

Anatomía y fisiología de la reproducción en machos

APARATO REPRODUCTOR MASCULINO

- Gónada: Testículos.
- Sistema de conducción: rete testis, conductos eferentes, epidídimo, conducto deferente, uretra
- Glándulas accesorias: glándulas vesiculares, próstata, glándulas bulbouretrales o de Cowper, glándulas ampulares
- Órgano copulador: Pene.

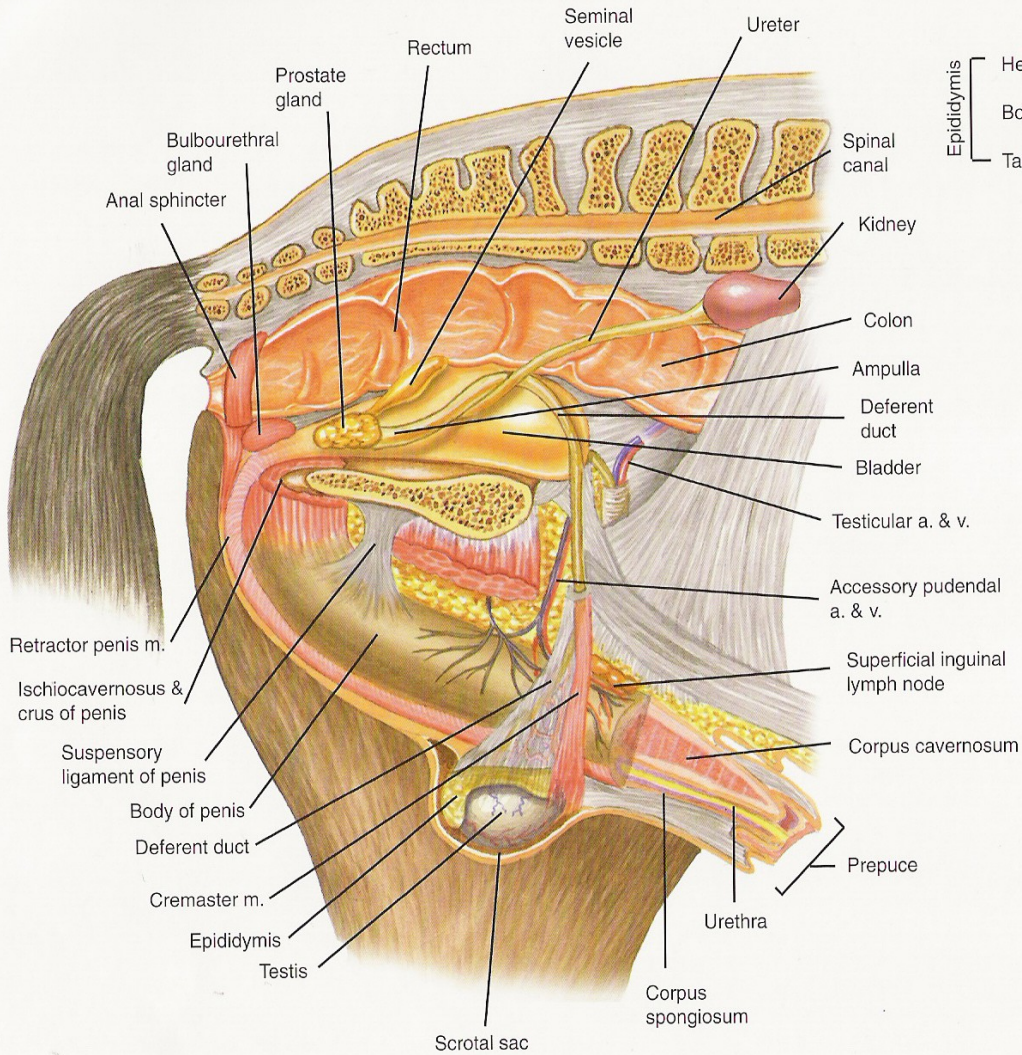
Funciones del Aparato Reproductor

- Producción de gametas
- Producción de hormonas
- Transporte de gametas
- Excreción de orina
- Eyaculación

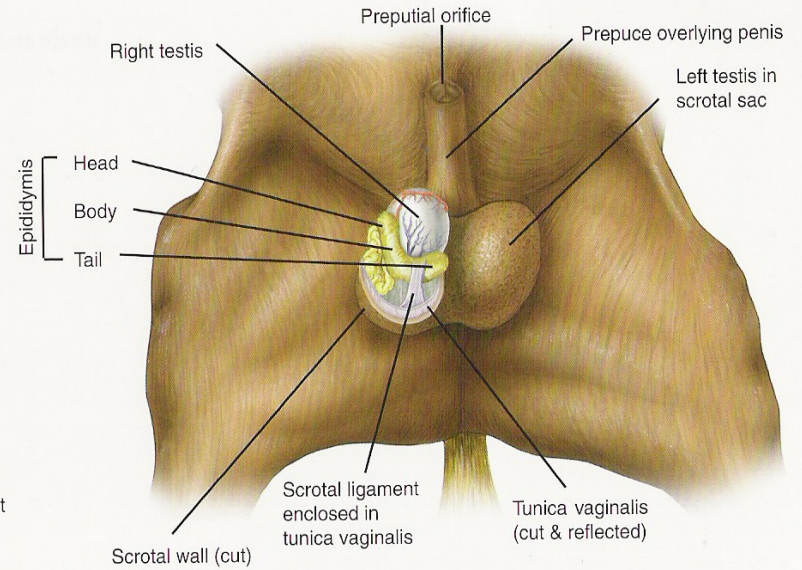
THE STALLION

Anatomy of the Reproductive Tract; The Scrotum

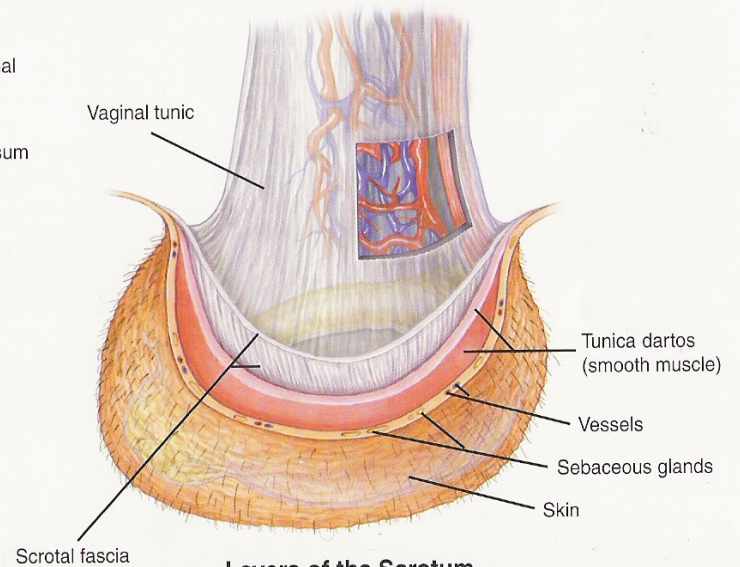
Artwork by S. Hakola / J. Dirig
Copyright Equistar Publications, Ltd.



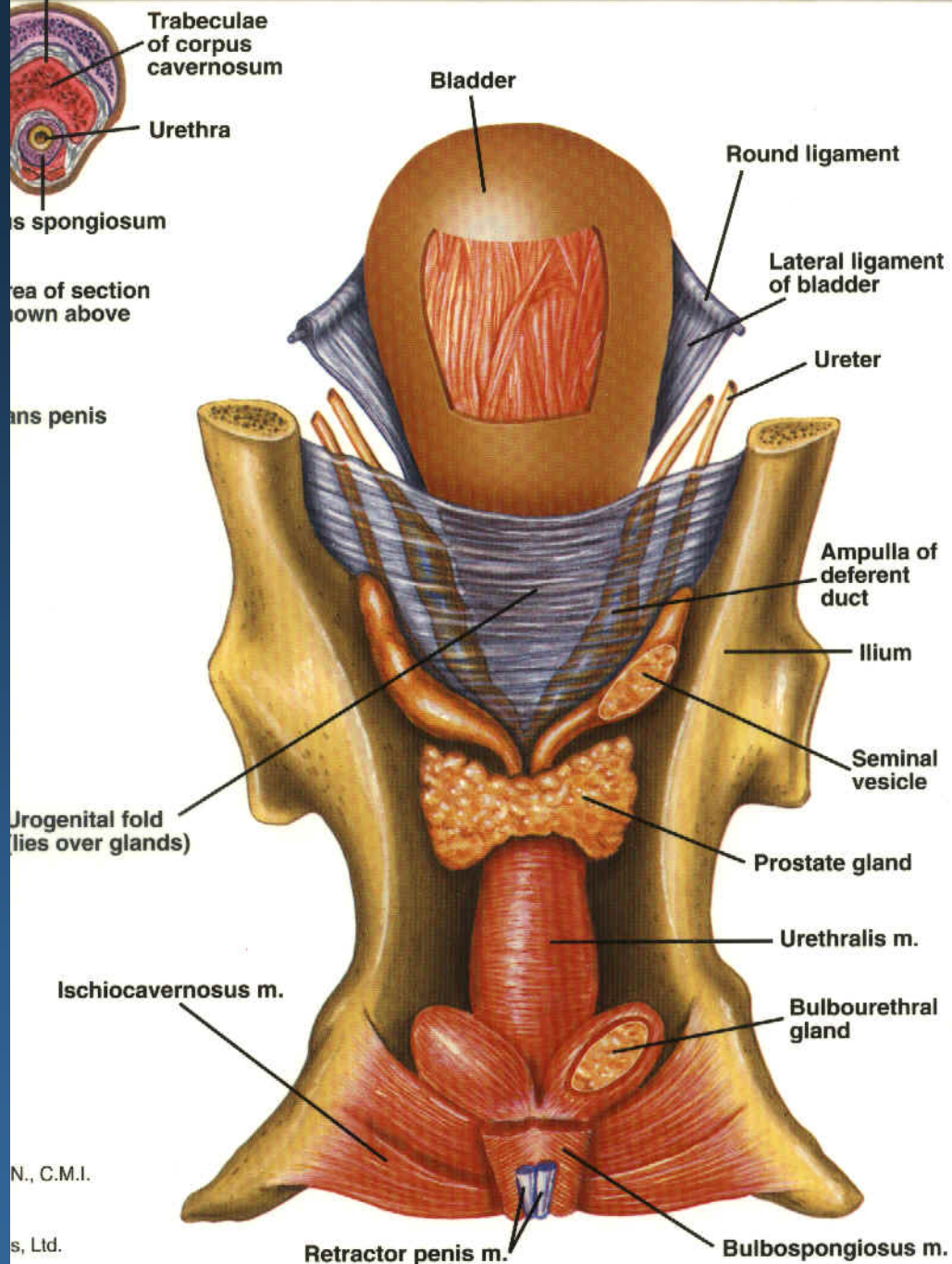
Male Reproductive Tract Right Lateral View



Ventral View of Inguinal Region with Right Testis Exposed



Layers of the Scrotum



Trabeculae of corpus cavernosum
 Urethra
 Corpus spongiosum
 Area of section shown above
 Urogenital fold (lies over glands)

Bladder

Round ligament

Lateral ligament of bladder

Ureter

Ampulla of deferent duct

Ilium

Seminal vesicle

Prostate gland

Urethralis m.

Bulbourethral gland

Ischiocavernosus m.

Retractor penis m.

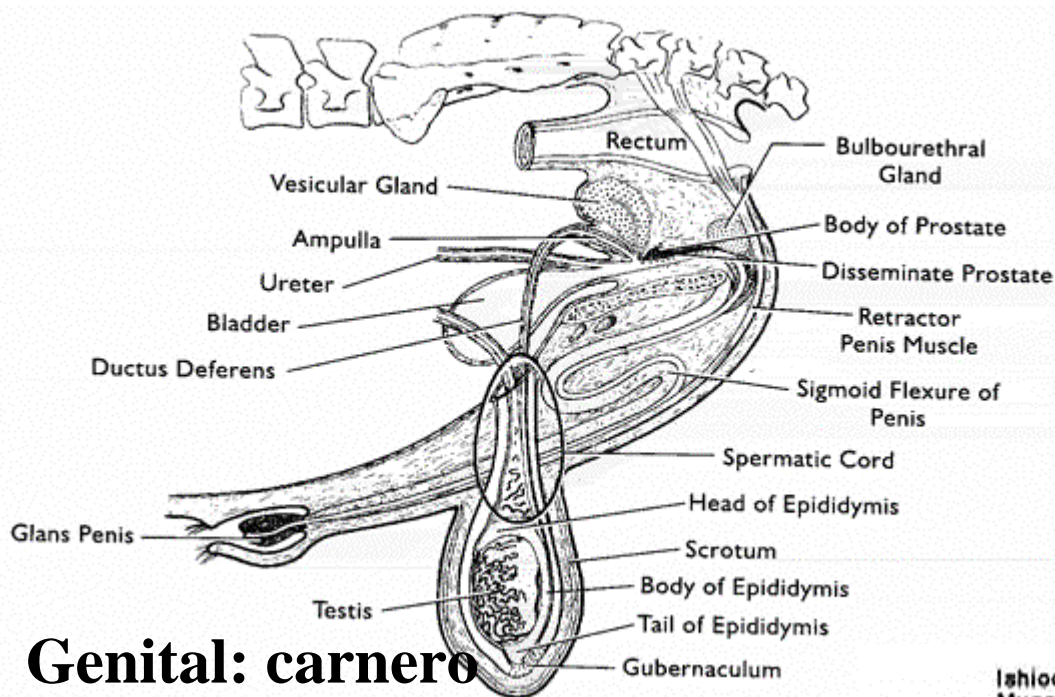
Bulbospongiosus m.

N., C.M.I.

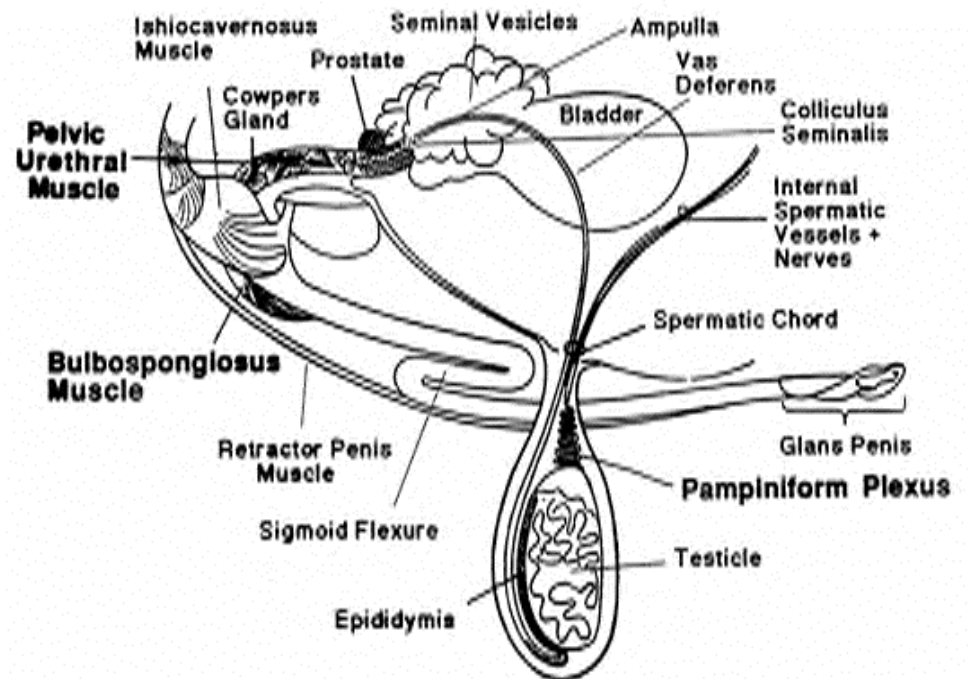
s, Ltd.

40
 -8064

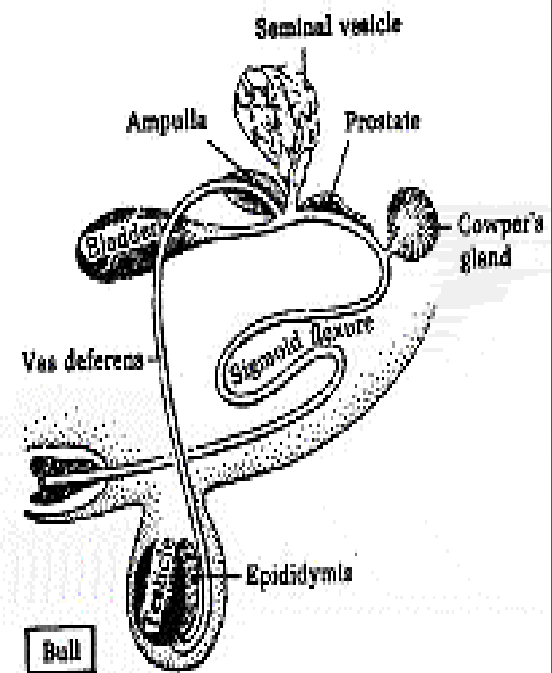
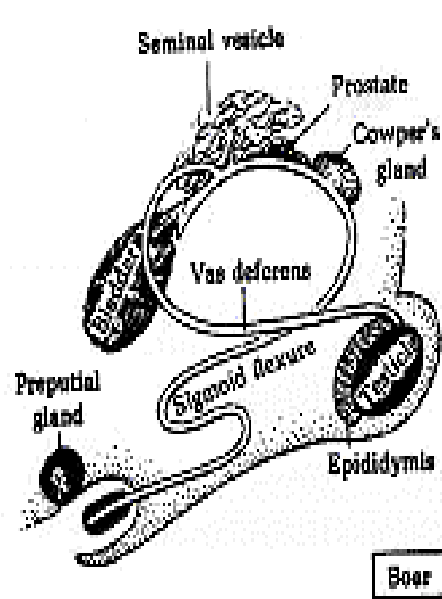
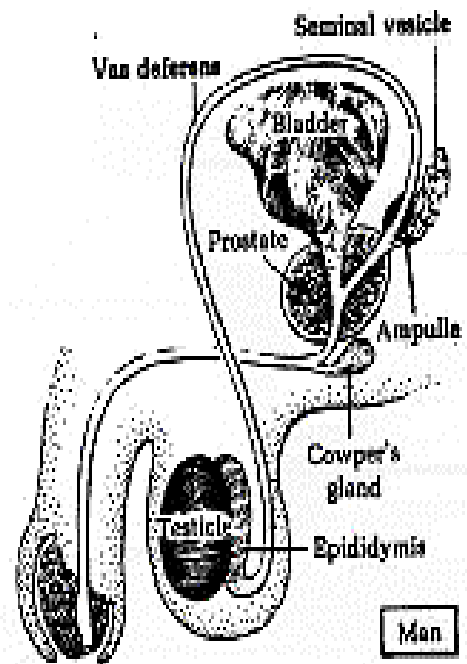
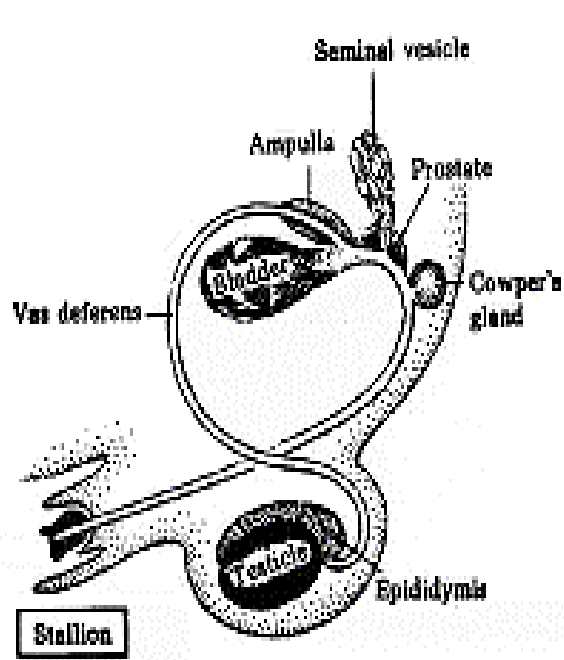
Accessory Glands, Dorsal View



Genital: carnero



The Bull Reproductive Tract



Gónada sexual masculina: Testículo

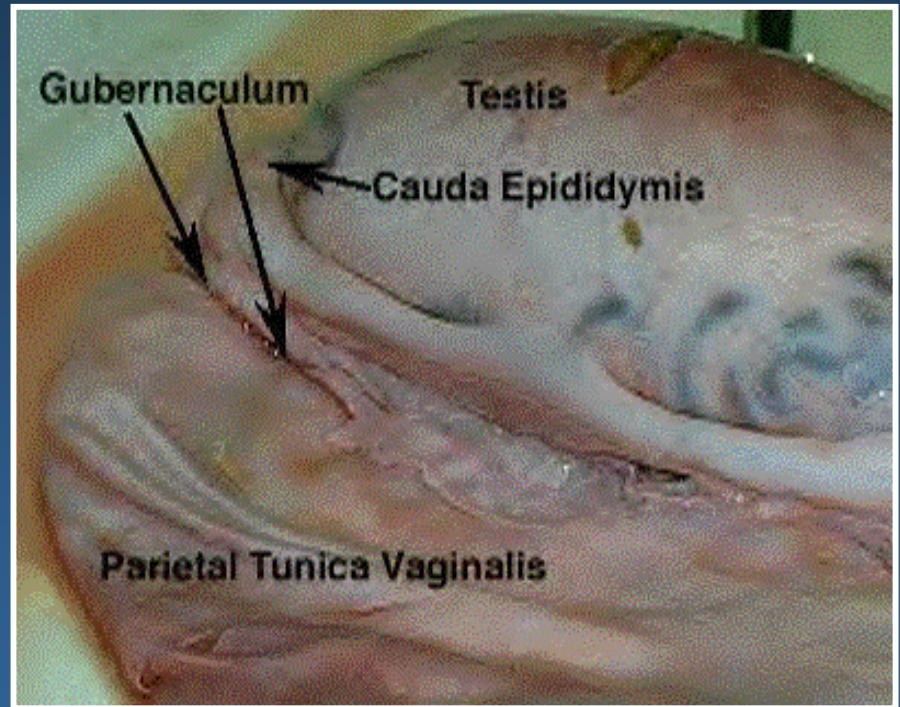
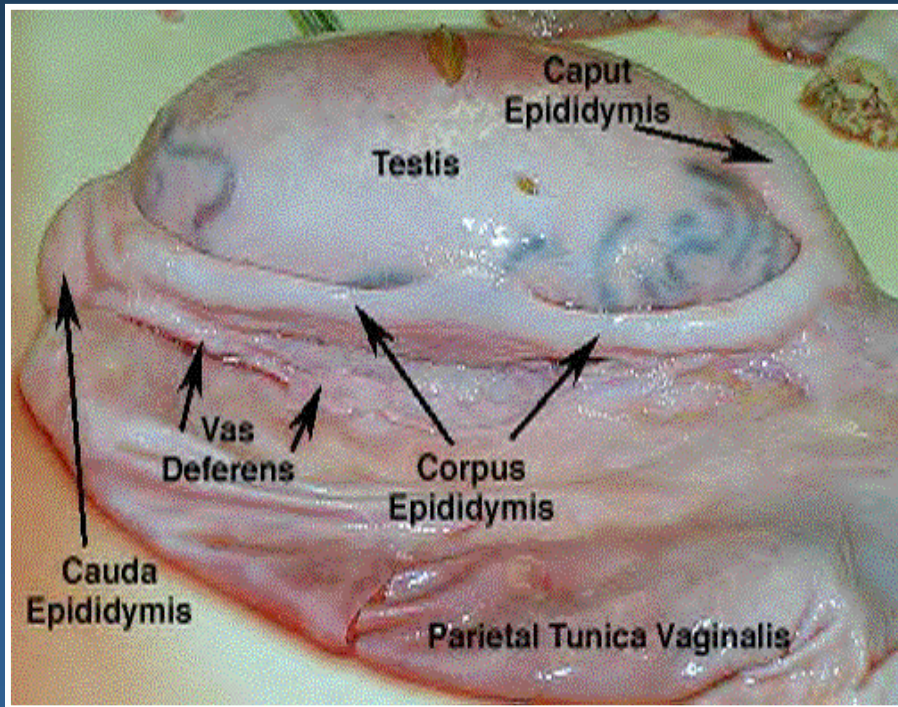
Situado en el interior de un saco de piel:
escroto

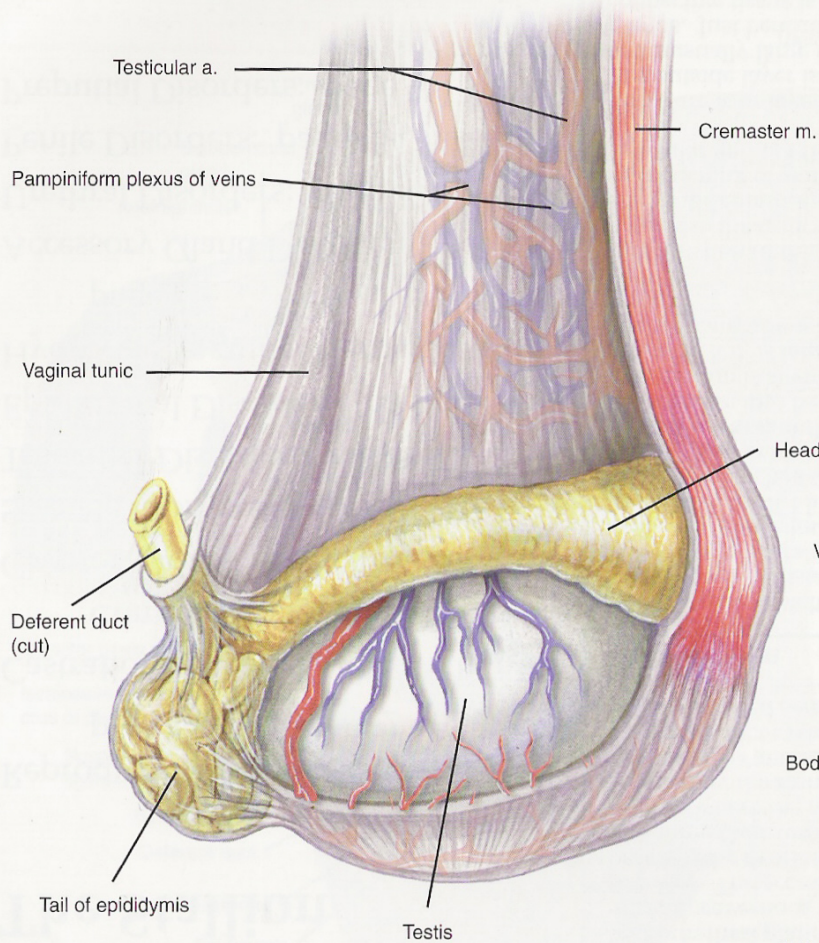
- Sostén
- Regula la temperatura testicular (inferior al organismo)
 - Glándulas sudoríparas
 - Recorrido flexuoso de los vasos sanguíneos superficiales
 - Túnica dartos
 - Músculo cremaster externo
 - Piel delgada
 - Presencia de pelos en escroto (oveja)

