



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA

---

---

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**“ACTIVIDAD REFLEJA DE LA MUSCULATURA ESTRIADA  
PÉLVICA Y PERINEAL DURANTE LA MICCIÓN DE LA  
CONEJA DOMÉSTICA (*Oryctolagus cuniculus*)”**

T e s i s

para obtener el grado de  
Maestra en Ciencias Biológicas  
P r e s e n t a

***Bióloga Dora Luz Corona Quintanilla***

Directora de tesis

***Dra. Margarita Martínez-Gómez***

Tlaxcala, Tlax.

Julio 2005

Este trabajo fue realizado bajo la dirección de la Dra. Margarita Martínez Gómez con el apoyo del Dr. Luis García y el M. en C. Víctor Fajardo en el Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta (CTBC) de la Universidad Autónoma de Tlaxcala – Unidad Periférica del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM. Se tuvo el apoyo técnico de Laura García y Carolina Rojas.

Para el desarrollo del proyecto se contó con el financiamiento de PAPIIT-UNAM (1N201303-3 MMG), CONACYT (191915 DC y 2002-C01-40081 YC), PIFOP-UAT (2002-30-03), PROMEP (UATLAX-PTC-22 LIGH) y de los recursos provenientes del proyecto “Formación y Fortalecimiento de Cuerpos Académicos e Integración de Redes” (PROMEP/1103.5/04/2849/UATLAX CA-26).



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA**  
Secretaría de Investigación Científica y de Posgrado  
Coordinación de la División de Ciencias Biológicas  
Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta  
*Maestría en Ciencias Biológicas*

**COORDINACIÓN DE LA MAESTRÍA EN  
CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta  
Universidad Autónoma de Tlaxcala

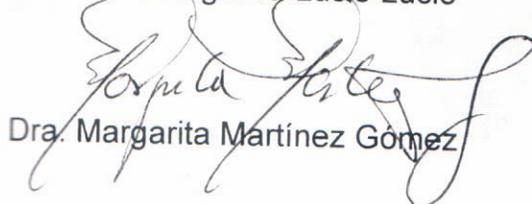
Los abajo firmantes, miembros del jurado evaluador del Proyecto de tesis que la **C. BIOL. DORA LUZ CORONA QUINTANILLA** realiza para la obtención del grado de Maestro en Ciencias Biológicas, expresamos que, habiendo revisado la versión final del documento de tesis, damos la aprobación para que ésta sea impresa y defendida en el examen correspondiente. El título que llevará es: **“Actividad refleja de la musculatura estriada pélvica y perineal durante la micción de la coneja doméstica (*Oryctolagus cuniculus*)”**.

Sin otro particular, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
TLAXCALA, TLAX., JUNIO 8 DE 2005

  
Dr. Jorge Manzo Denes

  
Dra. Rosa Angélica Lucio Lucio

  
Dra. Margarita Martínez Gómez

  
Dr. Pablo Pacheco Cabrera

  
Dr. Luis Isauro García Hernández

  
M. en C. Víctor Manuel Fajardo Guadarrama

DON JUAN: [...] ¿no convendrán ustedes conmigo  
[...] en que es inconcebible que,  
si el propósito de la Vida  
fuera el amor y la belleza,  
después de haberlos producido  
tomara otro rumbo y produjera  
el torpe elefante y el horrible mono  
cuyos nietos somos?

EL DIABLO: ¿Llega usted, entonces,  
a la conclusión de que la  
Vida buscaba la torpeza  
y la fealdad?

DON JUAN: No, diablo perverso, mil  
veces no. La Vida buscaba  
producir sobre todo cerebros,  
órganos mediante los cuales no  
sólo puede lograr consciencia de  
sí misma, sino también  
comprensión de sí misma.

GEORGE BERNARD SHAW

Hombre y superhombre, Acto III

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Margarita Martínez Gómez por brindarme la oportunidad de integrarme al CIF (ahora CTBC), el tener paciencia para asesorarme, por sus valiosas enseñanzas y gran apoyo. Además por ser un ejemplo académico, formar un grupo de investigación que nos da la oportunidad de conocer el maravilloso mundo de la Ciencia y su acertado desempeño como Coordinadora de la Maestría.

A la Dra. Rosa Angélica Lucio por sus aportaciones y comentarios que mejoraron notablemente este trabajo.

Al Dr. Pablo Pacheco por sus enseñanzas y valiosos comentarios que seguirán enriqueciendo este proyecto.

Al Dr. Jorge Manzo por sus sugerencias, correcciones y apoyo en el establecimiento del proyecto.

Al Dr. Luis García por contribuir en la realización de este proyecto y sus adecuadas sugerencias. Además por su amistad y apoyo que nos brinda a los alumnos del Laboratorio de Neurofisiología.

Al M. en C. Víctor Fajardo. Con especial agradecimiento por sus valiosas aportaciones, dedicación y apoyo en la corrección del documento y paciencia al aclararme mis múltiples dudas. Además, por su amistad y momentos que compartimos. Gracias Víc.

A la Dra. Robyn por sus sugerencias y aportaciones sobre el estudio conductual de las diferentes formas de expulsar la orina en la coneja. Igualmente por sus enseñanzas y dedicación a los estudiantes del CTBC.

A la Dra. Yolanda Cruz (aunque se fue a Canadá y pronto regresa) gracias por sus consejos y enseñanzas.

A los integrantes del Laboratorio de Neurofisiología, René Zempoalteca, Isela y a Germán parte importante de este proyecto y por su disposición en la elaboración de algunos esquemas.

A Edith, Ceci, Margaritita y Amando con afecto por los gratos momentos que hemos compartido dentro y fuera del laboratorio.

A Lety-Jorgito y Laura-Rodolfo por brindarme su amistad y su hogar durante los cursos y convivencias.

A mis compañeros del CTBC: Rosalía y Víctor Xicothencatl (compañeros de desvelos) Lulú, Socorro (por sus valiosas correcciones), Esmeralda, Martha, Mine, Beto, Bernardo, Iván-Nicte, Sra. Fabris, Sra. Mathy, Rebeca, Judith, Alejandro Díaz, George, Luisa, Guillermo, Dr. Carlos Lara y Dr. Armando Chacón.

## DEDICATORIAS

A mis padres por enseñarme a valorar la vida y a alcanzar mis objetivos. Principalmente por su comprensión y apoyo incondicional en mis sueños de superarme. Gracias por ser como son.

A mis queridas hermanas (Sonia y Nolber) por la valiosa amistad, apoyo, aventuras y consejos que he recibido. Sin ustedes no lo hubiera logrado. Espero algún día recompensarles. Claro y sus respectivas parejas que también me han apoyado.

A los ya no tan enanos (Marú, Omar y ¿...?) por sus sonrisas y momentos agradables que me hacen pasar. Espero que esto sea un pequeño ejemplo para que salgan adelante.

A mis abuelos y mi gran familia, por sus consejos y enseñanzas que he recibido.

A mis queridos amigos Cecilia Velasco y José Luis Tlachi (gracias amiguito) por su valiosa amistad.

A Manuel por su amistad, cariño y comprensión que me brinda.

*Dedicado especialmente a mi abuelita Pavita por su ejemplo de rectitud y darme la oportunidad de vivir con ella. Gracias por compartir tus últimos años conmigo y disculpa las largas horas que te hice esperar. Ya vez al final me quede esperándote. Estés donde estés gracias. Te extrañamos.*

## ÍNDICE

RESUMEN.....	i
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Micción.....	2
1.2 Estructuras anatómicas femeninas de la micción.....	3
1.3 Regulación nerviosa.....	4
1.4 Musculatura estriada que participa en la micción.....	7
1.5 Modelos animales.....	9
2. ANTECEDENTES.....	11
2.1 La coneja doméstica un modelo de estudio.....	11
2.2 Conducta de expulsión de orina.....	11
2.3 Sistema urogenital de la coneja.....	12
2.4 Musculatura estriada pélvica y perineal relacionada anatómicamente al sistema urogenital de la coneja.....	15
2.5 Actividad electromiográfica de la musculatura estriada pélvica y perineal.....	20
3. HIPÓTESIS.....	23
4. OBJETIVO GENERAL.....	23
5. METODOLOGÍA.....	24
5.1 Animales.....	24
5.2 Disección.....	24
5.3 Registro simultáneo de cistometrogramas y electromiogramas.....	24
6. RESULTADOS.....	27
6.1 Establecimiento de la técnica.....	27
6.2 Cistometrogramas (CMG's).....	27
6.3 Electromiogramas (EMG's).....	31
7. DISCUSIÓN.....	40
8. CONCLUSIONES.....	48
9. PERSPECTIVAS.....	49
10. REFERENCIAS.....	50
11. PUBLICACIONES.....	58

## RESUMEN

En el proceso de micción la orina se almacena en la vejiga urinaria y es expulsada cuando ésta alcanza su capacidad máxima de llenado. En las mujeres se ha propuesto que la actividad de los músculos del piso pélvico participa en el almacenamiento de orina y los músculos perineales en su expulsión. Poco se sabe sobre los mecanismos reflejos que desencadenan su actividad, lo que es de gran importancia para el entendimiento de patologías como la incontinencia urinaria en mujeres. La coneja doméstica (*Oryctolagus cuniculus*) presenta características anatómicas y funcionales diferentes a la rata hembra y similares a la mujer en lo que respecta a la musculatura estriada pélvica y perineal. El presente trabajo determina en coneja la actividad de los músculos pubococcígeo, isquiocavernoso y bulboesponjoso durante la micción inducida (llenado de la vejiga urinaria con infusión de solución hasta provocar el reflejo de expulsión).

Se utilizaron conejas anestesiadas con uretano (0.9 g/kg i.p.) y se realizaron registros simultáneos de cistometrogramas (CMG's) y electromiogramas (EMG's). De los CMG's se analizaron siete parámetros urodinámicos y de los EMG's se observó la actividad de los músculos y en la fase de micción que ocurría. Se encontró que el proceso simulado de micción en la coneja presenta dos fases: la de almacenamiento y la de expulsión. En la fase de almacenamiento la vejiga urinaria almacenó en promedio  $13.76 \pm 2.03$  ml de solución salina. En la fase de expulsión se observaron tres etapas: a) elevación inicial de la presión intravesical ( $5.82 \pm 0.82$  mmHg) sin expulsión de solución salina, b) aumento de presión máxima ( $42.17 \pm 3.45$  mmHg) y expulsión de solución salina ( $10.13 \pm 0.86$  ml) y c) disminución de la presión intravesical con un volumen de solución salina residual de  $3.00 \pm 0.73$  ml. El intervalo de tiempo entre cada fase de expulsión fue de  $8.81 \pm 1.74$  min.

En los EMG's se encontró que el músculo pubococcígeo presentó actividad durante la fase de almacenamiento e inactividad durante la fase de expulsión; el músculo isquiocavernoso se activó casi al final de la fase de almacenamiento y continuó durante la fase de expulsión; el músculo bulboesponjoso se activó cuando la solución salina fue eliminada, lo que sugiere su participación en la fase de expulsión.

Se mostró que los músculos pubococcígeo, isquiocavernoso y bulboesponjoso se activan a distintas fases del proceso de micción inducida en la coneja doméstica. Esta actividad simultánea pero diferencial sugiere una compleja organización neuromuscular refleja.

## 1. INTRODUCCIÓN

En muchas especies de mamíferos la expulsión de orina permite no sólo expulsar productos metabólicos de desecho, sino también depositar mensajes que disparan diversos mecanismos fisiológicos y conductuales en otros individuos de su propia especie.

En los roedores algunas conductas y funciones reproductivas son producidas por la percepción de señales químicas contenidas en la orina de otro roedor. En los ratones de ambos sexos la orina perteneciente a miembros del sexo opuesto les resulta atractiva (Maruniak y cols. 1975). Por ejemplo, los machos expulsan orina con señales químicas para atraer a las hembras en estro, acelerar y/o sincronizar el ciclo estral de las hembras adultas (Marsden y Bronson 1964) e incluso bloquear la implantación del blastocisto en una hembra fertilizada por otro macho (Bruce 1959, Dominic 1965). La orina también es utilizada para informar la jerarquía social (Desjardins y cols. 1973, Jones y Nowell 1973), como es el caso de los ratones machos *Mus musculus domesticus* donde el macho dominante deja mayor número de marcas con orina que un macho subordinado (Drickamer 2001). Las hembras igualmente utilizan la orina para enviar señales atractivas a los machos, es decir, cuando están en estro expulsan orina en sitios estratégicos indicando a los machos que están dispuestas a copular con ellos (Maruniak y cols. 1975). Asimismo la usan para alterar el ciclo estral de otras hembras. Se ha descrito que su orina puede inducir anestro o incrementar la incidencia de hembras pseudogestantes (Van Der Lee y Boot 1959, Whitten 1959).

La expulsión voluntaria de orina requiere un control nervioso complejo y la participación de diversos músculos estriados pélvicos y perineales. El proceso de micción no sólo implica la expulsión de la orina, sino también su almacenamiento en la vejiga urinaria. En el almacenamiento, la actividad de la musculatura estriada relacionada a la uretra como la del esfínter externo de la uretra (de Groat 1975) es importante para evitar la salida de orina. Hay otros músculos estriados pélvicos y perineales que rodean al tracto urinario inferior los cuales podrían activarse durante el proceso de micción. De ello se conoce muy poco, debido en parte a la complejidad

misma del proceso de micción así como a la falta de estudios que describan el patrón de actividad de esta musculatura.

## 1.1 Micción

En los mamíferos la micción es un proceso fisiológico vital que involucra dos fases: el almacenamiento o continencia de orina en la vejiga urinaria y su expulsión.

En la fase de almacenamiento, la vejiga urinaria se adapta a la cantidad de orina que le llega a través de los uréteres debido a su capacidad elástica y al tono del músculo detrusor (componente de la vejiga urinaria), es decir, funciona como un reservorio de baja presión. El cuello vesical y la uretra permanecen cerrados debido a la contracción tónica de la musculatura lisa y estriada periuretral (Elbadawi 1996, DeLancey 2001). En las mujeres se ha descrito que también en el cierre uretral la transmisión de la presión intrabdominal es importante. Esta transmisión puede ser pasiva, de forma directa a la uretra, donde conforme aumenta la presión intrabdominal aumenta la presión uretral (Klutke y Siegel 1995, Elbadawi 1996). Pero si se realiza un esfuerzo como el estornudo, la risa o el cargar un objeto pesado se incrementa la presión intrabdominal, generando un aumento considerable en la presión vesical y en la presión uretral, es decir, la transmisión de la presión es activa. En respuesta a ello la musculatura estriada del piso pélvico -específicamente del esfínter externo de la uretra y del pubococcígeo- aumenta su actividad para igualar la presión de la cavidad abdominal hacia la uretra, evitando así la salida de orina (Klutke y Siegel 1995, Elbadawi 1996, DeLancey 2001).

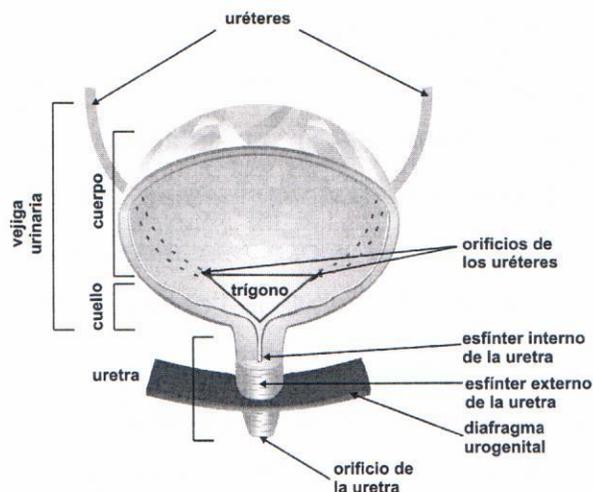
La fase de expulsión se inicia cuando la vejiga urinaria se distiende al máximo provocando un aumento de presión intravesical y la contracción refleja del músculo detrusor lo que ocasiona la expulsión de orina. Simultáneo a ello, se observa la relajación de los músculos del esfínter interno y externo de la uretra, y de los músculos del piso pélvico (Kuru 1965, de Groat 1987, Fernández-Tresguerres 1999). Esta fase se puede inducir y/o inhibir voluntariamente.

## 1.2 Estructuras anatómicas femeninas de la micción

El tracto urinario se divide en superior e inferior. El primero está conformado por riñones y uréteres, el segundo por vejiga urinaria y uretra. Estas dos últimas estructuras son anatómicamente distintas, pero fisiológicamente se comportan como una unidad que permite el almacenamiento y la expulsión de orina (Genesser 2000).

En las mujeres la vejiga urinaria se ubica en el piso de la cavidad pélvica sostenida por los ligamentos laterales de la vejiga y el ligamento medio ventral. Este último se inserta en la sínfisis púbica (Elbadawi 1996). En la vejiga se observan dos regiones, un cuerpo o parte media y un cuello o parte distal. El cuerpo es la unidad muscular responsable de almacenar la orina y en el cuello se localiza el trigono, estructura triangular donde se ubican los orificios de los uréteres (Fig. 1).

La uretra es un complejo tubo muscular de aproximadamente 3 a 4 cm de largo y de 7 a 8 mm de diámetro. Se extiende entre la base vesical y el meato urinario externo, en su trayecto atraviesa al diafragma urogenital (Craviotto 1987). En la uretra se distinguen tres capas que de afuera hacia adentro son: muscular, submucosa y mucosa. La capa muscular está constituida por músculo liso y estriado. La musculatura estriada es la capa muscular más externa, denominado esfínter externo de la uretra o rabdoesfínter. Éste se encuentra formado por fibras circulares en la parte superior y por bandas musculares en la porción inferior. La musculatura lisa consta de dos capas, la externa es delgada y se forma de fibras circulares. La interna es gruesa y contiene fibras longitudinales. La capa de la submucosa se ubica entre la capa muscular y la mucosa, se encuentra bien desarrollada y en su seno se destaca un complejo plexo arteriovenoso que cumple un papel importante para el funcionamiento del cierre uretral (Craviotto 1987, Klutke y Siegel, 1995). La capa de la mucosa es una capa epitelial gruesa que en condiciones normales se encuentra plegada sobre sí misma sellando la luz uretral (Craviotto 1987).



*Fig. 1. Esquema de la vejiga urinaria y la uretra en la mujer. La vejiga urinaria almacena orina que proviene del filtrado glomerular de los riñones y funciona como un reservorio de capacidad variable entre 150 y 500 ml. En el cuello se localiza un área triangular llamada trigono; de sus ángulos los uréteres drenan la orina y en el vértice la uretra se abre. En el área que rodea al orificio uretral se forma el esfínter interno de la uretra, caudal a éste se localiza el esfínter externo de la uretra (modificado de Tortora y Anagnostakos 1989).*

Adyacente al tracto urinario inferior también se localizan fascias, ligamentos y músculos estriados que componen el piso pélvico, el cual soporta el canal vaginal, el ano y la uretra (DeLancey 2001). En conjunto forman el sustrato anatómico de la continencia y la expulsión urinaria, y constituye una unidad funcional regulada por el sistema nervioso central y periférico (Rodríguez-Antolín y cols. 2004).

### 1.3 Regulación nerviosa

La regulación nerviosa de la micción depende de interacciones entre el cerebro (Barrington 1925), la médula espinal, los ganglios simpáticos y parasimpáticos, los nervios periféricos (Kuru 1965, de Groat 1975, 1997, Sullivan y Yalla, 2002) y las estructuras del tracto urinario inferior, como la vejiga urinaria, la uretra, la musculatura estriada y las estructuras de soporte (Brading 1999).

La actividad refleja que se desencadena durante la micción es disparada por la estimulación de receptores de tensión ubicados en la vejiga urinaria. La estimulación de los receptores activa a las fibras aferentes A $\delta$  y fibras C (de Groat 1997, Yoshimura y Chancellor, 2003). En los seres humanos, los nervios que comunican a las estructuras centrales del sistema nervioso y las del tracto urinario inferior son el hipogástrico, el pélvico y el pudendo (Mostwin 2001, Andersson y Waldeck 2001, Fig. 2).

*Nervio hipogástrico:* Sus neuronas sensoriales se localizan en los ganglios de la raíz dorsal y las motoras preganglionares en el núcleo intermediolateral de la décima torácica y segunda vértebra lumbar (T10-L2), después pasan por la cadena ganglionar simpática y hacen sinapsis con neuronas postganglionares ubicadas en el ganglio mesentérico inferior. Durante el almacenamiento de la orina las neuronas postganglionares inhiben la contracción del músculo detrusor y liberan noradrenalina para permitir la contracción de la musculatura lisa del cuello vesical y de la uretra (Luk y cols. 2001, Mostwin 2001).

*Nervio pélvico:* Sus neuronas sensoriales se encuentran en los ganglios de la raíz dorsal de los primeros segmentos sacros (S2, S3, S4). Sus neuronas motoras se localizan en el núcleo parasimpático de los mismos segmentos. Los axones preganglionares hacen sinapsis en el ganglio pélvico mayor, en los ganglios vesicales y/o en los intramurales de la uretra con las neuronas postganglionares cuyos axones liberan acetilcolina para estimular los receptores muscarínicos e iniciar la contracción del músculo detrusor y relajación de la uretra durante la evacuación de la orina (Yoshimura y de Groat, 1997, Luk y cols. 2001, Yoshimura y Chancellor, 2003).

*Nervio pudendo:* Sus aferentes y eferentes se localizan a nivel S2-S4. Sus eferentes somáticas activan al esfínter externo de la uretra (de Groat 1997, Mostwin 2001). Las interneuronas de la médula espinal llevan la información aferente hasta la sustancia gris periacueductal, a su vez, la envían al centro pontino de la micción. Éste integra la información espinal y de regiones cerebrales como el hipotálamo y la corteza frontal medial para coordinar la inhibición simultánea de los reflejos somáticos y simpáticos de la uretra durante la expulsión de orina (Yoshimura y Chancellor, 2003). En las explicaciones sobre la regulación nerviosa de la micción femenina, el

énfasis ha sido puesto principalmente en el músculo estriado esfínter externo de la uretra.

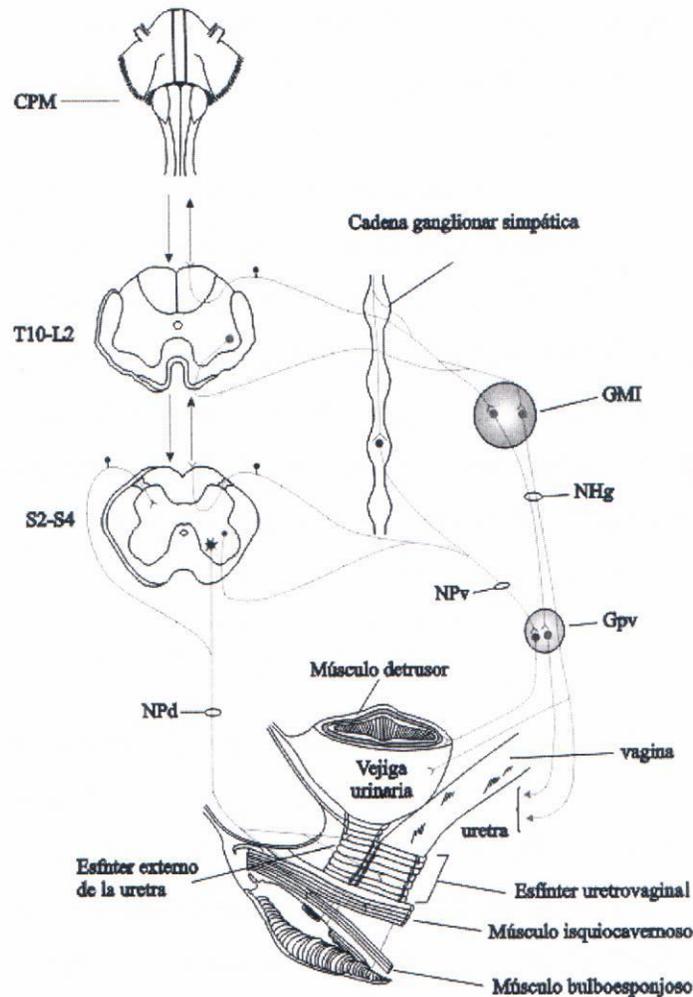


Fig. 2. Esquema que muestra los principales elementos del reflejo de micción en la mujer. Durante el llenado vesical la información del nervio hipogástrico (NHg) mantiene a la vejiga relajada, cuando ésta alcanza su umbral de llenado los receptores vesicales se activan. Esta información es transmitida por aferentes del nervio pélvico (NPV) hasta la médula espinal y de ahí a través de circuitos espinales hasta el centro pontino de la micción (CPM). El CPM coordina la contracción del detrusor y vía descendente activa a las motoneuronas del nervio pudendo (nPd) para que inhiban la contracción del esfínter externo de la uretra, del esfínter uretrovaginal, del músculo isquiocavernoso y del músculo bulboesponjoso (Rodríguez-Antolín y cols. 2004).

#### 1.4 Musculatura estriada que participa en la micción

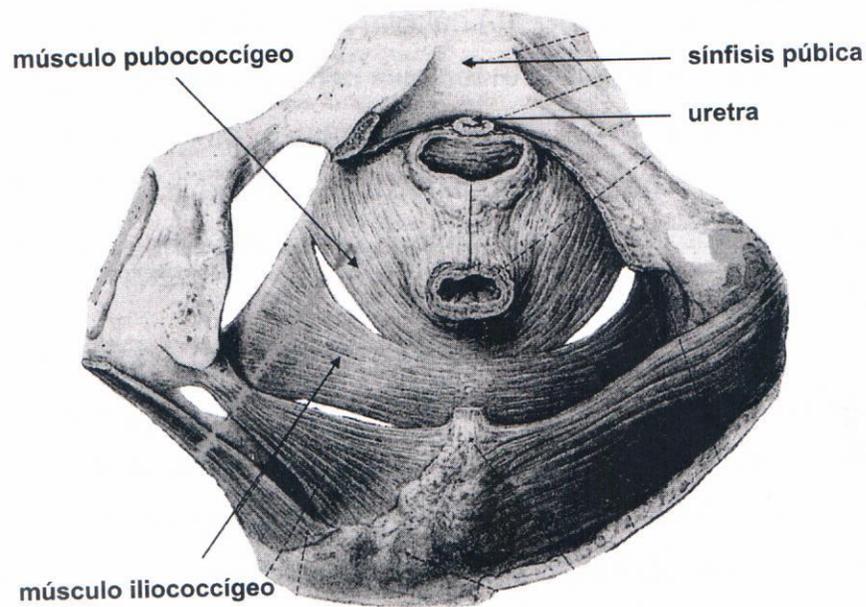
El almacenamiento de la orina es un proceso donde hay actividad muscular tónica del esfínter externo de la uretra y de los músculos del piso pélvico (Mostwin 2001, Vodusěk y Fowler 2001):

En las mujeres, el hueso pélvico es la estructura donde se insertan varios músculos que por la disposición de sus fibras cierran la cavidad pélvica y forman el llamado piso pélvico. El piso pélvico se extiende a lo largo de la cavidad pélvica como "hamaca". Su función es la de soportar el peso de las vísceras pélvicas (e indirectamente las abdominales) y de permitir el paso de las porciones más caudales de los aparatos urinario, genital y digestivo hacia el diafragma urogenital y de ahí al exterior (Kegel 1952, Wilson 1973, Klutke y Siegel 1995, Elbadawi 1996). Se ha propuesto que la contracción constante de esta musculatura regula el almacenamiento de la orina (Kegel 1952, Porter 1962, Wendell-Smith y Wilson, 1977, Glazer y cols. 1999).

