

11210



Universidad Nacional Autónoma de México

Hospital Infantil de México
"Federico Gómez"



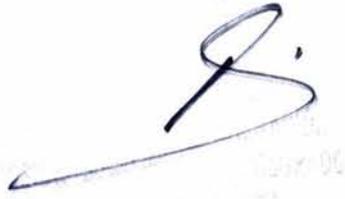
Oximetría de pulso en la evaluación intraoperatoria de la torsión testicular. Correlación clínico-patológica en un modelo animal.

2004

TESIS

Para obtener el título de

Especialista en Cirugía Pediátrica



Presenta

Heriberto Oswaldo Gordon Pérez



Dirigida por: Dr. Eduardo Bracho Blanchet
Dra. Lourdes Cabrera Muñoz

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICADO A:

Mi padre en donde quiera que se encuentre debe estar feliz aunque Dios no me dejó la dicha de tenerlo a mi lado para disfrutar estos momentos.

Mi madre por tener la fortaleza y sabiduría de guiarme hacia la felicidad. Gracias por todo tu amor.

A mis hermanos José Manuel y María Soledad que siempre me han elogiado y animado para seguir adelante.

A mis hijos María Luisa y Luís José porque esto representó mucho tiempo separados y nuevamente vamos a estar juntos.

A Dionisio por todos los años que dedicó en mi formación. Dios te tenga en la gloria.

Mary por ser mi amuleto y punto de apoyo cuando creía que todo iba a salir mal. Eres la mejor representante que tiene este gran país y le doy gracias a Dios que estés conmigo.

A todos mis pacientes y al Hospital Infantil de México por darme la oportunidad de adquirir los conocimientos.

AGRADECIMIENTOS A:

Dr. Jaime Nieto Zermeño, Subdirector de Asistencia Quirúrgica, por todo el apoyo y la confianza que me brindó. Siempre lo recordaré como mi maestro y amigo.

Personal del bioterio del Hospital Infantil de México: Miguel Angel, Fabiola y Raul que tanto apoyo me brindaron para lograr la realización de este estudio.

Altita por todos los momentos agradables que compartimos.

Índice de Contenidos

Marco teórico o conceptual.....	1
Antecedentes científicos.....	4
Planteamiento del problema.....	5
Justificación.....	6
Objetivo.....	7
Hipótesis.....	8
Material y métodos.....	9
Definición operativa de variables.....	14
Resultados.....	16
Discusión.....	28
Referencias bibliográficas.....	33
Anexos.....	36

Marco teórico o conceptual

El escroto agudo se define como la presencia de edema, dolor y cambios en la coloración de la piel del escroto. Las causas de escroto agudo incluyen una diversidad de alteraciones que afectan la piel escrotal, epidídimo, testículo y otras, como serían: picaduras de insectos, eritema del pañal, edema escrotal idiopático, necrosis grasa, epididimitis, torsión de apéndices testiculares u otras apéndices, torsión testicular, orquitis, tumores testiculares necróticos o sangrantes, hernias o hidroceles y púrpura de Henoch-Schölein entre otras¹.

El dolor y edema escrotal en los niños es una causa importante de consulta a urgencias. Los diagnósticos más frecuentemente encontrados son la torsión testicular hasta en un tercio de los casos, torsión de apéndices testiculares u otros apéndices y epididimitis¹.

Al haber una fijación inadecuada del testículo dentro del escroto da por resultado una túnica vaginal redundante que lleva a excesiva movilidad y explicaría la torsión testicular. Esta fijación anormal se ha llamado deformidad en badajo de campana y siempre es bilateral. Poco tiempo después de la torsión inicia la congestión venosa y subsecuentemente se interrumpe el flujo arterial².

Es una verdadera urgencia enfrentarse a un paciente con escroto agudo por la alta frecuencia de torsión testicular, exigiéndose una actuación rápida y efectiva en contra del tiempo para diagnosticar certeramente la causa. Si no se toma en cuenta que la torsión testicular puede ocurrir a cualquier edad, a pesar de ser más frecuente en el período peripuberal y neonatal, o que las manifestaciones clínicas no son exclusivas para diferenciar las causas de escroto agudo, se corre el grave riesgo de pérdida del testículo.

Se han descrito diferentes evoluciones clínicas, incluyendo antecedentes en cada caso para aproximarse al diagnóstico de la causa. Además, se han descrito hallazgos y

maniobras auxiliares en la exploración del escroto, como son: reflejo cremasteriano, cambios de coloración de la piel, punto azul, orientación del testículo, signo de Prehn, nudo del cordón testicular o desplazamiento del testículo dentro del canal inguinal entre otros. Sin embargo, en cada una existen fallas diagnósticas que hacen riesgoso descartar la torsión testicular²⁻⁵.

A través del tiempo y con el avance de la tecnología médica se han utilizado los diversos recursos aparecidos, encontrándose utilidades en algunos y descartándose otros. Dentro de los estudios más utilizados se describen el doppler testicular a color y estudios con isótopos. Al aplicarse el gamagrama en torsión testicular, las diversas series alrededor del mundo han mostrado una agudeza diagnóstica alrededor del 95%. El ultrasonido doppler a color ha mostrado una sensibilidad entre 82-90% y especificidad entre 98-100%. A pesar de lo interesante que resultan estos valores, existe un margen de error dependiente del operador que variará según su experiencia y pone en riesgo la viabilidad del testículo⁶⁻¹⁴.

Debido al error dependiente del operador en estudios de imágenes y a que las maniobras externas de destorsión han mostrado ser inseguras, la exploración quirúrgica debe ser la regla en escroto agudo, asegurándose así una mayor probabilidad de salvamento de la gónada.

La viabilidad testicular esta determinada por el tiempo de evolución al ser captado el paciente y el grado de torsión que tenga, encontrándose que pacientes con inicio de síntomas promedio de 2.2 días (3 horas- 2 semanas) o rotación $>540^\circ$ ameritaron orquiectomía por presentar testículo no viable¹⁵. Ya se ha propuesto que las gónadas deben reperfundirse entre 4-6 horas para optimizar la viabilidad testicular y evitar la atrofia ipsilateral y daño del contralateral².

Al realizar la exploración quirúrgica, la viabilidad testicular es valorada subjetivamente por el cirujano y se decide dejar o extraer, de acuerdo al grado de isquemia y/o necrosis que presente, más que por el tiempo de evolución o grado de torsión.

La confirmación del daño testicular es siempre por histología y se han descrito cambios asociados a torsión testicular, que incluyen: edema, congestión vascular, extravasación de células rojas de la sangre, anormalidades y/o necrosis de la capa de células germinales y disminución del diámetro medio de los túbulos seminíferos¹⁶⁻¹⁸.

Antecedentes científicos

Hace dos décadas se intentó un modelo experimental en animales para la evaluación intraoperatoria del testículo sometido a torsión. El estudio consistió en medir la tensión de oxígeno de la superficie del testículo con un electrodo polarigráfico y evaluar la perfusión y viabilidad testicular seguidas a la torsión y destorsión¹⁷.

