



UNIVERSIDAD DE SEVILLA  
FACULTAD DE MEDICINA  
Departamento de Cirugía

*Tesis doctoral*

# EVALUACIÓN BIOMECÁNICA DE SUTURAS AUTOFIJABLES EN MODELO EXPERIMENTAL ANIMAL

**Carmen Cepeda Franco**





EVALUACIÓN BIOMECÁNICA  
DE SUTURAS AUTOFIJABLES  
EN MODELO EXPERIMENTAL ANIMAL

**CARMEN CEPEDA FRANCO**

**Doctorando en Actualizaciones en Cirugía**

**Departamento de Cirugía. Universidad de Sevilla**





**EVALUACIÓN BIOMECÁNICA  
DE SUTURAS AUTOFIJABLES  
EN MODELO EXPERIMENTAL ANIMAL**

TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE DOCTOR EN MEDICINA  
POR LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA

**CARMEN CEPEDA FRANCO**

DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA

FACULTAD DE MEDICINA

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

OCTUBRE 2015



Curso académico 2014/2015

**Programa 1288:** Actualizaciones en Cirugía

**Línea de investigación:** Avances en Cirugía

**Directores:** Prof. Francisco Javier Padillo Ruiz

Dr. Juan Manuel Suárez Grau





GRUPO DE INVESTIGACIÓN

**Investigador responsable:** Francisco Javier Padillo Ruiz

CIBERehd Enfermedades Hepáticas y Digestivas (Nodo 5, Cáncer Hepático y Digestivo)

“Cirugía Avanzada y trasplantes. Terapia Celular y Bioingeniería Aplicada a la Cirugía”

**Plan Andaluz de Investigación, CTS-664**

**Línea de Investigación (Plan Estratégico de I+D+i):** Biomateriales



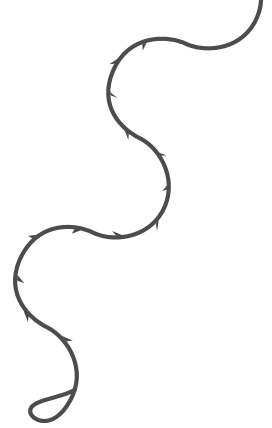
# Índice

I. INTRODUCCIÓN .....	13
II. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	75
III. OBJETIVOS.....	79
IV. MATERIAL Y MÉTODO.....	83
V. RESULTADOS .....	101
VI. DISCUSIÓN.....	143
VII. CONCLUSIONES.....	171
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	175
IX. ANEXOS .....	195



# I. INTRODUCCIÓN





# I. INTRODUCCIÓN

Denominamos sutura al material destinado a favorecer la cicatrización de una herida mediante cosido quirúrgico de los bordes o extremos de la misma, con objeto de mantenerlos unidos disminuyendo la tensión entre ellos.

Mucho tiempo ha pasado desde los primeros intentos conocidos del hombre para cerrar las soluciones de continuidad de los tejidos, las heridas. A lo largo de la historia, los métodos han sido variados, ingeniosos y hasta extraños si se estudian en el momento actual; pero sumamente importantes en su época. Los avances en las nuevas tecnologías han hecho posible la evolución de la cirugía, el desarrollo de nuevas técnicas que han hecho necesaria la creación de nuevos materiales y artulugios.

La evolución de las suturas para el cierre de heridas por tanto, ha estado y está en constante evolución en busca de métodos atraumáticos, que favorezcan la correcta elasticidad y dinámica de los tejidos, eviten tensiones elevadas, el exceso de nudos, la colonización bacteriana y la mala integración con el organismo. Producto de esta evolución han surgido las suturas barbadas con el fin de favorecer una correcta coaptación de los bordes de la herida sin necesidad de anudar.

Este proyecto surge del interés de nuestro grupo de investigación en la experimentación de nuevos materiales quirúrgicos que faciliten el día a día del cirujano general, así como el desarrollo y la mejora de las nuevas técnicas quirúrgicas; y con la finalidad de comprobar experimentalmente la eficacia y los resultados de estas nuevas suturas.

## 1.1. DEL CAMINO RECORRIDO A LOS NUEVOS HORIZONTES

La historia de las suturas es un tema inseparable de la evolución de la cirugía a lo largo de los tiempos. No siempre ha existido un hilo de sutura para cada herida, sino, que de acuerdo a las costumbres de la población contemporánea se han usado diferentes técnicas, materiales y destrezas<sup>1</sup>. Así empezó la historia de las suturas...

