

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA Y EMBRIOLOGÍA HUMANA**

**I**



**TESIS DOCTORAL**

**DESARROLLO INICIAL DEL TRAYECTO  
INGUINAL.**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR**

**PRESENTADA POR**

**José Bouzada Gil**

**Bajo la dirección de los doctores:**

**José Ramón Sañudo Tejero**

**M<sup>a</sup> Teresa Vázquez Osorio**

**Madrid, 2010**

**ISBN: 978-84-693-3200-9**



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
DEPARTAMENTO DE ANATOMIA Y EMBRIOLOGÍA HUMANA I  
FACULTAD DE MEDICINA**

**DESARROLLO INICIAL DEL TRAYECTO INGUINAL**

**TESIS DOCTORAL**

**DIRIGIDA POR: Dr. José Ramón Sañudo Tejero y Dra. M<sup>a</sup> Teresa Vázquez Osorio**

**REALIZADA POR: D. José Bouzada Gil**



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE  
MADRID

DON José Ramón Sañudo Tejero, Doctor en Medicina y Cirugía y Profesor Titular de Anatomía y Embriología Humana de la Universidad Complutense de Madrid y Doña M<sup>a</sup> Teresa Vázquez Osorio, Doctora en Farmacia y y Profesora Titular de Anatomía y Embriología Humana de la Universidad Complutense de Madrid

HACEN CONSTAR:

Que la Tesis Doctoral que presenta a superior juicio del Tribunal **D. José Bouzada Gil**, sobre el tema “*Desarrollo inicial del trayecto inguinal*”, ha sido realizada bajo nuestra dirección.

Nuestra opinión es que su autor está capacitado para obtener el título de Doctor, siempre y cuando así lo considere el Tribunal designado para tal efecto por la Universidad Complutense de Madrid.

En Madrid a 16 de junio de 2009

JR Sañudo Tejero  
Director de la Tesis

MT Vázquez Osorio  
Directora de la Tesis

*A Elena,*

*por dedicarme tu vida, con todo mi amor.*

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar y de forma muy especial, a mis hijas Paloma y Cayetana, quienes soportaron mis ausencias pero me dedicaron siempre sus mejores sonrisas, haciéndome comprender que merece siempre la pena seguir adelante. Con su cariño mi trabajo se hizo más llevadero.

A mis padres, Eugenio y Teresa, por su ejemplo diario de trabajo y esfuerzo; a mis suegros, Quique y Pilita, por cuidarme tan bien cuando estuve viviendo con ellos; a mis hermanos, Tere, Juan, Ana, Nacho, Nerea y María, ejemplos de tesón que me animan constantemente, al igual que Marta, Francisco y los rusos, Quique y Noemí. Soy muy afortunado por tenerlos a todos aconsejándome. No quiero olvidarme de mis sobrinos, Pedro, Marta, Belén, Claudia y Quique, ni del que pronto incrementará esta lista (que en este momento está viviendo todo el desarrollo que aquí se narra). A Rita Araújo Anido, por ayudarme a estar aquí.

Una vez finalizado el trabajo, estoy completamente convencido- y así lo quiero manifestar- que la realización del mismo no hubiese sido posible sin el apoyo y la constante preocupación de mi Director de Tesis el Prof. Dr. D. José Ramón Sañudo Tejero y de mi Codirectora la Profª. Dra. Dª Mª Teresa Vázquez Osorio. Desde el inicio de mi aprendizaje, el Prof. Sañudo supo vislumbrar no sólo la importancia del trabajo que teníamos por delante, sino también la forma de llevar a cabo una tarea tan complicada gracias a su capacidad de organizar y sintetizar una cantidad ingente de datos e integrar las ideas aportadas por todos los autores que nos precedieron para una mayor comprensión de las mismas. La Profª. Vázquez contribuyó a que todo este esfuerzo cristalizase de la mejor manera por la capacidad de expresar con sencillez los complicados conceptos que manejábamos. Personalmente, les debo muchos kilómetros y muchas horas que tan generosamente dedicaron a este estudio sacándose las a su vida familiar. A los dos, mi reconocimiento y amistad. Lucía, por fin te los devuelvo.

Por méritos más que suficientes, deben figurar aquí el personal del Departamento de Anatomía y Embriología I: los Profesores Viejo Tirado, Peña Melián y Valderrama Canales, la profesora Marañillo Alcaide; los becarios del Departamento Dª Isabel Agrados Morán y D. Ignacio Hernández Morato, cuya valía y capacidad de trabajo están a la par con su enorme habilidad informática. En todos ellos encontré apoyo, consejo y útiles enseñanzas.

Merecen mi agradecimiento Las Técnicas de laboratorio Dª Alicia Cerro y Dª Dolores Arroyo, la Técnico de Disección Dª Avelina Hidalgo y la Ayudante Técnico Dª Antonia Barajas; por colaborar tan amablemente. Tampoco podría faltar mi gratitud a la Secretaria del Departamento Dª Carmen Callejo Martín, por todo su apoyo administrativo.

No quiero dejar de acordarme de todos mis amigos, provenientes del mundo universitario; en especial de los de Galicia, pues llevamos ya toda una vida juntos; y los de Boadilla por animarme y cuidar a mi familia. A partir de ahora nos veremos más.

Un agradecido recuerdo a mis compañeros del Hospital de Getafe, con quienes realicé mi periodo de Residencia, a los del Departamento de Cirugía del Hospital Militar de Zaragoza y a los médicos destinados conmigo en la Guardia Real, por facilitarme la realización de este trabajo.

Un recuerdo al Profesor Javier Puerta Fonollá, impulsor de este proyecto.

En Boadilla del Monte, junio de 2009.

## INDICE

Introducción	_____	6
Justificación y objetivos	— 20 _____	
Material y métodos	— 21 _____	
Resultados	24 _____	
Discusión	_____	55
Conclusiones	67 _____	
Bibliografía	69 _____	

## 1. INTRODUCCIÓN

La historia del canal inguinal es la historia de una emigración, en este caso la del testículo en busca de un acomodo adecuado, las bolsas escrotales, que le aseguren una temperatura inferior a la corporal para garantizar una espermiogénesis correcta (Hughes y Acerini, 2008).

Para que eso tenga lugar, deben sucederse una serie de acontecimientos morfológicos en el desarrollo prenatal, que permitan que una estructura intraabdominal y en posición lumbar al inicio de su desarrollo, la gónada, descienda y pase a través de la pared abdominal hasta el escroto. A ese camino a través de la pared abdominal se le conoce como trayecto o canal inguinal.

La importancia quirúrgica del canal inguinal, radica en ser un punto débil de la pared abdominal por donde se producen las denominadas hernias inguinales (Eccles, 1903; Keith, 1924); hernias que, en algunos casos, pueden incluso poner en peligro la vida del paciente (McAdam y MacGregor, 1969).

Desde un punto de vista anatómico; el canal inguinal se define como el espacio situado en la pared abdominal por donde transitan el conducto deferente en el hombre y el ligamento redondo en la

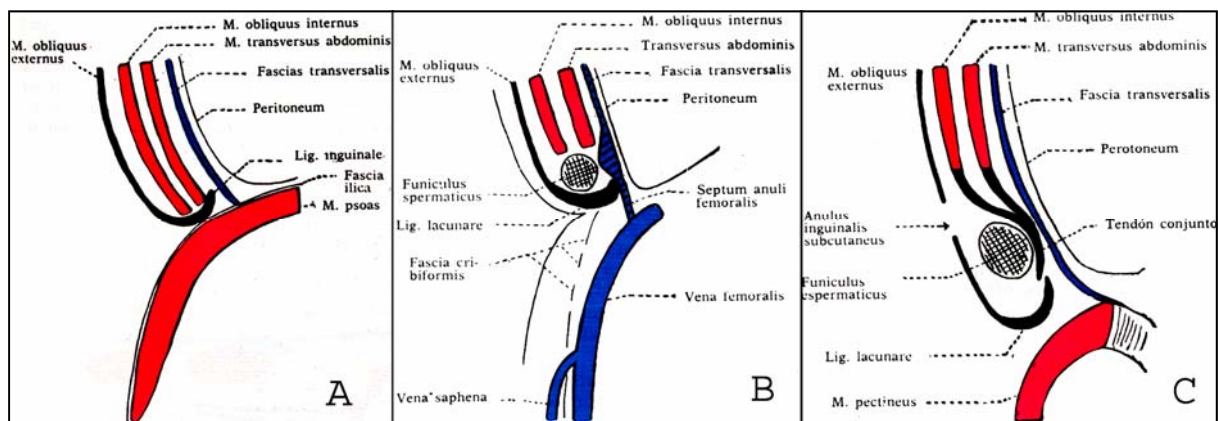


Figura 1. Esquema tomado de Orts LLorca (1986) que representa tres secciones sagitales del canal inguinal. A, segmento lateral; B, segmento intermedio; C, segmento medial. En las diferentes secciones se pueden observar las paredes y relaciones del canal inguinal.

mujer (Testut y Latarjet, 1973<sup>a</sup>). En su constitución, se describen dos orificios; preperitoneal o interno y subcutáneo o externo; además de cuatro paredes, anterior, posterior, superior e inferior (Testut y Latarjet, 1973<sup>a</sup>).

La pared superior, está formada por el tendón conjunto que, no es otra cosa, que la fusión de las fibras de los músculos oblicuo interno y transversos del abdomen (Figs. 1,2).

La pared inferior, está formada por una especialización del músculo oblicuo externo del abdomen denominada ligamento inguinal (Figs. 1,2).

La pared anterior, está formada por la aponeurosis del músculo oblicuo externo y es donde se encuentra el orificio externo del canal. Este orificio está delimitado por una serie de engrosamientos o pilares, los pilares interno y externo, unidos por fibras arciformes; y el pilar posterior o *ligamento de Colles*, que se sitúa inferiormente y que procede del músculo oblicuo externo contralateral (Figs. 1, 2).

La pared posterior está formada por la *fascia transversalis*. Esta fascia, se encuentra reforzada en su zona externa, en relación con los vasos epigástricos inferiores, por el *ligamento de Hesselbach* y en la zona interna, por el *ligamento de Henle* (Figs. 1, 2). Quedaría, por tanto, en la *fascia transversalis*, una zona media sin refuerzo, o punto débil, por el que ocurrirían las hernias directas. Las hernias indirectas, por el contrario, serían aquellas que siguen el trayecto del canal inguinal; entran por el orificio interno y salen por el externo.

El orificio interno, también denominado profundo por algunos autores, es una hendidura en la *fascia transversalis* que se ve desde la cavidad peritoneal y que está limitado, medialmente, por el *ligamento de Hesselbach* (Fig. 2).

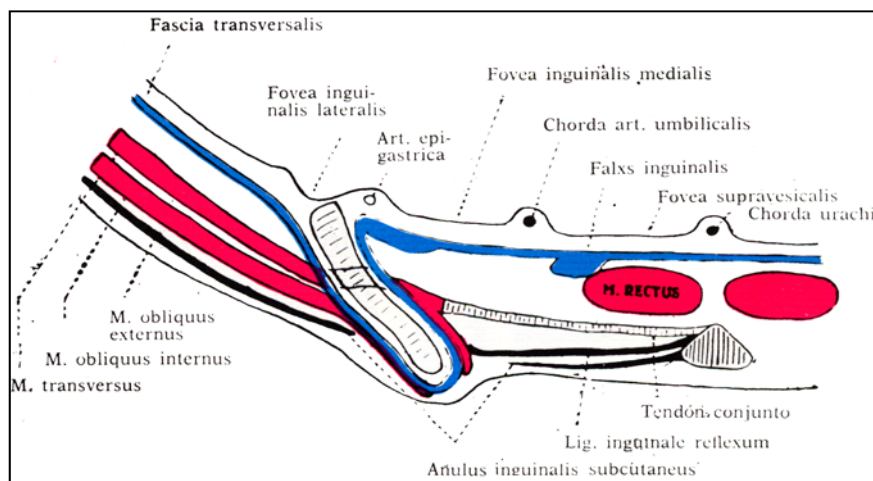


Figura 2. Esquema tomado de Orts LLo rca (1986). Sección transversal del canal inguinal donde se pueden ver su dirección, paredes y relaciones.

Todos los autores están de acuerdo del por qué del conducto inguinal como vía de emigración de la gónada hacia el escroto, sin embargo; existen diferentes interpretaciones sobre las estructuras implicadas en el proceso, que incluyen desde la gónada hasta el propio escroto.

Las gónadas, aparecen en el mesodermo intermedio como dos condensaciones longitudinales, denominadas pliegues o crestas genitales, situadas en la región lumbar de la cavidad celomática (Fig. 3). En los embriones de la sexta semana del desarrollo, dichas condensaciones, se ven invadidas por las células germinales primordiales, que tienen una influencia inductora en el desarrollo de la gónada, hacia testículo u ovario (Langman, 1986). Antes de que se produzca esta diferenciación, la gónada pasa por un periodo llamado indiferente en el que, lo único que se observa, es la proliferación del epitelio celomático hacia el interior del mesénquima subyacente y la formación de los cordones sexuales (Fig. 3).

Si el embrión es genéticamente masculino (XY), las células germinales primordiales por influencia del cromosoma Y, que codifica el factor determinante de los testículos, permiten que los cordones sexuales primitivos sigan proliferando en profundidad para formar los denominados cordones medulares que, ulteriormente, darán origen a la *red de Haller* o *rete testis* (Fig. 3).

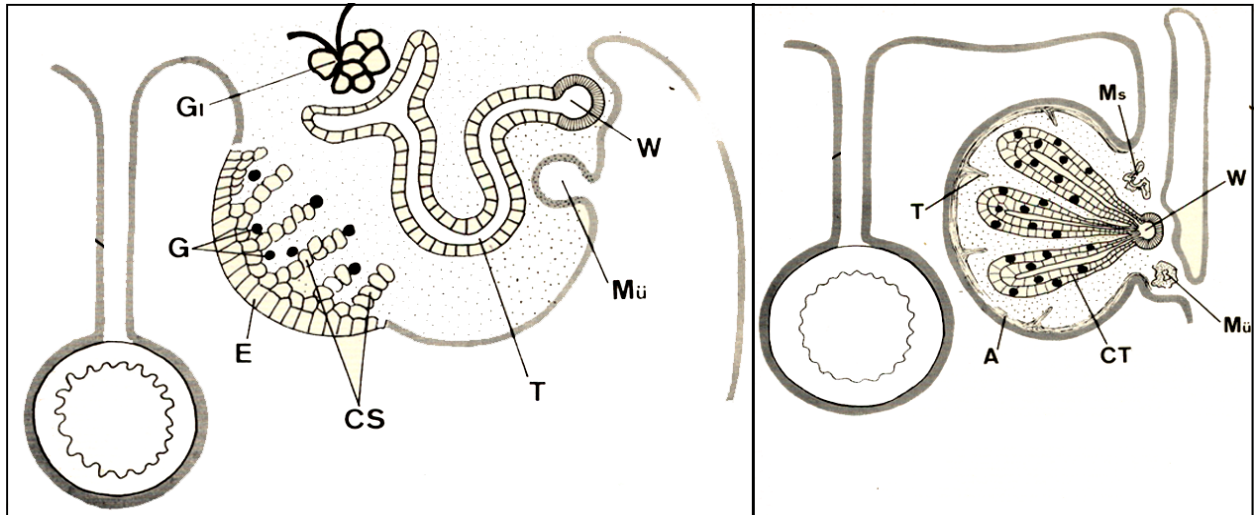


Figura 3. Esquema tomado de Gómez Dumm (1978) que representa secciones del repliegue genital para ilustrar el desarrollo de su cresta y gónada masculina. A, albugínea; CS, cordones medulares; CT, cordones testiculares; E, epitelio celomático; G, gónadas, gonocitos; Gl, glomérulo; Ms, mesonefros; Mü, conducto paramesonérfico de Müller; T: túbulos contorneados / trabéculas; W: conducto mesonérfico de Wolf.

Si el embrión es genéticamente femenino, por tanto con ausencia del cromosoma Y, los cordones sexuales se disgregan en acúmulos celulares irregulares que desaparecen para, posteriormente y por proliferación de nuevo del epitelio de revestimiento, formarse una segunda generación de cordones; los cordones corticales (Langman, 1986). Estos cordones se disgregan y quedan rodeando a las células germinales primordiales, en la vecindad de una cortical no engrosada, formando las células foliculares.

Por tanto, aún cuando el sexo del embrión está determinado desde el momento mismo de la fecundación; los cambios morfológicos asociados al mismo, lo que nos permite morfológicamente valorar a la gónada como testículo u ovario, no se produce hasta finalizar el periodo embrionario, estadio 23 u octava semana (Langman, 1986).

Asociada a la diferenciación de la gónada se encuentra también la historia de una serie de conductos, mesonérficos o *de Wolff* y paramesonérficos o *de Müller*, fundamentales para hacer viable la fecundación (Davies, 1978).

Los *conductos mesonérficos de Wolff* reciben el drenaje de los glomérulos del mesonefros, tras pasar por un periodo indiferente, en el caso del varón, se transforman en el conducto deferente mientras que, en la hembra, degeneran. (Fig. 3bis)

Los *conductos paramesonéricos de Müller*, al igual que los conductos mesonéricos, tras pasar por un periodo indiferente en el varón; van a degenerar, mientras que, en la hembra, darán origen a útero y trompas de Falopio. (Fig. 3bis)

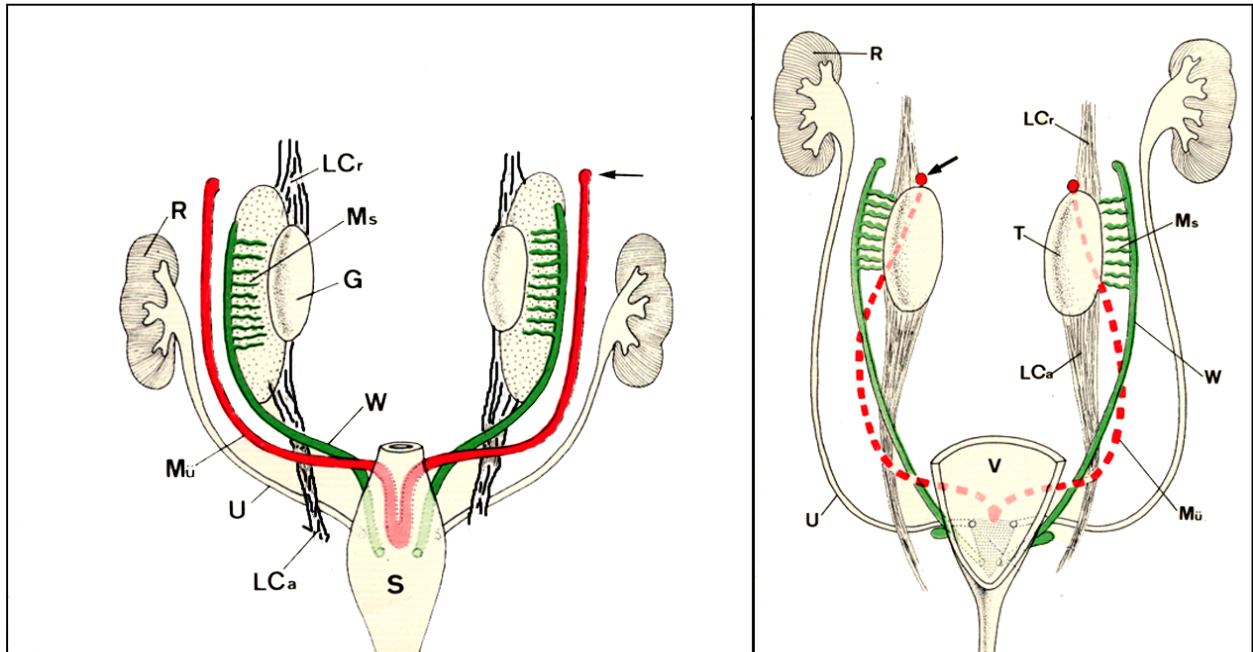


Fig. 3bis Esquema tomado de Gómez Dumm (1978) que representa cortes esquemáticos de los conductos genitales, gubernaculum testis y riñón para ilustrar su desarrollo en el sexo masculino (visión ventral). LCr y LCa, ligamentos genitales craneal y caudal (gubernaculum); Ms, mesonefros; Mü, conducto paramesonérico de Müller; R, meta nefros; S, seno urogenital; T, túbulo excretor; T, testículo; U, uréter; V, vejiga urinaria; W, conducto mesonérico de Wolff.

Además de las gónadas, y de los conductos asociados al descenso de la gónada, se ha descrito clásicamente, debido al "gobierno" que ejerce, una estructura que tracciona de su polo inferior hacia el escroto y que se denomina *gubernaculum testis* (Cleeland, 1856).

La primera mención que se recoge en la literatura sobre el *gubernaculum testis* como la principal estructura implicada en el desarrollo del canal inguinal, y con ello en el descenso del testículo, fue realizada por el eminente cirujano inglés John Hunter en 1786. Hunter, lo consideró como una estructura de propiedades contráctiles derivadas de su unión con el músculo cremáster y lo describió de la siguiente forma: "*In foetus the testis is connected in a very peculiar manner with the parietes of the abdomen, at that place where in adult bodies the spermatic vessels pass out, and likewise with the scrotum. This connection is by means of a substance which runs down from the lower end of the testis to the scrotum, and which at present I shall call the ligament or gubernaculum testis, because it connects the testis with the scrotum, and directs its course in its descent. It is a pyramidal form; its large bulbous head is upwards, and fixed to the lower end of the testis and epididymis; and its lower slender extremity is lost in the cellular membrane of the scrotum*" (Hunter, 1786).

El descenso testicular a la bolsa escrotal, se ha descrito entre el séptimo mes de gestación y el primer año de vida postnatal (Tabla 1). En el caso de que no llegase a las bolsas escrotales, nos encontraríamos con lo que conocemos como criptorquidia, que no es más que una localización ectópica de la gónada en la pelvis o en el canal inguinal. La criptorquidia, generalmente, se asocia a la incapacidad de producir espermatozoides maduros por el testículo a partir de la pubertad.

Autor	Semanas							
	25	28	29	30	32	36	38	Postnatal
Wyndham (1943)	■							
Schrock (1941)		■						
Lehme (1960)			■					
Hart (1909)				■				
Keith (1924)					■	■		
Eccles (1903)						■		
Hutson-Donahoe (1986)		■	■	■	■	■		
Hadziselimovic (1983)							■	
Bartzecko (2000)							■	■
Hughes-Acerini (2008)								■

Tabla 1. Momento de la llegada del testículo a las bolsas escrotales

Antes de proseguir con aquellos aspectos relacionados con la morfogénesis del canal inguinal y descenso del testículo, consideramos oportuno hacer una serie de consideraciones previas, de orden metodológico, que dan sentido a la realización de la presente Tesis Doctoral.

1ª. La mayoría de trabajos dedicados al estudio del descenso del testículo se basan en series incompletas de material embrionario y fetal humano, es decir, series con grandes discontinuidades en términos de edades, periodos o estadios que no permiten, por tanto, un seguimiento detallado de todas las fases de su desarrollo (Cleeland, 1856; Eccles, 1903; Hart, 1909<sup>a-b</sup>; Felix, 1912; Keith, 1924; Frazer, 1940; Wyndham, 1943; Backhouse y Butler, 1960; Lehme, 1960; Tayakanonta, 1963; Schrock, 1971; Backhouse, 1982; Hadziselimovic, 1983; Hutson y Donahoe 1986; Heyns, 1987; Wensing, 1988; Van der Schoot, 1996; Barteczko, 2000; Bartlett, 2001; Hrabovszky y cols, 2002; Costa y cols, 2002; Niikura y cols, 2008).

El hecho de no disponer de series completas, fue suplido en muchos casos, por el estudio de otro tipo de especímenes: marsupiales (Hart, 1909<sup>a</sup>), cerdo (Wislocki, 1933; Backhouse y Butler, 1960),

ratas (Hravovsky, 2002; Hutson, 2004) o ratones (Bartlett, 2001), cuyos resultados, posteriormente, se extrapolaron al desarrollo humano.

2ª. A lo anterior, se debe sumar que la mayoría de los estudios se basan generalmente en la observación de un escaso número de especímenes por cada grupo de edad, periodo o estadio (Cleeland, 1856; Hart, 1909ª; Hadziselimovic, 1983; Heyns, 1987; van der Schoot, 1996; Costa y cols, 2002; Niikura y cols, 2008). Este hecho, se ve agravado por la dificultad que introduce el que, un importante número de autores, no especifiquen con claridad el número de ejemplares estudiados así como su edad (Tayakanonta, 1963; Schrock, 1971; Backhouse, 1982; Hadziselimovic, 1983; Hutson y Donahoe, 1986; Wensing, 1988)

3ª. Ya desde un punto de vista puramente metodológico, dos aspectos merecen ser destacados: 1, que en muchos de los trabajos basados en la observación de secciones histológicas los especímenes no estaban cortados de forma seriada, lo que dificulta enormemente la interpretación de todas las estructuras implicadas en el proceso (Hart, 1909ª; Felix, 1912; Wyndham, 1943; Backhouse y Butler, 1960; Leehme, 1960; Barteczko, 2000; Hravosky, 2002; Niikura y cols, 2008) y 2, que aquellos trabajos que usaban como método de estudio la disección del material embrionario o fetal poco o nada pueden decir, aunque lo digan, del desarrollo embrionario inicial; al escaparse de la visión, los detalles de los especímenes de menor tamaño (Cleeland, 1856; Eccles, 1903; Hart, 1909ª; Keith, 1924; Wyndham, 1943; Backhouse y Butler, 1960; Leehme, 1960; Costa y cols, 2002; Heyns, 1987).

Por tanto, no es de extrañar que, dadas las dificultades metodológicas mencionadas para estudiar series completas de material humano con un número suficiente de especímenes por estadio o periodo (embrionario o fetal) y cortados seriadamente; sean diversas las descripciones y teorías existentes sobre el desarrollo del canal inguinal y el descenso testicular.

Otro aspecto que se debe sumar al metodológico, como generador de confusión, es el poco rigor que, a lo largo de la historia, han mostrado diferentes autores, sobre todo los más recientes, a la hora de exponer sus resultados sin tener en cuenta descripciones y terminologías previas. De forma que, a la propia complejidad del tema, se suma la que introducen, autor tras autor, al usar diferentes términos para referirse a las mismas estructuras. Nosotros, a lo largo de la presente Tesis Doctoral, pretendemos realizar un riguroso esfuerzo de síntesis al analizar las descripciones y términos previos; intentando unificarlos, sobre la base de criterios científicos que respeten la antigüedad de las propuestas y el valor descriptivo de las mismas.

Con el fin de realizar una exposición didáctica del desarrollo de las diferentes estructuras, que a lo largo de los últimos 150 años se han implicado de una u otra forma con el desarrollo del canal inguinal y descenso del testículo, pasaremos, a continuación, a describir de forma individualizada cada una de ellas: *gubernaculum testis*, pared abdominal, peritoneo, cremáster y escroto.

Como han sido muy variados los parámetros utilizados por los diferentes autores para hablar de la temporalidad de los acontecimientos que se sucedían en el desarrollo, unas veces en días, otras en semanas, otras en milímetros, etc...; nos otros, para facilitar la comprensión, los hemos unificado, utilizando, para el material embrionario, la clasificación por estadios de O’Rahilly y Müller (1983) y para el material fetal la clasificación de Patten (1973).

## 1. *Gubernaculum testis*

### 1.1. Morfología

Todos los autores lo describen como una condensación mesenquimal, a modo de cuerda, y de grosor variable, con dos extremos: gonadal o proximal y escrotal o distal (Cleeland, 1856; Niikura y cols 2008; Hart, 1909<sup>a</sup>; Felix, 1912; Keith, 1924; Backhouse y Butler, 1960; Hadziselimovic, 1983; Heyns, 1987; Wensing, 1988; Van der Schoot, 1996).