En este estudio se utilizaron ratas Sprague-Dawley y se causó torsión del testículo por tiempos y grados variables formando grupos diferentes de acuerdo al tiempo y grado de torsión, utilizando en un grupo hiperoxia. El objetivo fue medir la PO₂ y temperatura antes, durante y después de la torsión. Además se realizaron estudios histológicos de todos los casos. Los resultados mostraron: (1) que la deficiencia de perfusión fue dependiente del grado y tiempo de torsión; (2) que los valores obtenidos seguidos a la destorsión pueden ser usados para determinar la viabilidad del tejido, sobre todo cuando se combinó con prueba de hiperoxia (administración de O₂ al 100%); (3) la oximetría testicular puede ser usada para evaluar la perfusión adecuada de tejidos y la oxigenación seguida a la torsión y destorsión testicular.

Este método utilizó un equipo con un electrodo polarigráfico que sirve de sensor para la presión parcial de oxígeno a través de una membrana permeable, además de medir temperatura con un termostato (Orange Medical Instruments, Costa Mesa, CA). Sin embargo, este equipo no es de uso rutinario dentro de los hospitales y posteriormente no existen nuevos estudios que reproduzcan los resultados.

Planteamiento del problema

¿La oximetría testicular intraoperatoria sirve de ayuda en la toma de decisiones del cirujano durante la exploración quirúrgica de pacientes con escroto agudo debida a torsión testicular?

Justificación

Aún no se ha desarrollado ni usado formalmente un método para evaluar objetivamente la perfusión y viabilidad testicular seguidas a la torsión y destorsión en la exploración quirúrgica del testículo y de esa manera considerar preservar la gónada posterior a la reperfusión, sin comprometer la seguridad del paciente.

Objetivo

El objetivo de este estudio es evaluar la utilidad de la oximetría testicular con oxímetro de pulso en la valoración de la perfusión y daño tisular seguida a la torsión y destorsión testicular en un modelo animal.

Hipótesis

La oximetría testicular con oxímetro de pulso es un medio objetivo, económico, disponible y fácil de usar para evaluar la viabilidad testicular posterior a la torsión y destorsión testicular.

Materiales y métodos:

Oximetría de pulso:

Se colocó un sensor de oximetría de pulso en la superficie testicular. Los valores de la saturación de hemoglobina por oxígeno fueron obtenidos de un Oxímetro de pulso CSI 504 (CritiCare System, INC), un microprocesador que mide el porcentaje de saturación de oxígeno de la sangre arterial, usando los principios de espectrofotometría y plestimografía. El instrumento evalúa la transmisión de dos ondas de luz, una en el espectro rojo y la otra en el espectro infrarrojo. La luz medida es producida por diodos emisores de luz. La luz ilumina la hemoglobina sanguínea arterial y se recibe en un detector fotodiodo para procesarse y determinar la saturación de oxígeno sanguíneo.

Preparación experimental:

En este estudio se usaron ratas Wistar machos adultos, de la misma edad y con pesos promedio de 405.2 gr. Los animales fueron anestesiados con una combinación de ketamina, xilazyna y nalbufina, administrada por vía intramuscular. Después de realizar antisepsia y asepsia, se incidió la piel escrotal en sentido longitudinal y a todos los grupos se tomaron valores de oximetría al exteriorizar el testículo izquierdo, se realizó la torsión de 720° en el sentido de las agujas del reloj y se reintrodujo el testículo torcido fijándolo con material de sutura al saco escrotal para cerrar la piel. En tiempos variables, según correspondía a cada grupo se realizó nueva exteriorización, medición de oximetría con torsión testicular y se destorció el testículo para medir valores de oximetría a los 20 minutos de reperusión. En el grupo que se estudió a la semana de la destorsión el testículo quedó fijado para evitar nueva torsión (foto 1).

Para medir el efecto de la torsión sobre la viabilidad testicular se formaron cuatro grupos de 10 ratas, cada grupo fue subdividido en pares para reseca inmediatamente el testículo y para resecarlo en una semana posterior a la destorsión. De esta manera se intentó verificar que los cambios isquémicos agudos de un subgrupo se correlacionen con los cambios a la semana.

Las muestras fueron revisadas por dos patólogos pediatras experimentados que no conocían el tiempo de torsión ni el tiempo en que se realizó la orquiectomía posterior a la destorsión.

En el tamaño de la muestra hay que tomar en cuenta que dado que se propone realizar un análisis de varianza (ANOVA), el cual utiliza un modelo lineal generalizado, no existen fórmulas para calcular tamaño de muestra.