### 1.1.1 Prehistoria

En alguna parte entre 50.000 y 30.000 años a.C. se inventaron las agujas para los ojos y 20.000 a. de C las agujas de hueso. Es razonable suponer que estas agujas se utilizaban para coser las heridas porque los cráneos neolíticos que se han encontrado muestran que durante este período la trepanación se realizaba con éxito puesto que el crecimiento del hueso hacia el interior desde el borde del trépanos muestra que el paciente no solo estaba vivo en el momento de la operación sino que sobrevivió durante un período considerable después<sup>2</sup>.



**Figura 1.** Indios de América realizando una trepanación



Las primeras técnicas quirúrgicas se emplearon para el tratamiento de las heridas y traumatismos producidos en el curso de la vida a la intemperie (figura 1). La combinación de estudios arqueológicos y antropológicos (en tribus cuyo modo de vida remeda al de los primeros seres humanos) ofrece información sobre métodos rudimentarios de sutura, amputaciones, drenajes o cauterizaciones de heridas con instrumentos candentes<sup>3</sup>. Existen numerosos ejemplos:

- una mezcla de salitre y azufre vertida en las heridas y a la que se prendía fuego, empleada por algunas tribus asiáticas;
- las técnicas de drenaje de los indios Dakota, mediante el empleo de una caña de pluma «conectada» a una vejiga urinaria animal para succionar el material purulento;
- el hallazgo de agujas de la edad de piedra que podrían haberse empleado en suturas (los Masáis emplean agujas de acacia con el mismo fin);
- o el ingenioso método desarrollado por algunas tribus de la India y Sudamérica, sellando las heridas menores mediante la aplicación de termitas o escarabajos a los que, tras morder los bordes aproximados de la herida, se les retuerce el cuello para dejar las cabezas rígidamente enganchadas a modo de grapas<sup>4</sup>(figura 2).



**Figura 2.** Método de cierre de heridas con hormigas

### 1.1.2 Mesopotamia

Volviendo a los tiempos antiguos, alrededor del 1900 a. C. Hammurabi, rey de Babilonia, codificó las leyes y los grabados en un pilar del templo. Algunas de estas leyes estaban relacionadas con la práctica quirúrgica: “Si un médico hace una herida grave con un cuchillo de operar y mata a un paciente o destruye un ojo, su mano será cortada”. Estas leyes demuestran cómo se llevó a cabo la cirugía babilónica y por qué la medicina quedó reducida a una etapa en la que los enfermos se llevaban a la plaza principal para que los transeúntes que hubieran sufrido previamente una enfermedad pudieran aconsejarles.

### 1.1.3 Imperio egipcio

Egipto fue invadido por los babilonios, que gobernaron durante varios siglos, pero sobre el 1600 a.C. una revolución popular creó el Nuevo Imperio Egipcio.



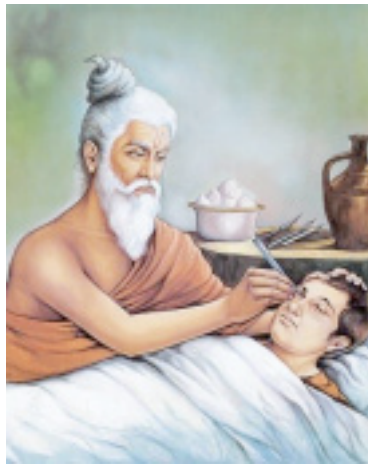
**Figura 3.** Imagen extraída del Papiro de Edwin Smith

El Papiro de Edwin Smith (1600 A.C.), que data a partir de este periodo, puede ser el libro más antiguo conocido por el hombre, de tan sólo 5 metros, es un manual de cirugía traumática de sorprendente calidad para la época es un claro intento de codificar el conocimiento de las generaciones anteriores, y es científico en su enfoque (figura 3). Esto contrasta con otro de los papiros famosos, el Ebers (1500 A.C.), que muestra la fuerte tendencia entre los médicos egipcios a añadir estiércol a todas las recetas posibles. El tratamiento de un hombro acuchillado constituye la primera referencia a

las suturas: “debes unir el corte con la costura; has de unir la carne fresca el primer día; si encontrases que la herida se ha abierto y las costuras se han perdido, debes unir los bordes con dos tiras de lino”. De otras referencias, se sabe que las tiras de lino se recubrían con una mezcla adhesiva de miel y harina creando así unas originales “tiritas” para el cierre de heridas. La cirugía egipcia nunca alcanzó la altura alcanzada en la India, pero hizo mucho al iniciar la transición hacia un movimiento científico que culminó, por supuesto, con la Edad de Oro de Grecia, cuando la separación de la religión y la medicina fue finalmente un hecho.