El músculo más importante en la constitución del piso pélvico es el llamado elevador del ano o *levator ani*, que consta de tres músculos: el pubococcígeo, el iliococcígeo y el puborectalis (DeLancey 2001, Fig. 3). Las fibras anteriores y mediales del *levator ani* se originan en la superficie posterior del pubis a cada lado de la sínfisis púbica, mientras las posteriores se insertan en la espina isquiática. Tal musculatura, principalmente el músculo pubococcígeo, se activa durante la transmisión de presión pasiva y en la activa se sincroniza la contracción del músculo recto abdominal y la del músculo esfínter externo de la uretra para igualar la presión en la uretra. Así, la relajación o desinserción del músculo pubococcígeo genera una pérdida del soporte uretral y problemas en el almacenamiento de orina (Klutke y Siegel 1995, DeLancey 2001).

Los músculos del periné: el isquiocavernoso y el bulbocavernoso también funcionan como soporte de la parte distal de la vagina y uretra (Herschorn 2004). El músculo isquiocavernoso rodea al clítoris y el músculo bulbocavernoso rodea la entrada de la vagina (Hollinshead y Rosse 1985). Además de la función de soporte la contracción de estos músculos produce una función semejante a un esfínter sobre la

parte distal de la vagina; y como están adheridos a músculos estriados periuretrales, contribuyen a la continencia (Herschorn 2004)



*Fig. 3. Músculos del levator ani vista desde abajo. El músculo pubococcígeo tiene en forma de "U" que rodea al ano y a la vagina. Lateral al músculo pubococcígeo se localizan las fibras del músculo iliococcígeo (modificado de DeLancey 2001).*

Aunque se reconoce la participación de la musculatura estriada en la micción, no se conocen los mecanismos reflejos que desencadenan su actividad muscular. Siendo de mayor importancia en las mujeres, donde diferentes factores de riesgo se han asociado con algunas patologías de la micción femenina. Por ejemplo, la incontinencia urinaria por esfuerzo se ha relacionado a la pérdida del tono muscular de los músculos del piso pélvico (Wei y DeLancey 2004). Pero como en los humanos no se pueden realizar manipulaciones invasivas que expliquen la actividad muscular durante la micción la mayoría de estudios se basa en descripciones anatómicas del sistema urogenital de cadáveres. Por ello, los modelos animales resultan útiles para investigar la fisiología y patología de dicho sistema.

## 1.5 Modelos animales

Los animales de laboratorio se han usado básicamente para obtener información sobre la regulación autonómica de la micción (de Groat 1975, 1987, 1997, Yoshimura y de Groat 1997). Otros estudios han sido sobre la regulación somática, en particular sobre la actividad del esfínter externo de la uretra y su control por el nervio pudendo (de Groat 1997). Por ejemplo, estudios en perros muestran que la actividad del esfínter externo de la uretra aumenta durante la fase de expulsión (Nishizawa y cols. 1984).

En la rata macho, otro modelo clásico para el estudio de la micción, en el cual se implementó el registro típico de cistometría se ha observado oscilaciones de alta frecuencia provocadas por la contracción del esfínter externo de la uretra durante la expulsión de la orina (Maggi y cols. 1986; Conte y cols. 1991). Este es un patrón de actividad diferente a lo que sucede en la mujer porque en la rata el esfínter externo de la uretra se contrae durante la expulsión de orina, proceso similar a la condición patológica llamada disinergia (Le Feber y Van Asselt, 1999). En otro estudio realizaron registros simultáneos de cistometrogramas (CMG's) y electromiogramas (EMG's) del músculo pubococcígeo y observaron que la actividad del músculo coincide con las oscilaciones de alta frecuencia. Es decir, la actividad del músculo se registro durante la fase de expulsión (Manzo y cols. 1997; Fig. 4).

Los estudios sobre micción se han hecho principalmente en el macho, por lo que hacen falta estudios que utilicen modelos femeninos y que evalúen la participación de la musculatura estriada durante la micción. Ello es necesario porque en mujeres con más de 40 años se describe que una de las patologías más frecuente, es la pérdida involuntaria de orina o incontinencia urinaria, asociada principalmente con la alteración estructural de la musculatura estriada asociada al tracto urinario inferior (Elbadawi 1996, Bernstein 1997). Además, resulta relevante conjuntar estudios que describan con detalle la anatomía, la histología y la fisiología de las estructuras implicadas en la micción femenina. Para esto, proponemos a la coneja doméstica como modelo de estudio.

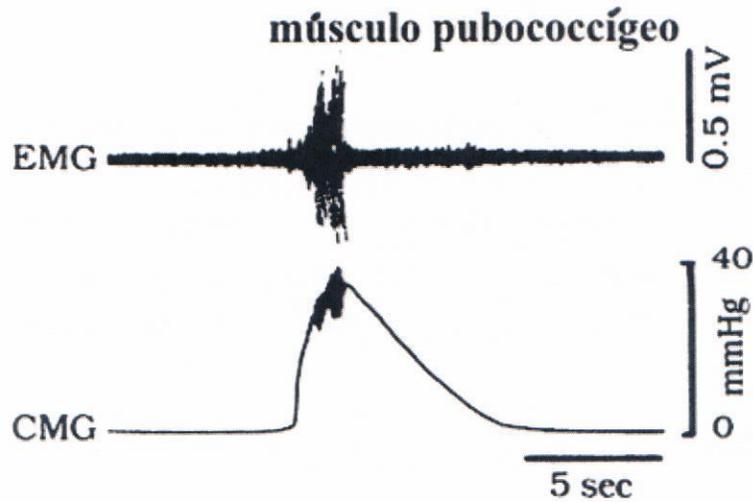


Fig. 4. Registro simultáneo de CMG y EMG del músculo pubococcígeo durante la micción inducida en la rata macho. La actividad del músculo se relaciona con las oscilaciones de alta frecuencia en la fase de expulsión (tomado de Manzo y cols. 1997).

*Oryctolagus cuniculus* es otro modelo animal bien establecido a nivel de laboratorio, ha sido ampliamente usado en estudios de fisiología y conducta reproductiva. Además presenta características anatómicas y funcionales diferentes a la de la rata hembra con relación a la micción. Por ejemplo, en observaciones preliminares encontramos que las hembras tienen cuatro formas de expulsar la orina: en cuclillas, en chisquete, en rocío y en goteo (Martínez-Gómez y cols. 2004), el sistema urogenital inferior se caracteriza por la desembocadura de la uretra en la vagina, que es larga y protuye al periné denominada vagina perineal, en esta parte de la vagina se lleva a cabo la expulsión de orina, la cópula y el parto. Adyacente a la vagina perineal se localiza musculatura perineal (bulboesponjoso e isquiocavernoso) y pélvica (pubococcígeo e iliococcígeo) bien desarrollada, al igual que en la mujer y contrario a la rata hembra. Finalmente se ha encontrado que dicha musculatura se contrae de manera diferencial durante el parto (Cruz 2002, Cruz y cols. 2002).

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 La coneja doméstica un modelo de estudio

La coneja europea (*Oryctolagus cuniculus*) es una especie que de acuerdo a sus características antes mencionadas, resulta un buen modelo para realizar estudios urodinámicos femeninos.

### 2.2. Conducta de expulsión de orina

Estudios en condiciones silvestres han descrito que los conejos viven en pequeños grupos de cuatro machos y seis hembras, en cada grupo existen jerarquías sociales para ambos sexos, el territorio es defendido principalmente por los machos y algunas veces por las hembras (von Holst y cols. 1999). El macho tiene tres formas de expulsar la orina: en cuclillas, en chisquete y en rocío. Estas formas están relacionadas con diferencias en la cantidad de la orina evacuada, con las conductas asociadas (por ejemplo el acicalamiento) y al "blanco" al que es dirigida la orina (Bell 1980).

En las hembras sólo se había mencionado que la forma común de orinar es en chorro (Bell 1980). Sin embargo estudios de nuestro laboratorio describen que las conejas jóvenes también tienen distintas formas de expulsar la orina: en cuclillas, en chisquete, en rocío y en goteo. Las conductas correspondientes a cada forma de expulsión son similares a las que realiza el macho (Tabla 1). También hemos observado que el contexto social influye en estas formas. Por ejemplo, cuando las conejas están solas orinan por lo regular en cuclillas y en goteo. Pero cuando se encuentran con otra hembra orinan en cuclillas, en goteo y en chisquete. Y si están en presencia de un macho, las conejas son más activas y expulsan la orina de las cuatro formas aunque con mayor frecuencia en forma de rocío (Martínez-Gómez y cols. 2004, Corona 2005).

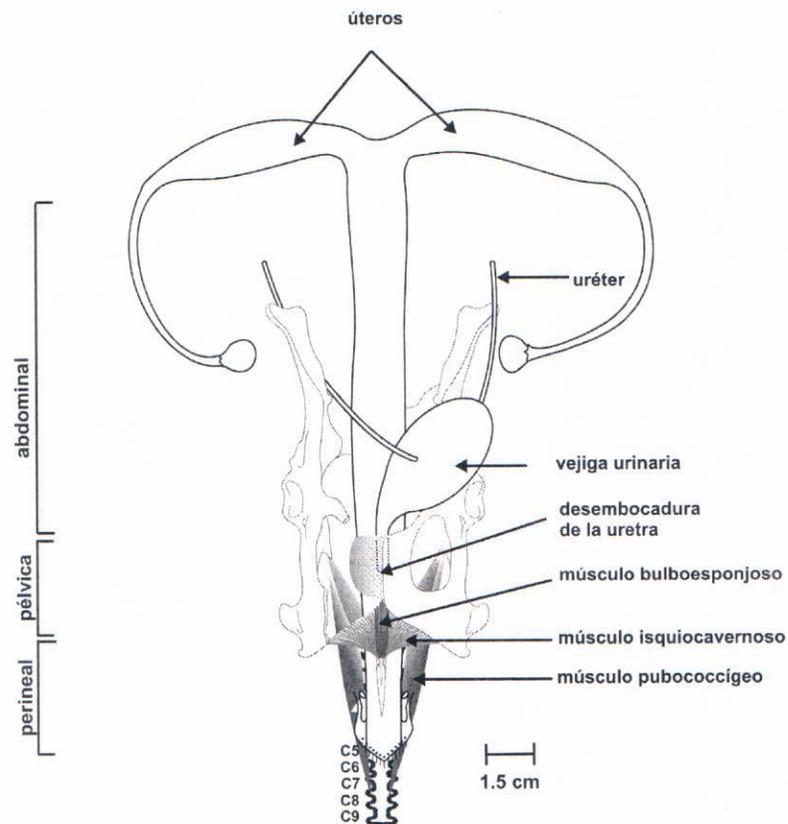
Es posible que la expresión de las diferentes formas conductuales de expulsar la orina se deba en parte a la actividad de la conspicua musculatura estriada pélvica y perineal asociada al sistema urogenital.

Forma de expulsión	Conductas y posturas asociadas	Volumen evacuado	Dirigido a otro conejo (a)
chorro	posición normal, orejas erectas, inmovilidad y expulsión de orina.	grande	no
chisguete	exploración con olfateos, levantamiento del trasero, expulsión de orina en chisguete.	pequeño	no
rocío	olfateo, orejas erectas, levantamiento del trasero, brinco y giro dirigido al conoespecífico, expulsión de orina.	pequeño	sí
goteo	olfateo, posición de alerta, expulsión de gotas de orina (puede ser en movimiento o estático).	pequeño	no

Tabla 1. Formas conductuales de expulsar orina en la hembra de *Oryctolagus cuniculus* (Martínez-Gómez y cols. 2004).

### 2.3. Sistema urogenital de la coneja

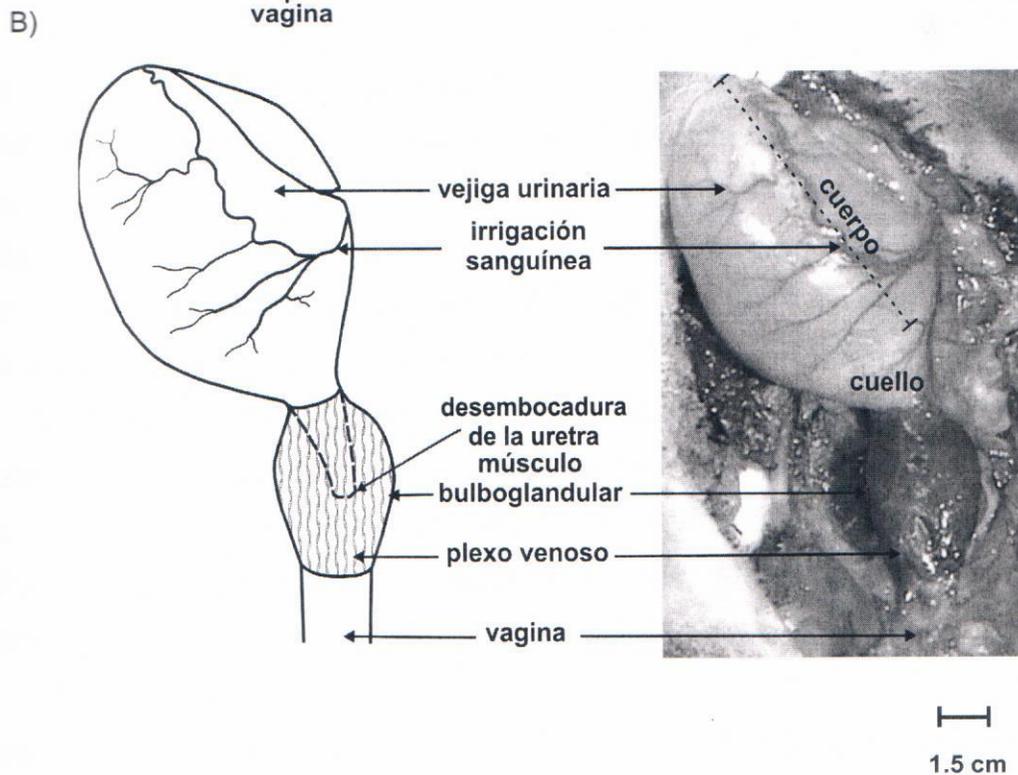
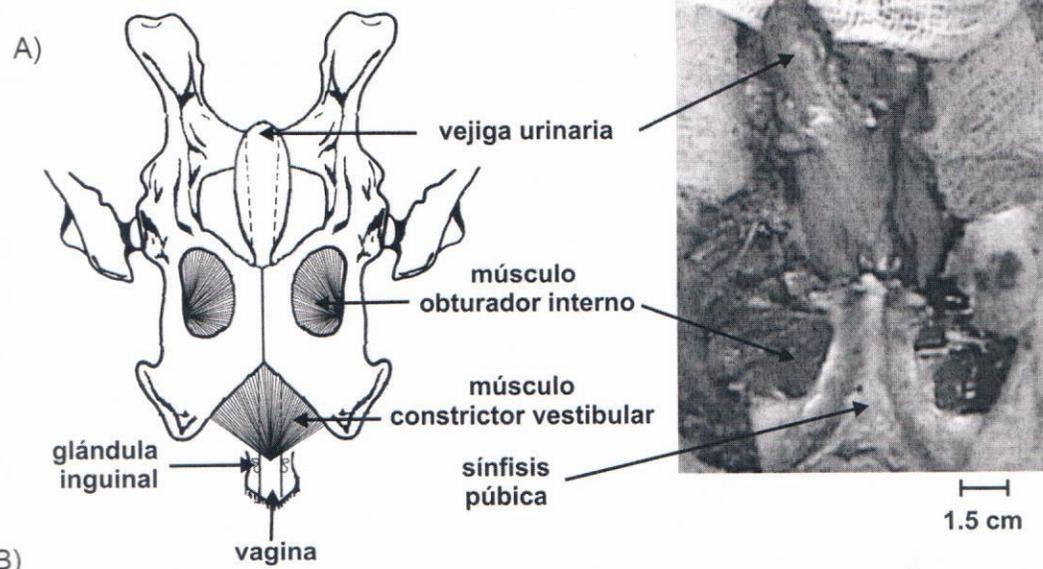
En la coneja el *sistema urogenital* se caracteriza por la desembocadura de la uretra en la pared ventral de la vagina que se ubica en la cavidad pélvica; adyacente a la vagina se localizan músculos estriados bien desarrollados. La vagina mide aproximadamente 18 cm, una porción de 3 cm protruye la cavidad pélvica. A la región protruida se le ha llamado vagina perineal, en su parte ventral se ubican músculos estriados bien desarrollados (Cruz y cols. 2002). La porción de la vagina situada en la cavidad pélvica se le denomina vagina pélvica (4 cm) y en su parte ventral se localiza el plexo venoso. Al resto de la vagina se le nombra vagina abdominal (11 cm) y se extiende desde la parte superior de la sínfisis púbica hasta los cervices (Fig. 5).



*Fig. 5. Vista ventral del sistema urogenital de la coneja adulta. Se observa que en la pared ventral de la vagina pélvica desemboca la uretra. Dorsal a la vagina se localizan los músculos iliococcígeo y pubococcígeo. En la parte ventral de la vagina perineal se observan los músculos bulboesponjoso e isquiocavernoso (modificado de Cruz y cols. 2002).*

La vejiga urinaria se ubica a la altura de la región caudal de la vagina abdominal aproximadamente a 63 mm de los cervices (Fig. 5). La vejiga vacía mide aproximadamente 40 mm de largo y 23 mm de ancho (Fig. 6 A), en la parte lateral se encuentra irrigada. Anatómicamente se observan dos regiones: el cuerpo y el cuello (Fig. 6 B). En la región dorsal del cuello desembocan los uréteres que salen de los riñones.

La uretra desemboca en la línea media de la pared ventral de la vagina pélvica donde inicia el plexo venoso que a su vez está cubierto por el delgado músculo bulboglandular (Fig. 6 B). La uretra mide en promedio 33 mm de longitud.



**Fig. 6.** Sistema urogenital de la coneja doméstica. A) Vista ventral de la vejiga urinaria vacía. B) Vista lateral de la vejiga urinaria y la desembocadura de la uretra. En el esquema se muestra que la uretra desemboca en la vagina pélvica cubierta por el plexo venoso. A su vez el plexo venoso se encuentra cubierto por el músculo bulboglandular. En la foto se observa el cuerpo y cuello vesical (modificado de Corona 2002).

## 2.4 Musculatura estriada pélvica y perineal relacionada anatómicamente al sistema urogenital de la coneja

En la coneja algunos estudios anatómicos han descrito la musculatura estriada pélvica y perineal asociada al tracto urogenital (Barone y cols. 1973, Popesko 1990, Martínez-Gómez y cols. 1997). A continuación se describe el origen y la inserción de dichos músculos descrito por Martínez-Gómez y cols. (1997).

### **Músculos pélvicos**

**Músculo coccígeo.** Las fibras de este músculo forman una lámina triangular que se origina en la superficie medial del hueso pélvico y se extienden medialmente en dirección ventrodorsal para insertarse sin apariencia tendinosa sobre las apófisis transversas de la segunda, tercera y cuarta vértebra sacra y la primera vértebra coccígea (Fig. 7). Este músculo está innervado por una rama del nervio espinal S2 después de su conexión anastomótica con S3 (Fig. 9). La estimulación eléctrica bilateral del músculo produce tensión en ellos.

**Músculo iliocaudal (iliococcígeo).** Las fibras de este músculo se originan en la cara medial del hueso pélvico y viajan en dirección rostrocaudal y ventrodorsal, pasando muy cerca de las paredes laterales de la vagina y del recto para insertarse mediante un largo y fuerte tendón sobre la apófisis transversa de la quinta vértebra coccígea (Fig. 7).

Este músculo está innervado por una rama del nervio espinal S3 después de su conexión anastomótica con S2 (Fig. 9). La estimulación eléctrica unilateral del músculo produce una tracción claramente visible de la porción protuida de la vagina y del recto. La estimulación bilateral produce rigidez de la cola pero ningún movimiento visible en otra estructura.

**Músculo pubocaudal (pubococcígeo).** Las fibras de este músculo surgen de la cara medial del hueso pélvico, inmediatamente adyacente al músculo iliococcígeo. Sus fibras corren paralelas y dorsal al músculo iliococcígeo para insertarse mediante tres tendones sobre las apófisis transversas de la sexta, séptima y octava vértebras

coccígeas (Fig. 7). Este músculo también está inervado por una rama del nervio espinal S3 después de su conexión anastomótica con S2 (Fig. 9). La estimulación eléctrica unilateral produce una fuerte abducción ipsilateral de la cola y tracción de la vagina y del recto, igual que con la estimulación del músculo iliococcígeo. La estimulación bilateral produce rigidez y temblor de la cola, pero ningún movimiento visible en otras estructuras.

**Músculo obturador interno.** Este músculo se origina como un fuerte arco de fibras que surgen de la cara interna del hueso pélvico, a lo largo de la sínfisis púbica y del arco isquiático. Las fibras forman dos láminas adyacentes con forma de abanico que viajan lateralmente en dirección ventro-dorsal para converger en dos fuertes tendones que se insertan debajo del trocánter mayor del fémur (Fig. 7). Aunque la inervación de este músculo no fue investigada en este estudio, se ha citado que la inervación de los músculos obturador interno y obturador externo está dada por ramas de los nervios espinales L5, L6 y L7 (Langley y Anderson, 1896). La estimulación eléctrica unilateral de cualquier parte del músculo produce movimientos ipsilaterales en la pierna (Martínez-Gómez y cols. 1997).

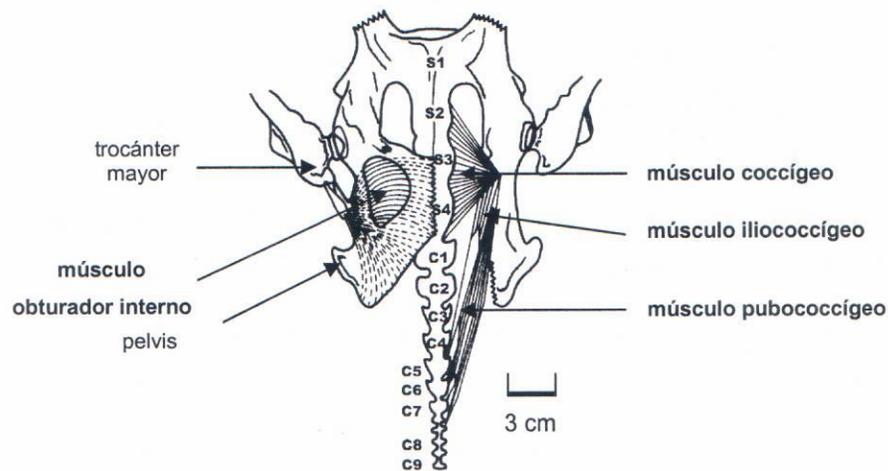


Fig. 7. Vista ventral de la región pélvica de una coneja adulta. Se muestra la posición de los músculos pélvicos (cocciógeo, iliococcígeo, pubococcígeo y obturador interno). A la izquierda, el hueso pélvico ha sido removido; S, vértebras sacras. C, vértebras coccígeas (modificado Martínez-Gómez y cols. 1997).

**Músculo bulboglandular.** Este músculo está compuesto por una red muy fina de fibras que surgen del tejido conectivo y de la fascia asociada con la vejiga urinaria (Fig. 8 A). El músculo corre ventrodorsalmente envolviendo al plexo venoso, a las glándulas vestibulares, a la uretra y a la vagina, llegando a la porción rostral de los músculos bulboesponjoso e isquiocavernoso. El músculo parece estar inervado por una rama del nervio espinal S3 después de su conexión anastomótica con S2 (Fig. 9). La estimulación eléctrica de cualquier parte de este músculo, pero particularmente de la porción caudal, produce la compresión del plexo venoso y las glándulas vestibulares contra las paredes vaginales y uretrales.

### **Músculos perineales**

**Músculo constrictor vestibular.** Este músculo largo cubre la porción protruida de la vagina y forma una larga lámina en forma de abanico que corre rostrocaudalmente desde el borde del arco isquiático y la línea media ventral de la vagina para unirse al tejido conectivo de la piel perineal (Fig. 8 B). El músculo parece estar inervado por una rama de S3 (Fig. 9), que viaja a lo largo de la superficie interna del músculo en dirección rostrocaudal. La estimulación eléctrica bilateral produce retracción de la vaina clitoral, contracción de las paredes del recto y la vagina, y movimiento (probablemente también contracción) de las glándulas inguinal y anal. La estimulación unilateral provocó movimiento ipsilateral en dichas estructuras.

**Músculo bulboesponjoso e isquiocavernoso.** Localizados inmediatamente debajo del músculo constrictor vestibular, estos dos pares de músculo pueden ser identificados (Fig. 5, 8 B) como láminas de fibras separadas: las dos partes mediales forman a los bulboesponjosos y las laterales a los isquiocavernosos, localizados más dorsalmente. Ambos pares de músculos se originan del borde caudal del arco isquiático y corren rostrocaudal y ventrodorsalmente para converger en la línea media ventral de la vagina. Los músculos parecen estar inervados por ramificaciones separadas del nervio espinal S2 después de su conexión anastomótica con S1 y S3 (Fig. 9). La estimulación eléctrica unilateral de cada músculo produce movimientos

ipsilaterales de la vaina clitoral, mientras que la estimulación bilateral provoca retracción y rigidez de la vaina, exponiendo la entrada vaginal.

**Músculo constrictor vulvar.** Este músculo consiste de dos partes, una lámina rostral y una caudal un poco más gruesa. Ambas se originan de la línea media ventral de la vagina para formar una estructura dura como banda alrededor de un cm de ancho. Las fibras corren en dirección ventrodorsal para conectarse a la línea media del recto donde convergen con las fibras del esfínter externo del ano (Fig. 8 A). La estimulación eléctrica tanto uni como bilateral provocó contracciones de las paredes rectal y vaginal. Este músculo parece estar inervado por una rama de S3 (Fig. 9).

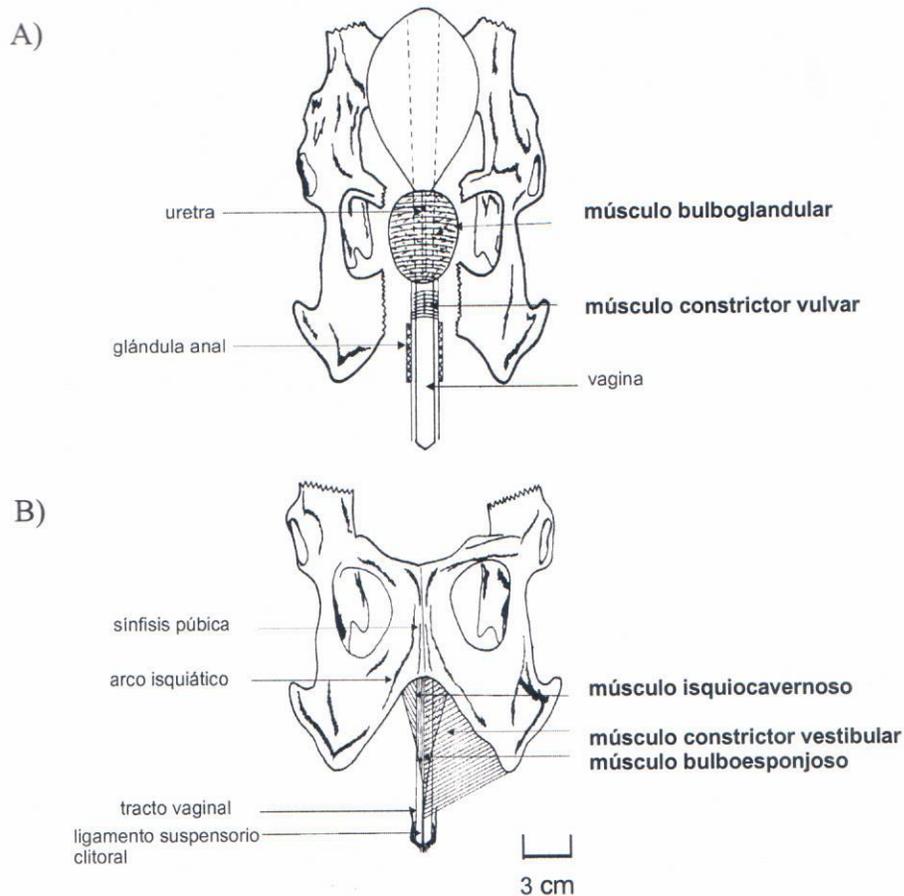


Fig. 8. Vista ventral de la región pélvica de una coneja adulta. A) Se ha removido el hueso pélvico para mostrar la posición del músculo bulboglandular y constrictor vulvar. B) Se muestra la localización de los músculos perineales (Martínez-Gómez y cols. 1997).