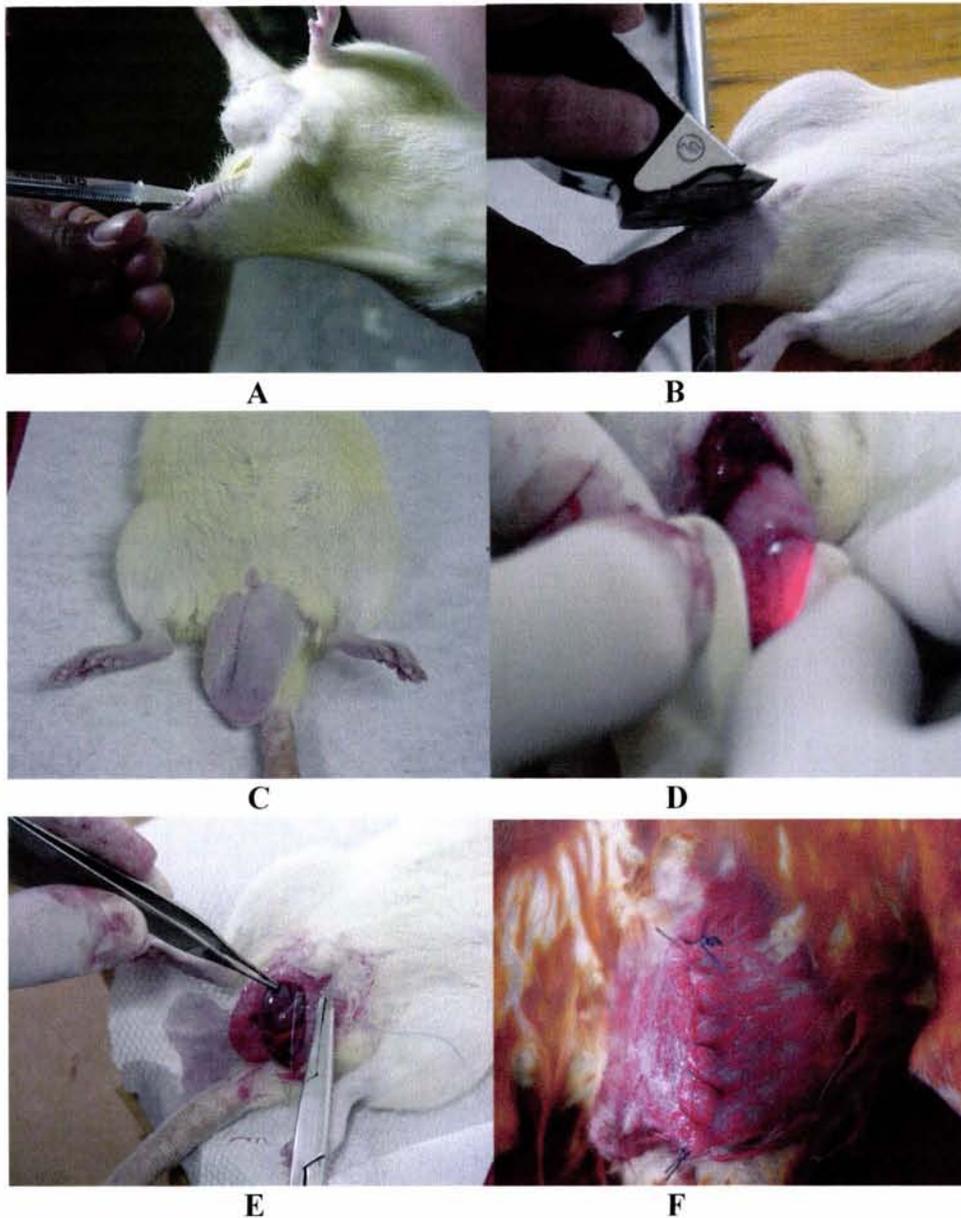


Foto 1. Procedimiento quirúrgico: **A** muestra la técnica anestésica. **B** y **C** muestran la preparación del área quirúrgica. **D** muestra testículo exteriorizado y la medición de oximetría sobre la superficie testicular antes de la torsión. **E** muestra testículo torcido y su fijación para dejarlo dentro del saco escrotal. **F** muestra saco escrotal cerrado. Nota: no se realizó antisepsia por ser el grupo de estudio inmediato que no corre riesgo de infección, sin embargo si se utilizó la cubierta sobre el sensor para mantener las mismas condiciones de medición en todos los casos.

Grupo Ia: A 5 ratas se realizaron torsiones de 720° y se devolvió al saco escrotal, fijándolo con sutura 5-0 por 2 horas. Posteriormente se liberó y dentro de 20 minutos se realizaron las mediciones de oximetría. Se realizó orquiectomía bilateral.

Grupo Ib: A 5 ratas se realizaron torsiones de 720° y se devolvió al saco escrotal, fijándolo con sutura 5-0 por 2 horas. Posteriormente se liberó y dentro de 20 minutos se realizaron las mediciones de oximetría. Se reintrodujo en su escroto, se fijó y se cerró con sutura no absorbible 5-0 para realizar orquiectomía bilateral a la semana

Grupo II: A 5 ratas se realizaron torsiones de 720° y se devolvió al saco escrotal, fijándolo con sutura 5-0 por 4 horas. Posteriormente se liberó y dentro de 20 minutos se realizaron las mediciones de oximetría. Se realizó orquiectomía bilateral.

Grupo IIb: 5 ratas se realizaron torsiones de 720° y se devolvió al saco escrotal, fijándolo con sutura 5-0 por 4 horas. Posteriormente se liberó y dentro de 20 minutos se realizaron las mediciones de oximetría. Se reintrodujo en su escroto, se fijó y se cerró con sutura no absorbible 5-0 para realizar orquiectomía bilateral a la semana.

Grupo III: A 5 ratas se realizaron torsiones de 720° y se devolvió al saco escrotal, fijándolo con sutura 5-0 por 6 horas. Posteriormente se liberó y dentro de 20 minutos se realizaron las mediciones de oximetría. Se realizó orquiectomía bilateral.

Grupo IIIb: 5 ratas se realizaron torsiones de 720° y se devolvió al saco escrotal, fijándolo con sutura 5-0 por 6 horas. Posteriormente se liberó y dentro de 20 minutos se realizaron las mediciones de oximetría. Se reintrodujo en su escroto, se fijó y se cerró con sutura no absorbible 5-0 para realizar orquiectomía bilateral a la semana.

Grupo IV: A 5 ratas Se realizaron torsiones de 720° y se devolvió al saco escrotal, fijándolo con sutura 5-0 por 8 horas. Posteriormente se liberó y dentro de 20 minutos se realizaron las mediciones de oximetría. Se realizó orquiectomía bilateral.

Grupo IVb: 5 ratas Se realizaron torsiones de 720° y se devolvió al saco escrotal, fijándolo con sutura 5-0 por 8 horas. Posteriormente se liberó y dentro de 20 minutos se realizaron las mediciones de oximetría. Se reintrodujo en su escroto, se fijó y se cerró con sutura no absorbible 5-0 para realizar orquiectomía bilateral a la semana.

Todos los animales recibieron nalbufina como analgésico durante el tiempo de la torsión y se sacrificaron con una inyección mortal de anestésico después de la orquiectomía.

Análisis histológico:

Las gónadas fueron fijadas en formol al 10%, incluidas en parafina y teñidas con la técnica de hematoxilina y eosina. Se realizaron los cortes y examinaron por dos patólogos que desconocían el tiempo de evolución de la torsión del testículo (cegada).

Se evaluaron histológicamente el edema, clasificándolo en leve, moderado o grave; congestión vascular, hemorragia intersticial y anormalidad en la capa de células germinales, clasificándolas en presente o ausente; y por último el grado de necrosis en los túbulos seminíferos y células germinales, cuantificándolos en menor de 30%, 30-60% y mayor a 60%.

Análisis estadístico:

Se buscaron y compararon las variaciones inter e intragrupo usando análisis de varianza (ANOVA), prueba de Neuman-Keuls y prueba de Bonferroni para la significancia estadística. Se asumió como significancia estadística un nivel de confianza de 95%. Se utilizó la prueba de Welch para la robustez de la igualdad de medias.

Definición operativa de variables

- Variable independiente:

Tiempo de torsión testicular: variable cuantitativa que comprende el tiempo desde que se causa la torsión de la gónada, hasta destorcerlo. Fue medido en horas y se establecieron 2, 4, 6 y 8 horas.

Oximetría testicular: variable cuantitativa que muestra el porcentaje de saturación de la hemoglobina por el oxígeno en la superficie testicular.

- Variables dependientes:

Edema: variable semicuantitativa, definida como la acumulación anómala de líquido en los espacios intersticiales. Fue medida dependiendo de su intensidad en cruces (+, ++ y +++) y se asignaron códigos en 1, 2 y 3 para el análisis estadístico.

Congestión vascular: variable cualitativa, definida por distensión de la porción distal de las venas, vénulas y capilares a causa de alteración del drenaje venoso. Se describió como ausente o presente, asignándose códigos 0 y 1 respectivamente para el análisis estadístico.

Hemorragia intersticial: variable cualitativa, determinada por la extravasación de células rojas sanguíneas. Se describió como ausente o presente, asignándose códigos 0 y 1 respectivamente para el análisis estadístico.

Anormalidad de la capa de células germinales: variable cualitativa, definida por los cambios de necrosis o viabilidad de las células germinales y alteraciones citológicas que se encuentren. Se describió como ausente o presente, asignándose códigos 0 y 1 respectivamente para el análisis estadístico.

Necrosis: variable cuantitativa, definida por la muerte de la célula en tejido vivo, caracterizada morfológicamente por eosinofilia del citoplasma, picnosis, cariólisis y cariorrexis. Se midió en porcentajes (menos de 30%, 30-60%, mayor de 60%) y se asignaron códigos en 1, 2 y 3 para el análisis estadístico.

Resultados.

Se utilizaron 40 ratas Wistar adultas con peso promedio de $405.2\text{gr} \pm 52.9\text{ gr.}$ (DE) y los valores de oximetría variaron en cada medición como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Peso y oximetría testicular obtenidos en todos los grupos.