#### 1.1.4 Medicina tradicional india

Es conocido que las civilizaciones de Mesopotamia estuvieron en contacto regular con la India, y uno de los textos escritos por un indio, Susruta (600 A.C.), es el gran almacén de los principios de la cirugía ayurveda<sup>5</sup> (figura 4).



**Figura 4.** Susruta realizando una cirugía.

Susruta describe cómo practicar la ligadura de vasos sanguíneos y su monumental tratado *Sushruta Samhita* parece haber sido el primer libro de texto de cirugía: reparación de las fístulas anales, la amigdalectomía, la cesárea, la amputación y la rinoplastia. Para llevar a cabo estas hazañas

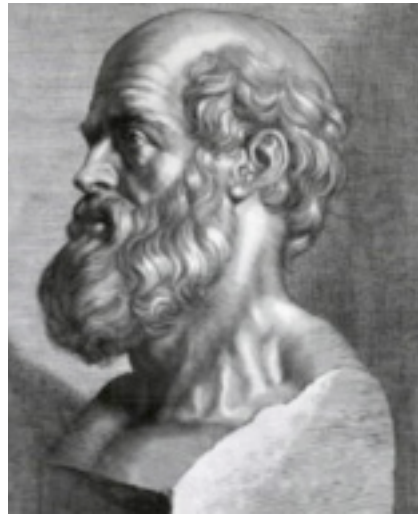
quirúrgicas, fueron descritos 121 instrumentos en detalle, incluyendo triangular, de cuerpo redondo, y agujas curvas y rectas. Las suturas se hicieron a partir de lino, cáñamo, fibra de la corteza o de pelo. Las calabazas, los melones y las vejigas de animales se utilizaron para practicar incisiones, la piel de los animales de sutura y los tallos de loto como ligaduras<sup>6</sup>. A partir de estos y otros textos es obvio suponer que la cirugía de la India fue muy por delante de cualquier otra civilización antigua, y tenemos que asumir que gran parte de la cirugía egipcia, babilónica, griega y árabe se originó en la India.

### 1.1.5 Antigua Grecia

Asclepios es el primer nombre que aparece en la medicina griega, pero la fábula y la realidad acerca de él es imposible de separar (figura 5). Su tasa de éxito en la cura de enfermedades, era tan alta que incluso Plutón se quejó de que el infierno estaba perdiendo nuevos reclutas.



**Figura 5.** Estatua de Asclepio del museo de Atenas (Grecia).



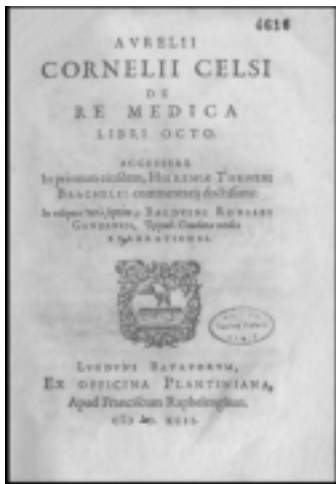
**Figura 6.** Hipócrates

En pleno apogeo sus templos de curación estaban repletos de sacerdotes, y los templos para los asistentes laicos fueron los responsables de la curación

finalmente y llevaron a la fundación de escuelas de Medicina en el siglo VII a. C. y por primera vez la medicina se convirtió en una ciencia.

En 460 A.C., en Cos nació Hipócrates (figura 6), considerado el padre de la medicina moderna, y su vida coincide con la edad de oro de la civilización helena y su moderna cosmovisión de la razón frente al mito; hijo de un curandero, cuyos escritos no hacen mucha referencia a la cirugía, pero cuando lo hace es para asegurar los poderes curativos de la naturaleza. “Las heridas secas se curan rápidamente y bien, si los bordes se mantuvieron estrechamente aproximados, aunque la cauterización se use para conseguir hemostasia”. La principal contribución de Hipócrates a la cirugía se encuentra en sus descripciones clínicas y el descarte de los tratamientos basada en la tradición o las ilusiones y no en la racionalidad.

