

Tema 3

Anatomía y fisiología de la continencia urinaria

FRANCISCO JOSÉ DELGADO OLIVA; LUIS GÓMEZ PÉREZ; EDUARDO MARTÍNEZ AGULLÓ

**Servicio de Urología.
Hospital “La Fe”. Valencia**

Generalidades

En un sujeto sano la micción se produce cuando la vejiga de la orina ha alcanzado su capacidad fisiológica y el lugar y momento son socialmente adecuados. La continencia es el resultado de la perfecta función y coordinación de la vejiga y la uretra durante la fase de llenado vesical, dependiendo de la integridad de estas estructuras y la de las vísceras y centros nerviosos responsables de su actividad⁽¹⁾. Micción y continencia son tiempos sucesivos de la dinámica miccional, en la que tanto la vejiga como la uretra realizan funciones duales armónicamente contrapuestas y complementarias. Así, durante la fase de llenado vesical la orina es acumulada y almacenada en la vejiga, que se comporta como un órgano no muscular acomodándose a su contenido gracias a su tono, manteniendo una actitud pasiva. Durante esta fase, el cuello vesical y el mecanismo esfinteriano uretral están activados proporcionando con ello al sujeto la continencia, liberándole durante unas horas del vertido de la orina al exterior. Cuando la vejiga ha alcanzado su límite de capacidad de replección, por estar constituida en su mayor parte por músculo liso llamado detrusor, se contrae y vacía su contenido al exterior a través del cuello vesical y la uretra (Figura 1).

Micción y continencia son el resultado de la magnitud de dos fuerzas coordinadas y contrapuestas, la presión intravesical y la presión intrauretral. Las estructuras que generan estas fuerzas son detrusor, trígono, cuello vesical, esfínter estriado y músculo liso de la uretra.

El control voluntario de la micción se lleva a cabo mediante mecanismos neurourológicos de gran complejidad y aún no bien conocidos, lo cual explica que el instinto de la micción suponga gran elaboración mental por parte del sujeto y su control aparezca tardíamente.

Durante el primer año de vida la vejiga evacúa su contenido mediante el arco reflejo parasimpático medular, sin que intervenga el control cortical. El cuello vesical y el esfínter estriado actúan si-

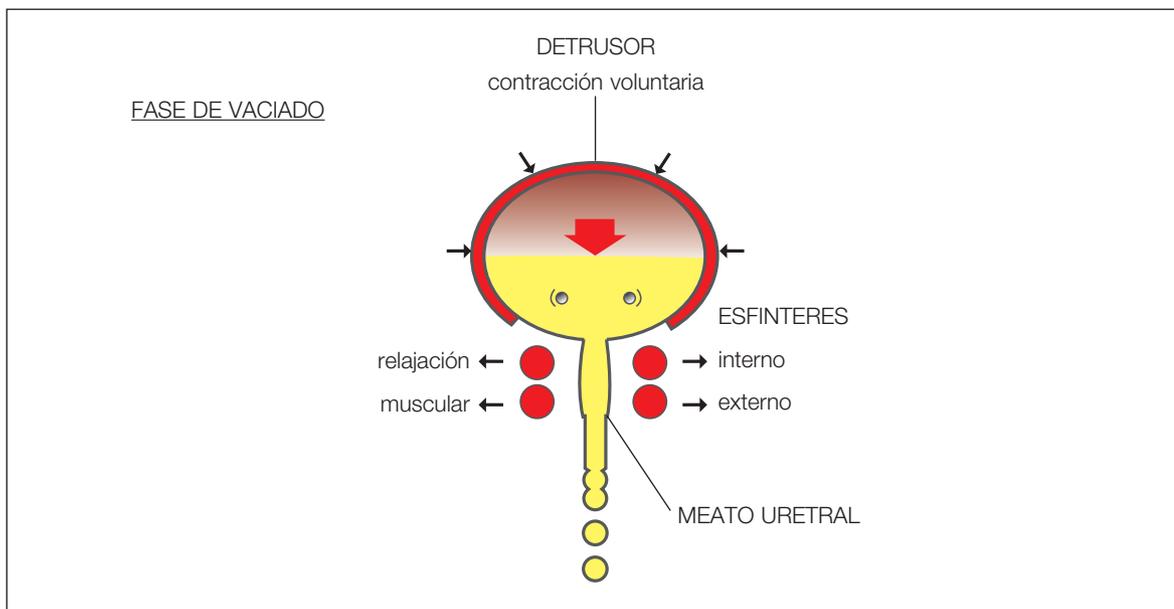


Figura 1

nérgicamente con el detrusor a través de circuitos de interrelación de los núcleos medulares simpático, parasimpático y somático, los cuales ejercen, respectivamente, el control del cuello vesical, detrusor y esfínter estriado. La vejiga durante este período es demasiado pequeña para ser un reservorio útil y el número de micciones diarias suele ser alrededor de 20; además, la micción se desencadena no sólo por llegar al límite de su capacidad fisiológica, sino también por cualquier estímulo externo sensorial capaz de producir la contracción refleja del detrusor y la relajación del cuello vesical y el esfínter estriado⁽²⁾.

A partir del primer año se producirá una disminución lineal del número de micciones en relación con la edad. Entre los 3 y 5 años el niño llega a controlar voluntariamente sus esfínteres y el arco reflejo parasimpático sacro, pudiendo iniciar, interrumpir e inhibir la micción con cualquier grado de replección vesical y mantener la continencia durante el sueño.

Anatomía del aparato urinario inferior

Vejiga, base y trígono

La vejiga es un órgano muscular hueco y su función principal es la de reservorio. Es un órgano distensible en el que se acumula la orina como un depósito, variando su capacidad entre 350 y 500 ml. Cuando está vacía, la vejiga se halla situada por detrás de la sínfisis del pubis y es princi-

palmente un órgano pélvico; cuando está llena, se eleva por encima de la sínfisis pubiana y puede ser fácilmente palpada.

La vejiga vacía presenta un vértice superior, una cara superior, dos caras inferolaterales, una base o cara posterior y un cuello. Sus relaciones anatómicas son las siguientes: por arriba con el peritoneo y el útero en la mujer, y con asas intestinales en el hombre; su base se relaciona con el recto en ambos sexos y con la próstata en el hombre y la vagina en la mujer; por los lados con el hueso pubiano y con los músculos elevador del ano y obturador interno. El cuello de la vejiga se continúa con la uretra.

El interior de la vejiga está recubierto por un epitelio de transición de varias capas de espesor. La musculatura vesical está organizada en haces musculares lisos de relativo grosor, ampliamente separados y sin formar láminas. Estos haces se entrecruzan al azar y no poseen una orientación definida circular o longitudinal. En el cuerpo adquieren esta morfología plexiforme y en la parte más inferior de la vejiga, la más cercana a la uretra (cuello y base vesical), las fibras se disponen en tres capas: longitudinal interna, circular media y longitudinal externa. La disposición exacta y su continuación con la uretra se encuentra debatida y existen diversas teorías según los distintos autores. Al músculo vesical se le denomina detrusor.

Los uréteres penetran en la vejiga por su parte posteroinferior de manera oblicua y delimitan junto a la uretra una porción triangular de la vejiga denominada trígono, que es embriológicamente distinto del detrusor y está situado en la vertiente uretral de la cara posterior de la vejiga. Está constituido por el músculo trigonal y la mucosa que lo recubre (epitelio transicional). Para una correcta embudización del cuello vesical, es preciso que la contracción del trígono preceda a la del detrusor, consiguiéndose por un lado cerrar la porción terminal del uréter evitándose el reflujo vesico-ureteral, y por otro lado deprimir la porción posterior del cuello vesical para la canalización de la orina.

A nivel de la base de la vejiga y formando parte de la estructura muscular de la uretra, se encuentra una zona importantísima para la continencia, el esfínter interno, responsable del cierre del cuello vesical en los momentos en los que la vejiga ejerce su función de almacenamiento.

Uretra

La uretra es un tubo músculo-elástico que actúa como vehículo para la orina desde la vejiga al exterior. Anatómicamente existe una diferencia importante entre las uretras del hombre y de la mujer.

En el hombre su longitud oscila entre 14 y 18 cm y se pueden distinguir distintas partes: una porción anclada al cuello vesical dividida en uretra prostática y membranosa que atraviesa la

aponeurosis de los músculos del periné, dirigiéndose hacia abajo y adelante, y una segunda porción móvil que recorre el interior del cuerpo esponjoso del pene subdividida en uretra bulbar y peneana.

En la mujer su longitud es más corta, oscilando entre 3 y 6 cm. Comienza en el cuello vesical y se dirige paralelamente al eje del cuerpo hasta terminar en el meato uretral.

Desde el punto de vista estructural se encuentra formada por tres capas: una mucosa con un epitelio transicional idéntico al de la vejiga, una submucosa formada por tejido conectivo rico en fibras elásticas, y una muscular constituida por una capa longitudinal interna y una circular externa.

Rodeando el tercio medio de la uretra se encuentra un acúmulo de fibras estriadas que se insertan en el tejido colágeno uretral y en la capa muscular circular. Estas fibras proceden de la musculatura del diafragma uro-genital, fundamentalmente del elevador del ano, y constituyen el llamado esfínter externo o estriado. Aunque es una estructura orgánica en la que no existe una unanimidad total en su descripción, funcionalmente tiene gran importancia en la continencia. Su acción es consciente y voluntaria cerrando la luz uretral por completo cuando se contrae. Evita que la orina se escape cuando se abre el cuello vesical en un momento socialmente inoportuno y permite cortar voluntariamente el chorro de orina durante la micción.

Fisiología del llenado y el vaciado vesical

Comportamiento del detrusor

La orina se acumula en la vejiga, gracias a que el detrusor se comporta como un órgano no muscular, debido probablemente a procesos metabólicos que se dan en el mismo y que le permiten poder mantener esta actitud pasiva de esfera viscoelástica. En la fase de llenado vesical la vejiga se acomoda por el tono del detrusor al paulatino y continuo aumento de la orina que llega a través de los uréteres. La diuresis depende de factores individuales como son los hábitos de ingesta de líquido, el ritmo respiratorio, actividad física... y de factores ambientales como la temperatura y el grado de humedad. Igualmente la capacidad vesical varía según los individuos, considerándose normal entre 350 y 500 ml.

Las fibras musculares lisas, fusiformes, presentan en su interior los filamentos que les proporcionan su cualidad contráctil: gruesos de miosina y delgados de actina, tropomiosina y caldesmón. Al unirse los filamentos en los cuerpos densos de las células se generan puntos de anclaje para el acortamiento celular. El citoesqueleto celular mantiene la forma de la célula y distribuye las fuerzas.