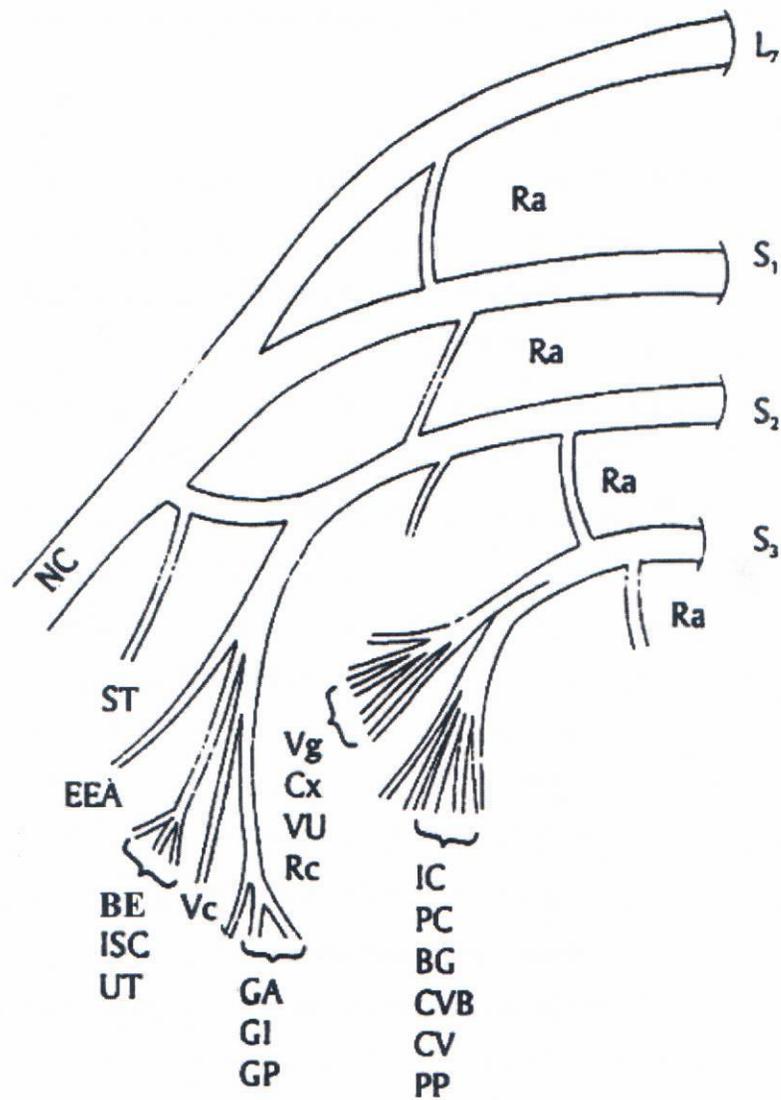


Fig. 9. Representación esquemática de la inervación del área pélvica y perineal de la coneja. Ra, rama anastomótica; GA, glándula anal; BG, músculo bulboglandular; BE, músculo bulboesponjoso; Vc, vaina clitoral; CV, músculo constrictor vulvar; CVB, músculo constrictor vestibular; Cx, cérvix; EEA, esfínter externo del ano; IC, músculo iliococcígeo; GI, glándula inguinal; ISC, músculo isquiocavernoso, PC, músculo pubococcígeo; GP, glándula prepucial; PP, piel perineal; Rc, recto; NC, nervio ciático; ST, músculo semitendinoso; VU, vejiga urinaria; UT, uretra; Vg, vagina (Martínez-Gómez y cols. 1997).

## 2.5 Actividad electromiográfica de la musculatura estriada pélvica y perineal

Recientemente se ha registrado en la coneja que la estimulación vaginocervical induce actividad electromiográfica refleja de la musculatura estriada pélvica y perineal. En conejas no gestantes la estimulación mecánica de las regiones de la vagina activa diferencialmente a los músculos abdominales, pélvicos y perineales. Para ello, se estimuló la vagina con un embolo (tratando de simular la estimulación natural que el pene proporciona a la hembra durante la cópula). La estimulación indujo actividad electromiográfica refleja de los músculos perineales (bulboesponjoso e isquiocavernoso, Fig. 10 A) y pélvicos (iliococcígeo y pubococcígeo). En contraste, la estimulación de la vagina abdominal activa a los músculos perineales constrictor vulvar y constrictor vestibular. Mientras la estimulación de la vagina pélvica, además de estos músculos, activa al músculo obturador interno y al músculo iliococcígeo (Cruz 2002, Cruz y cols. 2002, Martínez-Gómez y cols. 2003).

Si se distiende la vagina perineal con un globo inflado también se induce actividad muscular refleja diferencial (Fig. 10 B). La diferencia de la respuesta a la estimulación con un embolo fue que la distensión de la vagina pélvica y abdominal con un globo sólo activó algunos músculos perineales y la estimulación cervical parece ser inhibitoria para la mayoría de los músculos pélvicos.

En conejas gestantes a término también se obtuvieron registros similares de la actividad muscular. Es decir, las conejas fueron anestesiadas y a través de la aplicación de oxitocina se indujo el parto, simultáneamente la actividad de los músculos perineales se registró y se observó que es similar a la registrada durante la distensión de la vagina con un globo (Fig. 10 C, Cruz 2002, Martínez-Gómez y cols. 2003).

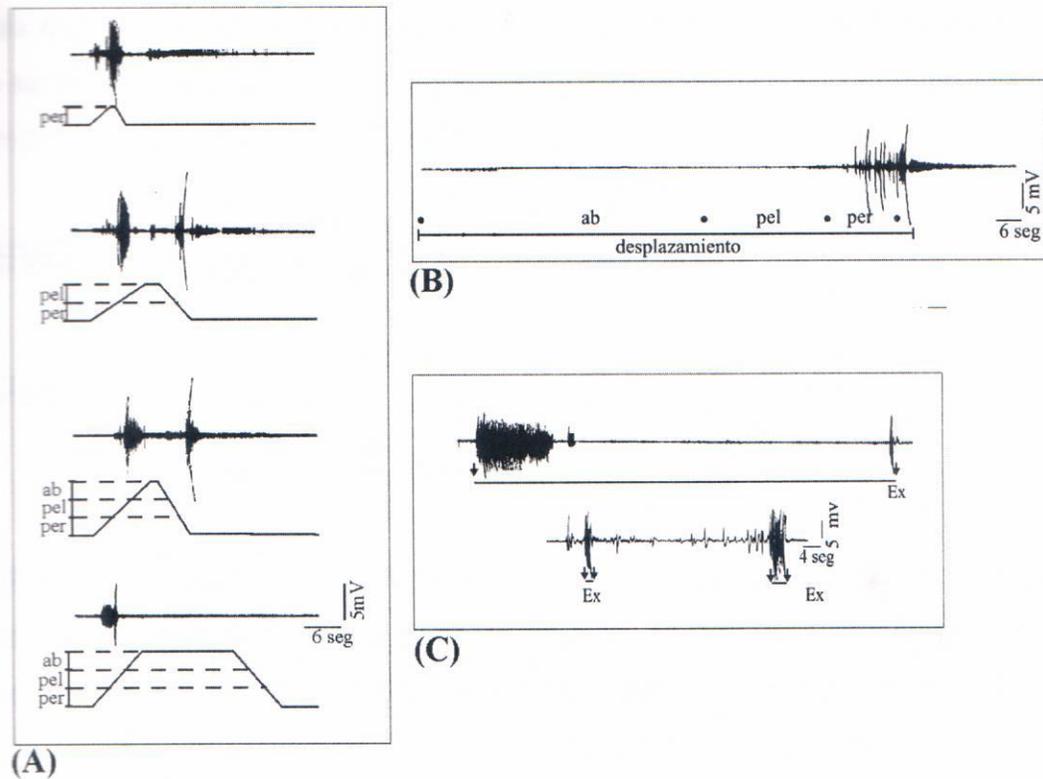


Fig. 10. Actividad electromiográfica del músculo bulboespongioso. En hembras no gestantes se muestra la actividad electromiográfica durante la estimulación de las regiones vaginales con un émbolo (A); o por la distensión vaginal con un globo inflado (B). La línea debajo de los registros señala la región vaginal estimulada (per=perineal, pel=pélvica, ab=abdominal). En conejas gestantes a término se obtiene actividad electromiográfica; en el registro superior cuando se expulsa la primera cría y en el inferior durante la expulsión rápida de crías retenidas durante cinco segundos (C); (Ex=cría expulsada, tomado de Martínez-Gómez y cols. 2003).

En relación con la actividad de los músculos estriados durante el proceso de micción se ha mostrado que en conejas adultas el esfínter externo de la uretra aumenta su actividad de forma gradual durante el almacenamiento de la orina y disminuye cuando inicia la expulsión (Hiraizumi y cols. 1987, Fig. 11). Tal patrón de actividad es similar al observado en mujeres con micción normal.

Es factible que en conejas otros músculos estriados diferentes al esfínter externo de la uretra se activen durante la micción, como se ha descrito que lo hacen durante el parto (Cruz 2002, Martínez-Gómez y cols. 2003).



Fig. 11. Reflejo de micción en conejas. Se observa el aumento gradual de la actividad del esfínter externo de la uretra durante la fase de almacenamiento, esta actividad disminuye cuando inicia la contracción vesical, para desencadenar el reflejo de micción (Pves = presión intravesical, tomado de Hiraizumi y cols. 1987).

Estudiar en la coneja doméstica la actividad refleja de la musculatura estriada pélvica y perineal durante el proceso de micción representa una oportunidad para aportar información básica sobre la fisiología femenina de dicho proceso. Además, se podrán realizar comparaciones entre especies que proporcionen una mejor idea del rango de diversidad y adaptación funcional que presenta en las hembras de mamíferos.

### **3. HIPÓTESIS**

Los músculos pubococcígeo, isquiocavernoso y bulboesponjoso se activan a distintas fases del proceso de micción inducida de la coneja doméstica.

### **4. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la actividad electromiográfica de los músculos pubococcígeo, isquiocavernoso y bulboesponjoso durante el proceso de micción inducida de la coneja doméstica.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Animales

Se usaron 25 conejas nulíparas adultas (6-10 meses de edad) de la raza chinchilla, las cuales se mantuvieron alojadas en jaulas individuales de acero inoxidable (50 x 60 x 40 cm) bajo condiciones estándar de bioterio con ciclo luz-oscuridad de 16:8 h (la luz se encendía a las 6:00 am) a temperatura de  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ , con alimento Purina Coneja Chow y agua *ad libitum*.

### 5.2 Disección

Las hembras fueron anestesiadas con uretano (Sigma Chemical, USA; 0.9 g/Kg. diluido al 20% en agua destilada) administrado por vía intraperitoneal. Para la localización de las vísceras del sistema urinario inferior las hembras fueron colocadas en posición decúbito dorsal. Se les realizó una incisión en la pared abdominal para exponer la vejiga urinaria, si se encontraba llena de orina se presionaba ligeramente con la mano para vaciarla. Posteriormente según la descripción anatómica de Martínez-Gómez y cols. (1997) se localizaron los músculos pubocococígeo, isquiocavernoso y bulboesponjoso. Las disecciones y observaciones se realizaron con la ayuda de un estereomicroscopio Nikon SMZ-2T.

### 5.3 Registro simultáneo de cistometrogramas y electromiogramas

Para el registro de los cistometrogramas (CMG's) se utilizó la técnica descrita por Maggi y cols. (1986) con algunas modificaciones. Una vez localizada la vejiga urinaria se insertó en el ápice vesical una aguja conectada a un catéter que le suministraba una infusión constante de 0.8-1.0 ml/min de solución salina al 9 % a  $39^\circ\text{C}$  después se suturaban los músculos y la piel abdominal. El catéter estaba conectado a un transductor de presión Statham Hato Rey, P23BC el cual registraba las variaciones de presión intravesical. El transductor estaba conectado a un amplificador Grass 7 P1 DC y éste a un polígrafo Grass 7DA que enviaba la señal al programa Polyview 2.5

(Grass) instalado en una computadora de escritorio Pentium IV que capturó y almacenó la información. La infusión de solución salina se aplicó a la vejiga urinaria de manera continua hasta observar su expulsión. Con el fin de determinar la actividad electromiográfica desencadenada reflejamente durante el registro de CMG's se realizaron electromiogramas (EMG's). Para ello, en los músculos analizados se insertaron electrodos bipolares de acero inoxidable (0.1 mm de diámetro). Los electrodos fueron conectados a un amplificador Grass P511 AC y éste a otro canal del polígrafo y del programa Polyview (Fig. 12).

Los CMG's se caracterizaron en dos fases: almacenamiento y expulsión, como se ha descrito para los seres humanos. En la fase de almacenamiento se midió la capacidad vesical en mililitros (cantidad de solución salina infundida a la vejiga). En la fase de expulsión se caracterizó en tres etapas: 1) elevación inicial o presión umbral, 2) meseta o presión máxima y 3) caída rápida de la presión intravesical o disminución de la presión. Durante esta fase se midió la presión umbral, la presión máxima en milímetros de mercurio (mmHg), la duración de la fase de expulsión en segundos (seg), el volumen expulsado (ml) y el volumen residual (ml). Adicionalmente se midió el intervalo entre reflejos de micción en minutos (min). De los datos obtenidos se obtuvieron en promedio seis reflejos por coneja. Los datos fueron promediados y se obtuvo la desviación estándar.

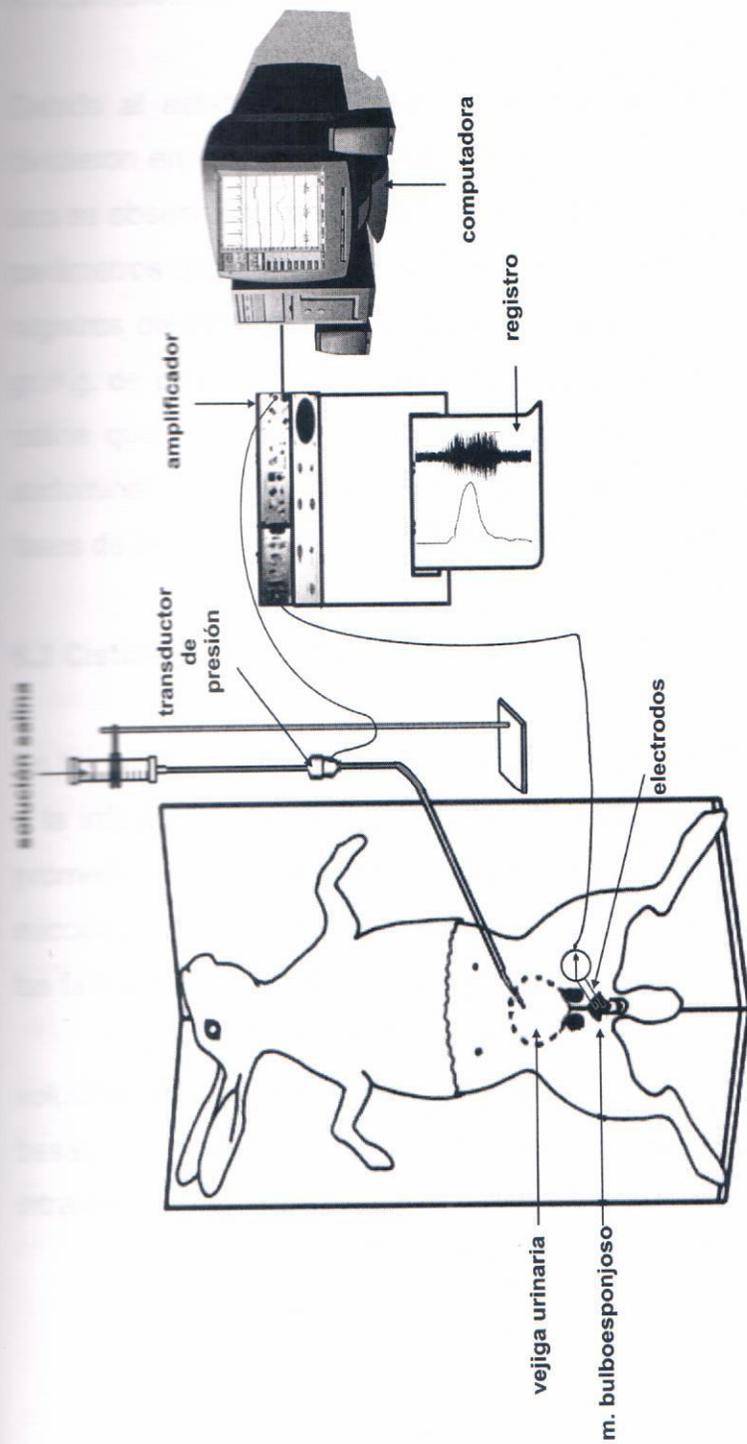


Fig. 12. Esquema del registro simultáneo de CMG y EMG's en conejas anestesiadas con uretano. Con una aguja la solución salina se suministró a la vejiga urinaria para inducir el reflejo de expulsión, el transductor de presión censó las variaciones de presión intravesical y los electrodos registraron la actividad de los músculos. Tanto las variaciones de presión intravesical como la actividad muscular fueron captadas por amplificadores y una computadora que almacenaba la información con el programa Polyview 2.5 (Grass).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Establecimiento de la técnica

Debido al establecimiento de la técnica de cistometrogramas, las 25 conejas se dividieron en dos grupos: grupo 1 (n=17) y grupo 2 (n=8). En los registros del grupo uno se observó inhibición de la fase de expulsión y variabilidad en las medidas de los parámetros urodinámicos. Para evitarlo se realizaron ajustes en la técnica durante los registros de este grupo. Así, con este grupo se estableció la dosis de uretano al 0.9 gr./Kg. de peso, la temperatura de la solución salina a 39 °C, la cantidad de solución salina que se infunde a la vejiga urinaria de 0.8-1ml/min y el registro a cavidad abdominal cerrada. Una vez establecida la técnica, en el grupo dos se observaron las fases de la micción y se midieron siete parámetros urodinámicos (Tabla 2).

### 6.2 Cistometrogramas (CMG's)

En las conejas del segundo grupo se obtuvieron 48 registros de CMG's en respuesta a la infusión de la vejiga urinaria. Por cada coneja se obtuvieron seis registros en promedio. En los CMG's se observaron las dos fases características del proceso de micción: la de almacenamiento y la de expulsión (Fig. 13 A). Los datos obtenidos en las fases de los CMG's se resumen en la Tabla 2.

En la *fase de almacenamiento* la vejiga urinaria almacenó  $13.75 \pm 2.03$  ml de solución salina sin que se observaran contracciones del músculo detrusor (presión basal). Por ello, en los CMG's no se registraron grandes cambios de presión intravesical (Fig. 13 A).

Parámetros	$\bar{X} \pm D.E.$
Capacidad vesical (ml)	13.75 $\pm$ 2.03
Volumen expulsado (ml)	10.13 $\pm$ 0.86
Duración de la fase de expulsión (seg)	23.82 $\pm$ 1.62
Intervalo entre cada fase de expulsión (min)	8.81 $\pm$ 1.74
Presión máxima (mmHg)	42.17 $\pm$ 3.45
Presión umbral (mmHg)	5.82 $\pm$ 0.82
Volumen residual (ml)	3.00 $\pm$ 0.73

Tabla 2. Parámetros urodinámicos obtenidos en respuesta a la infusión de solución salina en la vejiga urinaria en conejas anestesiadas. Los valores de cada parámetro son expresados en medias ( $\bar{X}$ )  $\pm$  desviaciones estándar (D.E.).

En la fase de expulsión se observó que al inicio de la contracción del músculo detrusor simultáneamente la parte distal de la vaina clitoral realiza algunos movimientos laterales, segundos después la solución salina es expulsada por el orificio urogenital. La duración promedio de esta fase fue de 23.82  $\pm$  1.62 seg. Durante esta fase fue posible distinguir tres etapas:

- 1) Presión umbral. Al inicio de la fase de expulsión, en los CMG's se registró un pequeño aumento de presión intravesical de 5.82  $\pm$  0.82 mmHg sin expulsión del fluido vesical (Fig. 13 A).
- 2) Presión máxima. En esta etapa se registró un aumento de presión máxima de 42.17  $\pm$  3.45 mmHg que corresponde a la contracción de la vejiga urinaria (Fig. 13 A). Al mismo tiempo se observó la expulsión de 10.13  $\pm$  0.86 ml de solución salina por el orificio urogenital. En el registro de la presión máxima no se observaron oscilaciones de alta frecuencia (características de los registros en la vejiga urinaria de la rata macho). Durante el registro de aumento de presión máxima se obtuvieron diez CMG's de tres conejas que muestran dos picos. La expulsión de la solución salina se observó en el segundo pico (Fig. 14).

Disminución de la presión. Al final de la fase de expulsión se registró que la presión intravesical disminuía, es decir, la presión regresó a la presión basal (Fig. 13 A). En algunos registros se observó la expulsión de algunas gotas de solución salina.

Las etapas fueron observadas en todas las fases de expulsión. El intervalo de tiempo que transcurre entre cada una de las fases de expulsión fue de  $8.81 \pm 1.74$  min (Fig. 13 B). En cuatro CMG's de dos conejas se observó hasta tres veces continuas la fase expulsión. El intervalo de tiempo que se midió fue de 7 segundos (Fig. 15), siendo éste un registro que consideramos atípico de la coneja.

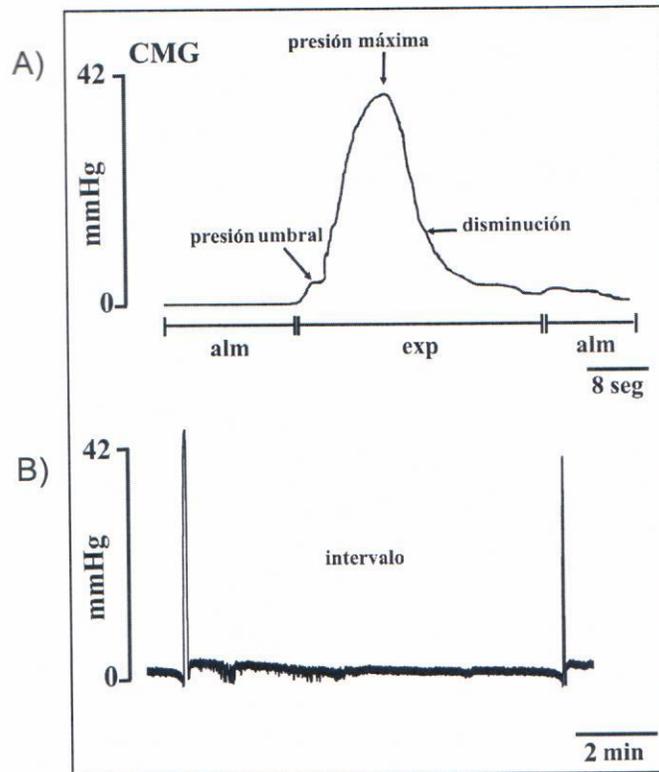


Fig. 13. Cistometrogramas (CMG's) obtenidos en la coneja anestesiada durante la infusión de la solución salina a la vejiga urinaria. A) Nótese que al final de la fase de almacenamiento se registró la presión umbral, seguida del aumento de presión máxima correspondiente a la contracción del músculo detrusor y a la expulsión de la solución salina. B) El intervalo de tiempo entre cada fase de expulsión fue de  $8.81 \pm 1.74$  min. Para observar el intervalo se cambió la escala. alm= almacenamiento y exp= expulsión.

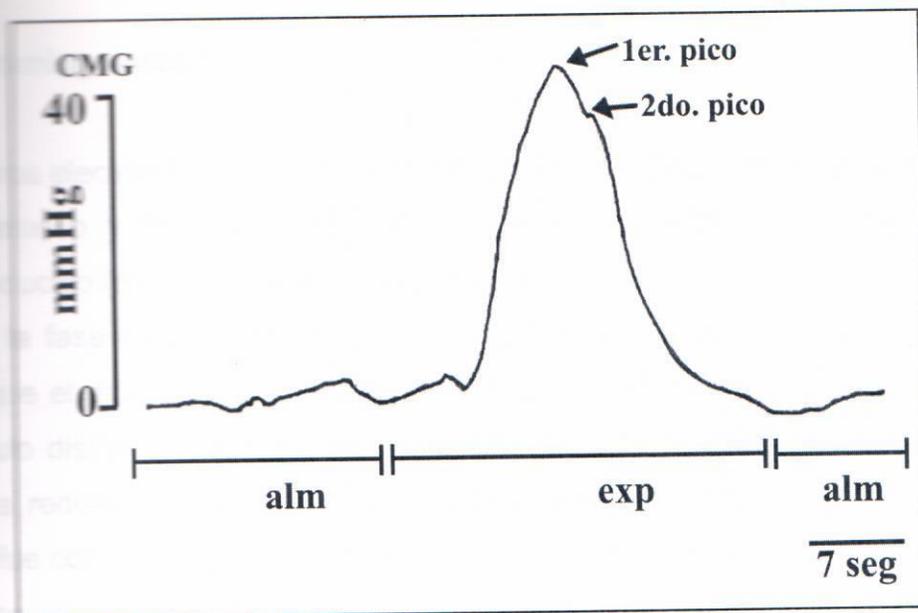


Fig. 14. Cistometrograma donde se registraron dos picos durante el aumento de presión máxima. La expulsión de la solución salina correspondió al segundo pico.

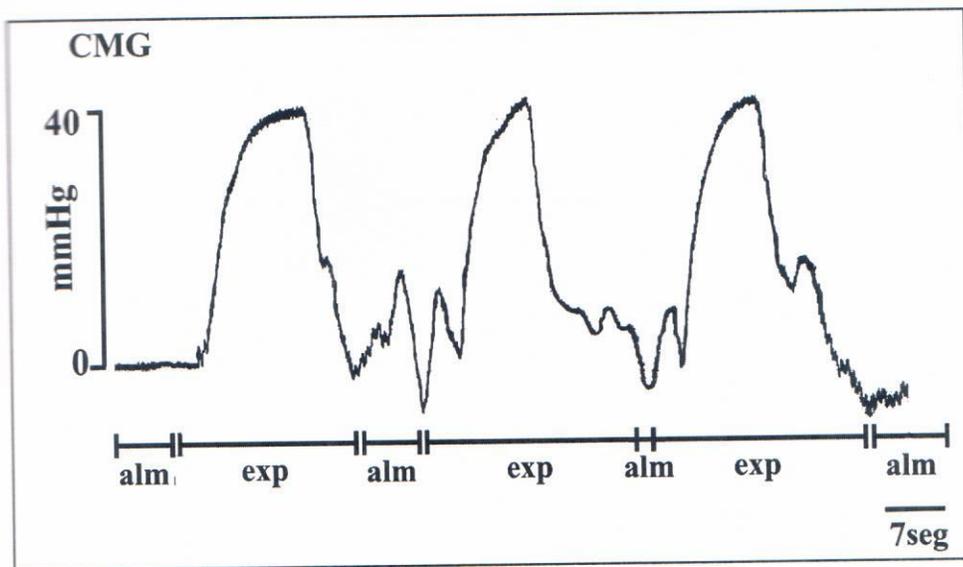


Fig. 15. Registros cistometrográficos obtenidos en cuatro registros de dos conejas anestesiadas. Se observa que entre cada fase de expulsión (exp) el intervalo de tiempo disminuye en comparación al registro de la Fig. 14 B.

## Electromiogramas (EMG's)

Los registros electromiográficos mostraron que los músculos estriados pubococcígeo, bulbocavernoso y bulboesponjoso se activan a diferentes fases del proceso de micción inducido (almacenamiento y expulsión).