### 1.1.6 Imperio romano



**Figura 7.** Portada de “De Re Medica Libi Ocho”

A pesar del tenue vínculo existente entre la medicina griega y de la India a través de Creta, Egipto y Babilonia, una conexión concreta fue la establecida por Alejandro Magno en el 331 A.C. La ciudad de Alejandría en poco tiempo se convertiría en el referente cultural del Mediterráneo y Oriente Próximo. La escuela alejandrina compiló y desarrolló todos los conocimientos sobre medicina (como de muchas otras disciplinas) conocidos de la época, contribuyendo a formar algunos destacados cirujanos. Se convirtió en un gran centro cosmopolita, que continuó incluso después de la muerte de Alejandro y la desintegración de su imperio.

Ahora comienza el auge del Imperio Romano, aunque su medicina fue siempre greco-romana: Celso señalaba que un médico no podría tener éxito a menos que él hablara, o fingiese hablar griego.

Aurelio Cornelio Celso, era romano y un periodista de temas médicos, que escribió “De Re Medica Libi Ocho” alrededor del año 30 (figura 7); una obra enciclopédica que se erigió como un monumento a la medicina greco-romana en la que nos dice que las suturas son de origen antiguo y deben ser “suaves, y no muy retorcidas, para que pueda ser más fácil”. Se le atribuye la primera mención sobre las ligaduras: “si los medios ordinarios no pueden detener la hemorragia, los vasos que vierten la sangre deben ser sujetados y atados en las dos partes de la herida”. Describe también hasta 50 tipos de instrumentos quirúrgicos. Se trata de una vasta obra que incluye tratamientos para heridas, hemorragias, heridas de flecha o varices, y atribuye a la cirugía una importancia capital entre las especialidades médicas<sup>7</sup>. Así describe Celso al cirujano ideal:

*“El cirujano debe encontrarse en la madurez de la vida, tener mano rápida y firme, que nunca vacile, y tan rápida la derecha como la izquierda; vista aguda y clara; aspecto tranquilo y compasivo, ya que su deseo es curar a los pacientes, y a la vez, no dejar que sus gritos le hagan apresurarse más de lo requieren las circunstancias, ni cortar menos de lo debido; tampoco permite que los aullidos del paciente causen mella en él ni en su trabajo.”*

Pero la figura médica romana por excelencia fue Galeno de Pérgamo, 150 D.C., cuya influencia (y errores anatómicos y fisiológicos) perduraron hasta el siglo XVI (el primero en corregirlo fue Vesalio) (figura 8). Galeno nace bajo influencia griega y al amparo de uno de los mayores templos dedicados a Esculapio (Asclepios). Estudió medicina con dos seguidores de Hipócrates: Estraconio y Sátiro, y después visitó las escuelas de medicina de Esmirna, Corinto y Alejandría. Finalmente viajó a Roma donde su fama le llevó a ser elegido médico del emperador (Marco Aurelio). Se ganó su reputación por el tratamiento y la sutura de los tendones cortados de los gladiadores, dándoles por lo menos una posibilidad de recuperación, cuando antes sólo podían esperar a que se paralizaran. En su obra, “De Methodo Medendi”, comenta como las ligaduras tienen que ser de un material que no se pudra fácilmente (suponemos que se refiere al lino o al hilo celta) y que se puede obtener seda en las grandes ciudades y si no se puede, elegir el material menos putrescible, como el catgut fino. Aunque Galeno deja claro que ya se conocía, esta es la primera referencia histórica al catgut, hecho de intestinos retorcidos de animales herbívoros. Los antiguos lo usaban porque era fuerte y de fácil obtención. El origen de la palabra es oscuro.



**Figura 8.** Galeno de Pérgamo

Mientras que Galeno no fue autoritario, las generaciones siguientes son culpables de embalsamar sus palabras y teorías como leyes inmutables del universo y lo que es peor, dando el mismo peso a las malas interpretaciones de sus ideas. Así, Aecio de Amida (siglo VI d. C.) es recordado por su tratamiento de los aneurismas y debería más bien ser procesado por creador de la teoría de “pus laudable”. Tanto Hipócrates como Galeno reconocían dos tipos de heridas: una limpia y seca, que cura de primera intención, y otras sucias que requieren drenaje. Aecio confundió estas doctrinas.