	Peso (g)	Inicial (%)	Torsión al final del tiempo (%)	Destorcido (%)	
N	40	40	40	40	
Media	405.18	87.73	45.78	60.98	
Desviación estándar	52.906	4.132	36.662	34.091	
Mínimo	310	77	0	0	
Máximo	510	97	90	92	
Percentiles					
	25	366.25	85.00	.00	57.25
	50	390.00	87.00	68.00	77.00
	75	443.75	90.00	75.00	84.00

Valores de oximetría testicular durante las mediciones agrupados por horas:

- **Oximetría inicial (OI):** sin diferencia estadística entre grupos (Cuadro 2).
- **Oximetría al final del tiempo con torsión (OFT):** reducción de los valores de **OI** en cada grupo directamente proporcional al número de horas con torsión. Diferencia estadística significativa (ANOVA p 0.000) encontrada en los grupos de 2 y 4 horas con respecto a los de 6 y 8 horas. Sin diferencia estadística entre los grupos de 2 y 4 horas ni entre los grupos de 6 y 8 horas (Cuadro 2). **Valor umbral** para diferencia estadística **65%**.
- **Oximetría a los 20 minutos de destorcer el testículo (OD):** hubo elevación de **OFT** inversamente proporcional al número de horas con torsión, con diferencia estadística significativa (ANOVA p 0.001) entre los grupo de 2 y 4 horas con el de 8 horas (Cuadro 2). **Valor umbral** para la diferencia estadística **68 %**.

Cuadro 2. Oximetría testicular en cada grupo.

Grupo (h)	N	OI (%) [*]			OFT (%) [#]			OD (%) [€]		
		X	Rango	D.E.	X	Rango	D.E.	X	Rango	D.E.
2 ^A	10	89.1	83-95	4.02	69.5	0-90	25.6	83.8	78-92	4.1
4 ^B	10	87.1	82-90	2.3	68.1	0-88	24.9	76.8	61-89	8.4
6 ^C	10	87.6	77-97	5.9	26.7	0-75	34.9	47.6	0-86	41.2
8 ^D	10	87.1	80-93	3.8	18.8	0-73	30.6	35.7	0-85	38.5

• Prueba de Bonferroni para diferencia entre grupos:

* $p > 0.05$ entre grupos ^{A, B, C y D}

$p < 0.05$ entre ^{A y C}, entre ^{A y D}, entre ^{B y C} y entre ^{B y D}

€ $p < 0.05$ entre ^{A y D} y entre ^{B y D}

• Prueba de Welch para robustez de igualdad de medias:

#, € $p < 0.001$

Los gráficos 1, 2 y 3 muestran el comportamiento de la oximetría testicular por grupo de horas en las diferentes mediciones.

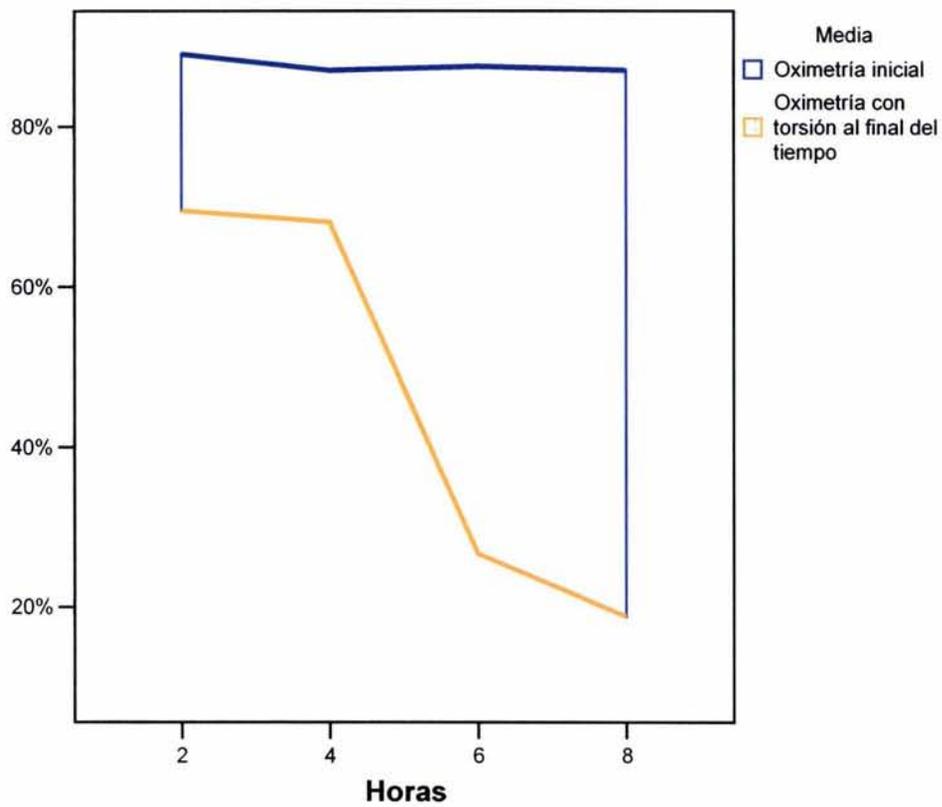


Gráfico 1. Oximetría inicial comparada con la oximetría al final del tiempo de la torsión por grupo de horas. El área sombreada muestra la diferencia.

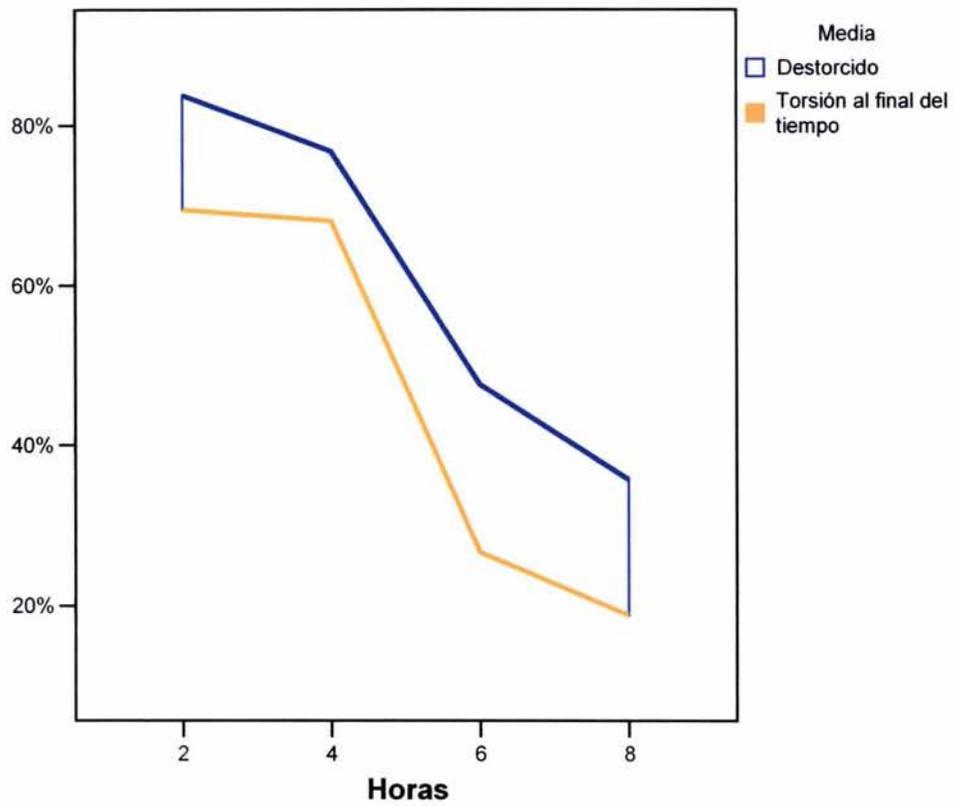


Gráfico 2. Oximetría a los 20 minutos de la destorsión, comparada con la oximetría con torsión al final del tiempo por grupo de horas. El área sombreada muestra la diferencia.