El músculo liso se contrae por despolarización de su membrana. El potencial de acción se incrementa cuando los iones de calcio penetran en la fibra muscular procedentes del líquido extracelular, generándose entonces una contracción, y decrece por la inactivación de la penetración del calcio y la salida de potasio. Si los potenciales de acción se producen de forma sucesiva de tal manera que se inicia uno antes de la finalización del anterior, se irá acumulando calcio en la célula resultando así la sucesión de pulsos musculares individuales que dan lugar al tono muscular.

El detrusor es un músculo con un 70% de elementos elásticos (fibras musculares) y un 30% de elementos viscosos (fibras colágenas). Las fibras musculares, como elementos elásticos, tienen la característica de, al ser distendidas, regresar a su situación inicial cuando cesa la fuerza a la que estaban sometidas. Las fibras de colágena actúan, por el contrario, como elementos viscosos, retrasando su deformación cuando se las somete a una tensión (Figura 2).

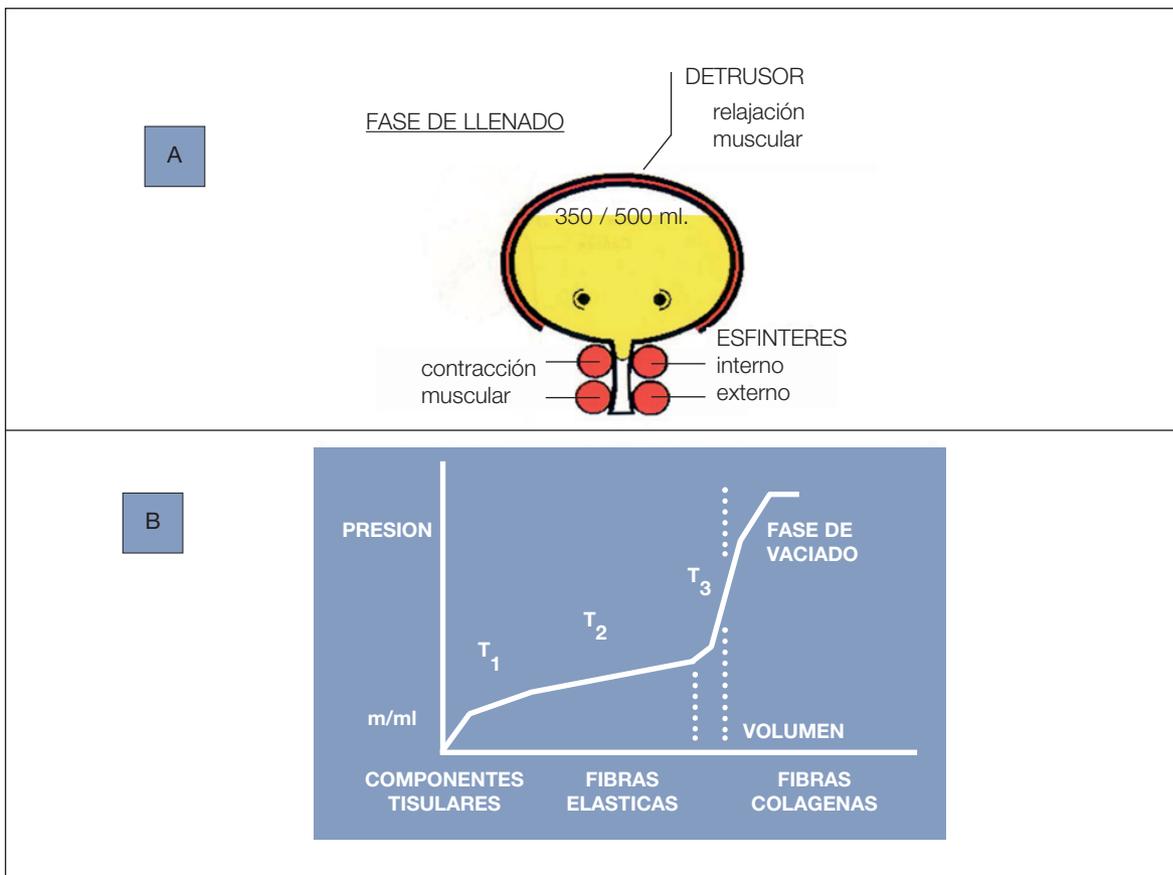


Figura 2: A) LA ACOMODACIÓN: Depende del tono muscular, es miogénico en exclusiva. Tono muscular: en relación directa con las fibras viscoelásticas (70%) y colágenas (30%). B) GRACIAS AL TONO: La vejiga se comporta durante el llenado como una esfera viscoelástica, de conducta pasiva y sin general ningún tipo de fuga.

Durante la fase de llenado, el tono del detrusor se adapta, gracias a su elasticidad, al sucesivo incremento de contenido sin apenas modificarse, manteniendo una discreta tensión de fibras elásticas como resistencia al estiramiento, hasta que se alcanza un límite, momento en que entran en juego los elementos tisulares viscosos. Transcurren normalmente varias horas en cada fase de llenado durante las cuales las fibras musculares lisas, gracias al tono, mantienen una tensión contráctil sin que se agote. Si el tono fuese elevado, la resistencia al estiramiento sería también elevada y, como resultado de todo ello, la presión intravesical aumentaría excesivamente, con pequeños incrementos de volumen. El tono vesical manifiesta el mantenimiento de una tensión casi constante, a pesar de solicitaciones variables.

El tono muscular es una propiedad intrínseca del músculo liso, no dependiente del sistema nervioso. Todos los estudios sugieren que el sistema nervioso ejerce sólo el control de la micción, sin actuar sobre el tono, que no parece estar sujeto a influencias neurológicas supraespinales, espinales ni ganglionares. Por todo ello el tono vesical no será neurogénico sino miogénico y refleja exclusivamente el estado de la pared vesical (Figura 2).

En la fase de vaciado el detrusor posee la característica de vaciar completamente su contenido, gracias a la contractilidad de los elementos que constituyen su pared. La facultad de contraerse depende de la integridad de las vías y centros nerviosos que regulan esta actividad, a diferencia de la facultad de acomodación, que como ya se ha dicho es independiente del sistema nervioso. El detrusor, al estar constituido por músculo liso multiunitario, no presenta contracciones espontáneas, su control es fundamentalmente nervioso (Figura 1).

El detrusor está inervado por el sistema nervioso parasimpático y por el simpático, teniendo preponderancia este último en el trigono, y aquel en el resto. Durante la fase de llenado vesical, en la coordinación simpático-parasimpático, hay un predominio del primero y una inhibición del segundo, produciéndose la estimulación de los receptores beta-adrenérgicos del cuerpo vesical, y la de los alfa-adrenérgicos de la base vesical y la uretra. Al contrario, en la fase de vaciado, el predominio es del parasimpático, que a través de estímulos colinérgicos produce la contracción del detrusor; al mismo tiempo acontece la inhibición del simpático, que causa la apertura del cuello y la uretra⁽³⁻⁶⁾.

Hay que tener en cuenta la presencia de un tercer "invitado" que se integra a la coordinación del sistema nervioso vegetativo: las fibras cortico-espinales que, a través del nervio pudendo, llegan al esfínter externo de la uretra y el suelo pélvico.

El detrusor se contrae cuando los elementos de colágeno alcanzan el límite fisiológico de estiramiento, iniciándose el arco reflejo de la micción. La contractilidad está, pues, en relación con la capacidad vesical de un individuo concreto.

Comportamiento de la uretra

La uretra tiene una doble función, la del control del vaciado y la de su conducción. El estudio de las presiones en la región de salida nos traducirá de una forma directa su situación y comportamiento.

En el individuo normal, la presión intravesical durante la fase de llenado permanece generalmente en unos valores próximos a 10 cm de agua, aunque ésta se incrementa con los aumentos de la presión abdominal, la cual incide en mayor medida con la vejiga llena. Un líquido fluye desde el área de mayor presión a la de menor presión, por lo que la orina no fluirá a la uretra si en ésta la presión es superior a la de la vejiga, asegurándonos así la continencia durante la fase de llenado. La diferencia de presión entre la uretra y la vejiga recibe el nombre de presión uretral de cierre. Con el llenado vesical, se produce un gradual y progresivo incremento de presión en el cuello vesical, acompañado de una fuerte elevación de presión en la zona del esfínter externo.

El perfil de presión uretral, que se obtiene en un individuo normal conforme va retirándose un catéter introducido en la vejiga, muestra un ligero aumento de presión al pasar por la uretra posterior, cerca del cuello vesical, correspondiendo a la zona del esfínter liso. A continuación observamos un aumento progresivo de la presión uretral, siendo máxima en la uretra membranosa en los varones, y a 1-2 cm de la unión uretrovesical en las mujeres, alcanzándose unas presiones que oscilan entre 60 y 116 cm. de agua y que corresponde a la zona del esfínter estriado. Al sobrepasar este punto hay una caída de presión coincidiendo con la salida del medio de infusión hacia el meato uretral.

En los individuos normales, durante el llenado vesical, la presión intrauretral permanece más alta que la intravesical. La compresión abdominal produce un aumento poco significativo de presión en la uretra proximal, y ninguno en la distal. La integridad del esfínter externo es objetivada por las medidas de presión. Si el reflejo bulbocavernoso es positivo, causará una elevación de la presión sirviéndonos para valorar la eficacia del esfínter externo.

Si suponemos que en reposo el cuello de la vejiga está cerrado, la presión uretral de cierre y la del cuello vesical son superiores a 0. Este mecanismo es la primera línea de defensa uretral, de manera que un incremento de presión abdominal se transmitirá de forma paralela a la vejiga y al cuello vesical. Si se produce un nuevo aumento de presión entrarán los mismos mecanismo en juego, y la presión en el cuello vesical seguirá siendo mayor a la intravesical. En este último caso se observa además que la presión de cierre en el cuello vesical es incluso mayor a la de la zona del esfínter estriado, ya que en ésta el incremento de presión debido a la transmisión abdominal es muy bajo.

Este mecanismo falla cuando la transmisión de presión al cuello vesical es inferior al 100%, o si el cuello vesical queda abierto con la vejiga en reposo. En ambos casos, la orina de la vejiga está en libre comunicación con la parte de la uretra donde no ha habido transmisión de la presión abdominal. En los hombres el cuello vesical está fuertemente desarrollado, y el mecanismo de cierre es generalmente efectivo, sólo raramente se ve por fluoroscopia que la tos abra el cuello vesical. En las mujeres es más débil, siendo frecuente evidenciar radiológicamente el fallo de su mecanismo, produciéndose en estos casos la incontinencia urinaria de esfuerzo genuina. Normalmente en estas pacientes el cuello está ligeramente abierto con la vejiga en reposo.