### 1.1.7 Oriente medio

Siguiendo las enseñanzas de Mahoma: “Buscad el saber aunque hayáis de ir a China” o “Quien deje su casa para dedicarse a la ciencia, sigue los pasos de Alá”, el mundo árabe supo recoger las enseñanzas de las culturas con las que convivió. El primer gran árabe conocido por el nombre latinizado de Rhazes (Abu Bakr Muhammed ibn Zakkariya). Médico del califa y director fundador del hospital de Bagdad, nació cerca de Teherán en el año 852, y usó el catgut para suturar abdomen.



**Figura 9.** Retrato de Avicena.

Otra gran figura del califato oriental fue Avicena (Ali Ibn Sina) (980-1037 D.C.), nacido unos cincuenta años después de la muerte de Rhazes, escribió extensamente sobre la filosofía, la historia natural, matemáticas, derecho y, por supuesto, medicina (figura 9). No es de extrañar que fuese llamado el Príncipe de los Médicos, y su contribución al desarrollo de la sutura fue: los materiales tradicionales tales como el hilo de lino, cuando se utiliza en la presencia de infección grave como en la reparación de la fístula anal, tiende a romper rápidamente. En busca de otro material adecuado empezó a trabajar con cerdos e inventó el primer monofilamento.



**Figura 10.** Cirugía oral de Abulcasis



Avicena puede haber sido el Príncipe de los Médicos, pero el Príncipe de los Cirujanos fue sin duda, Abulcasis (Abul Qasim Al Zaharawi), nacido en el año 936 en Medina Zahara (Córdoba), en el Califato de Occidente y vivió en la corte de Abderramán III (figura 10). En su primer libro recomienda el uso indiscriminado de cauterización, pero en el segundo describe las operaciones en las que en su lugar usa instrumentos de corte y suturas. Su principal obra compilatoria es Kitàb al-Tasrif (La práctica, El método o Disposición) cuyo volumen XXX contiene un extenso tratado de cirugía. Los campos que abarca este capítulo quirúrgico incluyen la oftalmología, la odontología, el tratamiento de las hernias y la extracción de cálculos, la obstetricia y un amplio apartado sobre traumatología<sup>8</sup>. Es interesante su descripción del tratamiento de una hemorragia arterial:

*“Coloca con presteza el dedo índice en el punto de la hemorragia y aprieta hasta que la sangre deje de brotar. Elige un cauterio caliente de tamaño apropiado y aplícalo al vaso sangrante. Ten cuidado de no quemar los nervios circundantes ya que eso provocaría mucho dolor al paciente. Y recuerda que sólo existen cuatro maneras de frenar una hemorragia arterial, sobre todo si se trata de un gran vaso: cauterizándola como te he enseñado; dividirla si no se ha perdido, porque los extremos divididos se cierran y cortan la hemorragia; mediante una ligadura fuerte; y aplicando remedios que corten la sangre combinados con un vendaje de presión.”*

### 1.1.8 Edad Media

Con el declive del Islam, volvemos a la cristiandad. Durante el siglo XI, la Facultad de Medicina de Salerno se convierte rápidamente en la primera universidad. Se dice que fue fundada por cuatro hombres (un judío, un griego, un árabe y un latino). El primer gran cirujano que surge de esta escuela fue Roger de Palermo (1140-1195), también era conocido como Roger de Parma, Rogerius Salernitanus, Ruggiero Frugardi. Fue el primer escritor de Cirugía en Italia, *Practica Chirurgiae* fue su obra (figura 11). Roger enseñó y practicó en el Parma.; sus textos se convirtieron en obras estándar, que consiguieron el establecimiento de la teoría del “pus laudable” como regla inviolable de la cicatrización de heridas, usando tiras de beicon para drenaje. Para las heridas del cuero cabelludo,

se recomendaron suturas de seda porque este resiste la putrefacción y tiene bordes de la herida juntos. Además se recomiendan las suturas interrumpidas sobre un dedo en amplitud.

*“La parte inferior de la herida debe dejarse abierto para que la cura puede proceder correctamente.”*

En el siglo XIX, muchos pueblos europeos exigían que los médicos tienen varios años de estudios o de formación antes de que pudieran practicar. La cirugía tuvo un estatus inferior al de la medicina pura, comenzando como una tradición artesanal hasta que Rogerius compuso su tratado, que sentó las bases para los manuales quirúrgicos occidentales, influyendo en ellos hasta los tiempos modernos. El trabajo de Roger mantuvo la fuerte tradición de la escuela de medicina de Salerno.