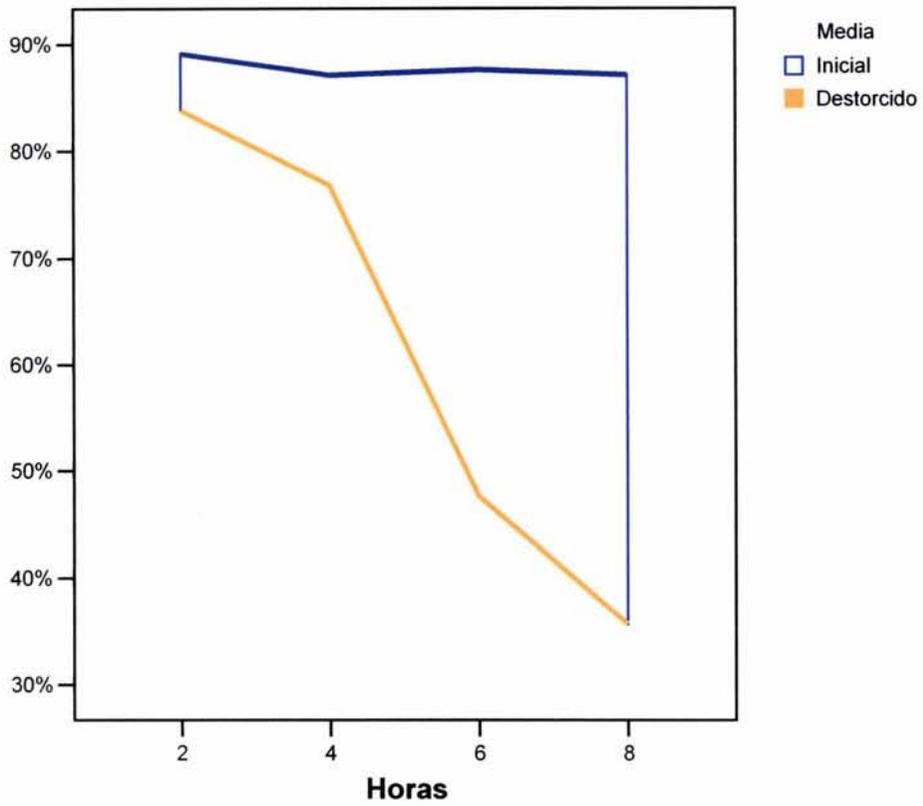


Gráfico 3. Oximetría inicial comparada con la oximetría a los 20 minutos de la destorsión por grupo de horas. El área sombreada muestra la diferencia.

Diferenciales de valores de oximetría testicular en las diferentes mediciones:

Se realizó el análisis de las diferencias obtenidas entre **OI** menos **OFT**, **OI** menos **OD** y **OD** menos **OFT** para observar las variaciones de la saturación de oxígeno con respecto a las horas de torsión y buscar su significancia estadística (cuadro 3).

- **OI-OFT:** diferencia significativa (ANOVA $p < 0.001$) al comparar los grupos de 2 y 4 horas con los grupos de 6 y 8 horas, pero no hubo entre 2y 4 ni entre 6 y 8 horas, encontrando como valor umbral **OI-OFT: 18%**.
- **OI-OD:** diferencia significativa (ANOVA $p < 0.004$) fue para los grupos de 2 y 4 horas comparados con el de 8 horas, sin encontrar otra diferencia entre grupos. El valor umbral **OI-OD: 19%**.
- **OD-OFT:** sin diferencia estadística entre grupos

Cuadro 3. Diferencias de oximetrías en las diferentes mediciones en cada grupo.

Grupo (h)	N	OI-OFT (%) [*]		OI-OD (%) [#]		OD-OFT (%) [€]	
		X	D.E.	X	D.E.	X	D.E.
2 ^A	10	19.6	24.5	5.3	3.9	14.3	24.2
4 ^B	10	19	24.6	10.3	9	8.7	26
6 ^C	10	60.9	39.1	40	45	20.9	30.8
8 ^D	10	68.3	30.9	51.4	40.2	16.9	27.8

- Prueba de Bonferroni para diferencia entre grupos:

^{*} $p < 0.05$ entre ^{A y C, A y D, B y C, B y D}

[#] $p < 0.05$ entre ^{A y D, B y D}

[€] $p > 0.05$ en todos los grupos

- Prueba de Welch para robustez de igualdad de medias en los grupos:

^{*} $p < 0.001$, [#] $p < 0.038$

Cambios histológicos inmediatos a la torsión testicular:

Los cambios histológicos inmediatos estudiados (Cuadro 4 y 5), comparados con los valores de oximetría testicular mostraron que hubo:

- **Edema** en 14 casos (leve n=10, moderado n= 4), sin diferencia estadística significativa.
- **Congestión vascular** en todos los casos
- **Hemorragia intersticial** en 13 casos y se encontró diferencia significativa (ANOVA $p < 0.05$) cuando: **O.D.** $\leq 71\%$, **O.I.-O.F.T.** $\geq 18\%$ y **O.I-O.D.** $\geq 17\%$.
- **Anormalidad en la capa de células germinales** en un caso de 8 horas de torsión con valor OFT y OD 0% ($p > 0.05$)
- **Necrosis** en ningún caso.

Los resultados de los cambios histológicos inmediatos se presentan por número de horas de torsión en el cuadro 4. Los valores de oximetría testicular en las diferentes mediciones para cada caso se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 4. Cambios histológicos inmediatos a la destorsión testicular por grupos.

	2	4	6	8
Edema	+	++	+	++
	-	-	-	-
	-	-	+	+
	+	+	++	+
	+	+	+	++
Congestión vascular	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
Hemorragia intersticial	+	-	+	+
	-	-	+	+
	-	-	+	+
	+	+	+	-
	-	+	+	+
Anormalidad en capa de células germinales	-	-	-	-
	-	-	-	+
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
Necrosis	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

Cuadro 5. Valores de oximetría testicular en las diferentes mediciones en subgrupo de estudio histológico inmediato a la destorsión testicular.

