teoría de que existe un control supraespinal que es fundamental para una adecuada respuesta terapéutica, y que luego de la estimulación repetida de las vías neurológicas relacionadas, por algún mecanismo desconocido, se orienta automáticamente hacia la solución correspondiente según cada caso [14].

2.5. TÉCNICAS URODINÁMICAS

La urodinámica estudia la actividad funcional del tracto urinario inferior en sus dos fases, fase de llenado y fase de vaciado. Tiene como objetivo el diagnóstico de la alteración, funcional y orgánica, del tracto urinario inferior. Se realiza de forma invasiva [13].

Las técnicas desarrolladas en un laboratorio de urodinámica son:

- **Flujometría:** es la medida del volumen de orina expulsado por la uretra por unidad de tiempo, expresado en mililitros por segundo (ml/sg) [13].

Parámetros urodinámicos:

- Volumen vaciado: es el volumen total expelido por la uretra.
 - Flujo máximo: es el valor máximo de flujo alcanzado.
 - Flujo medio: es el volumen de vaciado dividido por el tiempo de flujo. Es útil únicamente si el flujo es continuo y sin goteo terminal.
 - Tiempo deflujo: es el tiempo durante el cual se puede medir el flujo.
 - Tiempo de flujo máximo: es el tiempo transcurrido hasta alcanzar el flujo máximo.
 - Tiempo de vaciado: es el tiempo total de micción. Cuando el flujo es continuo, el tiempo de micción es igual al tiempo de flujo.
 - Orina residual: se define como el volumen de orina que queda en la vejiga inmediatamente después de una micción completa [13].
- **Cistomanometría:** mediante la cistomanometría se evalúa la conducta del detrusor tanto durante el llenado como durante el vaciado vesical, cuantificando y expresando gráficamente la relación entre las variaciones de presión intravesical y el volumen de llenado. Para ello se utiliza un catéter uretral, que nos permite el llenado progresivo de la vejiga con un líquido y al mismo tiempo el registro de la presión intravesical, y un catéter rectal para registrar la presión abdominal. De la sustracción entre la presión intravesical e intraabdominal resulta la presión del detrusor, que refleja la presión producida tanto por las propiedades activas como las pasivas de la pared vesical [13].

Parámetros urodinámicos:

- Presión intravesical: es la que existe dentro de la vejiga.
 - Presión abdominal: es la presión existente en el abdomen. En la práctica habitual se obtiene recogiendo la presión rectal.
 - Presión del detrusor: es el componente de presión intravesical que es creado por fuerzas pasivas y activas en la pared vesical. Se determina sustrayendo la presión abdominal de la presión intravesical. La determinación simultánea de la presión abdominal es esencial para la interpretación de los trazados de presión intravesical. Hay que tener en cuenta que las contracciones intrínsecas del recto producen artefactos sobre el trazado del detrusor.
 - Primer deseo miccional: es el volumen de llenado al cual el paciente experimenta el primer deseo de orinar. Habitualmente aparece entre los 150 y los 250 cc.
 - Deseo miccional normal: se define como el volumen de llenado al cual el paciente desea orinar aunque la micción puede retrasarse si es necesario.
 - Fuerte deseo miccional: es el deseo persistente de orinar sin que exista miedo o temor a fuga de orina.
 - Urgencia: fuerte deseo de orinar acompañado de temor a la fuga de orina o al dolor.
 - Dolor: su localización y tipos deben ser especificados. El dolor durante el llenado vesical o durante la micción siempre es anormal.
 - Capacidad vesical funcional o volumen de orina vaciado: es la más importante y se determina con la hoja de frecuencia/volumen.
 - Capacidad vesical máxima (anestésica): es el volumen medido después de llenar la vejiga con el paciente bajo anestesia general o espinal, especificando la temperatura del fluido de llenado, la velocidad y la presión de llenado [13].
- **Electromiografía:** determina la actividad del esfínter externo uretral, así como su coordinación con respecto a la conducta del detrusor. Esta técnica puede dar diagnósticos denominados disinergias, las cuales son [13]:
 - Disinergia detrusor-esfínter externo o disinergia detrusoresfinteriana: describe una contracción del detrusor coincidente con una contracción involuntaria de la uretra o de los músculos estriados periuretrales. En el adulto, el término disinergia detrusor-esfínter implica trastornos neurológicos del vaciamiento y en ausencia de éstos, el diagnóstico será cuestionado.
 - Disinergia detrusor-cuello vesical: supone una contracción del detrusor que ocurre simultáneamente con un fallo en la apertura del cuello vesical objetivamente demostrado.
 - **Perfil de presión uretral** [13].
 - **Estudios combinados** (estudios de presión-flujo, flujo-electromiografía, ecovideocistomanometría, videocistouretrografía y pruebas farmacológicas) [13].

3. METODOLOGÍA

La revisión sistemática que se realiza tiene el propósito de encontrar técnicas de neuromodulación en niños con vejiga neurogénica. La metodología utilizada para encontrar los artículos considera: 1) estrategia de búsqueda, 2) palabras claves, 3) expresión de búsqueda y 4) criterios de inclusión y exclusión.

Para buscar la literatura de esta revisión se exploró en las bases de datos Web Of Science y Scopus. Se utilizan las siguientes palabras claves:

- Vejiga neurogénica: neurogenic bladder, neuropathic bladder, neurogenic lower urinary tract, neurogenic dysfunction.
- Neuromodulación: neuromodulation, electrical stimulation, electroneurostimulation, electrotherapy, electrostimulation., neuromodulation sacral, neuromodulation tibial.
- Niños: children, pediatric.