Escroto

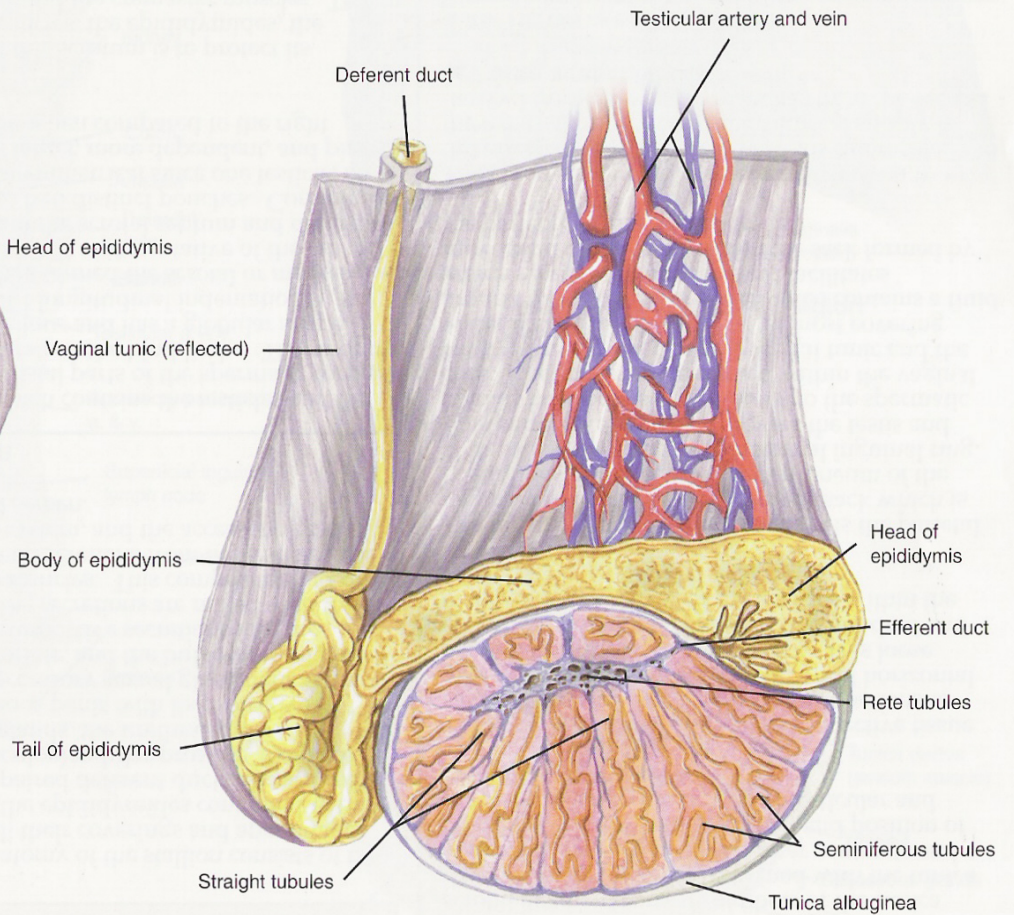
- Piel
- Túnica dartos
- Fascia espermática externa
 - _Túnica vaginal (serosa)
 - Túnica vaginal parietal
 - Túnica vaginal visceral
 - Cavidad vaginal

Testículo





Lateral View of Testis

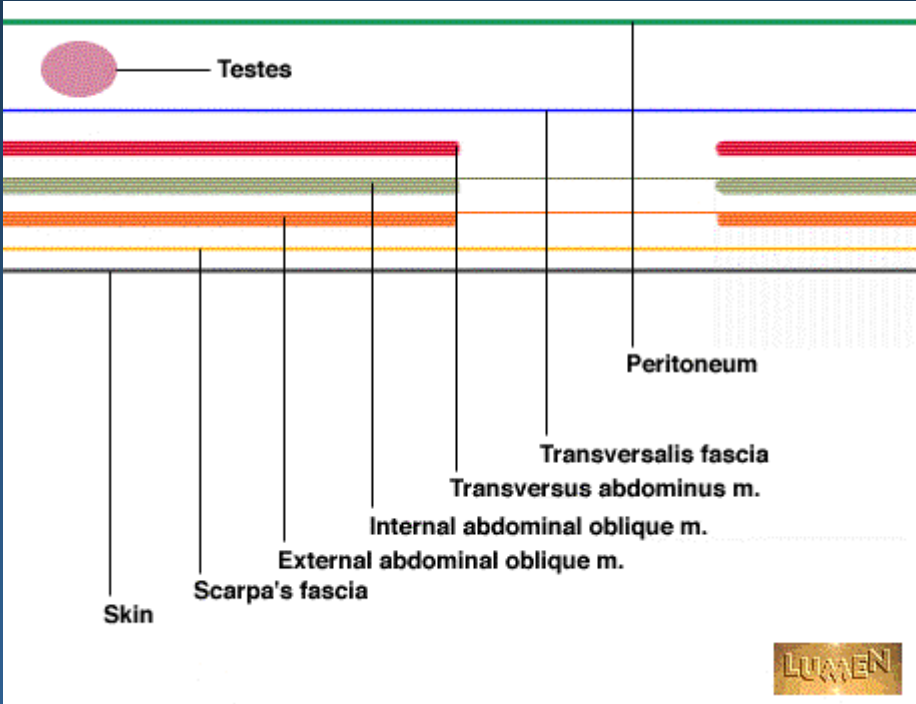


Schematic Section of Right Testis and Epididymis

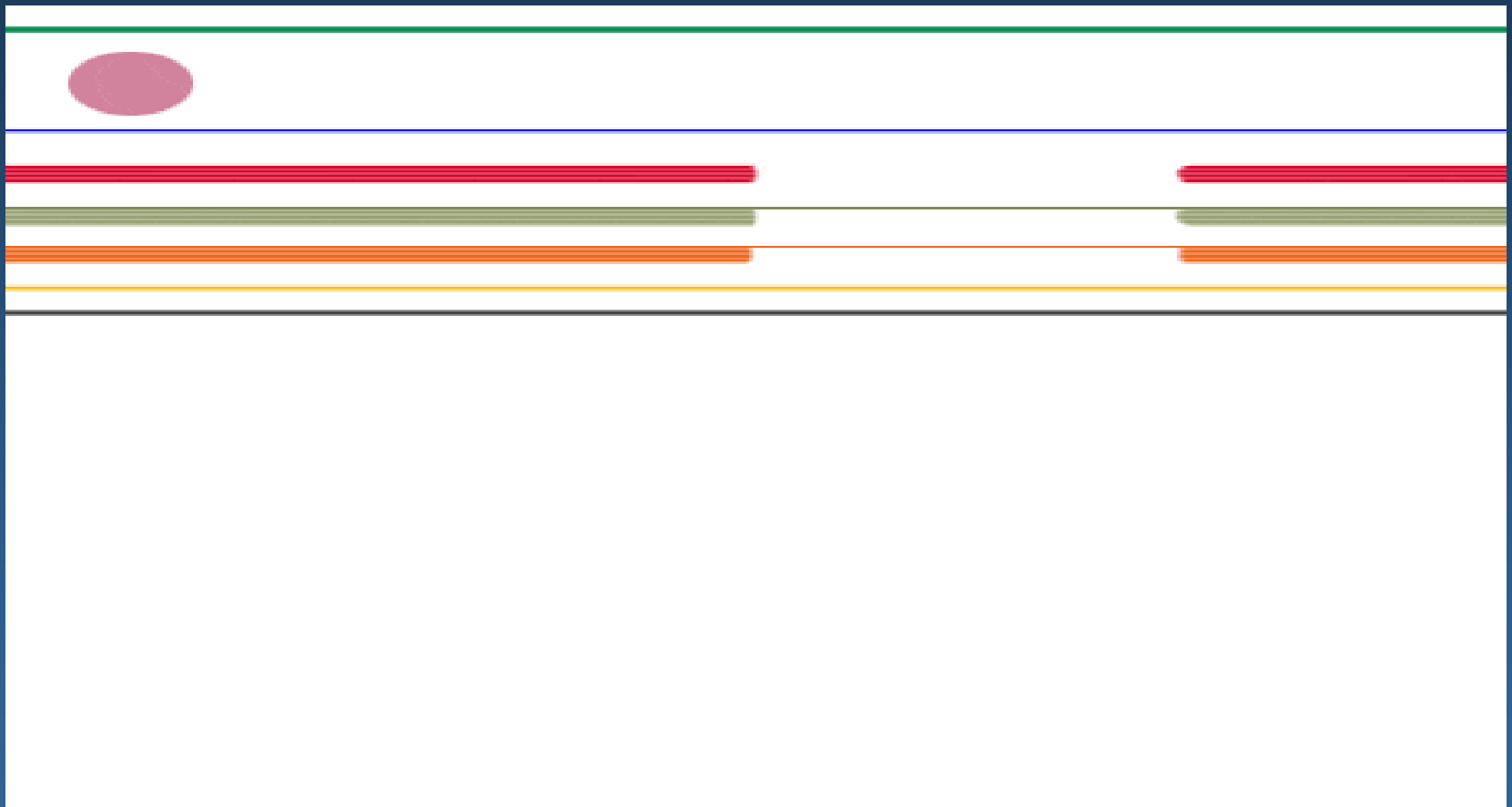
Testículo

Descenso de los testículos

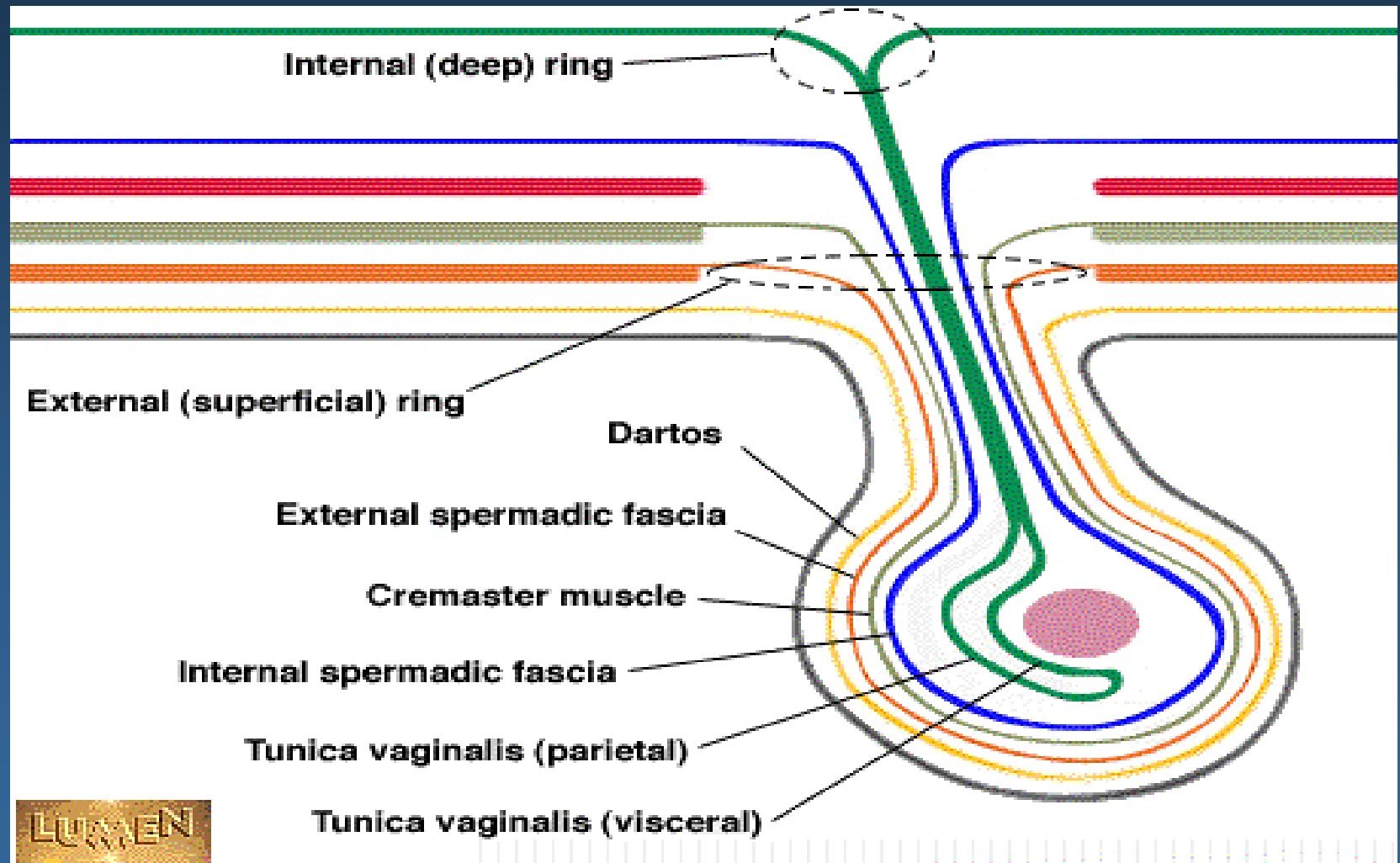
- Rumiantes: 2-4 meses gestación
- Equinos: 9 meses de Gestación - 10 días de vida
- Cerdo: 90 días de gestación

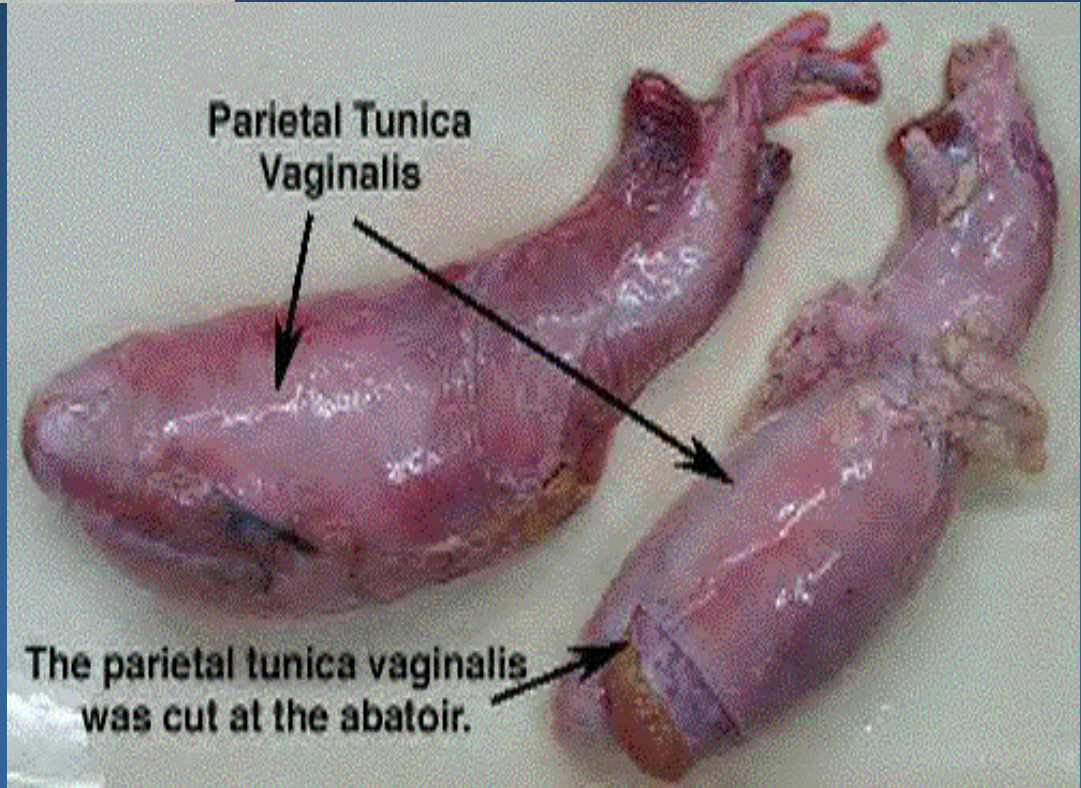
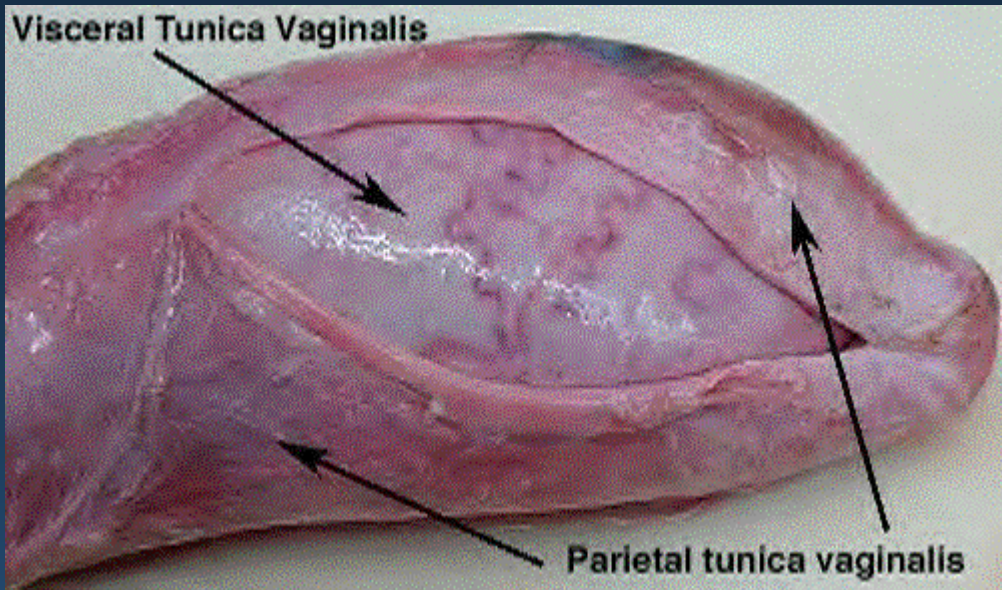


Descenso testicular



Descenso del testículo





Estructura testicular

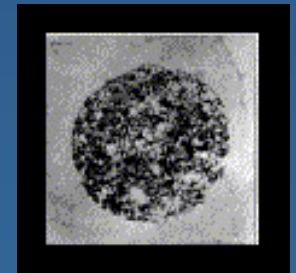
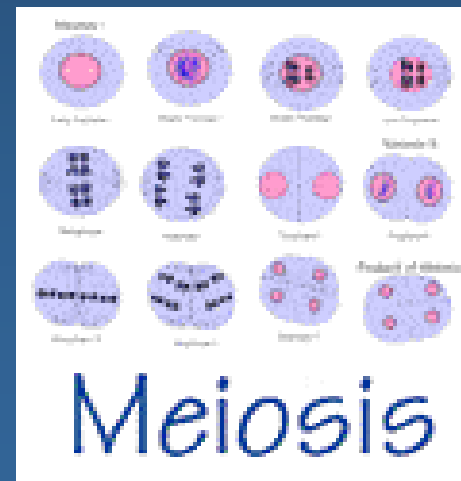
- Túbulos seminíferos (epitelio germinal – estratificado): desembocando en *rete testis*
 - Células de Sertoli (sostén)
 - Células germinales (espermatogonias)
- Intersticio- células de Leydig

Células de Sertoli

- Soporte, nutrición y diferenciación de las células germinales
- Secretan Inhibina (feed-back negativo inhibiendo liberación de FSH)
- Producción de proteína transportadora de Andrógenos (ABP)

Células germinales

- Células en fase de diferenciación hacia espermatozoide:
 - Espermatogonias: Se dividen en de Tipo A, B e I.
 - Espermatocito primario
 - Espermatocito secundario
 - Espermátide



Las espermatogonias se dividen a su vez en :

Espermatogonias de tipo A (EGA)

Espermatogonias de tipo B (EGB)

Espermatogonias de tipo I (EGI)

Las EGA pueden clasificarse como células madre, porque pueden dividirse y originar células en diferenciación.

Las EGB y EGI, producen espermatoцитos y se las clasifica como cél. de diferenciación.

Espermatocitogénesis

Espermatogonios: células de la periferia de los túbulos seminíferos que aumentan en número por división mitótica.

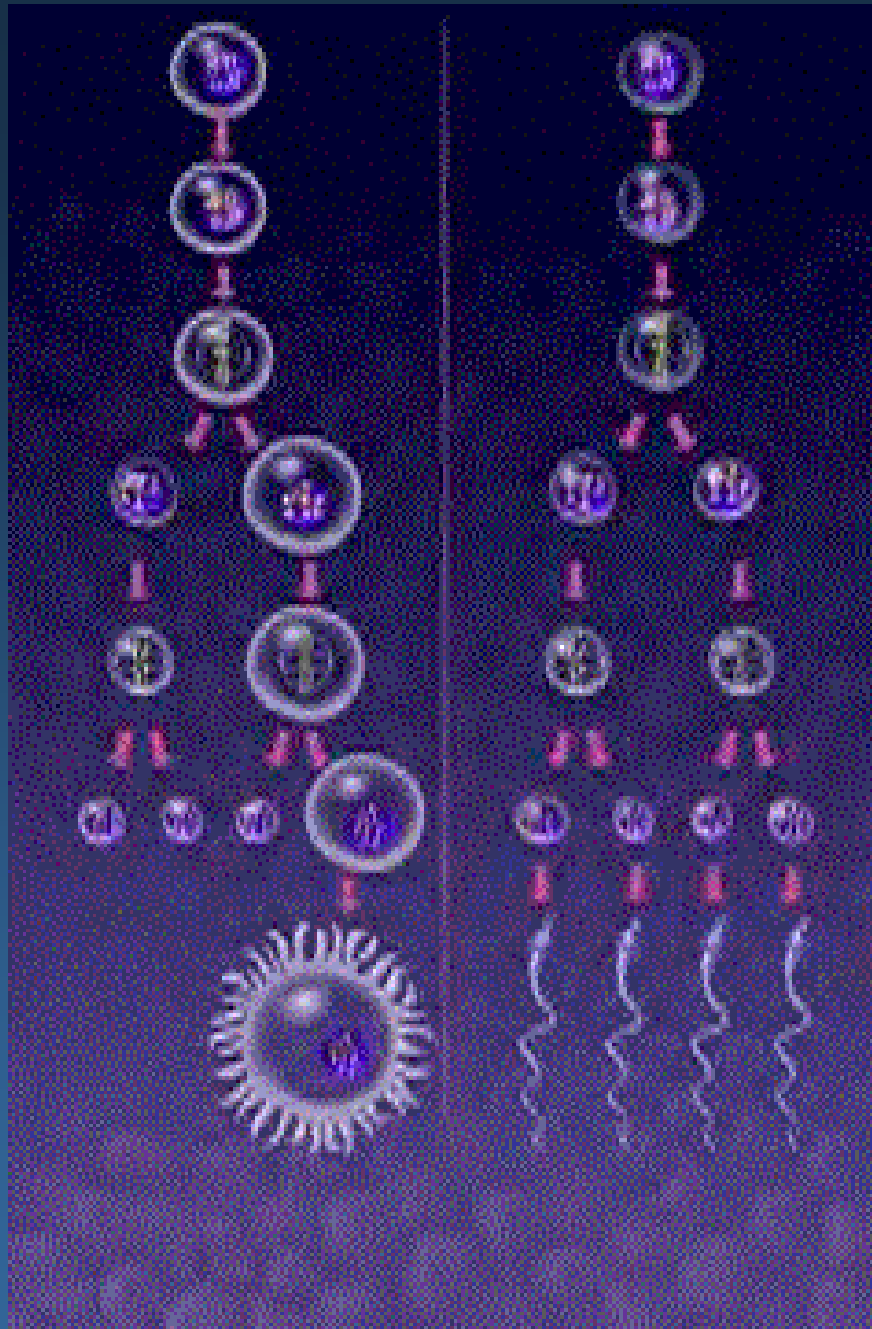
Espermatocitos primarios: son producidos por espermatogonios. Sufren división meiótica, reduciendo su número cromosómico a la mitad, transformándose en espermatocitos secundarios –*primera división meiótica*.

Espermatocitos secundarios: tienen la mitad del número cromosómico. Segunda división meiótica, formando cuatro espermátides.

Espermiogénesis

Espermátides: experimenta cambios nucleares y citoplasmáticos que determinan su motilidad potencial debido al desarrollo de un flagelo.

Espermatozoide: son células que requieren sufrir un proceso de capacitación en el tracto genital femenino para adquirir capacidad fecundante.