Mientras que para unos autores, desde el inicio, el *gubernaculum testis* es un cordón sin solución de continuidad extendido entre el polo inferior del testículo o mesonefros y el escroto (Eccles, 1903; Wyndham, 1943; Lehme, 1960; Backhouse, 1982; Hadziselimovic, 1983); para otros; es el resultado de la fusión de dos estructuras o partes independientes (Hart, 1909<sup>a</sup>; Felix, 1912; Keith, 1924; Van der Schoot, 1996; Barteczko, 2000; Niikura y cols, 2008). Una de las partes independientes se asocia a la pared abdominal anterior y la otra al repliegue mesonéfrico. Ambas partes, se describen enfrentadas en la cavidad celomática como dos protusiones, a la sección transversal, de forma triangular y revestidas por las hojas parietal y visceral del celoma intraembrionario respectivamente (Fig. 4). A la estructura asociada al repliegue mesonéfrico se le ha denominado clásicamente *plica inguinalis* (Felix, 1912) y a la asociada a la pared abdominal *crista inguinalis* (Hart, 1909<sup>a</sup>; Felix, 1912)



Figura 4. Esquema tomado de Felix (1912). Sección transversal, lado izquierdo, de un embrión masculino de 26mm, ilustra la extensión del *gubernaculum testis* desde el testículo hasta el escroto y los segmentos en que lo divide. En el *gubernaculum testis* se pueden diferenciar sus cinco porciones: 1, el ligamento testicular (*pars mesorchica*); 2, *pars mesonephridica*; 3, *pars inguinalis* (plica inguinalis); 4, *pars intermuscularis* (crista inguinalis) el *gubernaculum sensum strictum*; 5, *pars scrotalis* (ligamento Scrotii).

Otro aspecto contradictorio, que encontramos en los diferentes estudios que existen sobre el descenso del testículo, es el que hace referencia a las conexiones del *gubernaculum testis* con la gónada y escroto.

Con referencia a su conexión proximal o gonadal, este anclaje se ha descrito de dos formas diferentes; anclaje indirecto, a través de una conexión con la región subcelómica del repliegue mesonéfrico (Cleeland, 1856; Wyndham, 1943; Barteczko, 2000) o directo, unido plenamente al polo inferior de la gónada (Fig. 4) (Eccles, 1903; Hart, 1909<sup>a</sup>; Felix, 1912; Backhouse y Butler, 1960; Lehme, 1960; Heyns, 1987; Wensing, 1988; Ludwig, 1993).

La conexión distal o escrotal se ha descrito de forma simple, por un sólo fascículo, o de forma compleja por medio de fascículos múltiples. Así, existen autores que lo han visto insertarse en el ligamento inguinal, en el pubis y en la vaina del músculo recto (Curling, 1841); o en el arco crural y la espina del pubis (Tillaux, 1880); o en el íleon terminal, el ciego, el apéndice, el pene, el triángulo de Scarpa, el periné y el muslo (Eccles, 1903); o en el pubis, muslo, ligamento inguinal y periné (Lehme, 1960); o en el muslo y la pared abdominal (Wyndham, 1943).

Finalmente, se debe mencionar que existen autores que consideran una tercera estructura, no relacionada con el *gubernaculum testis*, sino con la gónada, que se considera juega un importante papel en el descenso testicular, el *ligamento diafragmático o mesonéfrico*. Este ligamento se describe como una condensación fibrosa que une el polo superior de la gónada con el músculo diafragma (Hutson y cols, 1997; Barteczko, 2000).

## 1.2. Aparición

La aparición del esbozo del *gubernaculum testis* ha sido establecido, por la mayor parte de autores, en el periodo embrionario, sin embargo; existen autores que lo describen en el período fetal. (Tabla 2)

Autor	Embriones (estadios)	Fetos (semanas)
Barteczko (2000)	13-14	-
Van der Schoot (1996)	17	-
Felix (1912)	22	-
Hart (1909)	23	-
Hadziselimovic (1983)	-	10

Tabla 2. Momento del desarrollo en el que se data la aparición del *gubernaculum testis*.

## 1.3. Partes y relaciones

Como ya mencionamos anteriormente, existe una gran diversidad de términos para referirse a los segmentos del *gubernaculum testis*. Unos autores usan criterios puramente morfológicos y otros topográficos para describir las diferentes partes del *gubernaculum testis*. Por ejemplo, desde el punto de vista morfológico, se ha empleado el término de *plica inguinal* para definir su forma arciforme en la cavi-

dad abdominal (Cleeland, 1856; Wyndham, 1943; Backhouse, 1982; Hrabovszky y cols, 2002) o su forma triangular a la sección transversal en la región mesonéfrica (Hart, 1909<sup>a</sup>; Felix, 1912).

Otros autores usan criterios puramente topográficos donde difieren, desde dos partes en su extensión, a cinco. Así, existen autores que lo consideran dividido en dos partes: ligamento inguinal y ligamento escrotal (Lehme, 1960); tres partes: abdominal, intersticial y escrotal (Barteczko, 2000); peritoneal, vaginal e infravaginal (Hart, 1909<sup>a-b</sup>); abdominal, intravaginal y extravaginal (Wensing, 1988) (Fig. 5) o cinco partes: mesórqica, mesonéfrica, inguinal, intermuscular y escrotal (Felix, 1912) (Fig. 4).

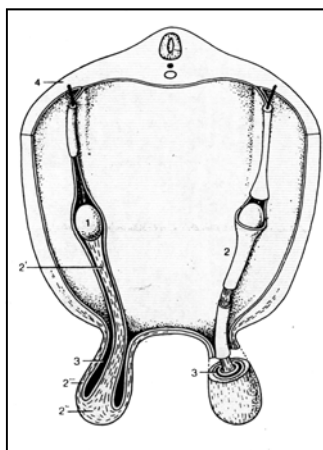


Figura 5. Esquema tomado de Wensing (1988). Gráfico del testículo y del gubernaculum testis para ilustrar la extensión del gubernaculum testis y sus diferentes regiones propuestas por este autor. En el lado derecho el pliegue peritoneal ha sido seccionado longitudinalmente. 1, testículo; 2, gubernaculum; 2', gubernaculum propiamente dicho; 2'', su porción infravaginal; 2''', su parte vaginal; 3, cavidad del proceso vaginal; 4, arteria testicular.

Por tanto, como se ve, no todos los autores considerados en esta Tesis Doctoral, coinciden en la denominación de las diferentes porciones o regiones del *gubernaculum testis* aunque, entre ellas, se podrían establecer equivalencias (Tabla 3).

Autor	Gónada	Mesonefros	Subperitoneal	Canal inguinal	Cordón y escroto
Cleeland (1856)	Plica inguinal	Plica inguinal	Crista inguinal	Crista inguinal	-
Hart (1909)	Abdominal	Abdominal	Vaginal	Vaginal / infravaginal	Infravaginal
Felix (1912)	Mesórqica	Mesonéfrica	Inguinal	Intermuscular	Escrotal o lig. escrotii
Lehme (1960)	-	-	-	Lig. inguinal	Lig. escrotal
Wensing (1988)	Abdominal	Abdominal	Intravaginal	Intravaginal / extravaginal	Extravaginal
Barteczko (2000)	Abdominal	Abdominal	Abdominal	Intersticial o de la pared	Subcutánea

Tabla 3. Correlación de los diferentes términos empleados para diferenciar los segmentos o porciones del *gubernaculum testis* según diferentes autores. Adaptada a partir de la descripción más exhaustiva de Felix (1912). En la fila de arriba se define el encabezamiento de las cinco columnas atendiendo a la posición que ocupa el gubernaculum testis desde su conexión con el polo caudal de la gónada hasta alcanzar el escroto tras pasar sucesivamente por el mesonefros, peritoneo que reviste la pared anterior del abdomen y canal inguinal.

#### 1.4. Constitución

Todos los autores coinciden en que, la constitución inicial del *gubernaculum testis*, es tejido mesenquimal, sin embargo; existen autores que consideran que a lo largo de su desarrollo no sólo se diferencia hacia tejido conectivo sino que también hacia músculo liso (Keith, 1924; Wyndham, 1943; Lehme, 1960; Barteczko, 2000; Costa y cols, 2002; Eccles, 1903), músculo estriado (Barteczko, 2000; Hraboszky y cols, 2002; Niikura y cols, 2008; Hart, 1909<sup>a</sup>), vasos sanguíneos (Wyndham, 1943; Lehme, 1960) o vasos linfáticos (Hart, 1909<sup>a</sup>).

En el periodo fetal, se han descrito en su constitución, colágeno y elastina en su matriz intercelular. La elastina, que contiene aminoácidos hidrofílicos como la hidroxiprolina, sería la encargada al captar agua, del incremento en el tamaño de la porción intermuscular gubernacular (Costa y cols, 2002; Heyns, 1987; Wensing, 1988; Heyns, 1989).

#### 2. Trayecto o canal inguinal.

En las únicas referencias encontradas en la bibliografía consultada específicamente sobre la morfogénesis del trayecto o canal inguinal, éste se considera que surge alrededor de un *gubernaculum testis* preformado, que se desarrolla, inicialmente, con el orificio externo o subcutáneo (Felix, 1912; Wyndham, 1943; Backhouse, 1982). El resto de las referencias, proceden de autores que, de forma colateral, refieren algún detalle sobre el mismo (Hart, 1909<sup>a-b</sup>; Barteczko, 2000; Niikura y cols, 2008) o que estudian el desarrollo de la musculatura de la pared abdominal sin entrar en detalles específicos sobre la región propiamente inguinal (Mall, 1898; Bardeen y Lewis, 1901; Lewis, 1910).

Los trabajos clásicos sobre el desarrollo de la musculatura del tronco, mencionan que la musculatura crece ventralmente desde el mesodermo paraaxial (somitas) hacia la línea media (Mall, 1898; Bardeen y Lewis, 1901; Felix, 1912). En el estadio 16 (9 a 14 mm; 37 días) se ha descrito como, lateralmente a la hernia fisiológica y, por tanto, en la pared abdominal lateral, hay una columna muscular más ventral; los músculos rectos, que se continúan dorsalmente por una lámina lateral en la que se diferencian dos hojas; externa e interna, que representan los esbozos de los músculos oblicuo externo (hoja externa) y oblicuo interno y transverso (hoja interna). En el mismo estadio 16, dichos autores, consideran que los músculos se diferencian claramente y de forma similar a la adulta; si bien todavía siguen ocupando una posición muy lateral; hecho que corroboran en el último de sus especímenes descritos, un embrión del estadio 19 (18-18.5 mm; 47-48 días). Estos autores consideran que los músculos no se fusionan en la línea media hasta muy tardíamente, fetos de 12 semanas (Bardeen y Lewis, 1901).

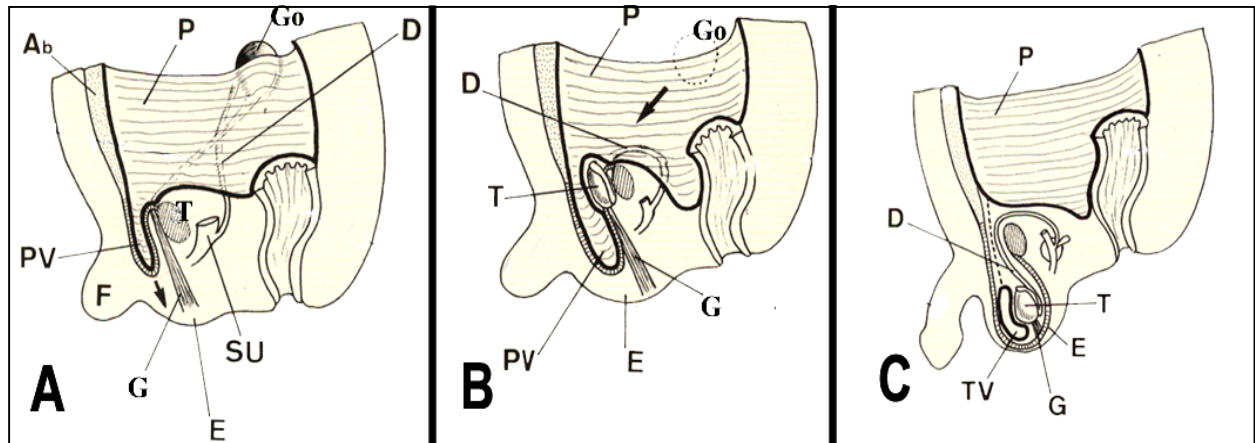
Para algunos autores, el canal inguinal aparece formado justo antes de finalizar el periodo embrionario en la 8<sup>a</sup> semana (Niikura y cols, 2008), mientras que, para otros, lo hace más tardíamente en el periodo fetal, en la 20<sup>a</sup> semana de desarrollo (Barteczko, 2000).

Finalmente, hemos de señalar que, en algunos trabajos se menciona el hecho de que, durante el desarrollo del trayecto o canal inguinal el *gubernaculum testis* está recubierto por el proceso vaginal (Hart, 1909<sup>a</sup>; Barteczko, 2000; Niikura y cols, 2008).

### 3. Peritoneo. Proceso vaginal.

El proceso vaginal se describe como una evaginación de la hoja parietal del celoma intraembrionario o peritoneo primitivo que rodea al *gubernaculum testis*. (Fig. 6)

Figura 6. Esquema tomado de Gómez Dumm (1978) para ilustrar la formación del proceso vaginal y el descenso testicular. Ab, pared abdominal; D, conducto deferente; E, escroto; F, falo; G, gubernaculum testis; Go, gónada; P, peritoneo parietal; PV, proceso vaginal; SU, seno urogenital; T, testículo.



Para la mayoría de autores, se extiende desde el orificio inguinal interno hasta el escroto, acompañando al *gubernaculum testis* y gónada; para otros autores, sin embargo, se desarrolla del propio *gubernaculum testis* (Hutson, 2004; Wensing, 1988). Una vez que el testículo alcanza el escroto, las hojas del proceso vaginal, se ocluyen o coaptan hasta desaparecer quedando sólo representado por la túnica vaginal que envuelve al testículo (Hutson, 2004) (Fig. 6).

<i>Autores</i>	<i>estadio 20</i>	<i>estadio 23</i>	<i>semana 9</i>	<i>semana 16</i>
Lehme (1960)	■			
Bartzecko (2000)	■			
Hart (1909)		■		
Schrock (1971)		■		
Backhouse (1982)		■		
Niikura y cols (2008)		■		
Wyndham (1943)			■	
Hadziselimovic (1983)			■	
Keith (1924)				■
Backhouse-Butler (1960)				■

Tabla 4. Aparición del proceso vaginal

La gran mayoría de autores establece el momento de la aparición del proceso vaginal entre el final del periodo embrionario y el comienzo del periodo fetal (Tabla 4).

Para algunos autores, el proceso vaginal comienza a crecer inicialmente alrededor del *gubernaculum testis*, separándolo de lo que será el cremáster (Wensing, 1988; Hutson, 2004), sin embargo; para otros, el proceso vaginal profundiza de forma paulatina en la pared abdominal sin relación con el cremáster hasta llegar al escroto; favoreciendo, de esta forma, el descenso de la gónada por incremento de la presión intraabdominal (Hart, 1909<sup>a-b</sup>; Keith, 1924; Shrock, 1971; Hadziselimovic, 1983; Barteczko, 2000).

Su papel activo en el descenso de la gónada ha sido negado por otros autores al observar que el proceso vaginal llega al escroto antes de que se haya producido la llegada del testículo (Eccles, 1903).

#### 4. Cremáster

Se define como el tejido muscular que, desprendido desde los músculos anchos del abdomen, envuelve al cordón espermático y polo superior del testículo y es responsable del ascenso y descenso testicular. Desde su origen sigue un trayecto descendente hacia el escroto, a lo largo del cordón espermático, para alcanzar la denominada fascia espermática interna que envuelve el polo superior del testículo (Testut y Latarjet, 1973)<sup>a-b</sup>.

El músculo cremáster está compuesto por fibras musculares estriadas formando dos fascículos principales, uno lateral y otro medial (Testut y Latarjet, 1973)<sup>a-b</sup>. El fascículo lateral, como indica su nombre, se describe situado lateralmente al cordón espermático, mientras que, el fascículo medial, menos consistente que el anterior se describe sin alcanzar el testículo.

Para unos autores, el músculo cremáster deriva del músculo oblicuo interno (Hart, 1909<sup>a</sup>; Lehme, 1960; Hadzis elimovic, 1983); mientras que para otros deriva del tendón conjunto (Wyndham, 1943). Hrabovszky y cols, 2002, consideran al músculo cremáster originado de la diferenciación "in situ" de las células mesenquimales del *gubernaculum testis*.

Existen autores que, además de considerarlo formado exclusivamente por células musculares estriadas, (Wyndham, 1943; Lehme, 1960; Hadziselmovic, 1983) consideran que está formado por células musculares estriadas y lisas (Hart, 1909<sup>a</sup>; Niikura y cols, 2008).

## 5. Escroto

El escroto se describe como dos pliegues cutáneos en la zona púbica que se fusionarán en la línea media (Eccles, 1903; Hart, 1909<sup>a</sup>).

Su constitución inicial es de mesénquima laxo (Backhouse y Butler, 1960; Backhouse, 1982; Heyns, 1987; Barteczko, 2000) que cristalizará en tejido conectivo (Hart, 1909<sup>a</sup>), en el que se han descrito vasos linfáticos (Hart, 1909<sup>a</sup>; Backhouse y Butler, 1960) y músculo liso (Hart, 1909<sup>a</sup>; Barteczko, 2000).

Sus conexiones del *gubernaculum testis* se han observado a modo de una arborización fibrilar que se pierde en la parte más periférica del mismo (Backhouse y Butler, 1960; Backhouse, 1982; Heyns, 1987; Barteczko, 2000).

## 6. Destino del *gubernaculum testis*

Excepto un autor, en la bibliografía consultada, que considera que el *gubernaculum testis* desaparece completamente sin dejar vestigio alguno en la anatomía adulta (Wyndham, 1943); el resto de autores le atribuyen algún vestigio.

En el caso del varón, casi todos los autores coinciden en que el *gubernaculum testis* sufre un proceso de degeneración o atrofia en sus dos polos, con disminución de su tamaño, que persiste en su polo distal como el ligamento escrotal (Curling, 1841; Cleeland, 1856; Tillaux, 1880; Hart, 1909<sup>a</sup>; Felix, 1912; Keith, 1924; Wyndham, 1943; Lehme, 1960; Backhouse y Butler, 1960; Schrock, 1971; Hadziselimovic, 1983; Hutson y Donahoe, 1986; Heyns, 1987; Wensing, 1988; Barteczko, 2000) o transformado e integrando en diversas estructuras fasciales: *fascia de Colles* y *túnica Dartos* (Lehme, 1960); fascias espermáticas interna y externa de los testículos (Backhouse y Butler, 1960); cubiertas del cordón espermático (Schrock, 1971). El polo proximal, se ha descrito persistiendo como el *ligamentum testis* en el mesorquio testicular (Felix, 1912), o como un remanente en la *cauda epididimis* (Backhouse y Butler, 1960; Hadziselimovic, 1983; Hutson y Donahoe, 1986).

En la mujer, el *gubernaculum testis* se ha descrito dando lugar, por su polo proximal, al ligamento ovárico (Felix, 1912) y/o al ligamento redondo (Felix, 1912; Hart, 1909<sup>b</sup>; Van der Schoot, 1996). Sin embargo, existen autores que niegan su relación con el ligamento redondo (Attah y Hutson, 1991; Tanyel y cols, 2002).

## 7. Descenso. Teorías.

La teoría clásica sobre el descenso del testículo, considera al *gubernaculum testis* como una estructura que participa de forma activa en el descenso del testículo; bien por el acortamiento de sus fibras musculares lisas o bien por el acortamiento progresivo de sus fascículos conjuntivos (Cleeland, 1856; Hertwig, 1900; Barteczko, 2000; Costa y cols 2002).

Una segunda interpretación, sin embargo, explica el descenso testicular otorgando al *gubernaculum testis* un papel meramente pasivo. Esta teoría parte de la premisa de que el *gubernaculum testis* es una estructura inextensible que mantiene su longitud constante, a lo largo del desarrollo, mientras las estructuras óseas y musculares circundantes crecen mucho. Este crecimiento desigual provoca que el testículo se desplace de arriba abajo, primero situándose en la pelvis y, posteriormente, a medida que continúa el crecimiento de las estructuras músculo-esqueléticas, llegar al orificio interno del conducto inguinal (Hertwig, 1900). En el tercer mes, se sitúa en la pelvis mayor; en el quinto y sexto mes se sitúa en la cara interna de la pared abdominal contra el orificio inguinal interno (Hertwig, 1900).

Asociado a esta teoría, se encuentra la incorporación de un tercer factor, el proceso vaginal, que completaría el descenso testicular al favorecer a su paso progresivo por el canal inguinal la expansión de la pared abdominal y, por tanto, el arrastre asociado del testículo (Hertwig, 1900).

Otros autores han incorporado también como factores favorecedores del descenso testicular el aumento de la presión abdominal y el desarrollo de las asas intestinales (Keith, 1924; Schrock, 1971; Eccles, 1903; Hart, 1909<sup>a</sup>).

Una cuarta teoría considera que el arrastre final del testículo es debido al aumento de tamaño de la porción distal del *gubernaculum testis* producido por la ganancia de agua atraída por una matriz intercelular hidrofílica; con lo que, el paso a través del trayecto inguinal, se realiza con la finalidad de llegar a un lugar de menor presión (Backhouse, 1982; Heyns, 1987; Donaldson, 1996; Hutson y cols, 1997).

Finalmente, existen teorías más recientes que contemplan factores hormonales y/o genéticos como responsables del proceso (Martins, 1943). Así, una interpretación reciente, postula que los andrógenos y el Factor de Crecimiento Similar a la Insulina (ILG, Insulin Like Growth Factor) serían los primeros factores implicados al actuar sobre las diferentes estructuras morfológicas implicadas (Hughes y Acerini, 2008), así como la neuromodulación a través del nervio genitofemoral (Hutson y Donahoe, 1986; Donaldson, 1996).

## JUSTIFICACIÓN. OBJETIVOS

En base a lo anteriormente expuesto, se deduce que los trabajos previos publicados sobre el desarrollo del trayecto o canal inguinal y descenso testicular en humanos adolecen en su mayoría de problemas metodológicos, al estar basados en series incompletas, con escaso número de especímenes y muchos de ellos no cortados de forma seriada. Todo ello, probablemente, ha conducido a la aparición de muchas teorías, a lo que se suma el estudio del desarrollo de otras especies animales. Por lo tanto un primer objetivo de esta Tesis Doctoral es estudiar una serie completa de material embrionario y fetal humano que abarque de forma completa hasta los fetos de nueve semanas, que es cuando se producen los principales eventos en la formación del canal inguinal.

Por otro lado, de la lectura de la introducción, también se deduce el escaso número de trabajos dedicados al estudio del canal inguinal y la diversidad de teorías sobre los diferentes factores morfológicos implicados en el descenso testicular. Por tanto, el segundo objetivo de la presente Tesis Doctoral es realizar un estudio del desarrollo inicial de las diferentes estructuras implicadas en el descenso testicular (*gubernaculum testis*, proceso vaginal y cremáster) y en la formación del canal inguinal en sus fases iniciales.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de la presente Tesis Doctoral se han estudiado 19 embriones y 19 fetos humanos pertenecientes, todos ellos, a la colección "Puerta Fonollá" del Departamento de Anatomía y Embriología Humana I de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.

El estudio comienza con el material del estadio 15 que es el periodo en que aún no aparecen diferenciados ni la pared ni los elementos implicados en el descenso testicular.

La clasificación del material embrionario en estadios se ha realizado siguiendo los criterios expuestos por O'Rahilly y Müller (1983) y la clasificación del material fetal se ha realizado según los criterios determinados por Patten (1973).

Todos los especímenes han sido cortados seriadamente. Los detalles referentes a orientación del corte, grosor, tinción y demás técnicas utilizadas se recogen en la Tabla 5 para el material embrionario y en la Tabla 6 para el material fetal.

Estadio (mm. aprox.)	Edad	Referencia	Longitud	Orientación	Espesor	Tinción	Sexo
	Días		C.R. mm	corte			
15 (7-9mm)	33	BI.8.5	8.5	T	7	HE, VOF	
16 (11-14mm)	37	DD.10	10	T	8	HE	
17 (11-14mm)	41	BI-12	12	T	7	HE, VOF	
		A	13	T	10	Bielschowsky	
		ES-15	15.5	T	7	HE	
18(13-17mm)	44	FO.15	15	T	10	HE, VOF, Azan	
		C.7	15	T	7	HE, VOF, Azan	
19(17-20mm)	47-48	ES. 18	18	T	7	HE, Azan	
		ES-19	18,5	S	7	HE, Picrosirius, Azan	
20(21-23m)	50-51	ES - 20	20	T	8	HE	
		MM - 20	20	S	8	HE	
		F-27	21	T	10	HE	
21(22-24mm)	52	MARC.1	16	T	10-11	HE, VOF	
		C-9	20	T	7-8	HE,VOF, Azan, Sevier-Munger	
		BI-22	22	T	7	HE, VOF	
22(25-27mm)	54	HA-24	24	S	8	HE-Picro	varón
		A-4	25	T	10	B	mujer
		F-8	25	T	8	HE, VOF, Azan	varón
23(28-30mm)	56-57	C-27	27	S	8	HE, VOF, Azan	varón

Tabla 5. Material embrionario utilizado en este estudio. T: sección transversal; S: sección sagital; Azan: tricrómico con azocarmin; HE: tinción de hematoxilina y eosina; VOF: tricrómico con verde luz, orange y fucsina

Referencia	Longitud en mm.	Edad en semanas	Orientación del Corte	Espesor del corte en $\mu$	Tinción	Sexo
CB-32	32	9	S	7	HE, VOF, Azan	varón
F 45	45	9	S	10	HE, VOF, Azan	varón
F 42	42	9	S	12	HE, VOF,	varón
F 14	48	9	S	7-12-15	HE, VOF, Azan	mujer
F 46	46	9	T	10	HE, VOF	mujer
VD 34	34	9	T	10	Azan Bielchowsky	mujer
FAUS	37	9	S	10	HE, VOF, Azan	mujer
F-18	37	9	T	8 – 12	HE, VOF, Picrosirius, Tricrómico	varón
COLL	44	9	T	10	HE, VOF, Castro-Cajal, Hiran-Zimmerman, PAS-Hematoxilina, Wright, Sevier-Munger,	mujer
F-9	55	10	T	10	HE, VOF, Azan	mujer
F 15	53	10		10	HE, VOF, Azan	varón
F 25	60	10	S	10	HE, VOF, Azan, Picrosirius	varón
F 28	57	10	T	8	HE, VOF	varón
F70	70	11	T	10	Bielschowsky	varón
F 73	73	11	S	8	HE	mujer
F 79	79	12	S	8	HE, VOF, Azan	varón
F 88	88	12	T	8-10	HE, VOF, Azan	varón
F110	110	14	T	12-15	Bielschowsky	mujer
ES 127	127	15	T	15	Bielschowsky, HE, VOF, Azan	mujer

Tabla 6. Material fetal utilizado en este estudio. T: sección transversal; S: sección sagital; Azán: tricrómico con azocarmin; PAS: ácido peryódico de Schiff; HE: tinción de hematoxilina y eosina; VOF: tricrómico con verde luz, orange y fucsina

El sexo se ha determinado por las características morfológicas que presentaba la gónada. Se considera un espécimen del sexo masculino cuando en la gónada vemos albugínea y cordones medulares; y del sexo femenino cuando no existe albugínea y se observan los folículos en la región cortical.

Todos los especímenes, embriones y fetos, habían sido fijados en formol neutro tamponado con carbonato de magnesio al 4% y, posteriormente, lavados en agua para retirar impurezas.

La deshidratación de los especímenes se realizó en una serie de alcoholes crecientes (de 50° a alcohol absoluto), aclarándolos con butanol, con la finalidad de que el espécimen pueda embeber la parafina, mediante el método de “colado en bloque”.