Los mecanismos del cuello vesical son extremadamente sensibles a los cambios funcionales de la presión del detrusor. La presión uretral de cierre puede ser baja, y si la presión del detrusor aumenta, se podrá presentar incontinencia. Esto se ve frecuentemente en mujeres incontinentes que tienen vejigas inestables.

Si el cuello vesical es inefectivo, no necesariamente habrá incontinencia, ya que existe un mecanismo de defensa de segunda línea: el esfínter estriado o externo, reforzado por la contracción de los músculos periuretrales (esfínter periuretral). Si se eleva la presión abdominal, también lo hace la presión en la zona de continencia uretral, aunque esta transmisión decrece a nivel del esfínter estriado. La transmisión de la presión abdominal a esta zona puede ser parcialmente neuromuscular en origen, más que puramente mecánica. Si se eleva la presión abdominal, pero la presión uretral de cierre funciona al 100%, no se produce incontinencia. De hecho, la transmisión está frecuentemente por debajo del 100%, pero si la presión uretral de cierre está inicialmente alta, se necesitará una elevación mantenida de la presión abdominal para que se produzca goteo a través de la zona de continencia.

Cuando la presión de cierre se halla por debajo de cero, no existe punto en la uretra donde la presión sea superior a la que se observa en la vejiga y, en consecuencia, la orina fluye al exterior. Esto ocurre durante la fase de vaciado vesical, cuando el cuello vesical se embudiza y el esfínter externo se relaja. Al final del vaciado, el músculo detrusor se relaja y la presión intravesical decae; simultáneamente hay una rápida subida de la presión intrauretral siendo esta elevación mucho más marcada en el esfínter externo.

La caída de presión intrauretral que se registra pocos segundos antes de la contracción del detrusor y del vaciado vesical, se debe claramente a la relajación de la musculatura pélvica, incluido el esfínter externo. El esfínter externo uretral se relaja breves segundos antes de producirse la contracción del detrusor y se activa de nuevo una vez que ésta ha concluido. Todo este mecanismo está controlado por los circuitos de relación de los centros medulares de la micción simpático, parasimpático y somático, bajo el control del núcleo pontino de la formación reticular del mesencéfalo.

Control neurológico de la micción

Todos los sistemas del organismo y sus unidades individuales deben funcionar como un todo. El Sistema Nervioso es el factor más importante en la integración del funcionamiento ordenado del organismo. Actúa como un sistema de comunicaciones cuyo “ordenador central” recibe los estímulos externos e internos enviando las respuestas apropiadas a ellos a través de los órganos y aparatos que gobierna.

El control nervioso del binomio vejiga-uretra es responsable de su correcta actividad incluida su coordinación ⁽⁷⁻¹⁰⁾.

El sistema nervioso es el responsable de todos los movimientos del cuerpo humano, tanto los conscientes (la marcha, el salto, la escritura, etc.), como los no conscientes (las contracciones del corazón, la vesícula biliar, el intestino, etc.). El sistema nervioso que regula los movimientos conscientes es el voluntario, y recibe el nombre de Sistema Nervioso Central; a él pertenece el nervio pudendo que además de inervar el esfínter externo de la uretra, inerva el esfínter anal. Gracias al nervio pudendo podemos cortar el chorro de la orina al contraer el esfínter externo de la uretra, o evitar que se escapen gases y heces al cerrar el esfínter anal.

El sistema nervioso responsable de la dinámica no consciente de los sistemas respiratorio, circulatorio, digestivo y urinario, recibe el nombre de Sistema Nervioso Vegetativo o Autónomo. A través de él funcionan todas nuestras vísceras, de forma regular, sin que tengamos conocimiento de ello. El Sistema Nervioso Vegetativo se divide a su vez en los Sistemas Simpático y Parasimpático, con acciones contrapuestas en apariencia, pero en realidad coordinadas y sincrónicas. Al Sistema Nervioso Parasimpático pertenece el nervio erector o pélvico, que inerva el detrusor. El Sistema Nervioso Simpático es el responsable de la inervación del trigono y el cuello vesical (esfínter interno) a través del nervio hipogástrico (Figura 3).

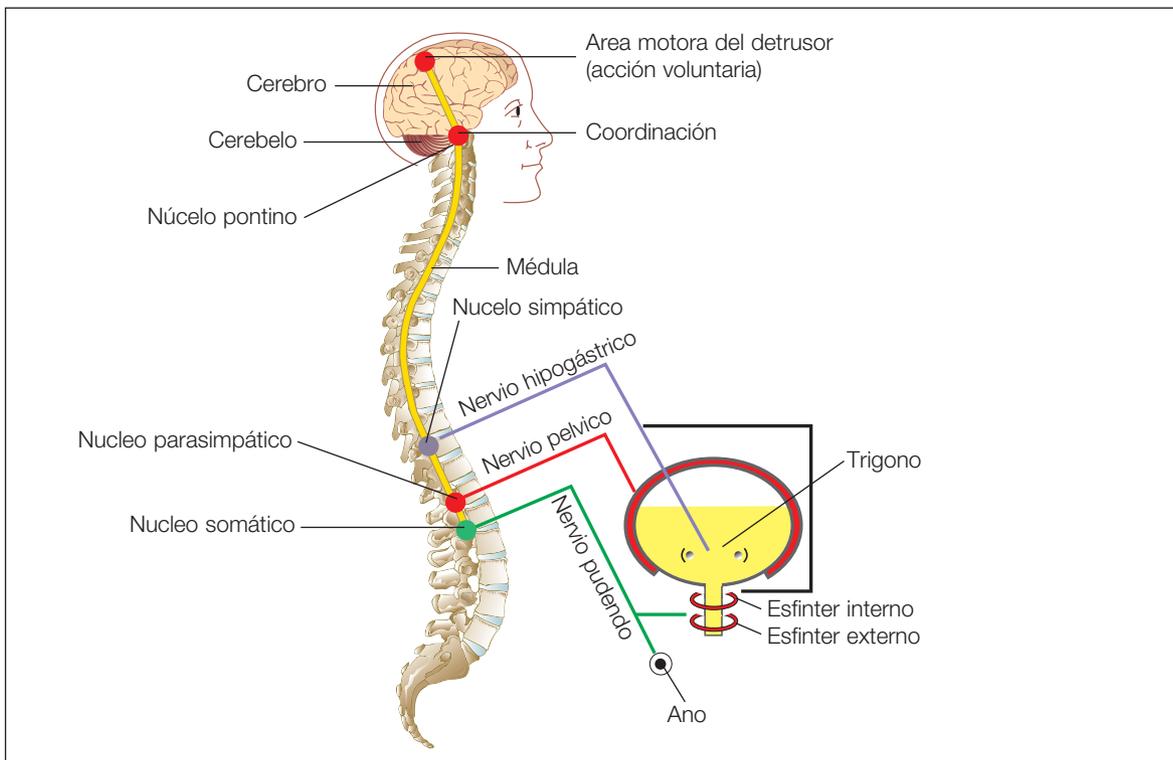


Figura 3

La médula espinal está situada dentro del canal vertebral y recubierta por las meninges (Figura 4). Entre las meninges y la médula está el líquido cefalorraquídeo para protegerla. Si cortamos la médula transversalmente, vemos una imagen en forma de mariposa, cuyas alas se denominan astas. Por las astas posteriores entran los estímulos que procedentes del organismo entran a la médula para informar a su núcleo nervioso responsable. Del núcleo saldrá la orden motora por las astas anteriores para dirigirse a la estructura orgánica sobre la que actúe. Así, cuando la vejiga está llena, se estimulan los receptores sensitivos que transmiten el mensaje por el nervio pélvico hasta la médula, penetrando en la misma por las astas posteriores y estimulando el núcleo correspondiente. Este núcleo enviará la orden motora que saldrá por el asta anterior y viajará por el nervio pélvico produciendo al llegar a la vejiga el vaciado de la misma por la contracción del detrusor (Figura 3).

La base de toda la dinámica orgánica se basa en este mecanismo reflejo de estímulo-respuesta, transportado por los nervios y controlado por los núcleos nerviosos, localizados a diferente nivel medular (metámeras). El esquema sería el expuesto en la Tabla 1.

Tabla 1

ESTÍMULO → RECEPTOR → VÍA AFERENTE → NÚCLEO →
→ VÍA EFERENTE → NEUROEFECTORES → RESPUESTA

Vamos a ver primero cuáles son las vías y núcleos que en el caso de la micción vehiculizan estos reflejos, y luego describiremos cómo funcionan y como se coordinan.

Receptores y vías aferentes periféricas

En la vejiga encontramos receptores propioceptivos de tensión y de contracción situados en las fibras de colágeno y distribuidos por todo el detrusor, siendo especialmente abundantes en el trígono. Existen además receptores exteroceptivos (táctiles, dolorosos y térmicos) ubicados en el urotelio y la submucosa. Ambos tipos de sensibilidad son conducidos por los nervios pélvicos a la médula sacra, excepción hecha de la sensibilidad procedente del trígono, meatos ureterales y cuello vesical, conducida por los nervios hipogástricos hacia la médula toraco-lumbar.

Asimismo, ambos tipos de receptores se encuentran en uretra posterior, y su estimulación será también vehiculada por los nervios pélvicos e hipogástricos. Finalmente, en la uretra distal, la sensibilidad es dirigida hacia la médula sacra por los nervios pudendos, junto con la sensibilidad propioceptiva de los músculos esqueléticos del suelo pélvico.

Centros medulares (Figura 3)

- Centro simpático (astas intermedio-laterales Th₁₀-Th₁₁-Th₁₂-L₁): llegan las aferencias sensitivas de los nervios hipogástricos.
- Centro parasimpático (astas intermedio-laterales S₂-S₃-S₄): recibe aferencias sensitivas ipsi y contralaterales, tanto de los nervios pélvicos, como de los nervios pudendos.
- Centro motor pudendo (astas anteriores S₃-S₄): recibe aferencias ipsi y contralaterales pudendas y pélvicas.

Existen conexiones recíprocas y bilaterales entre los centros sacros parasimpático y pudendo, que les permite coordinarse durante la micción. Asimismo, por el fascículo medular propio y mediante conexiones intersegmentarias, se relaciona el centro parasimpático sacro del detrusor con el centro simpático toraco-lumbar, generalmente inhibiendo a este último (Figura 4).

Vías eferentes periféricas

Las eferencias motoras somáticas salen por las raíces anteriores S₃ y S₄ (núcleo pudendo) y son conducidas por los nervios pudendos hasta el esfínter estriado uretral, esfínter anal y musculatura del suelo de la pelvis. El correcto funcionamiento de esta vía asegura la continencia al cerrar la uretra y el ano (Figura 5).