E spermatogonias

Esp. primario

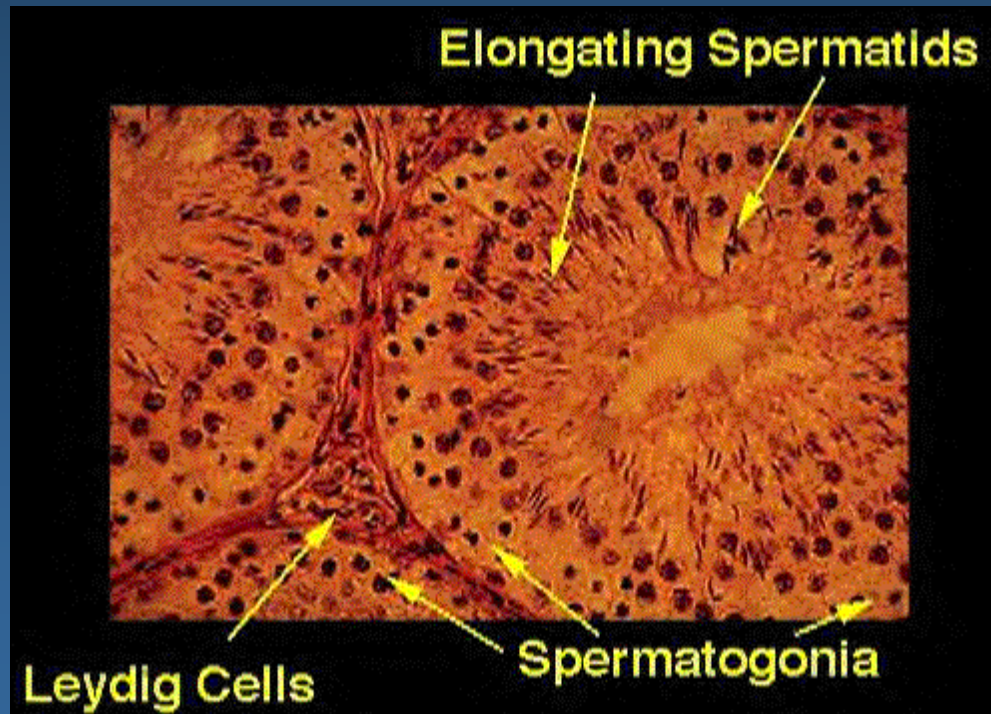
Esp. secundario

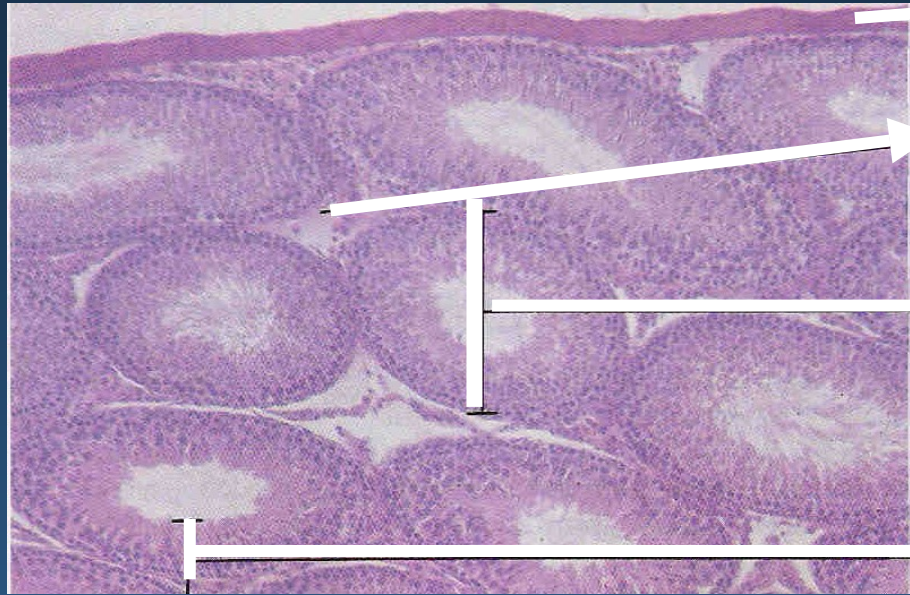
E spermátides

E spermatozoides

Células de Leydig

- Secretan testosterona
- Se encuentran entre los túbulos seminíferos (intersticio)





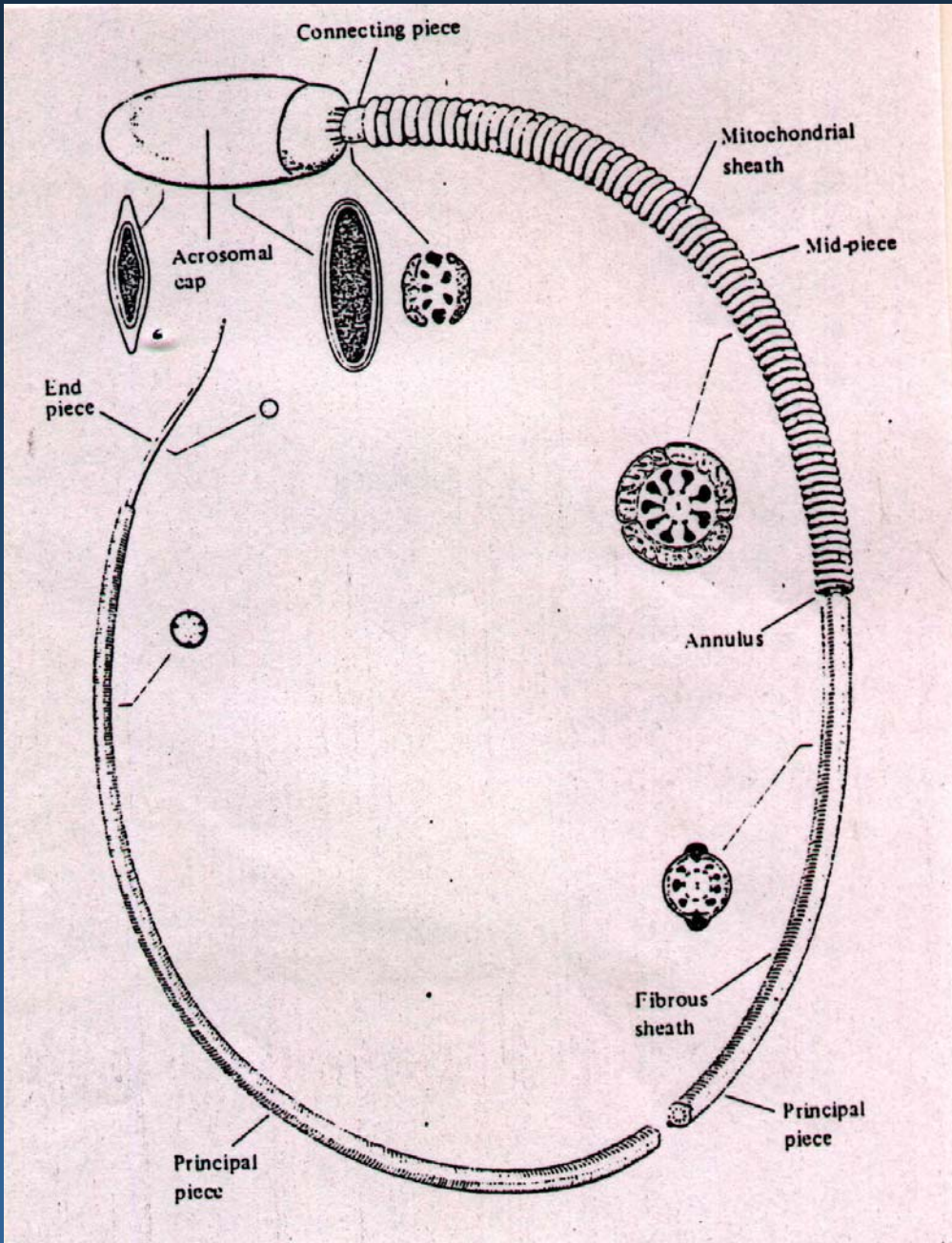
Túnica Albugínea

*Células Intersticiales
(Leydig)*

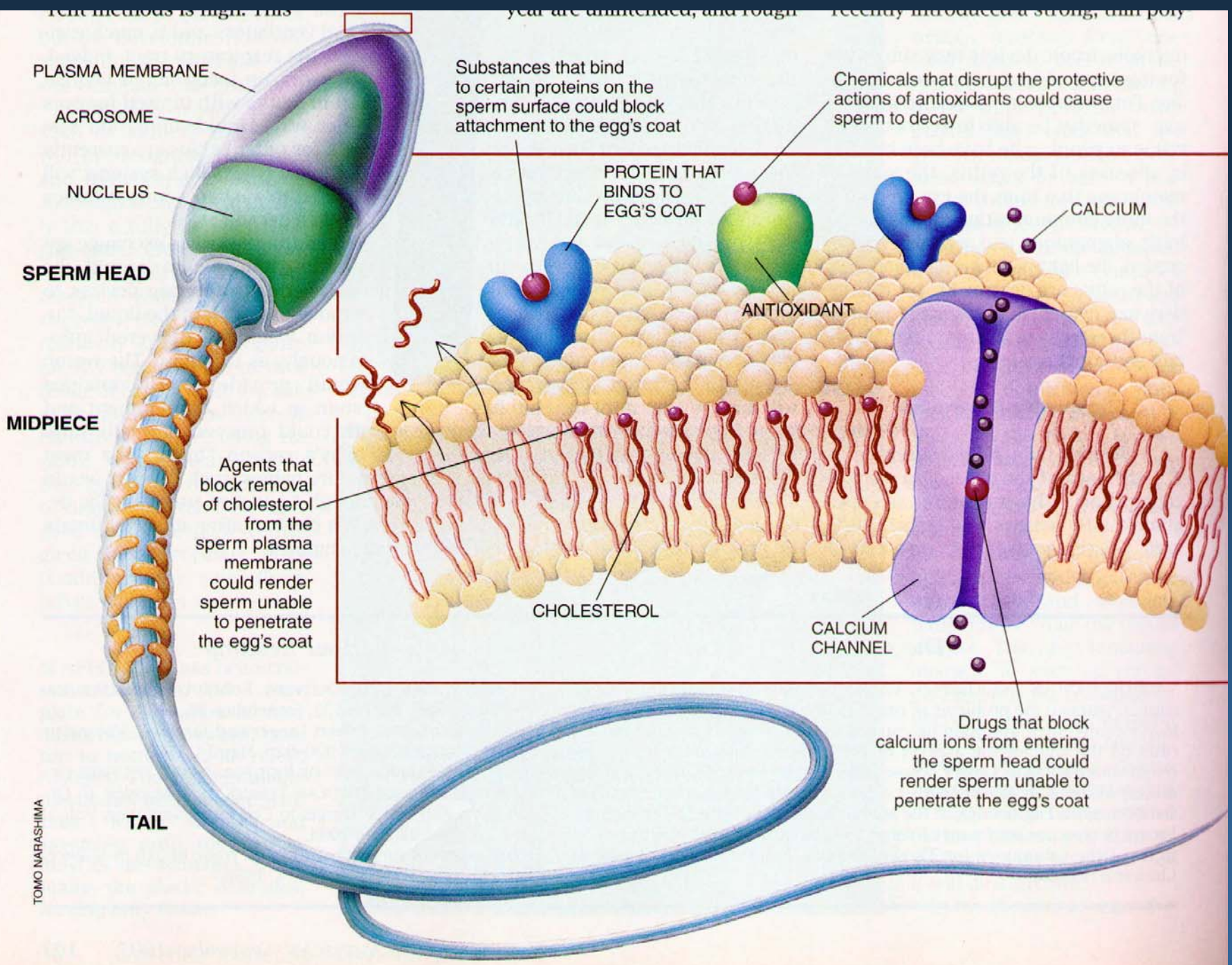
Conductos Seminíferos

Células espermatogénicas

Estructura interna de un espermatozoide sin membrana plasmática.



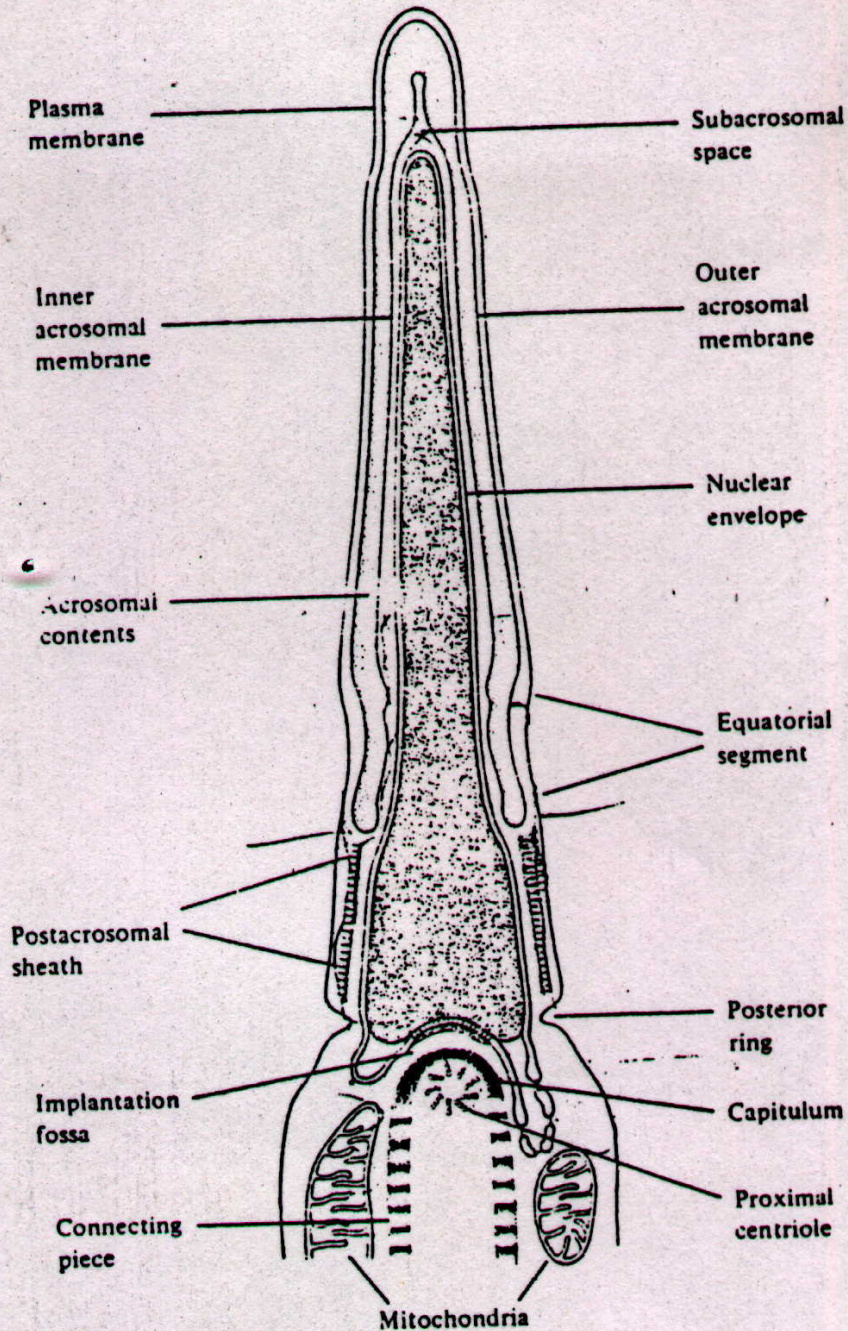
D. Fawcet 1975



TOMO NARASHIMA

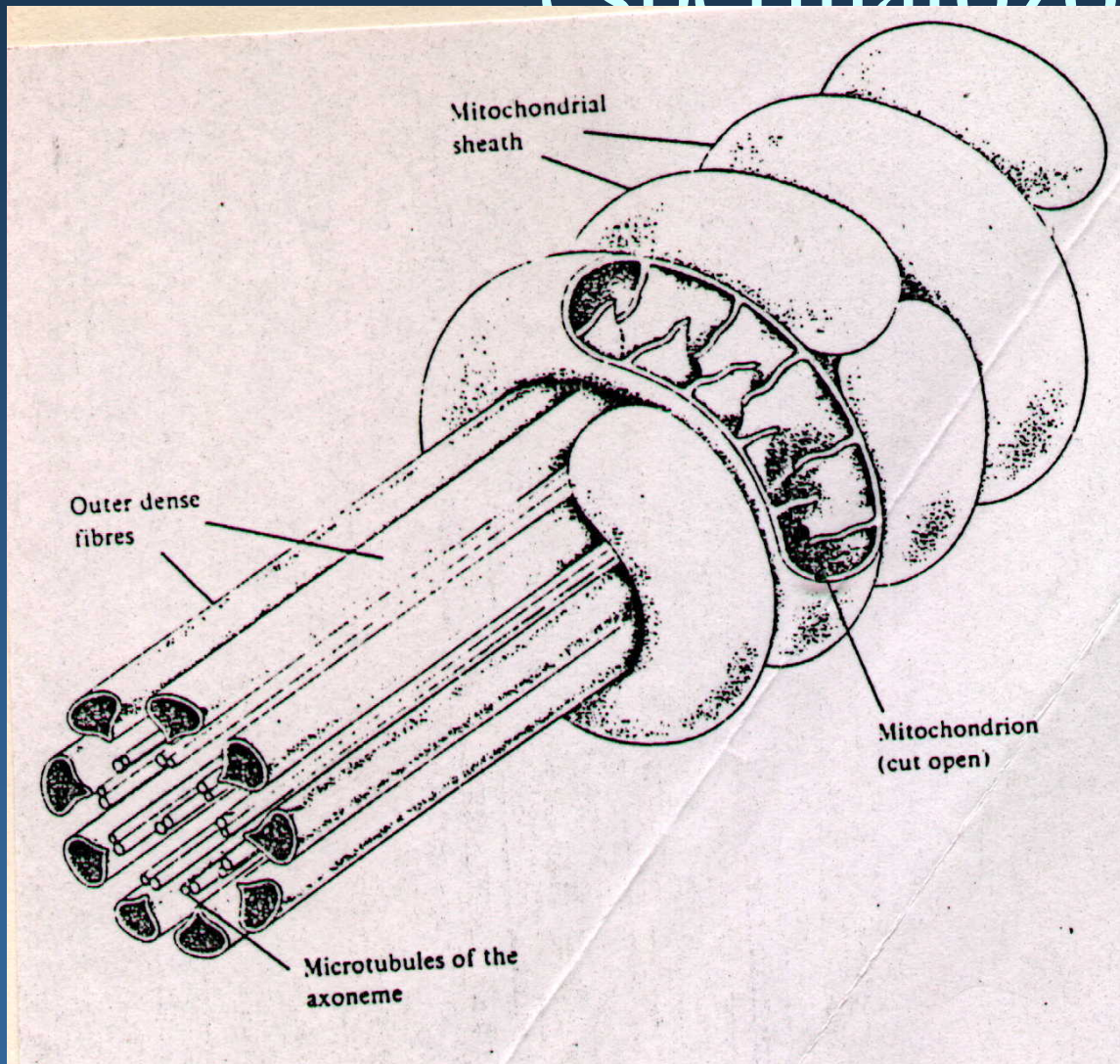
Cabeza de espermatozoide

Sección sagital de la cabeza de un espermatozoide de primate.



D. Fawcet 1977

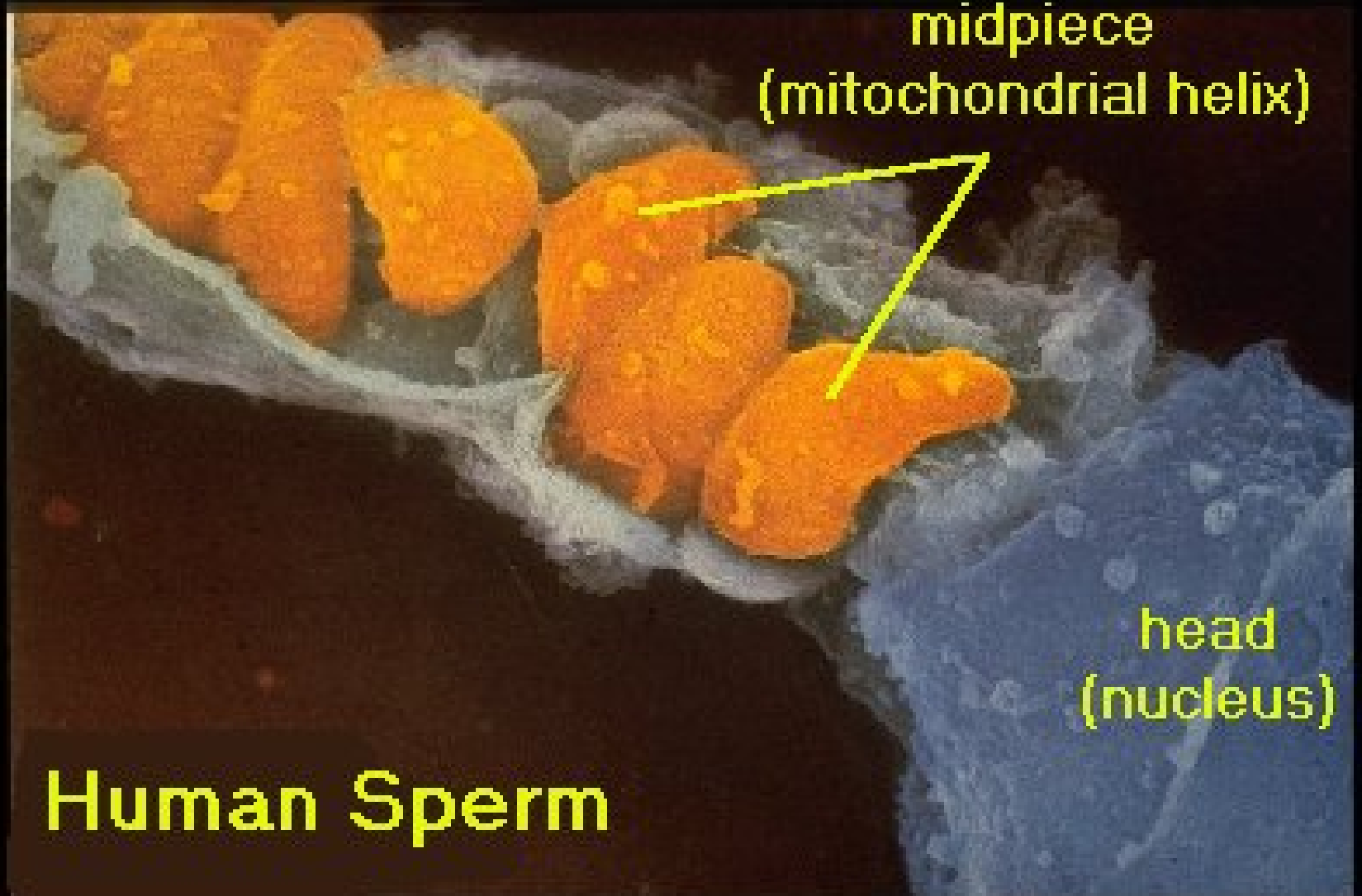
Pieza intermedia de un espermatozoide



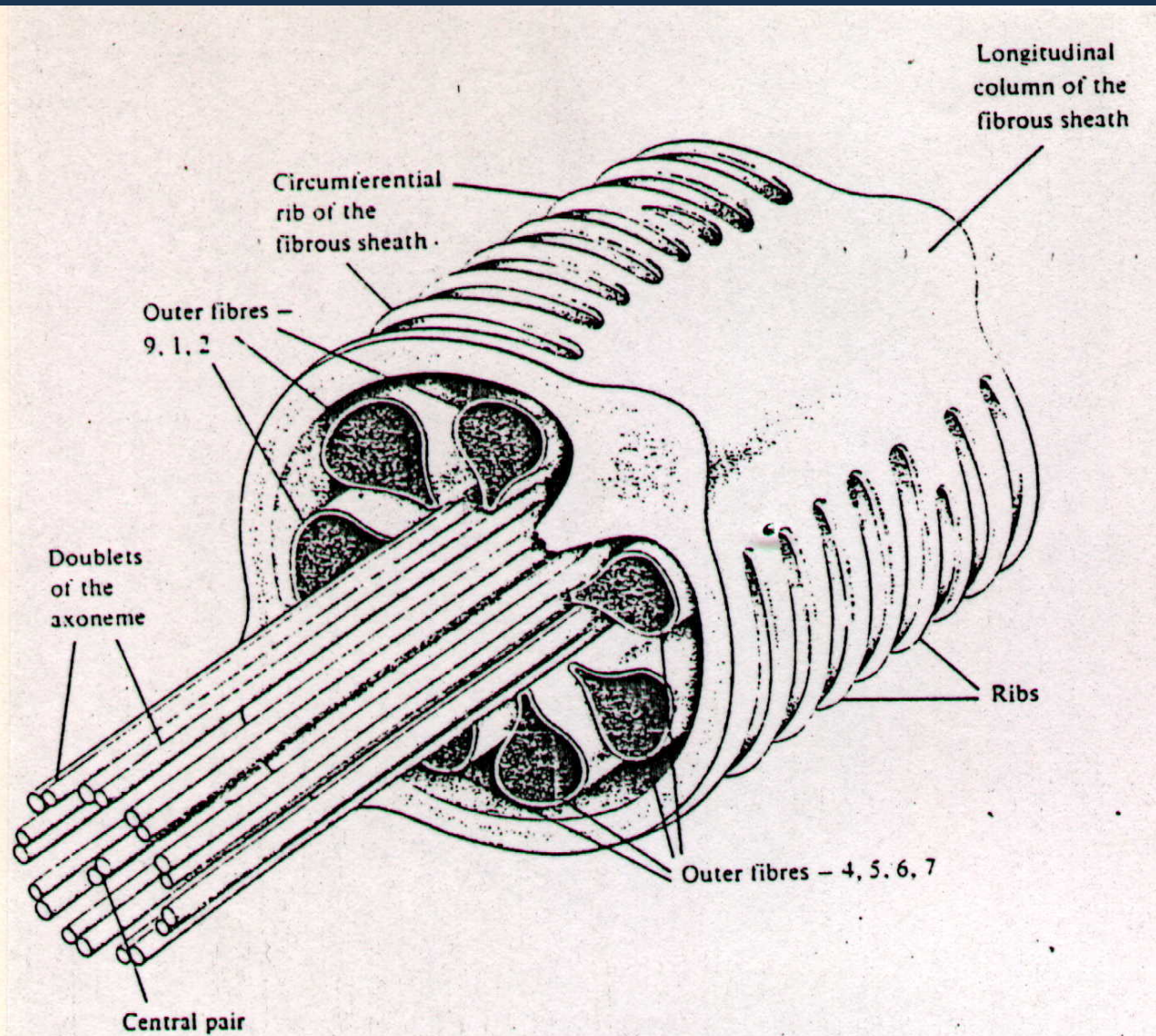
Se observan las mitocondrias rodeando al paquete de fibras. Se ha extraído la membrana plasmática.