Por último, los bloques de parafina se situaron en el microtomo para proceder a la realización de cortes sucesivos y seriados del espécimen y su extensión sobre portas de vidrio.

En una siguiente serie de pasos se procedió a la desparafinación de los portas, mediante la inmersión de los mismos, en dos cubetas de xilol en tiempos de 15 minutos cada uno. Se procedió, ulteriormente, a la hidratación en alcoholes decrecientes (96° a 70°), en sesiones de 10 minutos por cada uno de los alcoholes, y finalmente se procedió al lavado en agua.

Los portas, así preparados, fueron teñidos con diferentes técnicas histológicas, Bielschowsky en bloque, V.O.F., Hematoxilina – Eosina y Azocarmín (AZAN). Los detalles del grosor del corte, tipo de sección y tinción aparecen recogidos en las tablas 5 y 6.

### 3. RESULTADOS

Antes de comenzar a exponer los resultados de los diferentes estadios embrionarios, consideramos oportuno definir la terminología que hemos empleado para describir el *gubernaculum testis*.

A lo largo de la Historia se ha sucedido el uso de diferentes términos para definir los segmentos o partes del *gubernaculum testis* lo cual, ha introducido una complejidad añadida a la hora de interpretar los resultados de los diferentes autores (Tabla 3).

Basándonos en nuestros propios resultados, y en la terminología más completa de las propuestas (Felix, 1912), pero suprimiendo la porción mesoárquica, que no observamos, e incorporando la porción pélvica, que sí observamos, el resto de términos son similares (Tabla 3). De esta forma tendremos, comenzando en el polo proximal o gonadal y descendiendo hasta el polo distal o escrotal, cuatro regiones o porciones en el *gubernaculum testis*:

- 1.- porción mesonéfrica: segmento del *gubernaculum testis* situado en el repliegue mesonéfrico.
- 2.- porción pélvica: segmento del *gubernaculum testis* que continúa al anterior hasta la cara interna de la pared abdominal anterior.
- 3.- porción inguinal: segmento del *gubernaculum testis* que continúa al anterior hasta el orificio externo del canal inguinal. En ella se diferenciarán dos segmentos: parietal e intramuscular.
- 4.- porción funicular y escrotal: segmento del *gubernaculum testis* extendido entre el orificio externo del canal inguinal y el escroto.

Las porciones mesonéfrica y pélvica se corresponderán a la porción abdominal descrita por otros autores (Tabla 3), mientras que la porción inguinal se corresponderá (en función del desarrollo) a la porción intravaginal y; la funicular y escrotal a la extravaginal (Tabla 3).

## ESTADÍOS 15 y 16

Los dos especímenes estudiados pertenecientes uno al estadio 15 (BI-8.5) y otro al estadio 16 (DD-10) presentan un desarrollo similar de la región de interés que hace que los describamos conjuntamente para no ser repetitivos.

La gónada aparece representada en la región anteromedial del pliegue mesonéfrico por un epitelio de mayor aptencia tincorial que el celomático; la cresta germinal, (Figs. 7 y 8).

El mesonefros aparece bien desarrollado y situado por delante de la vena cardinal posterior (Figs. 7 y 8). En la región pélvica se observa el metanefros.

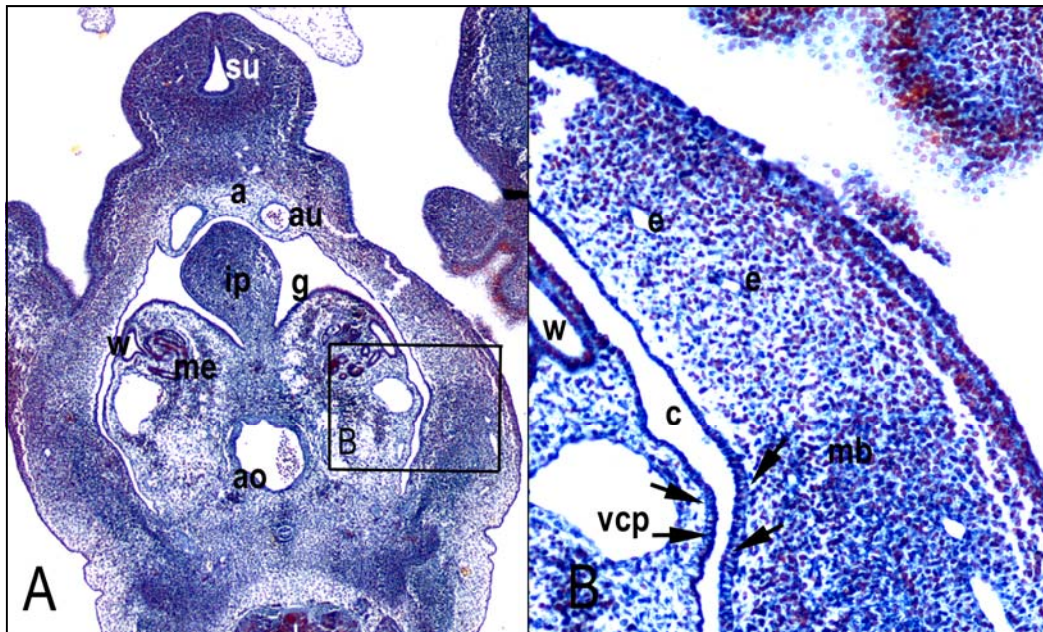


Figura 7. Secciones transversales del embrión BI-8.5 del estadio 15 a nivel lumbar. A: (4x), B: (20x). Detalle a mayor aumento. Se señala con flechas el epitelio celomático diferenciado y enfrentado, que es el esbozo presuntivo del gubernaculum testis. a, alantoides; ao, aorta; au, arteria umbilical; c, celoma; e, vasos epigástricos; g, gónada; ip, intestino posterior; mb, musculatura de la pared abdominal; me, mesonefros; su, seno urogenital; vcp, vena cardinal posterior; w, conducto de Wolff.

El seno urogenital aparece como una cavidad elongada craneocaudalmente en la que se pueden distinguir sus porciones: uretral, vesical y alantoi dea (Fig. 7A y 8A). En la vejiga prim itiva se observa la desembocadura de los uréteres.

Los conductos mesonéfricos de Wolff aparecen como dos tubos cilíndricos situados por delante de la vena cardinal posterior en la cara lateral del mesonefros (Figs. 7B y 8B).

La pared abdominal presenta la hernia fisiológica (Fig. 8A). Su musculatura aparece como una condensación mesenquimal o masa común mioblástica a nivel dorsal, que no permite individualizar masas musculares independientes (Figs. 7B y 8B). En la pared abdominal se detecta la presencia de dos pequeños vasos, los epigástricos inferiores (Figs. 7B y 8B), rodeados por un mesénquima laxo. Estos vasos nos van a permitir situar la posición del futuro orificio preperitoneal del canal inguinal.

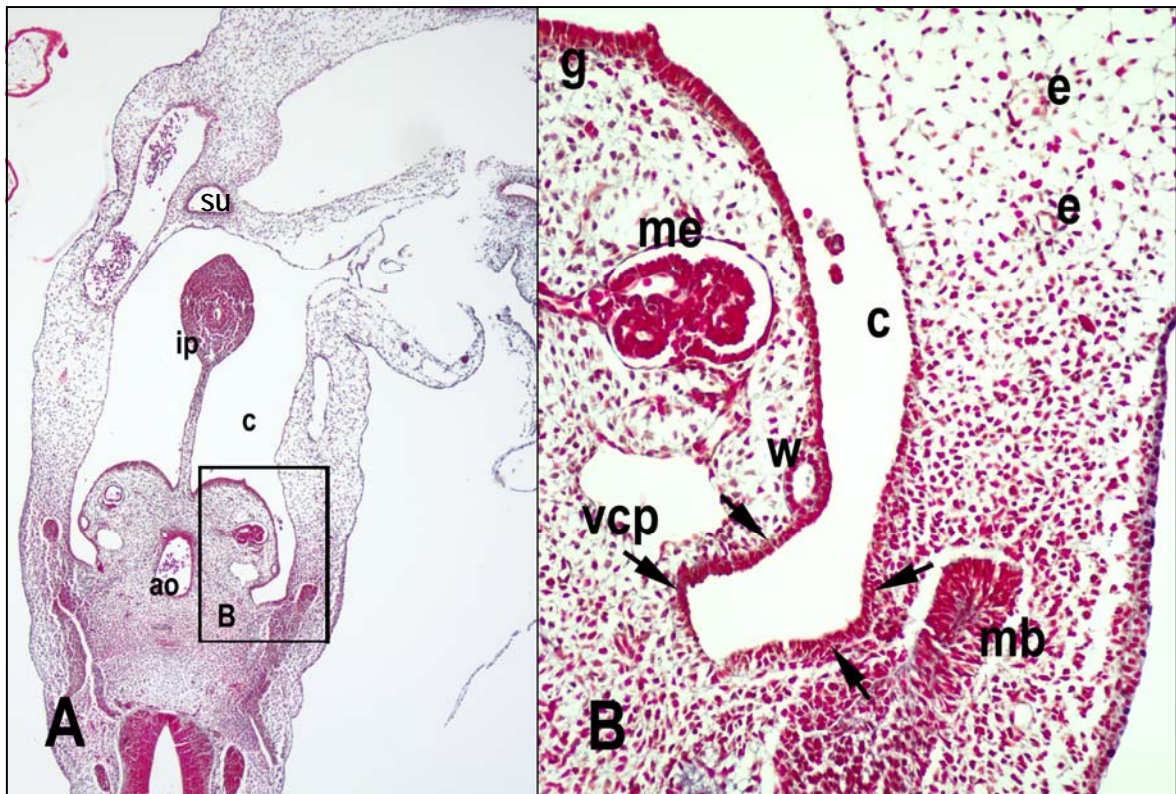


Figura 8. Sección transversal del embrión DD-10 del estadio 16. A: (4x), B:(20x). Detalle a mayor aumento. ao, aorta; c, celoma; e, vasos epigástricos caudales; ip, intestino posterior; g, gónada; mb, musculatura de la pared abdominal; me, mesonefros; su, seno urogenital; vcp, vena cardinal posterior; w, conducto de Wolff.

### *Gubernaculum testis*

En los embriones de este estadio, el *gubernaculum testis* no se observa en toda su extensión. En todo caso y con carácter presuntivo podemos observar lo que se corresponderá a las futuras porciones mesonéfrica y parietal, basados en el tipo del epitelio celomático que los reviste.

1. Porción mesonéfrica; se sitúa por detrás del conducto de Wolff, en la posición que mantendrá a lo largo de todo el desarrollo, y por delante de la vena cardinal posterior. Está formada por un epitelio cilíndrico monoestratificado, a diferencia del epitelio celómico, que es plano monoestratificado. (Figs. 7B y 8B).

2. Porción inguinal; es un epitelio de similares características al anterior, cilíndrico, monoestratificado y situado en la pared anterolateral del abdomen enfrente a la posición de la porción mesonefrídica (Figs. 7B y 8B).

## ESTADÍOS 17 y 18

La gónada pasa de ser una cresta en el estadio 17 a ser una eminencia o protuberancia en el estadio 18 (Fig. 9A)

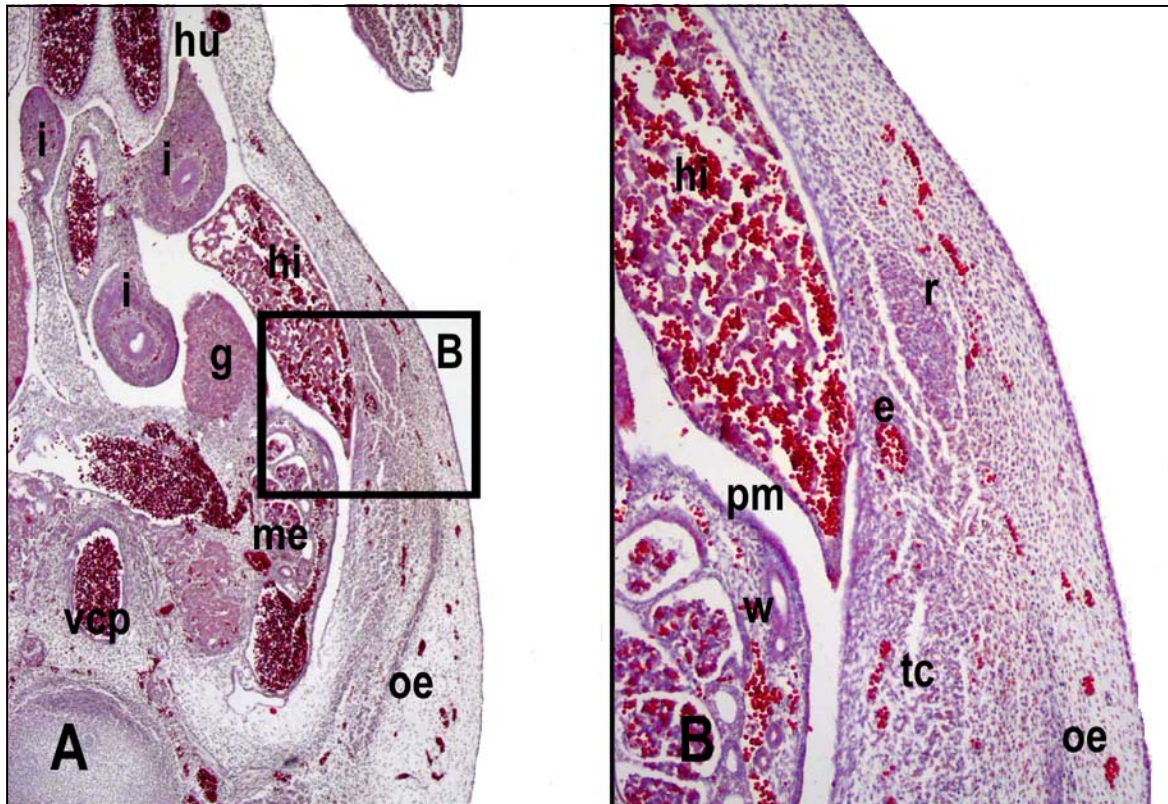


Figura 9. Sección a nivel lumbar alto, detalle de la pared abdominal del embrión C-7 del estadio 18. A: (4x), B: (10x) detalle a mayor aumento. e, vasos epigástricos caudales; g, gónada; hi, hígado; hu, hernia umbilical; i, asas intestinales; me, mesonefros; oe, oblicuo externo; pm, porción mesonéfrica; r, músculo recto; tc, tendón conjunto; vcp, vena cardinal posterior.

El mesonefros y el conducto mesonéfrico aparecen bien desarrollados (Figs. 9 y 10). En la región pélvica se observa el metanefros situado en el nivel relacionado con la *plica inguinalis* (Fig.11 A).

En el seno urogenital (Fig 12 A), aparecen mejor diferenciadas sus porciones uretral, vesical y alantoidea. La pared abdominal continúa mostrando la hernia fisiológica central que es de gran tamaño, ocupando gran parte de la pared anterior (Fig. 9A).

A diferencia de los estadios anteriores, la musculatura aparece diferenciada en un gradiente craneocaudal, aunque no de forma similar en los tres de los especímenes estudiados. Mientras que en uno de ellos aún no es visible la segmentación en tres capas musculares (embrión BI-12), en los otros especímenes los músculos aparecen representados por láminas independientes (Figs. 9 y 10). El músculo oblicuo externo aparece claramente esbozado; los otros dos músculos, aparecen en una masa medial difícil de diferenciar en dos planos. Las dos capas, oblicuo externo y masa común del transverso y oblicuo interno, finalizan ventralmente en una masa que representa el esbozo del músculo recto anterior del abdomen (Fig.9B). Los músculos oblicuo interno y transverso son dissociables parcialmente, en los segmentos más

caudales, porque entre ellos se sitúa el estrato nervioso que, en estos especímenes, está representado por los nervios iliohipogástrico e ilioinguinal de un extremadamente grueso calibre (Fig. 10).

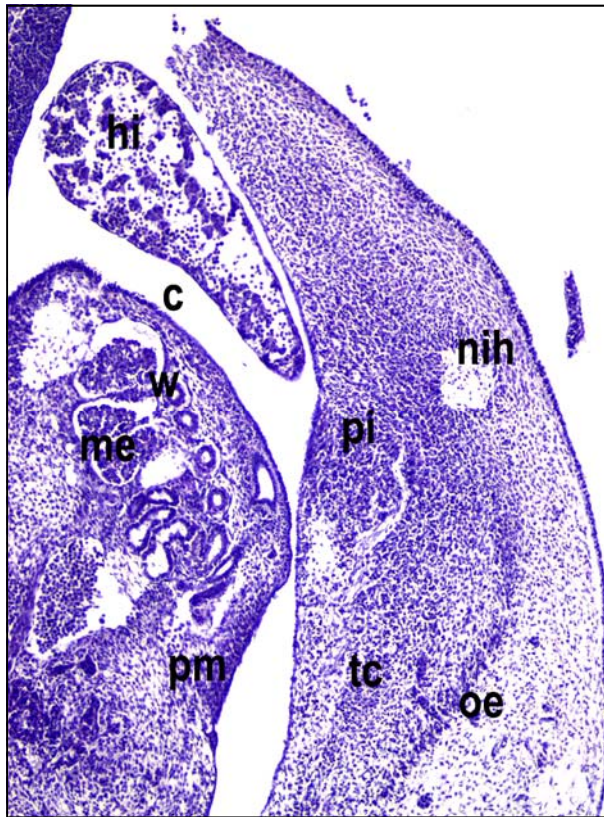


Figura 10. Sección transversal con detalle de la zona umbilical del embrión BI-12 del estadio 17, (10x), c, celoma; hi, hígado; me, mesonefros; nih, nervio iliohipogástrico; oe, oblicuo externo; pm, porción mesonéfrica; tc, tendón conjunto; w, conducto de Wolff.

La arteria epigástrica inferior, presenta un notable diámetro a lo largo de toda su extensión en la pared abdominal, y en posición subcelómica (Fig. 9B).

No se observa el esbozo del escroto.

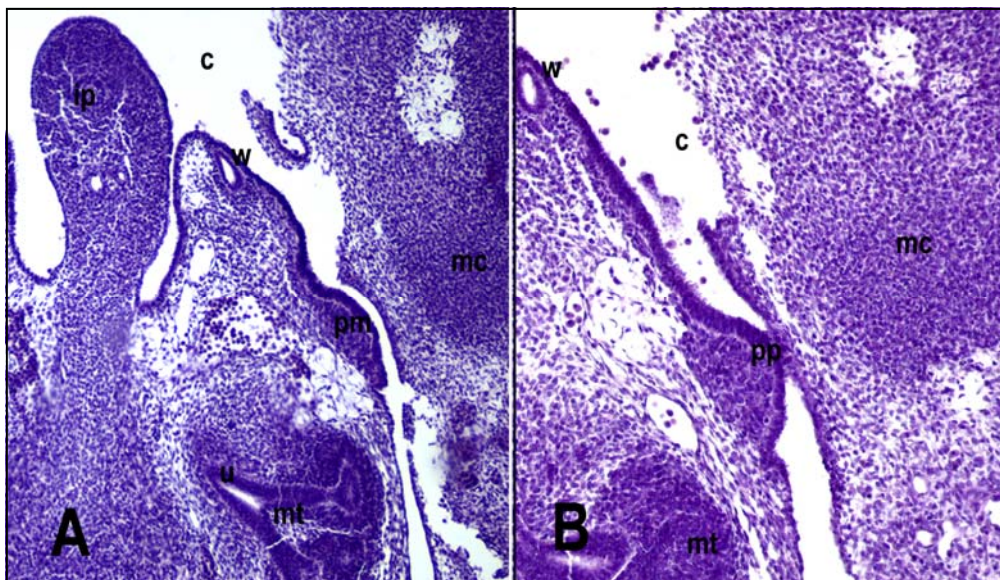


Figura 11. Sección transversal en el embrión BI-12 del estadio 17 en el suelo pélvico. A: (20x), B: (20x), c, celoma; ip, intestino posterior; mc, masa común de los músculos de la pared abdominal; mt, metanefros; pm, porción mesonéfrica; pp, porción pélvica; u, uréter; w, conducto de Wolff.

### *Gubernaculum testis*

Aparece, por primera vez, como un mesénquima condensado a diferencia de los estadios previos donde su existencia era puramente presuntiva y basada en el tipo de epitelio que lo recubría.

Su forma, en conjunto, describe un arco de concavidad craneal con un brazo anterior situado en la pared abdominal y un brazo posterior en el mesonefros (Figs. 11 y 12).

En su conjunto se pueden diferenciar tres porciones:

1.- Porción Mesonéfrica. Localizada por detrás de los conductos mesonéfricos, tiene forma prismática triangular de base medial y vértice lateral o celomático. Por su extremo caudal, se prolonga hasta el suelo pélvico, justo por encima de la arteria umbilical, donde se inflexiona para continuarse con la pared abdominal lateral. (Figs. 11 y 12)

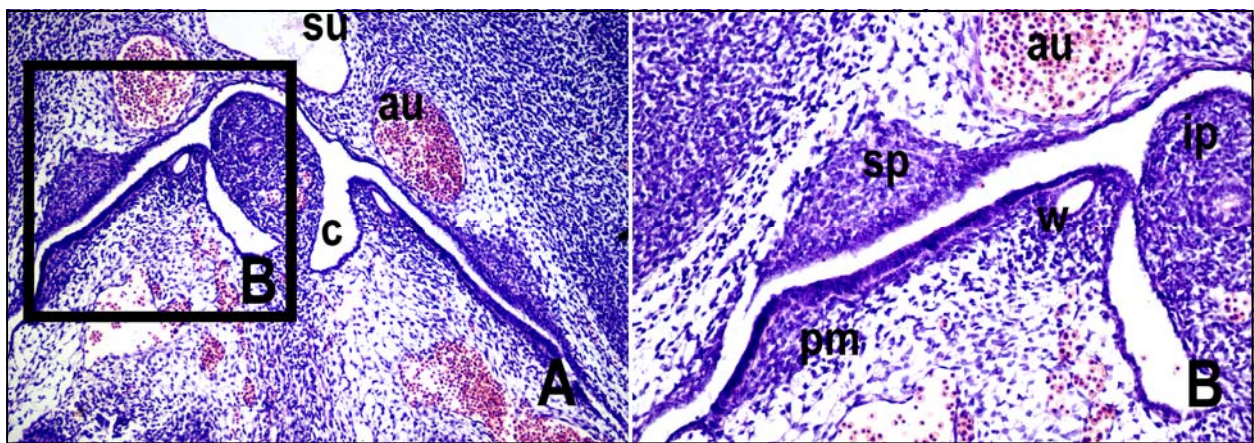


Figura 12. Sección transversal del embrión C-7 del estadio 18 a nivel lumbar bajo. A: (10x); B: (20x) detalle a más aumento. au, arteria umbilical; c, celoma; ip, intestino posterior; pm, porción mesonéfrica; sp, segmento parietal de la porción inguinal; su, seno urogenital; w, conducto de Wolff.

2.- Porción Pélvica (*plica inguinalis*). De pequeño tamaño, resulta de la unión de las porciones mesonéfrica y parietal a nivel caudal y situada por encima de las arterias umbilicales (Fig. 11B).

3.- Porción Inguinal. Aparece como una condensación mesenquimal de forma prismática triangular situada lateralmente a las arterias umbilicales (Fig. 12). El epitelio que la reviste es de tipo cilíndrico.

A diferencia de la porción mesonéfrica que protuye hacia la cavidad celomática, esta porción penetra en la condensación mesenquimal indiferenciada de la futura musculatura abdominal con la que se confunde (Fig. 10) y no protruye en la cavidad celómica (Fig. 12).

ESTADÍO 19

La gónada ha aumentado de tamaño y presenta un meso rquio ancho que se sitúa medialmente en el repliegue mesonéfrico (Figs. 13y 14A). Su tamaño disminuye en sentido caudal, donde se presenta con un relieve afilado.

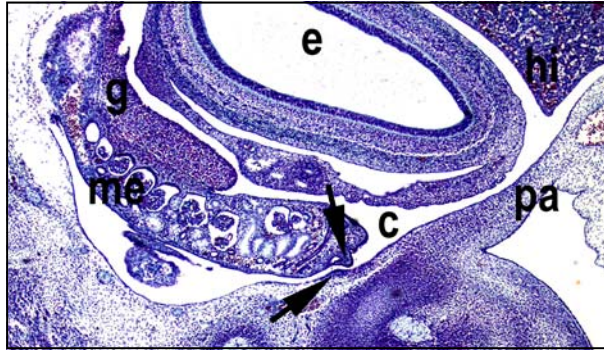


Figura 13. Sección sagital del embrión ES 19 del estadio 19 para observar la relación entre las porciones mesonéfrica y segmento parietal de la porción inguinal (señaladas con flechas) (4x). e, estómago; c, celoma; g, gónada; hi, hígado; me, mesonefros; pa, pared abdominal infraumbilical (la hernia umbilical se está cerrando).

El mesonefros y metanefros aparecen bien desarrollados (Figs. 13 y 14). Los conductos mesonéfricos de Wolff se sitúan a nivel craneal, lateralmente en el repliegue mesonéfrico (Fig. 14A). Aparecen por primera vez los conductos paramesonéfricos de Müller como un surco alargado craneocaudal situado en el pliegue mesonéfrico en posición lateral (Fig.15).

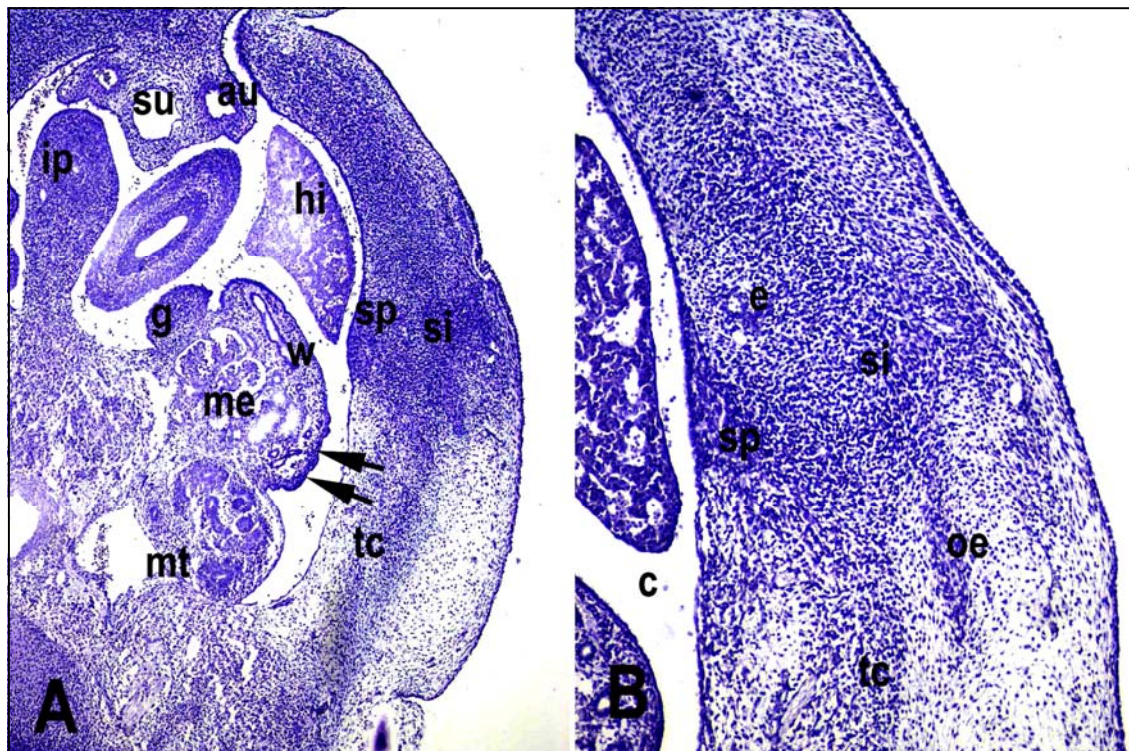


Figura 14. Sección transversal a nivel lumbar del embrión ES 18 del estadio 19. Se señala con flechas la porción mesonéfrica. A: (4x), B: (10x). au, arteria umbilical; c, celoma; e, vasos epigástricos caudales; g, gónada; hi, hígado; ip, intestino posterior; me, mesonefros; mt, metanefros; oe, oblicuo externo; sa, segmento parietal; si, segmento intermuscular; su, seno urogenital; tc, tendón conjunto; w, conducto de Wolff.