Las eferencias simpáticas abandonan la médula por sus raíces anteriores, atraviesan los ganglios simpáticos paravertebrales sin establecer sinapsis, y se incorporan al nervio pre-sacro, que a ni-

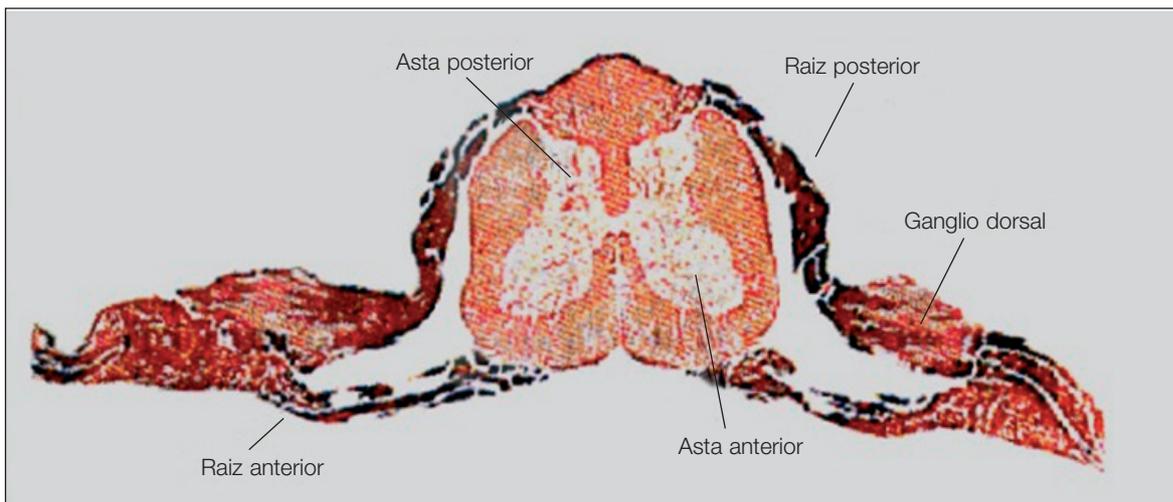


Figura 4

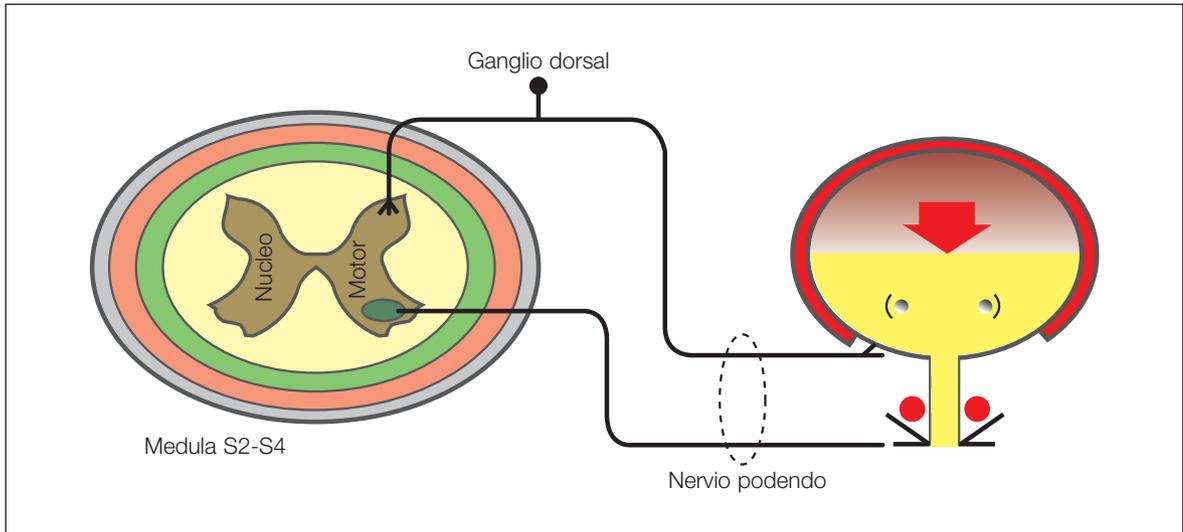


Figura 5

vel de la primera vértebra sacra se bifurca en dos nervios hipogástricos. Estos terminan formando los plexos del mismo nombre, situados a ambos lados de la vejiga y por delante del recto, que contienen los ganglios donde se realiza la sinapsis con las neuronas post-gangliónicas. Sus axones eferentes se dirigirán a la vejiga y uretra proximal atravesando los ganglios pélvicos parasimpáticos y dando colaterales a las neuronas ganglionares parasimpáticas (Figura 6). El correcto funcionamiento de esta vía simpática asegura la continencia al mantener el cuello vesical cerrado durante el llenado de la vejiga.

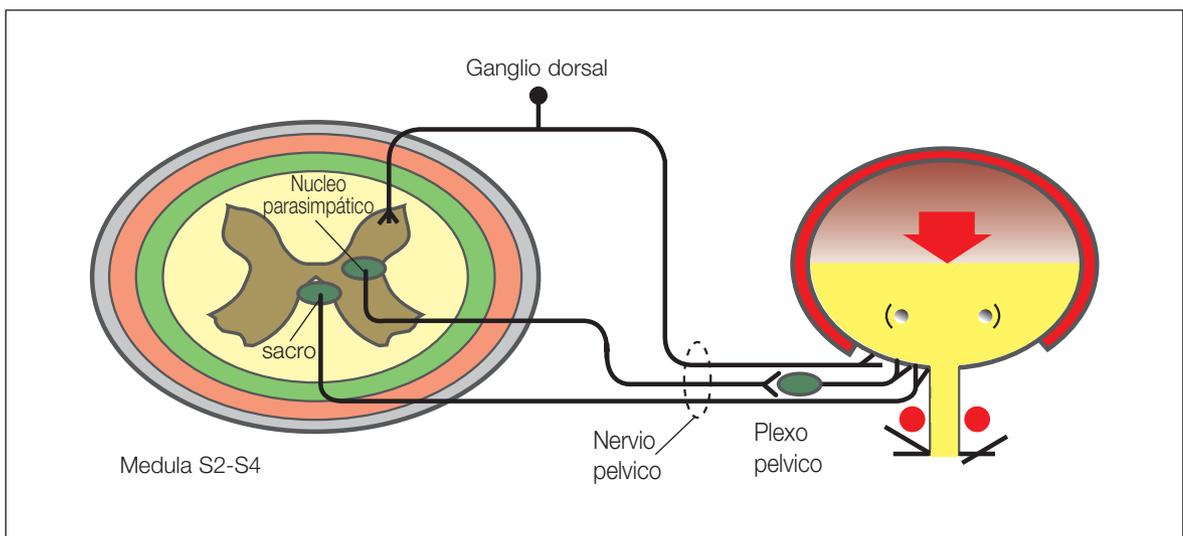


Figura 6

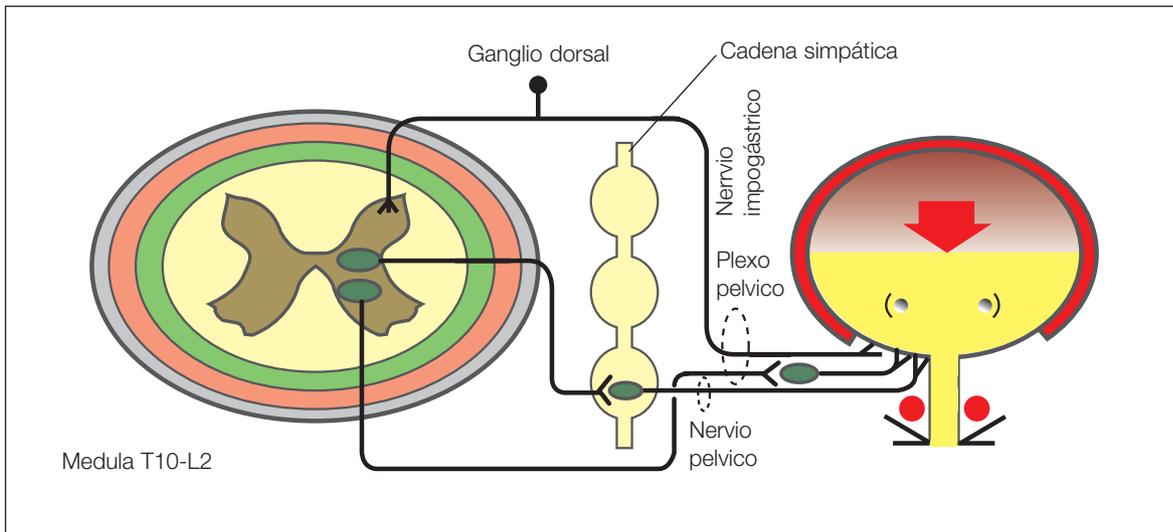


Figura 7

Las eferencias parasimpáticas abandonan la médula también por sus raíces anteriores, viajando por los nervios pélvicos o erectores hacia los plexos hipogástricos a los que atraviesan dejando algunas colaterales que establecen conexiones con las neuronas simpáticas. La mayor parte atravesarán estos plexos para terminar alcanzando los ganglios pélvicos que se encuentran en la pared vesical (Figura 7), sinaptando con neuronas post-gangliónicas de carácter multipolar que ejercen su efecto sobre la vejiga y la uretra proximal. El buen funcionamiento de la vía parasimpática asegura el vaciado vesical al producir la contracción del detrusor.

Neuroefectores

En el detrusor, encontramos neuroefectores tanto del sistema parasimpático como del simpático (Figura 10). Los neuroefectores parasimpáticos serán colinérgicos del tipo muscarínico, distribuyéndose ampliamente por todo el detrusor, a excepción del trígono. Distribución similar tienen los neuroefectores beta-adrenérgicos, salvo en trígono y cuello vesical donde se encuentran casi de forma exclusiva los alfa-adrenérgicos.

La estimulación de los receptores muscarínicos provoca la contracción del detrusor, mientras que la de los beta-adrenérgicos su relajación (Figura 8). A su vez, los alfa-adrenérgicos contraerán el trígono y cerrarán el cuello vesical (esfínter interno). El esfínter externo, como cualquier músculo estriado de control voluntario, tiene receptores colinérgicos cuya estimulación produce contracción.