D. Fawcet 1975

Mitocondrias en pieza intermedia

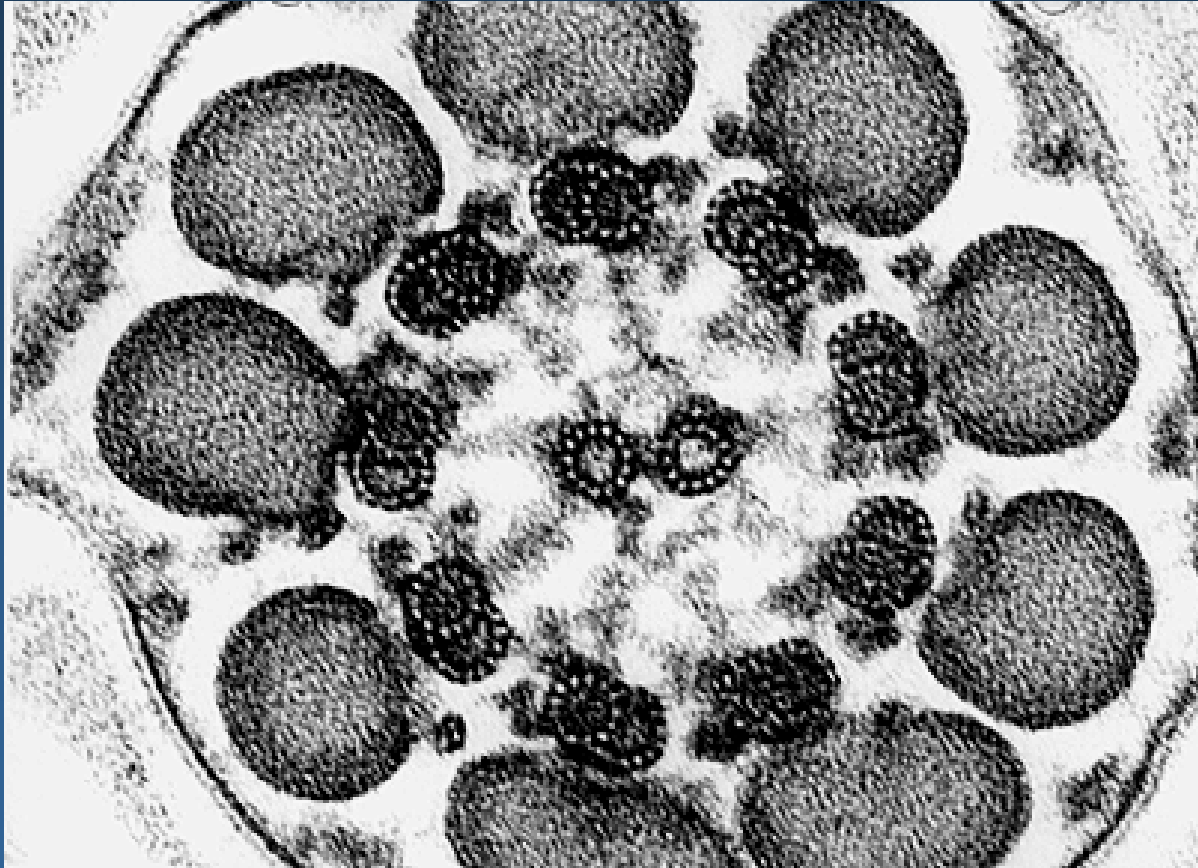


Pieza principal

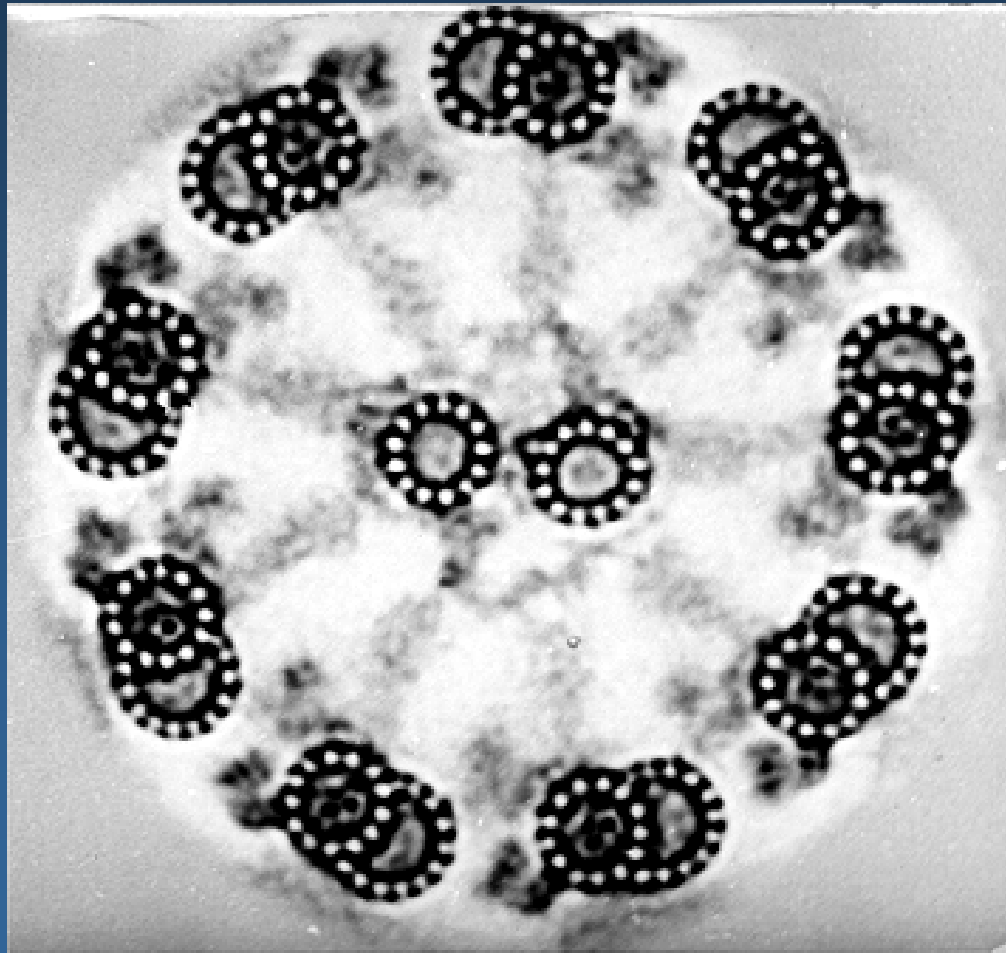


Pieza principal - cola de espermatozoide de mamífero sin membrana plasmática.

Distribución del axonema

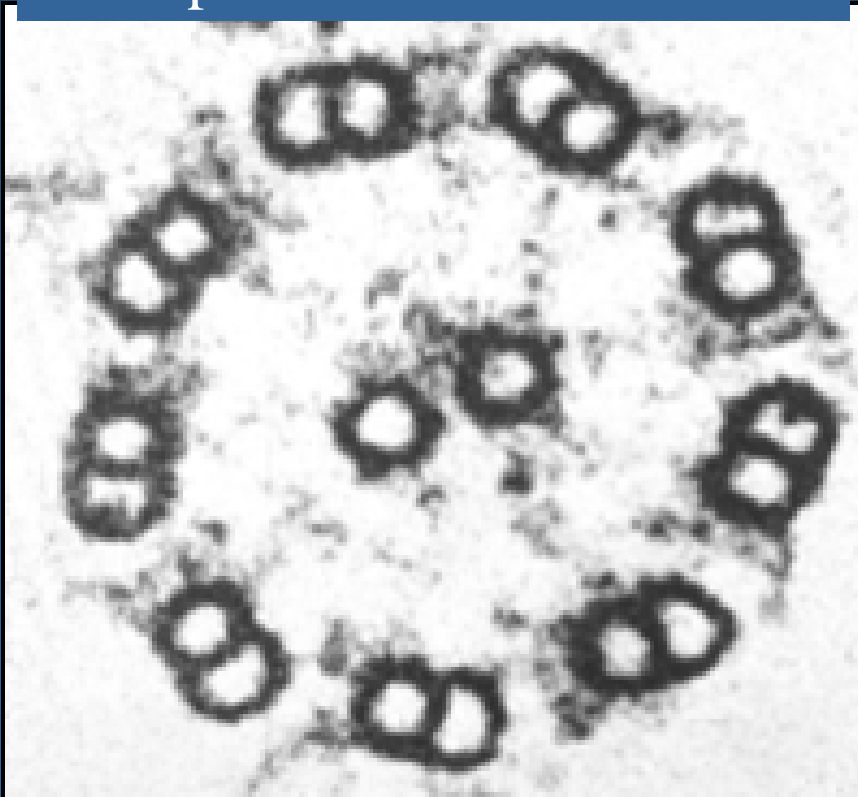


Axonema

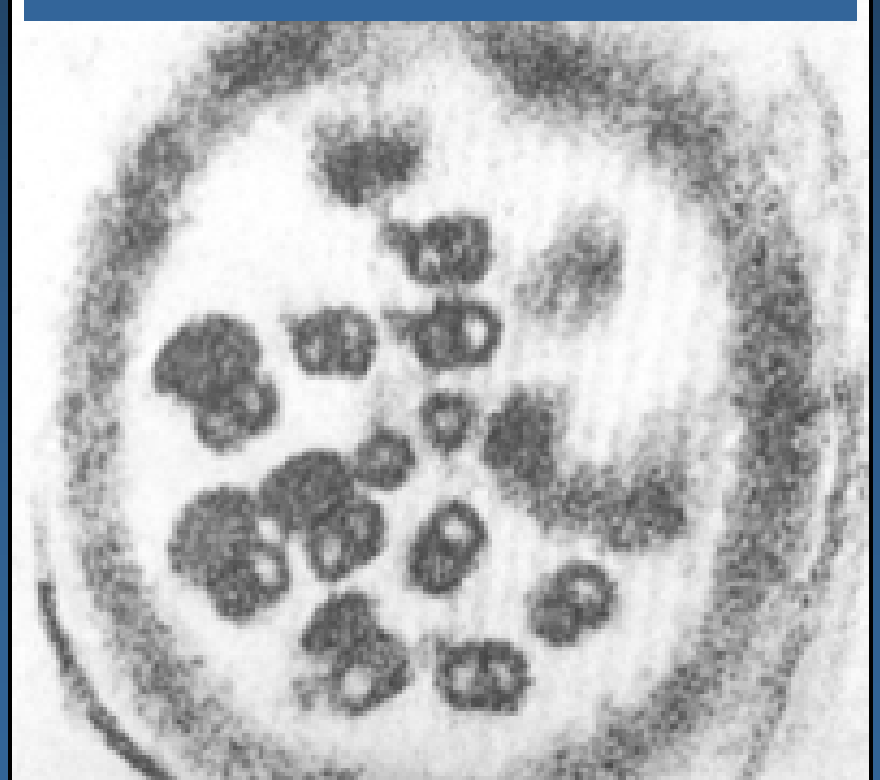


Corte de cola espermática

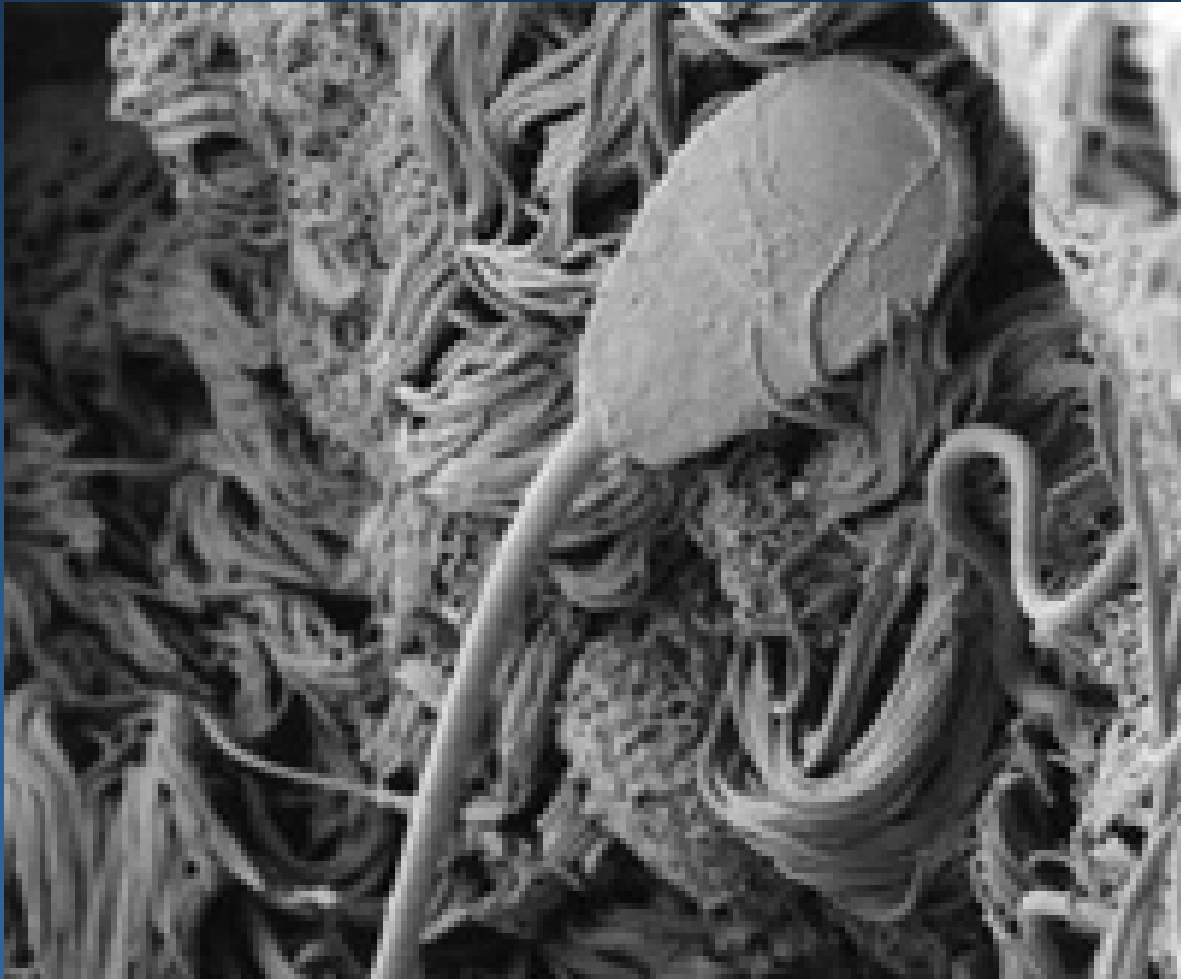
Sección transversal de espermatozoide normal



Sección transversal de cola con defecto en la dineína



Espermatozoide de toro



Capacitación espermática



Capacitación espermática

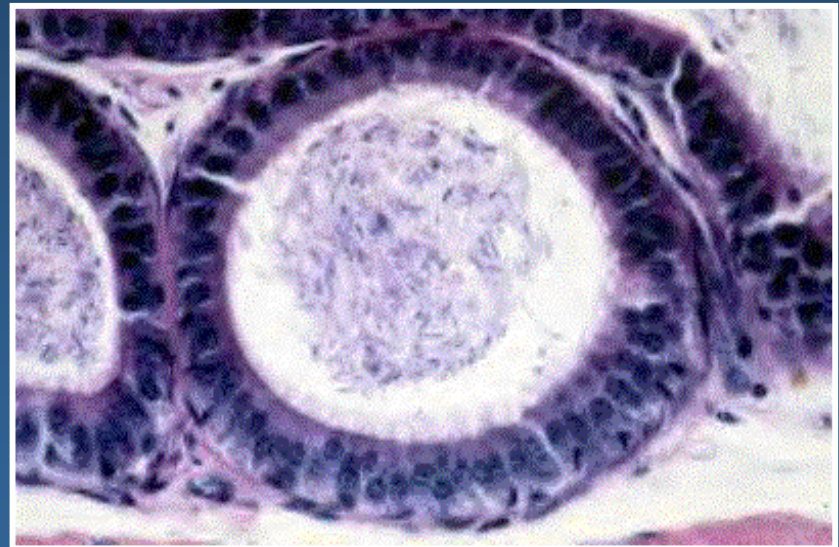
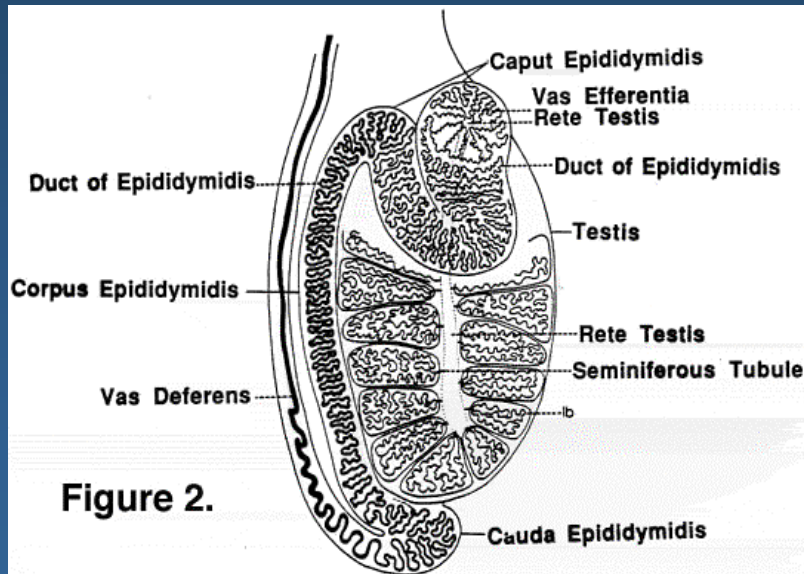


Sistema de conducción

Túbulos seminíferos → *rete testis* (mediastino testicular) → túbulos eferentes (perforan la túnica albugínea) → cabeza del epidídimo → cuerpo del epidídimo → cola del epidídimo (reserva de espermatozoides) → conducto deferente → uretra

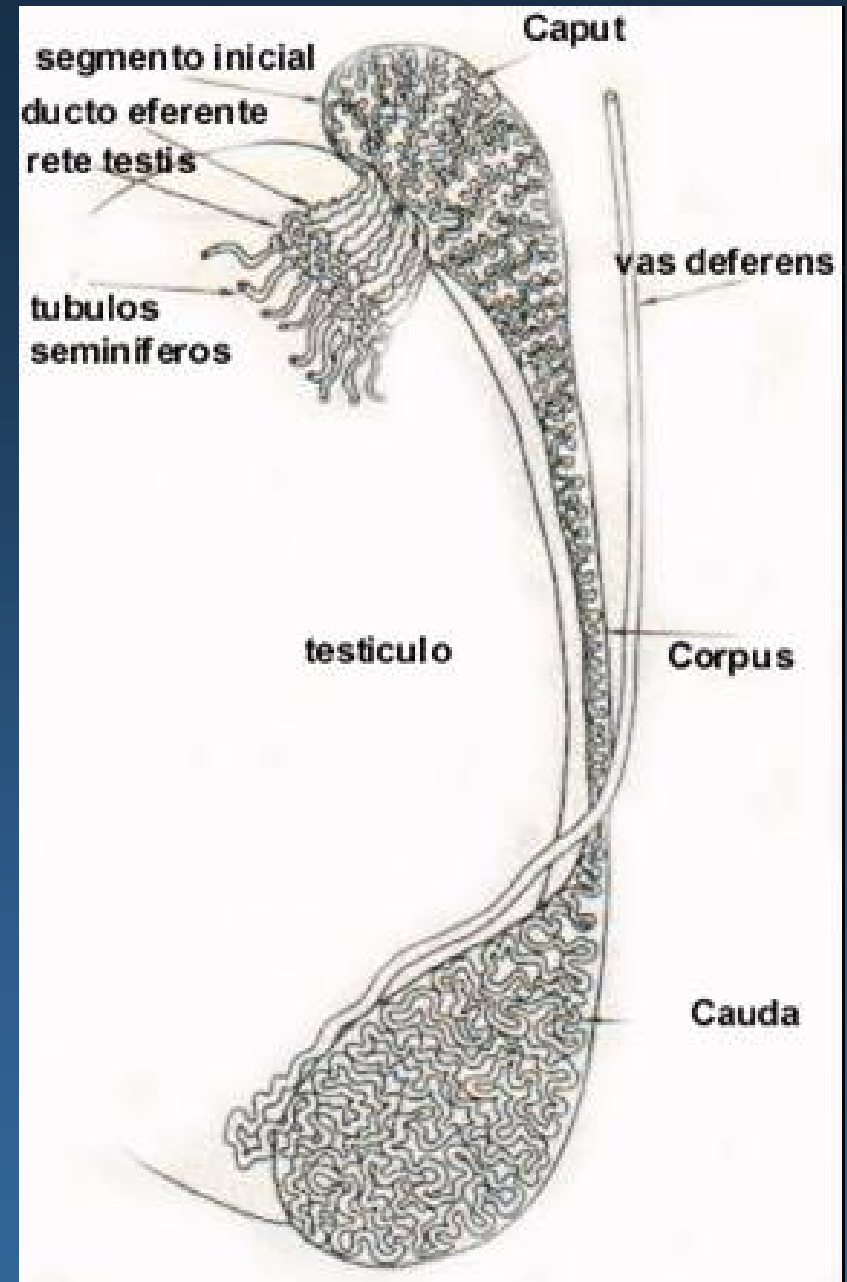
Epidídimo

- Conducto largo, contorneado.
- Conecta los vasos eferentes con los conductos deferentes.
- 3 partes: cabeza, cuerpo, y cola

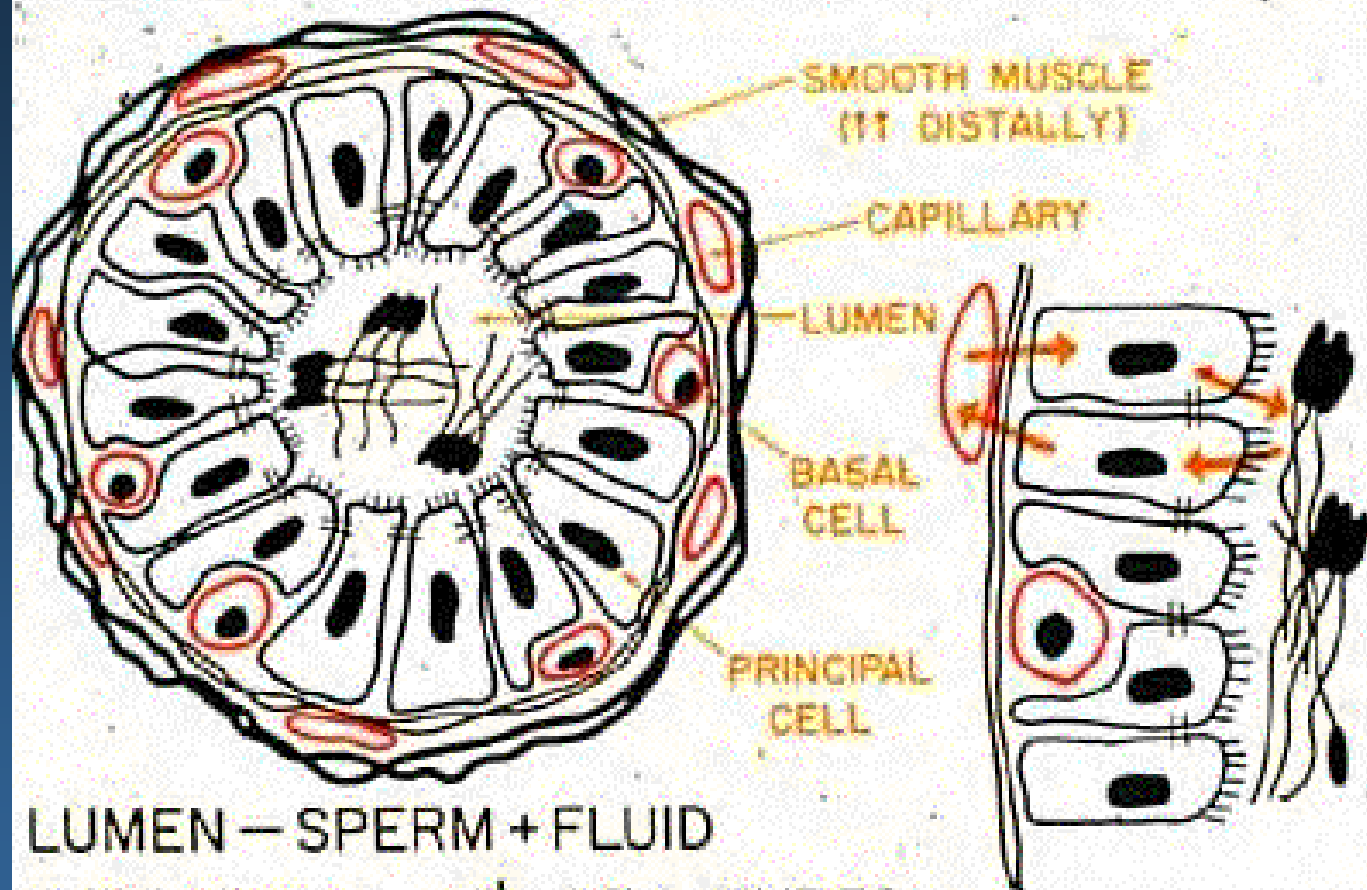


Epidídimo

- Maduración del espermatozoide
- Transporte
- Acumulación
- Nutrición
- Secreción/absorción
- Fagocitosis de espermatozoides anormales



EPIDIDYMIS EPITH CELLS RARELY ÷



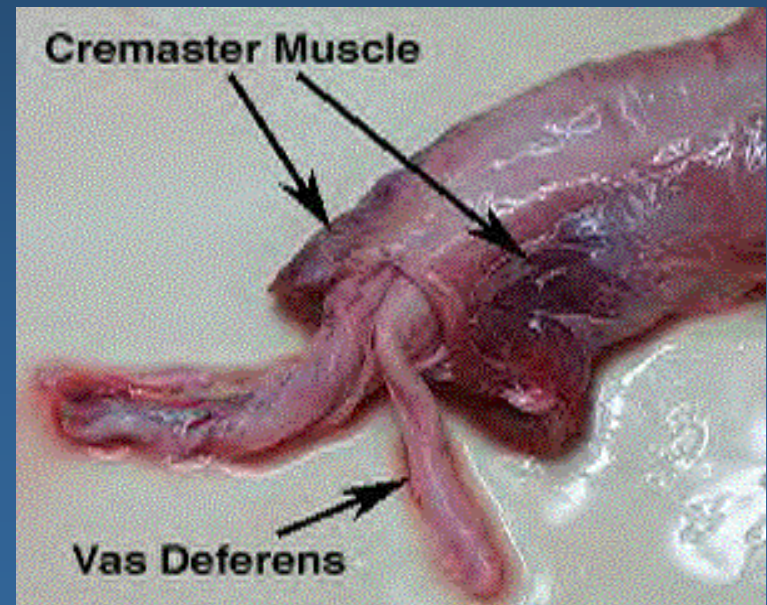
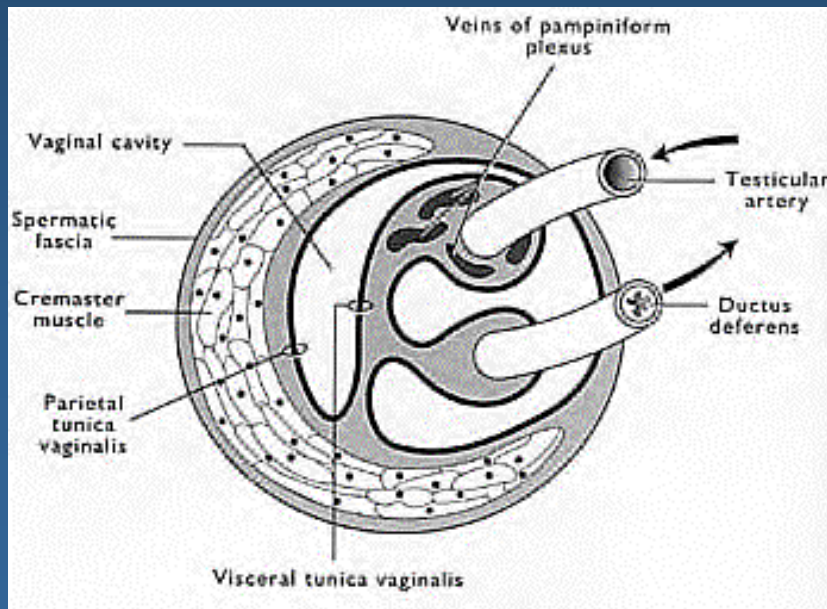
LUMEN — SPERM + FLUID

EPITHELIUM — 2⁺ CELL TYPES

INTERTUBULAR — CT + SM

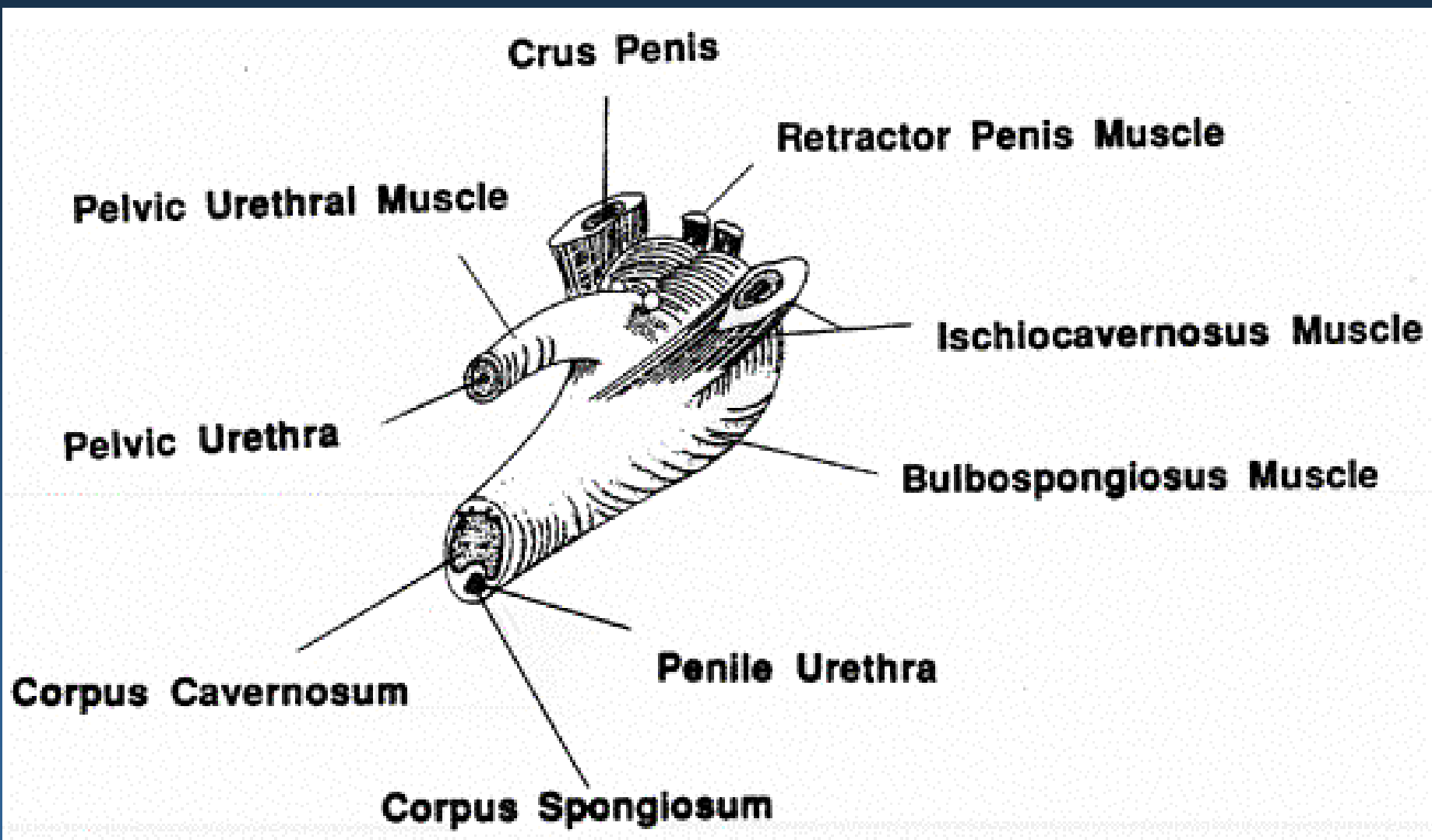
Conducto deferente

- Tubo muscular que impulsa los espermatozoides en la eyaculación
- Forma parte del cordón espermático (binza)
- Se inicia en la cola del epidídimo- desemboca en uretra.