El seno urogenital se muestra alargado y dividido en sus partes ureteral, vesical y alantoides. Se observa la desembocadura de los uréteres y las arterias umbilicales que lo flanquean (Fig.14A).

La pared abdominal continúa mostrando la hernia fisiológica centralmente pero, por primera vez, más pequeña que en estadios previos. En la parte más caudal de la pared abdominal anterior se ha formado la región infraumbilical (Fig. 13). Aparecen esbozados por primera vez los tres músculos anchos. El mejor diferenciado de ellos es el oblicuo externo; el oblicuo interno y el transverso todavía se muestran como una masa común en algunos cortes. Los vasos epigástricos caudales siguen siendo estructuras notables por sus diámetros (Fig 14B).

El tubérculo genital, aparece como un relieve mamelonado de tejido mesenquimal denso con aspecto macizo. No se observan las bolsas escrotales a su lado.

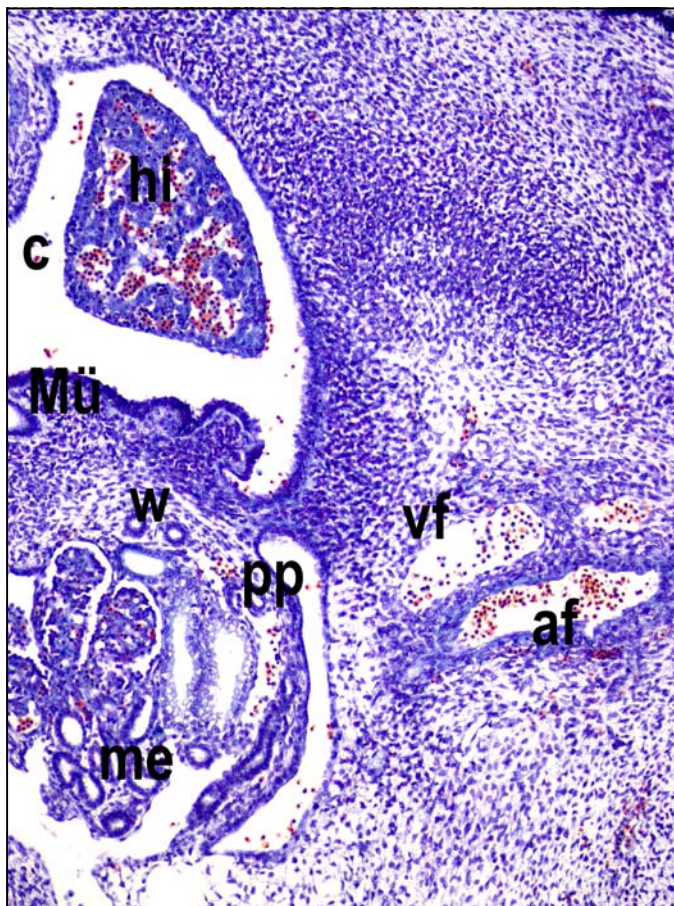


Figura 15. Sección transversal del embrión E S-18 del estadio 19 a nivel pélvico (10x), af, arteria femoral; c, celoma; hi, hígado; me, mesonefros; Mü, conducto de Müller; pp, porción pélvica; vf, vena femoral; w, conducto de Wolff.

### *Gubernaculum testis*

Al igual que en los estadios 17 y 18, el *gubernaculum testis* aparece como una condensación mesenquimal en la que se pueden diferenciar tres porciones. En su conjunto su forma es la de arco de concavidad craneal con un brazo dorsal más corto y plano que el ventral.

1.- Porción Mesonéfrica. Se encuentra en la cara antigonadal del repliegue mesonéfrico por detrás del conducto mesonéfrico (Fig. 14A). Está recubierta por un epitelio cilíndrico monoestratificado,

intensamente teñido, con una membrana basal nítida. Protruye hacia la cavidad celómica haciéndose sus dimensiones mayores en los cortes más caudales, sin embargo no se le observa penetrando en el mesonefros.

2.- Porción Pélvica. Se muestra por primera vez como un pequeño relieve en la pelvis primitiva limitada por dos recesos peritoneales; ventral y dorsal (Fig. 15). Esta porción no es más que el resultado de la unión de las porciones mesonéfrica e inguinal en el suelo de la cavidad celómica. Está situada medialmente a los vasos ilíacos (Fig. 15).

3.- Porción Inguinal. En su segmento parietal está recubierta de un epitelio monoestratificado, cilíndrico, con una nítida membrana basal que hace muy poco relieve hacia la cavidad celómica (Figs. 13 y 14B).

En su segmento intermuscular se ve mejor diferenciada que en los estadios anteriores puesto que ha aumentado su tamaño y extensión, llegando hasta la piel (Fig. 14). Aparece como una condensación mesenquimal de células teñidas de forma homogénea que, desde el segmento parietal, cruza todo el espesor de la pared abdominal confundándose con los músculos anchos (Fig. 14). Esta condensación celular se diferencia bien del músculo que le rodea por la orientación espacial de sus células, que le dan aspecto de tapón en el propio espesor muscular.

## ESTADÍO 20

La gónada presenta un mesorquio más estrecho que en anteriores estadios (Fig. 16). Se sitúa medialmente en el repliegue mesonéfrico. Su tamaño disminuye en sentido caudal donde se presenta con un relieve afilado.

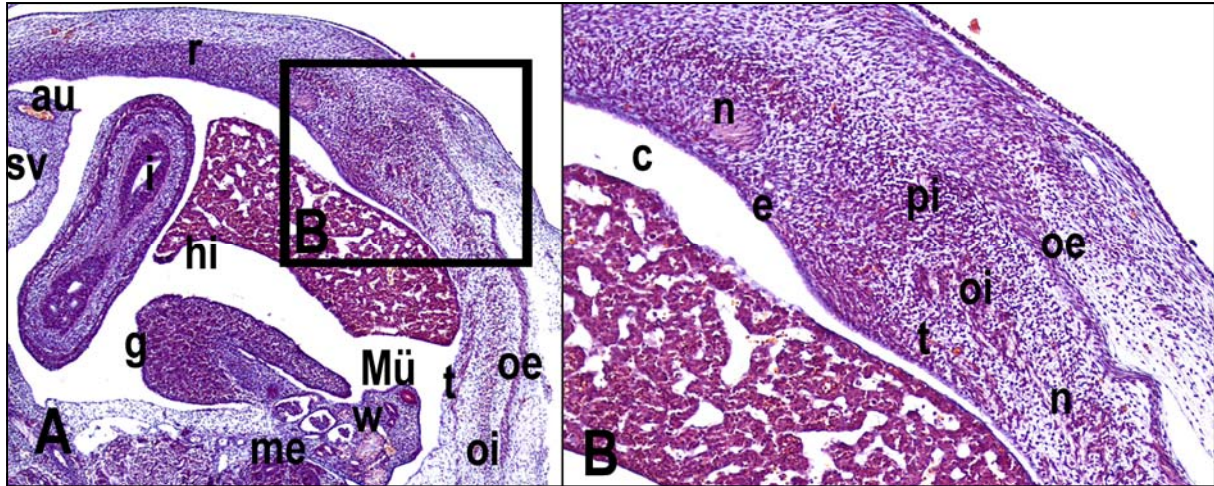


Figura 16. Sección transversal del embrión ES-20 del estadio 20 a nivel lumbar. A: (4x), B: (10x) detalle a mayor aumento. au, arteria umbilical; c, celoma; e, vasos epigástricos caudales; g, gónada; hi, hígado; me, mesonefros; Mü, conducto de Müller; n, nervio; oe, oblicuo externo; oi, oblicuo interno; pi, porción inguinal o intermuscular; r, músculo recto; sv, seno urogenital; t, músculo transversal; w, conducto de Wolff.

El mesonefros aparece como un relieve poco marcado en la pared posterior de la cavidad peritoneal (Fig. 15). El metanefros aparece muy bien desarrollado.

Los conductos mesonéfricos de Wolff y los conductos paramesonéfricos de Müller se han cruzado a nivel caudal (Fig. 16). El conducto paramesonéfrico ha pasado de ser más lateral cranealmente a ser más medial caudalmente (Fig. 17A).

El seno urogenital no muestra cambios respecto a estadios previos.

La pared abdominal presenta, prácticamente, una configuración similar a la del adulto; continúa mostrando la hernia fisiológica a nivel umbilical, pero con un menor diámetro que en estadios previos. En la región infraumbilical de la pared abdominal anterior aparece de mayor tamaño. En esta región se observan definidos los tres músculos anchos; sin embargo, el músculo recto anterior está menos diferenciado (Fig. 16A). El músculo oblicuo externo presenta el orificio subcutáneo del conducto inguinal claramente visible (Fig. 17B).

Los vasos epigástricos inferiores continúan con igual grado de diferenciación, en localización subperitoneal, y definiendo la localización del orificio preperitoneal del trayecto o canal inguinal (Figs. 16B y 17B). Los nervios ilioinguinal e iliohipogástrico se ven con nitidez en el extracto vasculonervioso localizado entre el músculo oblicuo interno y el músculo transversal (Fig. 16B).

En la región genital aún no se diferencian las bolsas escrotales.

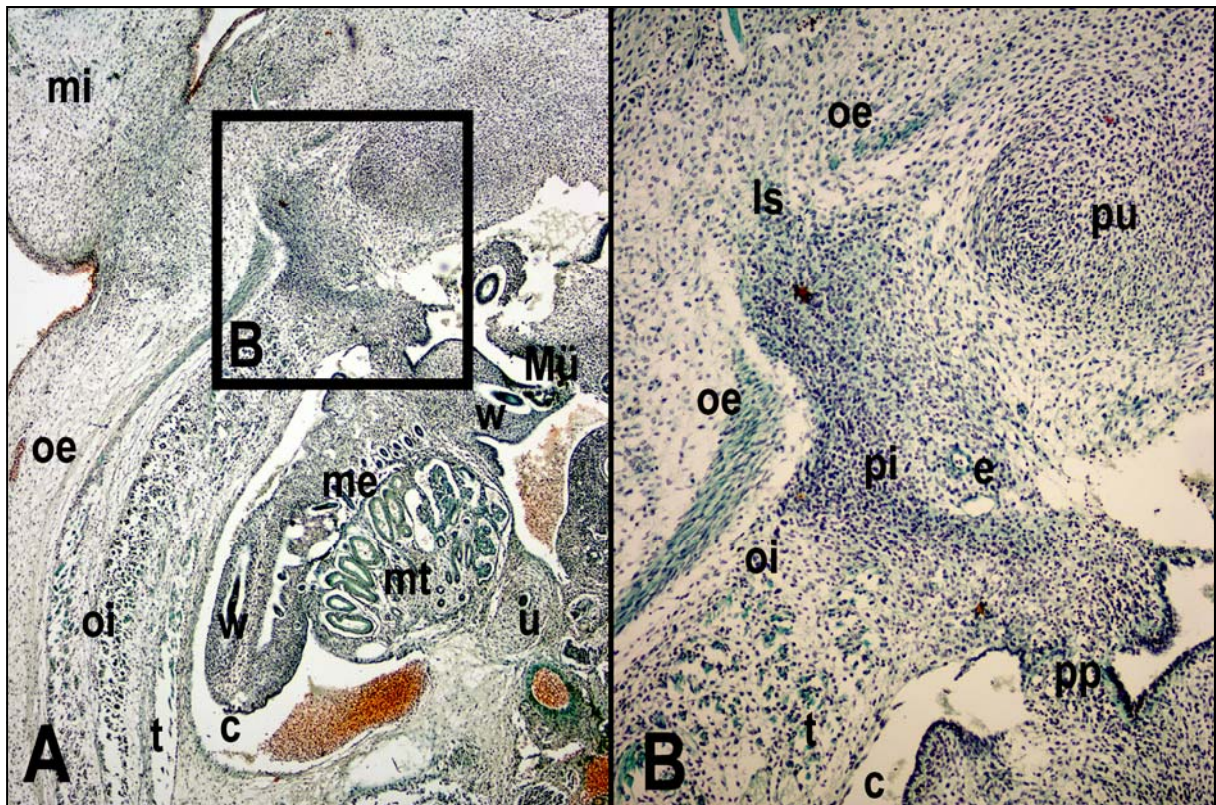


Figura 17. Sección transversal del feto F-27 del estadio 20 a nivel pélvico. A: (4x), B: (10x) detalle a mayor aumento. c, celoma; e, vasos epigástricos caudales; me, mesonefros; mi, miembro inferior; mt, metanefros; Mü, conducto de Müller; oe, oblicuo externo; oi, oblicuo interno; pfe, porción funiculoescrotal; pi, porción inguinal o intermuscular; pu, pubis; pp, porción pélvica; t, músculo transverso, u, uréter; w, conducto de Wolff.

### *Gubernaculum testis*

El *gubernaculum testis* presenta la morfología falciforme que se observaba en el estadio 19 con las porciones mesonéfrica, pélvica e inguinal (Fig. 17 B).

La porción inguinal, en sus segmentos parietal e intermuscular, aparece mejor definida que en el estadio previo al tiempo que permanece mejor individualizada de los músculos adyacentes. Algunas de sus fibras aparecen asociadas íntimamente con las del tendón conjunto, lo que constituye el esbozo del músculo cremáster (Fig. 17 B).

Aparece por primera vez la última de las porciones, la porción funicular o escrotal, como un pequeño reguero celular que abandona el orificio externo hacia el pliegue escrotal (Fig. 17B). Se observa como se pierde inmediatamente al abandonar el orificio y sin llegar hasta la región de las futuras bolsas escrotales (Fig. 17B).

## ESTADÍO 21

La gónada, mesonefros, los conductos mesonéfricos y los paramesonéfricos presentan una morfología y características similares a las del estadio previo.

La pared abdominal continúa mostrando la hernia fisiológica a nivel umbilical, pero menor que en estadios previos, pues la región infraumbilical de la pared abdominal ha aumentado su extensión.

A diferencia de los estadios previos, aparecen claramente visibles los tres músculos anchos del abdomen en toda su extensión dorso-ventral (Fig. 18). Continúa visible el orificio subcutáneo del trayecto inguinal en la aponeurosis del músculo oblicuo externo (Figs. 18B y 19B).

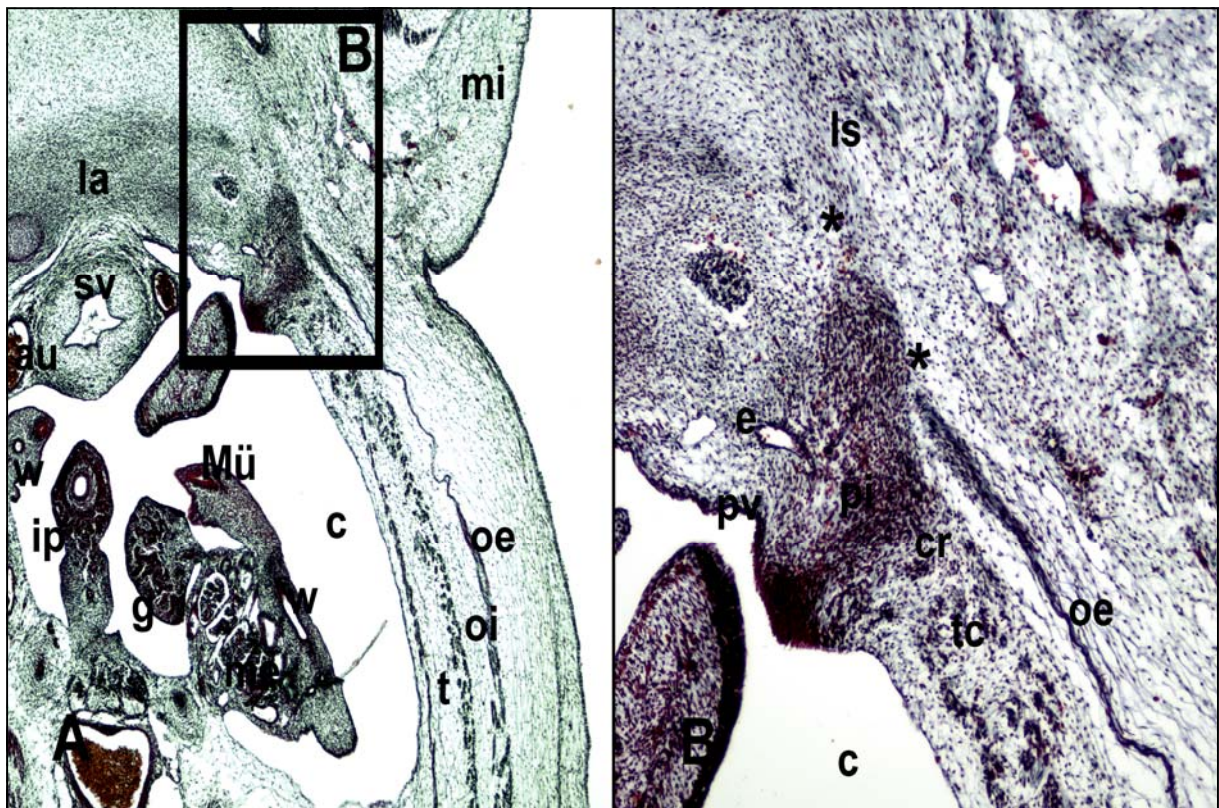


Figura 18, Sección del embrión Marc-1 del estadio 21 a nivel lumbar. A: (4x), B: (10x) detalle a mayor aumento de la crista inguinal con el orificio subcutáneo entre asteriscos. au, arteria umbilical; c, celoma; cr, cremáster; e, vasos epigástricos inferiores; g, gónada; ip, intestino posterior; la, línea alba; ls, porción funiculoescrotal; me, mesonefros; mi, miembro inferior; Mü, conducto de Müller; oe, oblicuo externo; oi, oblicuo interno; pi, porción inguinal; pv, proceso vaginal; sv, seno urogenital; t, músculo transverso; tc, tendón conjunto; w, conducto de Wolff.

El músculo recto anterior del abdomen aparece rodeado por su vaina (Fig. 19B) y, característicamente, hay una gran diástasis de los rectos donde se sitúa la línea alba (Fig. 19A). Se observa el esbozo del músculo piramidal del abdomen situado por delante del recto anterior.

Los vasos epigástricos inferiores aparecen mejor diferenciados al haber incrementado el grosor de su pared (Figs. 18B y 19B). El canal inguinal es rectilíneo y presenta enfrentados los orificios preperitoneal y subcutáneo (Figs. 18B y 19B).

La hoja parietal del peritoneo delimita por primera vez en relación con la porción inguinal (segmento parietal), un pequeño receso que se ha denominado proceso vaginal que se insinúa entre la porción inguinal del *gubernaculum testis* y la pared abdominal, delimitando el orificio preperitoneal del canal inguinal (Figs. 18B y 19B).

En la región genital se aprecian por primera vez los relieves de las bolsas escrotales.

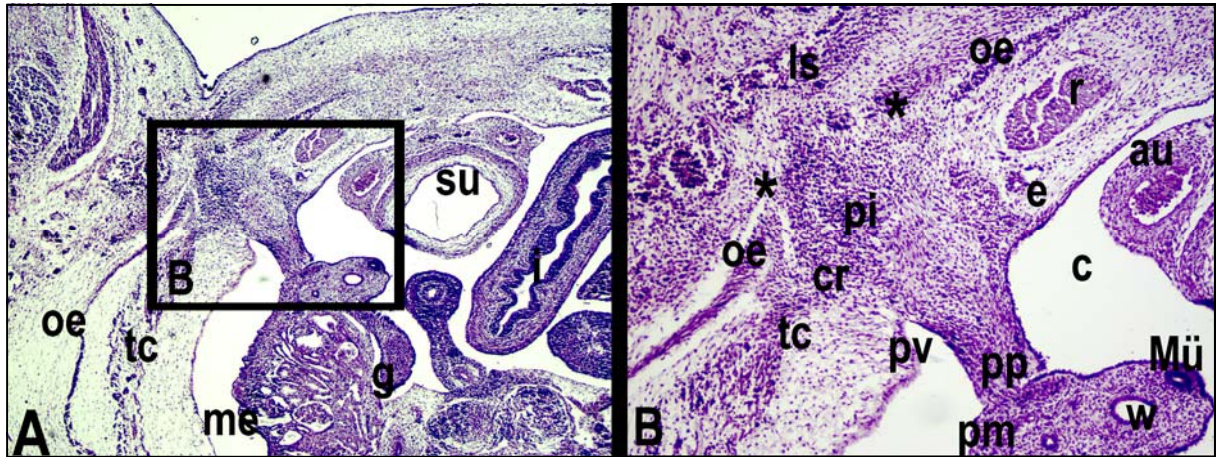


Figura 19, Sección transversal a nivel pélvico del embrión BI-22 del estadio 21. A: (4x), B: (10x) detalle a mayor aumento con el orificio subcutáneo del trayecto inguinal marcado con dos asteriscos. au, arteria umbilical; c, celoma; cr, cremáster; e, vasos epigástricos caudales; g, gónada; ls, porción funiculoescrotal; me, mesonefros; Mü, conducto de Müller; oe, obliquo externo; pi, porción inguinal; pm, porción mesonéfrica; pp, porción pélvica; pv, proceso vaginal; r, músculo recto; su, seno urogenital; tc, tendón conjunto; w, conducto de Wolff.

### *Gubernaculum testis*

Su morfología en relación con los estadios anteriores ha variado; a pesar de ser una condensación mesenquimal falciforme de concavidad craneal, se muestra con mayor nitidez en sus detalles en sus diferentes porciones incluyendo a la funiculoescrotal, por lo que por vez primera, existe un continuo desde la gónada intraabdominal hasta la eminencia escrotal.

1.- Porción Mesonéfrica. Condensación mesenquimal de localización subperitoneal, tras el conducto de Wolff que no establece ninguna conexión directa con la gónada por lo que nosotros, no somos capaces de diferenciar una porción mesoárquica (Fig. 19B).

2.- Porción pélvica. Es más evidente en la cavidad pélvica donde aparece a modo de la cuerda de un arco. El mesénquima que forma su substrato es muy denso. Delimita ventromedial y dorsolateralmente dos recesos peritoneales (Fig. 19B).

3.- Porción inguinal. Por primera vez en el desarrollo su segmento parietal está rodeado por un pequeño proceso vaginal (Figs. 18A y 19B).

En su segmento intermuscular está formada por un núcleo central de células mesenquimales no diferenciadas, organizadas concéntricamente en capas de cebolla (Figs. 19B). Es de destacar cómo

desde el tendón conjunto se desprende un reguero de células musculares que representan el esbozo del músculo cremáster (Figs.18B y 19B).

4.- Porción funiculoescrotal. Se observa como un grupo de fibras del *gubernaculum testis* que, tras abandonar el orificio externo del trayecto inguinal, se pierden en el pliegue cutáneo genital. (Figs.18A y 19B)

Por tanto, en este estadio, podemos confirmar, en el desarrollo embrionario, las cuatro porciones del *gubernaculum testis*: mesonéfrica, pélvica, inguinal y funiculoescrotal; sin solución de continuidad entre ellas.

## ESTADÍOS 22 y 23

La gónada comienza a mostrar cambios hacia su diferenciación sexual. En algunos casos la túnica albugínea y los cordones medulares en su interior son muy evidentes, por lo que ya podemos clasificar, a partir de este punto, a los distintos especímenes en varones (HA-24, F-8, C-27) (Figs. 20, 21 y 22). Por el contrario en el embrión A-4, no son visibles los detalles comentados, por lo tanto será una hembra.

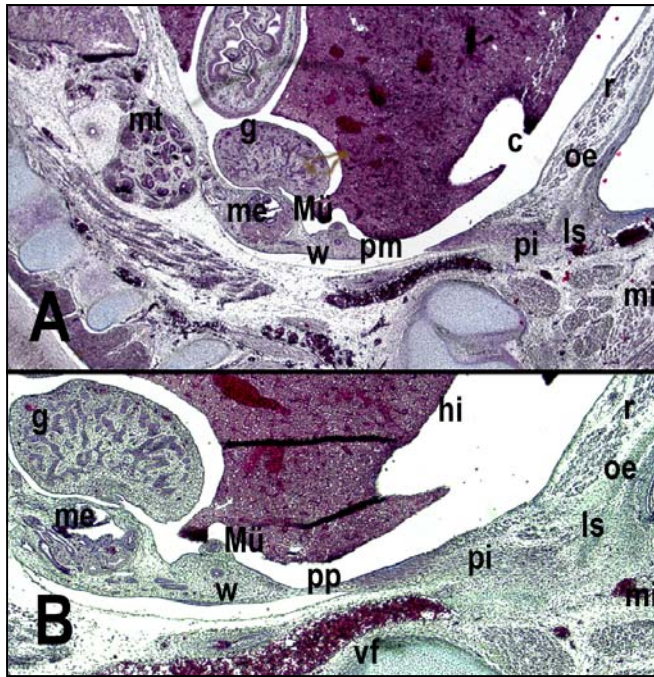


Figura 20, Secciones sagitales del embrión masculino C-27 del estadio 23 donde se ve la porción pélvica y el receso peritoneal que queda por debajo. A: (2x), B:(10x). c, celoma; g, gónada; hi, hígado; ls, ligamento scrotii o porción escrotal; me, mesonefros; mi, miembro inferior; mt, metanefros; Mü, conducto de Müller; oe, oblicuo externo; pi, porción inguinal; pp, porción pélvica; r, músculo recto; vf, vena femoral; w, conducto de Wolff.

El mesonefros ha experimentado una notable involución, aparece como un relieve en la pared posterior de la cavidad peritoneal, conectado a una gónada sobresaliente en tamaño (Fig. 20); sin embargo, el metanefros está muy desarrollado y situado en la región lumbar por delante de las vértebras L2 y L3. (Fig. 20)

Los conductos mesonefricos de Wolff, los conductos paramesonefricos de Müller y el seno urogenital no muestran diferencias con respecto a los anteriores estadios (Figs. 20 y 22).

En la pared abdominal continúa disminuyendo el tamaño de la hernia fisiológica umbilical, ya que la región infra umbilical ha cedido; mostrándose la musculatura de la pared abdominal más rica en detalles con los haces musculares, de los tres músculos anchos, bien definidos (Figs. 21A y 22A). El músculo recto anterior, se observa rodeado por su vaina y está separado del recto anterior contralateral por una amplia diástasis (Fig. 21A). Por vez primera se diferencian las *fascias de Camper y Scarpa* en el tejido celular subcutáneo. El músculo piramidal continúa desarrollándose.

Los vasos epigástricos inferiores aparecen flanqueando el borde lateral del músculo recto anterior del abdomen (Figs. 21B).