Figura 11. Portada de Practica Chirurgiaw

Salerno no fue la única universidad, en Bolonia, Guillermo de Saliceto (1210-1280), era el mejor y más capaz cirujano italiano del siglo XIII, profesor en la Universidad de Bolonia. Jugó un papel decisivo en la creación de una escuela de cirugía y su libro "*Chirurgia*" era muy original y no se basa en ningún escrito anterior. Un gran avance promovido en su día por William estaba reemplazando el método árabe de la quema con cauterio por el uso del bisturí y revistió las heridas con un bálsamo suave de clara de huevo y agua de rosas; suturó los nervios y los tendones juntos, distinguió entre sangre arterial y venosa, y afirmó haber tratado la hidrocefalia drenando el exceso de líquido a través de un agujero en el cráneo. También hizo hincapié en que la formación de pus era algo malo.

Casi contemporáneo fue Hugh de Lucca, nombrado cirujano de Bolonia en Italia en 1214 por un salario de 600 Bolognini por año, su contrato requería que sirviese al ejército en tiempos de guerra, y en la quinta cruzada se unió al ejército en Egipto. Descubrió, probablemente a través de su propia observación empírica (ya que no había noción de la infección por gérmenes), que el vino era muy eficaz en la limpieza de una herida y en la prevención de la infección. Independientemente de lo que Hugh afirmó, muchos cirujanos siguen utilizando ungüentos, o simplemente cauterización. Por desgracia, ninguno de sus escritos sobrevivieron, pero su hijo, Teodorico(1205-1296), publicó un libro en 1266 *Chirurgia*, un tratado dedicado exclusivamente a la cirugía. En él se pone en tela de juicio la práctica, heredada desde tiempos de Galeno, de dejar que las heridas «se carguen de pus», como medida más eficaz para su curación. Para las suturas emplea hilos realizados con intestinos de animales (auténtico precursor del catgut, seda de sutura empleada en cirugía antes del desarrollo de materiales artificiales, hecha a base de intestinos de cabra o caballo, y empleada en suturas internas para que pudiera ser reabsorbida con el tiempo, una vez cumplida su función)<sup>9</sup>.

El liderazgo francés vino con el mejor cirujano del siglo XIV, Guy de Chauliac (1290-1368). Escribió "La gran cirugía"; y es el primero en realizar observaciones sobre heridas por armas de fuego, utilizadas por primera vez por los ingleses en 1346 en la batalla de Crécy<sup>10</sup>. Escribe mucho sobre la hernia y en las suturas intestinales condenó el uso de las cabezas de hormigas; prefiere el punto invertido que presenta una mayor superficie para la curación y evita fugas. Entre sus notas se encuentra lo que debe contener el maletín del perfecto cirujano:

*“cinco ungüentos: de albahaca, para madurar el pus, de los apóstoles<sup>35</sup> para purificar, dorado, para fomentar el crecimiento de los tejidos, blanco para curar, y de dialtea para sudar. Así como cinco herramientas: tenacillas, sonda, cuchilla, lancetas y agujas”*

En Inglaterra, la medicina estaba empezando a despertar, el St. Bartholomew's Hospital fue fundado en 1123 y el St. Thomas unos años más tarde. El primer cirujano inglés a desatacar, John de Arderne (1307 - 90), aprendió su oficio en Montpellier y en el campo de batalla. Estuvo en la batalla de Crécy cuando se les atribuyó a los arqueros ingleses haber llevado pequeñas cajas de telarañas que usaron para detener el sangrado. Juan de Arderne se labró su reputación y su fortuna con una operación de fístula anal por la que cobró 100 chelines al contado más 100 por cada año que viviera el paciente.

En 1368 se funda el Gremio de cirujanos de Londres, en un primer intento por separar a los barberos (encargados sobre todo de afeitar y despiojar) de los médicos especializados en tratamientos quirúrgicos. Pero en el ambiguo terreno de la cirugía menor (drenaje de abscesos, extirpación de verrugas...) se comienza a gestar una disputa sobre atribuciones profesionales que habría de durar muchos años. Las circunstancias sociales, económicas y políticas empujaban a Europa al desarrollo de una nueva concepción de sociedad. Son los albores del período conocido como Renacimiento.