La expresión de búsqueda se realiza empleando las palabras claves y sus sinónimos anteriormente mencionados, con el fin de realizar una exploración más profunda y precisa. Se hizo una restricción de búsqueda con las palabras: nonneurogenic, anorectal, bowel y no neurogenic con el propósito de reducir la cantidad de documentación hallada (tabla 1).

Base de datos	Expresión de búsqueda
Web Of Science (WOS)	<i>ALL = (("neurogenic bladder" OR "Neuropathic Bladder" OR "neurogenic lower urinary tract" OR "neurogenic dysfunction") AND (neuromodulation OR "electrical stimulation" OR electroneurostimulation OR electrotherapy OR electrostimulation) AND (Children OR pediatric))</i>
Scopus	<i>ALL (("neurogenic bladder" OR "Neuropathic Bladder" OR "neurogenic lower urinary tract" OR "neurogenic dysfunction") AND (neuromodulation OR "electrical stimulation" OR electroneurostimulation OR electrotherapy OR electrostimulation) AND (Children OR pediatric))</i>

Tabla 1: Expresión de búsqueda final en la base de datos seleccionada.

Al momento de seleccionar la literatura se consideraron los criterios de inclusión, los cuales son: documentos en inglés, fecha de publicación desde el año 2000 hacia adelante, parámetros urodinámicos, y estudios realizados en niños con diferentes tipos de vejiga neurogénica y enfermedad asociada. Por otro lado, están los criterios de exclusión de artículos que son: estudios en animales, niños con vejigas no neurogénicas, estudios con adultos, neuromodulación combinada con fármacos, revisiones de literatura y estudios que no muestran parámetros para analizar si hay mejoras o no en la vejiga. Después de las consideraciones anteriores, se aplicará el método PRISMA para escoger las literaturas.

4. RESULTADOS

4.1. SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

Al realizar la estrategia de búsqueda descrita, se encontró un total de 1410 artículos. Con EndNote se eliminaron los archivos duplicados, en el cual quedaron 1367 resultados como se puede ver en la figura 1. Luego, se procede a aplicar los criterios de exclusión e inclusión como se menciona en la sección 2. Finalmente, quedan 14 resultados que cumplen con la metodología y objetivos descritos para esta revisión sistemática.

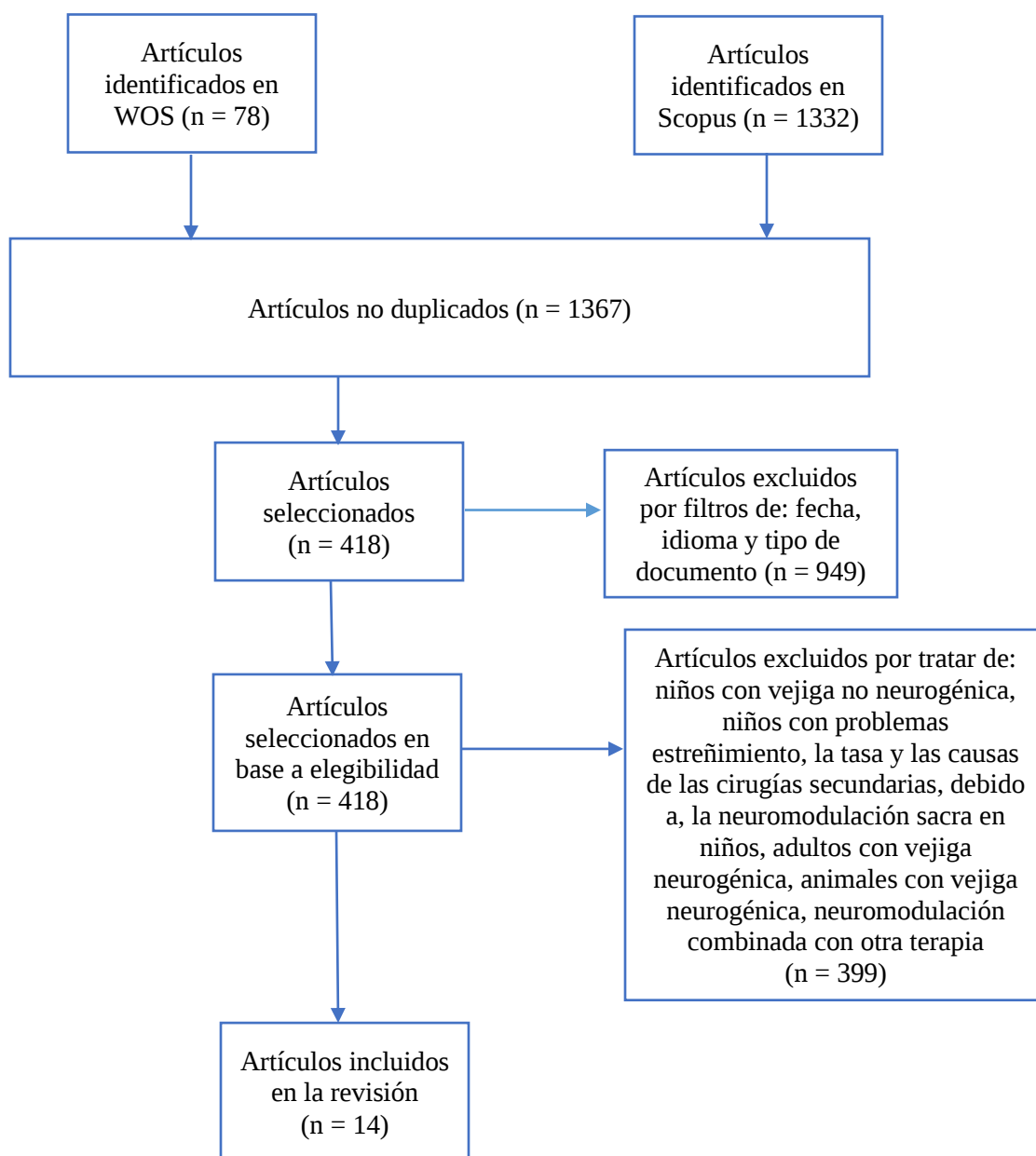


Figura 1: Diagrama de flujo PRISMA de la selección de artículos para la revisión sistemática.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ARTÍCULOS