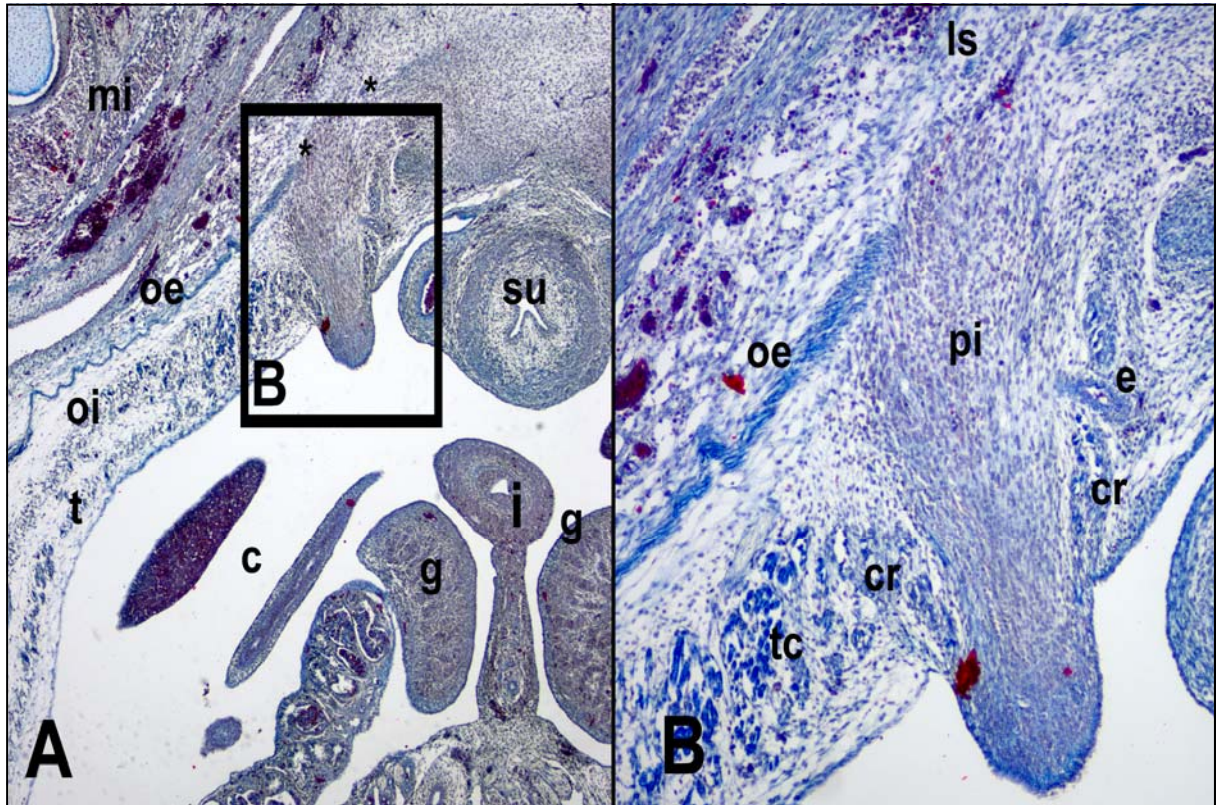


Figura 21, Sección transversal del embrión F-8 d del estadio 22 a nivel lumbar bajo. A: (4x), B: (10x), detalle a mayor aumento, entre asteriscos el orificio subcutáneo del trayecto inguinal con salida de fibras d el ligamento Scrotii (Is); cr, cremáster; e, vasos epigástricos caudales; g, gónada; i, asas del intestino; mi, miembro inferior; oe, aponeurosis del músculo oblicuo externo; oi, oblicuo interno; pi, porción inguinal o intermuscular; su, seno urogenital; t, músculo transverso; tc, tendón conjunto.

El proceso vaginal continúa como un pequeño divertículo que se insinúa entre el *gubernaculum testis* y la pared abdominal. (Fig. 22B)

La eminencia escrotal, donde llegarán las fibras más distales de la porción funiculoescrotal, está más acentuada.

### *Gubernaculum testis*

Está constituido por mesénquima indiferenciado que, manteniendo sus diferentes porciones, se ha tornado recto; a diferencia de los anteriores estadios donde adoptaba una forma curvilínea de concavidad craneal (Fig. 20).

1.- Porción mesonéfrica. Representa la conexión con el mesonefros. No se destaca una condensación mesenquimal que la diferencie del resto del tejido mesonéfrico. Aparece situada muy caudalmente en la incipiente cavidad pélvica (Figs. 20 y 22B).

2.- Porción pélvica. Está constituida por un mesénquima denso, que representa el arco de cuerda que levanta el peritoneo pélvico en su tránsito hacia la pared abdominal, (Figs. 20B y 22). Está situada cranealmente a las arterias umbilicales y define dos recesos peritoneales- medial y lateral- a nivel pélvico (Figs. 20 y 22).

3.- Porción inguinal. En su segmento parietal se observa como se sitúa lateralmente a la arteria epigástrica inferior (Fig. 21).

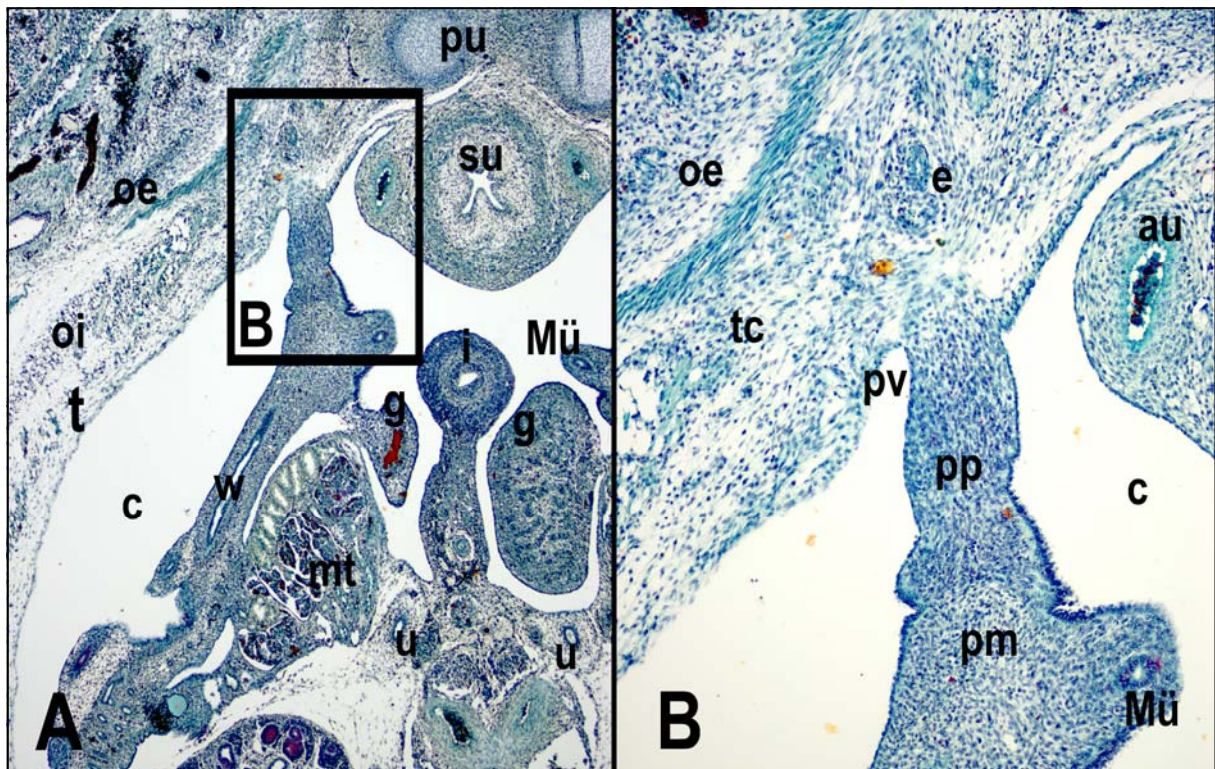


Figura 22, Sección transversal del embrión F-8 del estadio 22 a nivel pélvico. A: (4x), B: (10x), detalle a mayor aumento de la porción pélvica. au, arteria umbilical; c, celoma; e, vasos epigástricos caudales; g, gónada; i, intestino; mt, metanefros; Mü, conducto de Müller; oe, aponeurosis del músculo oblicuo externo; oi, oblicuo interno; pm, porción mesonéfrica; pp, porción pélvica; pu, pubis; pv, proceso vaginal; su, seno urogenital; t, transversos; tc, tendón conjunto; u, uréter; w, conducto de Wolff.

En su segmento intermuscular, al igual que en el estadio previo, tiene forma de cono, de organización celular concéntrica, rodeado por fibras musculares desprendidas del tendón conjunto (Fig. 21B). En el núcleo del *gubernaculum testis* se pueden diferenciar fibras de elastina, en el embrión A-4, por tinción con plata. El tejido mesenquimal del *gubernaculum testis* está pobremente vascularizado.

4.- Porción funiculoescrotal. Como en estadios anteriores, se observa un haz de fibras que se pierden en el futuro relieve genital después de abandonar el orificio subcutáneo del trayecto inguinal (Fig. 21B).

## 9 SEMANAS

En los primeros especímenes correspondientes al periodo fetal, el pliegue mesonéfrico presenta un meso estrecho y dos estrangulaciones que nos permiten diferenciar en él tres segmentos; un segmento posterior, formado propiamente por el mesonefros; un segmento anterior, formado por los conductos mesonéfricos y un segmento medial, formado por la gónada con su mesorquio. (Fig. 23)

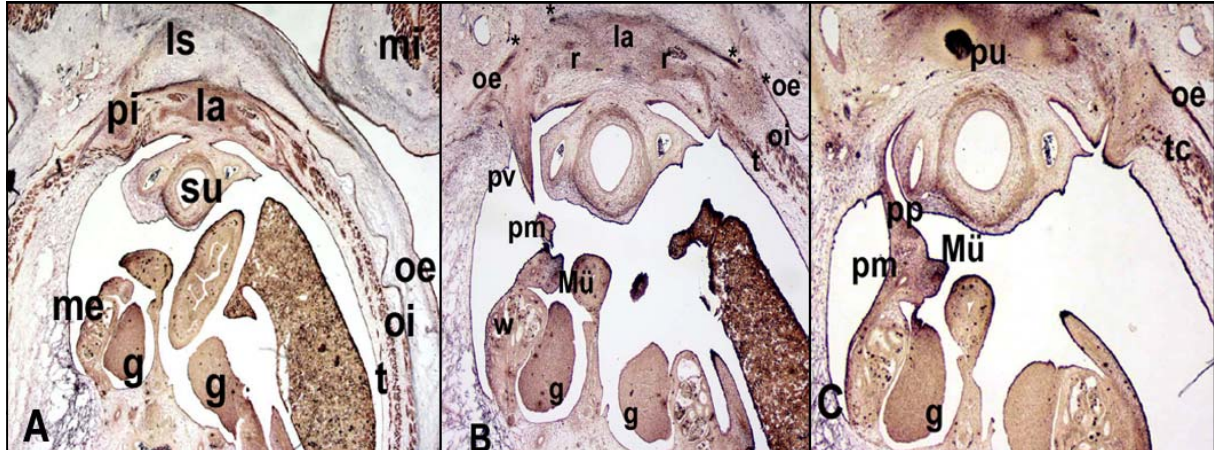


Figura 23. Secciones transversales consecutivas del feto femenino VD-34 de nueve semanas. A: (2x), sección a nivel lumbar, B: (4x), sección a nivel lumbar bajo, C: (4x), sección a nivel pélvico. g, gónada; la, línea alba; ls, porción funiculo-escrotal; me, mesonefros; mi, miembro inferior; Mü, conducto de Müller; oe, oblicuo externo; oi, oblicuo interno; pi, porción inguinal; pm, porción mesonéfrica; pp, porción pélvica; pu, pubis; pv, proceso vaginal; r, músculo recto anterior; su, seno urogenital; t, músculo transverso; tc, tendón conjunto; w, conducto de Wolff.

La gónada, en cuatro de los fetos estudiados, está diferenciada en el testículo, siendo apreciable su estructura en columnas y túnica albugínea. Esta organización no se observa en los otros cuatro fetos y, la gónada, se diferencia en ovario.

El conducto mesonéfrico de Wolff, paramesonéfrico de Müller y la vejiga urinaria no muestran variaciones respecto al final del periodo embrionario (Fig. 23).

La pared abdominal muestra una disminución de la hernia fisiológica umbilical. El tendón conjunto aporta fibras cremastéricas al *gubernaculum testis* de modo similar al que lo hacían en el estadio 23 (Fig. 24).

Observamos el trayecto inguinal configurado de forma distinta al periodo embrionario, debido al cambio de orientación de los orificios preperitoneal y subcutáneo; siendo el preperitoneal, aparentemente, más lateral que el subcutáneo (Fig. 23B). La pared anterior está formada por la aponeurosis del músculo oblicuo externo, la pared posterior por el *ligamento de Hesselbach*, la superior por el tendón conjunto y la inferior por el ligamento inguinal, que es la reflexión de la aponeurosis del músculo oblicuo externo (Fig. 24).

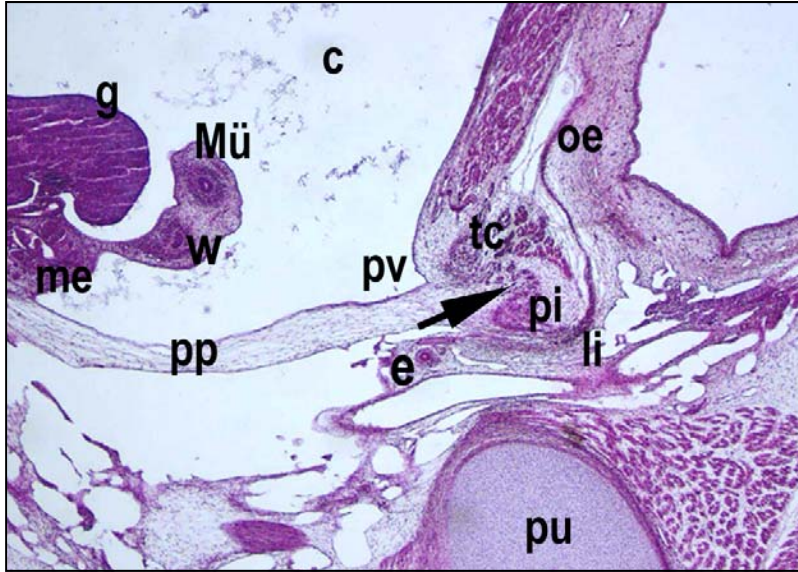


Figura 24. Sección sagital que muestra la estructura del trayecto inguinal, en el feto femenino F-14 de nueve semanas (4x), se señala el cremáster con punta de flecha. c, celoma, e, vasos epigástricos caudales, g, gónada, li, ligamento inguinal, me, mesonefros, Mü, con ducto de Müller, oe, aponeurosis del músculo oblicuo externo, pi, porción inguinal; pp, porción pélvica, pu, pubis, tc, tendón conjunto, w, con ducto de Wolff.

El músculo recto anterior se presenta rodeado de su aponeurosis; estando su vaina formada por fibras cedidas de los tres músculos anchos de la pared abdominal (Fig.23 A-B). La línea alba entre los dos músculos rectos anteriores ha disminuido su tamaño (Fig.23 A-B).

El músculo piramidal aparece en posición ventral al recto anterior y de dimensiones relativamente más amplias a las que tendrá en la vida adulta (Fig. 23 A).

Los nervios se observan perfectamente en el extracto vasculonervioso (Fig. 26A). Se puede observar una rama nerviosa genital, abandonando el orificio externo del trayecto inguinal, para distribuirse por el tejido subcutáneo de la futura región escrotal (Fig. 26A).



Figura 25. Secciones transversales consecutivas en feto femenino F-9 de nueve semanas. A: (2x), sección a nivel lumbar alto, se muestra como salen fibras de la porción funículoescrotal (Is) a través del orificio subcutáneo (os). B: (2x), sección a nivel lumbar bajo. C: (2x) sección a nivel pélvico. au, arteria umbilical; e, vasos epigástricos caudales; g, gónada (ovario); ip, intestino posterior; lr, ligamento redondo; mi, miembro inferior; Mü, conducto de Müller; oe, aponeurosis del músculo oblicuo externo; pu, pubis; pv, proceso vaginal; su, seno urogenital; tc, tendón conjunto; ur, uréter.

Observamos el *ligamento de Hesselbach* como refuerzo subperitoneal de la fascia transversalis (Fig. 26B). El proceso vaginal se presenta como un receso que rodea el *gubernaculum testis* hasta el inicio de su porción inguinal (Fig. 26).

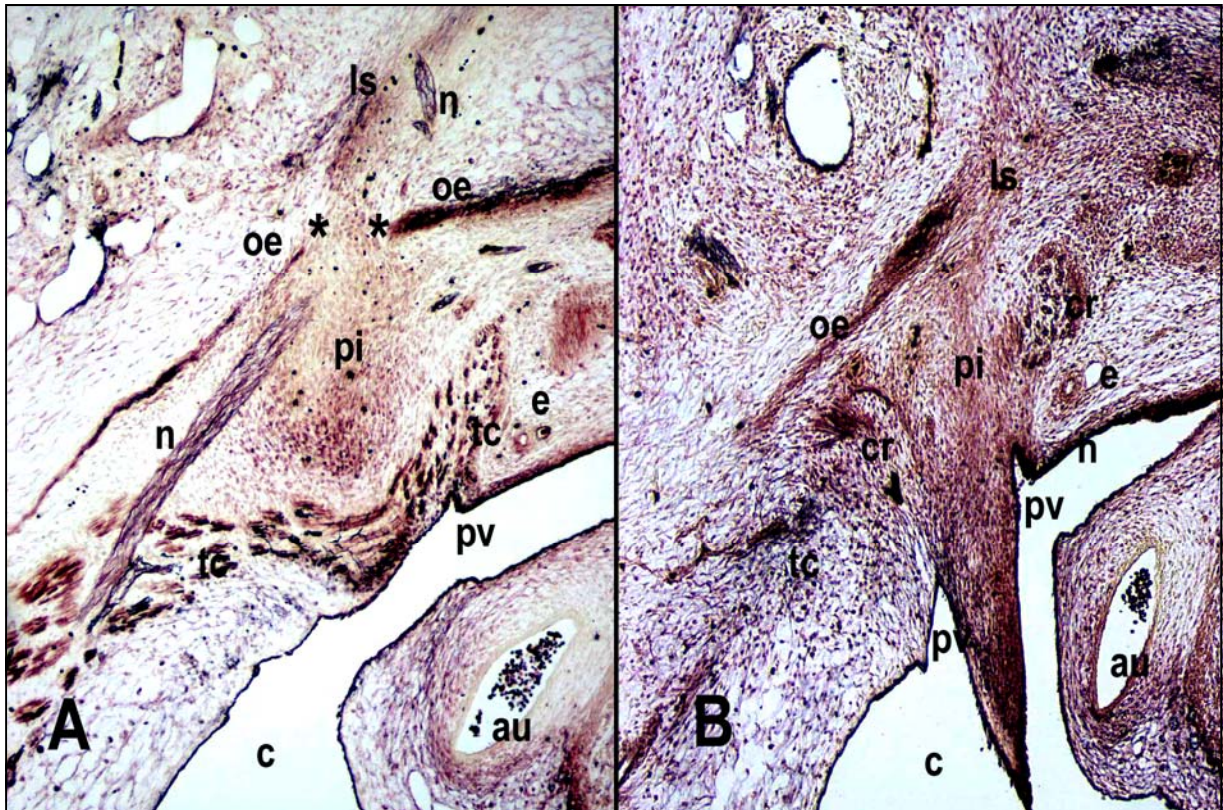


Figura 26. Sección transversal del feto femenino VD-34 de nueve semanas. A: (10x), nivel lumbar a través del orificio subcutáneo delimitado por asteriscos y donde se observa la salida de un nervio y fibras de la porción funicular (ls), B: (10x) sección a nivel lumbar bajo. au, arteria umbilical; c, celoma; cr, cremáster; e, vasos epigástricos caudales; h, ligamento de Hesselbach; n, nervio; oe, aponeurosis del músculo oblicuo externo; pi porción inguinal; pv, proceso vaginal; tc, tendón conjunto.

### *Gubernaculum testis*

Constituido por fibras que, durante esta 9ª semana, van ganando densidad en la mayor parte de su extensión; lo que lo diferencia de fases previas donde aparecía como una condensación celular más indiferenciada. Su morfología de conjunto es la de una línea, casi recta, que se extiende entre la región subperitoneal de la eminencia mesonéfrica y la pared abdominal anterior (Fig. 24).

1.-Porción mesonéfrica. Aparece simplemente como una pequeña región condensada subperitonealmente, asociada al segmento anterior de la eminencia mesonéfrica; aquél que contiene los conductos mesonéfrico y paramesonéfrico en los fetos VD-34, F-14 y Faus (Fig. 23B). Sin embargo, en el resto de especímenes, del sexo femenino, aparece como una importante condensación subperitoneal anterior que se extiende hasta los conductos paramesonéfricos de Müller y dará origen a parte del ligamento redondo (Fig. 25C). No se observa condensación alguna extendida hasta el mesorquio que se ancle a la gónada.

2.-Porción pélvica. Aparece como una cuerda en el suelo pélvico que se extiende desde el mesonefros a la pared abdominal (Figs. 23C y 24). Está revestida por el peritoneo parietal, que delimita dos fondos de saco, uno medial y otro lateral. En lo relativo a sus dimensiones es, en general, pequeña. Por

debajo, se relaciona con las arterias umbilicales y más caudalmente los uréteres. En el sexo masculino es laxa (Fig. 24) y en el femenino densa y dará lugar al ligamento redondo (Fig. 23).

3.-Porción inguinal. En su segmento parietal se relaciona con el proceso vaginal y se sitúa por fuera de los vasos epigástricos inferiores y el *ligamento de Hesselbach* (Fig. 26B).

Su segmento intermuscular o canalicular se sitúa dentro del trayecto inguinal. Está integrado por un tejido muy denso, con aportación de células musculares provenientes de los músculos oblicuo interno y transverso, para su zona más periférica craneal y dorsal, esbozo del cremáster. Las células en su interior, se disponen concéntricamente en capas de cebolla (Figs. 24A y 26).

4.- Porción funiculoescrotal. Se diferencia mejor que en el estadio anterior. Son las fibras que cruzan el orificio subcutáneo, llegando cranealmente hasta la eminencia escrotal (Fig. 23A, 25A y 26B). Esta región se encuentra ricamente inervada.

## 10 SEMANAS

La gónada en tres de los fetos estudiados, está diferenciada en testículo; ya que la disposición celular en columnas permite ver incluso la *rete testis* de Haller; y sólo en un espécimen en ovario, ya que su disposición no tiene trabéculas ni albugínea.

A diferencia de los especímenes del estadio anterior; en éstos, la gónada está en posición pélvica y se encuentra cerca del orificio preperitoneal del canal inguinal en los fetos masculinos (Figs. 27 y 28). En el feto femenino el ovario está alojado en la región lumbosacra.

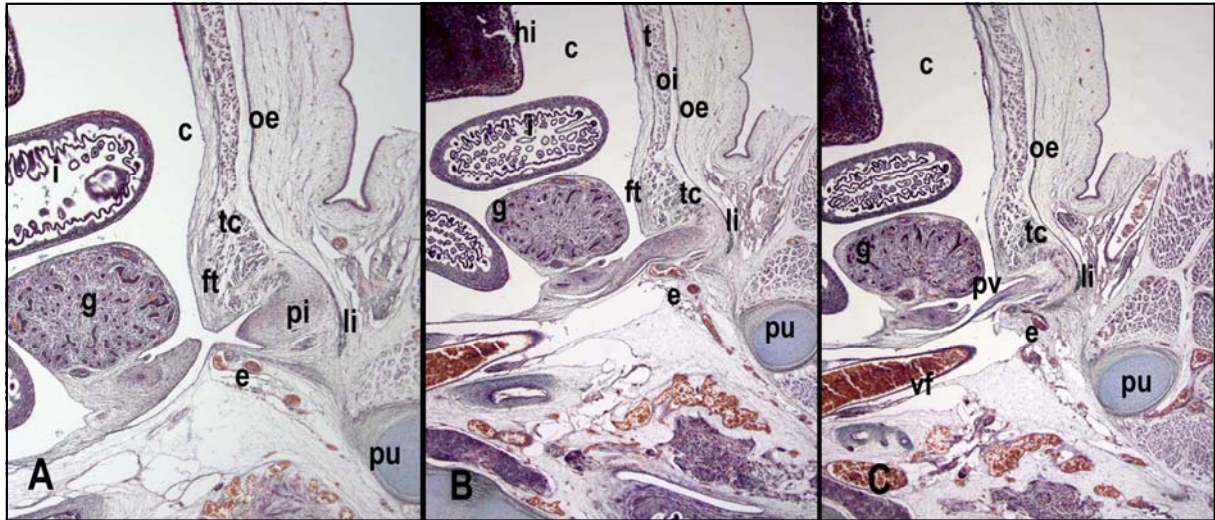


Figura 27, Secciones sagitales del feto masculino F-25 de diez semanas destacando la penetración del proceso vaginal en la pared abdominal anterior. A: (2x), B:(2x), C: (2x). c, celoma; e, vasos epigástricos caudales; ft, fascia transversalis; g, gónada; hi, hígado; i, asas de intestino; li, ligamento inguinal; oe, aponeurosis del músculo oblicuo externo; oi, músculo oblicuo interno; pu, pubis; pv, proceso vaginal; t, músculo transverso; tc, tendón conjunto.

El trayecto inguinal muestra la misma orientación y relaciones morfológicas que en los fetos de 9 semanas de gestación. Destaca, en su pared posterior, la *fascia transversalis* mucho mejor definida que en semanas previas (Fig. 28).

### *Gubernaculum testis*

En general, no presenta variaciones respecto a los fetos de 9 semanas de gestación; aunque, definitivamente, desaparece su forma falciforme de concavidad craneal, transformándose en una estructura prácticamente rectilínea, extendida desde la región subperitoneal de la eminencia mesonéfrica a la pared abdominal anterior (Fig. 27B).

1.- Porción mesonéfrica. En los fetos femeninos, el *gubernaculum testis*, se continúa como una condensación fibrosa muy abigarrada y subperitoneal a lo largo de la cara anterior de la eminencia mesonéfrica, hasta contactar con el conducto paramesonéfrico, constituyendo el ligamento redondo. En los fetos del sexo masculino, no se observa dicha condensación (Fig. 27 A-C) y, en ningún momento, existe en fetos de ambos sexos una estructura similar que llegue a la gónada propiamente dicha.

2.-Porción pélvica. Representa la cuerda de arco del suelo pélvico, que se extiende desde el mesonefros a la pared abdominal (Fig. 27).

3.-Porción inguinal. Tiene forma cilíndrica en la que sus células se organizan concéntricamente en capas de cebolla (Fig. 28). En sus caras superior y posterior, se acopla un contingente de células musculares, desprendidas del tendón conjunto, que constituyen el cremáster (Fig.28). En los especímenes masculinos y femeninos aparece condensada en su segmento parietal (Fig. 27 B-C).

Es importante destacar como el proceso vaginal asociado a la misma ha profundizado hasta alcanzar la mitad del canal inguinal (Fig. 27 A-C).

4.- Porción funiculoescrotal. Son las fibras que cruzan el orificio subcutáneo, llegando cranealmente hasta la eminencia escrotal.

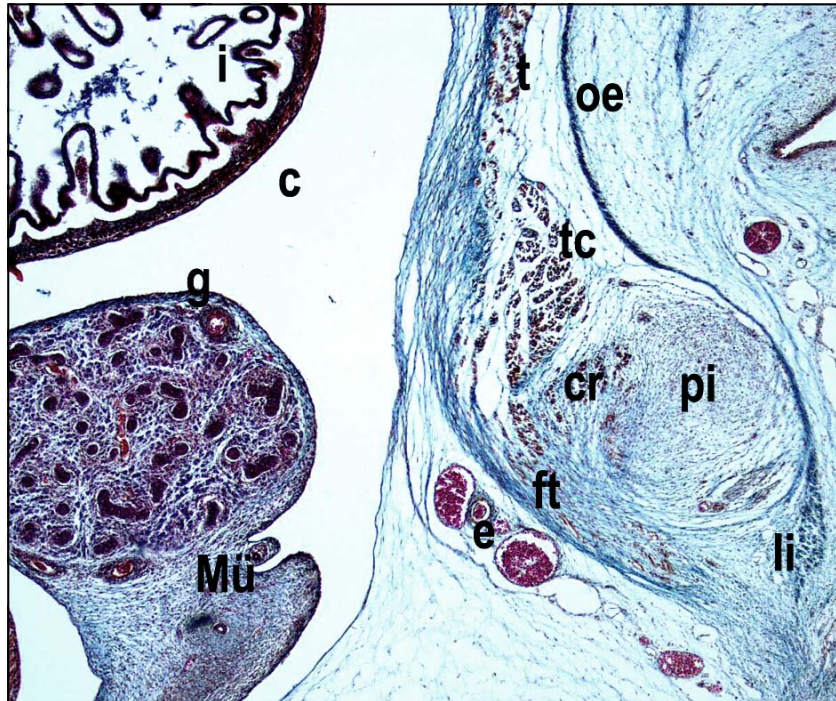


Figura 28, Trayecto inguinal en una sección sagital del feto masculino de diez semanas F25, (4x). c, celoma; cr, cremáster; e, vasos epigástricos caudales; ft, fascia transversalis; g, gónada; h, ligamento de Hesselbach; i, asas de intestino; li, ligamento inguinal; Mü, conducto de Müller; pi, porción inguinal; t, músculo transverso; tc, tendón conjunto.