En el músculo liso uretral están presentes los tres tipos de neuroefectores: los muscarínicos son menos numerosos proporcionalmente que en el detrusor, sin embargo los alfa y los beta-adre-

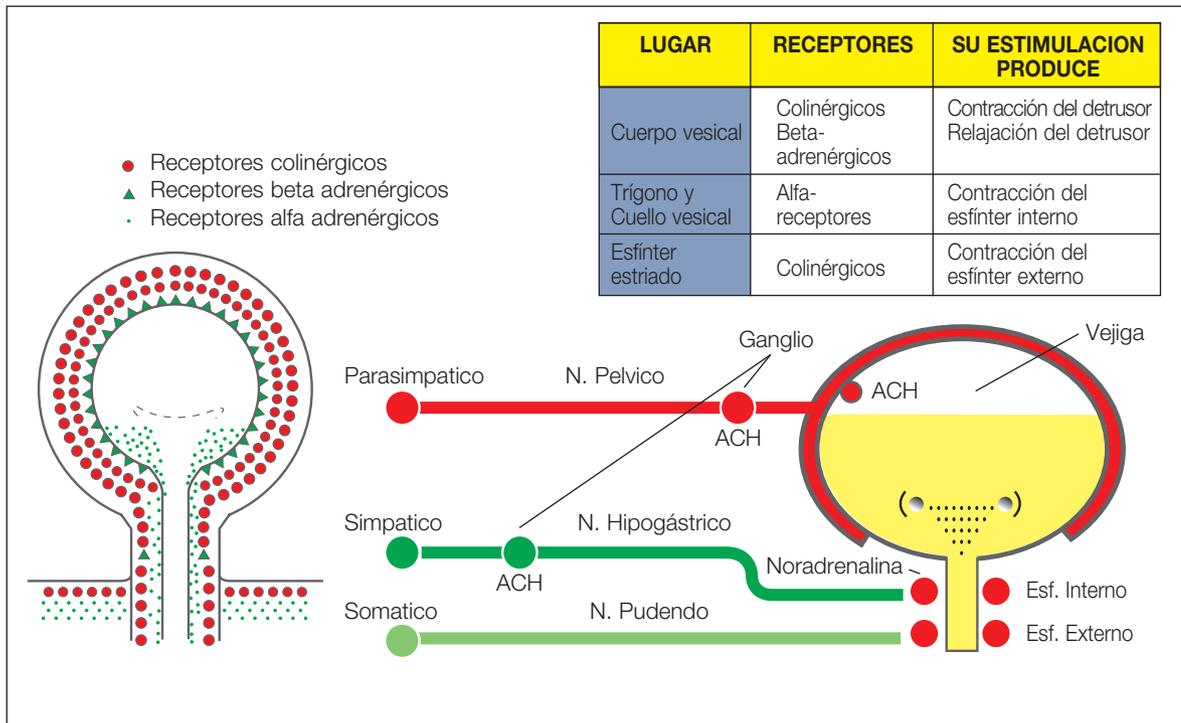


Figura 8

nérgicos son muy abundantes. El estímulo de los neuroefectores alfa produce la contracción del músculo liso uretral y el de los beta su relajación.

Arcos reflejos medulares que intervienen en la micción

Una vez conocidas las estructuras que intervienen en la dinámica miccional y cuáles son los núcleos y los nervios que la controlan, necesitamos saber cuáles son los mecanismos reflejos que las regulan. Existen 3 reflejos en la micción, que controlan cada una de las siguientes estructuras:

- El detrusor:** Gracias a sus fibras elásticas, el detrusor se acomoda durante la fase de llenado al incremento progresivo de la orina en la vejiga sin que exista un aumento significativo de la presión, motivo por el cual el sujeto no nota ninguna sensación. Cuando se alcanza la capacidad fisiológica de distensión, la sensación de replección vesical (deseo miccional) viaja por las vías sensitivas del nervio erector o pélvico hasta las metámeras S₂-S₃-S₄ de la médula, penetra por las astas posteriores, y se dirige al núcleo parasimpático donde el estímulo produce una respuesta motora que, saliendo por las astas anteriores, es vehiculada por el nervio pélvico hasta la vejiga para contraer el detrusor durante la fase de vaciado⁽⁶⁾.

- **El cuello vesical (esfínter interno):** Se abre simultáneamente a la contracción del detrusor, al inhibirse el centro simpático (Th_{10} - Th_{11} - Th_{12} - L_1), que vehiculiza sus eferencias a través del nervio hipogástrico.
- **El esfínter estriado de la uretra (esfínter externo):** A diferencia del detrusor y del esfínter interno, cuyas fibras musculares son lisas, el esfínter externo de la uretra es de músculo estriado y está controlado por el Sistema Nervioso Central a través del núcleo y nervio pudendo. Cuando se introduce una pequeña cantidad de orina en la uretra posterior, las fibras sensitivas del nervio pudendo informan a su núcleo situado en el asta anterior, del que saldrán las órdenes de contracción del esfínter para evitar el escape de orina no deseado. La actividad del esfínter externo es refleja y/o voluntaria.

Coordinación de los arcos reflejos y modulación por centros superiores

Para que la micción en cualquiera de sus dos fases, la de llenado y la de vaciado sea posible, es preciso que los tres reflejos medulares se coordinen entre sí.

1. Núcleo simpático → nervio hipogástrico à esfínter interno.
2. Núcleo parasimpático → nervio pélvico à detrusor.
3. Núcleo pudendo à nervio pudendo à esfínter externo.

La coordinación va a impedir que los núcleos medulares de la micción actúen como centros independientes. Si esto ocurriera, se produciría la contracción del detrusor estando los esfínteres cerrados, impidiendo la micción durante la fase de vaciado o, por el contrario, se podrían relajar éstos durante la fase de llenado sin que hubiera contracción del detrusor, produciendo incontinencia. Para que exista esta coordinación es preciso que todas las estructuras nerviosas responsables de la dinámica miccional estén integradas.

Durante la fase de llenado vesical, en la coordinación simpático-parasimpática existe un predominio del primero y una inhibición del segundo, produciéndose una estimulación de los receptores beta-adrenérgicos del cuerpo vesical y de los alfa-adrenérgicos del cuello. De esta manera el cuello y el esfínter permanecerán cerrados para evitar la salida de orina por la uretra. Cuando la vejiga ha alcanzado su capacidad, antes de que se contraiga el detrusor por predominio parasimpático, se relaja el esfínter externo de forma voluntaria y el cuello se abre por inhibición del simpático simultánea a la contracción del detrusor. La coordinación de los núcleos medulares la realiza un centro superior denominado Núcleo Pontino, auténtico núcleo de la micción (Figura 3).

La micción es un acto voluntario y consciente que se realiza cuando el lugar y momento son apropiados. Esta adecuación social se consigue gracias al control que ejercen los centros superiores del encéfalo sobre el núcleo pontino de la micción.

El núcleo pontino informa a la corteza cerebral del llenado vesical y la necesidad de micción se controla por inhibición del reflejo miccional hasta que el acto miccional se pueda realizar socialmente. Así, cuando las circunstancias sociales lo impiden, ante el deseo de orinar, nosotros podemos voluntariamente, debido al control cerebral consciente, impedir que el detrusor se contraiga, no permitiendo que se produzca el reflejo de la micción. Esto se consigue por órdenes cerebrales que llegan al núcleo pontino, el cual neutraliza a los núcleos medulares (Figura 9 y Tabla 2).

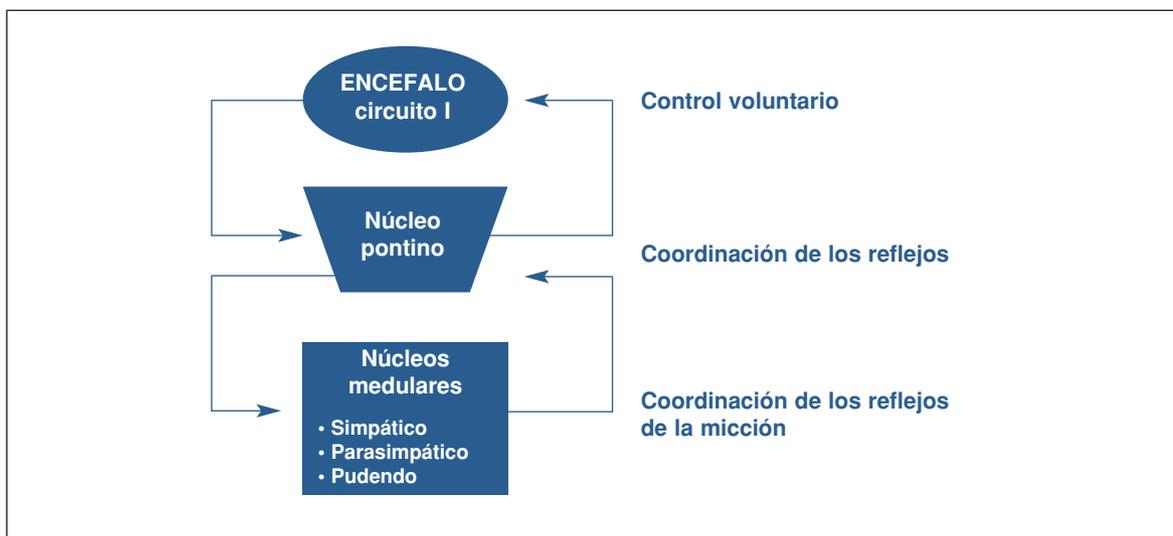


Figura 9

Tabla 2. Coordinación de la micción (control voluntario)

Sistema	Cuerpos vertebrales	Metámeras	Nervios	Órganos
SIMPÁTICO	Dorsal 7	Th ₁₀ -L ₂	Hipogástrico	- Cuello vesical - Uretra proximal
PARASIMPÁTICO	Dorsal 12 Lumbar 1	S ₂ -S ₃ -S ₄	Erector pélvico	Detrusor
SOMÁTICO	Dorsal 12 Lumbar 1	S ₃ -S ₄	Pudendo	Esfínter externo

La “continencia” es por lo dicho la capacidad de un sujeto para retener la micción hasta el momento en que pueda vaciar su vejiga en el lugar adecuado.

Circuitos neurológicos miccionales

Partiendo del conjunto de vías y centros nerviosos descritos. Involucrados en la regulación de la micción, podemos considerara siguiendo a Bradley^(2-4, 8) una serie de circuitos con una clara vigencia clínica y cuya indemnidad o alteración son decisivos en la valoración neurológica de la disfunción vésico-esfinteriana.

Circuito I

Exclusivamente encefálico. Está constituido por las vías que relacionan, entre sí, el córtex detrusoriano y el núcleo motor del detrusor de la formación reticular, con la adición de las proyecciones límbicas y las estaciones talámicas y gangliobasales (Figura 10 y Tabla 3).