Contexto				Características de la población				Características técnicas				
Autor	Año	País	Técnica de neuromodulación	Edad (años)	Tipo de vejiga neurogénica	Enfermedad asociada	Cantidad de población estudiada	Frecuencia [Hz]	Corriente [mA]	Duración del impulso [mseg]	Voltaje (V)	Sesiones
Jeff L. y col. [15]	2000	EEUU	Estimulación eléctrica intravesical	1-17	Espástica	Mielomeningocele, agenesia sacra, malformación espinal, regresión caudal y disfunción miccional	44	50-75	1-6	2 a 4	-	27 a 110 (90 minutos)
Abdol-Mohammad K. y col [16]	2009	Irán	Neuromodulación transcutánea	3-16	Espástica	Mielomeningocele	20	1-20	20<	0,25	-	54 (20 minutos)
Maria Luisa C. y col [17]	2009	Italia	Estimulación del nervio tibial posterior	5-18	Espástica y flácida	Difrasismo espinal oculto	7	20	0-9	200	-	144 (30 minutos)

Luitzen-Albert G. y col [18]	2012	Bélgica	Neuromodulación Sacra	9-17	Espástica	Mielomeningocele, atresia anal, síndrome de Guillain-Barré	5	-	-	-	-	-
Kathiussa D. y col [7]	2019	Brasil	Neuromodulación transcutánea	5-15	Espástica	Mielomeningocele	26	10	20	0,2	-	-
Gunilla G. y col[19]	2003	Suecia	Estimulación eléctrica intravesical	4-18	Flácida	Leucemia linfática aguda, hernia de disco lumbar, mielitis, mielomeningocele, neurofibromatosis, hemorragia intraespinal sacra, lipoma intraespinal sacro y otros	20	20-25	12-60	0,2-0,7	-	17-114 (20 minutos)
Guys J. y col[20]	2004	Francia	Neuromodulación Sacra	5-21	Espástica	Espina bífida, agnesia sacra parcial, traumatismo, tumor, parálisis cerebral neonatal y síndrome urofacial.	21	10-20	-	210	1-9	-

Hagerty, J. y col [21]	2007	EEUU	Estimulación eléctrica intravesical	0-19	Espástica	Mielomeningocele, tumor medular / hemorragia/ infarto tumor espinal/ hemorragia/ infarto, mielitis transversa, medula espinal anclada, agenesia sacra, otros y etiología desconocida	372	-	-	-		15-20 (con repetición después de 3 meses)
Haddad M. y col [22]	2010	Francia	Neuromodulación sacra		Espástica	Espina bífida, agenesia sacra, otros, malformaciones congénitas y urinarias	30	10-20	-	210	-	-
Abdol-Mohammad K. y col [23]	2010	Irán	Neuromodulación transcutánea	3-11	Espástica	Mielomeningocele	12	40	<65	0,25	-	45 (15 minutos)
Choi, E. y col [24]	2013	Corea del Sur	Estimulación eléctrica intravesical	Media 2.75	Espástica y flácida	Mielomeningocele y lipomeningomielocle	88	22	<40	0,2	-	10> (60 minutos, con repetición cada 3 meses)
Abdol-Mohammad K. y col [25]	2014	Irán	Neuromodulación transcutánea	3-13	Espástica	Mielomeningocele	30	40	20-65	0,25		15 (15 minutos)

Xu, Z. y col [26]	2017	China	Neuromodulación Sacral	15-17	Flácida y espástica	Lesión vértebra lumbar, parálisis cerebral y medula espinal anclada, lesión torácica vertebral	3	15-30	-	-	2	18 meses de seguimiento
Farzaneh S.[27]	2019	Alemania	Neuromodulación sacra	10-18	Espástica	Mielomeningocele, agenesia sacra parcial, medula espinal incompleta y espina bífida	8	-	-	-	-	3-36 meses de seguimiento

Tabla 2: Características de los artículos seleccionados.

4.3. EFICACIA DE NEUROMODULACIÓN SACRA

Autor	Características de los pacientes	Resultados	Complicaciones
Luitzen- Albert G. y col [18]	-	Fallo, sin respuestas, disminución >90% y disminución parcial	Infección por cable.
Guys J. y col[20]	Incontinencia urinaria que requiere el uso de compresas; duración de la continencia menor o igual a 90 minutos, volumen residual posmiccional superior al 50% de la capacidad funcional de la vejiga, distensibilidad de la vejiga inferior a 15, régimen de presión intravesical o umbral de presión de fuga superior a 40 cm H ₂ O e hiperactividad de la vejiga con picos de presión superiores a 40 cm H ₂ O (al menos 2 de estas condiciones); sin infección urinaria en el momento del estudio.	Capacidad funcional de la vejiga: 154.3 ± 96.5 a 205.6 ± 142.2 Presión del punto de fuga: 68.3 ± 40.4 a 72.6 ± 36.6. Compliance: 11.5 ± 9.3 a 15.1 ± 10.5	En 3 casos se requirió cirugía de revisión debido a migración del cable, conexión defectuosa e infección en la herida.
Haddad M. y col [22]	Se incluyeron niños o adolescentes bajo vigilancia	Diferencia de valores al inicio y al final de cada período terapéutico (parámetros	En 4 casos ocurrió infección y en 2 casos ocurrió migración de