## 11 Y 12 SEMANAS

La gónada de los tres fetos masculinos estudiados es tá diferenciada en testículo, su localización es pélvica y cercana al orificio preperitoneal; mientras s que la gónada del feto femenino está diferenciada en ovario y s e encuentra en la región lumbosacra; li mitada, caudalmente, por los conductos de Wolff y Müller. El conducto de Müller, destaca por su gran calibre y pared muscular, presumiendo un futuro impedimento para el descenso ovárico (Figs. 29 y 30).

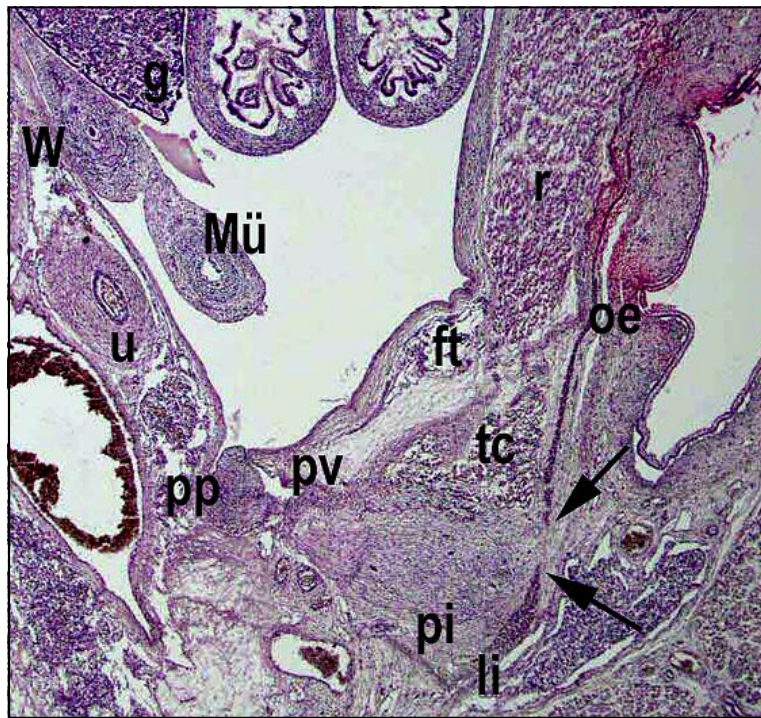


Figura 29, Sección sagital del feto femenino F-7 3 de once semanas, (2x). ft, fascia transversalis, g, gónada (ovario), li, ligamento inguinal, Mü, conducto de Müller, oe, aponeurosis del músculo oblicuo externo, pi, porción inguinal, pp, porción pélvica; pv, proceso vaginal, r, músculo recto del abdomen; tc, tendón conjunto; u, uréter; w, conducto de Wolff.

La pared abdominal no presenta detalles muy diferentes a los fetos menores, aunque el trayecto inguinal varía pues la *fascia transversalis* de la pared posterior se hace más densa; el ligamento inguinal más evidente y el tendón conjunto de mayor grosor (Figs. 29 y 30).

La vaina del músculo recto anterior está formada por fibras cedidas de los tres músculos anchos de la pared abdominal. Característicamente se ve al músculo piramidal en posición más ventral al recto anterior y de un tamaño más proporcionado al que tendrá en la vida adulta. La diástasis de los rectos es más estrecha y se observa formada por una línea alba densa.

El proceso vaginal, en el caso del varón, rodea al *gubernaculum testis* hasta su porción inguinal (Figs. 31 y 32); mientras que, en el caso del feto femenino, prácticamente no lo rodea salvo en el inicio del segmento parietal de la porción inguinal (Fig. 29).

El tubérculo genital, en los fetos masculinos, presenta los cuerpos cavernosos, esponjosos y el glande, con escrotos bien formados.

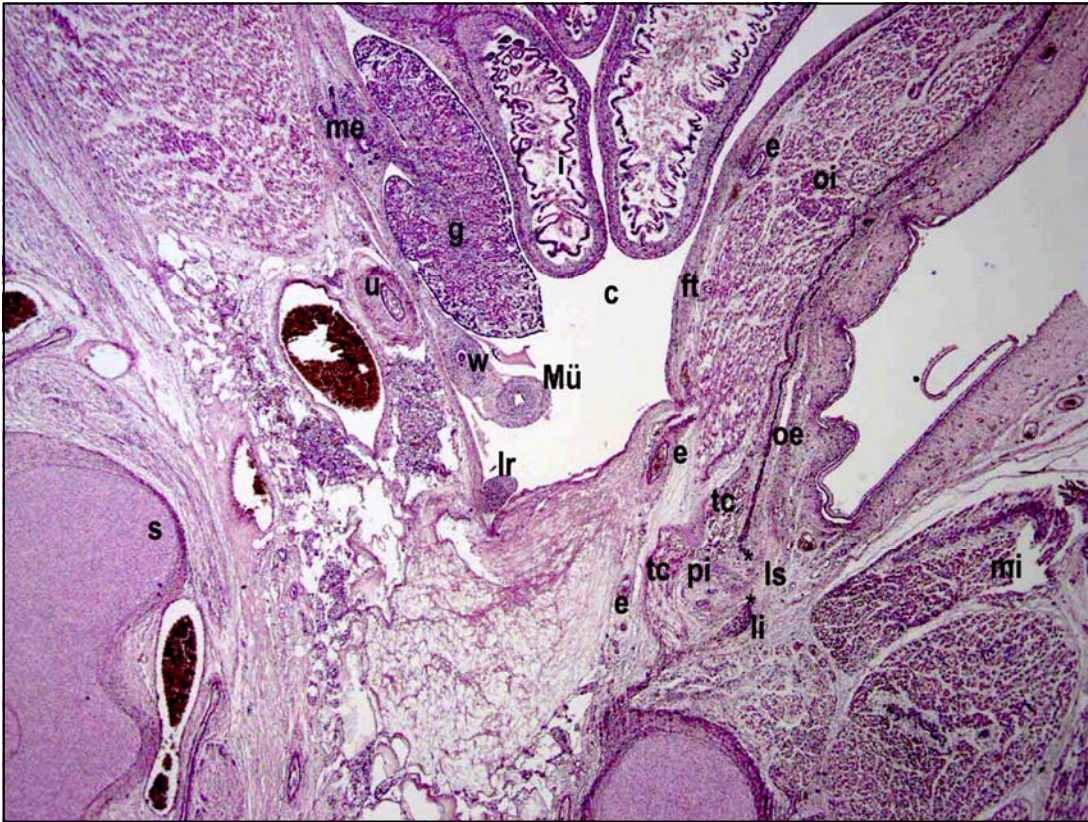


Figura 30, Sección sagital del feto femenino F-73 de once semanas, (2x), muestra al trayecto inguinal con el orificio subcutáneo localizado entre dos asteriscos. c, celoma; e, vasos epigástricos caudales; g, gónada (ovario); i, asas del intestino; li, ligamento inguinal; ls, porción funiculoescrotal; me, mesonefros; mi, miembro inferior; Mü, conducto de Müller; oe, aponeurosis del músculo oblicuo externo; oi, músculo oblicuo interno; pi, porción inguinal; s, sacro; tc, tendón conjunto; w, conducto de Wolff.

### *Gubernaculum testis*

En él se pueden describir sus cuatro porciones que en algunos detalles son diferentes según el sexo:

1. Porción mesonéfrica. Aparece como una condensación subperitoneal fibrosa extendida hasta el conducto paramesonéfrico de Müller, que corresponde al ligamento redondo; mientras que en los especímenes masculinos la porción mesonéfrica está representada por un tejido laxo.

2. Porción pélvica. Aparece como una condensación fibrosa y densa en el suelo pélvico, ligamento redondo en la mujer (Fig. 30), que se extiende desde el mesonefros a la pared abdominal, en un trayecto más o menos dorsoventral.

3.-Porción parietal. En el caso femenino está rodeada por un proceso vaginal muy pequeño (Fig. 29) mientras que en los ejemplares masculinos es más profundo (Figs. 31 y 32).

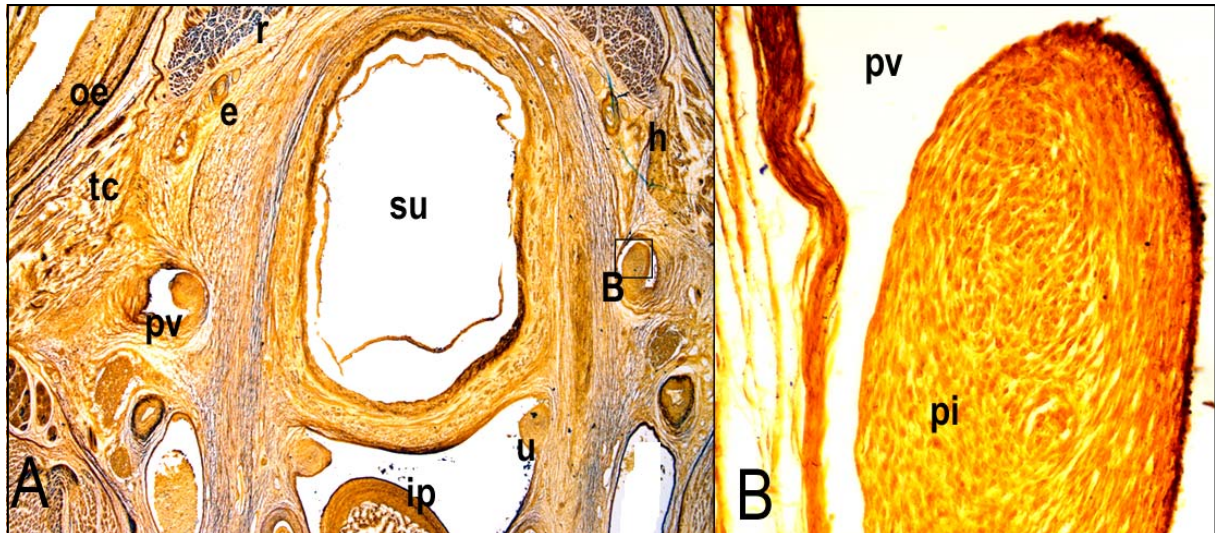


Figura 31, Sección transversal del feto masculino F-70 de once semanas. A:(2x) proceso vaginal peritoneal (pv) que termina en un fondo de saco ciego, B: (20x) la porción inguinal o intermuscular (pi) a mayor aumento donde se ven las fibras más periféricas orientadas longitudinalmente y las células más centrales seccionadas transversalmente. e, vasos epigástricos caudales; h, ligamento de Henle; ip, intestino posterior; oe, aponeurosis del músculo oblicuo externo; r, músculo recto anterior mayor del abdomen; su, seno urogenital; tc, tendón conjunto; u, uréter.

El segmento intermuscular, de morfología similar en ambos sexos, tiene la forma de un cilindro con sus células organizadas concéntricamente a modo de capas de cebolla (Figs. 31 y 32). En sus caras medial y lateral se acopla un contingente de células musculares desprendidas del tendón conjunto, que configuran el músculo cremáster (Fig. 29).

5.-Porción funciculoesrotal. Integrada por las fibras que cruzan el orificio subcutáneo, siendo similar su aspecto en el varón y la mujer (Fig. 30).

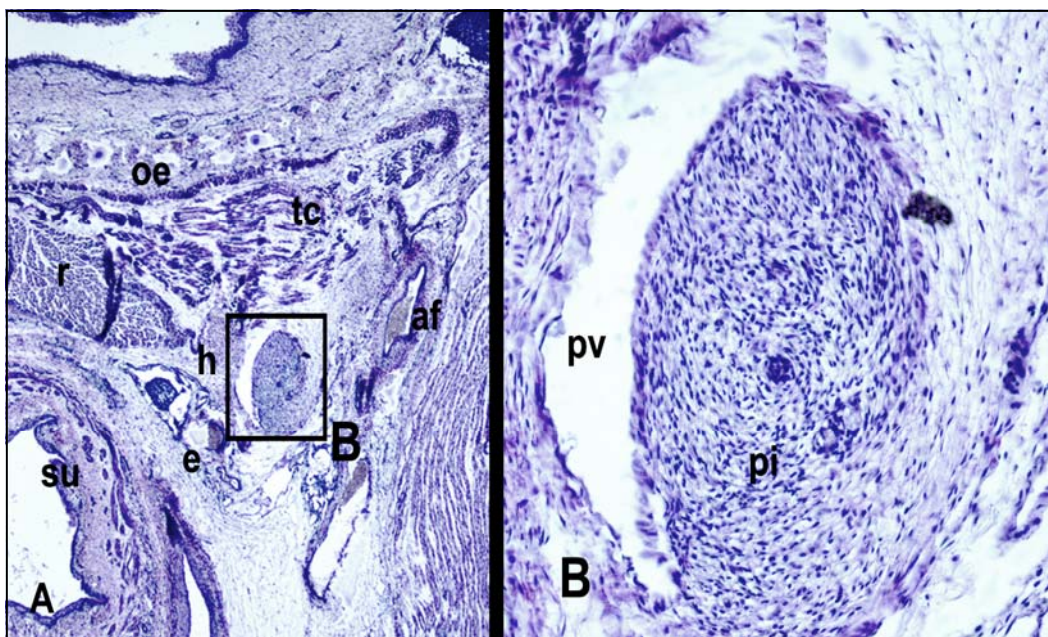


Figura 32, Sección transversal de la zona lumbar baja del feto masculino F-88 de doce semanas. A: (4x), B: (20x), detalle a mayor aumento de la porción inguinal o intermuscular (pi) organizada en capas concéntricas, se ven las células centrales cortadas transversalmente y longitudinalmente a las periféricas. af, arteria femoral; e, vasos epigástricos caudales; h, ligamento de Henle; n, nervio; oe, aponeurosis del músculo oblicuo externo; pv, proceso vaginal; r, músculo recto anterior mayor del abdomen; su, seno urogenital; tc, tendón conjunto.

## 14 y 15 SEMANAS

Lamentablemente, ambos especímenes de este grupo son femeninos, no siendo posible, por tanto, establecer aquellas diferencias existentes con respecto a los fetos del sexo masculino.

La gónada está diferenciada en ovario en ambos ejemplares. El útero y las trompas aparecen perfectamente formados (Fig. 33A).

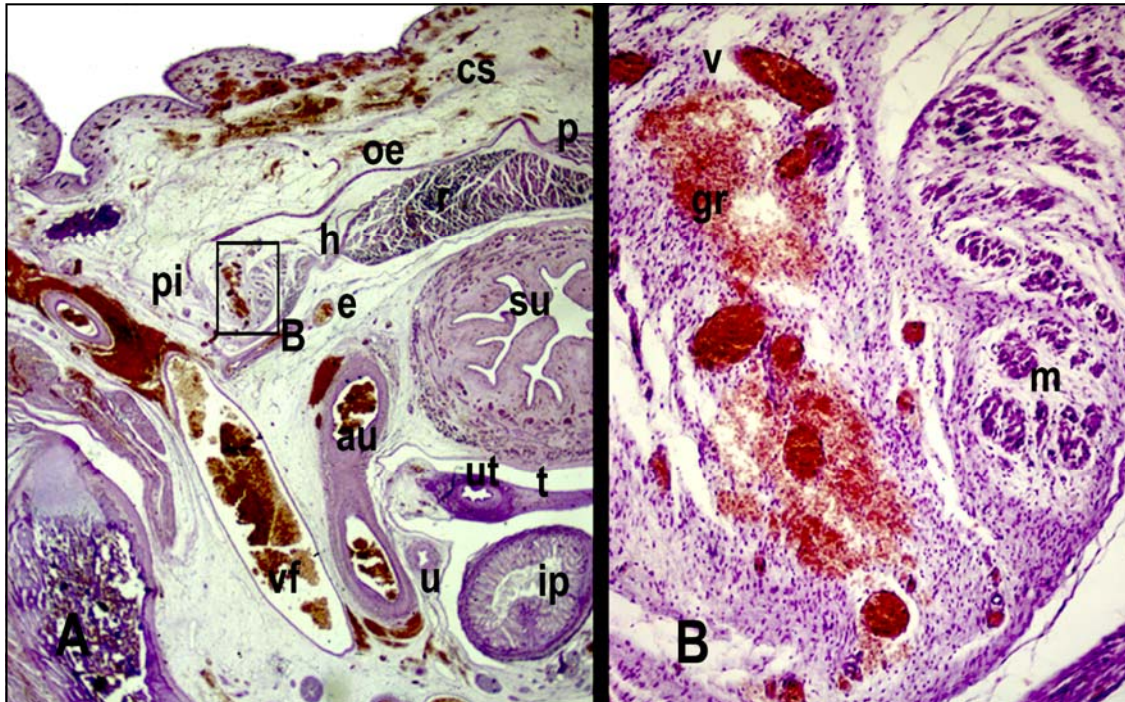


Figura 33, Sección transversal del feto femenino ES127 de quince semanas por la zona lumbar baja. A: (1x), B: (10x) ampliación de la porción intermuscular o inguinal, detalle de su organización. au, arteria umbilical; cs, fascias superficiales de Camper y Scarpa; e, vasos epigástricos caudales; g, gónada; gr, eritrocitos; h, ligamento de Henle; i, intestino; m, células musculares; oe, aponeurosis del músculo oblicuo externo; p, músculo piramidal; pi, porción intermuscular; r, músculo recto anterior mayor del abdomen; su, seno urogenital; t, trompa; tc, tendón conjunto; ut, útero; u, uréter; v, vasos venosos; vf, vena femoral.

En la pared abdominal se presenta el músculo piramidal en posición más ventral al recto anterior y de tamaño más proporcionado al que tendrá en la vida adulta (Figs. 33A y 34A). Las paredes y orificios del trayecto inguinal no muestran variación con respecto a las semanas previas. No observamos proceso vaginal en estos dos fetos femeninos.

En el clítoris se ven los esbozos de los cuerpos cavernosos y esponjosos.

*Gubernaculum testis*

Es el más diferente de todos los fetos considerados en esta serie. El mayor cambio se atribuye a la porción inguinal.

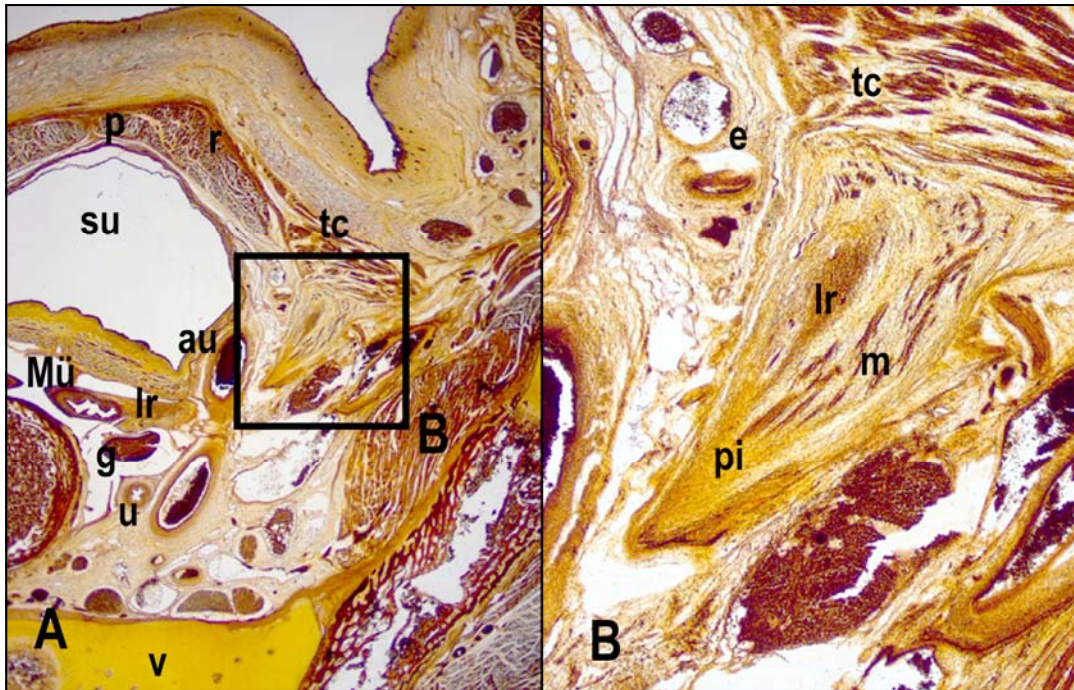


Figura 34, Sección transversal del feto femenino FP-110 de catorce semanas a nivel lumbar bajo. A: (1x), B: (4x) detalle de la porción inguinal (pi) a mayor aumento. au, arteria umbilical; e, vasos epigástricos caudales; g, gónada; lr, ligamento redondo; m, células musculares; Mü, conducto de Müller; p, músculo piramidal; r, músculo recto anterior mayor del abdomen; su, seno urogenital; tc, tendón conjunto; u, uréter; v, vértebra.

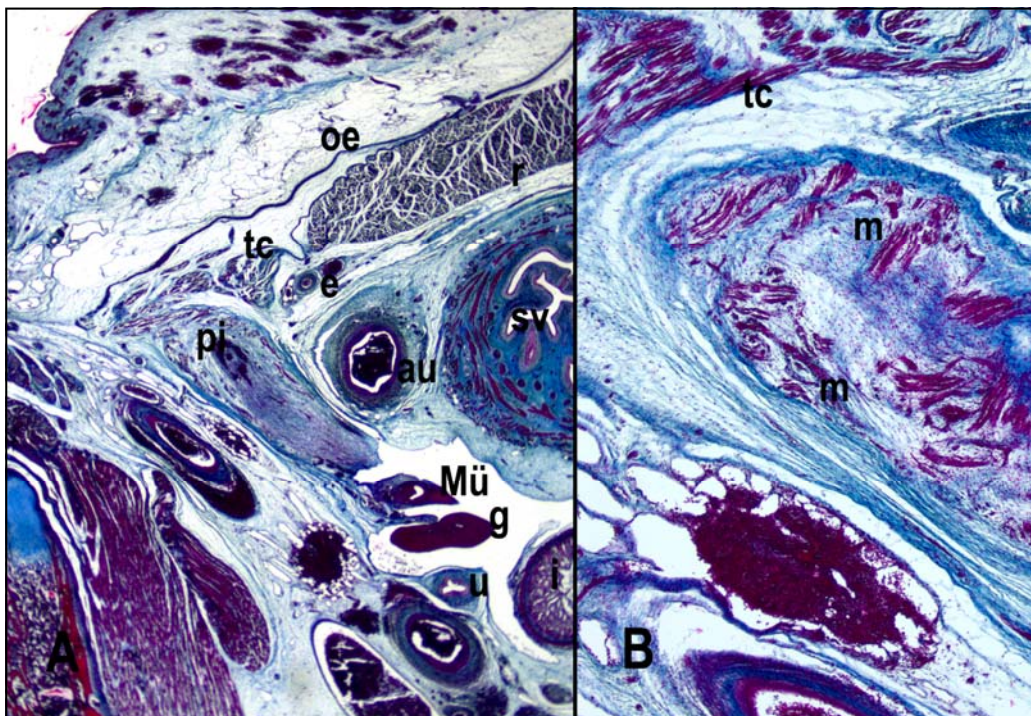


Figura 35, Sección transversal del feto femenino ES127 de quince semanas por su zona lumbar. A: (1x) detalle de la porción inguinal (pi), B: (4x) detalle a mayor aumento de la porción o inguinal del gubernaculum testis con haces de células musculares (m) rodeadas de tejido conjuntivo. au, arteria umbilical; e, vasos epigástricos caudales; g, gónada; i, intestino; Mü, conducto de Müller; oe, aponeurosis del músculo oblicuo o externo; r, músculo recto anterior mayor del abdomen; sv, seno urogenital; tc, tendón conjunto; u, uréter.

1.- Porción mesonéfrica. Es de naturaleza fibrosa y conectada con el fondo uterino y ligamento redondo (Fig. 34A).

2.- Porción pélvica. Aparece como un cordón fibroso, el ligamento redondo, que se extiende hasta la pared abdominal desde el fondo uterino. En su constitución aparece un núcleo fibroso rodeado por contingentes de fibras musculares, orientadas longitudinalmente, entrecruzándose a modo de una rejilla (Figs. 34 y 35).

3.- Porción inguinal. Se presenta en la semana 14 de gestación, como un cordón fibroso organizado con vasos sanguíneos centrales (Fig. 33B) y rodeado por haces musculares que representan al músculo cremáster (Figs. 34B, 35B y 37).

4.- Porción funículo-labios mayores. Con mayor tamaño que en fetos más jóvenes; de aspecto bulboso, integrado por un tejido conectivo mucho más denso que en estadios anteriores, dispuesto en capas concéntricas, con vasos sanguíneos pero sin células musculares.

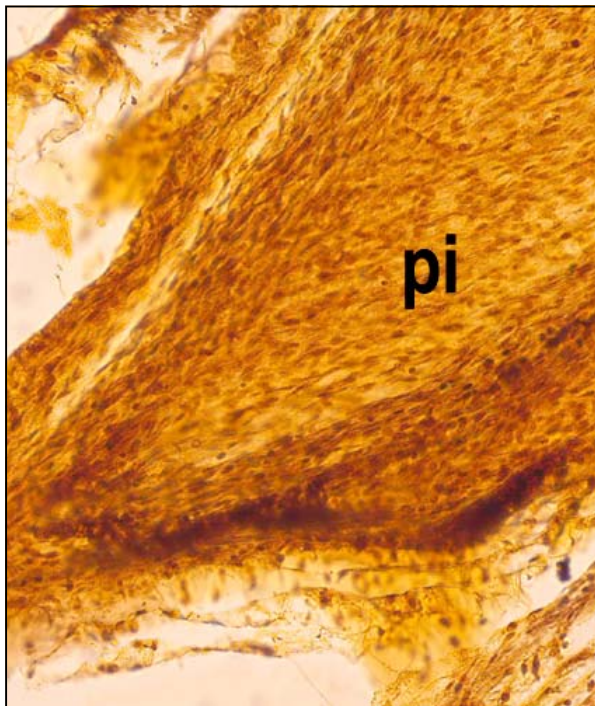


Figura 36, Sección transversal del feto femenino FP-110 de catorce semanas a nivel lumbar bajo, (20x), detalle para ver elastina en el tejido conjuntivo y la porción inguinal o intermuscular (pi) del gubernaculum testis.