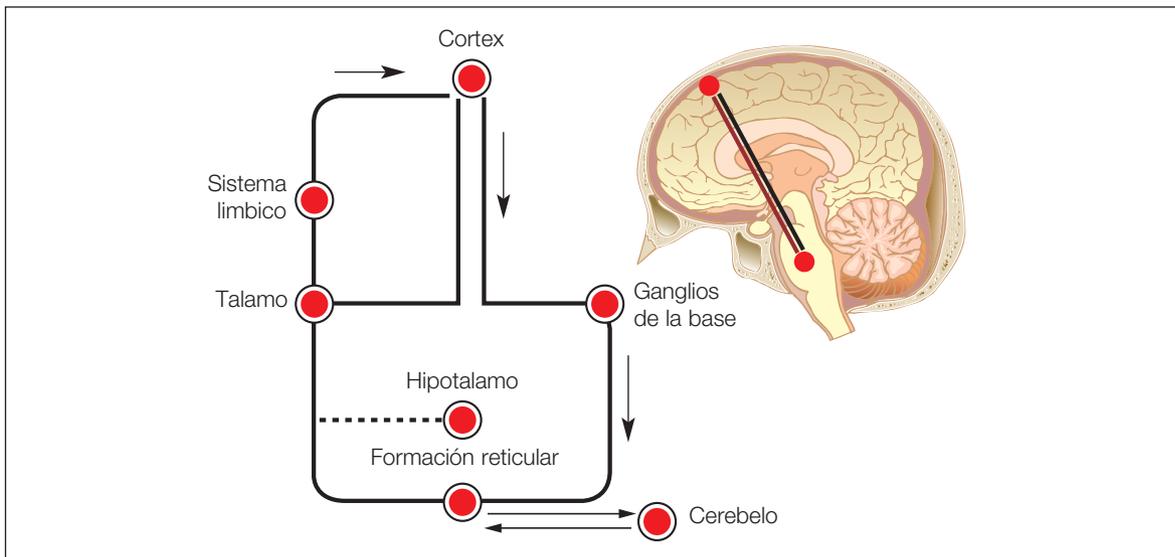


Figura 10: Circuito I.

Tabla 3. Centros encefálicos

Lóbulo frontal	Córtex sensomotriz → Control consciente micción.
Sistema límbico	Recibe aferencias sensitivas que van al córtex → Connotación emocional.
Tálamo	Recibe aferencias sensitivas que van al córtex → Regula excitabilidad córtex.
Ganglios de la base	Conecta con eferencias motores → Regula excitabilidad detrusor.
Hipotálamo	Conecta con eferencias motoras y aferencias → Regula patrones orgánicos de conducta.
Cerebelo	Conecta con la F.R. → Regula eferencias córtex y monitores aferencias.
F. reticular	Conecta con centros corticales, subcorticales y medulares del SNC y del SNQ → Integrador y N. motor detrusor.

Circuito II

Lo constituyen las vías que conducen la sensibilidad propioceptiva del detrusor, vía nervio pélvico, a los cordones posteriores medulares hasta el núcleo motor del detrusor en la formación reticular, el propio núcleo y los haces reticulo-espinales que desembocan en el núcleo sacro, con sus axones motores que, a través del nervio pélvico, retornan al detrusor (Figura 11).

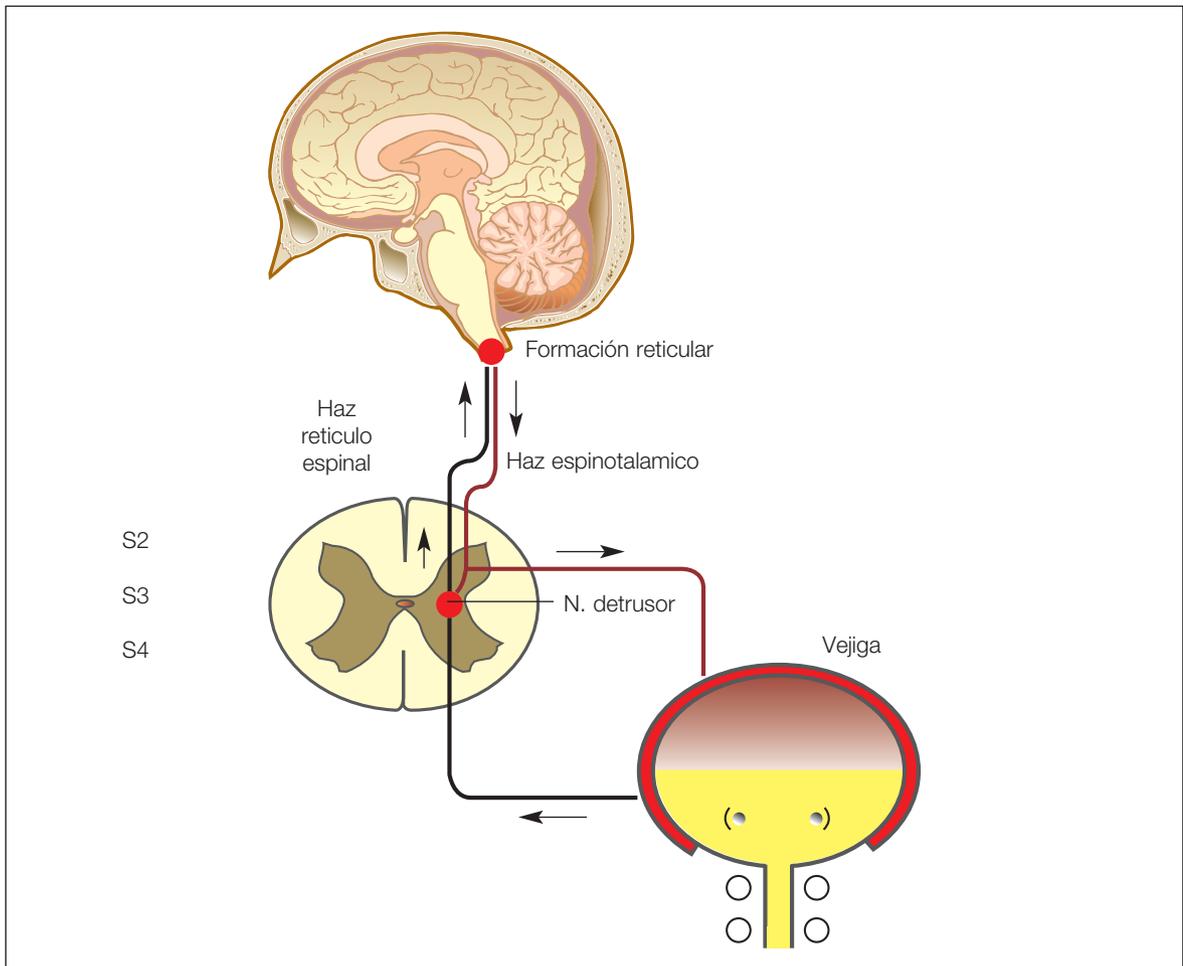


Figura 11: Circuito II.

Circuito III

Es de carácter segmental, formado por los axones sensitivos aferentes propioceptivos del nervio pélvico, que sinaptando en el núcleo pudendo sacro, deprimen sus descargas motoras, lo cual, a través del nervio pudendo produce la relajación de la musculatura estriada periuretral (Figura 12). Dentro de él se coordinan detrusor y esfínter estriado durante la micción.

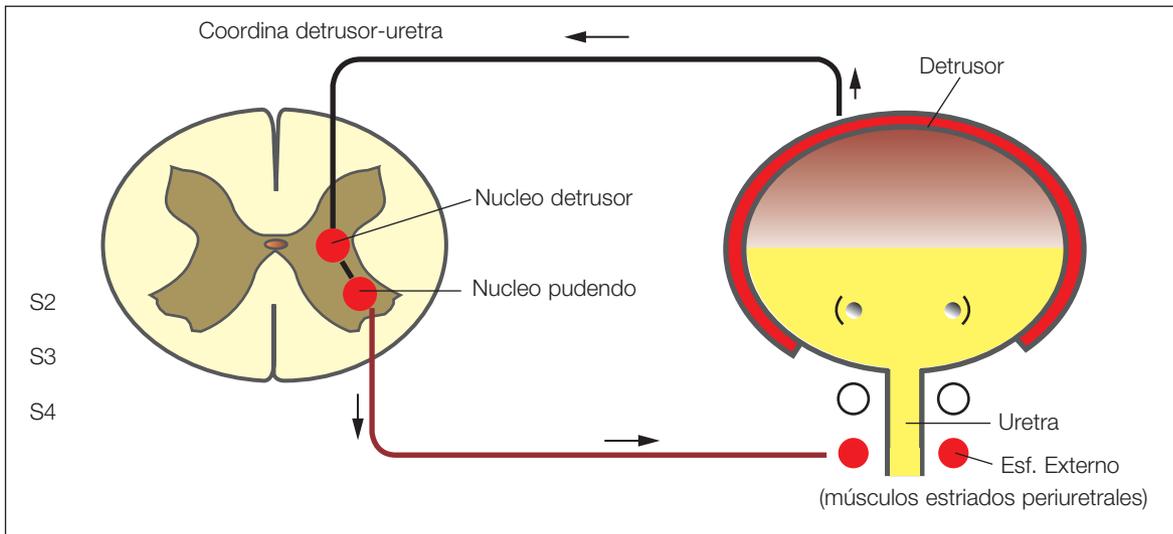


Figura 12: Circuito III.

Circuito IV

Participan en él un nivel supramedular y otro segmental (Figura 13). En el primero, las vías aferentes propioceptivas conscientes, se originan en los husos y tendones de la musculatura del suelo pélvico, que vía nervio pudendo, derivan por las columnas medulares posteriores y lemnisco medio al tálamo y área pudendo cortical. Desde ésta se originan las vías eferentes corticoespinales, que por la cápsula interna, pedúnculos cerebrales, pirámide bulbar y columnas laterales medulares alcanzan las neuronas motoras del núcleo pudendo sacro. A nivel segmental son comunes sus vías aferentes, pero terminan sinaptando directamente en las neuronas motoras del mismo núcleo pudendo.

La suma de impulsos de ambos niveles origina eferencias mediadas por axones *a* y *g* motores, que vía nervio pudendo, regularán el tono y contracción de los músculos del suelo pélvico. En este circuito es gobernada la relajación y contracción volitiva de dicha musculatura, que va a ser el *primun movens* del inicio y cese de la micción.

Secuencia neurofisiológica miccional

Partiendo del conocimiento tanto de vías y centros como de circuitos neurológicos implicados en la micción, Mahony^(11, 12) describió magistralmente y numeró una serie de reflejos que se relatan a continuación:

El estímulo que va a inducir la volición miccional será el incremento de tensión mural en el detrusor producido con el llenado vesical, situación dependiente de numerosos factores anatomofisiológicos y psico-sociológicos.