	por incontinencia fecal y / o urinaria si presentaban al menos 2 de las siguientes condiciones: duración de la continencia 90 minutos o menos, volumen residual posmiccional superior al 50% de la capacidad funcional de la vejiga, distensibilidad de la vejiga menos de 15 e hiperactividad de la vejiga con picos de presiones superiores a 40 cmH₂O.	urodinámicos). Presión del punto de fuga: -5.42 ± 32.64 a 7.33 ± 20.90 capacidad de la vejiga cistométrica: -37.45 ± 77.85 a 24.27 ± 84.18. Hiperactividad: -0.36 ± 24.82 a 1.00 ± 17.75 Presión del esfínter: -5.50 ± 46.36 a 1.04 ± 12.54. Compliance: -5.30 ± 16.56 a 1.04 ± 12.54. Capacidad total de la vejiga: -20.04 ± 94.30 a 23.38 ± 98.71.	electrodos, en el cual se requirió una intervención quirúrgica para retirar el dispositivo o reposicionar el electrodo. No hay consecuencias perjudiciales a largo plazo.
Xu, Z. y col [26]		Parámetros urodinámicos paciente 1: Producción de orina: 130 ml a 230 ml. Veces de micción diaria: 13 a 8. Volumen de orina residual: 120 ml a 20 ml. Caudal máximo: 7 a 13 ml/s. Presión sistólica del detrusor: 25 a 40 cm H₂O.	No hay reacciones adversas.
		Parámetros urodinámicos paciente 2: Producción de orina: 60 ml a 120 ml. Veces de micción diaria: 20 a 11. Volumen de orina residual: 360 ml a 40 ml. Caudal máximo: 5 a 14 ml/s. Presión sistólica del detrusor: 11 a 20 cm H₂O	
		Parámetros urodinámicos paciente 3: Producción de orina: 90 ml a 210 ml. Veces de micción diaria: 14 a 6. Volumen de orina residual: 210 ml a 10 ml. Caudal máximo: 6 a 9 ml/s. Presión sistólica del detrusor: 30 a 40	

		cm H ₂ O.	
Farzaneh S.[27]	Tener al menos dos de las siguientes condiciones: volumen residual posmiccional superior al 50% de la capacidad funcional de la vejiga, incapacidad para orinar y dependencia en CIC, 90 min o menos de duración de la continencia (dependiendo de las almohadillas absorbentes), (3) sobreactividad del detrusor con picos de presión de más de 40 cmH ₂ O, (4) Compliance menos de 15 ml / cmH ₂ O, (5) función intacta de los nervios sacros (presencia de reflejo bulbocavernoso o sensación en los dermatomas de las raíces S3 o S4).	Parámetros urodinámicos La cantidad media de pérdida de orina de 24 h disminuyó de 484 g antes de la cirugía a 78 g después de la cirugía (P =0,043). La orina residual disminuyó de 190 ± 90 mL a 45 ± 30 mL (P =0,049). Compliance: 12 ± 4 a 20 ± 3 mL/cm H₂O. Capacidad cistométrica máxima: 250 ± 90 a 330 ± 90 mL. Hiperactividad del detrusor: 20 ±5 a 8 ±1. Un caso de mielomeningocele adquirió la capacidad de sentir las sensaciones de la vejiga por primera vez en su vida. Dejó de usar las almohadillas absorbentes y decidió someterse a la implantación de IPG en un procedimiento por etapas.	Desviación del cable de púas e infección del sitio de la bolsa del IPG (en 2 casos MMC), se puede atribuir al efecto del crecimiento esquelético y más movimiento físico a esta edad. Paciente con mielomeningocele dejó de responder al tratamiento 3 meses después de la cirugía.

Tabla 3: Eficacia de la neuromodulación sacra en los parámetros urodinámicos.

4.4. EFICACIA DE ESTIMULACIÓN INTRAVESICAL

Autor	Criterios de selección del paciente	Resultados	Complicaciones
Jeff L. y col. [15]	Pacientes en los que había fallado el cateterismo intermitente y la medicación anticolinérgica	Ninguno pudo orinar activamente con control cognitivo. 7 pacientes de 44 lograron continencia pero se observa que al inicio del tratamiento ya tenían vejigas más grandes	No hubo complicaciones
Gunilla G. y	Resistentes a tratamientos	Se ofreció como una alternativa al cateterismo intermitente	Corriente ocasional y no