En la fase de almacenamiento de la solución salina en la vejiga urinaria se observó que el *músculo pubococcígeo* se activa. En la fase de expulsión la actividad del músculo disminuyó. Y después de la expulsión de la solución salina, cuando la presión se redujo, el músculo reinició su actividad (Fig. 16, 17 A). Este patrón de actividad fue constante durante los registros simultáneos de CMG's y EMG's. Aunque en algunos registros se observó que la actividad del músculo fue más intensa y disminuyó cercana a la fase de expulsión similar a los demás registros, donde el músculo se mantuvo inactivo. Una vez que terminó la expulsión de la solución salina el músculo reinició su actividad (Fig. 17 B).

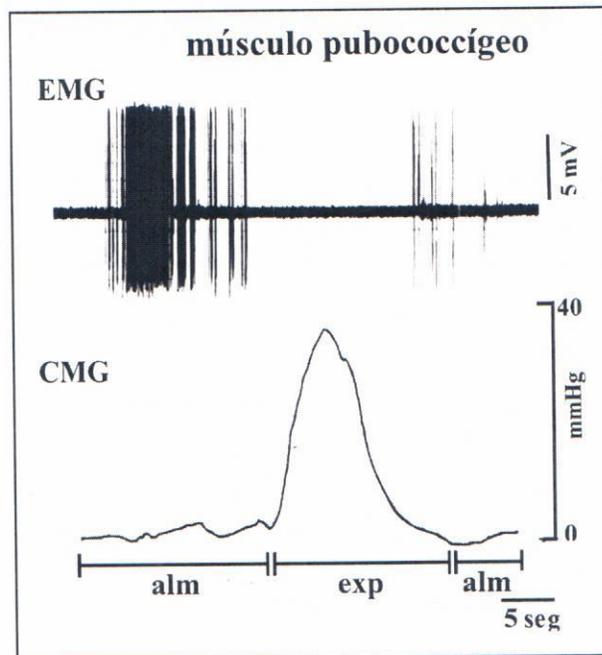


Fig. 16. CMG y EMG del músculo pubococcígeo obtenido con el Polyview durante la micción inducida de conejas anestesiadas.

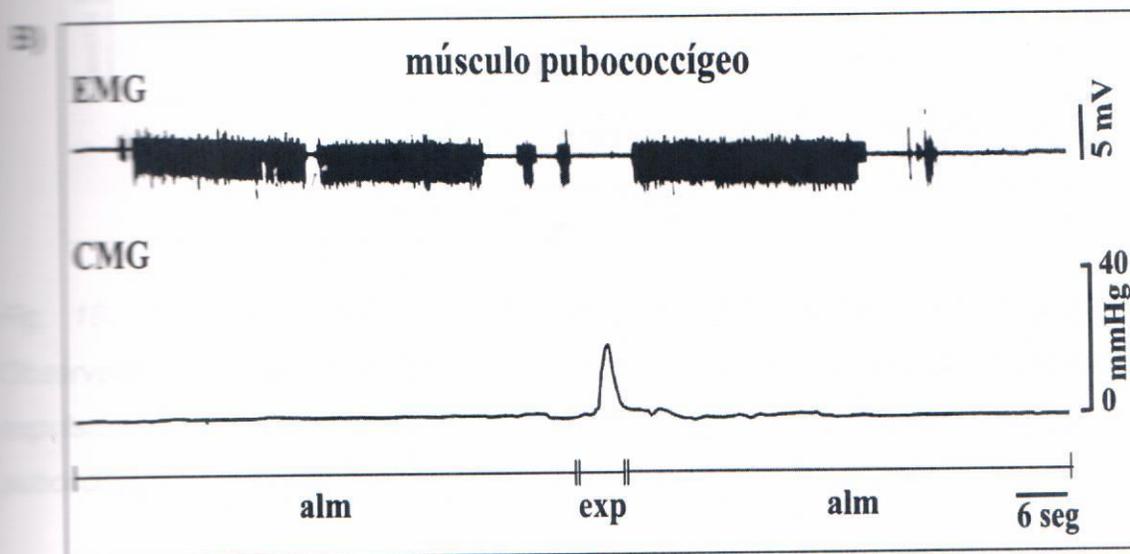
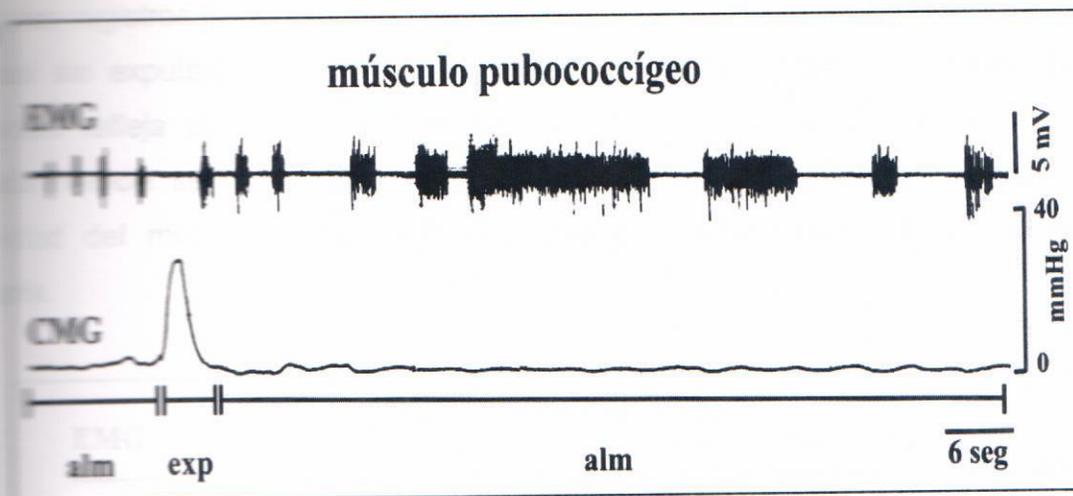


Fig. 17. Registros simultáneos de CMG's y EMG's del músculo pubococcígeo obtenidos en el polígrafo. A) y B) Los EMG's muestran que la mayor actividad del músculo es durante la fase de almacenamiento (alm) y no hay actividad en la fase de expulsión (exp).

En otros registros pertenecientes a tres conejas se observaron aumentos de presión vesical sin expulsión de la solución salina, al mismo tiempo se desencadenó la actividad refleja del músculo pubococcígeo. Esta actividad disminuyó cuando la presión vesical se redujo (Fig. 18). Estos datos más lo anterior sugieren que la actividad del músculo pubococcígeo ayuda al mantenimiento de la continencia urinaria.

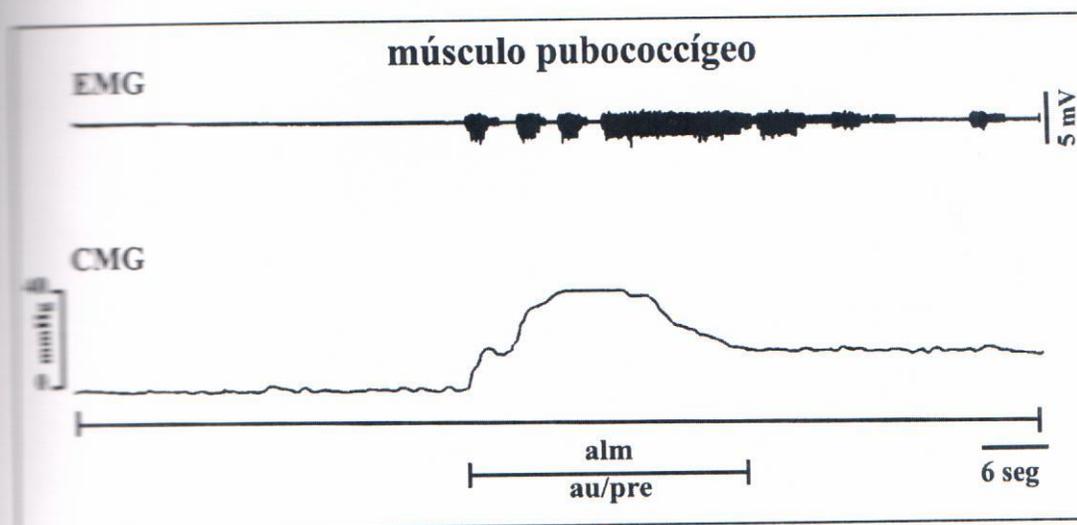
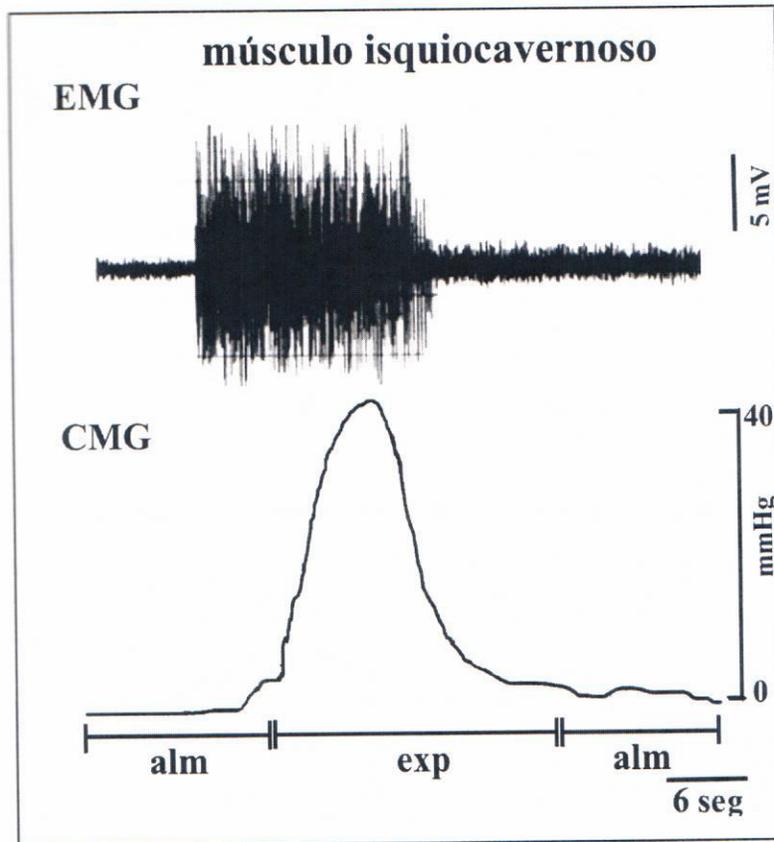


Fig. 18. Registros simultáneos de CMG y EMG del músculo pubococcígeo. Obsérvese que durante el CMG se registró aumento de presión intravesical sin expulsión de la solución salina al mismo tiempo que se registró actividad del músculo pubococcígeo. alm= almacenamiento, au/pre= aumento de presión.

Al final de la fase de almacenamiento, aproximadamente 4.24 seg antes de la fase de expulsión, se registró actividad del *músculo isquiocavernoso*. Esta actividad continuó durante la fase de expulsión (Fig. 19, 20 A). La duración de la actividad muscular fue de  $25.18 \pm 3.3$  seg.

En cinco registros se observaron aumentos de presión intravesical, pero no se relacionó con la expulsión de la solución salina, pero sí observamos movimientos de la parte distal de la vaina clitoral, disminución del orificio urogenital y actividad del *músculo isquiocavernoso* (Fig. 20 B).



*Fig. 19. CMG y EMG del músculo isquiocavernoso obtenido con el Polyview durante la micción inducida en conejas anestesiadas. Se observa que la actividad del músculo corresponde casi al final de la fase de almacenamiento y continúa durante la fase de expulsión. alm= almacenamiento y exp= expulsión.*

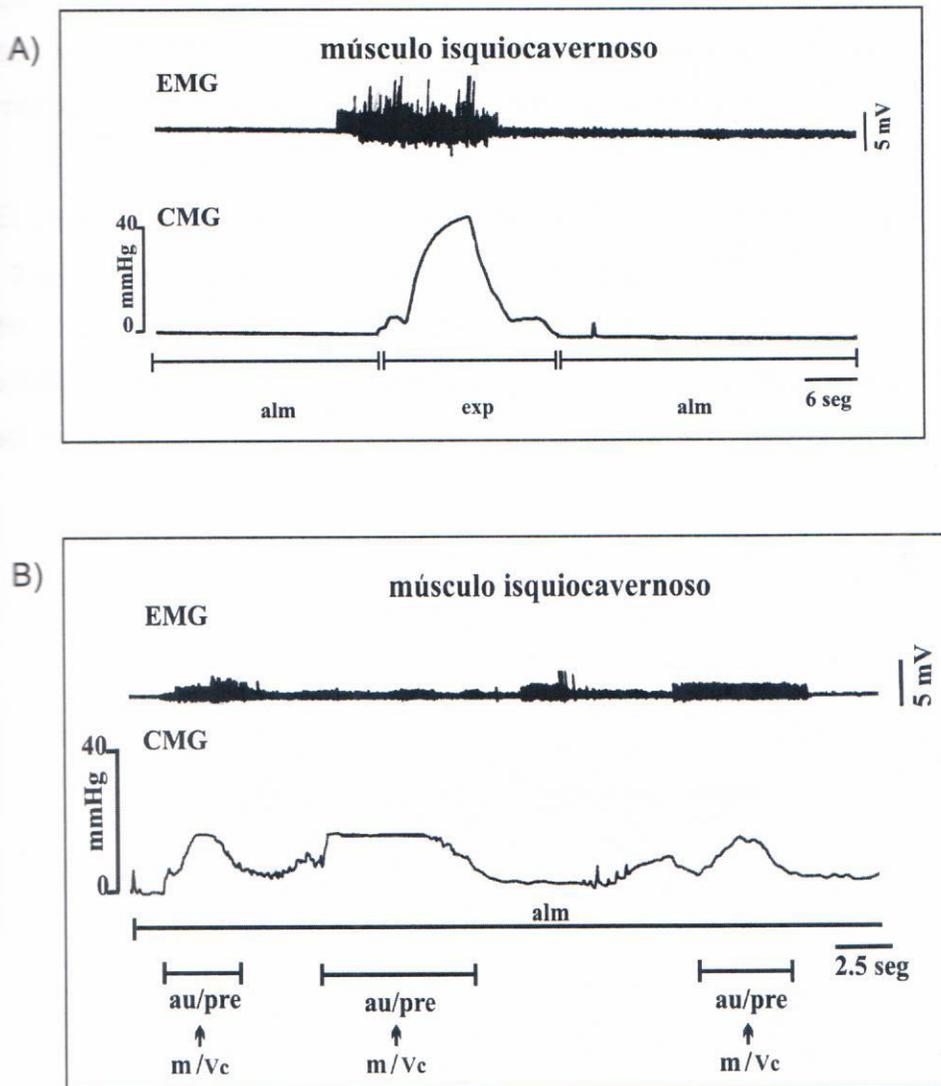


Fig. 20. Registros simultáneos de CMG's y EMG's del músculo isquiocavernoso obtenidos en el polígrafo. A) El músculo se activó casi al final de la fase de almacenamiento y durante la fase de expulsión. B) Durante cinco CMG's se observaron aumentos de presión sin expulsión de la solución salina, simultáneo a ello se registró la actividad del músculo y se observaron movimientos de la parte distal de la vaina clitoral (m/Vc). au/pre= aumento de presión.

En la fase de expulsión también se observó la actividad del *músculo bulboesponjoso*. Específicamente 1.92 seg después del aumento de presión máxima correspondiente a la expulsión de la solución salina por el orificio urogenital (Fig. 21, 22A).

El patrón de actividad muscular es constante durante el registro de CMG's debido a que si el intervalo de tiempo entre cada fase de expulsión es menor al promedio  $8.81 \pm 1.74$  min el *músculo bulboesponjoso* presenta el mismo patrón correspondiente a la fase de expulsión (Fig. 22 B). La duración promedio de la actividad del *músculo* fue de  $12.06 \pm 1.4$  seg.

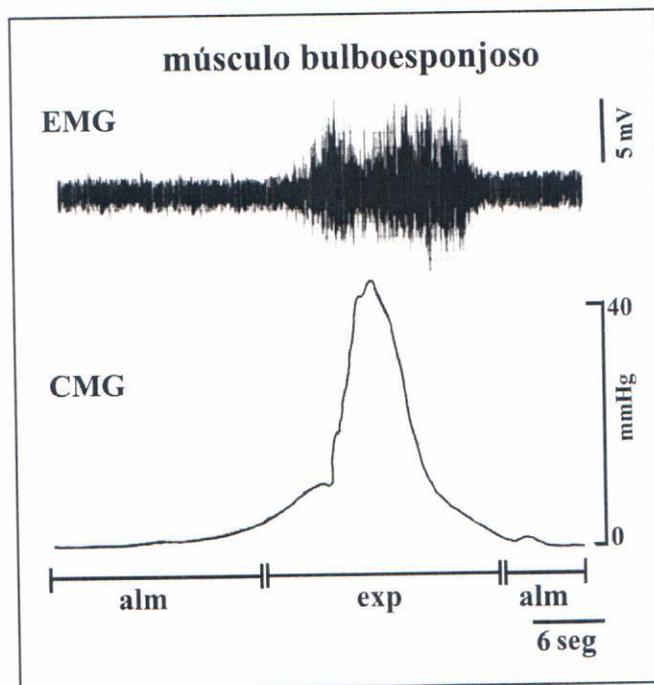


Fig. 21. CMG y EMG del *músculo bulboesponjoso* obtenido en el Polyview durante las fases de la micción inducida en conejas anestesiadas. La actividad del *músculo* se registró simultáneamente a la fase de expulsión (exp).

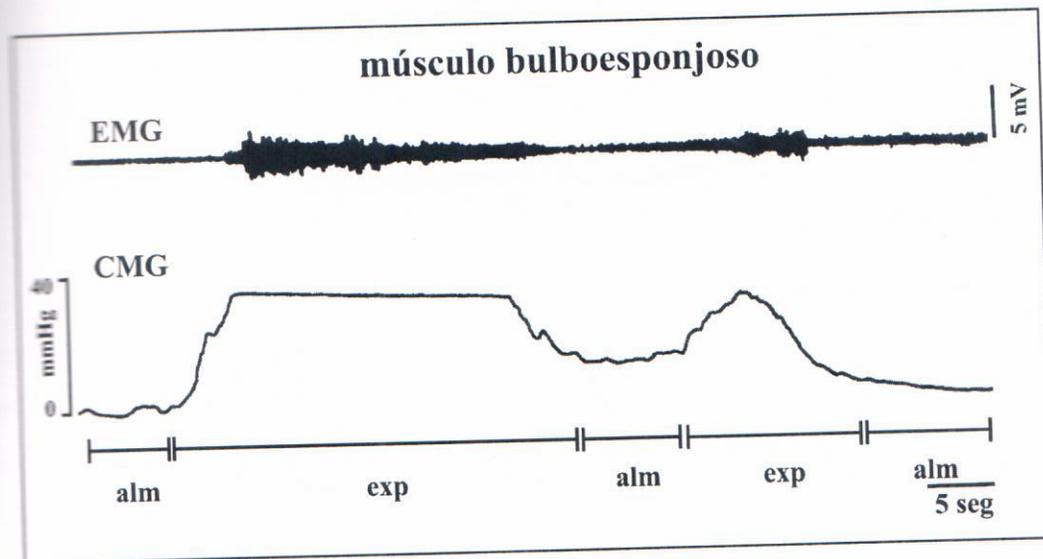
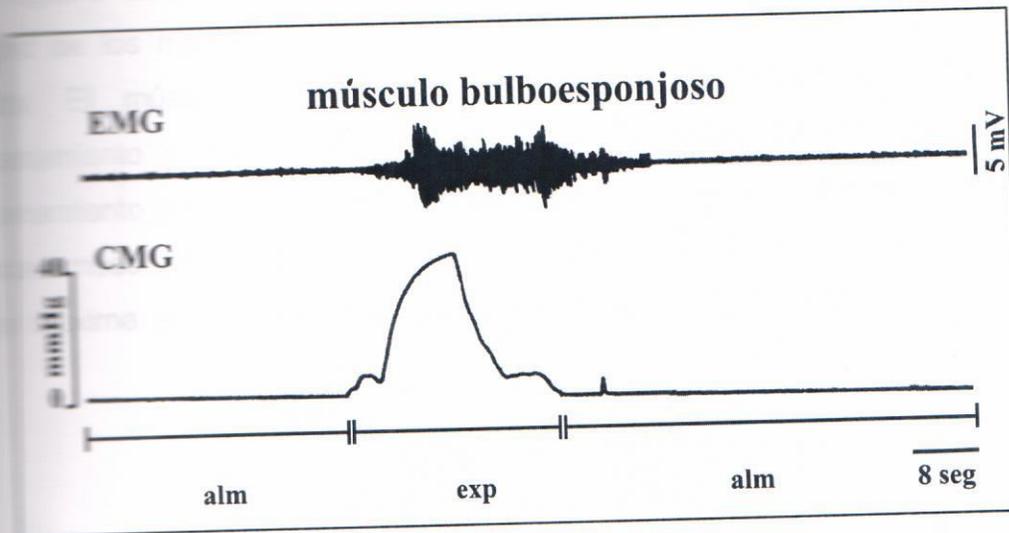


Fig. 22. Registros simultáneos de CMG's y EMG's del músculo bulboesponjoso durante la micción inducida obtenidos en el polígrafo. A) La actividad del músculo se inició durante el aumento de presión máxima, que correspondió a la fase de expulsión (exp). B) Obsérvese que el intervalo entre cada fase de expulsión es menor al promedio  $8.81 \pm 1.74$  min y simultáneamente el músculo presenta el mismo patrón de actividad que en el registro A. alm=almacenamiento, exp=expulsión.

En el registro electromiográfico de los tres músculos se observó que el patrón de actividad de los músculos se presenta en distintas fases del proceso de micción inducida. El músculo pubococcígeo presentó actividad durante la fase de almacenamiento y disminuyó en la fase de expulsión. Al final de la fase de almacenamiento y durante la fase de expulsión se registró la actividad del músculo isquiocavernoso. En la fase de expulsión, es decir, cuando se registró el aumento de presión máxima, el músculo bulboesponjoso se activó (Fig.23, 24).

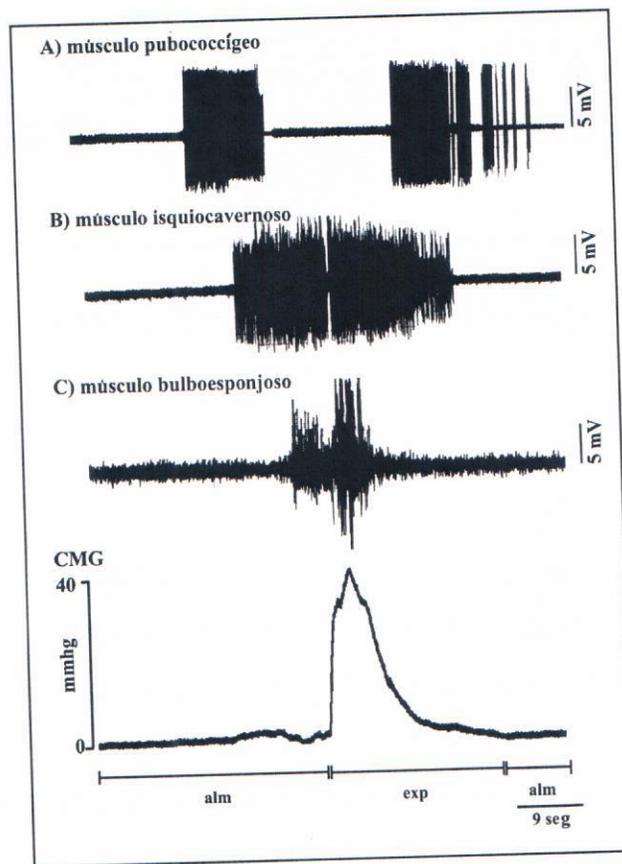


Fig. 23. Registro simultáneo de CMG y de EMG's en conejas anestesiadas. A) En la fase de almacenamiento el músculo pubococcígeo se activó y durante la fase expulsión se inactiva. B) Al final de la fase de almacenamiento e inició de la fase expulsión se observó actividad del músculo isquiocavernoso y C) Se observó que durante el aumento de presión máxima simultáneamente se registró la actividad del músculo bulboesponjoso. Obsérvese que los tres músculos se activan en distintas fases del registro cistometrográfico, alm= almacenamiento y exp= expulsión.

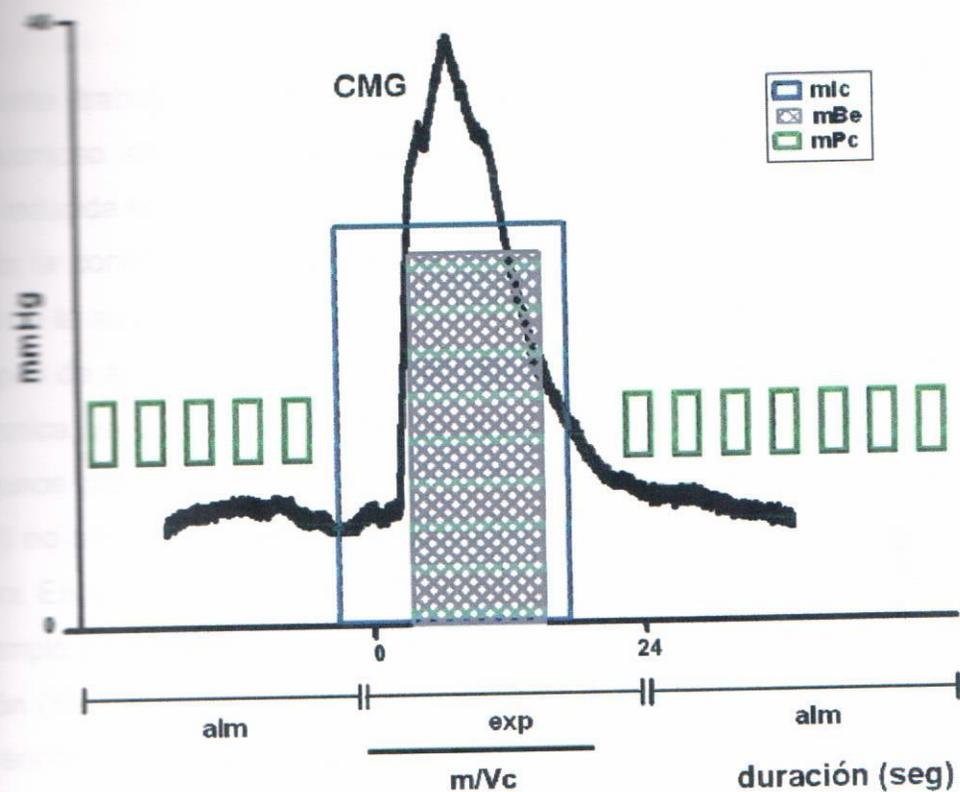


Fig. 24. Representación gráfica del patrón de actividad de los tres músculos durante los cistometrogramas (CMG) en la coneja anestesiada. En los CMG's registrados durante la micción inducida se observaron dos fases la de almacenamiento (alm) y la de expulsión (exp). La fase de almacenamiento se caracterizó por no presentar cambios significativos de la presión intravesical y la actividad simultánea del músculo pubococcígeo (mPc). Al final de la fase y durante la fase de expulsión se observaron movimientos de la parte distal de la vaina clitoral (mVc) y actividad del músculo isquiocavernoso (mlc). En la fase de expulsión también se observó el máximo aumento de presión y la actividad del músculo bulboesponjoso (mBe).

## 7. DISCUSIÓN

El presente trabajo mostró que los músculos pubococcígeo, isquiocavernoso y bulbospongioso se activan electrofisiológicamente a distintas fases del proceso de micción inducida en la coneja doméstica.