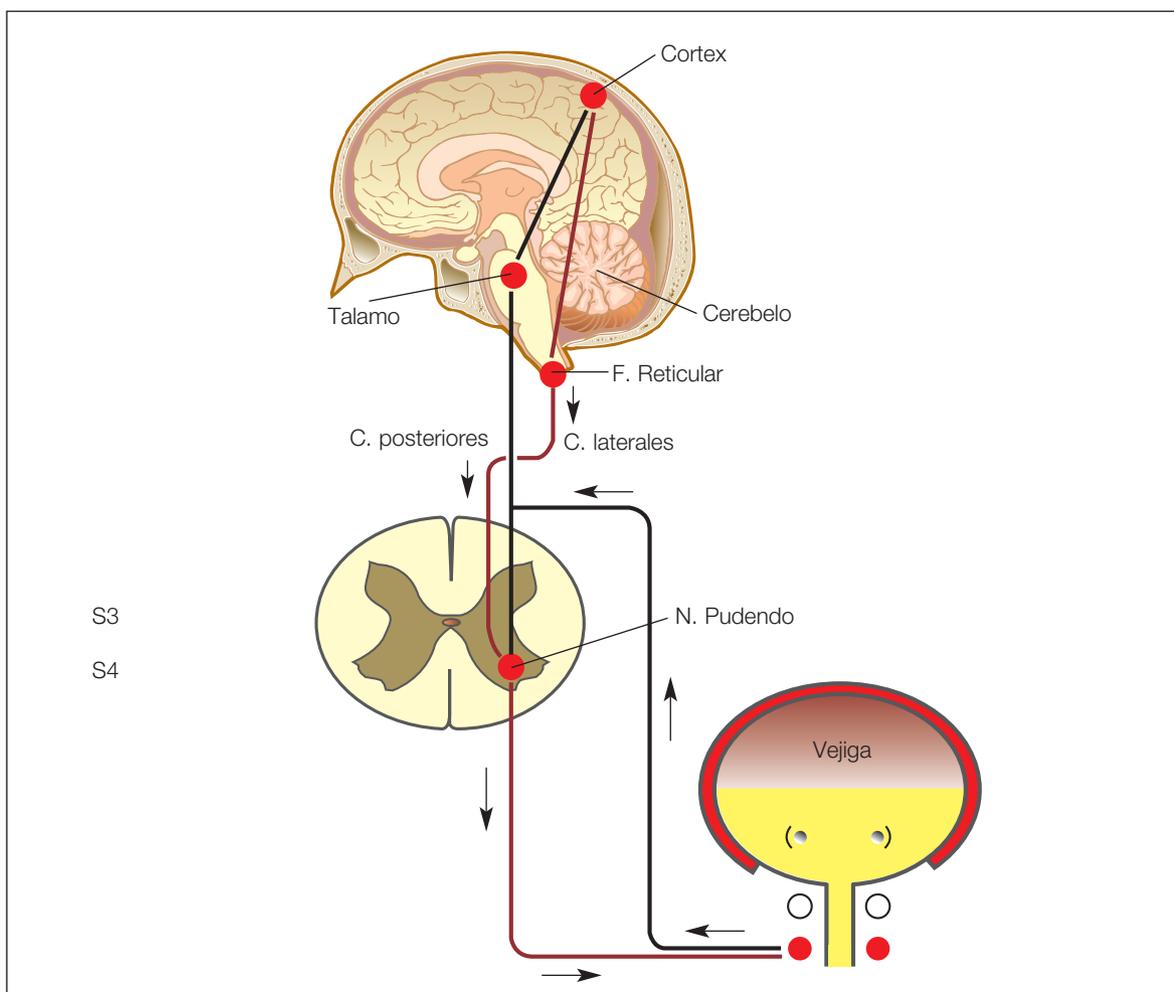


Figura 13: Circuito IV.

En cualquier caso, decidida ya la micción, el primer acontecimiento va a ser la voluntaria fijación relativa del diafragma y músculos rectos abdominales, simultánea a la relajación de la musculatura del suelo pélvico, especialmente el músculo pubococcígeo (Figura 14). Por un lado, esto anula los estímulos propioceptivos de contracción que, inhibiendo a nivel segmental el tono reflejo del centro sacro del detrusor o S.M.R.C. y a nivel supramedular el tono reflejo del núcleo pontino del detrusor o P.M.R.C. (reflejos 3 y 12 de Mahony), mantenían la continencia. Por otro lado y, simultáneamente, el alargamiento de las fibras de dichos músculos transforma sus estímulos de elongación en excitatorios para el núcleo pontino de la micción (reflejo 5 de Mahony), asociándose la propia volición cortical, que actúa directamente sobre el núcleo pontino del detrusor a través de los tractos córtico-reticulares. Ambos acontecimientos van a desencadenar el inicio de las descargas reflejas del P.M.R.C., que activan el S.M.R.C., lo cual lleva simultáneamente aparejado la cesación de los estímulos de tensión mural emitidos en el detrusor y el inicio de la emisión de es-

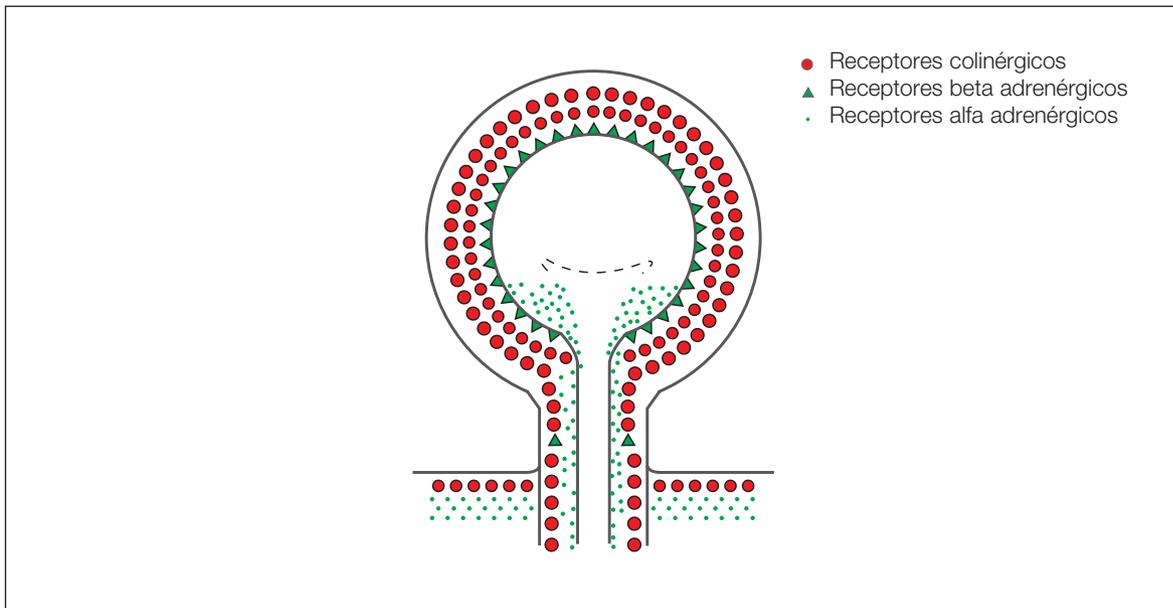


Figura 14: Receptores.

tímulos de contracción detrusoriana. Al mismo tiempo, dicha activación del S.M.R.C. transfiere impulsos ascendentes al centro tóraco-lumbar o T.L.M.R.C. que deprimen su tono reflejo, con lo que cesa éste en su efecto inhibitorio sobre el detrusor y en su efecto constrictor sobre el esfínter liso uretral, producido por un mecanismo de feed-back negativo que actúa a nivel ganglionar pélvico (reflejos 1 y 2 de Mahony).

Finalmente, y al mismo tiempo que se inician los estímulos originados en la contracción del detrusor (Figura 15), automáticamente disminuyen la tensión trigonal y del cuello vesical, que constituían el último origen de inhibición sobre los centros reflejos del detrusor antes de producirse la micción (reflejo número 4 de Mahony). Es a partir de ahora cuando la estimulación originada por los impulsos emitidos con el inicio de la contracción del detrusor no se detiene a nivel sacro, sino que por las columnas posteriores alcanza el P.M.R.C. al que seguirá activando, produciendo un efecto multiplicador al estimular este núcleo a su vez, al S.M.R.C. (reflejo número 6 de Mahony). Este progresivo aumento del tono reflejo del S.M.R.C. mantiene y aumenta la inhibición, por el mecanismo anteriormente descrito, sobre el T.L.M.R.C., lo cual va a mantener relajado el cuello vesical y el músculo liso de la uretra proximal (reflejo de Mahony número 7). El esfínter estriado uretral, que volitivamente había sido relajado al inicio de la micción conjuntamente con el resto de la musculatura del suelo pélvico, continúa ahora en su relajación. Ello es gracias al efecto inhibitorio que sobre el núcleo pudendo sacro, tienen tanto el propio tono reflejo del S.M.R.C. (por sus recíprocas conexiones), como las aferencias detrusoriana, que vehiculizadas por el nervio pélvico alcanzan directamente al núcleo pudendo (reflejo número 8 de Mahony).