col[19]	tradicionales como el régimen de evacuación de la vejiga entrenamiento en el piso pélvico, diferentes técnicas de biorretroalimentación, todo sin efectos duraderos.	limpio (CIC). El tratamiento IVES fue completado por 15/20 niños. 8 niños obtuvieron una micción normalizada durante el tratamiento y 2 obtuvieron mejoras. 5 niños no obtuvieron mejoras. Hubo una disminución significativa en el volumen residual y un aumento paralelo en el volumen miccional. La mediana del volumen residual disminuyó de 75 ml (rango 6 -419 ml) antes del tratamiento a 22 ml (rango 0 - 338 ml; $P < 0,0001$) a los 6 meses de seguimiento. El volumen evacuado aumentó de 80 ml (rango 0 - 625 ml) a 220 ml (rango 30 ^ 636 ml; $P < 0,0001$). Los efectos se mantuvieron estables hasta dos años. la frecuencia de infecciones del tracto urinario disminuyó. El flujo urinario promedio (volumen dividido con el tiempo total de micción) fue de 3 ml / s antes, 11,9 ml / s a los 6 meses. 5 niños informaron sensación de llenado de la vejiga. 11 niños pudieron interrumpir el cateterismo (catéter intermitente).	intencionada que se propagó a los nervios de las extremidades, lo que provocó temblores en las piernas durante la estimulación. picazón / irritación debajo del ánodo en la piel abdominal. La mayoría de los niños con disfunción neurológica tuvieron que continuar con muchas sesiones en casa, con el IVES administrado por ellos mismos o por los padres.
Hagerty, J. y col [21]	Solo los pacientes con datos de seguimiento disponibles se incluyeron en la evaluación.	Se observó una mejora en la capacidad de la vejiga, definida como un aumento del 20% o más de la capacidad previa al tratamiento, en 76,9% de los pacientes (286 de 372). En este subconjunto de pacientes, la presión de almacenamiento de la vejiga a su capacidad fue normal (menos de 40 cm de agua) en el 74,4% (213 de 286). Del 17,2% de los pacientes (64 de 372) que no presentaron cambios en la capacidad de la vejiga 81,21% (52 de 64) tuvieron presiones normales de almacenamiento en la vejiga después del tratamiento. Un 5,6% adicional de los pacientes (21 de 372) tuvo una disminución en la capacidad de la vejiga y el 23,8% (5 de 21) tuvo un aumento de la presión de la vejiga. La sensación de la vejiga se desarrolló y se mantuvo en el 61,6% de los pacientes (229 de 372). La sensación se desarrolló en el 33,6% de los pacientes en la primera serie, en el 14,0% en la segunda serie y en aproximadamente el 10% en cada serie posterior. La edad fue similar en los pacientes que tenían y no tenían sensación (6,25 y 5,25 años,	No menciona si hubo complicaciones.

		respectivamente). En muchos pacientes, los regímenes de CIC aumentaron porque los pacientes ahora se cateterizaban por sensación en lugar de por el reloj.	
Choi, E. y col [24]	Niños con espina bífida a la cual se le hizo un estudio de sus parámetros urodinámicos antes del tratamiento.	Después de la terapia con IVES solo 12 obtuvieron distensibilidad normal del detrusor (11 tenían lipomeningomielocele y 10 tenía detrusor espástico). En el grupo que mostró hiperactividad del detrusor, la capacidad de la vejiga aumentó significativamente en aquellos pacientes que recibieron IVES por primera vez antes de los 18 meses de edad (norte Z 29, pag Z 0.019), pero disminuyó significativamente en aquellos que recibieron IVES por primera vez después de los 18 meses de edad (norte Z 31, pag Z 0,027). La disinergia detrusor-esfínter se resolvió en el 55,6% de los niños después de IVES. La sensación de vejiga se desarrolló y mantuvo en el 80,9% de los pacientes. 8 de 48 niños con CIC lograron micción voluntaria sin CIC y de estos 8, 4 lograron continencia urinaria. Un total de El 47,9% (23 de 48) mostró una mejoría en la enuresis entre CIC, y los pacientes restantes no experimentaron ningún cambio (14 de 48) o una agravación de la enuresis (3 de 48). Cateterizando por sensación en lugar de por el reloj.	No menciona si hubo complicaciones.

Tabla 4: Eficacia de la neuromodulación intravesical en los parámetros urodinámicos.

4.5. EFICACIA NEUROMODULACIÓN TRANSCUTÁNEA

Autor	Criterios de selección del paciente	Resultados	Complicaciones
Abdol-Mohammad K. y col [16]	Solo niños con MMC	Después de 6 meses Parámetros urodinámicos: Presión máxima media del detrusor (cm H ₂ O): 97.2 ± 40.3 a 82.5 ± 40.3 . Capacidad máxima de la vejiga (ml): 209.6 ± 73.2 a 222.9 ± 88.5 . Compliance media del detrusor (ml/cm H ₂ O): 9.7 ± 5.8 a 9.4 ± 6.5 .	No menciona complicaciones.