Uretra

- Ubicado sobre el piso de la pelvis
- Tubo largo y angosto
- Se inicia en la vejiga
- Se divide en:
 - uretra pelviana
 - Uretra peniana
- Órgano común con el sistema urinario



Glándulas anexas

Glándulas vesiculares o vesículas seminales (n=2):

- Desemboca en la uretra.
- Secreción de aspecto gelatinoso.
- 30-50% del vol. del eyaculado del toro.
- Secreta fructosa –nutrición espermática.

Glándula prostática (n=1):

- Rodea la uretra pélvica
- Neutraliza el plasma seminal acidificado por acumulación de anhídrido carbónico; como también el pH ácido del tracto genital femenino (buffer)
- 5 al 60% del vol. eyaculado (según especie)

Glándulas anexas

Glándulas bulbouretrales o de Cowper (n=2):

- Localizadas en el lateral de la uretra.
- Lubricación y neutralización del contenido de la uretra (rumiantes)

Glándulas ampulares

- Localizadas en el extremo terminal del conducto deferente.
- Energía y fluidez

Pene

- Órgano copulatorio
 - Dividido en 3 partes
- Glande
Cuerpo
dos raíces

Tejido eréctil o cavernoso: sinuosidades vasculares que se llenan de sangre al momento de la erección, generando turgencia

Erección:

- por aumento de tamaño debido a la turgencia generada por la sangre (mayormente cuerpo cavernoso) –*equino*-.
- por enderezamiento del ángulo sigmoideo (toro, carnero, cerdo) (mayormente tejido conectivo)

Pene

- Prepucio
- Flexura sigmoidea
- Tipos de penes
 - Fibroelásticos
 - Musculocavernosos

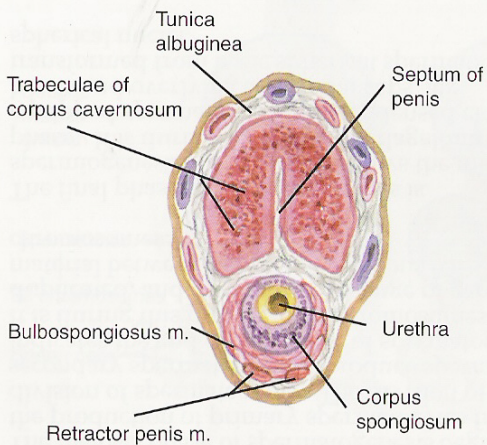
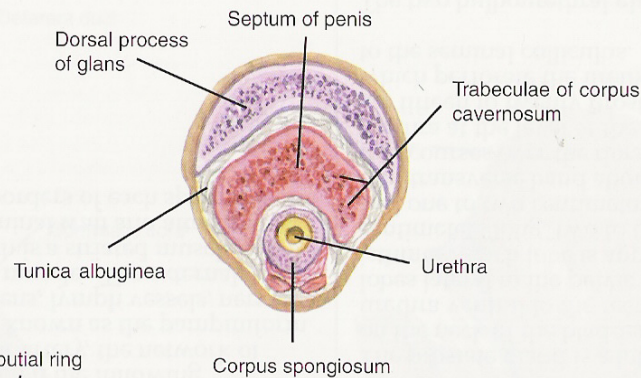
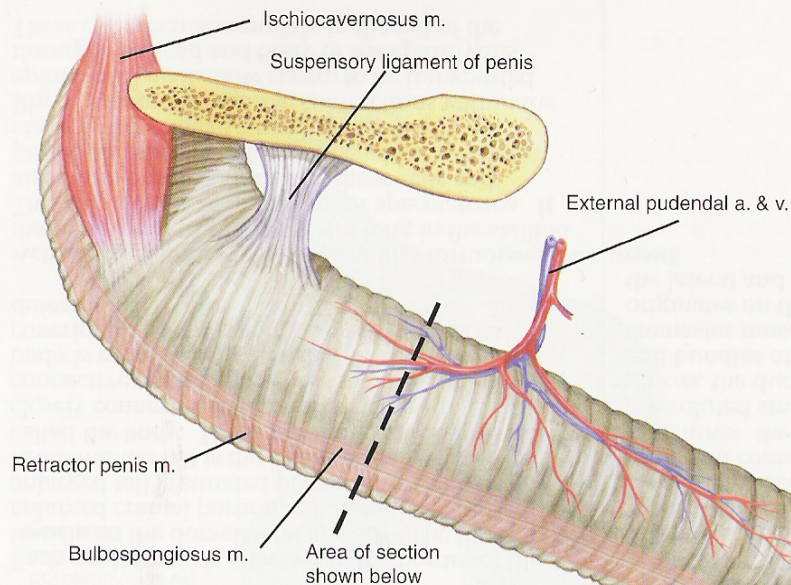
Tipos de penes

- 1- Musculocavernosos: al llenarse de sangre aumentan de tamaño.(hombre y caballo).
- 2- Fibroso: inextensible el órgano y no incrementa en tamaño durante la erección. Aumenta su rigidez y longitud por enderezamiento de la flexura sigmoidea y por relajación del músculo retractor.
(rumiantes y cerdos).

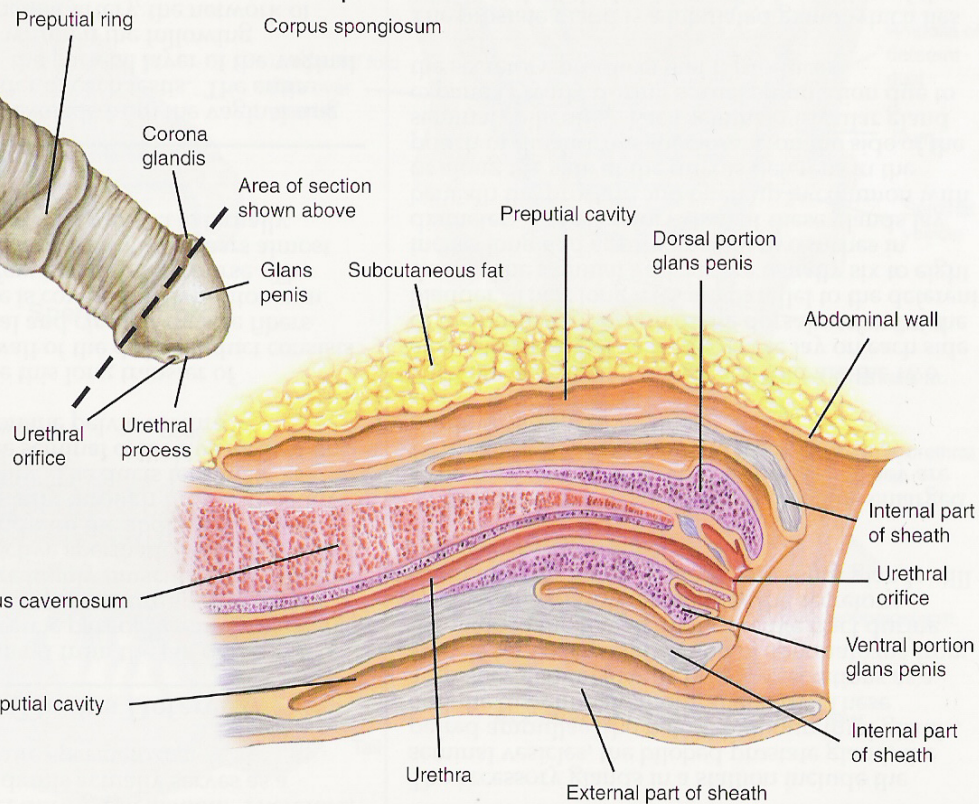
THE STALLION

Anatomy of the Urethra and Penis

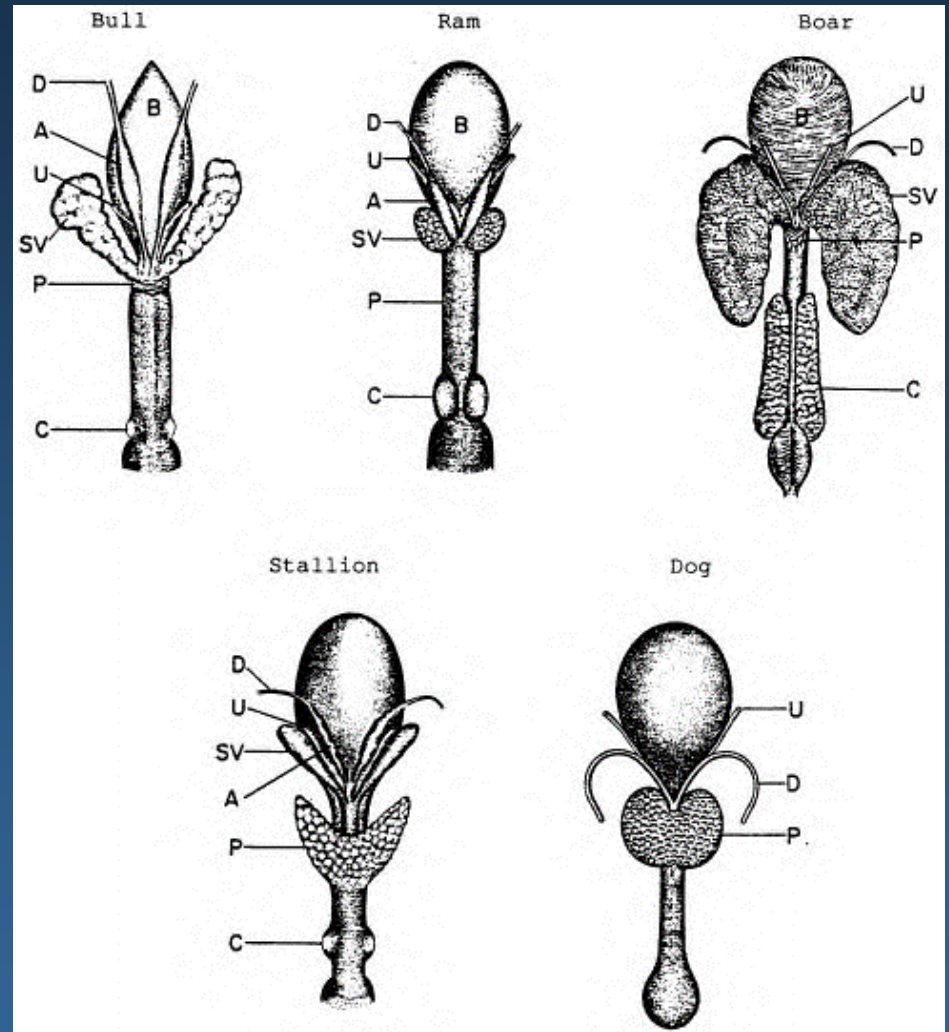
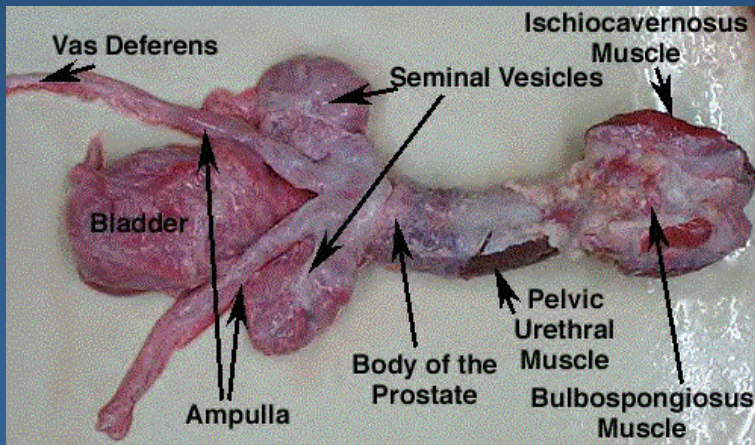
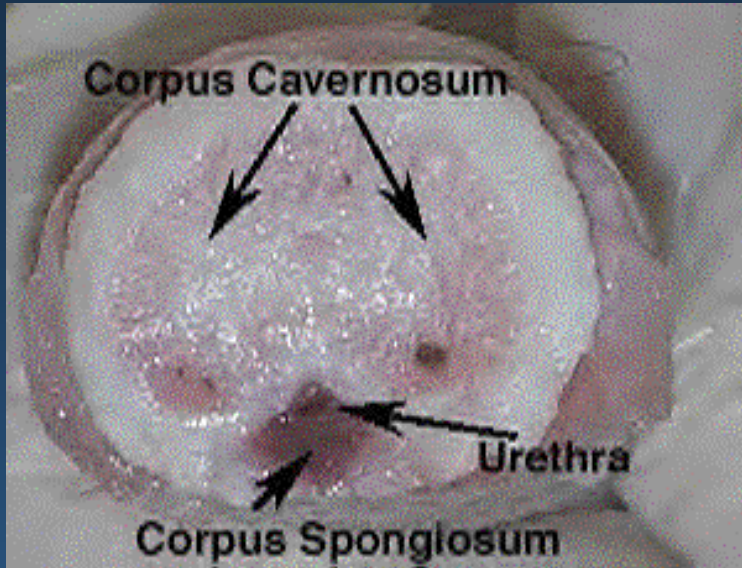
Artwork By S. Hakola / J. Dirig
Copyright Equistar Publications, Ltd.



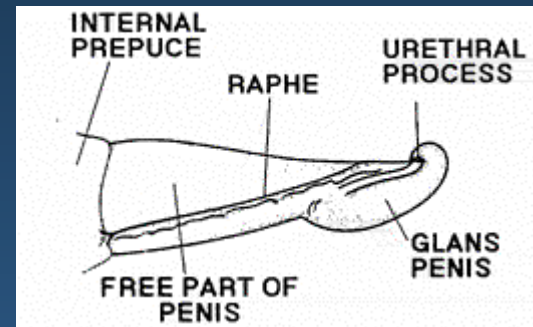
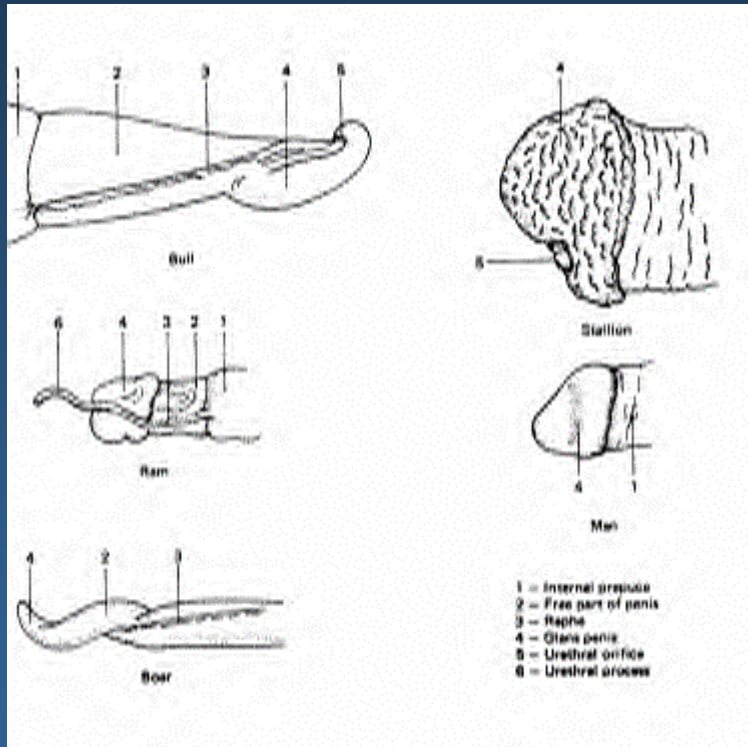
Anatomy of the Penis



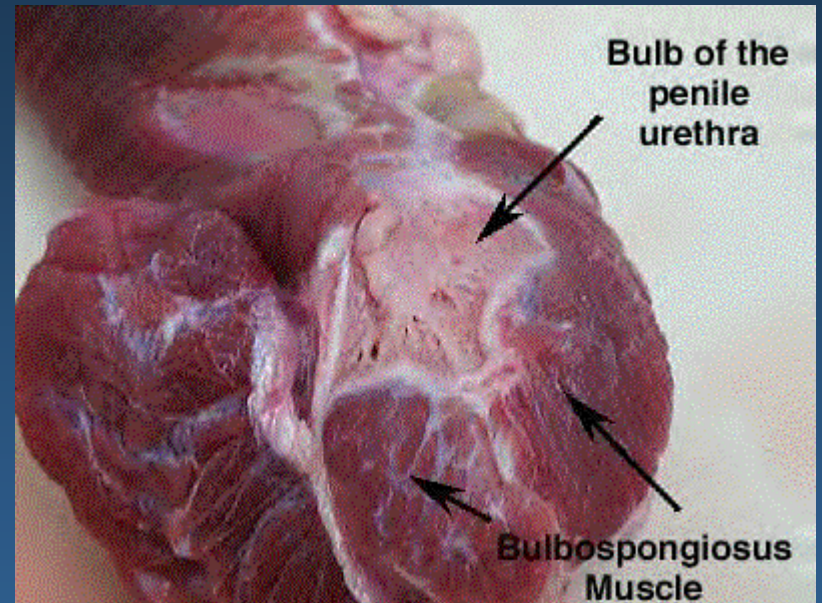
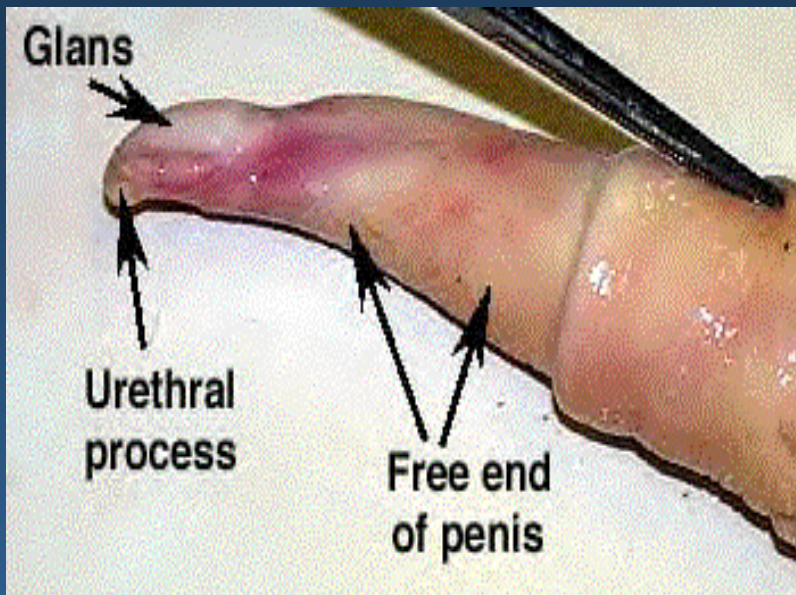
Longitudinal Section of Prepuce

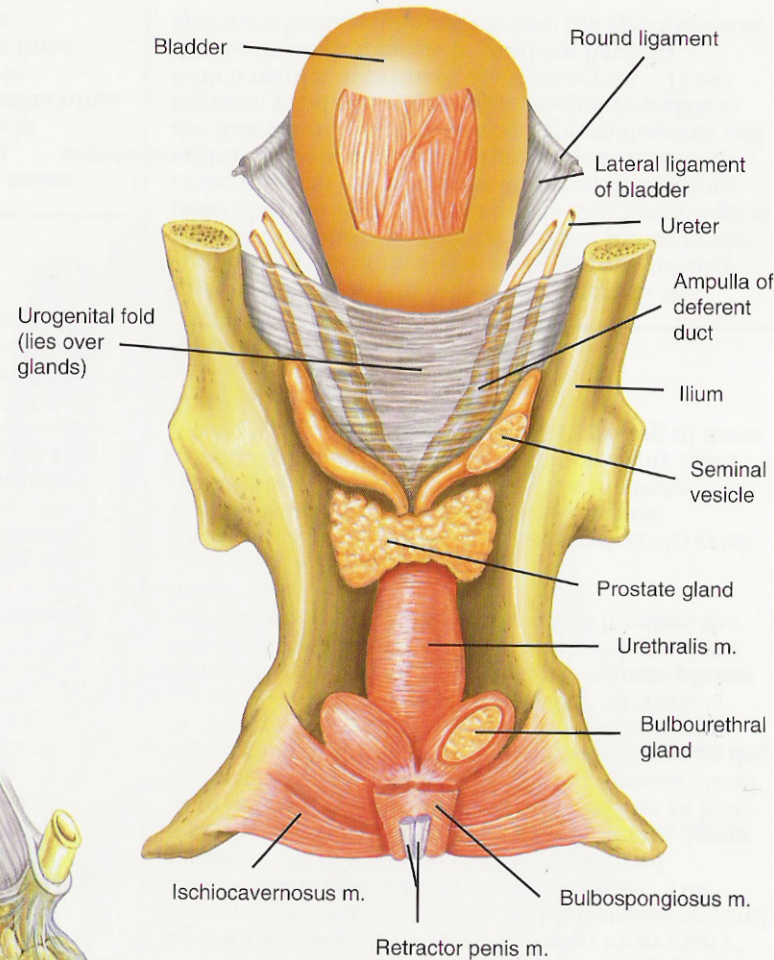
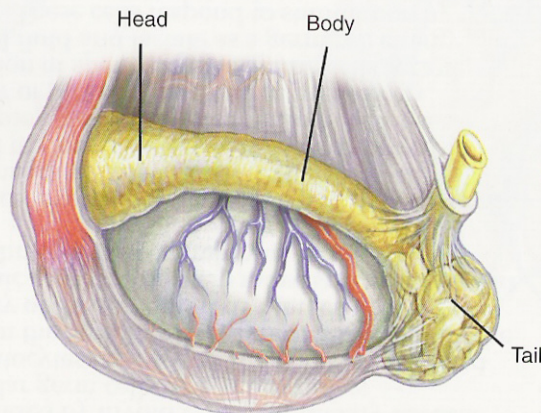
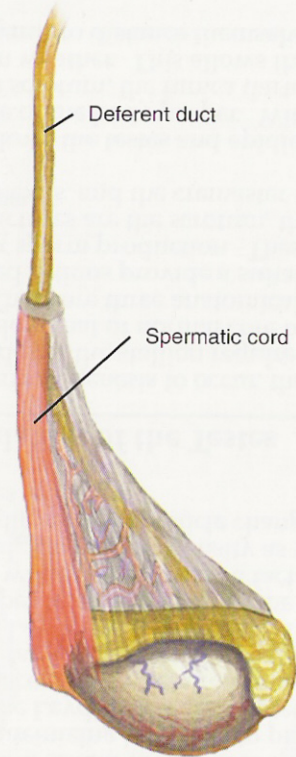
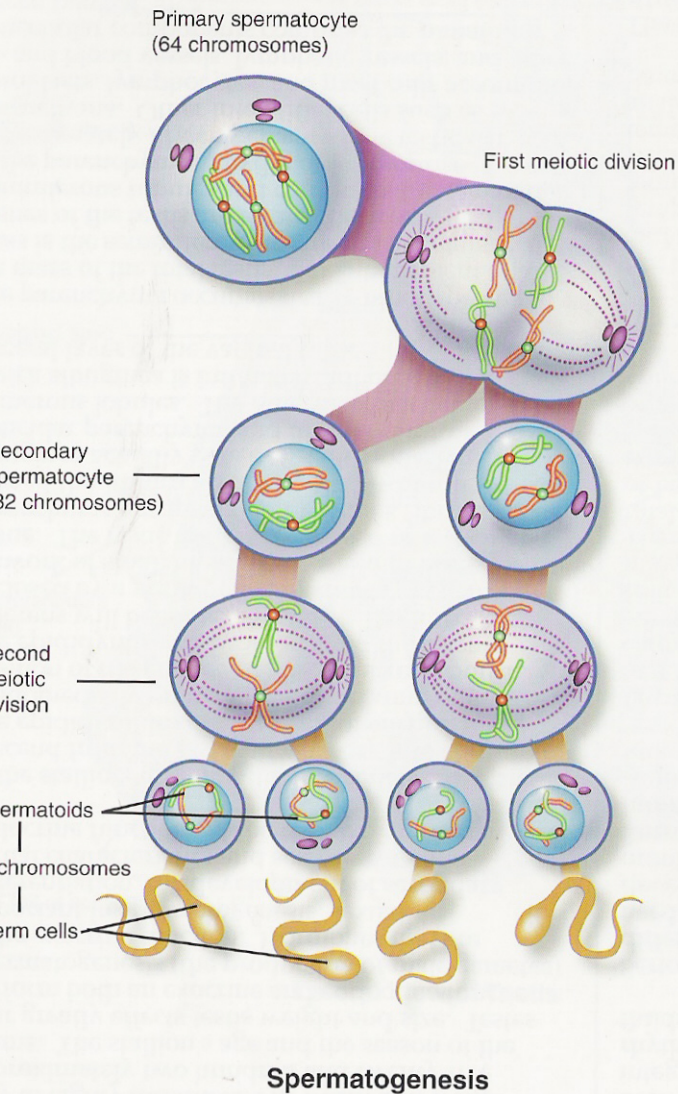