Grupo	O.I. (%)	O.F.T. (%)	O.D. (%)
2	95	90	92
	95	90	88
	87	71	81
	92	77	85
	91	78	78
4	87	77	61
	87	86	73
	87	88	75
	89	69	70
	90	75	75
6	95	0	0
	97	0	0
	85	0	0
	90	0	0
	90	0	76
8	90	0	0
	87	0	56
	86	73	62
	80	0	72
	87	0	0

Cambios histológicos una semana posterior a la torsión testicular:

Los cambios histológicos estudiados a una semana de la destorsión testicular (Cuadro 6 y 7), comparados con los valores de oximetría mostraron que hubo (Foto 2):

- **Edema** en 6 casos (leve n=4, moderado n=2), con **valor umbral OD** de **82%** ($p < 0.05$)
- **Congestión vascular** en 14 casos, sin diferencia estadística significativa.
- **Hemorragia intersticial** en 10 casos, sin diferencia estadística significativa.
- **Anormalidad en la capa de células germinales** en 19 casos con **valor umbral** de **OD $\leq 86\%$** ($p < 0.05$) para presentarla.
- **Necrosis** en 18 casos ($< 30\%$ n=5, 30-60% n= 3, $> 60\%$ n=10), con **valor umbral** de **OD-OFT $\geq 14\%$** ($p < 0.05$) para presentar necrosis de cualquier grado o extensión.

Los resultados de los cambios histológicos a una semana de la destorsión testicular se presentan por número de horas de torsión en el cuadro 6. Los valores de oximetría testicular en las diferentes mediciones para cada caso se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 6. Cambios histológicos a 1 semana de la destorsión testicular por grupos.

	2	4	6	8
Edema	-	-	+	-
	-	-	-	-
	++	+	-	-
	+	-	-	++
	-	-	-	+
Congestión vascular	-	+	+	-
	+	+	+	+
	-	+	-	+
	+	+	-	+
	+	+	-	+
Hemorragia intersticial	+	+	-	+
	-	+	-	-
	+	+	-	-
	+	+	-	+
	-	+	-	-
Anormalidad en capa de células germinales	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	+	+	+
	+	-	+	+
Necrosis	>60% (T.N.V.)	30-60% (E.M.)	>60% (E.M.)	>60% (I.I.)
	>60%	30-60%	>60%	>60%
	<30% (E.M)	<30% (E.M.)	>60%	>60%
	<30%	<30%	>60%	30-60%
	-(E.M)	-	>60%	<30% (E.M.)

T.N.V: testículo no viable, E.M: espermatogonias multinucleadas, I.I: infiltrado inflamatorio.

Cuadro 7. Valores de oximetría testicular en las diferentes mediciones en subgrupo de estudio histológico a la semana de la destorsión testicular.

Grupo	O.I. (%)	O.F.T. (%)	O.D. (%)
2	88	0	82
	85	78	83
	83	71	84
	88	70	80
	87	70	85
4	82	79	84
	89	70	85
	85	0	73
	88	71	83
	87	66	89
6	87	0	80
	88	75	86
	82	72	85
	77	67	79
	85	53	70
8	93	0	0
	90	55	82
	85	60	85
	83	0	0
	90	0	0

Otros hallazgos histológicos:

Se encontraron espermatogonias multinucleadas en 6 casos (30%) del total de casos estudiados a la semana de la destorsión, sin haber predominio en grupo de horas. En la mitad de estos casos hubo un valor de oximetría 0% durante la torsión pero no hubo relación estadística significativa con los valores de oximetría testicular de ninguna medición ($p > 0.05$).

Hallazgos histológicos en el testículo contra lateral.

En el grupo de estudio histopatológico inmediato no se mostraron alteraciones en ninguno de los casos.

En el grupo de estudio histopatológico a la semana se encontraron edema en 4 casos (2 horas=2, 4 horas=2) y congestión vascular en 8 casos (2 horas=3, 4 horas=2, 6 horas=2 y 8 horas=1). No se encontró alteración en las células germinales.

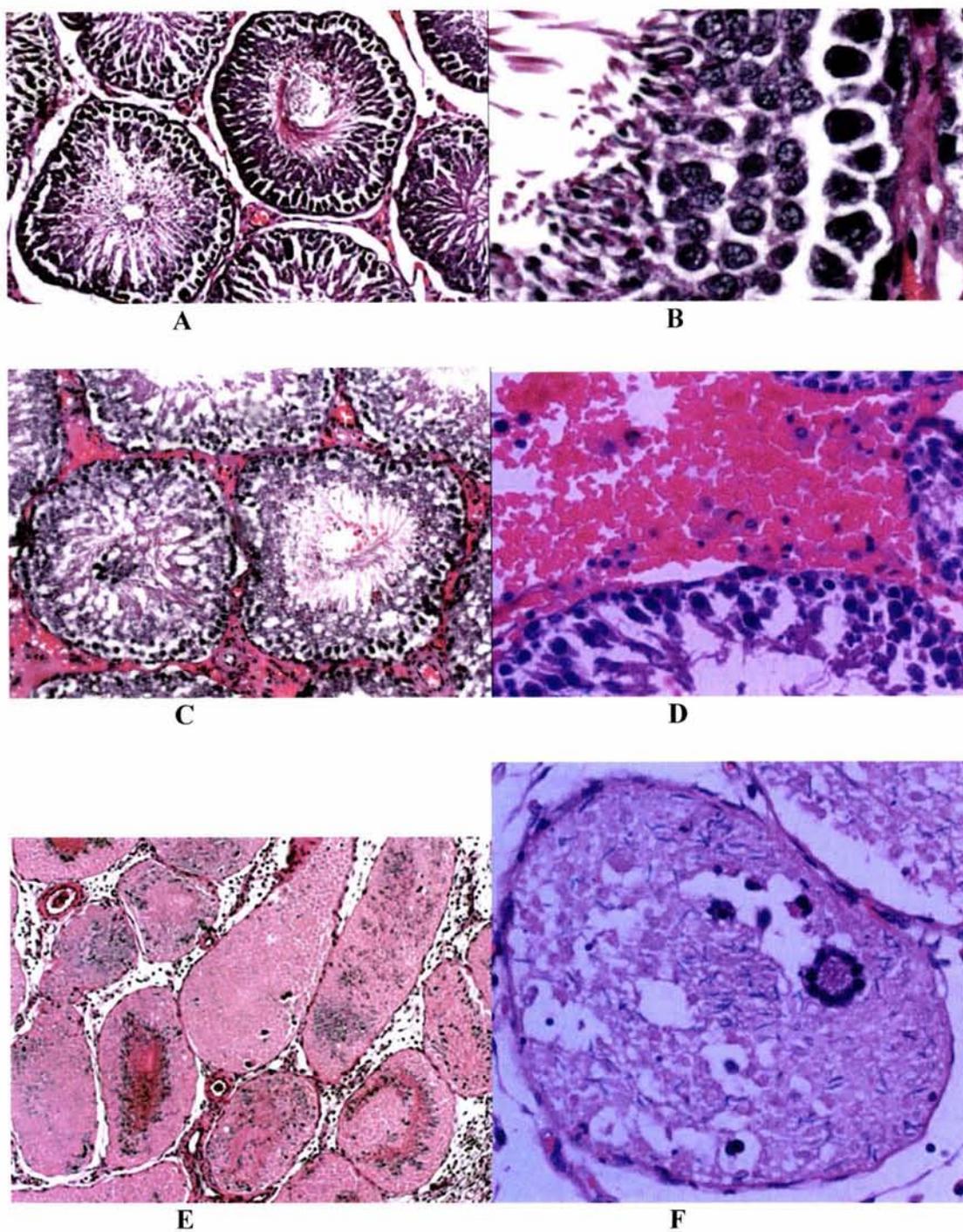


Foto 2. Hallazgos histológicos coloreados con hematoxilina y eosina a la semana de la destorsión testicular: **A** y **B** muestran la normalidad de las células en diferentes aumentos. **C** y **D** muestran edema leve y hemorragia intersticial. **E** y **F** muestran necrosis en diferentes aumentos y espermatogonias multinucleadas en la de mayor aumento.