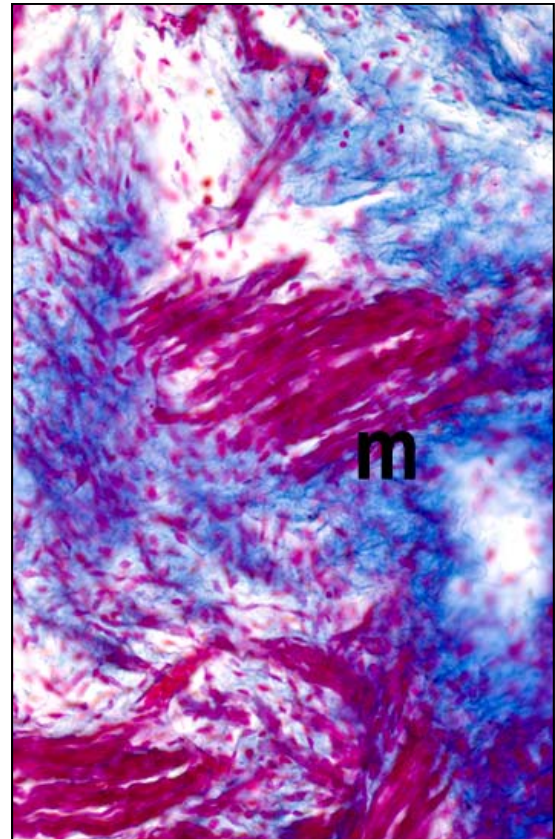


Figura 37, Sección transversal del feto femenino ES127 de quince semanas, (20x), detalle del tejido muscular de la porción inguinal. m, células musculares.

## RESUMEN DE RESULTADOS

Antes de comenzar la discusión, consideramos oportuno realizar un breve resumen de los resultados expuestos, con el fin de destacar los hitos más importantes que se han sucedido en la morfogénesis del *gubernaculum testis*, canal inguinal y descenso testicular.

### Canal inguinal

Si atendemos a su configuración y orientación a lo largo del desarrollo se pueden diferenciar dos periodos: embrionario y fetal.

En el periodo embrionario se produce la aparición de las paredes ventral y craneal (estadios 17 y 18) y de los dos orificios: externo -en el estadio 20- e interno -en el estadio 21- que se presentan enfrentados dorsoventralmente de forma directa hasta finalizar el periodo embrionario.

En el periodo fetal (novena semana) aparece la pared inferior (ligamento inguinal) y la pared posterior del canal inguinal con su refuerzo asociado al orificio preperitoneal (ligamento de Hesselbach) debido al cambio de posición de los dos orificios. El orificio interno se ha trasladado, aparentemente, con respecto al externo a una posición más lateral, de manera que ambos orificios pasan de estar enfrentados dorsoventralmente a situarse en un eje oblicuo, lateromedial, en una orientación similar a la adulta.

### Gónada y conductos genitales

La diferenciación morfológica de la gónada en testículo u ovario se puede observar al final del periodo embrionario (estadios 22-23). La gónada indiferente está situada en la región lumbar mientras que a partir de su diferenciación morfológica (estadios 22-23) aparece enfrentada al orificio interno del canal inguinal en los casos del sexo masculino y en la región posterior de la pelvis en los casos femeninos. Y así lo observamos hasta el material fetal de la semana 15. Es importante destacar que en la semana 9 se produce la fusión de los conductos paramesonéfricos en la línea media y se inicia su diferenciación en útero y trompas. No observamos anclaje alguno del diafragma con la gónada.

### Gubernaculum testis

El lugar de su origen aparece, presuntamente, indicado por un epitelio cúbico del celoma intraembrionario que reviste el mesonefros y la pared lateral del abdomen (estadios 15 y 16).

Su origen, se reconoce como una condensación mesenquimal, en forma de semiluna de concavidad craneal, localizada subperitonealmente y en la que se diferencian las porciones: mesonéfrica, pélvica y segmento parietal de la porción inguinal -en los estadios 17 y 18-, su segmento intermuscular -en el estadio 19- y la porción funicular -en el estadio 21-. En el inicio del periodo fetal (9ª semana), y coincidiendo con la aparición de la pelvis menor, se tensa a modo de un arco de cuerda, que levanta el peritoneo formando un pliegue, que limita en su cavidad dos recesos: medial y lateral.

Al final del periodo embrionario su estructura es fibrilar laxa en sus porciones: mesonéfrica, pélvica y funicular-escrotal, sin embargo, para su porción inguinal, es fibrilar densa, en forma de capas de ce-

bolla. No es hasta los fetos de 14 semanas que se diferencian fibras musculares en su constitución, y sólo en su porción inguinal. En los fetos del sexo femenino, y sólo en ellos, las porciones mesonefrica y pélvica se condensan para formar el ligamento redondo. Este fenómeno no se observa en los fetos del sexo masculino.

#### Músculo cremáster

El esbozo del músculo cremáster aparece en el estadio 20, como un grupo de células musculares desprendidas, desde el tendón conjunto, rodeando la porción inguinal del *gubernaculum testis* y, aparentemente, conectadas a él.

#### Proceso vaginal

El proceso vaginal surge en el estadio 21, como una evaginación peritoneal que rodea inicialmente al segmento parietal de la porción inguinal. Es de destacar, que su conducta es dependiente del sexo. En los casos de fetos del sexo masculino aparece rodeando al *gubernaculum testis* hasta la mitad del canal inguinal (fetos de 12 semanas) mientras que en los fetos del sexo femenino queda superficial, e incluso desaparece, en los fetos de 14 y 15 semanas. Lamentablemente, no disponemos de fetos masculinos en esas semanas para describir su desarrollo.

#### 4. DISCUSIÓN

Antes de comenzar la discusión propiamente dicha, consideramos importante hacer una serie de comentarios en relación con el material y los métodos de estudio empleados.

##### 1. Aspectos metodológicos.

Aunque estemos en el siglo XXI, y los estudios sobre la morfogénesis del descenso de la gónada se inician en el siglo XVIII con la observación de cortes histológicos de diferentes especímenes, en la actualidad, a pesar de los grandes adelantos tecnológicos, si se quiere estudiar el desarrollo en material humano el único método posible sigue siendo la observación de cortes histológicos teñidos con las técnicas habituales; lo cual no es óbice, para que hayan existido, y existan, estudios descriptivos o experimentales basados en el uso de otras realidades biológicas: marsupiales (Hart, 1909<sup>a</sup>), cerdos (Wislocki, 1933; Backhouse y Butler, 1960), ratas (Hravovsky, 2002; Hutson, 2004) o ratones (Bartlet, 2001).

Para realizar un buen estudio descriptivo del desarrollo existen una serie de factores limitantes que harán del mismo, al margen del observador, un mejor o peor estudio desde el punto de vista metodológico. En el caso que nos ocupa, sería fundamental reunir una colección de especímenes que abarquen todos los periodos, embrionarios y fetales, con un número suficiente de muestras por estadio (embriones) o semanas (fetos) que nos permitan obtener unos resultados fiables. A lo largo de la Historia, sin embargo, no hemos encontrado una colección con estas características aplicada al estudio del descenso de la gónada.

De las colecciones con mayor número de especímenes, algunas de ellas presentan diversas limitaciones. Por ejemplo, la serie de Backhouse y Butler (1960) que estudia 100 fetos, estos son especímenes porcinos; la serie de Wyndham (1943), de 50 especímenes, se inicia en el estadio 20, lo que le priva de observar interesantes detalles anatómicos iniciales; la serie de Heyns (1987) con 178 fetos, sólo considera fetos a partir de 105 mm (13 semanas de gestación) y la serie de Lehme (1960), que incluye 31 ejemplares entre 5 y 40 semanas, pero casi todos ellos son estudiados, al igual que la serie anterior de Heyns (1987) mediante la técnica de disección.

Nuestra aportación en este caso supone la aplicación, por primera vez, de una colección de material humano embrionario (19 especímenes) y fetal (19 especímenes) que reúne el suficiente número de especímenes por estadio o semana que garantiza la cobertura de todos los momentos críticos del desarrollo, y que, además, está cortado de forma seriada y en diversos planos del espacio. El inconveniente que tiene nuestra colección, es que no dispone de especímenes fetales masculinos más allá de la semana 12, pues los especímenes de las semanas 14 y 15 son sólo dos y del sexo femenino.

Nosotros, aún cuando podríamos haber completado el estudio de las semanas fetales con la inclusión de nuevo material fetal, del que disponemos hasta el periodo neonatal, aunque sin procesar, no lo hemos hecho por lo costoso que resulta la preparación de secciones seriadas de los mismos.

Podríamos haber usado, para superar esta dificultad, la disección como método alternativo para su estudio, método que no tiene el factor limitante del costo y del tiempo, como hicieron otros autores (Cleeland, 1856; Eccles, 1903; Hart, 1909<sup>a</sup>; Keith, 1924; Wyndham, 1943; Backhouse y Butler, 1960; Leehme, 1960; Costa y cols, 2002; He yns, 1987); sin embargo, no lo hemos hecho por considerar que el objetivo de esta Tesis Doctoral, era el estudio del desarrollo inicial del canal inguinal y no el descenso del testículo, que se produce al final del periodo fetal; mucho tiempo después de que se complete la morfogénesis del canal inguinal (Tabla 1).

Por tanto, lo costoso del esfuerzo, no merecía la pena, pues nos alejaba de nuestro objetivo inicial y así nos hemos centrado en el estudio del desarrollo inicial con la esperanza de que en una fase posterior podamos profundizar en el estudio de aquellos aspectos que queden por dilucidar.

Otro aspecto importante a resaltar es aquel que hace mención no sólo a la dispersión en la terminología empleada para describir a las estructuras implicadas en la configuración del canal inguinal y descenso testicular (Tabla 3), sino también en la confusión a la hora de clasificar a los especímenes estudiados, pues son varios los trabajos en que se confunden estadios embrionarios con semanas fetales (Barteczko, 2000; Niikura y cols, 2008; Van der Schoot, 1996; Le meh, 1960). Nosotros hemos unificado los criterios de datación temporal (milímetros, días, semanas o meses) atendiendo a las clasificaciones internacionalmente aceptadas y propuestas por O'Rahill y Müller (1983) para el material embrionario y por Patten (1973) para el material fetal.

Por otro lado sólo hemos encontrado dos autores en la bibliografía estudiada que clasifican su material humano por sexos (Barteczko, 2000; Niikura y cols, 2008;); si bien uno de ellos (Barteczko, 2000), no lo hace con todos sus ejemplares fetales.

## 2. Canal inguinal

Como ya se mencionó en la introducción no hemos encontrado en la bibliografía consultada ningún trabajo que estudie de forma específica la morfogénesis del canal inguinal (paredes y orificios).

Mientras que de los pocos autores que estudian el desarrollo de la musculatura del tronco consideran que esta crece desde el mesodermo paraxial hacia la línea media diferenciándose para el estadio 16 (9 a 14 mm; 37 días) en dos columnas: anterior, para el recto del abdomen y lateral, para los músculos anchos del abdomen que en los embriones del mismo estadio se diferencia en los tres músculos (Mall, 1898; Bardeen y Lewis, 1901).

Nuestros resultados, coinciden con la descripción de dichos autores al considerar que el desarrollo de los músculos anchos se inicia por dos láminas, profunda y superficial, que posteriormente la superficial dará lugar al oblicuo externo, mientras que la profunda dará lugar a los músculos oblicuo interno y transversal, sin embargo; discrepan en el periodo de tiempo en el que tienen lugar dichos acontecimientos. Nosotros observamos la diferenciación de la musculatura abdominal en estadios más tardíos, pues

en nuestros especímenes en los estadios 17-18 es cuando comienza la diferenciación de los distintos músculos anchos de la pared abdominal, en un gradiente craneocaudal, donde aún no se diferencian las tres capas musculares. Esta diferenciación, ocurre más tardíamente, en el estadio 20.

Un aspecto importante a considerar es el cierre de la pared anterior con desaparición de la hernia fisiológica pues, estos acontecimientos, con la vuelta de las asas intestinales; han sido invocados por diferentes autores como un importante factor coadyuvante en el descenso testicular al incrementar la presión abdominal (Keith, 1924; Schrock, 1971; Eccles, 1903; Hart, 1909<sup>a</sup>). A respecto que trataremos al final de la discusión cuando hablemos del descenso del testículo.

Voviendo a los aspectos descriptivos en relación al cierre de la hernia umbilical y, por tanto a la formación de la región infraumbilical, nuestros resultados muestran al igual que el de otros autores que los músculos se fusionan en la línea media en los fetos de 12 semanas (Bardeen y Lewis, 1901). Sin embargo, a diferencia de lo propuesto por otros autores nosotros observamos que la región infraumbilical aparece en un gradiente caudocraneal y no lateromedial como ha sido propuesto (Bardeen y Lewis, 1901). Este crecimiento caudocraneal da origen a una línea alba suprapubiana muy ancha que inicia su formación en los estadio 19 y completa su ascenso umbilical en los fetos de 12 semanas.

En paralelo, los músculos rectos y anchos se desplazan, aparentemente, de lateral a medial (Bardeen y Lewis, 1901), coincidiendo con el tiempo en que la línea alba se adelgaza, pasando los músculos de estar orientados lateralmente, estadio 20, a ir paulatinamente y situándose anteromedialmente hasta alcanzar una posición similar a la adulta, con una línea alba estrecha, en la semana 12.

Cómo se ha originado el canal inguinal asociado a los cambios anteriormente mencionados es algo que no hemos encontrado recogido en estudios previos. Lo que sí se ha considerado es que la posición del futuro canal inguinal se desarrolla en el lugar ocupado por un *gubernaculum testis* recubierto por la túnica vaginal (Hart, 1909<sup>a</sup>; Barteczko, 2000; Niikura y cols, 2008). Aunque coincidimos en que el desarrollo del canal inguinal está asociado al desarrollo del *gubernaculum testis*, nuestros resultados, al igual que el de otros autores, no lo vinculan al de un *gubernaculum testis* envuelto por un proceso vaginal, sino al de un *gubernaculum testis* desnudo de cualquier tipo de envoltura (Felix, 1912; Wyndham, 1943; Backhouse, 1982). Por tanto, podríamos decir que desde su inicio, y antes de que se diferencie el canal inguinal su espacio está ocupado por un tapón, *gubernaculum testis*, alrededor del cual se moldean paralelamente las diferentes paredes del mismo.

La diferenciación del canal inguinal se produce en la frontera entre el final del periodo embrionario (estadio 23) y el inicio del periodo fetal (fetos de 9 semanas), lo cual está lejos de la semana 20 (Barteczko, 2000) y, sin embargo, coincide con la semana 8 (Niikura y cols, 2008).

Atendiendo a nuestros resultados podríamos decir que el orificio externo aparece en el estadio 20 y el orificio interno, en el estadio 21, estando ambos enfrentados hasta el final del periodo embriona-

rio. De esta forma el conducto aparece orientado dorsoventralmente con cuatro paredes superior, inferior, medial y lateral. A lo largo del final del periodo embrionario y, culminando en la primera semana del fetal (9 semana) es cuando se produce en los diferentes embriones y fetos estudiados una aparente translación del orificio interno, que pasa a situarse lateralmente, de forma que el canal inguinal adquiere una nueva orientación que será la definitiva (Fig. 38). Esta orientación, oblicua de lateral a medial, vendrá delimitada por cuatro paredes: superior e inferior, anterior y posterior. Mientras que las paredes musculares: anterior y superior aparecen en los fetos del estadio 17 las paredes inferior (ligamento inguinal) y posterior (*fascia transversalis*) aparecen en los fetos de 9 semanas (Fig. 38).

¿Cuál o cuáles son los mecanismos a los que se puede atribuir este cambio de orientación del canal inguinal?. En ese corto periodo de tiempo en la morfogénesis del canal inguinal es de destacar que se produce los siguientes acontecimientos morfológicos: una disminución radical en la anchura de la línea alba, una aparente translación del músculo recto a su posición paramedial y una mejor definición con aumento de tamaño de los músculos anchos.

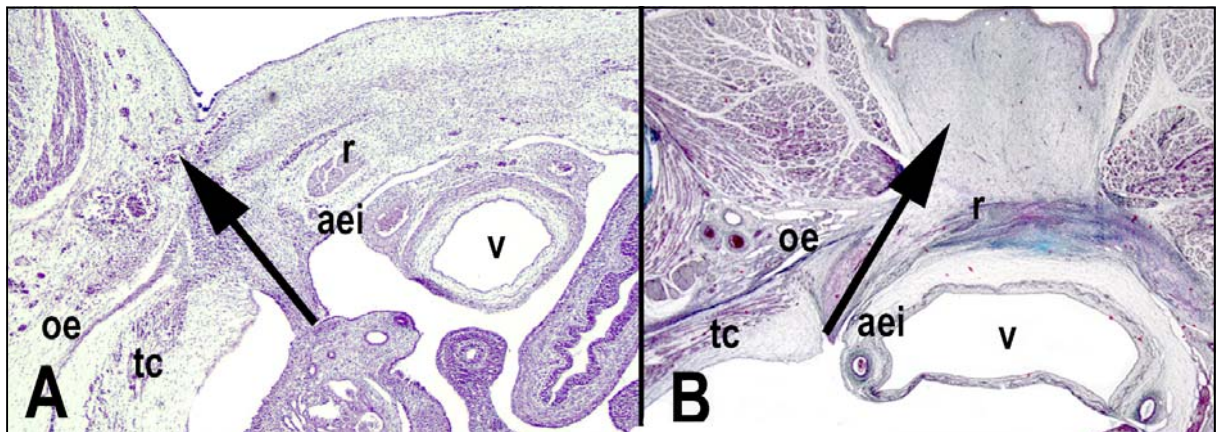


Figura 38. Montaje para mostrar el cambio de orientación de los orificios del canal inguinal en la transición entre los periodos embrionario y fetal. A. Sección transversal a nivel pélvico del embrión BI-22 del estadio 21(4x). B. (10x) sección transversal a nivel pélvico de l feto VD-34 de 9 semanas. aei, arteria epigástrica inferior; oe, aponeurosis del músculo oblicuo externo; r, músculo recto del abdomen; tc, tendón conjunto; v, vejiga urinaria..

Aún cuando nosotros no hemos aplicado al estudio valores paramétricos consideramos que el cambio en posición de los orificios y, por tanto, de la orientación del canal inguinal, se podría explicar simplemente por un fenómeno de crecimiento desigual de los elementos musculoesqueléticos de la región, de esta forma se produciría una aparente elongación lateromedial de las estructuras creando las paredes anterior y posterior. Este tipo de crecimiento justificaría muchos de los supuestos desplazamientos de muchos órganos *"parmi les organes primitivement situés les uns à coté des autres dans une seule et même région du corps, les uns s'accroissent ultérieurement qu'ils semblent s'éloigner d'eux"* (Hertwig, 1900).

El cambio de orientación del canal inguinal, en la transición del periodo embrionario al fetal, es el responsable de que los humanos podamos padecer dos tipos de hernias: indirecta y directa. La hernia indirecta sería la hernia que sigue el camino embrionario del *gubernaculum testis*, pues es la que sigue el trayecto del conducto inguinal desde su orificio interno hasta el externo y la directa, por el contrario, sería una posibilidad adquirida al inicio del periodo fetal por el cambio de posición del conducto que pasa de tener una pared medial muscular (tendón conjunto, músculo recto), a tener una pared posterior no muscular, *fascia transversalis*, por tanto, más débil que la pared fibrosas, anterior e inferior o muscular, superior.

### 3. *Gubernaculum testis*.

#### 3.1. Aparición y morfogénesis.

Las teorías existentes sobre la formación del *gubernaculum testis* a lo largo de su larga historia han sido fundamentalmente tres. La de aquellos autores que consideran que desde su aparición es un todo continuo extendido entre el polo inferior del testículo y el escroto (Eccles, 1903; Wyndham, 1943; Lehme, 1960; Backhouse, 1982; Hadziselmovic, 1983), la de aquellos otros para los que resulta de la fusión de dos estructuras independientes y enfrentadas en la cavidad celomática, plica y crista inguinal (Hart, 1909<sup>a</sup>; Felix, 1912; Keith, 1924; Van der Schoot, 1996; Barteczko, 2000; Niikura y cols, 2008) y la última, basada en el estudio de embriones de rata que propone que se forma por un crecimiento próximo distal al igual que sucede con las extremidades (Hrabovszky, 2002).

Nuestros resultados muestran que, efectivamente, en los estadios 17 y 18 aparecen dos relieves mesenquimales enfrentados en la cavidad celomática, *plica inguinal*, asociado al mesonefros, y *crista inguinal*, asociada a la pared abdominal anterior del abdomen, que representan el *gubernaculum testis*. Sin embargo, el que ellos se fusionen en la línea media por sus bordes libres es algo que nosotros no observamos a lo largo del desarrollo (Hart, 1909<sup>a</sup>; Felix, 1912; Keith, 1924; Van der Schoot, 1996; Barteczko, 2000; Niikura y cols, 2008). Nosotros observamos que plica y crista inguinal se conectan a nivel pélvico (estadios 19 y 20). Al tiempo, la *crista inguinal* profundiza en la pared abdominal (estadios 19 y 20) y finaliza haciéndose extraparietal hasta alcanzar el escroto (estadios 21 a 23) tal y como se ha descrito para la rata, por un crecimiento del cono mesenquimal que representa la crista inguinal (Hrabovszky, 2002). Por tanto, para nosotros el *gubernaculum testis* no existe como una realidad inicial conectando la gónada con el escroto (Eccles, 1903; Wyndham, 1943; Lehme, 1960; Backhouse, 1982; Hadziselmovic, 1983), sino que aparece formado por sucesivas incorporaciones que se inician en las regiones mesonefrica y parietal, se continúan en la pélvica y acaban en la inguinal y funiculoescrotal, lo cual podría ser compatible con un gradiente de crecimiento proximodistal.

Por tanto, centrar la aparición del *gubernaculum testis* en un periodo concreto de tiempo, como han hecho la mayoría de autores: estadios 13-14 (Bartczeko, 2000); estadio 17 (van der Schoot, 1996); estadio 23 (Felix, 1912), estadio 23 (Hart, 1909<sup>a</sup>, o la décima semana (Hadzisse Imoviic, 1983) es un error, pues su configuración se establece de forma paulatina entre los estadios 17 y 23.

### 3.2. Partes y relaciones

Expuesto lo anterior ahora es el momento de abordar el tema de ¿en qué partes se puede subdividir el *gubernaculum testis*?. De entre todos los autores considerados en la presente Tesis Doctoral son diversas las porciones consideradas en base al empleo de diferentes criterios topográficos. La de aquellos autores que las vinculan con su relación con el proceso vaginal: porción abdominal, intravaginal y extravaginal (Hart, 1909<sup>a</sup>; Wensing, 1988) o la de aquellos autores que las vinculan con las regiones anatómicas con las que se relacionan: mesórquica, mesonéfrica, inguinal, intermuscular y escrotal (Felix, 1909).

De las dos clasificaciones propuestas la clasificación de los segmentos del *gubernaculum testis* en función de sus relación con el proceso vaginal no se podría aplicar hasta el estadio 21, que es cuando aparece el proceso vaginal. Por otro lado, la clasificación de *gubernaculum testis* en cinco segmentos (Felix, 1909), no se podría aplicar en su totalidad pues nosotros, a lo largo del desarrollo, (fetos de 14 y 15 semanas) no observamos condensación alguna asociada al mesorquio, y cuando ésta aparece lo hace sólo en los fetos del sexo femenino, en la porción mesonéfrica, y asociada a los conductos paramesonéfricos para formar la inserción proximal del ligamento redondo en el útero (fetos de 13 semanas). Por tanto, nosotros consideramos que en el *gubernaculum testis* sólo se pueden diferenciar cuatro segmentos: mesonéfrico, pélvico, inguinal y funículoescrotal que, a partir del estadio 21, se podrían correlacionar con el proceso vaginal en segmentos : abdominal (mesonéfrico y pélvico), intravaginal (inguinal) y extravaginal (escrotal). Sin embargo, esta última clasificación tiene el inconveniente de que es cambiante debido al desarrollo y profundización del proceso vaginal que hace que, lo que inicialmente es intravaginal, se agrande en detrimento de lo extravaginal, que es asimilado.

Por otro lado existen descripciones que consideran al *gubernaculum testis* dividido en tan sólo dos porciones: una *plica inguinal*, asociada al mesonefros y una *crista inguinal*, asociada a la pared abdominal (Cleeland, 1856). Para nosotros si bien estos términos describen a la perfección la morfología inicial del *gubernaculum testis* asociado al mesonefros y pared abdominal, no se sostiene su uso por mucho tiempo pues son estructuras que se observan temporalmente hasta que aparece la pelvis y el *gubernaculum testis* forma un repliegue en la misma extendido entre el mesonefros y la pared abdominal. En cualquier caso la porción denominada *plica inguinal*, mientras existe, se corresponde con las denominadas porción mesonéfrica (Felix, 1912) o abdominal (Hart, 1909<sup>a</sup>; Wensing, 1988) y la porción denominada *crista inguinal*, se corresponde con las porciones denominadas inguinal (Felix, 1912) o

intra-extravaginal, en función del momento del desarrollo del proceso vaginal (Hart, 1909<sup>a</sup>; Wensing, 1988).

A modo de resumen, y en base a lo expuesto por otros autores en contraposición con nuestros resultados, podríamos decir que el *gubernaculum testis* presenta cuatro porciones claramente diferenciadas: mesonéfrica, pélvica, inguinal y funiculoescrotal, las cuales aparecen siguiendo un gradiente proximodistal, como condensaciones mesenquimales a lo largo del desarrollo embrionario: porciones mesonéfrica, pélvica y parietal (estadios 17 y 18), porción inguinal (estadio 19) y porción funiculoescrotal (estadio 21).

### 3.3. Anclajes

Su anclaje o inserción proximal se ha descrito de dos formas diferentes; una sin llegar a la gónada (Wyndham, 1943; Barteczko, 2000) y otra; conectándose plenamente con el polo inferior de la gónada (Eccles, 1903; Hart, 1909;<sup>a</sup> Felix, 1912; Backhouse y Butler 1960; Lehme, 1960; Heyns, 1987; Wensing, 1988). En ningún espécimen de nuestra serie, encontramos una inserción de la parte proximal del *gubernaculum testis* en el polo inferior gonadal, lo que coincide con lo descrito por otros autores que consideran que la porción mesonéfrica se pierde en el mesénquima laxo de la región subcelómica del repliegue mesonéfrico, sin llegar a la gónada (Wyndham 1943 y Barteczko, 2000).

Su anclaje o inserción distal ha sido descrita de forma muy variable en lo que hace referencia al número de fascículos y su lugar de inserción. Se le ha descrito anclado en el arco crural y espina del pubis (Tillaux, 1880); en el íleon, ciego, apéndice, pene, triángulo de Scarpa, periné y muslo (Eccles, 1903); en el pubis, muslo, ligamento inguinal y periné (Lehme, 1960) o en el muslo y pared abdominal (Wyndham, 1943). Sin embargo, nuestros resultados no pueden ser más dispares a los anteriormente citados, puesto que, en ningún ejemplar de nuestra serie, encontramos a nivel microscópico unas fibras, haces o conexiones que lleven, la parte más distal del *gubernaculum testis*, a una zona que no sea el escroto o vulva. Por lo tanto, coincidimos con aquellos autores que consideran que su inserción distal es singular y en el escroto (Hart, 1909<sup>a</sup>; Keith, 1924; Backhouse y Butler, 1960; Heyns, 1987; Barteczko, 2000; Hrabovszky y cols, 2002).

### 3.4. Constitución

Todos los autores coinciden en que inicialmente el *gubernaculum testis* es un tejido mesenquimal que se diferencia en el periodo fetal en tejido conectivo fibroso y músculo liso (Keith, 1924; Wyndham, 1943; Lehme, 1960; Costa y cols, 2002; Eccles, 1903), tejido conectivo fibroso y músculo estriado (Hart, 1909<sup>a</sup>; Hrabovszky y cols, 2002; Niikura y cols, 2008) o por tejido fibroso y ambos tipos de musculatura (Barteczko, 2000).

Nuestros resultados, sin embargo, muestran que el *gubernaculum testis* está sólo formado, al menos hasta el estadio 15 que alcanza nuestra serie, por tejido conectivo denso que se organiza a mo-

do de capas de cebolla concéntricas de fibroblastos, colágeno y fibras elásticas en su porción inguinal. La presencia de una matriz extracelular hidrofílica rica en colágeno y elastina, ha sido considerada como la fase final de maduración tisular del *gubernaculum testis* (Heyns, 1987; Wensing, 1988; Costa y cols, 2002). Nosotros esta constitución la observamos en el estadio 22-23.