		Residuo posmiccional (mL): 113.1 ± 79.2 a 48.8 ± 41.5. Disinergia detrusor-esfínter (No.): 18/19 a 8/19. Parámetros de diario miccional Continente (No pacientes): 0/19 a 9/19. Frecuencia (veces / semana): 8.4 ± 3.3 a 7.8 ± 3.1. Enuresis (noches / semana): 5 ± 2.5 a 4.6 ± 1.1.	
Kathiussa D. y col [7]	Niños con mielomeningocele (MMC) y con diagnóstico urodinámico de hiperactividad neurogénica del detrusor (NDO) o distensibilidad vesical baja.	Parámetros urodinámicos La presión vesical máxima media sin TENS: $61,70 \pm 22,04$ cm H₂O. En el segundo estudio con TENS, la presión vesical máxima media fue: $54,45 \pm 19,79$ cm H₂O. Presión del punto de fuga (cmH₂O): 52.55 ± 21.71 a $53,12 \pm 19,20$. Capacidad máxima de la vejiga mL: $238,4 \pm 123,25$ a $236,7 \pm 133,19$. Capacidad máxima /esperada de la vejiga: $0,750 \pm 0,334$ a $0,732 \pm 0,361$. Volumen de vejiga infundido hasta la primera fuga mL: $213,5 \pm 132,79$ a $223,4 \pm 137,54$. Volumen a la primera contracción involuntaria (mL): $46,08 \pm 46,26$ a $34,75 \pm 34,96$. Presión del detrusor en contracción voluntaria (cm H₂O): $18,02 \pm 5,74$ a $17,74 \pm 4,97$. Volumen residual posmiccional (mL): $222,1 \pm 127,16$ a $215,9 \pm 142,17$. Compliance de la vejiga: $5.38 \pm 3,44$ a $4.84 \pm 3,27$.	No menciona complicaciones.
Abdol-Mohammad K. y col [23]	Niños con MMC, mayores de 3 años e incontinencia urinaria moderada a severa con respuesta insatisfactoria al tratamiento convencional (requiriendo CIC cada 3 a 4 horas y uso de compresas)	Parámetros urodinámicos Presión del punto de fuga del detrusor (cm H₂O): 11/12 mejoró, 1/12 quedó igual. Capacidad máxima de la vejiga: 9/12 mejora, 3/12 queda igual. Parámetros miccionales Puntuación de incontinencia: 2/12 reduce a 0, 5/12 reduce a 1, 2/12 reduce a 2 y 3/12 quedan iguales. Frecuencia de cambio de almohadillas (horas/días): 10/12 redujo el cambio, 2/12 quedó igual.	No menciona complicaciones

		Enuresis (noche/débil): 4/12 mejoró y 8/12 quedó igual.	
Abdol-Mohammad K. y col [25]	Solo niños con MMC	15 niños del grupo de tratamiento se volvieron totalmente seco entre dos CIC consecutivos y 3 niños mejoraron la puntuación de incontinencia diaria de 3 a 1.2 de 15 niños del grupo de tratamiento no lograron ninguna mejora en la puntuación de incontinencia diaria. La frecuencia de cambio de toallas sanitarias se redujo de $(5.2 \pm 1,6$ veces / día antes de la terapia IVES a $(2,4 \pm 1,4$ veces / día) después de la terapia. La presión del punto de fuga del detrusor: $32 \pm 10,7$ cmH₂O antes del tratamiento a $55,6 \pm 24,9$ cmH₂O. La enuresis se redujo de 4.1 ± 25 a 2.7 ± 0.9	No hubo complicaciones.

Tabla 5: Eficacia de la neuromodulación tr en los parámetros urodinámicos.

4.6. EFICACIA ESTIMULACIÓN DEL NERVIIO TIBIAL POSTERIOR

Autor	Criterios de selección del paciente	Resultados	Complicaciones
Maria Luisa C. y col [17]	No responden al tratamiento convencional como: anticolinérgicos o bloqueadores, técnicas conductuales, entrenamiento de la vejiga, ejercicios de relajación del suelo pélvico con o sin biorretroalimentación y quimioprofilaxis.	Solo 1/7 de pacientes con LUTD presenta mejoras.	No se presentaron complicaciones.

Tabla 3: Eficacia de la estimulación del nervio tibial posterior en los parámetros urodinámicos.

5. DISCUSIÓN

En base a los resultados aquí obtenidos se puede observar que las técnicas de neuromodulación mejoran todos los parámetros urinarios. Se observa que, no existen diferencias entre niños y niñas al aplicar cualquier técnica de neuromodulación. Los pacientes de estudio de los artículos tienen distintas enfermedades asociadas que provocan vejiga neurogénica, lo cual es una fuente de incertidumbre para saber si la neuromodulación actúa de la misma forma en todas esas patologías. Además de lo anterior, hubo niños que presentaron sensación de llenado de la vejiga, lo cual es positivo para que los niños sepan cuando ir a orinar o si no pueden orinar por sí mismo, sepan en qué momento utilizar el catéter para vaciar su vejiga. Otro caso relevante es el de niños que estaban “secos” entre los CIC. Otro punto bastante interesante es que algunos niños tratados con neuromodulación intravesical de los artículos de Gunilla G. y col [19] y Choi, E. y col [24] lograron miccionar de forma voluntaria por un periodo, lo cual provocó que interrumpieran el CIC. Quizás aumentar el periodo de tratamiento podrá provocar que los pacientes no utilicen más CIC. Los otros estudios de neuromodulación intravesical puede que no hayan tenido los mismos resultados debido a que no ocuparon los mismos parámetros de estimulación.

Entonces, existe una limitación en lo que respecta a los parámetros de estimulación que se utilizaron en la neuromodulación, debido a que se observa que los valores establecidos son distintos en todos los estudios. Esto puede ser a causa de que no hay parámetros determinados para mejorar los síntomas de la vejiga neurogénica. En consecuencia, el médico según su criterio indicará los valores de frecuencia, intensidad y duración del impulso que utilizará en el paciente.

Una de las principales limitaciones de esta investigación es que hay pocos estudios sobre la neuromodulación en niños con vejiga neurogénica, ya que la mayoría de la documentación que hay en las bases de datos es de niños sin vejiga neurogénica o de adultos. Esto dificulta evaluar la eficacia de esta terapia debido a que hay pocos estudios para cada tipo de neuromodulación. Por ejemplo, en el caso de la estimulación del nervio tibial posterior solo está el artículo de Maria Luisa C. y col [17] lo cual no se puede comparar los resultados. Otra limitación para observar la eficacia es que los artículos de Luitzen-Albert G. y col [18], Jeff L. y col. [15], Hagerty, J. y col [21], Choi, E. y col [24], Abdol-Mohammad K. y col [25] y Maria Luisa C. y col [17] no cuantifican los parámetros urodinámicos, solo realizan un porcentaje de la cantidad de pacientes que mejoraron esos parámetros, por lo cual quedan dudas de cuánto mejoraron esos parámetros.