Discusión.

Con este estudio se pretendió encontrar una herramienta que sirva como parámetro objetivo para decidir la preservación del testículo después de la torsión sin comprometer la seguridad del paciente, sobretodo en aquellos casos en donde el tiempo de evolución esta en duda y/o la apariencia macroscópica después de la destorsión y el tiempo habitual de espera no muestra una recuperación de la coloración que esperaríamos como normal.

Por ser la primera vez que se utiliza un oxímetro de pulso para la medición de la saturación de oxígeno de la hemoglobina sobre la superficie testicular, se realizaron las mediciones de oximetría sistémica en una pata y se comprobó la igualdad con la oximetría testicular en todos los casos sin encontrar variaciones antes de la torsión testicular. Además, se comparó la medición sistémica y testicular con el sensor y posteriormente con una cubierta de látex estéril sobre el sensor para evitar infección y tampoco hubo diferencias entre las mediciones. Con esto podemos asumir en la práctica que el valor inicial de oximetría testicular (OI) corresponde al valor de oximetría sistémica.

Los datos de este estudio mostraron que los valores de oximetría testicular medidos con torsión fueron inversamente proporcionales a las horas de torsión testicular, sirviendo para inferir que el testículo presenta 4 o más horas de torsión si $OFT \leq 65\%$ o la $OD \leq 68\%$.

Se realizaron análisis de las diferencias entre las mediciones y se demostró que si la $OI-OFT$ era $\geq 18\%$ o si $OI-OD \geq 19\%$ había más de 6 horas de torsión testicular.

Los cambios histológicos se dividieron en inmediatos y a una semana de la destorsión testicular.

En los cambios histológicos inmediatos se presentó el edema en 70%, congestión vascular en 100%, hemorragia intersticial en 65%, anormalidad de capa de células

germinales en un caso y no se observó necrosis. El edema y la hemorragia intersticial fueron más acentuados o predominaron en los grupos de 6 y 8 horas de torsión. Como valores predictivos de hemorragia intersticial encontramos $OD \leq 71\%$, $O.I.-O.F.T. \geq 18\%$ y $O.I.-O.D. \geq 17\%$. No se encontraron valores de oximetría que fueran estadísticamente significativos para correlacionarlos con edema, congestión vascular ni anormalidad de capa de células germinales, a pesar que este último presentó un caso a las 8 horas de torsión con OFT y OD 0%. Esperábamos encontrar necrosis por lo menos en alguno de los casos de 6 y 8 horas de torsión, pero no se presentó en ninguno de los casos, lo cual concuerda con los hallazgos de Harry y cols¹⁵ de que los testículos de ratas con torsión de 720° a 6 horas en general no presentan necrosis.

En los cambios histológicos a la semana de la destorsión testicular se presentó el edema en 30%, congestión vascular en 70%, hemorragia intersticial en 50%, anormalidad en la capa de células germinales en 95% y necrosis a diferentes grados en 90%. El edema se presentó de manera similar en los 4 grupos y se encontró un valor $OD \leq 82\%$ como valor umbral significativo para predecir su presencia, lo que se encuentra muy cerca de la media normal obtenida en OI (88%). La congestión vascular fue menor en el grupo de 6 horas y no tuvo relación con los valores de oximetría en ninguna medición. La anormalidad en la capa de células germinales solo estuvo ausente en un caso y tampoco se encontró relación con los valores de oximetría. Los valores de OFT no se correlacionaron estadísticamente con la necrosis, sin embargo no se presentó necrosis cuando la media fue de 68% y estuvo presente con oxemia de 45%. Dentro de todos los grupos hubo 6 casos con OFT de 0%, de los cuales uno del grupo de 2 horas presentó testículo no viable y otros con mayor tiempo de torsión y OFT de 0% presentaron menores grados de necrosis lo que comprueba que tampoco es una medición predictiva de necrosis. La diferencia OD-OFT que propiamente

es la ganancia en oxemia después de destorcer el testículo mostró algunos datos interesantes: cuando fue $\geq 14\%$ tuvo una relación significativa para presentar necrosis en cualquier grado, lo que significa que si no se recupera al destorcerlo 14% o más en comparación a cuando estuvo torcido habrá a la semana algún porcentaje de necrosis de la capa de células germinales, que en nuestro estudio ocurrió en más del 60% del testículo en 10/18 casos, entre 30-60% en 3/18 casos y menor al 30% en 5/18 casos.

Un hallazgo importante fueron las espermatogonias multinucleadas en 6 de los 20 testículos con cambios histológicos estudiados a una semana de la destorsión. Estas células se producen por fusión de las membranas plasmáticas y pueden llegar a presentar docenas de núcleos esféricos, situados periféricamente, alcanzando un gran tamaño la célula. En un modelo animal con ratas a las que se les ligó la arteria testicular en forma temporal, Kaya¹⁹ describió espermátidas multinucleadas y cambios ultra estructurales en las células de Sertoli que provocaron la necrosis completa en forma proporcional al tiempo de isquemia. En humanos, se consideran un hallazgo frecuente en los túbulos seminíferos de pacientes adultos que fueron criptorquídicos; pero también puede observarse en pacientes de edad avanzada y en pacientes infértiles²⁰ y estos cambios no han sido informados en niños después de la torsión testicular. Por lo tanto, esto indica alteraciones de la espermatogénesis en forma permanente y que en el futuro afectará la fertilidad, sin importar el grado de necrosis de las células germinales. Hay que resaltar que en un caso a pesar de no haber necrosis presentó esta alteración. No se encontró relación de los valores de oximetría ni de las diferencias calculadas para la presencia de estas células.

De lo anterior planteamos que las ratas Wistar pueden ser utilizadas como modelo animal experimental confiable en estudios de la fertilidad por alteraciones en la perfusión testicular secundaria a torsión testicular y probablemente por otras alteraciones.

Dentro de las mediciones OFT se encontró un grupo de casos con valores de 0% y luego el otro grupo por encima de 50% sin mediciones intermedias entre ambas cifras. Esta brecha nos llama la atención y puede ser un error en la medición al utilizar una cubierta de látex que no esta contemplada para el sensor y esto pudo influir en la detección de valores bajos de oxemia (por debajo de 50%), porque lo normal es que el sensor sin cubierta alguna detecte valores en forma continua aún por debajo de 50%. Desafortunadamente no se hizo la medición sin látex en aquellos testículos con oxemias menores a 50% debido a que la correlación con y sin látex en testículos sin torcer es muy alta. Este punto puede de alguna manera afectar los resultados y por eso no encontramos las diferencias que esperábamos en estas mediciones.