Las fibras musculares que observamos envolviendo el gubernaculum en la semana 15 está claramente conectadas con el tendón conjunto y, por tanto, no se han desarrollado "in situ" desde el mesénquima gubernacular, como se ha propuesto por los autores previamente citados, sino asociada a la musculatura ancha del abdomen.

Algunos autores, describen en el estroma del *gubernaculum testis* la existencia de vasos sanguíneos (Wyndham, 1943; Lehme, 1960) y linfáticos (Hart, 1909<sup>a</sup>). Nosotros sólo hemos podido observar vasos sanguíneos en la semana 15 y no vasos linfáticos.

### 3.5. Destino del *gubernaculum testis*

En los fetos de 9 semanas nuestro estudio demuestra que en los fetos del sexo femenino las posiciones mesonéfrica y pélvica que persistían como estructuras de mesénquima laxo se condensan formando un continuo fibrilar que conecta el segmento inguinal del gubernaculum testis con el derivado del conducto paramesonéfrico que es el fondo uterino. Consecuentemente, al igual que lo clásicamente aceptado por otros autores, nosotros consideramos que el *gubernaculum testis*, en los especímenes femeninos, persiste como el ligamento redondo (Hertwig, 1900; Felix, 1912; Langman, 1986). Por tanto, un detalle a destacar, es que no la observamos conectándose con el ovario.

Al no disponer de especímenes del sexo masculino más allá de la semana 12, no podemos entrar en valoraciones sobre el destino del *gubernaculum testis* en dicho sexo.

En el caso del varón casi todos los autores coinciden en que el *gubernaculum testis* sufre un proceso de degeneración o atrofia en sus dos polos con disminución de su tamaño que persiste en su polo distal como el ligamento escrotal (Curling, 1841; Cleeland, 1856; Tillaux, 1880; Hart, 1909<sup>a</sup>; Felix, 1912; Keith, 1924; Wyndham, 1943; Lehme, 1960; Backhouse y Butler, 1960; Schrock, 1971; Hadziselimovic, 1983; Hutson y Donahoe, 1986; Heyns, 1987; Wensing, 1988; Barteczko, 2000) o transformado e integrando en diversas estructuras fasciales: fascia de Colles y túnica Dartos (Lehme, 1960); fascias espermatocíticas interna y externa de los testículos (Backhouse y Butler, 1960); cubiertas del cordón espermático (Schrock, 1971). El polo proximal se le ha descrito persistiendo como el ligamento testis en el mesoquicio testicular (Felix, 1912), o como un remanente en la cauda epididimis (Backhouse y Butler, 1960; Hadziselimovic, 1983; Hutson y Donahoe, 1986).

### 4. Proceso vaginal

Su aparición se ha descrito en el periodo embrionario o fetal. Nosotros la hemos observado en el estadio 21 del periodo embrionario, entre los estadios descritos por otros autores, estadio 20 (Lehme,

1960; Barteczko, 2000) o estadio 23 (Hart, 1909<sup>a</sup>; Shrock, 1971; Backhouse, 1982; Niikura y cols, 2008). Por tanto, no lo hemos observado en el periodo fetal (Keith, 1924; Wyndham, 1943; Hadziselmovic, 1983). Durante este periodo sólo se produce su crecimiento y desarrollo.

Hay autores que consideran que el proceso vaginal se desarrolla dentro del *gubernaculum testis*, llamando cremáster a su zona periférica (Wensing, 1988; Hutson, 2004). Sin embargo, nuestros resultados, al igual que el resto de autores clásicos, muestran que el proceso vaginal es un divertículo del peritoneo que penetra en la pared abdominal anterior rodeando el *gubernaculum testis* y que paulatinamente profundiza en su extensión. Por eso no es de extrañar que existan autores que lo utilizan para clasificar el *gubernaculum testis* en diferentes posiciones: peritoneal, vaginal e intravaginal (Hart, 1909<sup>a</sup>) o abdominal, intravaginal y extravaginal (Wensing, 1988).

Un aspecto no advertido por otros autores en la bibliografía estudiada, es que el desarrollo del proceso vaginal es diferente, en función del sexo, a partir de un periodo indiferente, extendido entre los estadios 21 y 23, donde es una simple insinuación. En fetos del sexo femenino de la semana 14 y 15 llega a desaparecer, mientras que es claramente evidente y más profundo en el material de especímenes del sexo masculino de las semanas 9 a 12, donde llega a profundizar hasta la mitad del canal inguinal.

Algunos autores han asociado el crecimiento del proceso vaginal al descenso en paralelo de la gónada hacia el escroto (Tillaux, 1880; Hart, 1909<sup>a</sup>; Keith, 1924; Shrock, 1971; Hadziselmovic, 1983; Barteczko, 2000), sólo un autor manifiesta que es condición suficiente, pero no necesaria, para el descenso testicular, al considerar que el proceso vaginal, puede llegar al escroto sin haber descenso testicular (Eccles, 1903). Nosotros, aún cuando no podemos discutir dicha teoría, pues nuestros especímenes del sexo masculino más maduros pertenecen a la semana 12, si podemos intuir que seguirá su desarrollo, y este se realizará en paralelo al descenso de la gónada.

## 5. Cremáster

Aún cuando ningún autor refiere el momento del desarrollo en el que surge el músculo cremáster, nuestros resultados muestran que su esbozo aparece en el estadio 20.

Existen cuatro teorías sobre su origen: 1<sup>a</sup>, deriva del músculo oblicuo interno (Hart, 1909<sup>a</sup>; Lehme, 1960; Hadziselmovic, 1983); 2<sup>a</sup>, deriva del tendón conjunto (Wyndham, 1943; Testut y Latarjet, 1973<sup>b</sup>); 3<sup>a</sup>, deriva de varios de los músculos de la pared abdominal, sin especificar (Barteczko, 2000) y, 4, deriva del *gubernaculum testis* (Tillaux, 1880; Cleeland, 1856; Hart, 1909<sup>a</sup>; Backhouse y Butler, 1960; Tayakanonta, 1963; Backhouse, 1982; Hrabovszky y cols, 2002; Niikura y cols, 2008). En esta última teoría debemos presumir que su origen no se interpreta como en las tres anteriores, fibras desprendidas desde los músculos circundantes, sino fibras diferenciadas desde el propio mesénquima del *gubernaculum testis* (Cleeland, 1856; Tayakanonta, 1963).

Nuestros resultados son contundentes en este apartado, pues ya a partir del estadio 20 se observa su esbozo como un reguero de fibras desprendidas del tendón conjunto, que se adosan a la pared superficial del *gubernaculum testis* con la que se conectan. A medida que progresa el desarrollo su unión con el tendón conjunto es cada vez más clara, así como sus conexiones. Por tanto, para nosotros, al igual que para Wyndham (1943) y Testut y Latarjet (1973)<sup>b</sup>, el músculo cremáster deriva del tendón conjunto, pero acaba insertándose en el *gubernaculum testis*. Este hecho, nos permite suponer que la retracción del *gubernaculum testis*, propuesta para el final del periodo fetal, sería también la responsable del descenso del músculo cremáster, y por tanto, su extensión funicular como en la anatomía adulta.

Existen autores, que al haber estudiado series completas de material fetal, describen la existencia de dos capas musculares integrantes del cremáster: interna y externa (Hart, 1909<sup>a</sup>; Backhouse, 1982), lo cual coincide con las descripciones realizadas en la anatomía adulta (Testut y Latarjet, 1973<sup>b</sup>)

## 6. Escroto

El desarrollo del escroto ha sido objeto de poca atención. Por lo general, los autores no tratan este tema de forma directa, sino que lo describen, indirectamente, al hablar de estructuras vecinas o anejas tales como el proceso vaginal o el *gubernaculum testis*; lo que hace que no se estudie de forma continua en el desarrollo. Todos los autores lo consideran preformado y macizo antes del descenso testicular. Su constitución, la describen como una estructura maciza integrada por: mesénquima (Backhouse y Butler, 1960; Backhouse, 1982; Heyns, 1987; Barteczko, 2000), tejido conjuntivo (Hart, 1909<sup>a</sup>), linfáticos (Hart, 1909<sup>a</sup>; Backhouse y Butler, 1960) y músculo liso (Hart, 1909<sup>a</sup>; Barteczko, 2000). Nuestros resultados corroboran su aspecto macizo desde el inicio del desarrollo embrionario. En cuanto a su constitución, lo observamos integrado por tejido mesenquimal, inicialmente, que se transforma en tejido conjuntivo laxo con el paso del tiempo, a la vez que, en su estroma, aparecen vasos sanguíneos.

Su formación se ha descrito como dos pliegues cutáneos, en la zona púbica, que se fusionarán en la línea media (Eccles, 1903 y Hart 1909<sup>a</sup>). Sin embargo, nuestros resultados lo muestran como una estructura impar y media en los especímenes más jóvenes estudiados (estadio 15) y formado por tejido mesenquimal laxo.

En cuanto a su relación con el *gubernaculum testis*, nuestros resultados coinciden con los propuestos por otros autores, que no se inserta en un punto concreto del escroto; si no que, al llegar al escroto, se continúa con su capa más periférica (Backhouse y Butler, 1960; Backhouse, 1982; Heyns, 1987; Barteczko, 2000).

## 7. Descenso de la Gónada

Antes de comenzar a discutir las diferentes teorías existentes sobre el descenso del testículo, es importante mencionar que existen autores que consideran la existencia de una estructura, no relacionada con el *gubernaculum testis*, que juega un importante papel en el descenso de la gónada. Esta estructura,

denominada ligamento diafragmático o mesonéfrico; sería una especie de condensación fibrosa que une el polo superior de la gónada con el músculo diafragma (Wyndham, 1943; Backhouse, 1982; Hadziselimovic, 1983; Hutson, 1997; Barteczko, 2000). Nosotros no la hemos observado en ninguno de los ejemplares estudiados, al igual que otros autores (Eccles, 1903, Hart, 1909<sup>a</sup>; Niikura, 2008; Felix, 1912, Heyns, 1987).

La diferenciación morfológica de la gónada en testículo u ovario, la hemos observado en la transición entre el periodo embrionario y fetal (octava-novena semana). Este hecho, nos ha permitido observar un detalle que consideramos de crucial importancia en relación con el descenso testicular, detalle que no es otro que; a lo largo del estadio 23 y hasta los fetos de la semana 12, el testículo se encuentra enfrenteado al orificio interno del canal inguinal (Hertwig, 1900), mientras que el ovario se sitúa en la región pélvica, pero a nivel sacro. Por tanto, podríamos decir que se ha producido una primera fase en el descenso gonadal donde el testículo ha alcanzado la pared abdominal (orificio interno) y el ovario se ha quedado rezagado dorsalmente. Este desplazamiento se ha descrito mucho más tardíamente, en el sexto mes (Hertwig, 1900).

¿Cómo explicar el descenso testicular hasta el orificio inguinal interno?. Para nosotros, la clave se encuentra en el hecho de que, mientras en el *gubernaculum testis* de los fetos masculinos no se ha experimentado ningún cambio relevante en su constitución, en los fetos femeninos, sus porciones pélvica y mesonéfrica se han transformado en un cordón fibroso conectado con el fondo uterino, esbozo del ligamento redondo. Desde este momento, el recorrido pélvico del ovario ha quedado frenado en lo que podríamos decir su posición adulta, por el impedimento mecánico que representa el ligamento redondo, mientras que en los fetos masculino el testículo, al no sufrir tal impedimento, ha continuado su descenso hasta el orificio inguinal interno. ¿Cómo explicar este descenso?, debido a que no hay cambios en la estructura gubernacular, este descenso se puede explicar simplemente por el crecimiento desigual de las estructuras musculoesqueléticas de la región, que se traduce en un aparente descenso tal y como ya fue reconocido a principios del siglo XX y, lamentablemente, olvidado por muchos embriólogos en la actualidad (Hertwig, 1900).

Por tanto, a partir de este momento nos quedaría por explicar el descenso testicular en su segunda y tercera fase, funicular y escrotal respectivamente (Testut y Latarjet, 1973)<sup>b</sup>.

Veamos si para estas dos fases es necesaria la participación del *gubernaculum testis* como sostiene la teoría clásica, bien por el acortamiento de sus fibras musculares lisas o bien por el acortamiento progresivo de sus fascículos conjuntivos (Cleeland, 1856; Hertwig, 1900; Barteczko, 2000; Costa y cols 2002). Si en la primera fase, descenso lumbar-pélvico, se ha producido el descenso sin esos cambios, la pregunta es ¿serán ahora necesarios?.

En nuestros resultados, el único cambio evidente es el del desarrollo del proceso vaginal que, en los fetos femeninos, desaparece; mientras que, en los masculinos, no sólo permanece, sino que profundiza en su extensión por el canal inguinal. Aún cuando nosotros sólo lo observemos hasta los fetos de la semana 12, en los trabajos de otros autores este crecimiento se desarrolla hasta alcanzar el escroto (Hart, 1909<sup>a,b</sup>; Keith, 1924; Shrock, 1971; Hadziselmovic, 1983; Wensing, 1988; Barteczko, 2000; Hutson y cols, 2004) en la vecindad previa al descenso del testículo. Por tanto, interpretamos que, de alguna forma, debe jugar un papel importante en el descenso del testículo, tal y como ha sido sugerido (Hertwig, 1900). Esta participación, desde nuestro punto de vista, podría ser la de disminuir el grado de rozamiento y, por tanto, favorecer el deslizamiento del testículo, probablemente acompañado de un aumento de la presión abdominal y el desarrollo de las asas intestinales (Eccles, 1903; Hart, 1909<sup>a,b</sup>; Keith, 1924; Shrock, 1971; Hadziselmovic, 1983; Wensing, 1988; Barteczko, 2000; Hutson y cols, 2004).

Debido a que la primera fase del descenso testicular se puede explicar sin la participación del *gubernaculum testis*, nuestra pregunta es, por qué no podemos otorgar al *gubernaculum testis* un papel meramente pasivo para el tránsito del testículo por el canal inguinal y funículo, fases segunda y tercera (Testut y Latarjet, 1973)<sup>b</sup>. En tal caso atribuiríamos al *gubernaculum testis* el papel de una estructura inextensible que mantiene su longitud constante a lo largo del desarrollo mientras las estructuras óseas y musculares circundantes crecen mucho. Este crecimiento desigual provocaría, en una primera fase, que el testículo se desplace de arriba abajo, primero situándose en la pelvis y posteriormente, a medida que continúa el crecimiento de las estructuras musculoesqueléticas, llegar al orificio interno del conducto inguinal para finalmente alcanzar el funículo, primero, y escroto después por la facilitación de su deslizamiento gracias a la presencia del proceso vaginal (Hertwig, 1900).

¿Cuál es por tanto el papel del *gubernaculum testis* supuesto que no se retrae pasivamente o contrae activamente?. Según algunos autores, el papel de arrastre lo realizaría por el aumento de tamaño de la sujeción distal producido por la ganancia de agua atraída por una matriz intercelular hidrofílica; con lo que, el paso a través del trayecto inguinal, se realiza con la finalidad de llegar a un lugar de menor presión (Backhouse, 1982; Heyns, 1987; Donaldson, 1996; Hutson y cols, 1997). Para nosotros, sería simplemente el de una estructura fundamental para definir la ruta de migración testicular, al amparo de la cual, además, se modela el canal inguinal por un crecimiento activo del mismo. Por tanto su falta, si bien no impediría el descenso pélvico, no facilitaría la salida del testículo al exterior.

Es evidente que, al margen de las anteriores consideraciones morfogénicas, se debe tener presente que todo ese desarrollo estará controlado por factores genéticos y hormonales. Entre los factores propuestos figuran los andrógenos y el Factor de Crecimiento Similar a la Insulina (ILGF, Insulin Like Growth Factor) (Hughes y Acerini, 2008) y la neuromodulación expresada a través del nervio genitofemoral entre otros factores (Hutson y Donahoe 1986; Donaldson, 1996).

## CONCLUSIONES

**PRIMERA.** En la morfogénesis del canal inguinal se pueden diferenciar dos periodos si atendemos a su tamaño y orientación. En el periodo embrionario (estadios 20-23), el canal es cónico, con los orificios interno y externo enfrentados dorsoventralmente y, por tanto, con sus cuatro paredes orientadas craneal, caudal, medial y lateralmente. En el periodo fetal, novena-décimosegunda semana, el canal se elonga transversalmente pasando el orificio interno a situarse lateralmente con respecto al externo, y las paredes lateral y medial a transformarse en paredes ventral y dorsal. Esta última representada por la *fascia transversalis* como la única no ligamentosa o muscular, por tanto, punto débil de todo el canal.

**SEGUNDA.** El cambio en la orientación del canal inguinal se puede considerar debido a un crecimiento desigual de las estructuras musculoesqueléticas de la región que produce la aparente traslación de los orificios y cambio en las relaciones topográficas del trayecto inguinal.

**TERCERA.** El *gubernaculum testis* tiene un periodo presuntivo definido por una región epitelial de celoma intraembrionario revestido por epitelio cúbico situado en el repliegue mesonéfrico localizado entre el conducto de Wolff y la vena cardinal posterior, y la cara interna de la pared abdominal enfrentada.

**CUARTA.** El *gubernaculum testis* aparece como una condensación mesenquimal que se forma en diferentes etapas siguiendo un gradiente proximodistal en su porción inguinal.

**QUINTA.** El *gubernaculum testis* presenta cuatro porciones claramente diferenciadas que aparecen como condensaciones mesenquimales a lo largo del desarrollo comprendido entre los estadios 17 y 21. Las porciones mesonéfrica, pélvica y segmento parietal de la inguinal aparecen en los estadios 17 y 18, el segmento intramuscular de la porción inguinal aparece en el estadio 19 y la porción funiculoescrotal aparece en el estadio 21.

**SEXTA.** El *gubernaculum testis* aparece inicialmente representado por una condensación mesenquimal que en su porción inguinal adopta una organización en hojas de cebolla con capas concéntricas de fibras de colágeno y elastina. El resto de su constitución son fibroblastos y matriz extracelular. No observamos fibras musculares en su interior. Las únicas fibras musculares que se observan son aquellas que llegan del tendón conjunto como músculo cremáster y, por tanto, no se han desarrollado "in situ" del mesenquima gubernacular.

**SÉPTIMA.** El proceso vaginal aparece en el estadio 21 como un pequeño divertículo derivado del peritoneo parietal. En el caso de los especímenes del sexo femenino, el proceso vaginal persiste como un pequeño divertículo hasta desaparecer en los fetos de 14 semanas. Sin embargo, en los fetos del sexo masculino, continúa su desarrollo introduciéndose a lo largo del canal inguinal, al tiempo que continúa rodeando al *gubernaculum testis*. De esto se deduce que debe jugar un papel importante en el descenso testicular.

**OCTAVA.** El músculo cremáster se origina del tendón conjunto en el estadio 20 y se inserta en el *gubernaculum testis*. Su disposición funicular e inserción testicular también estará asociada al descenso testicular.

**NOVENA.** El escroto aparece inicialmente, como estructura impar, medial y simétrica que recibe la inserción de *gubernaculum testis* (novena semana) no en un punto concreto sino de forma dispersa en su capa más periférica.

**DÉCIMA.** El descenso testicular se produce al menos en dos fases. En una primera fase, que se extiende hasta el tercer mes del desarrollo, el testículo desciende hasta oponerse al orificio inguinal interno, mientras que el ovario se detiene en su posición anatómica adulta por la diferenciación del ligamento redondo. En la segunda fase, hasta el nacimiento, sería cuando se produce su descenso del testículo por el canal inguinal y funículo hasta alcanzar el escroto.

**UNDÉCIMA.** El descenso en ambas fases se podría explicar con un *gubernaculum testis* inextensible que mantiene su longitud constante a lo largo del desarrollo mientras las estructuras óseas y musculares circundantes crecen mucho. Este crecimiento desigual provocaría, en una primera fase, que el testículo se desplace de arriba a abajo, primero situándose en la pelvis y orificio inguinal interno (tercer mes) y, posteriormente, a medida que continúa el crecimiento de las estructuras musculoesqueléticas, llegar hasta el escroto.

**DECIMOSEGUNDA.** La aparición y desarrollo del *gubernaculum testis* y proceso vaginal serían simplemente los factores morfológicos necesarios para: 1, definir el trayecto de migración del testículo; 2, formar el canal inguinal y 3, favorecer el deslizamiento con fricción mínima del testículo.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Attah AA, Hutson JM. 1991. The anatomy of the female gubernaculum is different from the male. *Aust N Z J Surg* 61:380-384.
- Backhouse KM, Butler H .1960. The gubernaculum testis of the pig. *J Anat* 94: 107-120.
- Backhouse K .1982. Embriology of testicular descent and maldescent. *Urol Clin North Am* 9 (3):315-325.
- Bardeen ChL, Lewis W .1901. Development of the limbs, body-wall and back in man. *Am J Anat* 1:1-35.
- Barteczko K J. 2000. The testicular descent in human. Origin, development and fate of the gubernaculum hunteri, processus vaginalis peritonei and gonadal ligaments. *Adv Anat Embryol Cell Biol* 156 (III-X):1-98.
- Bartlett JE. 2001. Early development of the gubernaculum and cremaster sac in estrogen receptor knockout mice. *Urol Res* 29:163-167.
- Cleeland J. 1856. The mechanism of the gubernaculum testis with an introductory sketch of the development of the testes, and an appendix on the purpose of their descent from the abdomen. Prize Thesis. Edinburgh: Maclachlan and Stewart, pp.1-47.
- Costa WS, Sampaio FJ & Favorito LA, Cardoso LE. 2002. Testicular migration: remodeling of connective tissue and muscle cells in human gubernaculum testis. *J Urol* 167:2171-2176.
- Curling JB.1841. Observations on the structure of the gubernaculum, and the descent of the testis in the foetus *Lancet* mar:70-74.
- Davies J. 1978. Developmental aspects of the male reproductive system. *Environ Health Perspect* 24: 45-50.
- Donaldson KM .1996. Morphometric study of the gubernaculum in male estrogen receptor mutant mice. *J Andr* 17(2): 91-95.
- Eccles WM. 1903. Imperfectly descended testis: its anatomy, physiology and pathology. London: Bailliere, Tindall and Cox, p. 1-140.
- Felix W .1912. The development of the Urogenital Organs. En: *Manual of Human Embryology* vol II. Philadelphia & London: Keibel and Mall, pp.752-973.
- Frazer JE. 1940. Infraumbilical region of the abdomen. Wall, cloaca and its derivatives. Genital system. En: *A Manual of Embryology*, 2<sup>nd</sup> ed. London: Bailliere, Tindall, and Cox, pp. 452-490.

- Gomez Dumm V. 1978. Aparato Genital. En: Atlas de Embriología Humana. Buenos Aires: Celcius-JJ Vallory, pp.138-165.
- Hadziselimovic F. 1983. Embriology of testicular descent and maldescent. In: Cryptorchidism. Berlin: Springer-Verlag, pp.11-34.
- Hart DB<sup>a</sup> .1909. The nature and cause of the physiological descent of the testes. J Anat 42:244-265.
- Hart DB<sup>b</sup> .1909. The physiological descent of the ovaries in the human foetus. J Anat 44: 27-34.
- Hertwig O .1900. Traité d'Embryologie ou Histoire du développement de l'homme et des vertébrés, 2<sup>eme</sup> ed. Paris: Schleicher Frères, pp.460-464.
- Heyns CF .1987. The gubernaculum during testicular descent in the human fetus. J Anat 153: 93-112.
- Heyns CF .1989. The collagen content of the gubernaculums during testicular descent in the pig fetus. J. Anat 167:161-166.
- Hrabovszky Z , Di Pilla N, Yap T, Farmer PJ, Hutson JM, Carlin JB .2002. Role of the gubernacular bulb in cremaster muscle development of the rat. Anat Rec 267:159-165.
- Hughes IA, Acerini CL. 2008. Factors controlling testis descent. Eur J End 159: 75-82.
- Hunter J .1786. Citado por Hart. 1909<sup>a</sup>.
- Hutson J, H asthorpe S, H eyns CF .1997. Anatomical and functional aspects of testicular descent and cryptorchidism. End Rev 18(2):259-280.
- Hutson JM y Donahoe PK. 1986. The hormonal control of testicular descent. End Rev 7(3):270-286.
- Hutson J, Sasaki Y, Huynn J, Y ong E, Ting A .2004. T he g ubernaculum i n t esticular descent and cryptorchidism. Turk J Pediatr 46:3-6.
- Keith A .1924. The origin and nature of the hernia. Br J Surg 11:455-475.
- Langman J. 1986. Aparato Urogenital. En: Embriología Médica, 5<sup>a</sup> ed. México DF: Ed itorial Panamericana, pp.249-282.
- Lemeh ChL . 1960. A stud y of the development and stru ctural relationships of the testis and gubernaculum. Surg Gyn Obs 110:164-172.
- Lewis W .1910. The development of the muscular system. En: Manual of Human Embryology vol 1. Philadelphia & London: Keibel & Mall, pp. 249-522.

- Ludwig KS. 1993. The development of the caudal ligaments of the mesonephros and of the gonads: a contribution to the development of the human gubernaculum (Hunteri). *Anat Embryol* 188(6):571-577.
- MacAdam WA, MacGregor AM. 1969. Rupture of intestine in patients with herniae. A clinical study with the review of the literature. *Br J Surg* 56(9):657-663.
- Mall F. 1898. Development of the ventral abdominal walls in man. *J Morphol* XIV:347-366.
- Martins T. 1943. Mechanism of the descent of the testicle under the action of sex hormones. En: *Essay in Biology in Honor of Herbert M Evans*. Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, pp.387-397.
- Niikura H, Okamoto S, Nagase S, Takano T, Murakami G, Tatsumi H, Yaegashi N. 2008. Fetal development of the human gubernaculum with special reference to the fasciae and muscles around it. *Clin Anat* 21(6):547-557.
- O'Rahilly R, Müller F. 1983. Developmental stages in human embryos. *Carnegie Institution of Washington* 637:1-305.
- Orts LLorca F. 1986. *Anatomía Humana Tomo I*, 6ª ed. Barcelona: Editorial Científico Médica, pp. 620-654.
- Patten BM. 1973. Edad, crecimiento y cambios en la forma exterior del cuerpo. En: *Embriología Humana*, 5ª ed. Buenos Aires: Ateneo, pp.149-167.
- Schrock P. 1971. The processus vaginalis and gubernaculum. *Surg Clin North Am* 51(6):1263-1268.
- Tanyel FC, Talim B, Kale G, Büyücpamukçu N. 2002. A reevaluation of the structures accepted to represent the postnatal gubernaculum. *Urol Int* 69(2):116-119.
- Tayakkanonta K. 1963. The gubernaculum testis and its nerve supply. *Aust N Z J Surg* 33:61-67.
- Testut L, Latarjet A. 1973.<sup>a</sup> Músculos del abdomen. En: *Anatomía Humana vol I*, 9ª ed. Barcelona: Salvat, pp.921-968.
- Testut L, Latarjet A. 1973.<sup>b</sup> Organos genitales del hombre. En: *Anatomía Humana vol IV*, 9ª ed. Barcelona: Salvat, pp: 1001-1045.
- Tillaux P. 1880. *Tratado de Anatomía Topográfica aplicada a la Cirugía*, 12ª ed. Barcelona: Hijos de J. Espasa Editores, pp: 895-898.

Van der Schoot P. 1996. Human (and some other primates) uterine teres ligament represents a mammalian developmental novelty. *Anat Rec* 244:402-415.

Wensing CJ .1988. The embryology of testicular descent. *Horm Res* 30:144-152.

Wislocki G .1933. Observations on the descent of the testes in the macaque and in the chimpanzee. *Anat Rec* 5:133-138.