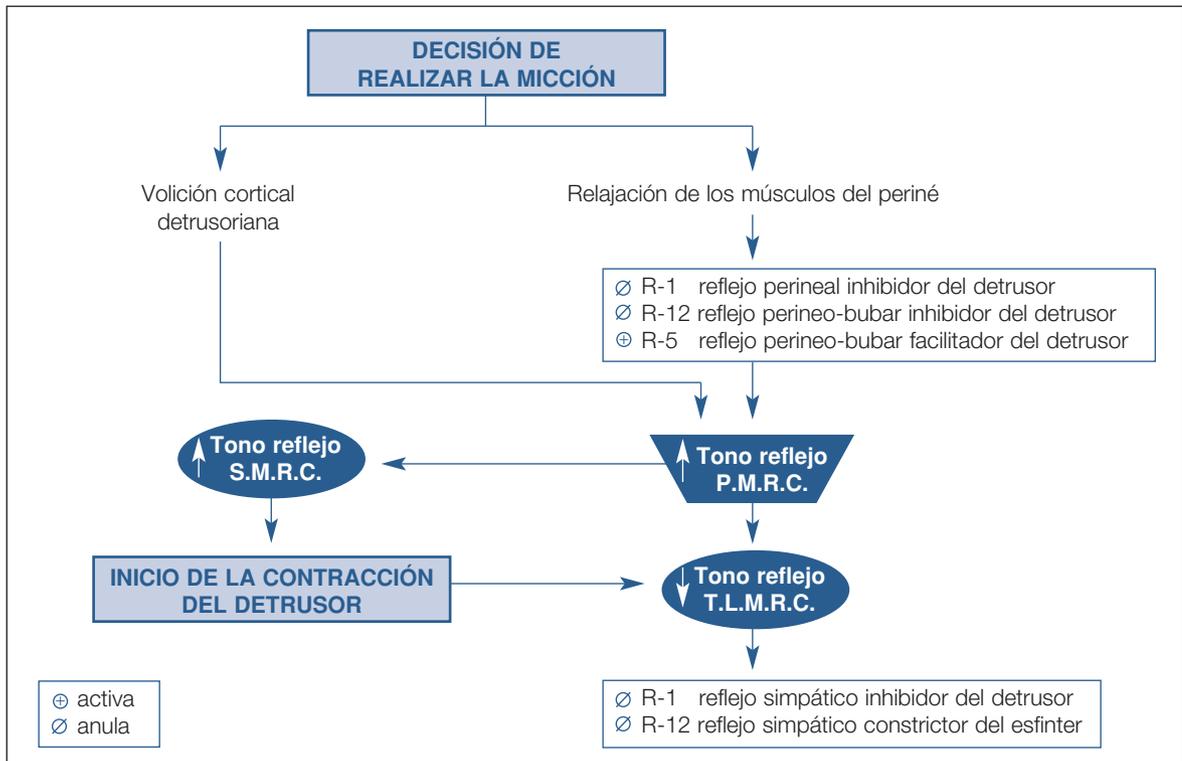


Figura 15

Por último, el estímulo que supone el paso de la orina por la uretra (Figura 16), va a originar aferencias, que vía el nervio pudendo van a alcanzar al centro sacro del detrusor; pero además, ascendiendo por los haces espino-talámicos se dirigen al centro pontino del detrusor (reflejos números 9 y 10 de Mahony). Todo ello produce una estimulación a mitad del vaciado, que sigue manteniendo la contracción del detrusor hasta el vaciado total, momento en el que ya empiezan a disminuir las aferencias de contracción detrusoriana por el acortamiento de sus fibras. Igualmente, el mismo estímulo va a contribuir a mantener la relajación del esfínter estriado hasta el final de la fase de vaciado, reforzando la inhibición del núcleo pudendo antes descrita (reflejo número 11 de Mahony).

Una vez vacía la vejiga y cesado el flujo miccional, comenzará la secuencia de mecanismos que conducirán a la continencia en la fase de llenado vesical. Esta fase la iniciamos al contraer voluntariamente la musculatura del suelo pélvico al final de la micción, sobre todo el músculo pubococcígeo. En primer lugar, anulamos con ello los estímulos propioceptivos de elongación, emitidos por dicha musculatura, con lo que desciende el tono reflejo del centro pontino y, consecuentemente, del centro sacro del detrusor (reflejo número 5 de Mahony). Lógicamente dejan de existir asimismo los estímulos exteroceptivos originados con el paso de orina por la uretra y que actuaban en el mismo sentido (reflejos números 9 y 10 de Mahony).



Figura 16

Al iniciarse simultáneamente los impulsos propioceptivos de contracción, por el acortamiento de las fibras de estos músculos, se transmiten vía nervio pudendo y cordones posteriores al centro reflejo pontino del detrusor; actuando con carácter inhibitorio sobre él (reflejo número 12 de Mahony), sumándose además la inhibición volitiva cortical a través del área límbica. Estos mismos impulsos de contracción de los músculos perineales actúan segmentalmente inhibiendo el centro reflejo sacro del detrusor (reflejo número 3 de Mahony). Esta depresión de los centros reflejos detrusorianos anula todos los anteriores estímulos de contracción al detrusor (reflejo número 6 de Mahony), produciendo la relajación de sus fibras, y cesando la inhibición que ejercía el centro reflejo sacro de la micción sobre el centro simpático toraco-lumbar y, a través de éste, sobre el esfínter liso uretral (reflejo número 7 de Mahony).

El esfínter estriado, que había sido contraído inicialmente junto con el resto de la musculatura del periné, seguirá manteniendo su tono al haber cesado los estímulos relajadores que se originaban con el paso de orina por la uretra y con la contracción de las fibras del detrusor (reflejos números 8 y 11 de Mahony).

Sólo restará que se incorporen los mecanismos activos de continencia, iniciados con los impulsos originados en la relajación del detrusor que, vía nervios pélvicos, alcanzarán el centro sacro

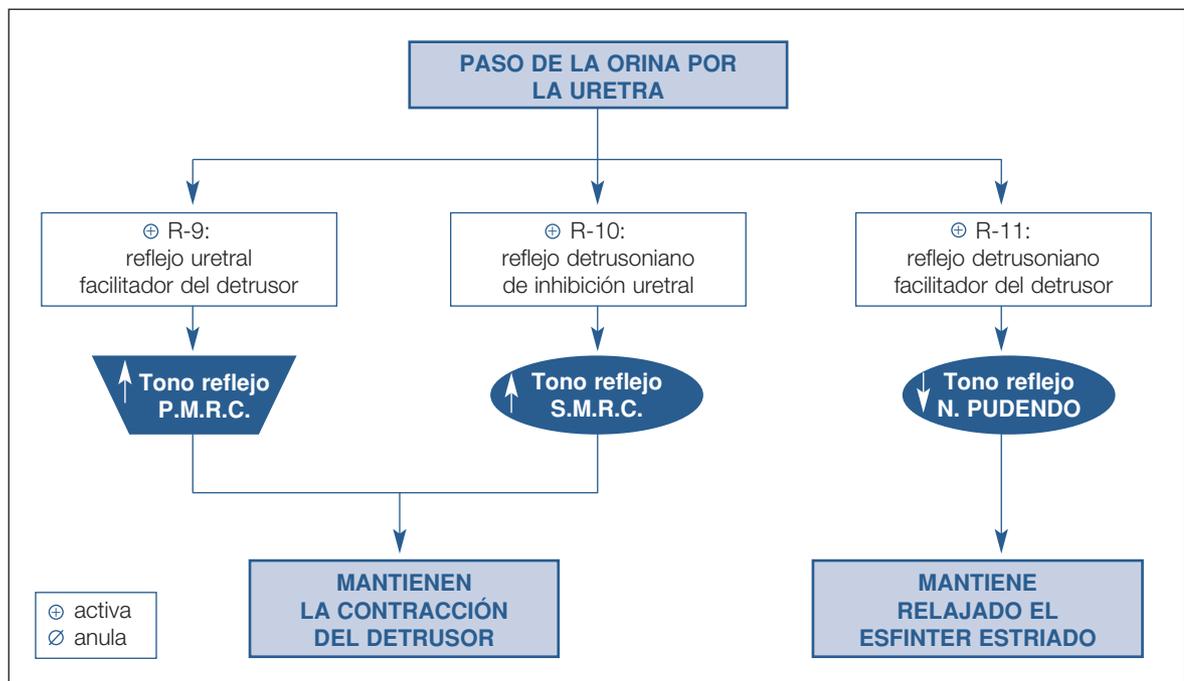


Figura 17

del detrusor y desde ahí serán transferidos al centro simpático toraco-lumbar estimulándolo. Este, vía nervios hipogástricos, deprimirá la transmisión ganglionar pélvica inhibiendo al detrusor, y estimulará la constricción del esfínter liso uretral por un mecanismo α -adrenérgico (reflejos números 1 y 2 de Mahony).

Un último sistema de alerta en la continencia lo constituirá el progresivo aumento de la tensión trigonal (reflejo número 4 de Mahony) que origina aferencias propioceptivas y exteroceptivas que alcanzan la médula y retroalimentan la inhibición del centro reflejo sacro del detrusor. Estas aferencias continúan su tránsito por los cordones posteriores y haces espinotalámicos y se proyectan en el centro pontino reflejo del detrusor, que será así más inhibido, desencadenando a su vez un reflejo de contracción de la musculatura del suelo pélvico que, activando los receptores de contracción, refuerzan la inhibición del P.M.R.C. y S.M.R.C. a su más alto grado. Todo este conjunto de mecanismos asegura una fase estable de almacenamiento de orina que nos libera de la micción durante un tiempo razonable en nuestra actividad social.

La correcta integración y funcionamiento de todas estas vías y centros implica los siguientes componentes funcionales en una vejiga normal:

- Sensibilidad perineal intacta.
- Ausencia de alteraciones en la sensibilidad vesical y uretral.

- Aparición del primer deseo miccional a los 150-250 cc de repleción.
- Micción inminente con capacidad vesical entre 350-550 cc.
- Presión intravesical inmodificada hasta que no se alcance la capacidad vesical.
- Iniciación o interrupción de la micción de modo voluntario.
- Presentación de la inhibición cuando ésta es requerida, volitivamente.
- Continencia durante el sueño.

Bibliografía

1. Martínez Agulló E. Neurofisiología de la micción. En: Incontinencia Urinaria: Conceptos Actuales. Ed. Indas, S.A. Madrid. 1990; 53-72.
2. Kondo A, Susset JL, Lefaivre J. Viscoelastic properties of bladder. Mechanical model and its mathematical analysis. Invest Urol 1972; 10:154.
3. Blaivas JG. The Neurophysiology of micturition: Clinical study of 550 patients. J Urol 1982; 127:958.
4. Bradley WF. Innervation of the male urinary bladder. Urol Clin Nort. Am 1969; 5:279.
5. El Badawi A and Schenk EA. A new theory of the innervation of bladder musculature. Part. 4. Innervation of vesicourethral junction and external urethral sphincter. J Urol 1974; 111:613.
6. Martínez Agulló E. Neurourología. Secuencia miccional. En: Incontinencia urinaria: conceptos actuales. Ed. Indas, S.A. Madrid. 1990.
7. Bors E, Comarr AE. Neurological urology. Kergel, Basel, 1971.
8. Bradley WE and Teague CT. Innervation of the vesical detrusor muscle by the ganglia of the pelvic plexus. Invest Urol 1958; 6:251.
9. Bradley WE and Teague CT. Hypogastric and pelvic nerve activity during micturition reflex. J Urol 1969; 102:438.
10. Bradley WE, Timm GW and Scott FB. Innervation of the detrusor muscle and urethra. Urol Clin North Am 1974; 1:3.
11. Mahony DT, Lafete RO, Blais DJ. Integral storage and voiding reflexes. Urology 1977; 9:95-106.
12. El Badawi A. Neuromuscular mechanisms of micturition. En: Yala SV, McGuire EJ, El Badawi A, Blaivas JG. (eds.). Neurology and urodynamics. Principles and practice. MacMillan, New York 1988; 3.