Otro punto que nos pudo limitar los resultados fue el tamaño de la muestra y se necesitaría realizar el mismo estudio con un tamaño de muestra mayor por grupos para reafirmar o negar que la oximetría testicular puede predecir el número de horas de torsión testicular y la presencia de necrosis de la capa de células germinales sin importar el tiempo de evolución de la torsión.

El no encontrar relación del grado de necrosis de células germinales a la semana con las mediciones de la oximetría hace pensar que la primera puede estar relacionada a otros factores que no tienen que ver con la hipoxemia, pero si con daño por reperfusión, ya que los hallazgos histológicos inmediatos no mostraron necrosis en ningún caso, contrastando con los hallazgos a la semana que mostraron necrosis en mayor o menor porcentaje en el 90% de los casos, sin importar el número de horas de torsión ni el valor de oximetría medida con torsión. De aquí queda dirigir una nueva línea de investigación en las mismas condiciones pero usando sustancias que limiten el daño por reperfusión. Se han encontrado niveles elevados de ácido láctico, hipoxantinas y productos de peroxidación lipídica en

ambos testículos después de la destorsión cuando se realiza torsión testicular unilateral²¹. Se describe que hasta 2/3 de los testículos salvados de una torsión se atrofiarán en 2 años y que sea en parte debido al daño testicular por isquemia/reperfusión²². El óxido nítrico se ha asociado con la apoptosis de las células germinales²³ y se sugiere que es iniciada a través de moléculas Bax asociadas a la mitocondria e interacciones Fas-FasL²⁴. En otro estudio con ratas Wistar se encontró elevación en las concentraciones de la enzima superóxido dismutasa en el testículo con torsión/destorsión y que a las 6 horas también se mostró significativamente elevada en el testículo contra lateral, sugiriendo que la preservación de un testículo torcido a través del procedimiento de destorsión puede causar daño en el futuro por la vía de lesión por reperfusión e indican la importancia de retirar el testículo dañado para disminuir las alteraciones histopatológicas a largo plazo en el testículo contralateral²⁵.

Referencias bibliográficas.

1. Lewis A, Bukowski T, Jarvis P, Wacksman J, Sheldon C. Evaluation of acute scrotum in the emergency department. *J Pediatr Surg* 1995 Feb; 30 (2): 277-282
2. Behrman. *Nelson Textbook of Pediatrics*, 16th ed., 2000. W. B. Saunders Company.
3. Edmond T. *Pediatric Urology Practice*. 1999. Lippicott Williams&Wilkins
4. Oldham K. *Surgery of infant and children*. 1997. Lippicott-Raven publishers
5. O'Neill J. *Pediatric surgery*. 5th ed. 1998. Mosby-Yearbook, Inc.
6. Burks D, Markey B, Burkhard T, Balsara Z, Haluszka M, Canning D. Suspected testicular torsion and ischemia: Evaluation with color Doppler sonography. *Radiology*; 175 (3): 815-21
7. Coley B, Frush D, Babcock D, O'Hara S, Lewis A, Gelfand m, et al. Acute testicular torsion: Comparison of unenhanced and contrast-enhanced power Doppler US, color Doppler US, and radionuclide imaging. *Radiology* 1996; 199:441-46
8. Wilbert D, Schaerfe C, Stern W, Strohmaier W, Bichler K. Evaluation of the acute scrotum by color-coded Doppler ultrasonography. *J. Urol* 1993; 149: 1475-77
9. Dewire D, Begun F, Lawson R, Fitzgerald S, Foley W. Color Doppler ultrasonography in the evaluation of the acute scrotum. *J. Urol* 1992; 147: 89-91
10. Yazbeck S, Patriquin H. Accuracy of Doppler sonography in the evaluation of acute conditions of the scrotum in children. *J Pediatr Surg* 1994; 29(9): 1270-72
11. Meza M, Amundson G, Aquilina J, Reitelman C. Color flow imaging in children with clinically suspected testicular torsion. *Pediatr Radiol* 1992; 22(5): 370-373
12. Allen T, Elder J. Shortcomings of color Doppler sonography in the diagnosis of testicular torsion. *J. Urol* 1995; 154: 1508-1510

13. Steinhardt G, Boyarsky S, Mackey R. Testicular torsion: pitfalls of color Doppler sonography. *J.Urol* 1993; 150: 461-462
14. Baker L, Sigman D, Mathews R, Benson J, Docimo S. An analysis of clinical outcomes using color Doppler testicular ultrasound for testicular torsion.
15. Sessions A, Rabinowitz R, Hulbert W, Goldstein M, Mevorach R. Testicular torsion: Direction, degree, duration and disinformation. *J. Urol* 2003; 169: 663-665
16. Nguyen L, Lievano G, Ghosh L, Radhakrishnan J, Fornell L. Effect of unilateral testicular torsion on blood flow and histology of contralateral testes. *J Pediatr Surg* 1999; 34(5): 680-683
17. Kram H, Miyamoto Eric, Rajfer J, Appel P, Shoemaker W. Testicular oximetry: A new method for the assessment of tissue perfusion and viability following torsion and destorsión. *J Pediatr Surg* 1989; 24(12): 1297-1302.
18. Palmer J, Plzak L, Cromie W. Comparison of blood flow and histological changes in rat models of testicular ischemia. *J. Urol* 1997; 158: 1138-1140.
19. Kaya M. Sertoli cells and various types of multinucleates in the rat seminiferous tubules following temporary ligation of the testicular artery. *J Anat* 1986; 144: 15-29.
20. Nistal M, Regadera J y González-Peramato P. *Biopsia testicular e infertilidad*. 2001. Ediciones Harcourt, S.A.
21. Akgür FM. Ipsilateral and contralateral testicular biochemical acute changes after unilateral testicular torsion and detorsion. *Urology* 1994; 44 (3): 413-418.
22. Power R. Long-term protective effects of hypothermia on reperfusion injury post-testicular torsion. *Scand J Urol Nephrol* 2003; 37 (6): 456-460

23. Zini A. Germ cell apoptosis and endothelial nitric oxide synthase (eNOS) expression following ischemia-reperfusion injury to testis. *Arch Androl* 1998; 41 (4): 57-65.
24. Lysiak J. Molecular pathway of germ cell apoptosis following ischemia/reperfusion of the rat testis. *Biol Reprod* 2000; 63 (5): 1465-1472.
25. Sarica K. Influence of experimental spermatic cord torsion on the contralateral testis in rats. Evaluation of tissue free oxygen radical scavenger enzyme levels. *Urol Int* 1997; 58 (4): 208-212.

Hoja de recolección de datos.

Grupo: _____

Valor pre-torsión: _____%

Valor torsión: _____%

Valor reperusión: _____%

Histología:

Variable	Unidad de medición	Instrumento de medición	Categorías	Código
Edema	Estudio histopatológico	Microscopio de luz	Ausente Leve Moderado Grave	- + ++ +++
Congestión vascular	Estudio histopatológico	Microscopio de luz	Presente Ausente	+ -
Hemorragia intersticial	Estudio histopatológico	Microscopio de luz	Presente Ausente	+ -
Anormalidad en capa de células germinales	Estudio histopatológico	Microscopio de luz	Presente Ausente	+ -
Necrosis	Estudio histopatológico	Microscopio de luz	Ausente <30% 30-60% >60%	- + ++ +++

Otros:
