

# Polipropileno frente a polidioxanona: igual eficacia biomecánica en cierres de la línea media

Juan M. Bellón<sup>a</sup>, Marta Rodríguez<sup>a</sup>, Natalia Serrano<sup>a</sup>, Natalio García-Honduvilla<sup>b</sup>, Verónica Gómez<sup>b</sup> y Julia Buján<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Cirugía. Facultad de Medicina. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares. Madrid. España.

<sup>b</sup>Departamento de Especialidades Médicas. Facultad de Medicina. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares. Madrid. España.

## Resumen

**Introducción.** La incidencia de hernia incisional tras laparotomías es elevada, especialmente cuando la apertura del abdomen se efectúa siguiendo la línea alba, una zona débil de la pared abdominal. El objetivo del presente trabajo ha sido evaluar desde un punto de vista biomecánico el cierre de la línea media, empleando la misma técnica quirúrgica y dos suturas diferentes (absorbible a largo plazo frente a no absorbible).

**Material y métodos.** Se realizó una laparotomía media sobre la línea alba de 7,5 cm a 48 conejos blancos Nueva Zelanda. El defecto se reparó con una sutura continua en masa utilizando polipropileno 4/0 o polidioxanona 4/0. Como grupo control, se emplearon animales no sometidos a cirugía. A las 3, a las 6 semanas y a los 6 meses se realizaron estudios morfológicos, inmunohistoquímicos y biomecánicos.

**Resultados.** Ambas suturas generaron un tejido cicatrizal compuesto por fibras de colágeno en torno a los filamentos de la sutura. A los 6 meses la biodegradación de la sutura de polidioxanona era casi completa. La respuesta macrofágica disminuía progresivamente, aunque era significativamente mayor en los cierres con polidioxanona. No hubo diferencias significativas en la resistencia biomecánica entre las 2 suturas.

**Conclusiones.** En cierres de laparotomía en la línea media, ambas suturas presentaron un comporta-

miento biológico óptimo, y su composición no influyó en la resistencia biomecánica.

**Palabras clave:** Laparotomía. Línea alba. Hernia incisional. Pared abdominal. Polipropileno. Polidioxanona.

## POLYPROPYLENE AND POLYDIOXANONE SHOW SIMILAR BIOMECHANICAL EFFICACY IN MIDLINE CLOSURE

**Introduction.** After laparotomy, the incidence of incisional hernia is high, especially when the abdomen is opened along the linea alba, a weak structure of the abdominal wall. This study was designed to evaluate the biomechanical resistance of midline closure using the same surgical technique but two different types of suture material, a long-lasting absorbable material and a non-absorbable material.

**Material and methods.** A 7.5 cm midline laparotomy was performed in 48 New Zealand White rabbits. The surgical wound was then repaired with an en masse running suture using polypropylene 4/0 or polydioxanone 4/0. Animals not subjected to surgery were used as controls. Morphological, immunohistochemical and biomechanical tests were undertaken 3 weeks, 6 weeks and 6 months after surgery.

**Results.** Both types of suture gave rise to scar tissue composed of collagen fibers concentrically arranged around the suture filaments. Six months after surgery, the polydioxanone suture had almost completely degraded. The macrophage response steadily diminished over time, although it was significantly greater in wounds closed by polydioxanone suture. No significant differences were found in the biomechanical strength provided by the two types of suture.

**Conclusions.** After laparotomy closure at the linea alba, both suture materials showed optimal biological behavior. The composition of the suture material did not affect the tensile strength of the repair zone.

El presente trabajo ha sido realizado con una Ayuda de Investigación GC04003 (Grupos consolidados SESCAM).

Correspondencia: Dr. J.M. Bellón.  
Departamento de Cirugía. Facultad de Medicina.  
Universidad de Alcalá.  
Ctra A-II, Km 33.600. 28871 Alcalá de Henares. Madrid. España.  
Correo electrónico: juanm.bellon@uah.es

Manuscrito recibido el 6-6-2005 y aceptado el 22-6-2005.

**Key words:** *Laparotomy. Linea alba. Incisional hernia. Abdominal wall. Polypropylene. Polydioxanone.*

## Introducción

La laparotomía media es uno de los abordajes quirúrgicos más frecuentes en cirugía abdominal. La incidencia de hernia incisional tras laparotomías sigue presentando porcentajes muy elevados, apareciendo hasta un 15% de los casos<sup>1</sup>, en aperturas efectuadas a través de la línea alba. Esta parte del abdomen, confluencia de múltiples fuerzas de tensión (ley de Laplace), como la presión intraabdominal y la presión lateral ejercida por los diferentes músculos anchos del abdomen, hacen que ésta sea una zona débil de la pared abdominal.

Las diferentes técnicas de cierre, así como el tipo de sutura empleado, siguen siendo objeto de estudio, encaminados a determinar las causas o motivos de aparición no sólo de hernia incisional, sino también de dehiscencia aguda o evisceración poslaparotomía.

En cuanto a las técnicas de cierre, son múltiples las opciones, y los debates se centran entre la sutura continua y la sutura a puntos sueltos. Otro parámetro importante es el propuesto por Jenkins en 1976<sup>2</sup>, en cuanto a la longitud del hilo consumido en la realización del cierre laparotómico (SL) y la longitud de la herida laparotómica practicada (WL). Esta relación SL/WL debe estar en una proporción igual o superior a 4:1.

En relación con el tipo de sutura empleado, existen múltiples publicaciones en las que se han comparado diferentes biomateriales, absorbibles y no absorbibles. De los primeros, los más utilizados son el poliglactin 910 y la polidioxanona. Se diferencian en su estructura (multifilamento y monofilamento, respectivamente) y el tiempo de absorción. En cuanto a los segundos, los más utilizados en clínica han sido el nylon y el polipropileno. De los dos, el más inestable es el nylon (poca resistencia tensil y degradación a largo plazo), por lo que el polipropileno, dadas sus características de resistencia tensil y biocompatibilidad, sigue siendo el más empleado.

El objetivo del presente trabajo ha sido realizar un estudio experimental de comportamiento biológico y de resistencia biomecánica, empleando 2 tipos de sutura (absorbible a largo plazo frente a no absorbible), siempre con una misma técnica de cierre (sutura continua y relación 4:1).

## Material y métodos

### *Animal de experimentación*

Se emplearon 60 conejos blancos Nueva Zelanda machos, de un peso aproximado entre 2.000 y 2.300 g. Todos los animales fueron estabulados y mantenidos en condiciones de luz y temperatura constantes durante todo el tiempo de estudio según normativa de CEE (28871-22A9).

### *Material de sutura*

Las suturas empleadas para el cierre de la línea media fueron polipropileno 4/0 (Prolene® Ethicon, Johnson & Johnson, Estados Unidos) y polidioxanona 4/0 (PDS II® Ethicon, Johnson & Johnson, Estados Unidos).

### *Técnica quirúrgica*

Los animales fueron anestesiados con una mezcla de ketamina (70 mg/kg), diazepam (1,5 mg/kg) y clorpromazina (1,5 mg/kg) por vía intramuscular. En algunos casos, y de una forma complementaria, se aplicó una dosis adicional de anestesia por vía intraperitoneal.

Mediante una técnica quirúrgica estéril, los animales fueron sometidos a una laparotomía media sobre la línea alba de una longitud de 7,5 cm. La localización en altura de ésta fue siempre la misma, tomando como referencia el apéndice xifoides y situándola a 3 centímetros de éste.

En todos los animales se realizó una sutura continua en masa, siguiendo una relación 4:1. El procedimiento técnico fue realizado siempre por el mismo cirujano.

### *Diseño experimental*

Los tiempos de estudio establecidos fueron de 3 y 6 semanas y 6 meses. Se constituyeron 3 grupos de estudio:

1. Grupo control (n = 18): animales no sometidos a cirugía, destinados a estudio morfológico y biomecánico de la línea media.

2. Grupo I (n = 21): cierre de la laparotomía con una sutura continua de polipropileno 4/0.

3. Grupo II (n = 21): cierre con polidioxanona 4/0.

Macroscópicamente se evaluó la presencia de infección y zonas de relajación en los cierres laparotómicos.

### *Estudios morfológicos*

Un primer análisis morfológico de las muestras se realizó en un microscopio óptico (Zeiss Axiophot, Carl Zeiss, Oberkochen, Alemania). Las piezas fueron fijadas en formol al 10%, incluidas en parafina, cortadas en secciones de 5 µm y teñidas con hematoxilina-eosina o tricrómico de Masson (variedad Goldner-Gabe).

Para los estudios con microscopía electrónica de barrido, las muestras se fijaron en glutaraldehído al 3% (2 h), y después de mantenerlas al menos 2 h en tampón Milloning (pH, 7,3) se deshidrataron en una serie gradual de acetonas. El punto crítico se llevó a cabo en un Polaron E-3000 (Polaron Ltd, Reino Unido). Por último, las piezas fueron metalizadas con oro-paladio y estudiadas en un microscopio Zeiss DSM-950 (Carl Zeiss, Oberkochen, Alemania).

### *Análisis inmunohistoquímico*

El estudio inmunohistoquímico fue efectuado empleando un anticuerpo monoclonal específico para macrófagos de conejo RAM-11 (Dako M-633). El método empleado fue el de avidina-biotina, descrito en trabajos previos<sup>3</sup>. Se efectuó el porcentaje de células marcadas positivamente en 30 campos microscópicos (20) elegidos al azar para cada sutura y cada tiempo de estudio. Por último, los valores obtenidos del recuento celular fueron sometidos a análisis estadístico aplicando el test de la U de Mann-Whitney.

### *Estudio biomecánico*

La resistencia a la tracción mecánica se llevó a cabo sobre tiras transversales de tejido de 2 cm de ancho, que incluían la zona de sutura (fig. 1a). Las mediciones se realizaron en un tensiómetro modelo Ins-

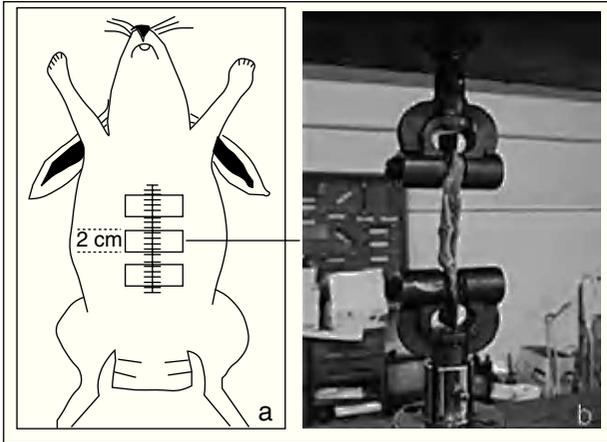


Fig. 1. a) Representación esquemática de la técnica quirúrgica y la recogida de las muestras; b) detalle de una de las muestras fijada con las mordazas de un tensiómetro tipo INSTRON para la realización del estudio tensiométrico.

tron (Instron Corp., Canton, MA, Estados Unidos) (bastidor: F-DM-H 1072; consola: TT-DM-1118) (fig. 1b). En todos los ensayos realizados se utilizó una célula de carga de 50 kg, ajustándose a una escala de 5 kg. La velocidad de travesía fue de 5 cm/min y la velocidad de registro de 2 cm/min. Antes de ser testadas, las piezas se introducían en medio de cultivo MEM (Medio Mínimo Esencial), sin fijación previa, con la finalidad de no alterar los resultados. Todos los ensayos fueron realizados dentro de las 12 h siguientes al sacrificio. Los resultados fueron sometidos a estudios estadísticos (U de Mann-Whitney).

## Resultados

No se apreciaron signos de infección y/o rechazo en el cierre con ambos tipos de sutura, en ninguno de los períodos de estudio establecidos.

En el momento de recogida de las muestras la sutura de PP aparecía bien definida a lo largo de la línea media. La sutura de PDS II, a los 6 meses, presentaba un aspecto macroscópico similar al de la línea alba control.

Histológicamente la línea alba (grupo control) está constituida por una estrecha franja de tejido conjuntivo organizado en haces fibrosos de colágeno dispuestos de forma paralela a la superficie, que enlazan los 2 planos musculares laterales de la pared anterior del abdomen. En las 2 vertientes, tanto subcutánea como peritoneal, de esta línea podía observarse tejido adiposo blanco (fig. 2a).

Tanto en la sutura con polipropileno como la realizada con PDS II, a las 3 semanas, se generó la formación de un tejido cicatrizal desordenado alrededor de los puntos de sutura, que aumentaba considerablemente el espesor de la línea media. Este tejido estaba compuesto básicamente por fibras de colágeno, fibroblastos y vasos sanguíneos (fig. 2b). En torno a los hilos de sutura se observaron células inflamatorias.

A las seis semanas, en los cierres con ambos tipos de sutura, el tejido conectivo neoformado se incrementaba y aparecía infiltrado por depósitos de tejido adiposo. Dicho tejido se disponía de forma desordenada entre los fascículos del músculo abdominal, aumentando considerablemente su espesor hacia la vertiente peritoneal (fig. 2c). La sutura de PDS II aparecía infiltrada por tejido de gra-

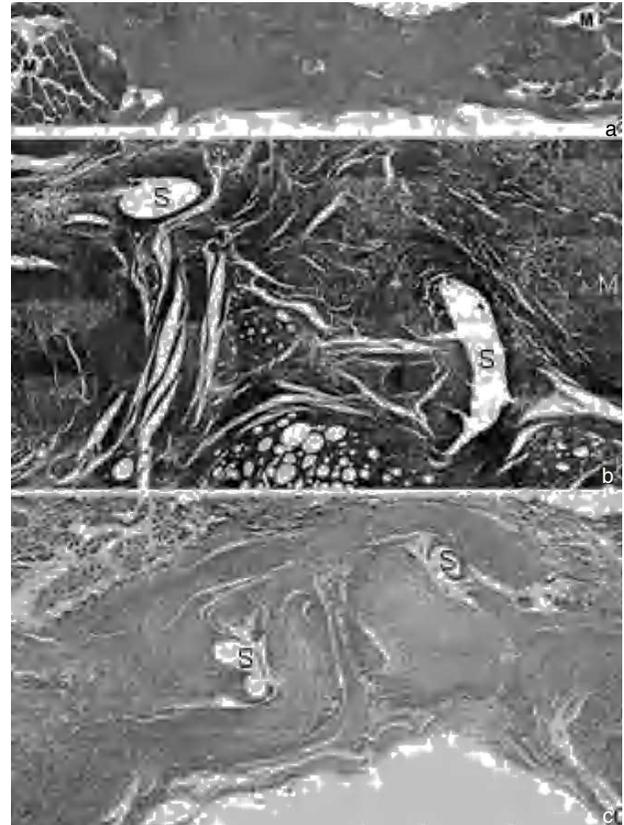


Fig. 2. a) Aspecto de la línea alba control a microscopia óptica (tricrómico de Masson, 50); b) cierre realizado con PDS II a las 3 semanas (tricrómico de Masson, 100); c) aspecto de la línea media tras el cierre con una sutura de PP a las 6 semanas (tricrómico de Masson, 50). M: músculo; LA: línea alba; S: sutura.

mulación y podía apreciarse como comenzaba a absorberse en este período de estudio.

Transcurridos 6 meses, en el cierre realizado con PP, la línea media quedaba engrosada por la formación del tejido cicatrizal con un abundante componente adiposo, en el que apenas se observaban células inflamatorias. En torno a la sutura, las fibras de colágeno se disponían formando un anillo más denso que el tejido conjuntivo adyacente. En el caso del cierre con PDS II la línea media presentaba un aspecto similar al de la línea alba control, y a microscopia óptica podían observarse algunos restos de sutura, que estaban siendo degradados por macrófagos y células gigantes de cuerpo extraño.

## Análisis inmunohistoquímico

A las 3 semanas, el estudio inmunohistoquímico reveló la presencia de macrófagos y células gigantes de cuerpo extraño en torno a los filamentos de la sutura de PP y PDS II; significativamente su número fue mayor en el caso del cierre con la sutura absorbible, en todos los períodos de estudio ( $p < 0,05$ ). La presencia de células macrofágicas se mantenía durante todos los tiempos de estudio, si bien se observaba una progresiva reducción del

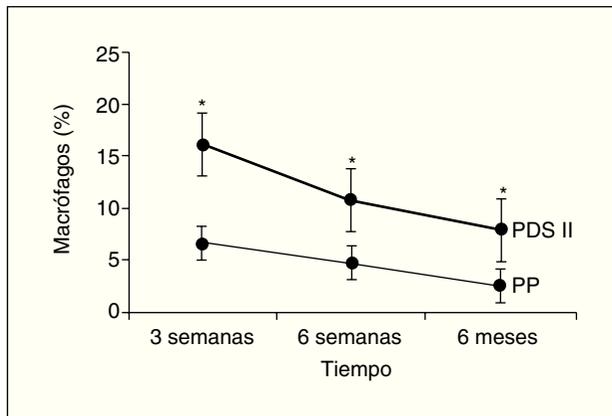


Fig. 3. Valores medios del número de células macrofágicas para cada grupo y tiempo de estudio. \*p < 0,05.

número de células marcadas a los 6 meses poslaparotomía (fig. 3).

*Estudio biomecánico*

Los valores de resistencia a la tracción de animales a los que se les había practicado una sutura simple con PP o PDS II mostraron valores tensiométricos significativamente menores que los del grupo control (línea alba intacta) en todos los tiempos de estudio.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores obtenidos en los dos tipos de sutura (p < 0,05) (tabla 1).

**Discusión**

Hasta el momento, no se ha establecido ninguna técnica de sutura óptima, ni se ha determinado qué biomateriales son los más apropiados para realizar un cierre laparotómico con suficientes garantías para disminuir la incidencia de dehiscencias agudas o de hernias incisionales.

En cuanto a la técnica de cierre, la discusión se centra básicamente en determinar si es mejor realizar el cierre con sutura continua o a puntos sueltos, y también en discernir si es mejor una sutura por planos o en masa. En estudios experimentales algunos autores<sup>4,5</sup> defienden la sutura continua. Ello coincide con estudios clínicos<sup>6-9</sup>, en los que esta técnica sería la de elección, ya que permite el reparto de tensión de forma uniforme a lo largo de toda la línea de sutura, existiendo menor riesgo de isque-

mia en los tejidos. De este modo es posible reducir la posible aparición de dehiscencia de la laparotomía.

En nuestro estudio optamos por la sutura continua según estos resultados tanto experimentales como clínicos. No observamos zonas de dehiscencia en las laparotomías medias efectuadas en ninguno de los animales intervenidos.

En estudios experimentales Cengiz et al<sup>4</sup> y Höer et al<sup>5</sup>, empleando la rata como animal de experimentación, demostraron después de ensayos tensiométricos que la relación 4:1 establecida por Jenkins<sup>2</sup> era la que mejor respondía biomecánicamente.

En estudios clínicos, Israelsson et al<sup>8,10</sup> demostraron que la relación de SL/WL mayor de 4 reducía ostensiblemente la incidencia de dehiscencia de la herida y hernia incisional; la relación óptima era aquella situada entre valores de 4 a 5. En nuestro modelo experimental, aplicamos rigurosamente esta relación, obteniendo resultados similares a los de estos autores.

El material de sutura es el otro parámetro motivo de discusión en los cierres laparotómicos. En un metaanálisis realizado por Rucinski et al<sup>7</sup>, se demuestra que la duración de los materiales de sutura es de mayor a menor, no absorbibles, absorbibles monofilamento y absorbibles trenzados. Los monofilamentos no absorbibles muestran una mayor resistencia a la rotura, una menor incidencia de infección y una reactividad menor que los absorbibles, lo que coincide con los resultados obtenidos por otros autores<sup>10-12</sup>.

En nuestro estudio, hemos podido comprobar la buena tolerancia de ambos materiales empleados en el cierre de la línea media de los animales. Sí bien la sutura de PDS II genera una respuesta macrofágica significativamente mayor que la sutura con PP, ambas han mostrado una mínima reacción a cuerpo extraño, que disminuyen en los diferentes tiempos de estudio.

El diseño de la resistencia biomecánica, en nuestro experimento, se ha realizado basándose en resultados previos obtenidos en estudios efectuados en humanos por otros autores<sup>13</sup>. Según los mismos, los ensayos de tracción en la línea media muestran valores de fuerza tensil superiores siguiendo el eje longitudinal que si se sigue el eje transversal. Las fuerzas que inciden sobre el cierre de la línea media tienen tendencia a provocar la separación de los bordes suturados de ésta. Esto es así debido, en primer lugar, a los efectos de la presión intraabdominal y en segundo lugar a que la cavidad abdominal debe de considerarse como una figura geométrica cilíndrica. Según la ley de Laplace, los vectores de las fuerzas se repartirían sobre las paredes de ese cilindro, en sentido transversal, tratando de separar los bordes más mediales de este cilindro. Obviamente, trasladando este modelo a la cavidad abdominal, el borde medial anterior es la línea media o la línea alba. Por este motivo hemos realizado

TABLA 1. Resistencia biomecánica (Newtons)

	n	3 semanas	n	6 semanas	n	6 meses
Línea media (control)	5	55,41 ± 6,78*	5	57,21 ± 7,70*	5	79,71 ± 10,32*
Sutura PP	8	36,11 ± 3,75	8	43,99 ± 4,17	8	68,23 ± 8,48
Sutura PDS II	11	41,56 ± 7,93	12	41,24 ± 5,31	12	66,73 ± 14,27

\*Diferencias estadísticamente significativas. Prueba de la U de Mann-Whitney (p < 0,05). n: número de animales.

los ensayos, tomando tiras de tejido de 2 cm de ancho que incluían la sutura, realizando el ensayo de tracción por sus dos extremos, siempre siguiendo un eje transversal o perpendicular a la sutura.

En los ensayos realizados no hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los dos biomateriales en cuanto a fuerza tensil. En los diferentes tiempos de estudio, como es lógico, nunca se han alcanzado los valores obtenidos en los controles; estos valores fueron siempre estadísticamente significativos.

Ante estos resultados tanto de comportamiento biológico como biomecánicos, nuestro estudio avalaría la posibilidad de que el cierre de la línea alba podría ser realizado tanto con un material no absorbible como con un material de lenta absorción. Ello estaría en consonancia con dos estudios clínicos de relevancia en los que por un lado Hodgson et al<sup>6</sup> concluyen que el cierre empleando una sutura no absorbible es el que presenta menor incidencia de aparición de hernia incisional, y por otro lado Riet et al<sup>9</sup>, que consideran que el cierre con una sutura de polidioxanona sería el ideal, ya que no encontraron diferencias en la aparición de hernias incisionales en los casos en los que emplearon polipropileno.

Por todo ello podemos concluir afirmando que, una técnica de cierre con sutura continua, respetando la relación 4:1, puede ser efectuada bien con una sutura no absorbible, tipo polipropileno, o bien con un material de absorción lento, como la polidioxanona. En ambos casos no existen diferencias biomecánicas estadísticamente significativas respecto del proceso cicatrizal. Probablemente la sutura biodegradable, al no dejar residuo o cuerpo extraño en el organismo receptor, pueda ser finalmente la más idónea, especialmente en aquellos casos en los que no haya cicatrización comprometida por causas patológicas.

## Bibliografía

1. Korenkov M, Sauerland S, Arndt M, Bograd L, Neugebauer EAM, Troidl H. Randomized clinical trial of suture repair, polypropylene mesh or autodermal heniooplasty for incisional hernia. *Br J Surg.* 2002;89:50-6.
2. Jenkins TNP. The burst abdominal wound: a mechanical approach. *Br J Surg.* 1976;63:837-76.
3. Bellón JM, Buján J, Contreras L, Hernando A, Jurado F. Macrophage response to experimental implantation of polypropylene prostheses. *Eur Surg Res.* 1994;26:46-53.
4. Cengiz Y, Mansson P, Israelsson LA. Conventional running suture and continuous double loop closure: an experimental study of wound strength. *Eur J Surg.* 2000;166:647-9.
5. Höer J, Anurov M, Titkova S, Klinge U, Töns C, Öttinger A. Influence of suture material and suture technique on collagen fibril diameters in midline laparotomies. *Eur Surg Res.* 2000;32:359-67.
6. Hodgson NCF, Malthaner RA, Østbye T. The search for an ideal method of abdominal fascial closure. A meta-analysis. *Ann Surg.* 2000;231:436-42.
7. Rucinski J, Margolis M, Panagopoulos G, Wise L. Closure of the abdominal midline fascia: meta-analysis delineates the optimal technique. *Am Surg.* 2001;67:421-6.
8. Israelsson LA. Wound fairule and incisional hernia: mechanisms and prevention. En: Fitzgibbons RJ, Greenburg AG, editors. *Nyhus and Condon's hernia.* 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002. p. 327-40.
9. Riet MV, Steyerberg EW, Nellensteyn J, Bonjer HJ, Jeekel J. Meta-analysis of techniques for closure of midline abdominal incisions. *Br J Surg.* 2002;89:1350-6.
10. Israelsson LA, Jonsson T. Suture length to wound length ratio and healing of midline laparotomy incisions. *Br J Surg.* 1993;80:1284-6.
11. Hsiao W, Young K, Wang S, Lin P. Incisional hernia after laparotomy: prospective randomized comparison between early-absorbable and late-absorbable suture materials. *World J Surg.* 2000;24:747-52.
12. Rath AM, Attali P, Dumas JL, Goldlust D, Zhang J, Chevrel JP. The abdominal linea alba: an anatomico-radiologic and biomechanical study. *Surg Radiol Anat.* 1996;18:281-8.
13. Grassel D, Prescher A, Fitzek S, Graf V, Keyserlingk D, Axer H. Anisotropy of human linea alba: a biomechanical study. *J Surg Res.* 2005;124:118-25.