Con respecto a las complicaciones más graves que se presentaron, estas están asociadas a la neuromodulación sacra, en la cual tuvieron que retirar el dispositivo a causa de infecciones y migración por cable. Según el artículo de Farzaneh S. [27] este evento adverso ocurre debido al efecto del crecimiento esquelético y los movimientos físicos frecuentes en un paciente de esta edad.

Esta revisión permite observar la eficacia de la neuromodulación pero se recomienda seguir investigando debido a los resultados prometedores en algunos pacientes. Esto debe incentivar a la comunidad científica a seguir investigando este tema para llegar, incluso, a terminar con el CIC en estos pacientes.

6. CONCLUSIÓN

Los resultados mostrados anteriormente indica que hay mejoras en los parámetros urinarios en la mayoría de los pacientes que no les funciona la terapia convencional. Sin embargo en este grupo son pocos los pacientes que quedaron con parámetros urinarios normales. Esto sugiere que el tratamiento de neuromodulación sacra, intravesical y transcutánea es eficiente en mejorar los parámetros urodinámicos, pero esta técnica, al menos con los parámetros de modulación usados en estas investigaciones, no permiten alcanzar una condición urinaria normal.

Existe una evidente falta de estudios para que validen esta técnica en niños con vejiga neurogénica. En efecto se pudo observar que en un periodo de 22 años solo hay 14 estudios, lo cual es insuficiente para saber si esta terapia puede eliminar en su totalidad la vejiga neurogénica en niños.

Por consiguiente, se debe seguir investigando y realizando estas técnicas para definir los parámetros de estimulación, tiempo de tratamiento y características de los pacientes adecuados para poder controlar completamente la vejiga neurogénica en niños y mejorar su calidad de vida.

7. REFERENCIAS

- [1]Neurogenic Bladder in Children. (s. f.). Stanford Children's Health. <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=neurogenic-bladder-in-children-90-P06193>
- [2]Shenot, P. J. (2020). *Vejiga neurogénica*. Manual MSD versión para profesionales. <https://www.merckmanuals.com/es-us/hogar/trastornos-renales-y-del-tracto-urinario/trastornos-de-la-micci%C3%B3n/vejiga-neur%C3%B3gena>
- [3] Edgar Vinicio Gavilanes Pilcos .M.D (2015). Calidad de vida en pacientes postquirúrgicos de vejiga neurógena en el Hospital pediátrico Baca Ortiz. Pontificia universidad católica, Ecuador.
- [4]Krames. (s. f.). *Si su hijo tiene una vejiga neurogénica*. Krames Patient Education. <https://dhch.kramesonline.com/spanish/HealthSheets/3,S,40104>
- [5]Quirón, U. (2019, 25 octubre). *ESTIMULACIÓN NERVIOSA O NEUROMODULACIÓN*. USC urólogos. <https://urologosquiron.com/estimulacion-nerviosa-o-neuromodulacion/>
- [6]Joussain, C., & Denys, P. (2015). Electrical management of neurogenic lower urinary tract disorders. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 58(4), 245–250. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2015.07.005>
- [7]Dombek, K., Costa Monteiro, L. M., Fontes, J. M., & Ramos, E. G. (2019). Immediate effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on urodynamic parameters of children with myelomeningocele. *Neurourology and Urodynamics*, 38(8), 2351–2358. <https://doi.org/10.1002/nau.24155>
- [8]Vasavada, S. P., Goldman, H. B., & Rackley, R. R. (2007). Neuromodulation techniques: A comparison of available and new therapies. *Current Urology Reports*, 8(6), 455–460. <https://doi.org/10.1007/s11934-007-0048-y>
- [9] P. B. Prieto, «Medico plus,» [En línea]. Available: <https://medicoplus.com/nefrologia/partes-vejiga>. [Último acceso: 2 Junio 2021].
- [10] G. L. Garrido, «Filadd,» [En línea]. Available: <https://filadd.com/doc/neuroanatomia-urinaria-baja-pdf-urologia>. [Último acceso: 2021 Junio 2021].
- [11]T. Winslow, «National Cancer institute,» 2 marzo 2019. [En línea]. Available: <https://visualsonline.cancer.gov/details.cfm?imageid=12230>. [Último acceso: 2 Junio 2021].
- [12]J. F. Tresguerres, *Fisiología Humana*, España: McGRAW-HILL INTERAMERICANA , 2005.