En la coneja anestesiada se indujo la expulsión de orina en respuesta a la infusión de la solución salina a la vejiga urinaria. Los resultados fueron divididos en dos grupos de animales. El primer grupo (n=17) fue utilizado para la estandarización de la técnica, ya que observamos inhibición de la fase de expulsión por varias horas, que algunos parámetros urodinámicos (presión umbral, presión máxima y volumen residual) no se podían medir y que los parámetros que sí se medían tenían mucha variación. En vista de que en la literatura hay evidencia de que algunos anestésicos (por ejemplo pentobarbital,  $\alpha$ -cloralosa, halotano, ketamina, etc.) bloquean la fase de expulsión (Yaksh y cols. 1986), se decidió administrar dosis diferentes de uretano al 20% y encontramos que la dosis óptima para observar la fase de expulsión en las conejas fue de 0.9 g/Kg i.p. diferente a la de 1.2 g/Kg descrita para la rata (Maggi y cols. 1986), también se aumentó la temperatura de la solución salina de 37 °C (Maggi y cols. 1986) a 39 °C, la cantidad de infusión a la vejiga urinaria de 0.01 ml/min (Maggi y cols. 1986) a 0.8-1.0 ml/min y los registros se realizaron con la cavidad abdominal cerrada. Una vez establecida la técnica realizamos un segundo grupo (n=8) donde medimos siete parámetros urodinámicos.

El anestésico más utilizado en este tipo de estudios es el uretano, ya que se ha descrito que no afecta el reflejo de micción ni la actividad muscular lisa y estriada (Maggi y cols 1986, Yaksh y cols. 1986, Matsuura y Downie 2000). No obstante, en nuestro estudio, como ya se mencionó, fue necesario disminuir la dosis de uretano ya que parece tener influencia sobre el reflejo de micción en la coneja, algo no mencionado en la literatura. Un estudio realizado en conejas sugiere utilizar una combinación de xilazina y ketamina (Brackee y cols. 1995, citado por Pouyet y cols. 1998). Sin embargo, estos anestésicos alteran el reflejo de micción y el tono muscular (Yaksh y cols. 1986).

En los cistometrogramas (CMG's) se observaron las dos fases descritas en mamíferos (perros, Nishizawa y cols. 1984; gatos, de Groat 1997; conejas, Maggi y cols. 1986 y humanos Mostwin 2001): almacenamiento y expulsión. En la fase de expulsión de nuestros registros se distinguieron tres etapas: primero hay un aumento inicial en la presión intravesical sin expulsión de fluido, seguida de una presión máxima de  $42.17 \pm 3.45$  mmHg sin oscilaciones de alta frecuencia y finalmente la expulsión de  $10.13 \pm 0.86$  ml de solución salina, finalmente hay una caída rápida de la presión en el interior de la vejiga urinaria. Estas etapas son las mismas descritas para la rata macho. Sin embargo, en esta especie durante la presión máxima se registran oscilaciones de alta frecuencia (4-10 Hz) asociadas con la salida de fluido y contracciones de la musculatura estriada (Maggi y cols. 1986, Conte y cols. 1991, Manzo y cols. 1997). El que no se registren oscilaciones de alta frecuencia en la coneja probablemente se debe al arreglo anatómico de su sistema urinario donde no se ha descrito la existencia del músculo estriado llamado esfínter (esfínter externo) sobre la uretra, músculo que es el principal responsable de originar las oscilaciones de alta frecuencia en la rata macho (Elstawi y Schenk, 1974, Maggi y cols. 1986, Conte y cols. 1991). Además en la rata macho se ha descrito que la actividad del músculo esfínter externo de la uretra (Conte y cols. 1991) y del músculo del pubococcígeo durante la fase de expulsión permite que la orina sea eliminada en pequeños chisguetes (Manzo y cols. 1997) y, aunque las conejas pueden también orinar en chisguete u otras formas (chorro, goteo y riego; Martínez-Gómez y cols. 2004, Corona 2005), no se observan dichas oscilaciones. Las diferencias registradas entre la coneja y la rata también podrían deberse al tamaño de la vejiga urinaria, la capacidad vesical y la resistencia uretral (Damaser y cols. 2000).

Es importante mencionar que existen diferencias entre nuestros CMG's y los CMG's obtenidos en conejas anestesiadas por Hiraizumi y cols. (1987). Esto posiblemente se debe a la técnica de registro utilizada (ver metodología), ya que se ha descrito que la posición del catéter influye en el trazo de los CMG's (Pouyet y cols. 1998). Los registros de Hiraizumi y cols. (1987) se realizaron utilizando un catéter introducido por la uretra hasta llegar a la vejiga urinaria; en la fase de expulsión se

observó un aumento de la presión intravesical, pero la presión no disminuyó al final, es decir, la presión no regresó a la basal (Fig. 5). Es probable que el catéter no permitiera la completa salida de solución salina y por lo tanto no hubo descenso de la presión. Además, al final de la expulsión el cierre de la luz uretral genera presión que posiblemente se registró. En nuestros CMG's se utilizó la técnica descrita por Maggi y cols. (1986) donde el catéter se insertó en la parte más rostral de la vejiga urinaria lo que permitió registrar en la fase de expulsión la presión umbral, presión máxima y retorno de la presión a la basal.

En los CMG's de la coneja anestesiada simultáneamente se registró actividad electromiográfica de los músculos pubococcígeo, isquiocavernoso y bulboesponjoso. Esta actividad no es como la de una masa unitaria esto es, los músculos no se activan al mismo tiempo, como se reportaba para la musculatura pélvica en la literatura médica de hace unas décadas (Porter 1962; Wendell-Smith y Wilson, 1977). El músculo pubococcígeo sólo se activó en la fase de almacenamiento, el músculo isquiocavernoso se activó antes y durante la fase de expulsión y el músculo bulboesponjoso sólo se activó en esta última fase. Ello sugiere que la actividad de los músculos que rodean el tracto urogenital puede contribuir a una dinámica funcional diferente por regiones, formando "cuellos de botella" en diferentes puntos, como se ha descrito en rata hembra por nuestro grupo (Pacheco y cols. 1989, Martínez-Gómez y cols. 1992). Ello tal vez permitiera no sólo la expulsión de orina en diferentes formas (ver adelante) sino también hechos como un parto muy rápido (10 min en promedio) expulsando hasta 14 crías.

Todo ello sugiere también una fina regulación nerviosa que permite la actividad refleja diferencial, secuencial y sincrónica durante el proceso de micción, en lo que probablemente contribuye el hecho de que las motoneuronas que inervan a cada músculo se ubican en distintos segmentos espinales. Esto es, como se ha descrito en nuestro laboratorio, donde el mayor número de motoneuronas del músculo isquiocavernoso se ubican en el cuadrante dorsomedial y en el área ventral del segmento espinal sacro 1 y en menor número en el cuadrante dorsomedial del segmento espinal lumbar 7 (Rodríguez-Antolín y cols. 1999). En cambio hay más motoneuronas del músculo bulboesponjoso en el cuadrante dorsomedial del

segmento espinal lumbar 7 y menos en el cuadrante dorsolateral del segmento espinal sacro 1 (Rodríguez-Antolín y cols. 2000). No se ha descrito la localización de las motoneuronas del músculo pubococcígeo en la coneja, lo que se ha observado es su inervación eferente, ésta surge del segmento espinal sacro 4 (Cruz 2002), indicando que probablemente es en este nivel donde se ubiquen sus motoneuronas. *Esta diferencia en la organización espinal de las motoneuronas probablemente es la responsable de la actividad diferencial de los músculos.*

En el conejo se han descrito algunos elementos de la activación refleja involucrados en la micción. Por ejemplo, Hiraizumi y cols. (1987) describieron que la vejiga urinaria es inervada por ambas divisiones del sistema nervioso autonómico. La vía parasimpática que se origina en la médula espinal a nivel sacro y representa la vía nerviosa que activa la contracción de la vejiga urinaria en la expulsión de orina. La vía simpática (nervio hipogástrico) que se origina a nivel toracolumbar su activación permite la relajación de la vejiga urinaria durante el almacenamiento de la orina. Píkov y McCreery (2004) describieron que las neuronas parasimpáticas implicadas en el control de la vejiga urinaria se localizan a nivel S2-S3 y su activación produce aumento en la presión vesical y contracción de la vejiga urinaria.

Con la información de la ubicación de las motoneuronas de los músculos isquiocavernoso y bulboesponjoso (Rodríguez-Antolín y cols. 1999, 2000), más los resultados del presente estudio, y basándonos en información descrita para el gato (de Groat 1997), la rata macho (Van Asselt y cols. 1999) y el humano (Andersson y Waldeck 2001), podemos suponer que la activación refleja de las vías nerviosas del proceso de micción en la coneja es de la siguiente manera: 1) En la fase de almacenamiento la distensión gradual de la vejiga urinaria activa a aferentes vesicales, que van por el nervio pélvico, para transmitir información a los segmentos espinales sacro 2 y sacro 3 donde inhibe a neuronas parasimpáticas y posiblemente activa a motoneuronas del músculo pubococcígeo, por lo que observamos actividad del músculo pubococcígeo en esta fase. La información espinal de las aferentes se transmite vía ascendente a nivel toracolumbar donde activa a neuronas simpáticas del nervio hipogástrico para evitar la contracción de la vejiga urinaria (Fig. 25). 2) En la fase de expulsión la máxima distensión de la vejiga urinaria estimula a los

mecanorreceptores que activan a las aferentes mielinicas A $\delta$  que transmiten información a los segmentos espinales sacro 2 y sacro 3 desde donde, por vías ascendentes, la información espinal llega a estructuras superiores del sistema nervioso central (por ejemplo, el centro pontino de la micción) que coordinan la contracción de la vejiga urinaria. De ahí, vía descendente a nivel toracolumbar se inhibe la actividad de las neuronas simpáticas, a nivel lumbar 7 y sacro 1 posiblemente se activan las motoneuronas del músculo isquiocavernoso y después las del músculo bulboesponjoso. Observándose primero la actividad del músculo isquiocavernoso e inmediatamente la del músculo bulboesponjoso. Y a nivel sacro 2 y sacro 3 se activan neuronas parasimpáticas, para generar la contracción de la vejiga urinaria y se lleve a cabo la expulsión de orina, e inhibe la actividad de las motoneuronas del músculo pubococcígeo (Fig 25). Además, la actividad de los músculos isquiocavernoso y bulboesponjoso posiblemente se mantenga durante la expulsión debido al paso de la solución salina por la vagina perineal, ya que la uretra desemboca en la vagina pélvica y es probable que la orina (en este caso la solución salina) estimule mecanorreceptores que vía aferente transmiten información a los segmentos espinales ya mencionados (lumbar 7 y sacro 1) para mantener la actividad de las motoneuronas del músculo isquiocavernoso y del músculo bulboesponjoso (Cruz y cols. 2002).

El patrón de actividad diferencial de los músculos observado en nuestros registros ha sido descrito en otras especies. Por ejemplo, en los gatos, la actividad de los músculos esfínter externo del ano, coccígeo y *levator ani* ocurre a intervalos de tiempo distintos o pueden comportarse como una masa unitaria, dependiendo de la intensidad de estimulación aplicada en la médula espinal en ese estudio (Dubrovsky y cols. 1985). Otro ejemplo es la rata hembra donde se describe que en respuesta a la estimulación mecánica de los genitales internos y/o externos, los músculos pélvicos (iliococcígeo y pubococcígeo) se activan de manera refleja y diferencial (Pacheco y cols. 1989, Martínez-Gómez y cols. 1992).

Debido a que el patrón de actividad del músculo pubococcígeo se presenta durante la fase de almacenamiento o en los aumentos de presión intravesical sin salida de solución salina, proponemos que este músculo participa en el "mecanismo

de continencia”, debido a que la contracción del músculo pubococcígeo genera presión en la región de la vagina donde desemboca la uretra, lo que puede ayudar a mantener el cierre uretral durante el almacenamiento de la orina; parecido a lo que se ha descrito en la rata hembra, donde la contracción del músculo pubococcígeo mediante la aplicación de estímulos eléctricos produjo un aumento de la presión intravaginal y movimientos de la uretra (Pacheco y cols. 1989, Martínez-Gómez y cols. 1992). Durante la fase de expulsión, el músculo se relaja, dejando de ejercer presión para que se lleve a cabo la salida de orina. En las mujeres se ha observado que la actividad del músculo pubococcígeo se presenta durante la fase de almacenamiento de orina y se sabe que ante un aumento de presión debido a esfuerzos como el estornudo, la risa o al cargar un objeto pesado, la actividad del músculo pubococcígeo aumenta evitando la salida de orina (Klutke y Siegel 1995, Elbadawi 1996, DeLancey 2001). En la rata macho se mostró que la actividad del músculo pubococcígeo participa durante el mecanismo de continencia, ya que su estimulación eléctrica inhibe la contracción de la vejiga urinaria y la salida de orina (Manzo y cols. 1997). Este músculo tampoco presenta actividad durante la expulsión de crías en conejas a las que se les indujo el parto, denotando que es un músculo que no participa en procesos de expulsión (Cruz 2002).

Por otro lado, estudios en perro (Nishizawa y cols. 1984) y en rata (Maggi y cols. 1989, Conte y cols. 1991) han sugerido que la actividad de algunos músculos estriados periuretrales y perineales es importante en la fase expulsión urinaria. Específicamente en la rata macho la actividad de esta musculatura evita el aumento del volumen de orina residual (Conte y cols. 1991). De acuerdo con nuestros CMG's y debido a que la actividad de los músculos estriados isquiocavernoso y bulboesponjoso se presenta durante la fase de expulsión, creemos que también ayudarían a la expulsión de orina y así evitar que permanezca en la vagina perineal. Se ha observado que estos músculos presentan actividad durante el parto de la coneja cuando las crías son expulsadas y están en la vagina perineal. Al denervarlos bilateralmente se observó un aumento significativo en el índice de nacimientos con retención vaginal y el número de crías muertas al nacer (Cruz, 2002). En la mujer la actividad de los músculos isquiocavernoso y bulboesponjoso fue observada en

respuesta a la estimulación mecánica y distensión de la vagina. A dicha respuesta se le llamó reflejo "vaginocavernoso" o "bulbocavernoso" (Shafik 1993), que también se origina por la estimulación perianal y de la uretra proximal (Fowler y Vodusek 2001). Se propone que este reflejo se activa durante el parto, sirviendo de escalón a la cría y evitando que la cabeza del producto dañe la entrada vaginal (Shafik 1993).

Durante los registros simultáneos de los CMG's y electromiogramas (EMG's) observamos que la parte distal de la vaina clitoral presentó movimientos laterales al final de la fase de almacenamiento y durante la fase de expulsión de la solución salina. Estos movimientos se relacionan con la contracción de los músculos isquiocavernoso y bulboesponjoso. La contracción de estos músculos posiblemente genera estos movimientos y aumenta la presión sobre la vagina perineal (Cruz y cols. 2002) reduciendo así su diámetro. Con estos hallazgos nosotros proponemos que la contracción de esta musculatura (isquiocavernoso y bulboesponso) puede contribuir en las diferentes formas de expulsar la orina (chorro, chisquete, goteo o rocío) descritas para el macho por Bell (1980) y para la hembra por Martínez-Gómez y cols. (2004). Y los movimientos de la parte distal de la vaina clitoral permitiría dirigir la orina. En la rata macho se ha explicado que la expulsión de orina en pequeños chisquetes se debe a la actividad del músculo pubococcígeo durante la fase de expulsión (Manzo y cols. 1997).

Los datos del presente trabajo complementan la información que se tiene en nuestro laboratorio sobre la musculatura pélvica (músculo pubococcígeo) y perineal (músculos isquiocavernoso y bulboesponjoso). La información obtenida apunta a que en el proceso de micción la actividad del músculo pubococcígeo contribuye al mantenimiento del almacenamiento de orina y la actividad de los músculos isquiocavernoso y bulboesponjoso a la expulsión de orina y en sus diferentes formas conductuales de expulsión. Sin embargo, es necesario mostrar en conejas despiertas si la actividad muscular registrada durante el proceso de micción inducida directamente participa en el proceso de micción.

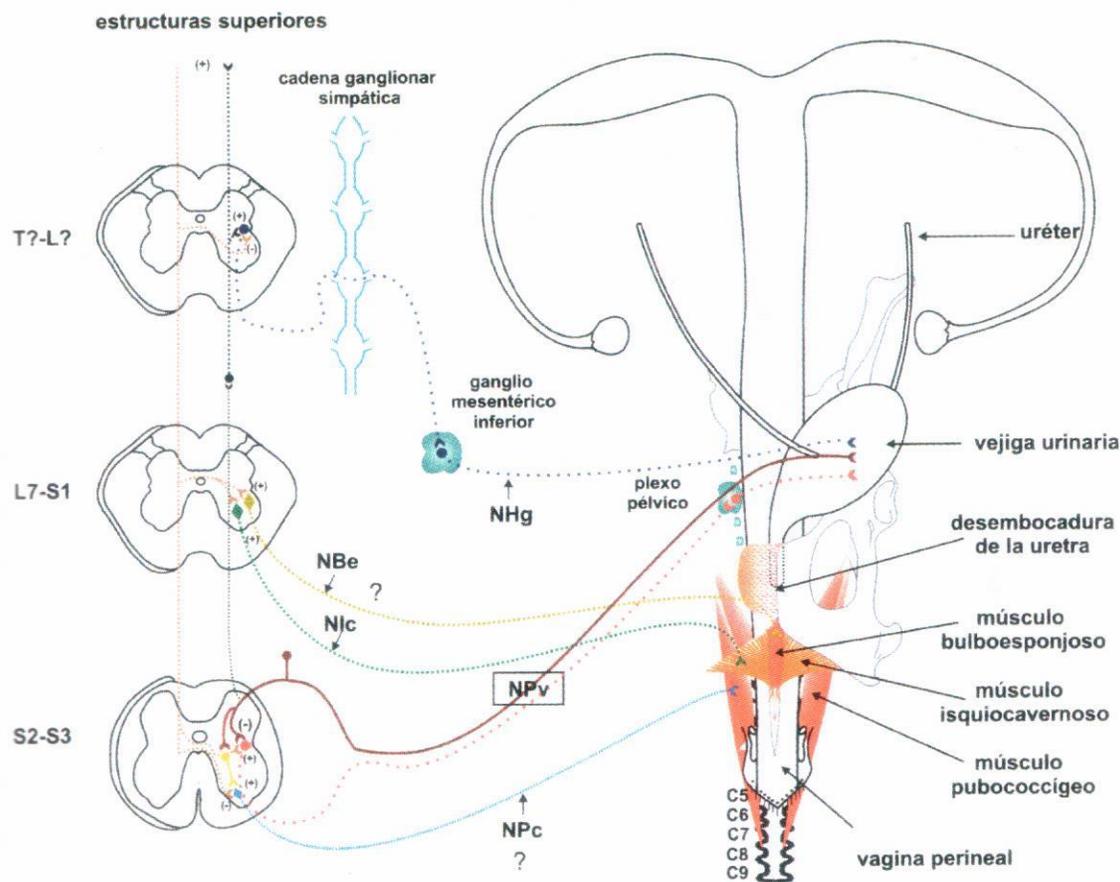


Fig. 25. Modelo esquemático de las vías nerviosas involucradas en la actividad refleja de la micción en la coneja. En la fase de almacenamiento de la orina la distensión gradual de la vejiga urinaria produce que las aferentes del nervio pélvico (NPv) se activen para transmitir información a la médula espinal. Esta información tiene tres efectos a) inhibe a las neuronas parasimpáticas del NPv, b) activa a las motoneuronas del músculo pubococcígeo y c) activa a las neuronas simpáticas del nervio hipogástrico (NHg) para inhibir la contracción de la vejiga urinaria. Cuando la vejiga urinaria alcanza su mayor distensión se activan mecanorreceptores cuya información se transmite por las aferentes del NPv hasta la médula espinal a nivel sacro 2 y 3 (S2-S3) y de ahí, a través de vías ascendentes llega hasta estructuras superiores que coordinan la contracción vesical, la información regresa a la médula espinal teniendo efecto en: a) la inhibición de las neuronas simpáticas del NHg, b) activación de las motoneuronas de los músculos isquiocavernoso y bulboesponjoso, c) activación de las neuronas parasimpáticas del NPv y d) inhibición de las motoneuronas del músculo pubococcígeo. Ocurriendo entonces la fase de expulsión. (+)= activación, (-)= inhibición.

## 8. CONCLUSIONES

1) Durante la micción inducida en la coneja anestesiada ocurre la activación diferencial de los músculos pubococcígeo, isquiocavernoso y bulboesponjoso.

La actividad del músculo pubococcígeo ocurre durante la fase de almacenamiento, lo que sugiere su participación en la continencia urinaria.

La actividad de los músculos isquiocavernoso y bulboesponjoso ocurre en la fase de expulsión lo que indica su participación en la expulsión de orina.

2) El proceso de micción inducida en la coneja anestesiada presenta dos fases: almacenamiento y expulsión.

La fase de almacenamiento se caracteriza por no presentar cambios significativos de presión intravesical.

En la fase de expulsión se distinguen tres etapas: presión umbral que se relaciona a un pequeño aumento de presión intravesical sin expulsión del fluido vesical, presión máxima correspondiente a la salida del fluido vesical sin oscilaciones de alta frecuencia y regreso a la presión basal o disminución de la presión.

## 9. PERSPECTIVAS

En base a los resultados del presente trabajo creemos que la coneja doméstica es un buen modelo para seguir estudiando la participación de la musculatura estriada en los procesos de continencia y expulsión de la orina. Es crítico demostrar que en la coneja despierta la actividad refleja de la musculatura pélvica (pubococcígeo) registrada durante la fase de almacenamiento contribuye a la continencia urinaria y si la actividad de los músculos perineales (isquiocavernoso y bulboesponjoso) facilita la expulsión de orina. Además, en observaciones de nuestro laboratorio, hemos encontrado que la coneja muestra diferentes formas de expulsar la orina (chorro, chisguete, rocío y goteo) dependiendo del contexto en que se encuentre, lo que hace también necesario evaluar la participación de dicha musculatura durante el proceso de micción buscando si la activación muscular diferencial contribuye a la expresión conductual de las varias formas de expulsión de orina. Para ello, propongo realizar los siguientes experimentos que integran aspectos fisiológicos-conductuales: Experimento I: efectos de la miotomía bilateral de los músculos pubococcígeos, bulboesponjosos e isquiocavernosos sobre los parámetros urodinámicos. Experimento II: efectos de la estimulación directa de los músculos pubococcígeos, bulboesponjosos e isquiocavernosos sobre los parámetros urodinámicos. Experimento III: efectos de la miotomía bilateral de los músculos pubococcígeos, bulboesponjosos e isquiocavernosos sobre los patrones conductuales de expulsión de orina.

## 10. REFERENCIAS

- Andersson EK y Waldeck K. 2001. Pharmacology of the bladder. En: Textbook of Female Urology and Urogynaecology. Cardozo L, Staskin D (eds.) Editorial. Isis Medical Media Ltd. Inglaterra. pp. 140-150.
- Barone R, Pavaux C, Blin CP y Cuq P. 1973. Atlas d' Anatomie du lapin. Editorial Masson y Co. Paris. pp. 89-92.
- Barrington FJF. 1925. The effect of lesion of the hind-an mid-brain of micturition in the cat. *J Exp Physiol* 15: 81-102.
- Bell DJ. 1980. Social olfaction in lagomorphs. *Symp Zool Soc Lond* 45: 141-164.
- Bernstein T. 1997. The pelvic floor muscles: Muscle thicknesss in healthy and urinary incontinent women measured by effect of pelvic floor training. Estrogen receptor studies. *Neurourol Urol* 16: 237-275.
- Brading AF. 1999. The physiology of mammalian urinary outflow tract. *Exp Physiol* 84: 215-221.
- Bruce HM. 1959. An exteroceptive block to pregnancy in the mouse. *Nature (London)* 184: 105.
- Conte B, Maggi CA, Parlani M, Lopez G, Manzini S y Giachetti A. 1991. Simultaneous recording of vesical and urethral pressure in urethane-anesthetized rats: Effect of neuromuscular blocking agents on the activity of the external urethral sphincter. *J Pharmacol Methd* 26: 161-171.

Corona DL. 2002. Estudio anatómico del sistema genitourinario de la coneja doméstica (*Oryctolagus cuniculus*) y la musculatura estriada adyacente. Memoria de Licenciatura en Biología Agropecuaria. Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Corona DL. 2005. ¿Orina y comunicación? Órale 1: 35-40.

Craviotto F. 1987. Bases anatomo-funcionales de los mecanismos de continencia en la mujer. Urol Int 42: 132.

Cruz Y. 2002. Parto en la coneja: participación de la musculatura pélvica y perineal. Tesis de Doctorado en Biomédicas. Universidad Nacional Autónoma de México.

Cruz Y, Hudson R, Pacheco P, Lucio RA y Martínez-Gómez M. 2002. Anatomical and physiological characteristics of perineal muscles in the female rabbit. Physiol Behav 74: 1-8.

Damaser MS, Whitbeck C, Barreto M, Horan P, Benn H, O'Connor LJ y Levin RM. 2000. Comparative physiology and biochemistry of rat and rabbit urinary bladder. BJU Int 85: 519-525.

de Groat WC. 1975. Nervous control of the urinary bladder of the cat. Brain Res 87: 201-211.

de Groat WC. 1987. Neural control of micturition. En: Encyclopedia of Neuroscience. Adelman, G. (ed.) Editorial. Brikhäuser. Boston. pp. 667-668.

de Groat WC. 1997. A neurologic basis for the overactive bladder. Urology 50 (6): 36-62.

DeLancey JOL. 2001. Anatomy. En: Textbook of Female Urology and Urogynaecology. Cardozo L, Staskin D (eds.) Editorial. Isis Medical Media Ltd. Inglaterra. pp. 112-123.

Desjardins C, Maruniak AJ y Bronson HF. 1973. Social rank in house mice: differentiation revealed by ultraviolet visualization of urinary marking patterns. *Science* 182: 939-41.

Dominic CJ. 1965. The origin of the pheromones causing pregnancy block in mice. *J Reprod Fertil* 10: 469-472.

Drickamer LC. 2001. Urine marking and social dominance in male house mice (*Mus musculus domesticus*). *Behav Process* 53: 113-120.

Dubrovsky B, Martínez-Gómez M y Pacheco P. 1985. Spinal control of pelvic floor muscles. *Exp Neurol* 88: 277-228.

Elbadawi A. 1996. Functional anatomy of the organs of micturition. *Urol Clin North Am* 23 (2): 177-210.

Elbadawi A y Schenk AE. 1974. A new theory of the innervation of bladder musculature. Part 4. Innervation of the vesicourethral junction and external urethral sphincter. *J Urol* 111: 613-615.

Fernández-Tresguerres JA. 1999. Fisiología Humana. Editorial McGraw Hill Interamericana. Madrid. pp. 439-452.

Fowler JC y Vodusek BD. 2002. Nerve conduction studies. En: Textbook of Female Urology and Urogynaecology. Cardozo L, Staskin D (eds.) Editorial. Isis Medical Media Ltd. Inglaterra. pp. 252-261.

Genesser F. 2000. Histología. Editorial Médica Panamericana. México. pp. 555-580.

Glazer H, Ramanzi L y Polanecsky M. 1999. Pelvic floor muscle surface electromyography: reliability and clinical predictive validity. *J Reprod Med* 44: 779-782.

Herschorn S. 2004. Female pelvic floor anatomy: The pelvic floor, supporting structures, and pelvic organs. *Rev Urol* 6:2-10

Hiraizumi Y, Hisamitsu Y, Ichikawa S y Fujimaki T. 1987. Long term observation of micturition by spinal cord transected rabbits. *Physiol Behav* 41: 331-339.

Hollinshead H y Rosse C. 1985. Textbook of Anatomy. Editorial Harper and Row Publishers. Philadelphia. pp. 789-805.

Jones BR y Nowell WN. 1973. Aversive and aggression-promoting properties of urine from dominant and subordinate male mice. *Anim Learn Behav* 1: 207-210.

Kegel AH. 1952. Sexual functions of the pubococcygeus muscle. *West J Surg Obst Gyn* 60: 521-524.

Klutke CG y Siegel CL. 1995. Functional female pelvic anatomic. *Urol Clin North Am* 22: 487-498.

Kuru M. 1965. Nervous control of micturition. *Physiol Rev* 45: 425-494.

Langley JN y Anderson HK. 1896. The innervation of the pelvic and adjoining viscera. Part VII. Anatomical observations. *J Physiol* 19: 372-408.

Le Feber J y Van Asselt E. 1999. Pudendal nerves stimulation induces urethral contraction and relaxation. *Am J Physiol (Reg Integ Comp Physiol)* 38: 277: 1368-1375.

Li JKH, Pei CKW y Chan FHW. 2001. Incontinence in elderly? A complex problem with a simple presentation. *The Hong Kong Practitioner* 23: 201-207.

Wagji CA, Giuliani S, Santicioli P y Meli A. 1986. Analysis of factors involved in determining urinary bladder voiding cycle in urethane anesthetized rats. *Am J Physiol* 251: 250-257.

Warzo J, Esquivel A, Hernández M, Carrillo P, Martínez-Gómez M y Pacheco P. 1997. The role of pubococcygeus muscle in urinary continence in the male rat. *J Urol* 157: 2402-2406.

Wardden HM y Bronson FH. 1964. Estrous synchrony in mice: Alteration by exposure to male urine. *Science* 144.

Martínez-Gómez M, Chirino R, Beyer C, Komisaruk BR y Pacheco P. 1992. Visceral and postural reflexes evoked by genital stimulation in urethane-anesthetized female rats. *Brain Res* 575: 279-284.

Martínez-Gómez M, Lucio RA, Carro M, Pacheco P y Hudson R. 1997. Striated muscles and scent glands associated with the vaginal tract of the rabbit. *Anat Rec* 247: 486-493.

Martínez-Gómez M, Rodríguez-Antolín J, Juárez M, Corona DL, Hudson R y Cruz Y. 2003. Fisiología y comportamiento reproductor femenino. En: *Fisiología, Ecología y Comportamiento: Una Propuesta Multidisciplinaria*. Martínez-Gómez M, Cruz Y y Lucio RA (eds.) Editorial UAT-UNAM. México. pp. 3-13.

Martínez-Gómez M, Corona D, Fajardo V, García L y Hudson R. 2004. Patterns of urination in female rabbits of different age and reproductive state. 2nd World Lagomorph Conference. Julio 26-31. Vairão, Portugal.

Maruniak AJ, Owen K, Bronson FH y Desjardins C. 1975. Urinary marking in female house mice: Effects of ovarian steroids, sex experience, and type of stimulus. *Behav Biol* 13: 211-217.

Matsuura S, Downie JW. 2000. Effect of anesthetics on reflex micturition in the chronic cannula-implant rat. *Neurourol Urodyn* 19: 87-99.

McIntosh TK, Davis PG y Barfield RJ. 1979. Urine marking and sexual behavior in the rat (*Rattus norvegicus*). *Behav Neural Biol* 26: 161-8.

McKenna KE y Nadelhaft I. 1986. The organization of the pudendal nerve in the male and female rat. *J Comp Neurol* 248: 532-49.

Mostwin JL. 2001. Clinical physiology of micturition. En: *Textbook of Female Urology and Urogynaecology*. Cardozo L, Staskin D (eds.) Isis Medical Media Ltd. Inglaterra. pp. 126-138.

Nishizawa O, Satoh S, Harada T, Nakamura H, Fukada T, Tsukada T, y Tsuchida S. 1984. Role of the pudendal nerves on the dynamics of micturition in the dog evaluated by pressure flow EMG and pressure flow plot studies. *J Urol*. 132: 1036-9.

Pacheco P, Martínez-Gómez M, Whipple B, Beyer C y Komisaruk BR. 1989. Somato-motor components of the pelvic and pudendal nerves of the female rat. *Brain Res* 490: 85-94.

Pikov V y McCreery BD. 2004. Mapping of spinal cord circuits controlling the bladder and external urethral sphincter functions in the rabbit. *Neurourol Urodyn* 23: 172-179.

Popesko P, Pajtová V y Horák J. 1990. A colour atlas of the anatomy of small laboratory animal. Editorial Wolfe Publishing Lt. Inglaterra. pp. 108-111.

Porter NH. 1962. A physiological study of the pelvic floor in rectal prolapse. *Ann R Coll Surg Engl* 31:379-404.

Pouyet BT, Briand GP y Martin JD. 1998. A conscious-rabbit model for the long-term observation of urethral and arterial pressures. *Brit J Urol* 82: 420-425.

Rodríguez-Antolín J, Hudson R, Martínez-Gómez M y Lucio RA. 1999. Spinal localization of motoneurons innervating the ischiocavernosus muscles in Chinchilla female rabbits. 29<sup>th</sup> Annual Meeting of the Society for Neuroscience. Octubre 23-28. Miami Beach, FL. EUA.

Rodríguez-Antolín J, Hudson R, Martínez-Gómez M y Lucio RA. 2000. Spinal motoneurons innervating the bulbospongiosus muscles in female rabbits. 30<sup>th</sup> Annual Meeting of the Society for Neuroscience. Noviembre 4-9. New Orleans, LA. EUA.

Rodríguez-Antolín J, García IL, Cruz Y, Fajardo VM y Martínez-Gómez M. 2004. Micción femenina y musculatura estriada. En: *Temas Selectos de Neurociencias III*. Velázquez MJ (ed.) Editorial UAM-Iztapalapa. México DF. pp. 273-283.

Shakif A. 1993. Vaginocavernosus reflex. *Gynecol Obstet Invest* 35: 114-117.

Sullivan MP y Yalla SV. 2002. Physiology of female micturition. *Urol Clin North Am* 29: 499-514.

Tortora JG y Anagnostakos PN. 1989. *Principios de Anatomía y Fisiología*. Editorial Harla SA de CV México. pp. 887.

Van Asselt E, Le Feber J y Van Mastrigth R. 1999. Threshold for efferent bladder nerve firing in the rat. *Am J Physiol* 276: 1819-1824.

Van Der Lee S y Boot LM. 1956. Spontaneous pseudopregnancy in mice. *Acta Physiol Pharmacol Neerl* 5: 213-214.

von Holst D, Hutzelmeyer H, Kaetzke P y Khaschel M. 1999. Social rank stress, fitness, and life expectancy in wild rabbits. *Naturwissenschaften* 86: 388-393.

Wei JT y DeLancey JOL. 2004. Functional anatomy of the pelvic floor and lower urinary tract. *Clin Obst Gynecol* 47: 3-17.

Wendell-Smith CP y Wilson PM. 1977. Musculature of pelvic floor. En: *Scientific Foundations of Obstetrics and Gynecology*. Philipp EE, Berne L. Newton M. (eds.) Editorial. Heinemann. Inglaterra. pp. 78-84.

Whitten WK. 1959. Occurrence of anoestrus in mice caged in groups. *J Endocrinol* 18(1): 102-107.

Wilson O. 1973. Some observations on pelvic floor evolution in primates. *SA Med J* 47: 1150-1167.

Yaksh TL, Durant PA y Brent CR. 1986. Micturition in rats: a chronic model for study of bladder function and effect of anesthetics. *Am J Physiol*. 251: 1177-85.

Yoshimura N y Chancellor BM. 2003 Neurophysiology of lower urinary tract function and dysfunction. *Rev Urol* 5(8): 3-10.

Yoshimura N y de Groat WC. 1997. Neurol control of the lower urinary tract. *Int J Urol* 4: 111-125.

---

---

## MUSCULATURA ESTRIADA PÉLVICA Y PERINEAL QUE PARTICIPA EN LA MICCIÓN DE LA CONEJA DOMÉSTICA

Dora Luz Corona<sup>1,2</sup>, Yolanda Cruz<sup>2</sup> y Margarita Martínez-Gómez<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Neuroetología, Universidad Veracruzana, <sup>2</sup>Centro de Investigaciones Fisiológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala; <sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM

---

---

### ¿Qué es lo que se quiere hacer?

Determinar la participación de la musculatura estriada pélvica y perineal en el proceso de micción de la coneja doméstica.

### ¿Por qué?

Existen varias razones para estudiar la musculatura estriada pélvica y perineal y su relación con el proceso de micción.

- 1.- Un alto porcentaje de mujeres multíparas presentan incontinencia urinaria.
- 2.- La incontinencia urinaria se ha relacionado con la debilidad de la musculatura estriada pélvica que forma el piso pélvico.
- 3.- En modelos animales como la rata se ha mostrado una relación anatómica de la relación de los músculos pélvicos con el sistema genitourinario, así, el pubococcígeo envía fibras musculares a la uretra en el macho y a la vagina en la hembra.
- 4.- En la coneja se observan particulares características anatómicas del tracto genitourinario en su relación a la musculatura estriada pélvica y perineal que sugieren una fina regulación de la micción.

### ¿Cómo?

Se utilizarán conejas adultas de la raza chinchilla, anestesiadas y divididas en cuatro grupos (n=6 para cada grupo). Grupo 1) Se realizará anatomía gruesa para caracterizar el tracto genitourinario y los músculos estriados pélvicos y perineales adyacentes (bulboesponjoso, isquiocavernoso, constrictor vulvar, bulboglandular, obturador interno y pubococcígeo). También se aplicarán estímulos eléctricos a lo largo del tracto genitourinario, principalmente en la uretra, para analizar si presenta musculatura estriada que pudiera funcionar como esfínter. Grupo 2) Se describirá la histología de la uretra para determinar sus componentes musculares. El tejido será fijado e incluido en parafina, cortado en el microtomo a 10  $\mu$ m y teñido con la técnica de hematoxilina y eosina. Grupo 3) Se registrará la presión intrauretral antes, durante y después de estimulación eléctrica bilateral de los músculos. Grupo 4) Se realizarán cistometogramas y electromiogramas de los músculos antes, durante y después de la micción.

---

## MICTURITION IN THE FEMALE RABBIT (*Oryctolagus cuniculus*)

Dora Luz Corona<sup>1,2</sup>, Yolanda Cruz<sup>2</sup> and Margarita Martínez-Gómez<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala; <sup>2</sup>Centro de Investigaciones Fisiológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala; <sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM

---

Micturition is the process by which the urinary bladder releases the stored urine. It had been mentioned that male rabbits have three patterns of urination, one of them is thought to be involved in pheromonal communication. Although female and male rabbits have the same odoriferous glands in the perineal region, it is not known if females use different patterns of micturition to send reproductive signals to conspecifics. Also, it had been suggested that in species in which urine plays a role in chemical communication, the striated pelvic musculature have a key role in the voluntary evacuation of urine, but this has been analyzed mainly in males.

The aims of the present study are: to describe the urination behavior of female rabbits, to determine the anatomic relations of their lower genitourinary tract with the pelvic and perineal striated muscles, and to analyze if pelvic and perineal striated muscles are activated during micturition. Adult chinchilla-breed female rabbits will be used. In awake females micturition behavior will be recorded using a closed circuit video system while the female is alone (30 min), and in the presence of two other females or a sexually expert male (30 min). In anesthetized females a gross anatomical analysis will be performed and the lower urinary tract and adjacent striated muscles located and described. In another group of anesthetized females, cystomethograms and electromiographic activity of the pelvic and perineal striated muscles during micturition will be recorded, as well as the intraurethral pressure during bilateral electric stimulation of each striated muscle.

The results will provide information on micturition behavior in the female rabbit and will indicate if females use urine as a chemical signal to their conspecifics. In addition, they will be relevant to determine the participation of the pelvic and perineal striated muscles in the micturition of the female, information particularly important because in women it had been proposed that weakness or damage to the pelvic floor is one factor inducing stress urinary incontinence.

CIF-UAT budget; IIB-UNAM budget

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS

IX CONGRESO DE CARTELES

"Lino Díaz de León"

Julio 4, 2003

FORMATO PARA RESUMEN DE TRABAJO  
Instructivo de llenado

Total de trabajos participantes:

Departamento: CTBC, UP Biomédicas, Tlax. Jefe de Grupo: Dra. Margarita Martínez  
Responsable del Trabajo: Dora Luz Corona Quintanilla  
Nombre del archivo: Cartel Biomédicas .No. Telefónico: 012464621557  
Participa como: Estudiante (L,M,D.): M Técnico académico: \_\_\_\_\_ Investigador: \_\_\_\_\_

El Contenido del texto considerará una breve INTRODUCCIÓN, HIPÓTESIS, MÉTODOS UTILIZADOS, RESULTADOS Y COMENTARIOS DE SU TRABAJO, en todo el resumen deberá utilizar letra (Time New Roman 11), indicando el TÍTULO DEL TRABAJO en letras MAYÚSCULAS, los autores en letras altas y bajas empezando por el apellido seguido de las siglas de su nombre: Bravo NL., Olguín S., etc.....y el nombre de las instituciones participantes según el autos. Todos los resúmenes deberán entregarse impresos y en un disquete por grupo de trabajo.

La fecha límite de entrega de resúmenes: Viernes 20 de Junio, 2003.

ACTIVIDAD REFLEJA DE LA MUSCULATURA ESTRIADA PÉLVICA Y PERINEAL DURANTE LA  
MICCIÓN DE LA CONEJA DOMÉSTICA (*ORYCTOLAGUS CUNICULUS*)

Corona DL<sup>1,2</sup>, García L<sup>2</sup> y Martínez-Gómez M<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Ciencias Biológicas, UAT, <sup>2</sup>Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, UAT, <sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM.

La micción es el proceso de vaciar la vejiga urinaria dado por la contracción del músculo detrusor y la relajación simultánea de los esfínteres de la uretra. Los conejos presentan tres patrones de micción, el de de rocío está relacionada con la función de comunicación química. Aunado a esto la región perineal de la coneja tiene las mismas glándulas odoríferas que el macho, pero no se ha analizado si las hembras usan diferentes patrones de micción para enviar señales odoríferas a sus coespecíficos. Tampoco se ha analizado el papel de su musculatura estriada pélvica y perineal adyacente al tracto genitourinario durante la micción. El estudio pretende describir si la coneja doméstica presenta diferentes formas conductuales de micción. y determinar si la musculatura estriada pélvica y perineal se activa reflejamente durante la micción. Se utilizan conejas adultas de la raza chinchilla, divididas en tres experimentos (n=9 para cada grupo). Para los dos últimos experimentos las hembras serán anestesiadas. Experimento 1) Se hizo registro de la conducta de micción individual espontáneo (durante 30 minutos) e individual inducido (se coloca un conejo como estímulo durante 30 minutos). Experimento 2) Se realizó anatomía gruesa para caracterizar el tracto genitourinario inferior y los músculos estriados pélvicos y perineales adyacentes. Experimento 3) Se realizaron cistometogramas y



**Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas**

**XLVII Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas  
Boca del Río, Veracruz**

**1 al 5 de Agosto de 2004**

**ACTIVIDAD REFLEJA DE LOS MÚSCULOS PUBOCOCCÍGEO, ISQUIOCAVERNOSO Y BULBOESPONJOSO DURANTE EL PROCESO DE MICCIÓN DE LA CONEJA DOMÉSTICA.** Corona DL<sup>1,2</sup>, García LI<sup>1</sup>, Cruz Y<sup>1</sup>, Manzo J<sup>3</sup>, Martínez-Gómez M<sup>1,4</sup>, <sup>1</sup>Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, UAT-UNAM; <sup>2</sup>Maestría en Ciencias Biológicas, UAT; <sup>3</sup>Instituto de Neuroetología, UV, <sup>4</sup>Investigaciones Biomédicas, UNAM.

La micción es un proceso donde se almacena la orina en la vejiga urinaria, hasta alcanzar su capacidad fisiológica de llenado; después, de manera refleja el músculo detrusor que conforma a la vejiga se contrae y los esfínteres y la musculatura estriada adyacente a la uretra se relajan para permitir la expulsión de orina. El sistema urogenital inferior en la coneja se caracteriza por la desembocadura de la uretra en la porción de la vagina pélvica y la presencia de músculos estriados adyacentes; pélvicos como el pubococcígeo (mPc) y perineales como el isquiocavernoso (mlc) y bulboesponjoso (mBe). Debido a su posición anatómica, podrían contraerse o relajarse durante el proceso de micción de la coneja doméstica. El objetivo del presente estudio fue analizar en conejas si los músculos mPc, mlc y mBe presentan actividad eléctrica durante la micción. Conejas vírgenes de la raza chinchilla fueron anestesiadas con uretano (1.5 g/kg), se localizaron la vejiga y los músculos antes mencionados, después se realizaron registros simultáneos de cistometrogramas (CMG's) y electromiogramas (EMG's) para determinar la actividad de los músculos. Los CMG's presentan dos fases: de almacenamiento y de expulsión, esta última en promedio dura 6 seg., tiempo donde se observa el aumento de presión vesical. Los EMG's del mPc se caracterizan por presentar, por un lado actividad tónica durante el almacenamiento, y por otro, inactividad durante la expulsión. La actividad del mlc inicia antes del aumento de presión y se mantiene durante el máximo aumento de presión y la del mBe se inicia durante el aumento de presión vesical. Los músculos estriados adyacentes al tracto urogenital de las conejas se activan diferencialmente durante la micción, lo cual podría relacionarse a las tres formas de expulsar la orina que tiene la coneja nùlpara CONACyT DLC 191915, YC 40081, UATLAX-PTC-22 a LIGH, PAPIIT-UNAM IN201303-3 MMG.

### Striated muscle activity during micturition in the female rabbit

D.L. Corona<sup>1</sup>; L.I. Garcia<sup>2</sup>; Y. Cruz<sup>2</sup>; J. Manzo<sup>3</sup>; M. Martinez-Gomez<sup>2,4\*</sup>

1. *Maestría en Ciencias Biológicas*, 2. *Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, UAT, Tlaxcala, Mexico*, 3. *Instituto de Neuroetología, UV, Xalapa, Ver., Mexico*; 4. *Instituto de Investigaciones Biomedicas, UNAM, D.F., Mexico*

In women pubococcygeus (Pcm), ischiocavernosus (Ism) and bulbospongiosus (Bsm) muscles have a close anatomical relationship to the urogenital tract. It has been suggested that Pcm contraction helps to maintain continence. There are no studies analyzing the role of cavernosus muscles in female micturition. Cavernosus muscles are vestigial in female rats but well developed in rabbits. The aim of this study was to characterize the Pcm, Ism and Bsm activity during micturition in female rabbits. Adult Chinchilla female rabbits were used. In anesthetized animals (urethane 1.5 g/kg) cystometrograms (CMGs) and electromyograms (EMGs) were recorded simultaneously during infusion of saline into the bladder. Voiding threshold was around 25 ml of saline. Bladder contraction showed two peaks in the top. Urine was expelled during the first peak. Bladder contraction duration was 6-8 sec. Pcm activity shows burst while the bladder is being filled but stops when bladder pressure increases. Ism starts contracting 3 sec before bladder pressure raises and stops when bladder pressure decreases. Bsm contracts during maximum bladder pressure and stops 6 sec after voiding. Activity of both cavernosus muscles is continuous. The pattern of female rabbit bladder contraction and Pcm activity differs from the rat but is reminiscent of bladder-striated pelvic muscle synergy during voiding in cats and women. Cavernosus muscles contraction during voiding could help to expel urine through the perineal vagina and/or to display the different patterns of micturition described in female rabbits. More studies are necessary to determine the role of these muscles in micturition and their neural control.

*Support Contributed By: CONACyT DLC 191915 and YC 40081; UATLAX-PTC-22 LIGH; PAPIIT-UNAM IN201303-3 MMG*

**Citation:** D.L. Corona, L.I. Garcia, Y. Cruz, J. Manzo, M. Martinez-Gomez. Striated muscle activity during micturition in the female rabbit. Program No. 993.13. *2004 Abstract Viewer/Itinerary Planner*. Washington, DC: Society for Neuroscience

**2004 Copyright by the Society for Neuroscience all rights reserved. Permission to republish any abstract or part of an abstract in any form must be obtained in writing from the SfN Office prior to publication**

**Application Design and Programming Copyright ScholarOne, Inc. All Rights Reserved. Patent Pending.**

## Micción femenina y musculatura estriada

Jorge Rodríguez-Antolín, Luis Isauro García,  
Yolanda Cruz, Víctor Manuel Fajardo,  
Dora Luz Corona y Margarita Martínez-Gómez

Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, UAT;  
Maestría en Ciencias Biológicas, UAT;  
Doctorado en Neuroetología, UV;  
Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM

### Introducción

La micción es un proceso fisiológico vital que involucra dos fases fundamentales: la continencia de orina durante su almacenamiento en la vejiga urinaria y su expulsión. Conforme la orina se almacena en la vejiga ésta se distiende debido a las propiedades fibroelásticas de su músculo liso, el llamado detrusor. Cuando alcanza su máxima capacidad de llenado, el detrusor se activa reflejamente, iniciándose así la fase de expulsión de la orina (15). Este proceso se caracteriza por un incremento rápido y progresivo de la presión intravesical que vence a su vez a la presión intrauretral, permitiendo la abertura del lumen de la uretra y la salida de orina al exterior del cuerpo (27, 12).

La micción no sólo requiere de la coordinada actividad refleja de la vejiga y la uretra, sino también de la actividad de la musculatura estriada pélvica y perineal adyacente a estas vísceras (18, 10). En conjunto, estos elementos constituyen una unidad funcional controlada por el sistema nervioso central y periférico; una lesión a cualquier nivel provocará patologías urinarias. Las patologías de la fase de expulsión se manifiestan por la dificultad de orinar, esto es obstrucción o retención urinaria, mientras que las de la fase de continencia se manifiestan por incontinencia urinaria (33).

El entendimiento de la fisiología y de las patologías de la micción del ser humano es aún incipiente, probablemente debido a la complejidad anatómica y fisiológica del tracto urinario inferior (18, 10, 27). La

mayoría de los estudios que existen sobre los mecanismos fisiológicos que regulan la micción se han realizado en machos. Sin embargo, considerando los datos presentados en la reunión anual de la *Internacional Continence Society* se sabe que una de cada tres mujeres presenta problemas de la micción (20). Una de las patologías femeninas más frecuentes que se relaciona con disfunciones del tracto urogenital inferior es la incontinencia urinaria. Este es un problema a nivel mundial y su tratamiento requiere del análisis detallado de la anatomía y fisiología de los mecanismos que la subyacen, incluyendo a la musculatura estriada adyacente y su actividad refleja.

En el presente capítulo describiremos primero los mecanismos que subyacen la expresión de la micción en las mujeres y posteriormente el análisis de la micción en la coneja, ejemplo de un modelo experimental, en el que caracterizamos su patrón conductual, la actividad refleja de su musculatura estriada pélvica y perineal y la histología de su tracto urogenital inferior.

### Micción

La micción se produce cuando la vejiga urinaria ha alcanzado su capacidad de almacenamiento fisiológica máxima y cuando el lugar y el momento son socialmente adecuados (4). La continencia se define como la capacidad para controlar la función de la vejiga (17). En condiciones normales, se presentan largos periodos de continencia con breves intervalos de vaciamiento.

La continencia se mantiene por el cierre pasivo de la luz uretral debido a la tensión superficial originada por las

contracciones uretrales, la plasticidad de los pliegues uretrales, el tono de la musculatura lisa, la contracción refleja de la musculatura estriada periuretral y la transmisión de la presión intraabdominal (10, 12). Esta transmisión puede ser pasiva, de forma directa a la uretra, de modo que en la misma medida que aumenta la presión intraabdominal aumenta la presión uretral (27, 23, 12). La activación de la musculatura estriada pélvica aumenta cuando se realiza un esfuerzo durante el estornudo, la risa o al cargar un objeto pesado ya que se incrementa la presión intraabdominal. Esta respuesta refleja del piso pélvico —específicamente del esfínter externo de la uretra y del pubococcígeo— precede al incremento de la presión vesical inducida por la alta presión intraabdominal y aumenta considerablemente la presión uretral, evitando así la salida de la orina (27, 23, 12).

La expulsión de la orina es un proceso que si bien la mayoría de las veces es un reflejo disparado por la distensión vesical, se puede inducir y/o inhibir voluntariamente, hasta cierto grado. Este proceso involucra una serie de reflejos coordinados que inducen la contracción sostenida del detrusor y la relajación del esfínter externo de la uretra. Cuando la vejiga se llena aproximadamente a la mitad de su capacidad máxima (250 ml) se experimentan las primeras sensaciones de orinar (27, 23, 12). Se propone que durante la expulsión de la orina se contraen los músculos abdominales, coadyuvando a que el incremento en la presión abdominal se transmita hacia la vejiga y se favorezca el vaciamiento (12).

El entendimiento de la fisiología de la micción requiere del conocimiento de cada uno de los componentes del tracto urinario inferior.

#### Sustrato anatómico femenino

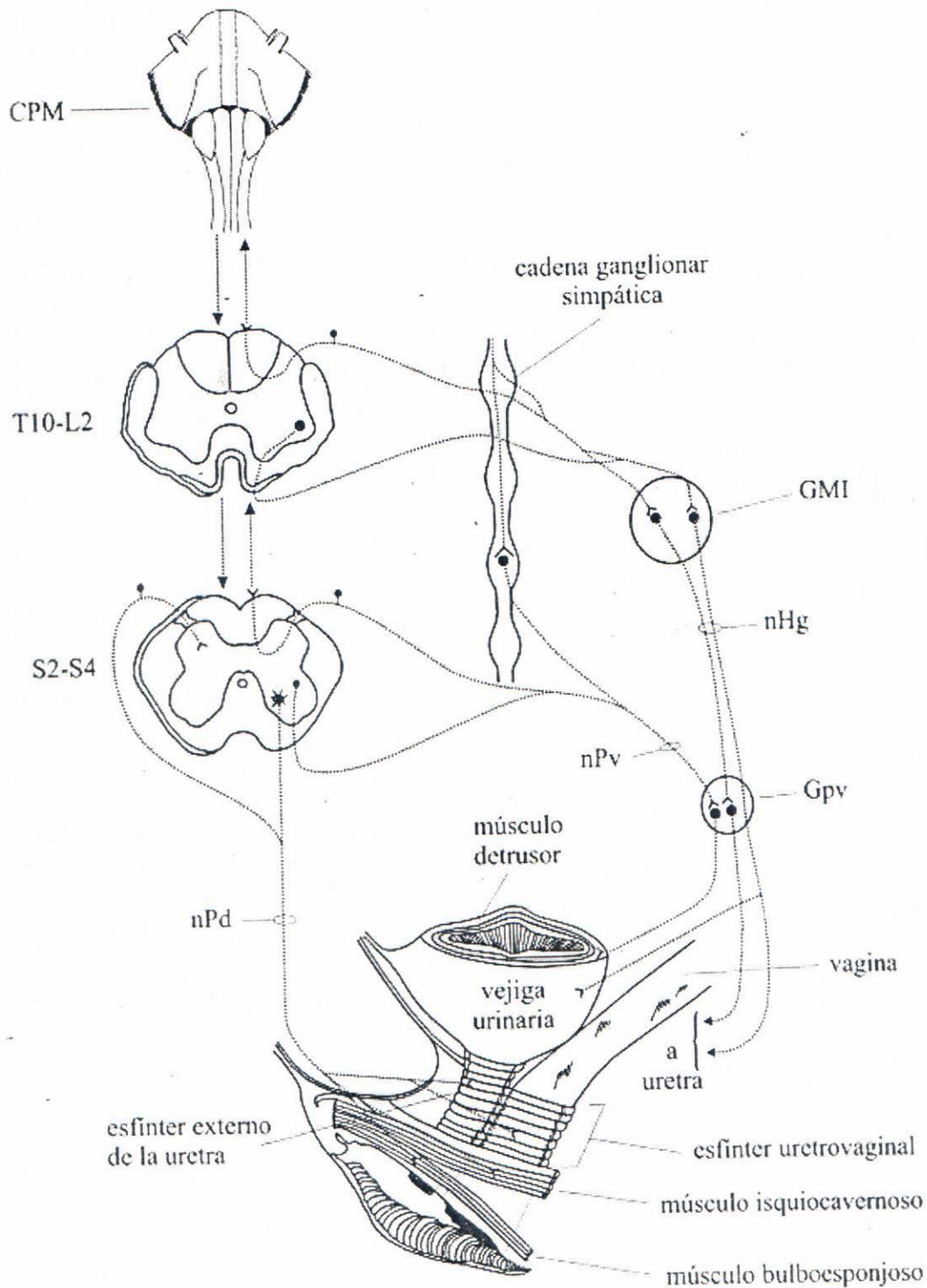
El tracto urinario se divide en superior e inferior. El primero está conformado por riñones y uréteres, el segundo por vejiga y uretra. Aunque estas dos últimas estructuras son dos órganos anatómicamente distintos, fisiológicamente se comportan como una unidad que permite la continencia y la expulsión de la orina (15).

*Tracto urinario inferior.* La vejiga urinaria es un órgano con morfología globulosa capaz de replegarse sobre sí misma tras su vaciamiento. Se ubica sobre el piso pélvico detrás del pubis y delante del recto y del eje úterovaginal (12). Se aprecian dos regiones, el cuerpo y el cuello. En este último se encuentra el trigono, estructura triangular donde entran los uréteres. La vejiga almacena la orina que se produce continuamente en los riñones y funciona como un reservorio de capacidad fisiológica variable, entre 150 y 500 ml con un promedio de 300 a 350 ml. Su posición se mantiene mediante los tractos fibrosos y fascículos musculares (12). La uretra es un complejo tubo-muscular de aproximadamente 3 a 4 mm de largo y de 7 a 8 mm de

diámetro. En ella existen tres capas: muscular, submucosa y mucosa. La capa muscular está constituida por una mezcla de músculo liso y estriado. El músculo estriado es la capa muscular más externa, llamado esfínter externo de la uretra o rabdoesfínter. La musculatura lisa está ordenada en dos capas, la externa es delgada y se forma de fibras circulares. La interna es gruesa y contiene fibras longitudinales que se extienden proximalmente hasta el anillo trigonal. La submucosa se localiza entre la capa muscular y la mucosa, está bien desarrollada y en su seno se destaca un complejo plexo arteriovenoso. La mucosa es una capa epitelial gruesa que en condiciones normales se encuentra plegada sobre sí misma sellando la luz uretral (12).

*Musculatura estriada, fascias y ligamentos.* Estas estructuras pélvicas y perineales constituyen el soporte físico que garantiza la micción. El hueso pélvico es el marco resistente donde se insertan varios músculos que por la disposición de sus fibras cierran la cavidad inferior de dicho hueso y forman el llamado piso pélvico. Éste tiene la función de soportar el peso de las vísceras pélvicas (e indirectamente de las abdominales) y de permitir el paso de las porciones más caudales de los aparatos urinarios, genital y digestivo hacia el diafragma urogenital y de ahí al exterior. La actividad de esta musculatura también regula las funciones de tales vísceras. Se ha mencionado que el músculo más importante en la constitución del piso pélvico y en el sostén de las vísceras suprayacentes es el llamado elevador del ano o levator ani, que consta de tres músculos: el pubococcígeo, el iliococcígeo y el isquiococcígeo (18, 10, 12, 11). Las fibras anteriores y mediales del levator ani se originan en la superficie posterior del pubis a cada lado de la sínfisis, mientras que las posteriores en la espina isquiática y son denominadas también músculo puborectalis (18, 10, 12, 11). Tal musculatura estriada, junto con los ligamentos y las fascias, mantienen el límite normal o fisiológico de la movilidad uretral y del cuello vesical. El límite se encuentra marcado por la fijación de la uretra y la vagina a las paredes laterales de la pelvis, a través de la fascia endopélvica. Así, la relajación o desinserción de la fascia genera una pérdida del soporte uretral con la consiguiente hipermovilidad y descenso rotacional durante los esfuerzos abdominales (18, 10, 23, 12, 11). Los ligamentos pubouretrales que sujetan a la uretra dentro del área de la transmisión de la presión intraabdominal y que se encuentran por encima del diafragma urogenital, son piezas claves también en la continencia urinaria (11). El diafragma urogenital se encuentra fuera de la acción de las presiones intraabdominales y está formado por el esfínter externo de la uretra y los músculos cavernosos de la región perineal (27, 23, 12).

En conjunto, el sustrato anatómico de la continencia y expulsión urinaria constituyen una unidad funcional controlada por el sistema nervioso central y periférico. <



*Figura 1. Esquema que muestra los principales elementos de los reflejos de micción. Durante el llenado vesical la información del nervio hipogástrico (nHg) mantiene a la vejiga relajada, cuando ésta alcanza su umbral de llenado los mecanorreceptores vesicales se activan. La estimulación de los receptores viaja por el nervio pélvico (nPv) hasta médula espinal y de ahí, a través de circuitos espinales hasta el centro pontino de la micción (CPM). El CPM coordina la contracción del detrusor y que el nervio pudendo (nPd) inhiba la contracción del esfínter externo de la uretra, del esfínter uretrovaginal, del músculo isquiocavernoso y del bulboesponjoso. Es importante resaltar que este último par de músculos no se había considerado que participaran en la expulsión de la orina.*

### Regulación nerviosa

La actividad refleja que se desencadena durante la micción es disparada por la estimulación de los mecanorreceptores vesicales y uretrales que activan a fibras aferentes mielínicas A $\delta$  y amielínicas C las cuales se caracterizan por contener péptidos tales como sustancia P, péptido intestinal vasoactivo y encefalinas. Los neurotransmisores de las fibras eferentes simpáticas son la adrenalina y la serotonina; de las parasimpáticas es la acetilcolina (40).

Las vías aferentes y eferentes del tracto urinario inferior van por tres nervios: el pélvico, el hipogástrico y el pudendo (Figura 1). *Nervio pélvico*: sus neuronas sensoriales se encuentran en los ganglios de la raíz dorsal de los primeros segmentos sacros. Sus neuronas motoras se localizan en el núcleo parasimpático de los mismos segmentos. Los axones de estas células preganglionares hacen sinapsis en el ganglio pélvico mayor, en los ganglios vesicales y/o en los intramurales de la uretra con las neuronas postganglionares cuyos axones excitan a la vejiga urinaria y relajan a la uretra durante el vaciamiento. *Nervio hipogástrico*: sus neuronas sensoriales se localizan en los ganglios de la raíz dorsal y las motoras preganglionares en el núcleo intermediolateral de los primeros segmentos lumbares. Los axones de estas neuronas hacen sinapsis en los ganglios paravertebrales simpáticos y/o en los prevertebrales (ganglio mesentérico inferior y ganglio pélvico mayor). Durante la continencia las neuronas postganglionares inhiben la contracción del detrusor, también modulan las sinapsis en el ganglio parasimpático de la vejiga y contraen el cuello vesical y a la uretra. *Nervio pudendo*: sus aferentes y eferentes se localizan en los mismos segmentos espinales del nervio pélvico. Sus eferentes somáticas excitan al esfínter externo de la uretra (9, 40). Las interneuronas de la médula espinal llevan la información aferente hasta la sustancia gris periacueductal, que a su vez, la envían al tallo cerebral, específicamente al centro pontino de la micción. Este integra la información espinal y de regiones cerebrales como el hipotálamo y la corteza, funcionando como un interruptor de los reflejos miccionales. A su vez coordina la inhibición simultánea de los reflejos somáticos y simpáticos de la uretra durante la expulsión, permitiendo que la orina sea liberada (40).

Actualmente, en la descripción de los reflejos de la micción se incluye al esfínter externo de la uretra como único elemento de la musculatura estriada que participa en dicho reflejo (9). Sin embargo, existe una estrecha relación anatómica de otros músculos estriados pélvicos y perineales con el tracto urinario inferior, por ejemplo, como los del periné, el bulboesponjoso y el isquiocavernoso (11). Es necesario analizar la acción y la función de estos otros músculos estriados en este proceso vital.

Anatómica y funcionalmente, la uretra, la vejiga y los

músculos estriados, coordinados por el sistema nervioso, participan en los reflejos de la micción. Lesiones o daños en cualquiera de los elementos de tales reflejos favorecen la aparición de patologías, leves o severas, que alteran el proceso fisiológico de la micción (33). Uno de los elementos dañados frecuentemente es la musculatura estriada, asociándose frecuentemente este daño con la incontinencia urinaria (37, 4).

### Disfunciones y daño de la musculatura estriada

El término de incontinencia urinaria indica la pérdida involuntaria de orina objetivamente demostrable y que ocasiona problema social o higiénico (4). Esta patología presenta altos índices de prevalencia en mujeres jóvenes y viejas y es causa de problemas médicos, sociales y psicológicos. La incontinencia puede ser de esfuerzo, de urgencia, mixta o por rebosamiento (4). Cualquier alteración estructural en la musculatura estriada repercute sobre el control de la función vesico-uretral (12). Cuando la musculatura del piso pélvico se encuentra muy tensa o hipertónica provoca retención urinaria. Por el contrario, si se encuentra debilitada o excesivamente relajada, el efecto natural de inhibición sobre el detrusor disminuye y puede causar incontinencia por inestabilidad vesical. Pero si tiene espasticidad (contracción y relajación inapropiada) el resultado puede ser un aumento de la frecuencia de urgencia de micción y en ocasiones, dolor perineal (37).

Estudios epidemiológicos muestran que la incontinencia urinaria de esfuerzo es un problema mundial. Se ha propuesto que dicha afección se genera como consecuencia de la debilidad de la musculatura del piso pélvico (38). Existen varios factores, entre ellos la edad, la gestación, el número de partos, la menopausia y la histerectomía relacionados con el daño de estos músculos. Entre los de más alto riesgo se encuentran la edad, el embarazo y los múltiples partos vaginales (4, 38).

*Edad*. Al igual que en el resto de los sistemas motores, el tracto urinario inferior experimenta una serie de cambios estructurales y funcionales con la edad. No obstante, es difícil establecer una relación directa de estos cambios con el envejecimiento ya que con frecuencia se presentan otras patologías que pueden interferir en la función de tales órganos o sistemas (5).

Uno de los cambios anatómicos que se observa con la edad es que la concentración de colágeno de la vejiga urinaria aumenta, alterando las propiedades mecánicas y contráctiles de este órgano. Se propone que al disminuir su capacidad viscoelástica se modifica tanto la capacidad de continencia como la contractilidad durante su expulsión (36). A nivel del trígono, los haces musculares disminuyen y aumenta el tejido conectivo, diferenciándose claramente de los haces musculares del resto del detrusor (10).

Durante la menopausia disminuyen las hormonas

esteroides y se sugiere que como consecuencia disminuye el flujo vascular y los componentes del tracto urogenital se vuelven frágiles y son propensos a inflamación e infección (28). También existe cierto grado de prolapsos de las vísceras pélvicas (10). Los estrógenos ejercen efecto trófico sobre el epitelio vesical, el tejido de revestimiento y los tejidos circundantes de la uretra y de la vagina afectando al cierre uretral. Los cambios vasculares de la submucosa y el adelgazamiento de la uretra y la disminución de la presión de cierre uretral en mujeres menopaúsicas se atribuye al déficit de hormonas esteroides (28). Aunque en la mayoría de los casos estos cambios se correlacionan con la aparición de incontinencia urinaria, también se han reportado en ancianas asintomáticas. En mujeres con incontinencia urinaria por esfuerzo, se ha mostrado que tanto el número como el diámetro de las fibras musculares lentas y rápidas de músculos estriados pélvico disminuyen conforme aumenta la edad. Así entonces, parece ser que el envejecimiento disminuye el tono de la musculatura estriada, lo que a su vez aumenta el riesgo de debilidad del piso pélvico y del esfínter externo de la uretra (14).

**Embarazo y parto.** Durante las últimas semanas del embarazo el peso y el tamaño fetal incrementan considerablemente aumentando la presión intraabdominal y distienden la musculatura estriada adyacente a las vísceras pélvicas, rompiendo algunas de sus fibras musculares y su innervación. La lesión a esta musculatura estriada es mayor durante los partos vaginales, especialmente cuando se requiere la práctica de la episiotomía, ya sea porque el producto es muy grande o porque la madre tiene sobrepeso. El daño a la musculatura estriada y su innervación es mayor cuando la mujer tiene varios partos (11). Por ejemplo, se ha mostrado que después de un parto vaginal la musculatura del piso pélvico se denerva parcialmente y su posterior reinervación de un 80%. Dicha recuperación se ve nuevamente afectada durante el segundo parto vaginal, sobre todo si el feto es grande, ya que se ha encontrado una correlación positiva entre el peso del producto y la denervación de los músculos del piso pélvico (1).

Los músculos cavernosos, bulboesponjoso e isquiocavernoso, rodean la entrada vaginal y se contraen reflejamente cuando se estimula mecánicamente la piel perigenital o la porción caudal de la vagina. Se ha propuesto que este reflejo vaginocavernoso es necesario para impedir que la cabeza del feto resbale rápidamente del cérvix hacia el exterior, evitando así el desgarramiento de la entrada vaginal (35). Los músculos cavernosos podrían lesionarse por efecto de múltiples partos. Otros músculos afectados durante este proceso son el esfínter anal, el esfínter uretral y el músculo puborectalis (34). Estudios recientes también se han enfocado al análisis del efecto del parto vaginal sobre el tejido conectivo y las fibras de los músculos del piso pélvico (4, 34).

El daño que la musculatura estriada pélvica y perineal sufre durante la gran distensión y fuerzas de tracción del parto puede ser severo e irreversible (34). En mujeres con más de tres partos vaginales se ha encontrado una mayor incidencia de incontinencia urinaria de esfuerzo comparado con la que se observa en mujeres nulíparas (37, 4).

Aún cuando en estudios en mujeres se ha establecido la relación entre incontinencia urinaria y diversos factores de riesgo, es necesario realizar estudios experimentales para conocer los factores causales de las patologías de la micción femenina. Los modelos animales pueden ser extremadamente útiles para ello.

### Modelos animales

El análisis experimental para conocer los mecanismos fisiológicos que controlan la micción se ha llevado a cabo en diversos modelos animales; los más usados fueron el gato y el perro (2). Estas especies presentan reflejos vesico-somáticos similares a los que se observan en el ser humano. Sin embargo, por el espacio y el alto costo de su mantenimiento, así como por causas sociales que condenan su uso en estudios experimentales, su empleo en el laboratorio se ha reducido considerablemente. Actualmente se utiliza la rata de laboratorio, sin embargo, contrario a lo que sucede en la mujer, en esta especie durante la micción la musculatura pélvica se contrae, un proceso que sería parecido a la condición patológica que se conoce como disnergia (24). Otra de las especies que se usan en el análisis de la micción es el conejo de laboratorio.

### El caso de la coneja doméstica

El conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus*) es una especie bien establecida en el laboratorio y útil para estudios sobre los reflejos musculares de la micción femenina por varias razones, entre ellas, el que no es muy grande, no es muy costosa de mantener en el bioterio, las hembras pueden tener varios partos en un año y su patrón de coordinación vejiga-esfínter externo de la uretra es parecido al del ser humano (30).

Además la vagina, en proporción al tamaño de la coneja, es larga (aproximadamente unos 18 cm) y en su parte media desemboca la uretra para formar el tracto urogenital; la vagina protuye del periné (31, 26, 8). En nuestro laboratorio describimos con detalle la musculatura estriada pélvica y perineal asociada al tracto urogenital (26, 8).

Por otra parte, en el conejo se han descrito tres formas conductuales de expulsar la orina: en chorro, en rocío y en chisguete. En chorro es la forma en la que emite más volumen de orina; en rocío expulsa menos y lo utiliza en presencia de un conoespecífico, sugiriéndose que este patrón conductual podría estar relacionado a la comunicación química (3).

En la coneja no se había descrito si existen también diferentes patrones conductuales de expulsar la orina y si hay cambios en ellos relacionados a la edad y número de partos. Ello ha sido parte del interés de nuestro grupo en el estudio de los mecanismos de la micción femenina.

#### Patrones conductuales de expulsión de orina

En nuestro laboratorio observamos que en presencia de un macho las conejas jóvenes (6-12 meses de edad) nulíparas o multíparas, ejecutan tres formas conductuales de emitir la orina: en chorro, en rocío y goteo, siendo más frecuente la de chorro (12, 23). En conejas viejas (36-38 meses) nulíparas o multíparas, solamente se observan dos patrones conductuales: en goteo y en chorro (12). El número de partos no modifica la frecuencia de expulsión de orina en las jóvenes (nulíparas vs multíparas) ni en las viejas (nulíparas vs multíparas). En contraste, la edad disminuye la frecuencia de expulsión de orina de las conejas (joven vs vieja, de la misma condición; Figura 2).

De acuerdo con estos resultados, los partos vaginales no modifican la frecuencia de expulsión de orina. Probablemente las características anatómicas del canal de nacimiento (fuerte musculatura lisa vaginal, cérvix amplio) y la actividad refleja de su musculatura estriada pélvica y perineal facilitan el nacimiento de las crías (8), de tal manera que el parto es muy breve en comparación con otras especies polítoicas. Esta eficiencia reproductiva quizá evite la lesión de la musculatura adyacente al tracto urogenital.

Los resultados obtenidos con respecto a la edad en la coneja también son interesantes ya que en el humano la frecuencia de orinar aumenta con la vejez (aunque el volumen disminuye) dado que la capacidad elástica y contráctil de la vejiga disminuye. Es necesario registrar y analizar cada tipo de expulsión de orina por separado y determinar si la disminución en la frecuencia de vaciamiento se debe a que la evacuación en chorro y en goteo también disminuyen o este efecto es consecuencia de la carencia de expulsión en rocío. También sería interesante determinar el nivel de las hormonas esteroides en las conejas viejas ya que probablemente esté disminuido. Si es así, probablemente la conducta de expulsión en rocío está asociada a la comunicación química de su condición hormonal y su ejecución es regulada por las hormonas esteroides.

Es posible que la conspicua musculatura estriada pélvica y perineal asociada al tracto urogenital se active reflejamente durante la expulsión de orina y que contribuya a la expresión de los diferentes patrones conductuales de expulsar la orina.

#### Vaciamiento vesical y la musculatura estriada perineal y pélvica

En animales anestesiados con uretano se induce el

vaciamiento vesical mediante la infusión continua de solución salina a la vejiga urinaria. Durante este proceso se puede medir simultáneamente la presión vesical (cistometrograma) y la actividad eléctrica de los músculos (electromiograma) al momento del vaciamiento, así como analizar otros parámetros urodinámicos. Mediante estos procedimientos determinamos que los músculos estriados adyacentes al tracto urogenital de conejas jóvenes se activan diferencialmente durante el vaciamiento vascular.

Los músculos cavernosos se activan durante el vaciado vesical. La actividad del bulboesponjoso se inicia durante el aumento de la presión vesical, cuando se está vaciando la solución salina (Figura 3A) y la del isquicavernoso precede al incremento máximo de la vejiga (Figura 3B; 6). Si bien en la mujer no se ha analizado si los músculos perineales se activan durante la emisión de orina, nuestros resultados son congruentes con lo que se ha registrado en el hombre y en la rata, en los que se propone que la actividad del músculo bulboesponjoso es importante para facilitar la expulsión de los líquidos a través de la uretra, por ejemplo, del semen durante la eyaculación (19).

El músculo pubococcígeo, que forma parte del piso

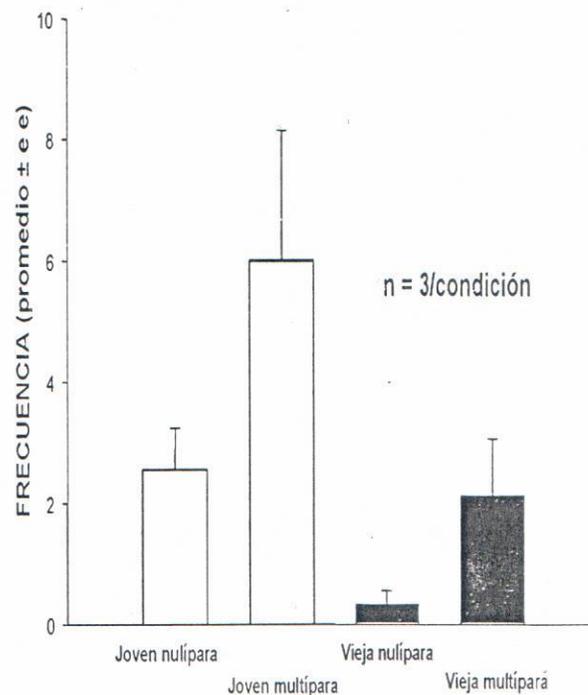


Figura 2. Frecuencias de expulsión de orina. Se muestra el promedio de las frecuencias de expulsión de orina de conejas jóvenes y viejas, nulíparas o multíparas, registrados durante seis días con pruebas de 30 minutos en presencia de un macho. Las hembras jóvenes tanto nulíparas como multíparas, presentan mayores frecuencias de expulsión de orina con respecto a las hembras viejas en ambas condiciones.  $F_{(2)} = 5.38$   $p < 0.05$ . \*\*  $p < 0.001$

pélvico, se caracteriza por presentar actividad tónica durante la fase de almacenamiento, inactividad durante la fase de expulsión y una larga postdescarga después de vaciamiento vesical (Figura 3C). Esta coordinación vejiga urinaria-musculatura del piso pélvico durante la fase de vaciamiento también se presenta en los humanos (16). La actividad tónica del pubococcígeo de la coneja también es similar a la que se observa en las mujeres durante la fase de continencia (13). De hecho, la ejercitación voluntaria de este músculo mediante los ejercicios de Kegel disminuye considerablemente la incontinencia urinaria (22).

Es necesario analizar mediante los cistometrogramas la capacidad fisiológica de la vejiga en la coneja vieja también y analizar en detalle si los cambios estructurales relacionados con la edad se correlacionan directamente a patologías de la micción.

Las características histológicas de esta musculatura estriada y más aún del propio tracto urogenital podrían verse afectados por la edad y el número de partos tal como sucede en la mujer (37, 10, 4).

**Histología del tracto urogenital y la musculatura estriada perineal**

La descripción de la organización histológica del tracto urogenital de la coneja es muy general y además confusa. Actualmente en nuestro laboratorio estamos analizando en conejas jóvenes y viejas, nulíparas y múltiparas la organización histológica del tracto urinario inferior y de la musculatura estriada que la rodea. Las técnicas usadas son las tinciones de hematoxilina-eosina y la de tricrómica de Masson para la uretra y la vagina y el Negro de Sudán para el músculo estriado bulboesponjoso.

*Tracto urogenital inferior:* Los cortes histológicos del tracto urogenital inferior de una coneja joven nulípara muestran a la uretra, a la vagina y a músculos estriados. La uretra presenta la siguiente organización tisular de la luz a la periferia: la túnica mucosa constituida por epitelio estratificado plano; la lámina propia formada por tejido conectivo laxo altamente irrigado y la túnica muscular constituida por musculatura lisa y musculatura estriada. La vagina es un tubo fibromuscular cuyas cuya organización tisular de la luz vaginal hacia el exterior es: la túnica mucosa, conformada por pliegues de epitelio estratificado plano; la lámina propia compuesta de tejido conectivo laxo; la túnica muscular lisa y la túnica adventicia formada por tejido conectivo laxo. A su vez, la uretra y la vagina están rodeadas por musculatura estriada (Figura 4; 39). Tal organización es semejante a la descrita en la mujer (15) y rata (32).

Al comparar la organización anatómica del tracto urinario inferior de la coneja joven nulípara con la de una hembra vieja múltipara se observa en la capa submucosa de la coneja vieja un incremento en el índice de apoptosis, de colágeno y de espacios intercelulares de la vagina y la

uretra, tal como sucede en la mujer (5).

*Musculatura estriada.* En los vertebrados el músculo estriado está compuesto de tres grupos de fibras; las del grupo I o fibras de contracción lenta con metabolismo

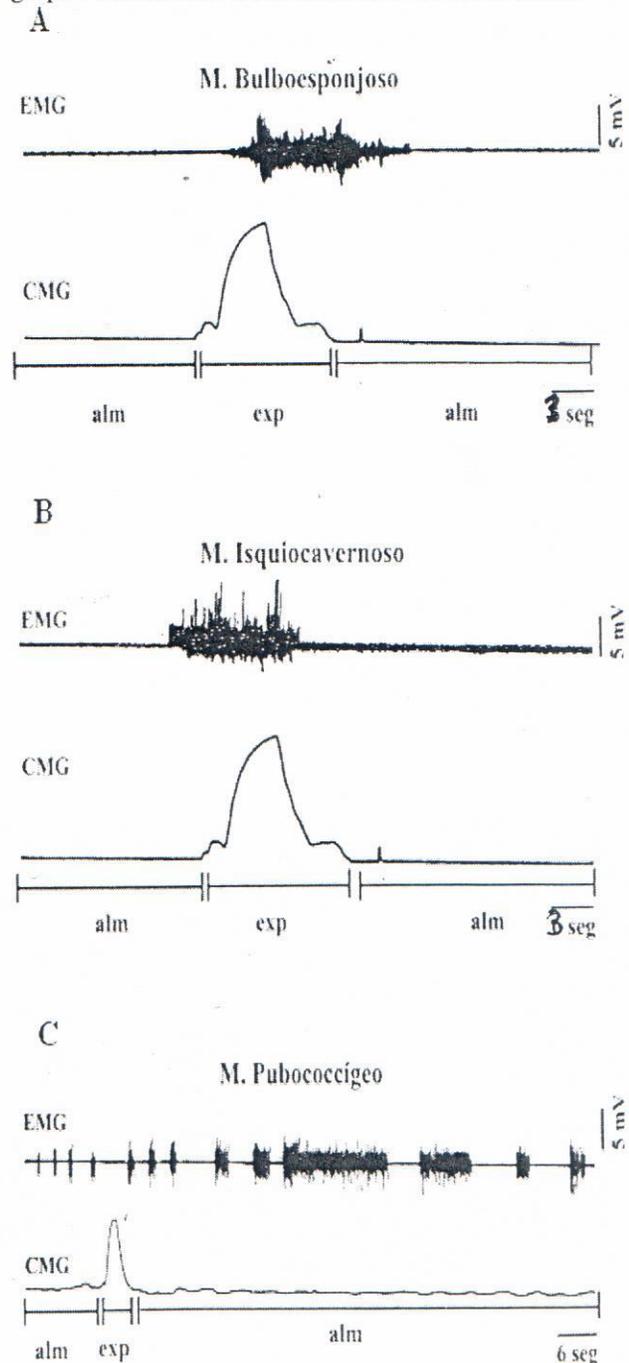


Figura 3. Registro simultáneo de cistometrogramas (CMG) y electromiogramas (EMG) durante el vaciamiento vesical inducido en conejas anestesiadas. A) músculo bulboesponjoso, B) músculo isquiocavernoso y C) músculo pubococcígeo. Obsérvese que los tres músculos se activan a diferentes tiempos durante el proceso de vaciamiento. alm=almacenamiento y exp=expulsión.

aerobio y con capacidad de almacenar grasas; las del tipo II o de contracción rápida con metabolismo anaerobio sin la capacidad de almacenar grasa; y las del tipo IIb que son de contracción rápida pero almacenan grasa, aunque en menor cantidad que las fibras tipo I (21). La técnica que permite teñir y distinguir estas fibras musculares y determinar el porcentaje de cada uno de estos tipos celulares en el músculo estriado es el Negro de Sudan, que tiñe específicamente a grasas (25). En un corte transversal de músculo esquelético teñido, las fibras tipo I toman una coloración oscura, las tipo II permanecen como fibras claras, y las fibras tipo IIb presentan diferentes tonalidades intermedias entre las fibras claras y las oscuras (25).

Mediante la técnica de Negro de Sudán medimos el área y obtuvimos la proporción de fibras contenidas en el músculo bulboesponjoso de conejas jóvenes nulíparas y viejas múltiparas. Los resultados preliminares muestran que el área de las fibras oscuras (tipo I) y claras (tipo II), es menor en las conejas viejas múltiparas con respecto a las jóvenes nulíparas, mientras que la proporción de fibras intermedias (tipo IIb) es similar en ambos grupos (Figura 5 C). En cuanto a la proporción de fibras en las hembras jóvenes nulíparas, se encontró una gran proporción de fibras claras y una pequeña proporción de fibras oscuras e intermedias. Tal patrón se ve invertido en las hembras viejas múltiparas que presentan mayor proporción de fibras oscuras y una menor proporción de fibras claras. Las fibras

intermedias se ven aumentadas en las hembras viejas (Figura 5D). Así, parece que con la edad disminuyen las fibras lentas y las rápidas del músculo bulboesponjoso, lo que podría influir en su función. Tal información coincide con lo reportado en el esfínter externo de la uretra en mujer (29).

Estos cambios estructurales en la histología del tracto urogenital de la coneja vieja y de su musculatura estriada podrían estar relacionados con la deficiencia de hormonas esteroides y/o sus receptores actuando a diversos niveles del sistema urogenital.

Planeamos iniciar el estudio sobre la actividad de los nervios musculares y su relación a la presión del tracto urogenital.

### Conclusiones

A pesar de que en las últimas dos décadas se ha incrementado considerablemente el estudio de la fisiología de la micción femenina y de sus patologías, aún no se conoce la relación causa-efecto con los diferentes factores de riesgo a los que se han asociado, lo que posiblemente se deba a la complejidad anatómica y funcional de este sistema y al origen multifactorial de las afecciones. Uno de los componentes importantes de la micción es la musculatura estriada pélvica y perineal adyacente al tracto urogenital. Los reflejos en los que esta musculatura participa han sido poco analizados. Sin embargo, actualmente se

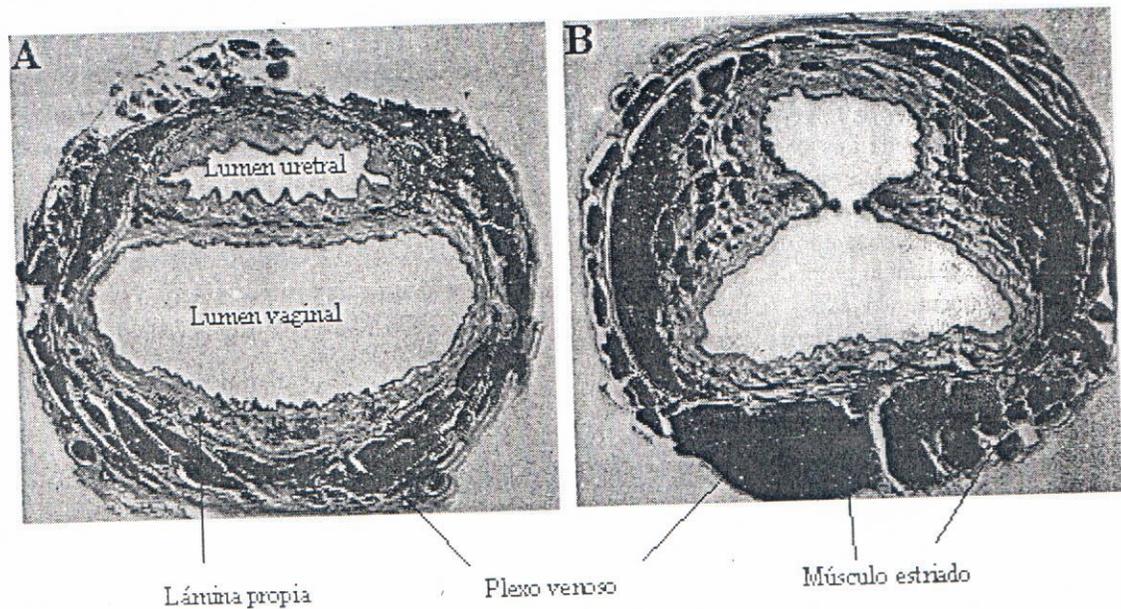


Figura 4. Microfotografías de cortes transversales de vagina y uretra de una coneja doméstica joven teñidos con tricrómica de Masson. En A se observa uretra y vagina unidas por tejido conectivo. Ambas estructuras son circundadas por un plexo venoso altamente irrigado dividido en su parte intermedia por una fina capa de musculatura estriada. B es un corte más caudal donde se observa la unión de los lúmenes de uretra y vagina formando un solo tracto. En A y B se aprecia la organización tisular de las paredes de la uretra y de la vagina.

reconoce que estos músculos se activan reflejamente a la distensión visceral, modulando directa o indirectamente los procesos reproductivos y expulsivos como el parto y la micción.

Resultados preliminares que presentamos en este capítulo indican que la coneja doméstica es un buen modelo experimental para el estudio de la micción femenina. Mostramos conductualmente que la edad está relacionada a diferentes formas de expulsar la orina. Electrofisiológicamente encontramos que hay actividad eléctrica diferencial de músculos perineales y pélvicos durante la inducción del vaciado vesical. Por último, la organización histológica de la uretra y la vagina también parece verse afectada con la edad. Con estos hallazgos contribuimos, en parte, al entendimiento de la participación de la musculatura estriada pélvica y perineal en la micción femenina, con ello pretendemos avanzar en el estudio de los reflejos nerviosos involucrados.

**Agradecimientos**

Al M. en C. Mario García Lorenzana por su asesoría en el trabajo de laboratorio. A los estudiantes Nicté Xelhuantzi e Iván Rubén Bravo su apoyo en la revisión bibliográfica, así como su asistencia en la elaboración de los esquemas. También a Leticia Nicolás, Laura García y Carolina Rojas su apoyo técnico. Se ha contado con financiamiento de PAPIIT-UNAM (donativo IN201303-3 a MMG); CONACYT (donativo 2002-C01-40081 a YC, beca 191915 a DLC, beca 153777 a VMF, beca 124858 a JRA); PROMEP (donativo UATLAX-PTC-22 a LIG, beca UATLAX-2003-159 a JRA) y PIFOP (donativo UAT2002-30-03).

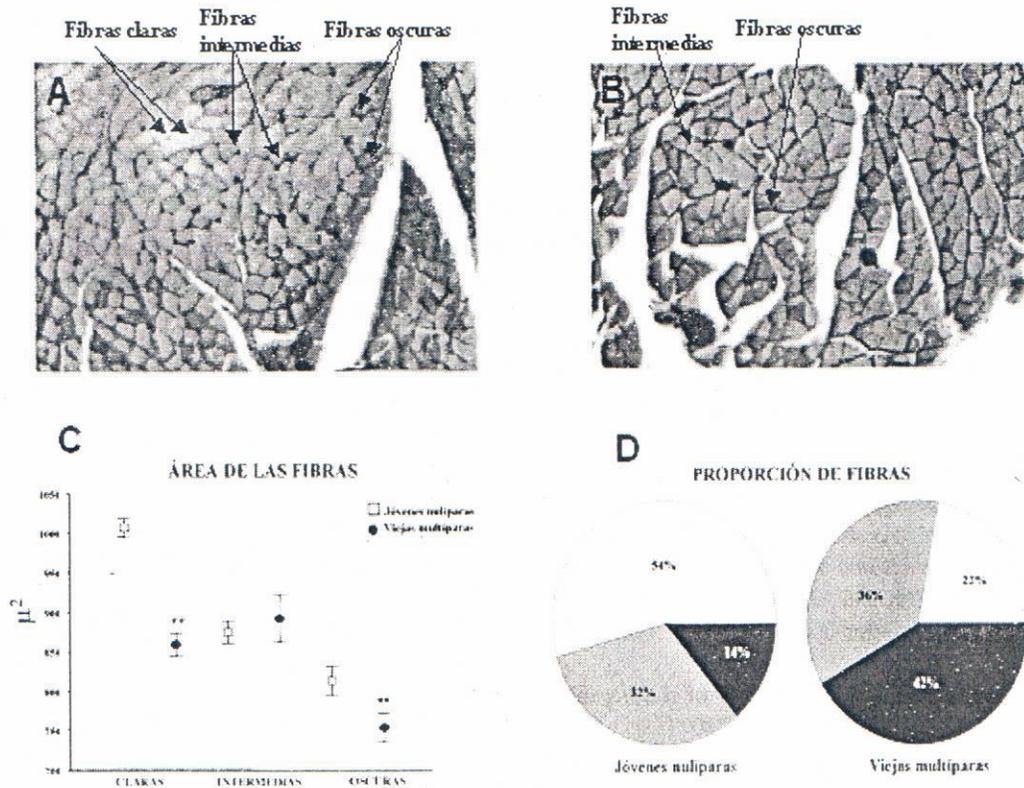


Figura 5. Se ilustra la organización de fibras (claras, intermedias y oscuras) en hembras jóvenes nulíparas (A) y en hembras viejas múltiparas (B). Nótese la gran cantidad de fibras intermedias y oscuras en las hembras viejas con respecto a las hembras jóvenes. C) Comparación de las áreas de fibras claras, intermedias y oscuras de hembras nulíparas jóvenes vs hembras viejas múltiparas.  $F_{(2)} = 18.32$   $p < 0.05$ . D) Proporción de los distintos tipos de fibras encontradas en las hembras jóvenes nulíparas y hembras viejas múltiparas.

## Referencias

- 1.- Allen R, Hosker G, Smith A, Warrel D. Pelvic floor damage and childbirth: a neurophysiological study. *Br. J. Obstet. Gynaecol.* 97:770-779. 1990.
- 2.- Barrington FJF. The effect of lesions of hind- and mid- brain on micturition. *Q. J. Exp. Physiol.* 15:81-102. 1925.
- 3.- Bell DJ. Social olfaction in lagomorphs. *Sym. Zool. Soc. Lond.* 45:141-164. 1980.
- 4.- Bernstein T. The pelvic floor muscles: Muscle thickness in healthy and urinary-incontinent women measured by the effect of pelvic floor training. *Estrogen receptor studies. Neurourol. Urol.* 16:237-275. 1997.
- 5.- Carlile A, Davies I, Rigby A, Brocklehurst J. Age changes in the human female urethra: A morphometric study. *J. Urol.* 139:532-535. 1988.
- 6.- Corona DL. Musculatura estriada pélvica y perineal que participa en la micción de la coneja doméstica. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Tlaxcala. México. En proceso.
- 7.- Corona DL, Fajardo V, García L, Rodríguez-Antolín J, Hudson R, Martínez-Gómez M. Patterns of urination in female rabbits of different age and reproductive state. *XLI Animal Behavior Society Meeting.* Oaxaca, México. 2004.
- 8.- Cruz Y, Hudson R, Pacheco P, Lucio RA, Martínez Gómez M. Anatomical and physiological characteristics of perineal muscles in the female rabbit. *Physiol. Behav.* 74:1-8. 2002.
- 9.- De Groat WC. Neural control micturition. En: *Encyclopedia of Neuroscience.* G Adelman (Eds.) Brikhäuser, Boston. 1987. 11: 667-668.
- 10.- DeLancey JOL. Structural aspects of the extrinsic continence mechanism. *Obstet. Gynecol.* 72:296. 1988.
- 11.- DeLancey JOL. Anatomy and function of the pelvic floor. En: *Pelvic floor re-education principles and practice.* B. Shüssler, J. Laycock, P. Norton, S. Stanton and Springer (Eds.) London. 2000. Pp: 7-36.
- 12.- Elbadawi A. Functional anatomy of the organs of micturition. *Urology.* 23(2):177-210. 1996.
- 13.- Fajardo V. Características anatómicas y electrofisiológicas del músculo bulboesponjoso y pubococccígeo de la coneja en relación con su edad y paridad. Tesis Doctorado en Neuroetología, Universidad Veracruzana. México. En proceso.
- 14.- Fanat JAI. The lower urinary tract in women. Effect of aging and menopause on incontinence. *Exp. Gerontol.* 29: 417-422. 1994.
- 15.- Genesser F. *Histología.* Ed. Médica Panamericana. México. 2000. Pp:555-580.
- 16.- Glazer HI, Romanza L, Polanecsky M. Pelvis floor muscle surface electromyographic: reliability and clinical predictive validity. *J. Reprod. Med.* 44:779-782. 1999.
- 17.- Gispert C, Gay J, Vidal JA. *Diccionario de Medicina* Océano Mosby. Océano Grupo Editorial, SA. 2001. Pp:299.
- 18.- Gosling JA. The structure of the female lower urinary tract and pelvic floor. *Urol. Clin. North. Am.* 12(2):207-214. 1985.
- 19.- Holmes GM, Chapple WD, Leiphermer RE, Sachs BD. Electromyographic analysis of male rat perineal muscles during copulation and reflexive erections. *Physiol. Behav.* 49:1235-1246 1991.
- 20.- International Continence Society. *Incontinencia Urinaria de Esfuerzo (IUE): Un problema para mujeres de todas las edades.* Nota de prensa. International Continence Society. 2003.
- 21.- Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. *Principles of Neural Science.* E.R. Kandel, J.H. Schwartz and T.M. Jessel (Eds.) McGraw-Hill, Interamericana. 1997. Pp: 548-563.
- 22.- Kegel AH. Progressive resistance exercise in the functional restoration of the perineal muscles. *Am. J. Obst. Gynecol.* 56: 238-248. 1948.
- 23.- Klutke CG, Siegel CL. Functional female pelvic anatomic. *Urol. Clin. North. Am.* 22(3):487-498. 1995.
- 24.- Le Feber J, Van Asselt E. Pudendal nerve stimulation induces urethral contraction and relaxation. *J. Physiol.* 277:1368-1375. 1999.
- 25.- Lynch MJ, Raphael SS, Mello LD, Spare PD, Inwood MJ. *Métodos de laboratorio.* Interamericana. 1997. Pp:725.
- 26.- Martínez-Gómez M, Lucio RA, Carro M, Pacheco P, Hudson R. Striated muscles and scent glands associated with the vaginal tract of the rabbit. *Anat. Rec.* 247:486-495. 1997.
- 27.- Mostwin JL. Current concepts of female pelvic anatomy and physiology. *Urol. Clin. North. Am.* 18:175-195. 1991.
- 28.- Nichols D. Surgery for pelvic floor disorders. *Gynecol. Surg. Gen. Surg.* 71:927-946. 1991.
- 29.- Perucchini D, DeLancey J, Ashton-Miller J, Galecki A, Schaer G. Age effects in urethral striated muscle. II. Anatomic location of muscle loss. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 186: 351-355. 2002.

- 30.- Pflav V, McCreery DB. Mapping of spinal cord circuits controlling the bladder and external urethral sphincter functions in the rabbit. *Neurol. and Urodyn.* 23:172-179. 2004.
- 31.- Popesko P, Rajtová V, Horák J. A color atlas of the anatomy of small laboratory animals. Wolfe Publishing Ltd. England. 1979. Pp:115-123.
- 32.- Resplande J, Shahram S, Gholami, Tulio M, Graziottin, Rogers R, Lin C-S, Leng W, Lue TF. Long-Term effect of ovariectomy and simulated birth trauma on the lower urinary tract of female rats. *J. Urol.* 168: 323-330. 2002.
- 33.- Rexach L, Verdejo C. Incontinencia urinaria. *Inf. Ter. Sist. Nac. Sal.* 23:149-158. 1999.
- 34.- Schüssler B, Anthuber C, Warrel D. Childbirth and Pelvic Floor Damage. En: *Pelvic Floor Re-education Principles and Practice.* B. Schüssler, J. Laycock, P. Norton, S. Stanton (Eds.) Springer-Verlag London. 1994. Pp:103-110.
- 35.- Shafik A. Vaginocavernosus reflex. *Gynecol. Obstet. Invest.* 35:114-117. 1993.
- 36.- Staskin DR. Age-related physiologic and pathologic changes affecting lower urinary tract function. *Clin. Geriatr. Med.* 2:701-709. 1986.
- 37.- Snooks S, Badenoch D, Tiptaft R, Swash M. Perineal nerve damage in genuine stress urinary incontinence an electrophysiological study. *Br. J. Urol.* 57:422-426. 1985.
- 38.- Wei JT, DeLancey JOL. Functional anatomy of the pelvic floor and lower urinary tract. *Clin. Obst. Gynecol.* 47:3-17. 2004.
- 39.- Xelhuantzi N, Rodríguez-Antolín J, Bravo IR; Pacheco P; Martínez-Gómez M. Estudio histológico de la porción vaginal pélvica de la coneja doméstica. XLVII Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas. Veracruz, México. 2004.
- 40.- Yoshimura N, Chancellor BM. Neurophysiology of lower urinary tract function and dysfunction. *Rev. Urol.* 5(8):3-10. 2003.

#### Correspondencia para el autor

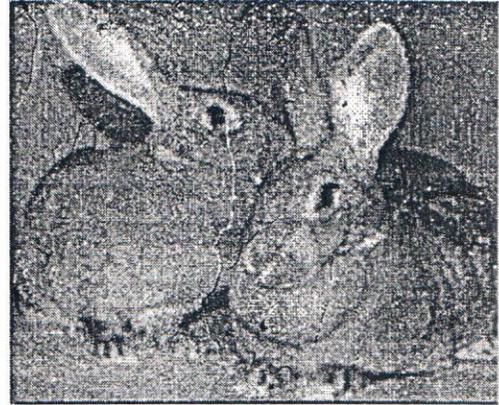
Dra. Margarita Martínez-Gómez

Tel/fax: 012464621557

Correo Electrónico: marmag@garza.uatx.mx



# ¿Orina y comunicación?



Conejos. Fuente: [www.feagas.es/federacion.htm](http://www.feagas.es/federacion.htm)

*Dora Luz Corona Quintanilla*

¿Alguna vez te has preguntado cómo se comunica la gran diversidad de animales existentes en la naturaleza? La respuesta más sencilla es que hay distintas formas de transmitir mensajes: visual, auditiva, táctil, eléctrica y química. Estos mensajes se envían a individuos de la misma especie o de otra.

Una de las formas más utilizadas en algunos mamíferos es la comunicación química. Tal estrategia de comunicación involucra señales químicas producidas en glándulas especializadas localizadas en distintas partes del cuerpo como axilas, barbilla, región anal, etc. Estas glándulas liberan secreciones que contienen señales químicas liberadas directamente al medio externo (como el sudor, por ejemplo) o en las heces fecales y la orina.

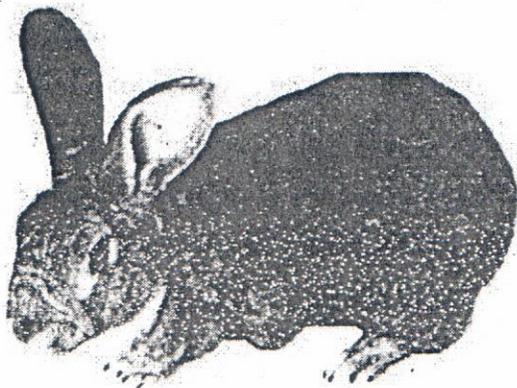
La orina es portadora de las señales químicas que disparan diversos mecanismos fisiológicos en los individuos que las perciben; muchas veces también disparan respuestas conductuales. Mientras a los humanos la orina nos puede parecer un líquido desagradable, para muchos mamíferos es una forma usual de comunicación. Por ejemplo, los machos de algunas especies de roedores liberan señales químicas contenidas en la orina, provocando en las hembras cambios en su estado reproductivo, por ejemplo inducen el estado de

receptividad sexual o estro. Del mismo modo, las ratonas usan su orina para enviar señales atractivas a los machos, cuando están en estro orinan en sitios estratégicos avisando a los machos que están dispuestas a copular con ellos.

Debido a la gran diversidad de especies (coyotes, zorros, perros, elefantes, ratones y conejos, etc.) que utilizan señales químicas para comunicarse, los investigadores en el tema utilizan diversos modelos animales que presentan ciertas ventajas para su estudio. Una de estas especies es el conejo europeo; por cierto, hasta caricaturas como la de Bugs Bunny han sido inspiradas en esta especie.

### **El conejo como modelo en estudios de comunicación química**

El conejo europeo es un modelo clásico en estudios de comunicación química. En



El conejo europeo, un modelo de estudio.

estado silvestre, los conejos generalmente, forman pequeños grupos de cuatro machos y seis hembras. A pesar de que pueden vivir en el campo donde hay abundante hierba, excavan madrigueras bajo tierra. Las entradas de las madrigueras son delimitadas por la deposición de una secreción producida por la glándula del mentón. Estos olores son de gran importancia para informar a otros conejos que el territorio está ocupado, evitando así a los intrusos.

Por otra parte, y como en muchas especies sociales, los conejos tienen distintos rangos o jerarquías sociales establecidas por medio de conductas agresivas entre los miembros del grupo. Existen machos y hembras que se consideran dominantes porque tienen la oportunidad de controlar su territorio y tienen mayor disponibilidad al alimento. Los miembros de menor jerarquía se conocen como subordinados y participan en la defensa del territorio del grupo. El establecimiento de estas jerarquías está relacionado directamente con la reproducción, porque los individuos de mayor rango social tienen más probabilidades de reproducirse en comparación con los subordinados. Por ejemplo, durante la época reproductiva, los machos dominantes tienen acceso a las hembras con las cuales



Un grupo de conejos establece su territorio en el cual construyen madrigueras.

pueden aparearse. Asimismo, muchas hembras gestantes parece que pueden escoger los mejores lugares para el establecimiento de sus nidos.

Otro aspecto donde los conejos usan mensajes químicos es durante la conducta de amamantamiento. Las hembras lactantes liberan una feromona emitida a través de la piel del pezón para que las crías localicen rápidamente los pezones y puedan succionarlos. Esta conducta resulta de gran importancia para la sobrevivencia de las crías, pues se podría decir que las conejas madres son un poco "egoístas" y sólo amamantan a sus crías durante tres minutos al día. ¡De verdad!

¡Sólo cada 24 hrs. se presentan a darle de comer a sus hijos! Y por ello es muy importante que cuando las madres visitan a sus crías, éstas localicen inmediatamente los pezones y los succionen.

La comunicación química es muy utilizada por los conejos. En esta especie, la orina también se usa para enviar mensajes químicos, lo que me permite contarles otra parte de esta historia biológica.

### Mensajes en la orina

Se sabe que en los conejos, la orina es una fuente de señales químicas entre miembros de la misma especie. Curiosamente, la descripción sólo se ha hecho para los machos, por lo que me surge la idea de si los estudiosos no han sido un poco "machistas" y no les importó mucho si las conejas también usan la orina como señal. Bueno, el hecho es que en un estudio que hicieron en el conejo "europeo" ¡en Australia! (*Oryctolagus cuniculus* fue llevado a este país y resultó en una plaga) observaron en condiciones silvestres que el macho presenta tres conductas diferentes para orinar: en cuclillas, en chisguete y en rocío. Para orinar en *cuclillas* hacen como que se sientan y se mantienen quietos para expulsar la orina en el suelo. Si van a eliminar la orina en forma de *chisguete*

(como un chorro de manguera) caminan, se detienen y levantan un poco los cuartos traseros. En cambio, para que orinen en forma de rocío se dan media vuelta y dirigen la parte trasera hacia otros conejos para aventarles la orina. Se observó que antes de la cópula los machos despliegan orina en forma de rocío, lo que sugiere que esta conducta se usa en el contexto sexual.

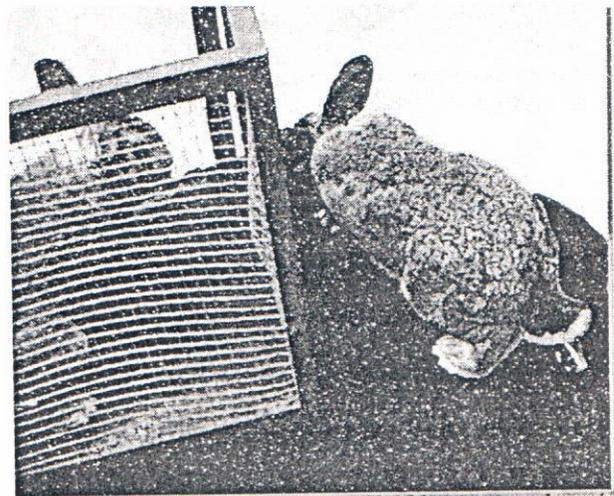
### ¿Y la orina femenina?

Indudablemente por mi género femenino cabe preguntar ¿qué sucede con las conejas?, ¿utilizan la orina para comunicarse? En los reportes del estudio mencionado se dice que la coneja sólo orina en chisquete, aunque no hicieron observaciones sistemáticas en este sexo (no se discute por qué). Probablemente sea porque se consideraba que las hembras no eran agresivas y que sólo ocasionalmente formaban jerarquías para defender sus madrigueras maternas. Por tanto, la mayoría de estudios en hembras sobre comunicación química se han realizado en aspectos de conducta maternal y sexual. La información producida es de gran importancia porque ha permitido entender diversos mecanismos fisiológicos y conductuales.

Sin embargo, ahora se sabe que las conejas también se organizan en jerarquías,

son agresivas y marcan su territorio, lo cual lleva a la pregunta de si podrían utilizar el mismo marcaje que los machos. Como no íbamos a viajar a Australia, trabajamos en la coneja europea de laboratorio (¡mexicana!).

Los estudios que realizamos en estas condiciones más controladas muestran que las conejas también tienen distintas formas conductuales de expulsar la orina: en cuclillas, en chisquete, en rocío y en goteo



La coneja expulsa orina en forma de chisquete cuando está en presencia de otra hembra.

¡una forma conductual más que el macho! Las conductas durante cada forma de expulsión son similares en ambos sexos. Ello es un ejemplo de la importancia de realizar estudios sistemáticos en la hembra y en el macho.

Si las conejas están solas orinan por lo regular en cuclillas y en goteo. En esta

última forma las hembras dejan en el piso pequeñas gotas de orina mientras caminan. En cambio, cuando se encuentran con otra hembra muestran tres formas de orinar: en cuclillas, en goteo y en chisguete. ¡Ah! pero si tienen encuentros con el sexo opuesto, las conejas se vuelven más activas y expulsan la orina de las cuatro formas aunque con mayor frecuencia en forma de rocío. Posiblemente con esta conducta las hembras emitan mensajes de tipo sexual.

En algunos mamíferos, la transmisión de diferentes mensajes químicos en la orina proporciona algunas ventajas. Una ventaja podría ser que el depositar orina en lugares específicos permite a los mensajes permanecer sin necesidad de que el individuo emisor esté presente y pueda dedicarse a otras actividades. Aunque, por otro lado, si envía directamente la orina (como la enviada por el conejo en forma de rocío) tal vez sea más "atractiva" y llegue directamente al receptor.

A pesar de toda esta información, he de mencionar que aún falta mucho por aprender sobre lo que "dice" la orina. Sería interesante saber si los conejos que habitan nuestro territorio también utilizan la orina como portadora de mensajes. Para ello podrían realizarse observaciones con las especies de los conejos *Sylvilagus*

*cunicularius* y *Sylvilagus floridanus* nativos del bosque templado Parque Nacional La Malinche. En este lugar un grupo de investigadores interesados en estas especies lleva a cabo estudios con orientación ecológica y reproductiva, y realizan algunas observaciones al respecto. Por ejemplo, reportan que en encuentros agresivos los conejos orinan en chisguete.

### Y nuestra orina ¿qué?

A pesar de que los seres humanos no usamos la orina para transmitir mensajes químicos, ésta es un componente muy importante de nuestro cuerpo. Para los médicos la apariencia, el olor y las características químicas de la orina aportan información de diferentes mecanismos fisiológicos.

En medicina, un examen general de orina puede determinar funciones de los riñones, diagnosticar embarazos e indicar enfermedades del organismo, como la *diabetes* o infecciones de las vías urinarias por contacto sexual. Incluso, en varias ocasiones, el examinar la orina da resultados preliminares que sirven de guía para elegir otras pruebas clínicas más específicas que permiten dar un diagnóstico preciso, certero y definitivo.

Así, debemos tener en cuenta que no sólo podemos ver a la orina como un

producto de desechos corporales, sino también como portadora de muchas señales químicas que permiten la comunicación entre animales. Por ello, el estudio biológico

y fisiológico de la orina y de la forma en que la depositan diferentes especies animales, constituye un área donde aún nos esperan muchos descubrimientos.