Glande



Pene-Prepucio





Espermatogonia



Espermatocito primario



Espermatocito secundario



Espermatides



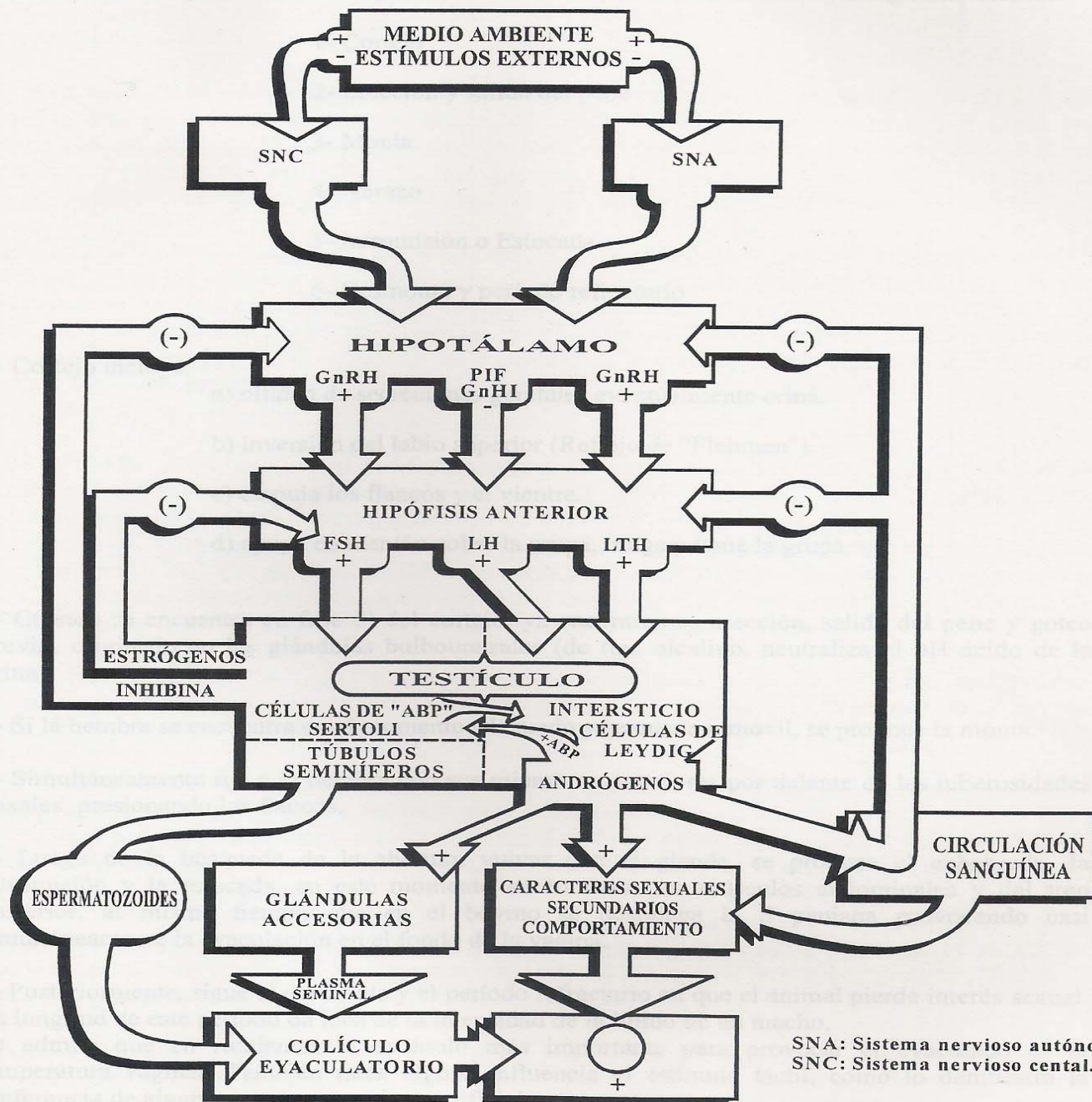
Espermatozoide

FSH

Testosterona

Regulación neuroendocrina

- Requiere del sistema hipotálamo- hipófisis- gonadal



SNA: Sistema nervioso autónomo
 SNC: Sistema nervioso central.

Hormonas

- Inhibina: producida por túbulos seminíferos. Inhibe secreción de FSH y de ICSH.
- FSH: aumenta la síntesis de *ABP –proteína transportadora de andrógenos*. Aumenta la síntesis de esperma.
- Prolactina: potencia la acción de la ICSH
- ICSH –*hormona estimulante de las células intersticiales*:
- LH: estimula el desarrollo testicular y la secreción de testosterona.
- Testosterona.

- Secretada por las células de Leydig
- Regulada su producción por FSH/LH
- Comportamiento del macho y de los caracteres sexuales secundarios.



Testosterona

Testosterona

- Diferenciación sexual genitales externos
- Descenso de los testículos
- Separación glande-pene
- Crecimiento glándulas accesorias
- Líbido
- Mantener secreción/absorción del epidídimo
- Espermio genesis

Pubertad

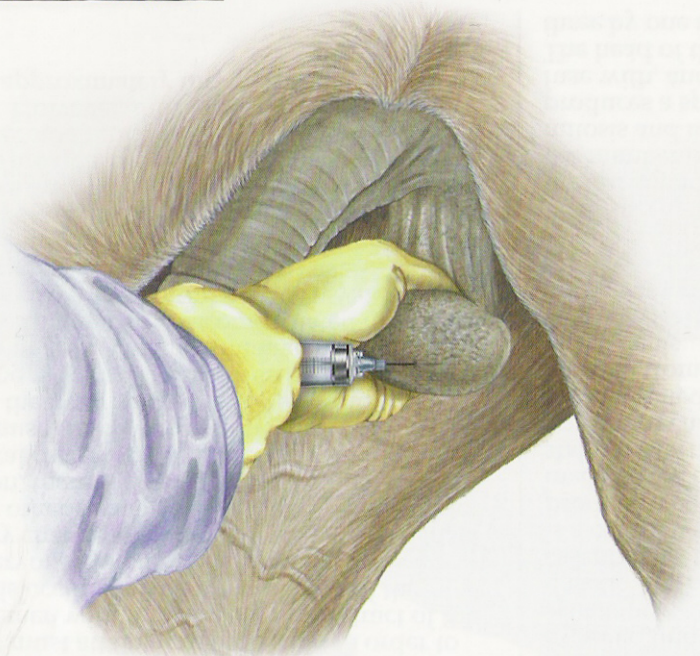
	Promedio	Rango
Caballo	18 meses	12-24 meses
Toro	9-12 meses	6-18 meses
Carnero	7-8 meses	4-12 meses
Cerdo	5-7 meses	4-8 meses

Características sexuales secundarias

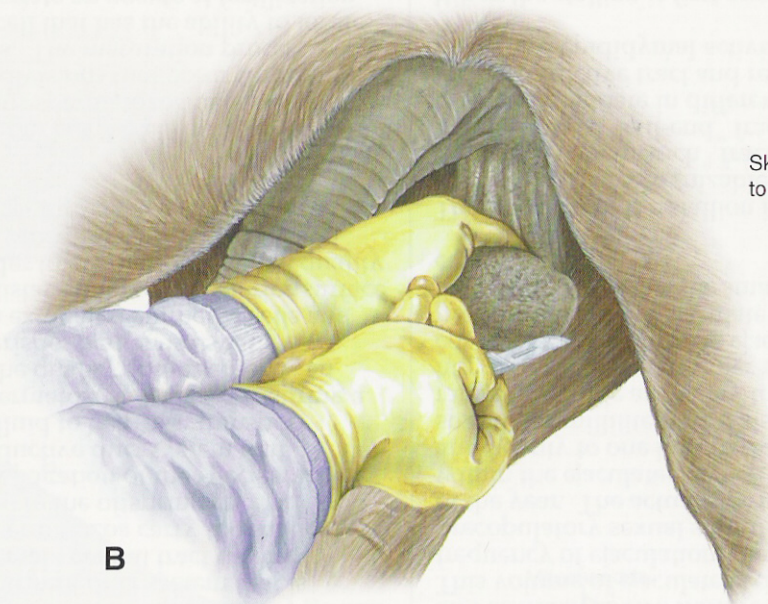
- Debido a la presencia de testosterona
 - Cabeza y hombros más corpulentos (toro)
 - Cuernos en algunas especies.
 - Colmillos.
 - Menos grasa subcutánea.
 - Mínimo desarrollo mamario.

Prácticas zootécnicas

- Castración: extirpación de los testículos.
 - Química.
 - Quirúrgica.
 - Pinza emasculadora.
 - Banda elástica
- Vasectomía: extirpación de una porción de los conductos deferentes.

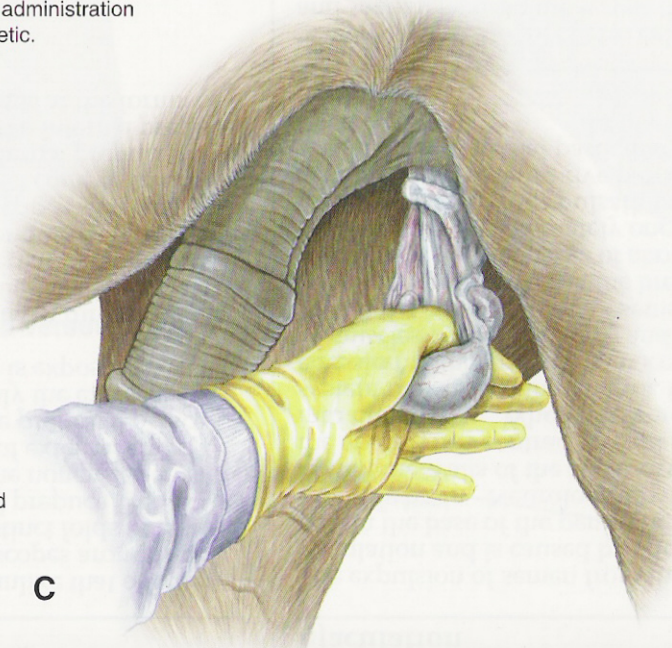


A Subcutaneous administration of local anesthetic.



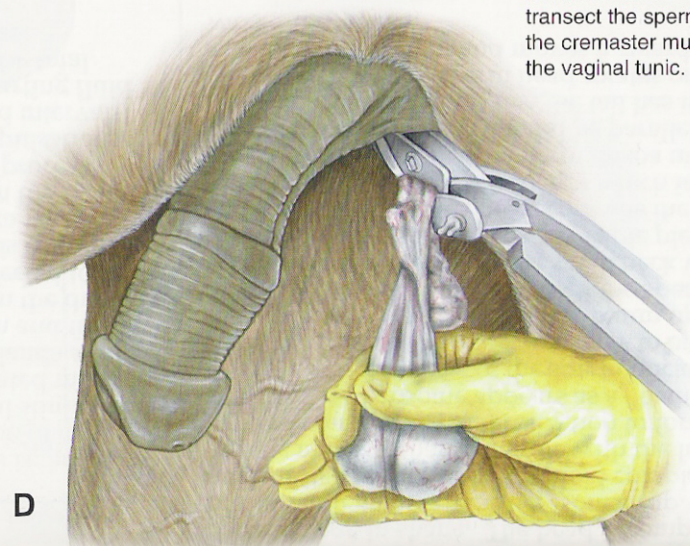
Skin incision parallel to the median raphe.

B



Blunt dissection performed to expose all contents of the vaginal tunic.

C



Emasculator used to transect the spermatic cord, the cremaster muscle, and the vaginal tunic.

D

Exámen reproductivo

- Exámen general:
 - Aplomos.
 - Características zootécnicas.
 - Vista.
 - Etc.
- Capacidad de servicio.
- Exámen testicular.
- Exámen sanguíneo (enfermedades)
- Exámen del eyaculado.

Examen testicular.



examining the scrotum

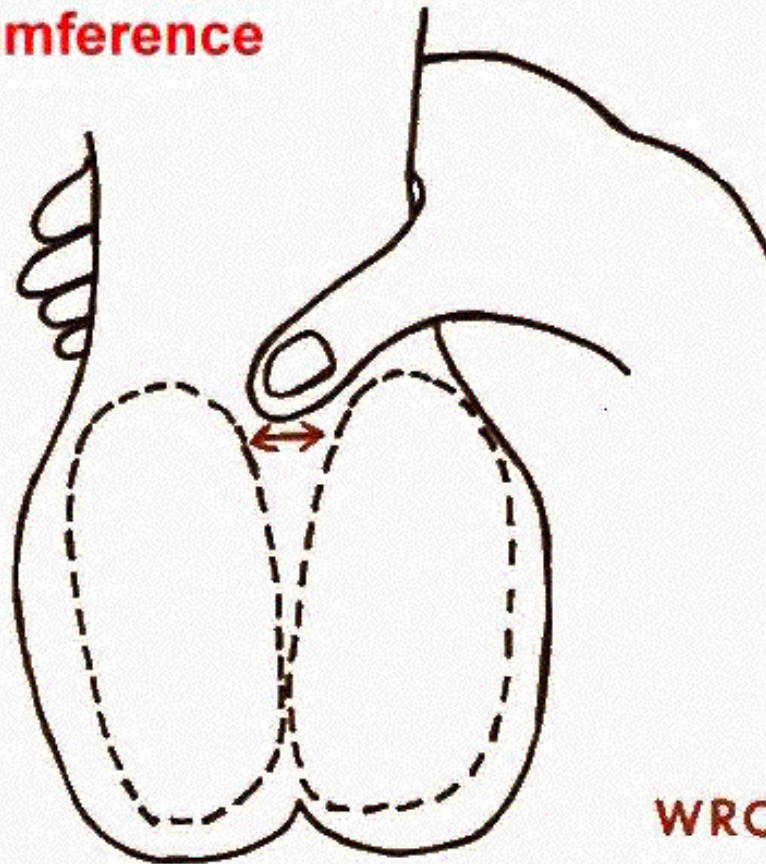
copyright 1996 by R.G. Elmore

scrotal circumference tape



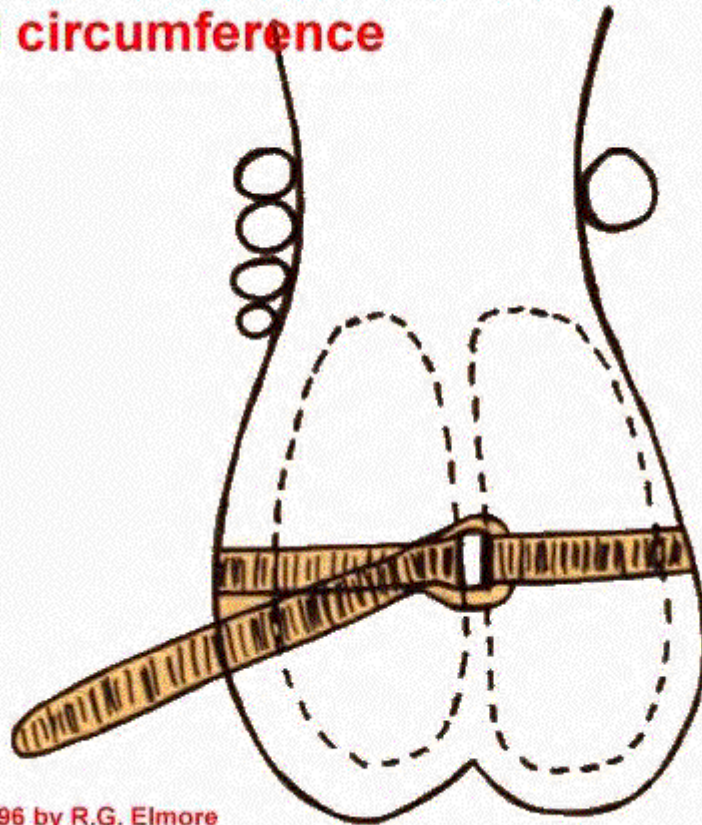
copyright 1996 by R.S. Youngquist

**placement of hands to measure
scrotal circumference**



WRONG!!!!

**placement of hand to measure
scrotal circumference**



RIGHT!

copyright 1996 by R.G. Elmore

**correct placement of
scrotal circumference tape**

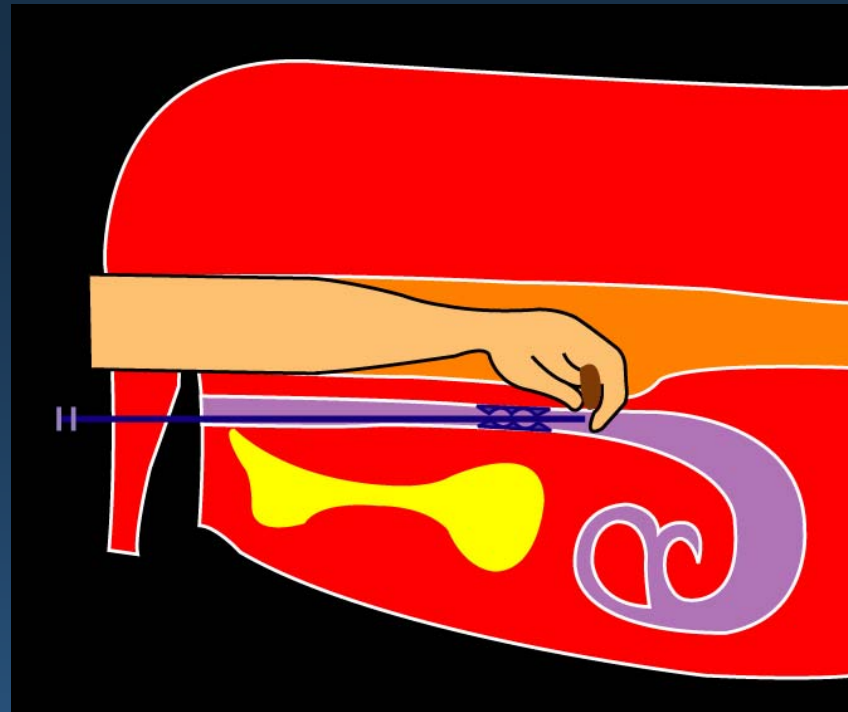


copyright 1996 by R.G. Elmore

INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

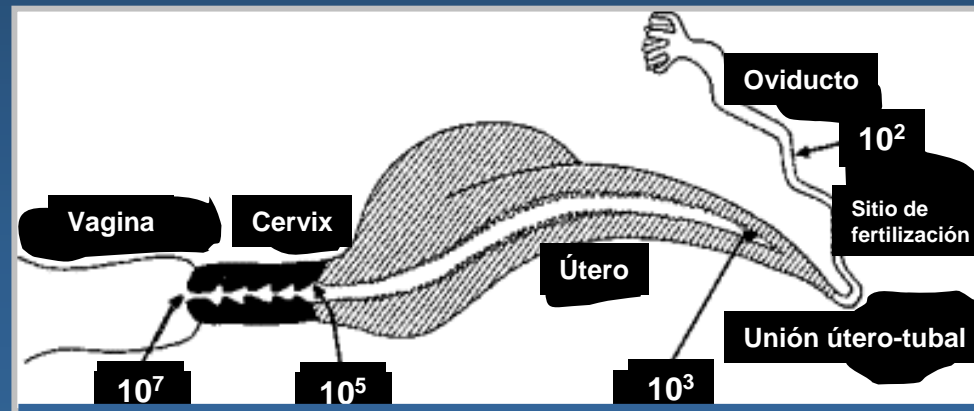
FUNDAMENTOS

La inseminación artificial es la técnica reproductiva mas difundida



Técnica de inseminación artificial en el ganado bovino:

- Simple
- De bajo costo
- Efectiva



Gradiente en el número de espermatozoides viables después del servicio en el tracto genital de la hembra

Agrobiotecnología

Biología
en reproducción
animal

Ventajas y aplicaciones de la inseminación artificial

- **Aumento del progreso genético**
 - Aumento de la eficiencia de estimación del valor genético (ensayo de progenie)
 - Uso intensivo de un macho de alto valor genético
 - Rápida difusión de la genética superior
- **Control de enfermedades venéreas**
- **Eliminación de costos asociados al toro**
- **Uso de machos incapacitados**
- **Transporte y conservación prolongada de material genético**
- **Utilización de semen sexado**

Agrobiotecnología

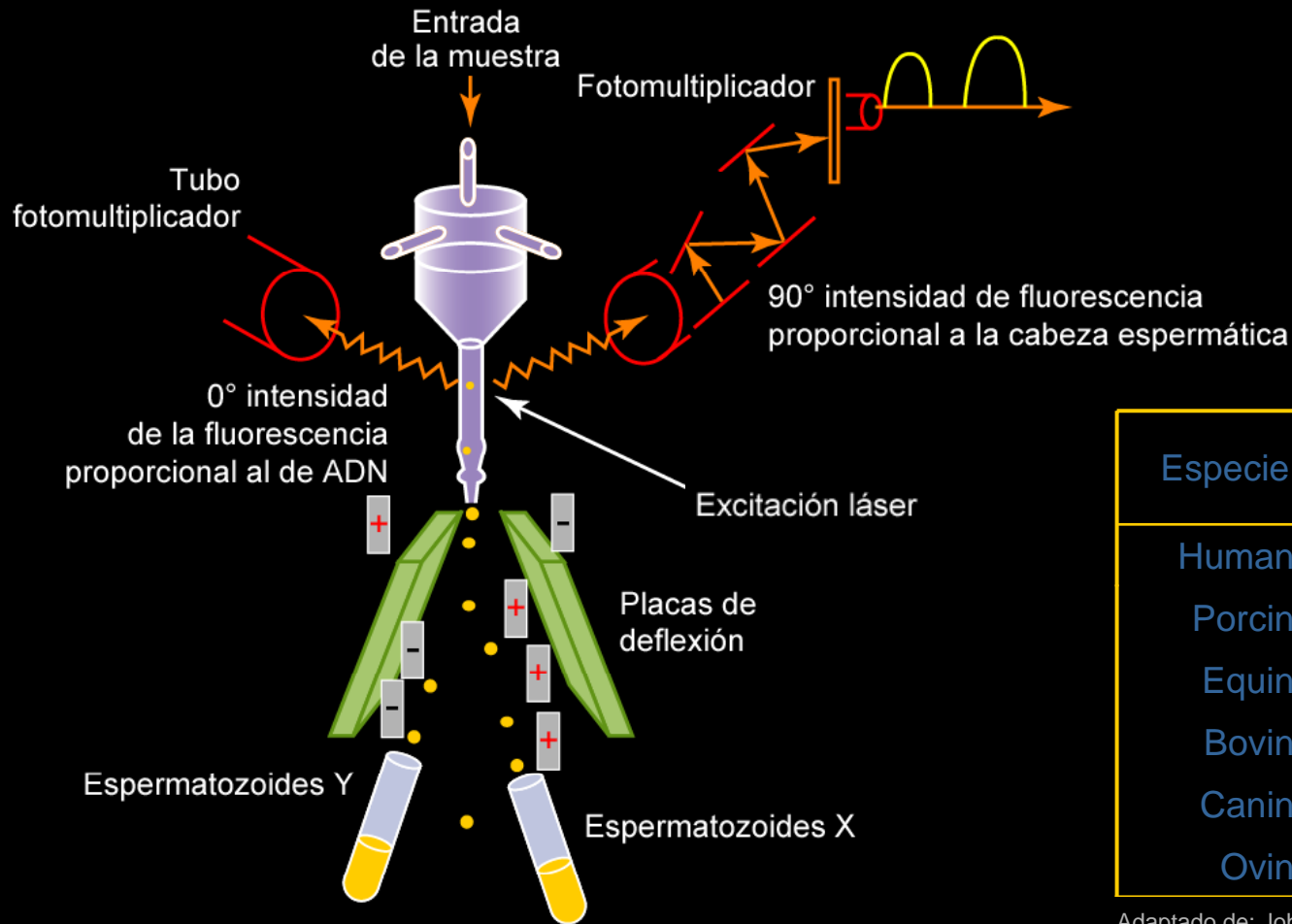
Biología
en reproducción
animal

Producción de semen en el ganado bovino

Región	Centros de colección de semen	Toros	Dosis producidas frescas	Dosis producidas congeladas
África	18	646	55.204	1.484.850
Norteamérica	69	9.627	0	43.270.500
Sudamérica	71	530	0	5.917.269
Lejano Oriente	188	9.228	8.874.920	63.938.027
Oriente Medio	17	268	16.794	2.559.640
Europa	239	19.803	2.694.903	115.176.785
Total	602	40.102	11.641.821	232.347.071

Adaptado de: Vishwanath, Theriogenology, 2003.

Inseminación artificial con semen sexado



Especie	Diferencia X-Y (%)
Humana	2,8
Porcina	3,6
Equina	3,7
Bovina	3,8
Canina	3,9
Ovina	4,2

Adaptado de: Johnson and Welch, Theriogenology, 1999.

Posibles usos del semen sexado

- Producción animal
- Animales de compañía
- Deportes (perros, caballos)
- Investigación
- Animales transgénicos
- Medicina humana
 - Enfermedades genéticas ligadas al sexo
 - Elección del sexo

Agrobiotecnología

Biología
en reproducción
animal

El uso de semen sexado para inseminación artificial de bovinos es aún limitado

- Alto costo de la tecnología
 - Utilización de semen fresco (no criopreservado)
 - Separación de 1×10^7 espermatozoides de cada sexo por hora con una pureza de 90%
 - Equipamiento costoso
- Menor fertilidad
 - Dosis de inseminación reducidas (2×10^6)
 - Espermatozoides con reducida fertilidad
- Utilización de semen sexado
 - Test de progenie
 - Aumento de la presión de selección
 - Asociado con otras tecnologías (superovulación y transferencia de embriones, fertilización *in vitro*)

Agrobiotecnología

Biología
en reproducción
animal

IA PASOS A SEGUIR

- **Colección semen**
- **Completo examen de viabilidad.**
- **Semen fresco**
 - **utilizado inmediatamente después de la extracción (pavos, gansos y cerdos)**
- **Criopreservación**
 - **(vacas).**

Inseminación Artificial

Electroeyaculación: en toros y carneros.

Manual: en cerdos, aves y peces.

Vagina Artificial: da buenos resultados.