- [13] E. Martínez, J. Burgues y J. Alapont, «Vejiga neurógena. Conceptos básicos,» Madrid, 2000.
- [14] V. Manríquez, S. C. S, J. Lecannelier, M. Naser, R. Guzmán, V. R. S y M. Abedrapo, «Scielo,» 2010. [En línea]. Available: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-75262010000100010&script=sci_arttext&tlng=en. [Último acceso: 2 Junio 2021].
- [15] J. L. Pugach, L. Salvin, and G. F. Steinhardt, "Intravesical electrostimulation in pediatric patients with spinal cord defects," *Journal of Urology*, vol. 164, no. 3 II, pp. 965-968, 2000, doi: 10.1016/s0022-5347(05)67227-8.
- [16] A. M. Kajbafzadeh, L. Sharifi-Rad, N. Baradaran, and F. Nejat, "Effect of Pelvic Floor Interferential Electrostimulation on Urodynamic Parameters and Incontinency of Children With Myelomeningocele and Detrusor Overactivity," *Urology*, vol. 74, no. 2, pp. 324-329, 2009, doi: 10.1016/j.urology.2008.12.085.
- [17] M. L. Capitanucci, D. Calmanni, F. Demelas, G. Mosiello, A. Zaccara, and M. De Gennaro, "Long-Term Efficacy of Percutaneous Tibial Nerve Stimulation for Different Types of Lower Urinary Tract Dysfunction in Children," *Journal of Urology*, vol. 182, no. 4, pp. 2056-2061, Oct 2009, doi: 10.1016/j.juro.2009.03.007.
- [18] L. A. Groen et al., "Sacral neuromodulation with an implantable pulse generator in children with lower urinary tract symptoms: 15-year experience," *Journal of Urology*, vol. 188, no. 4, pp. 1313-1318, 2012, doi: 10.1016/j.juro.2012.06.039.
- [19] G. Gladh, S. Mattsson, and S. Lindström, "Intravesical electrical stimulation in the treatment of micturition dysfunction in children," *Neurourology and Urodynamics*, vol. 22, no. 3, pp. 233-242, 2003, doi: 10.1002/nau.10078.
- [20] J. M. Guys, M. Haddad, D. Planche, M. Torre, C. Louis-Borrione, and J. Breaud, "Sacral neuromodulation for neurogenic bladder dysfunction in children," *Journal of Urology*, vol. 172, no. 4, pp. 1673-1676, Oct 2004, doi: 10.1097/01.ju.0000138527.98969.b0.
- [21] J. A. Hagerty, I. Richards, and W. E. Kaplan, "Intravesical Electrotherapy for Neurogenic Bladder Dysfunction: A 22-Year Experience," *Journal of Urology*, vol. 178, no. 4 SUPPLEMENT, pp. 1680-1683, 2007, doi: 10.1016/j.juro.2007.03.188.
- [22] M. Haddad et al., "Sacral neuromodulation in children with urinary and fecal incontinence: A multicenter, open label, randomized, crossover study," *Journal of Urology*, vol. 184, no. 2, pp. 696-701, 2010, doi: 10.1016/j.juro.2010.03.054.
- [23] M. Haddad et al., "Sacral neuromodulation in children with urinary and fecal incontinence: A multicenter, open label, randomized, crossover study," *Journal of Urology*, vol. 184, no. 2, pp. 696-701, 2010, doi: 10.1016/j.juro.2010.03.054.
- [24] E. K. Choi, C. H. Hong, M. J. Kim, Y. J. Im, H. J. Jung, and S. W. Han, "Effects of intravesical electrical stimulation therapy on urodynamic patterns for children with spina bifida: A 10-year experience," *Journal of Pediatric Urology*, vol. 9, no. 6 PART A, pp. 798-803, 2013, doi:

10.1016/j.jpuro.2012.10.019.

[25] A. M. Kajbafzadeh, L. Sharifi-Rad, S. S. Ladi Seyedian, and A. Masoumi, "Functional electrical stimulation for management of urinary incontinence in children with myelomeningocele: A randomized trial," *Pediatric Surgery International*, vol. 30, no. 6, pp. 663-668, 2014, doi: 10.1007/s00383-014-3503-0.

[26] Z. Xu, Y. Zhang, and E. Li, "Efficacy analysis of sacral neuromodulation in treating juvenile neurogenic chronic urinary retention," *Kuwait Medical Journal*, vol. 49, no. 4, pp. 354-360, 2017.

[27] F. Sharifiaghdas, "Sacral neuromodulation in congenital lumbo-sacral and traumatic spinal cord defects with neurogenic lower urinary tract symptoms: a single-center experience in children and adolescents," *World Journal of Urology*, vol. 37, no. 12, pp. 2775-2783, 2019, doi: 10.1007/s00345-019-02721-x.

[28] NeuroTrac TENS, «NeuroTrac,» [En línea]. Available: <http://www.tiendaneurotrac.com/manuales/tens.pdf>. [Último acceso: 2 Junio 2021].

[19] Fisiosite, «Fisiosite,» [En línea]. Available: <https://www.fisiosite.com/blog/fisioterapia/fisioterapia-neurológica/neuromodulación-del-nervio-tibial-posterior-en-la-vejiga-hiperactiva/#:~:text=LA%20NEUROMODULACI%C3%93N%20COMO%20TRATAMIENTO%20EN,funci%C3%B3n%20motora%20y%20sensitiva%20deficiente>. [Último acceso: 2021 junio 2].

[30] Sociedad Dominicana de Urología, «EAU,» [En línea]. Available: <https://patients.uroweb.org/es/incontinencia-urinaria/opciones-de-tratamiento-para-la-incontinencia-urinaria/segunda-linea-de-tratamiento-para-la-uui/>. [Último acceso: 2 junio 2021].

[31] Ministerio de salud. (12 de abril de 2019). *ANMAT*. Recuperado el 23 de junio de 2021, de http://www.anmat.gov.ar/boletin_anmat/Abril_2016/Dispo_3726-16.pdf

[32] Medronic. (2006). *Uhms*. Recuperado el 23 de junio de 2021, de https://www.uhms.org/images/MEDFAQs/May-2017/External_unit_3037.pdf

[33] Medronic. (marzo de 2009). *Bfarm*. Recuperado el 2021 de junio de 23, de <https://www.bfarm.de/SharedDocs/Kundeninfos/EN/01/2009/00844-09>