Electroeyaculador



Electroeyaculación



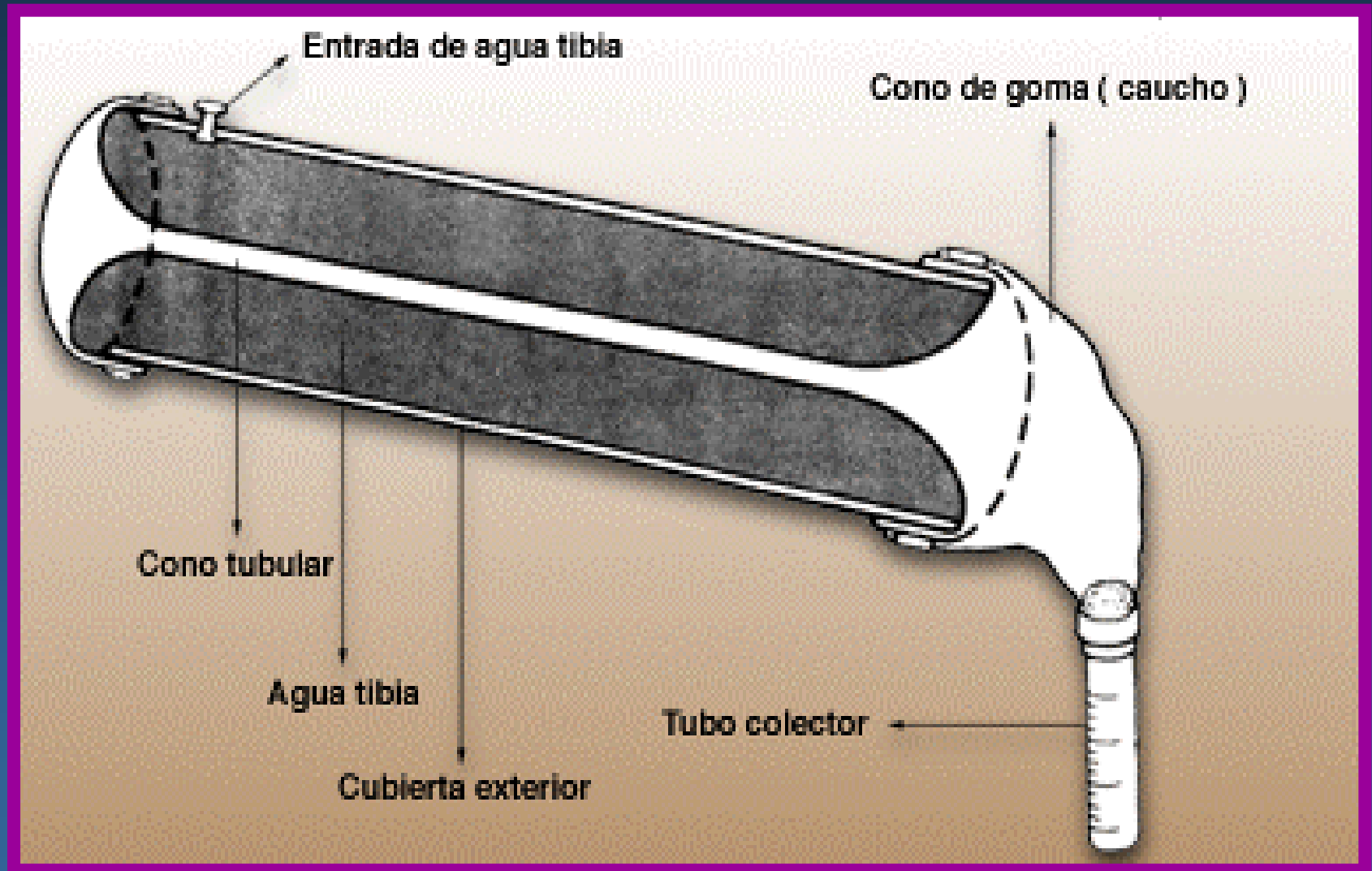


VAGINA ARTIFICIAL

PASOS A SEGUIR

Consiste en un tubo rígido con una manga de goma que se llena con agua tibia (40°) a fin de simular la temperatura corporal.

VAGINA ARTIFICIAL







Potro de salto



Mano enguantada



Extracción de semen por masaje



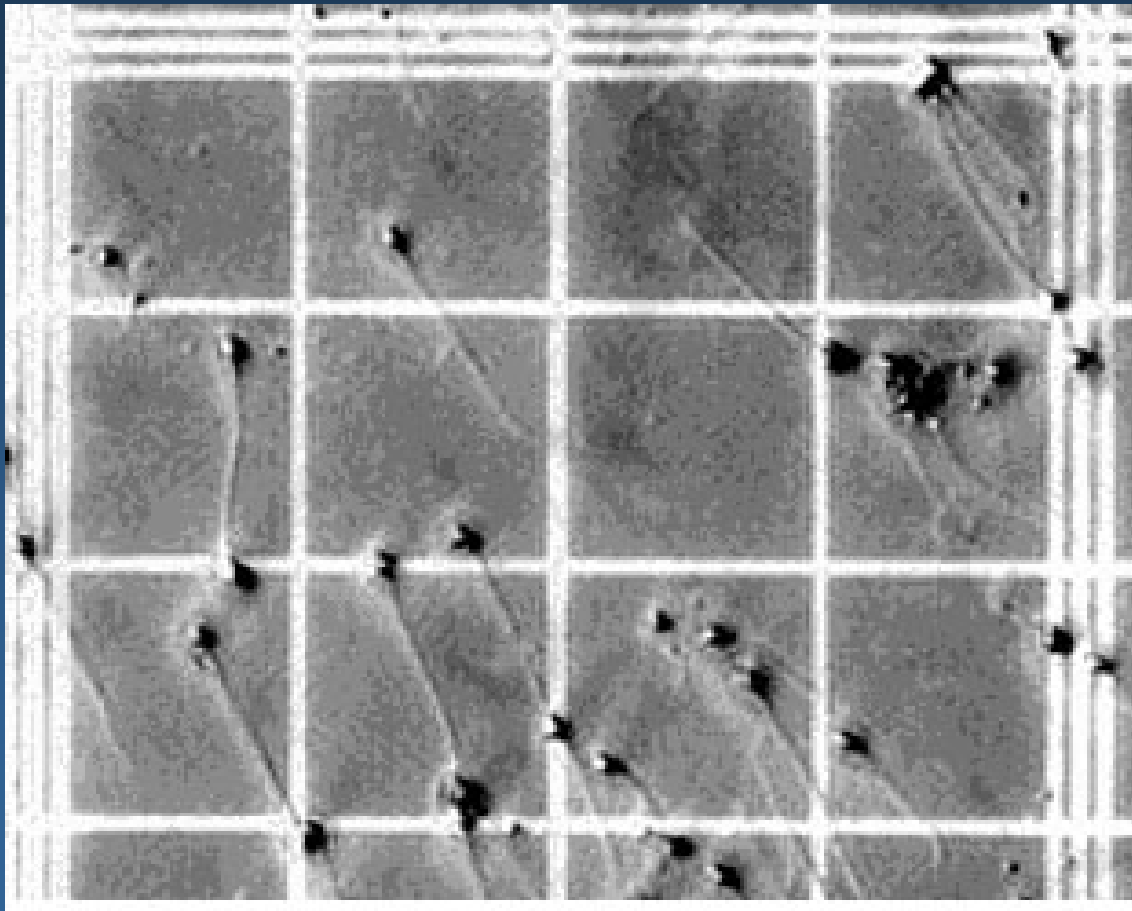
Evaluación Microscópica

- Porcentaje de motilidad progresiva
- Concentración espermática
- Porcentaje de células anormales

Control de la calidad seminal



Cámara de Neubauer



Fluorescencia

Espermatozoide de toro teñido con MitoTracker Green FM y usado para IVF. Los ovocitos fueron teñidos con anticuerpo antitubulina, tetrametilrodamina y DAPI

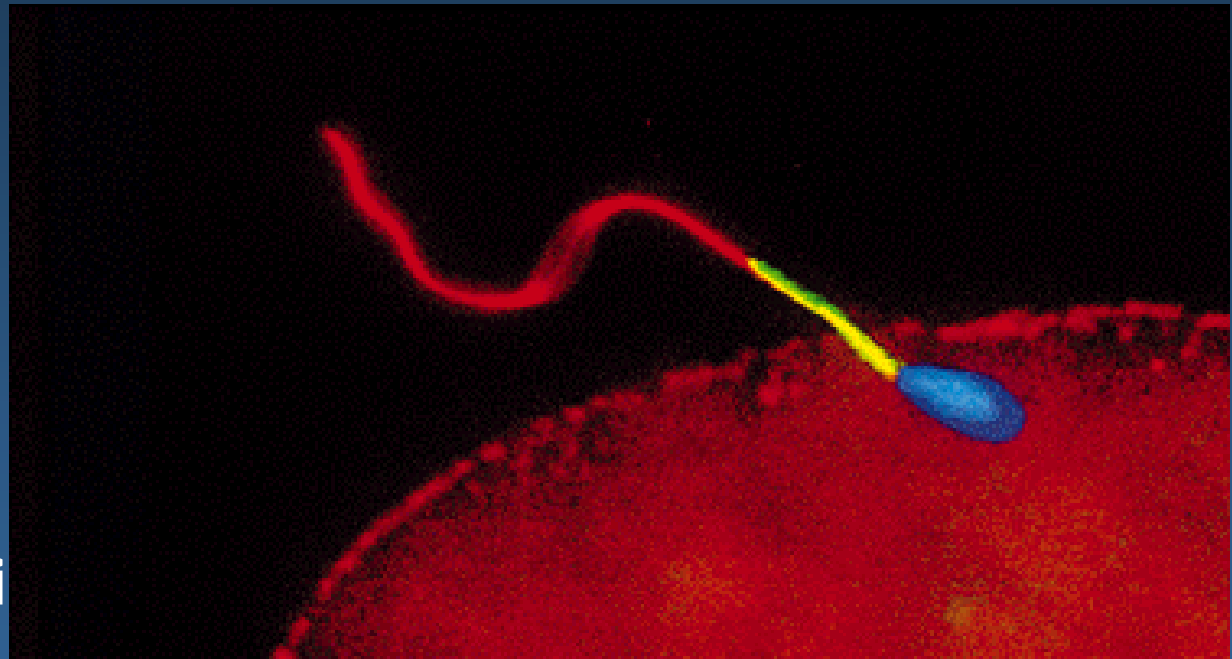
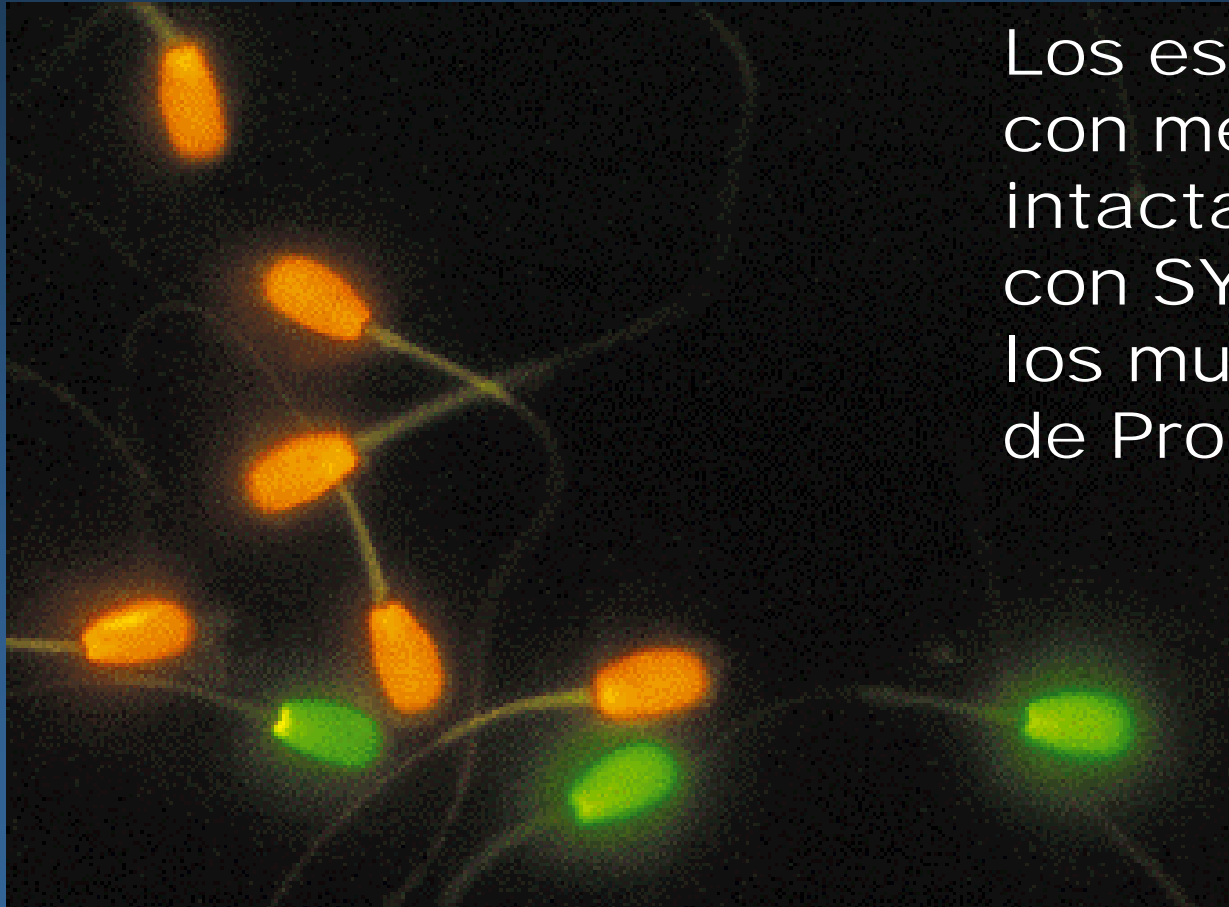


Foto: P. Sutovsky

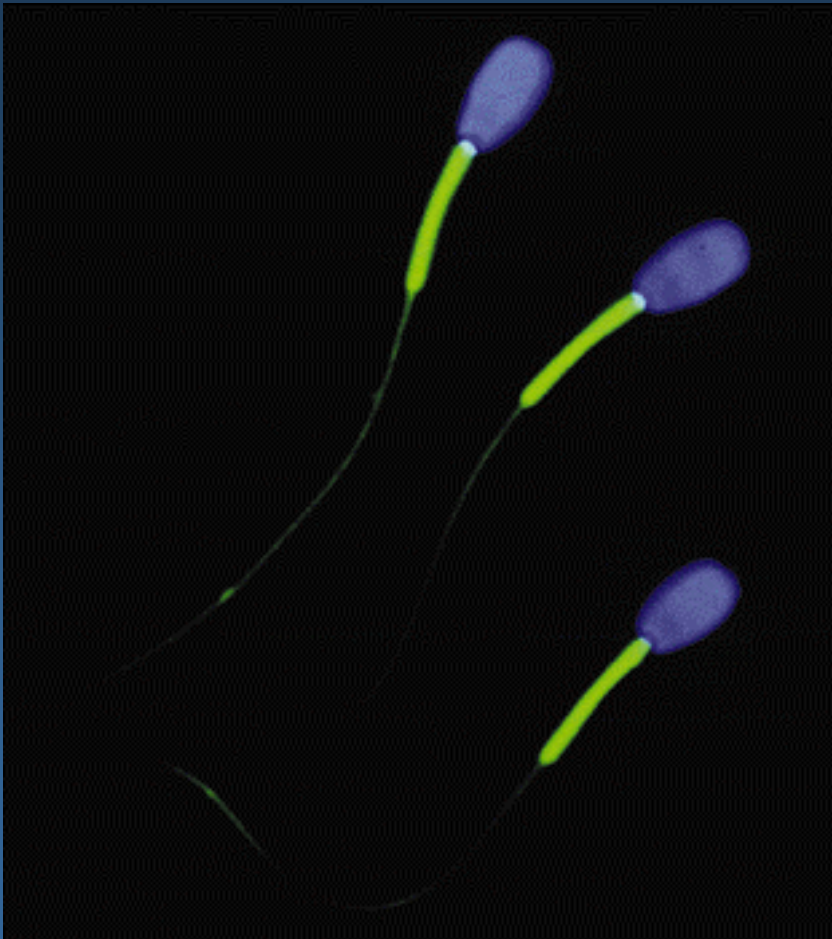
Sperm Viability Test



Los espermatozoides con membranas intactas están teñidos con SYBR 14 (verde), y los muertos con Ioduro de Propidio (naranja).

Fotos:D.L. Garner y
L. A. Johnson

Tinciones fluorescentes



Espermatozoide
bovino teñido
simultáneamente
con MitoTracker
Green FM y Hoechst
33342

Foto: P. Sutovsky.

Tinción Eosina-Giemsa

Semen de cerdo.

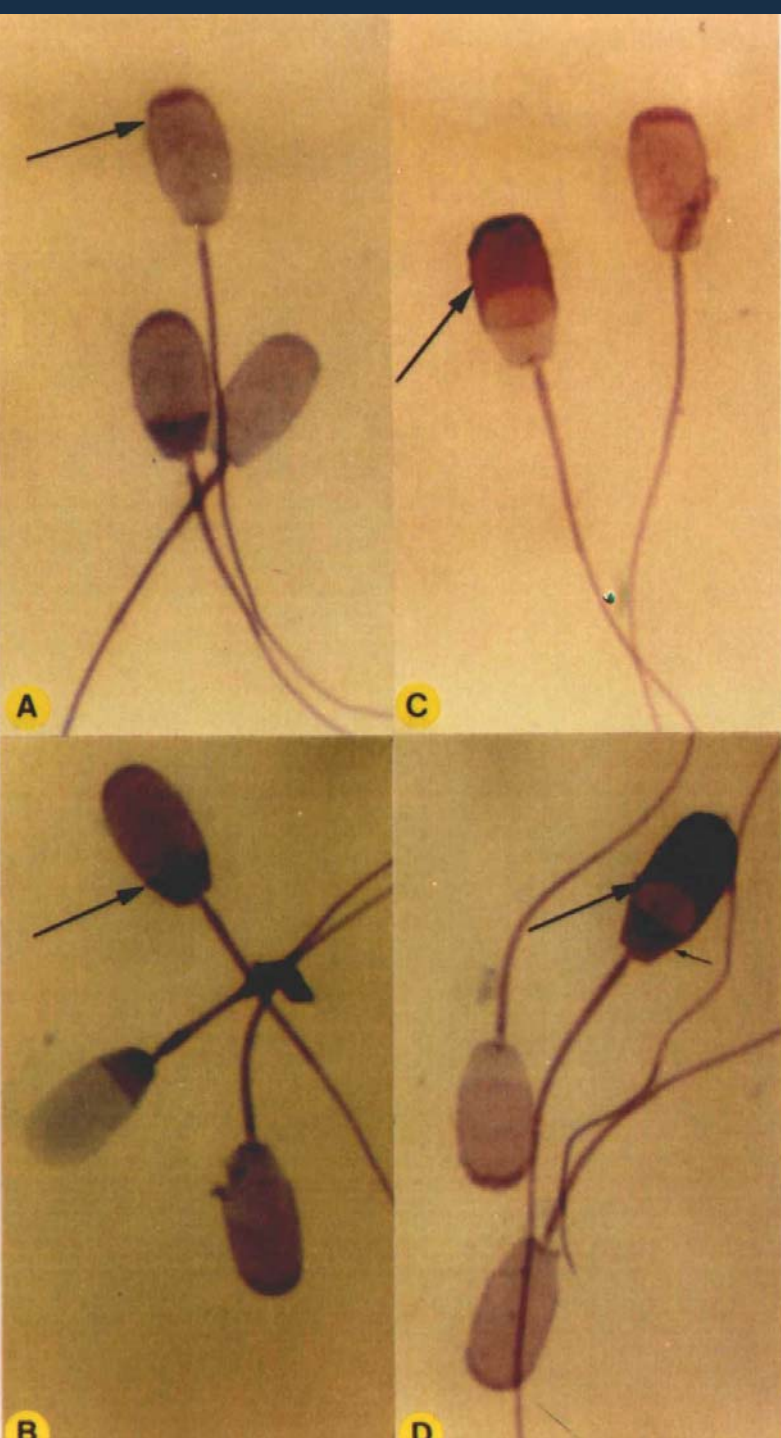
A: esp. vivos - Acr. intacto

B: esp. muerto - Acr. intacto

C: esp. vivo - Acr. no intacto

D: esp. muerto - Acr. no
intacto

No diferencia entre
acrosomas reaccionados o
lesionados



Evaluación de la calidad seminal

Algunas características de semen anormal:

Azoospermia (ausencia de EZ normales).

Acrosomas defectuosos.

Defectos de piezas intermedias (dobladas o quebradas).

Defectos de cabezas (piriformes o microcefálicas).

Cabezas sueltas de EZ.

Cabezas anormales.

Predominio de EZ muertos por acumulación en la cola del epidídimo.

EZ con colas enrolladas (teratoides).

EZ con gotas citoplasmáticas.

EZ con cola de muñon.

Vacuolas nucleares (efecto diadema).

Algunas de las consecuencias de utilizar semen de mala calidad

- Problemas para la unión y penetración de la zona pelúcida.
- Problemas en la capacidad de fecundar y en la función del resto de la población espermática.
- Alteraciones en la competencia funcional de los EZ para interactuar con los ovocitos o iniciar el desarrollo embrionario.
- Comprometer la capacidad fertilizadora de los EZ normales.

normal bovine sperm cell



copyright 1996 by R.G. Elmore

bovine sperm cells



normal sperm

copyright 1996 by R.G. Elmore



SCOTT WILK

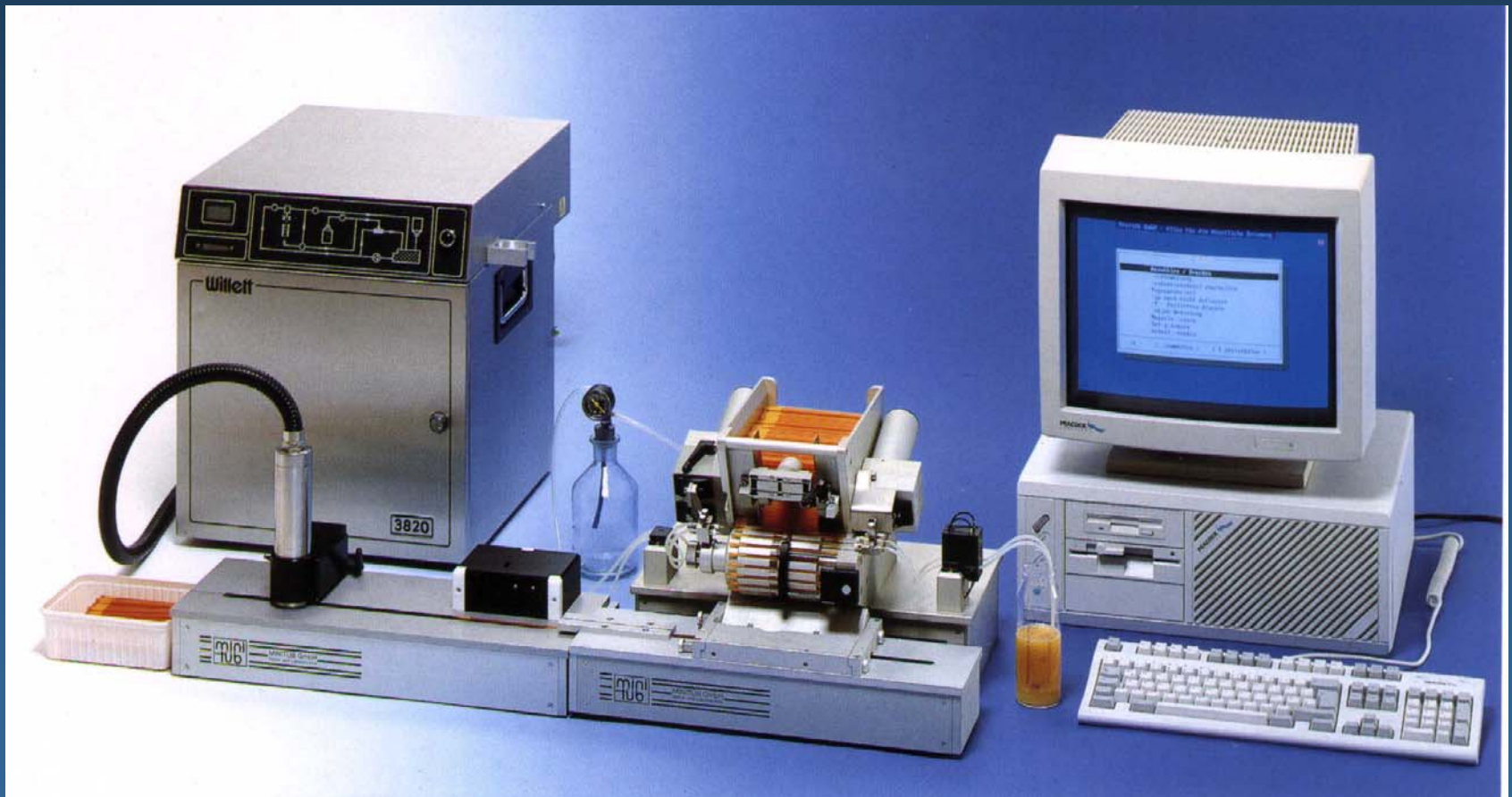
Hamilton Thorne
Pipettes

The image shows a Hamilton Thorne pipette control unit, a large grey rectangular device with a control panel on the right side featuring a large knob and several buttons. A computer monitor is mounted on top of the unit, displaying a software interface with a menu bar (File, Edit, View, Format, Tables, Help) and a main window titled 'CONTROL AND MONITORING'. The window contains a table with columns for 'LABELS' and 'VOLUME'. A pair of glasses and a small blue pen are resting on the top surface of the unit.

Labels	Volume	Labels	Volume
1	500	2	1000
3	200	4	500
5	100	6	200
7	100	8	200
9	100	10	200
11	100	12	200
13	100	14	200
15	100	16	200
17	100	18	200
19	100	20	200
21	100	22	200
23	100	24	200
25	100	26	200
27	100	28	200
29	100	30	200
31	100	32	200
33	100	34	200
35	100	36	200
37	100	38	200
39	100	40	200
41	100	42	200
43	100	44	200
45	100	46	200
47	100	48	200
49	100	50	200

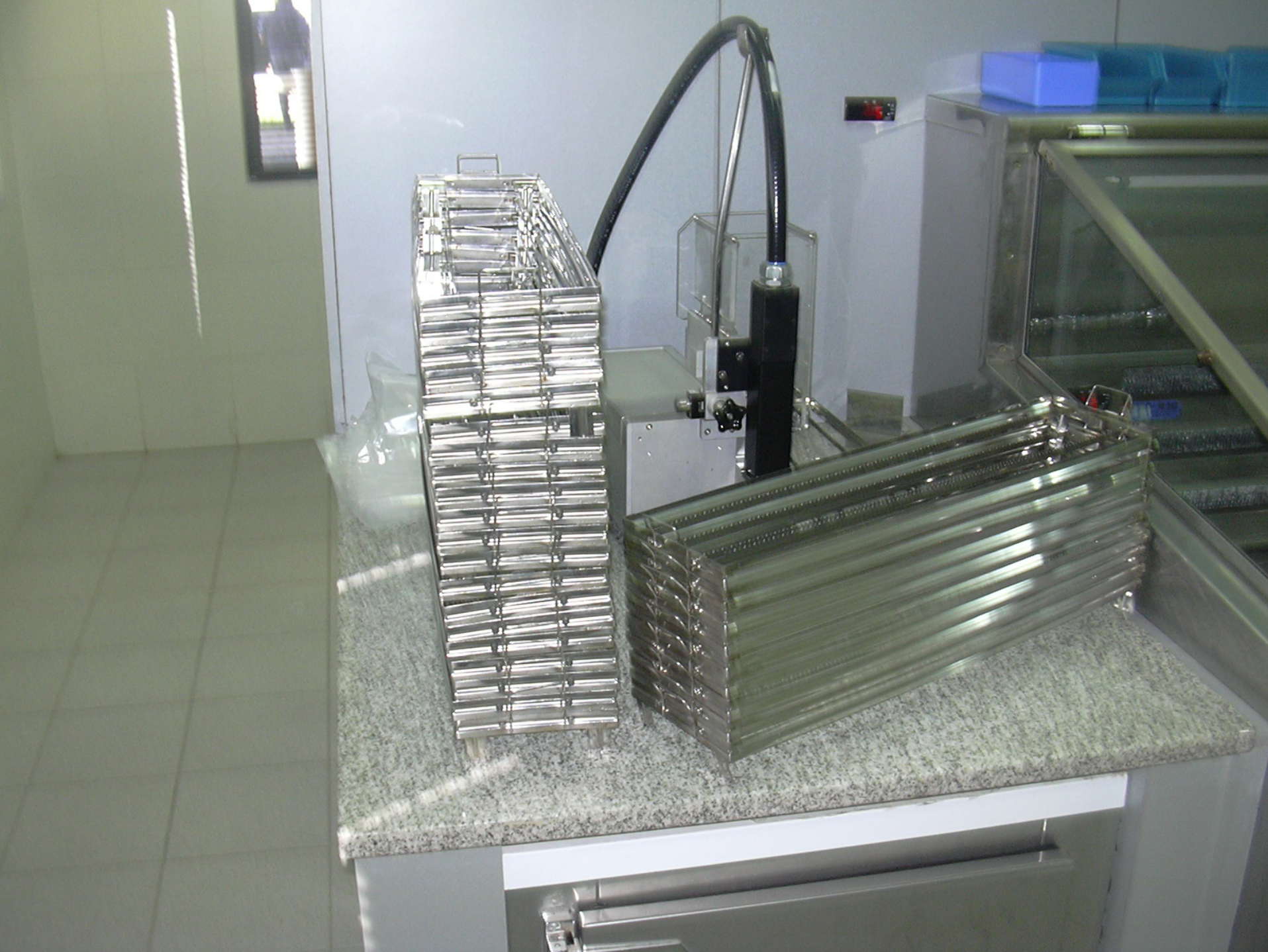


Envasadora de pajuelas con printer integrado





Cámara fría





Congeladora



LIQUID NITROGEN
USE ONLY
DO NOT TIP OR SPILL - LIQUID
NITROGEN MAY BURN SKIN -
TREAT FOR FROSTBITE.
HANDLE WITH CARE
DOUBLE WALLED VACUUM THEROS

LEAKS / MVE
MODEL 1000-1000
P.N. 1000-1000
S.N. 1000-1000

1-6

FASES EN LA IA

Preparar el material a utilizar en la IA:

Vaca

Pipetas

Guantes

Semen

Agua Tibia

Reloj

Toallas de Papel

Registros



FASES EN LA IA

- **Seleccionar pajuela a usar.**
- **Descongelado agua a 35°C por 20 a 30 seg (usar el reloj).**
 - **Debe realizarse rápidamente a fin de evitar la reorganización de cristales de agua en el interior de los espermios, lo que provocaría la ruptura de membranas y muerte.**
- **Secado la pajuela**
- **Introducirla en la pipeta o aplicador.**



Cane with basket for straws. (R. G. Elmore)

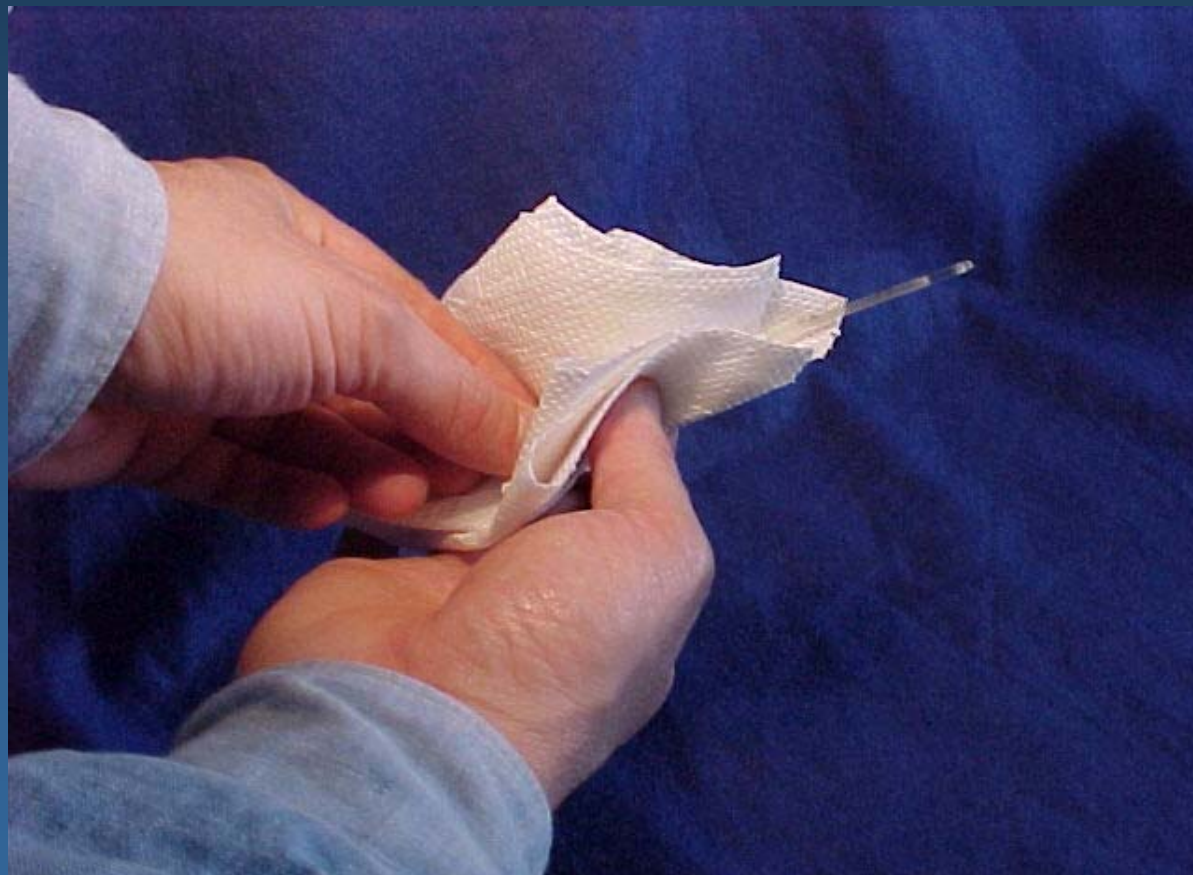
Manejo correcto del termo



Manejo incorrecto del termo



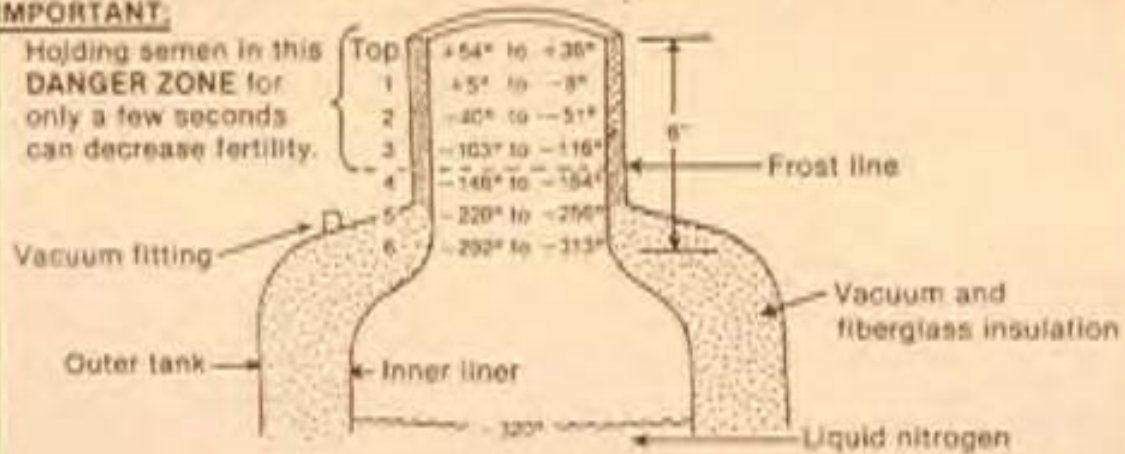
Secado de la pajuela



Average temperature (in F) at varying depths in semen tank

IMPORTANT:

Holding semen in this DANGER ZONE for only a few seconds can decrease fertility.



Top of semen storage tank. (R. G. Elmore)

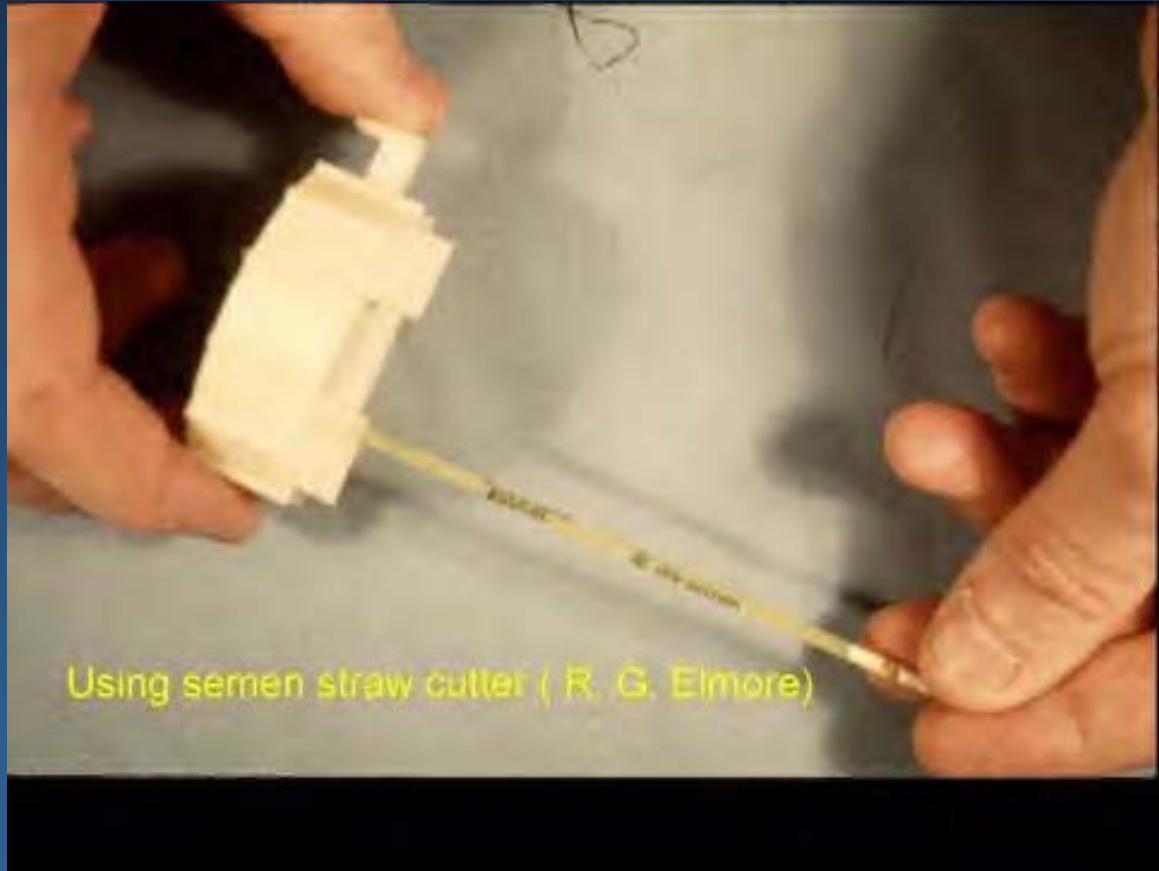




Bovine Insemination Kit (R. G. Elmore)

Secado de la pajueta





Using semen straw cutter (R. G. Elmore)



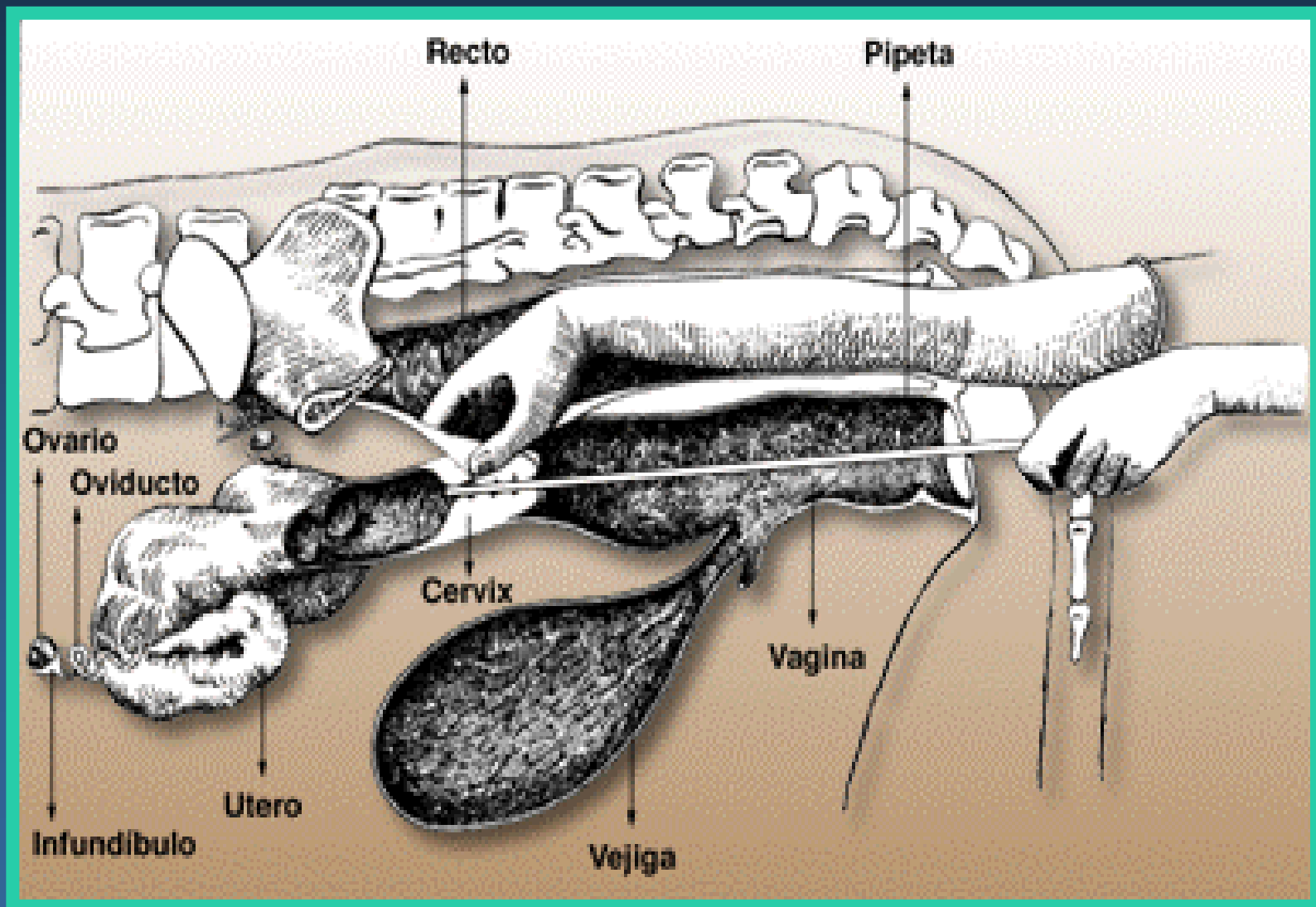
Bovine insemination gun, sleeve, and straw. (R. G. Elmore)

end of insemination gun
containing straw



copyright 1996 by R. G. Elmore

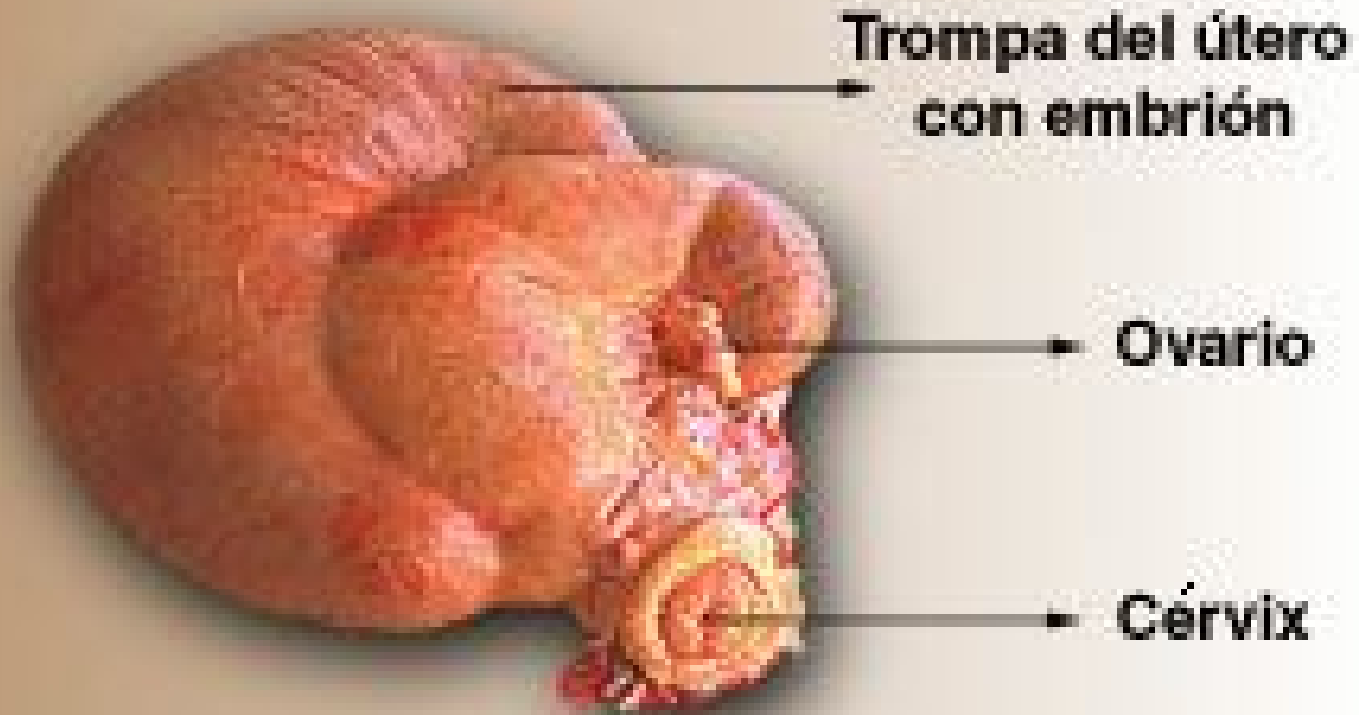
APLICACIÓN DE LA DOSIS



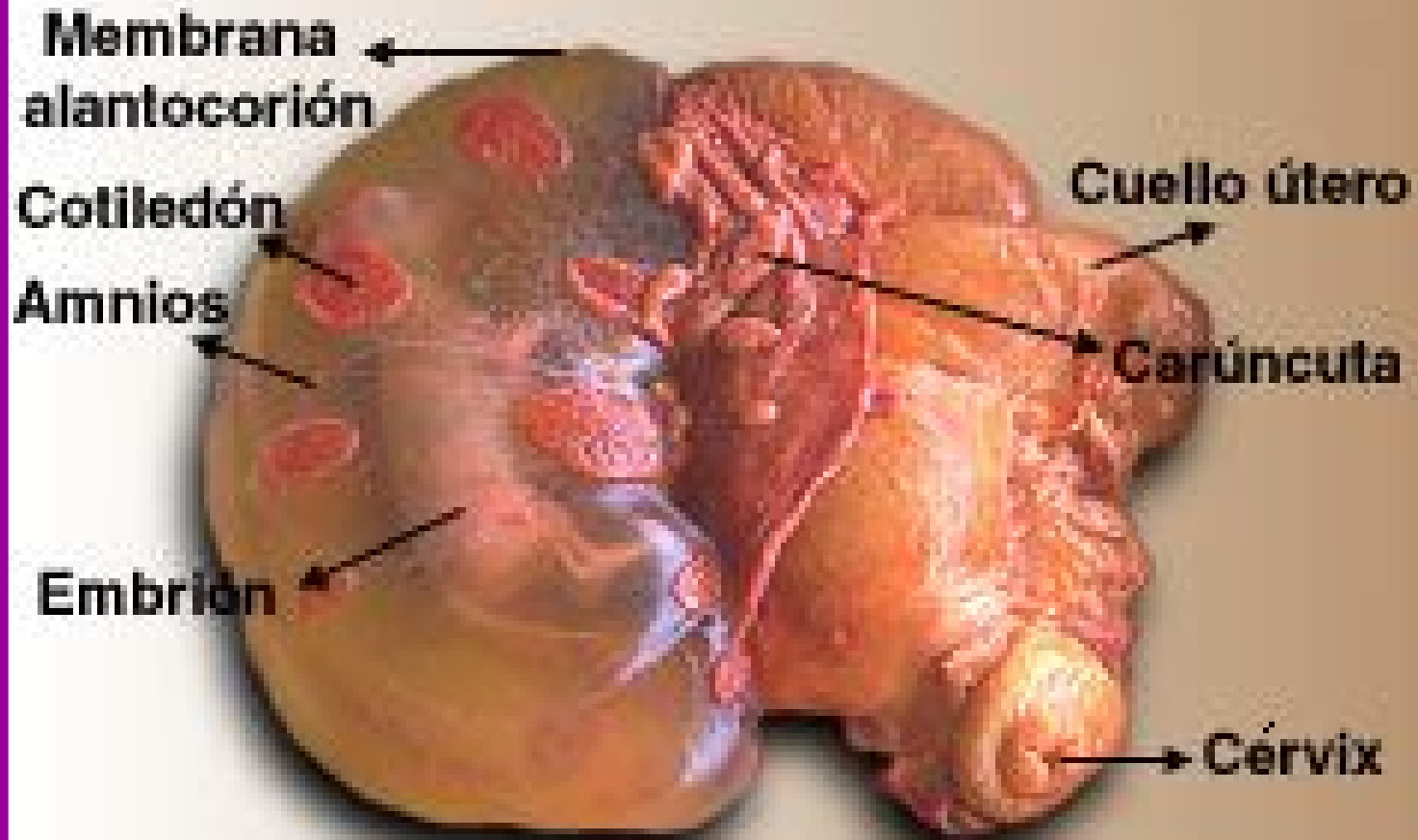
POSTERIOR A LA IA

- Dejar a la vaca inseminada en el corral por un par de horas (2 hrs. mín)
- Evitar molestarla durante este tiempo de espera.
- Volver al grupo de vacas

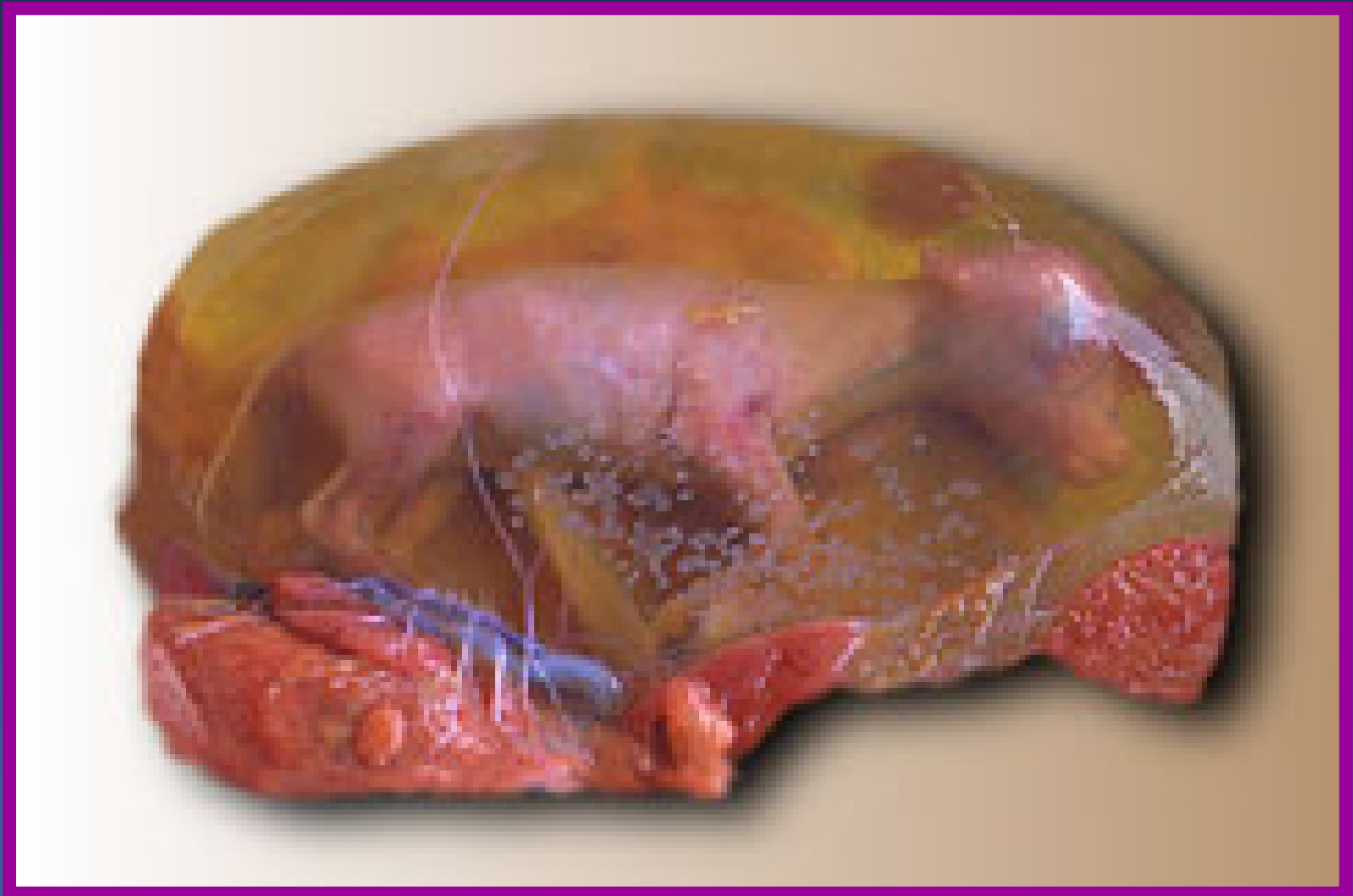
GESTACIÓN DE 2 MESES



GESTACIÓN 3 - 4 MESES



GESTACIÓN DE 5 - 6 MESES



Gracias