Desde el siglo XIII la categoría de los cirujanos franceses venía incrementándose y haciéndose visible mediante la autoridad para vestir la toga larga y realizar cirugía mayor. A lo largo de los siguientes siglos comienza a emplearse el término «barbero» para referirse a un gremio de «prácticos», no médicos, desconocedores del latín y cuyo campo de actuación se limitaba a intervenciones menores, como flebotomías, extracción de piezas dentarias, o curación de pequeñas heridas. En Francia, los éxitos de la cirugía durante el Renacimiento llevaron a la desaparición de las diferencias de clase entre los médicos y los cirujanos.

Sin embargo los barberos seguirán realizando su función social libremente durante mucho tiempo, hasta la fundación de la Académie Royale de Chirurgie en 1731 (dirigida en sus inicios por el cirujano Jean Louis Petit, quien perfeccionó el torniquete) y la promulgación de la ordenanza de Luis XV prohibiendo a los barberos el ejercicio de la cirugía.

### 1.1.9 Edad Moderna

En las últimas décadas del siglo XVI, a punto de finalizar el periodo renacentista, hace su aparición el principal cirujano de esta época, y padre de la cirugía francesa: Ambroise Paré (1510-1590), de padres pobres, fue educado por un cura de parroquia antes de viajar a París para trabajar<sup>11</sup>(figura 12). A los veintisiete años decidió convertirse en un cirujano militar, una decisión que iba a cambiar no sólo su vida sino el destino de muchos otros.



**Figura 12.** Ambroise Paré amputando una pierna en la batalla, Damvillers, 1552.  
Pintado por Junta Ernest.

La primera cita de Pare fue en el Chateau de Villane donde tuvo que tratar las heridas por arma de fuego, y ansioso de no cometer ningún error en su primer trabajo siguió el método establecido para el tratamiento de las heridas: se creía que estaban infectadas por la pólvora y fueron tratadas dejando abierta la herida con un pedazo de madera y rociadas con aceite hirviendo y melaza. Para su horror, el suministro de petróleo y la melaza se agotó y se vio obligado a usar una mezcla de huevo y agua de rosas para calmar la piel. Cuál fue su alivio y sorpresa a la mañana siguiente cuando

se enteró de que estaban mucho mejor que aquellos que habían tenido el tratamiento de aceite hirviendo. Este cirujano fue médico personal de cinco reyes en una época en que era costumbre sustituir a toda la corte con cada nuevo reinado. Desde sus inicios se le consideró un «renovador», lo que no siempre le benefició, aunque su reputación fue hasta el final su principal aval. La siguiente cita ejemplifica su espíritu innovador, siendo considerado el primer cirujano en realizar la ligadura rutinaria de los vasos en las amputaciones<sup>12</sup>:

*“dices que atar los vasos sanguíneos tras una amputación es un método nuevo y, por tanto, no debe aplicarse. Mal argumento para un médico”*

Gran parte de la contribución de Pare estaba en la reintroducción de los métodos utilizados por los antiguos. Tuvo cuidado en contar con la opinión de Hipócrates, Galeno, Avicena y Celso en su lucha para reintroducir las ligaduras como un medio para la hemostasia en lugar de la cauterización. También advirtió sobre las consecuencias de dejar un espacio muerto en una herida profunda. También se describe un método de sutura para heridas secas de la cara pegando tiras de yeso a cada lado de la herida y luego cosiendo las tiras.

### 1.1.10 Edad contemporánea

En Londres John Hunter (1728-1793), fue el fundador de la cirugía experimental y la patología quirúrgica, y partidario de que las suturas eran básicamente indeseables, pero que si fueran necesarias, deben hacerse interrumpidas. Prefirió siempre que fuera posible utilizar vendaje o esparadrapo. Posiblemente la mayor contribución de John a la medicina y la cirugía fue como maestro de maestros, pero no fue reconocido hasta que sus propios alumnos alcanzaran la fama.

En el campo quirúrgico tres de estos alumnos fueron los más famosos: John Abernethy (1764-1831) que ligó vasos que nunca se había intentado; Philip Syng Physick (1768 - 1837), un estadounidense que se había entrenado en Edimburgo antes de venir a Londres y que se convirtió en el primer profesor de cirugía en la Universidad de Pennsylvania y experimentó con éxito con “tiritas” adhesivas fabricadas con piel. Continuó probando pergamino,

cuero barnizado, tendones y catgut, pero consideró que éste no se disolvía con bastante facilidad. Sus experimentos fueron históricos, ya que nadie antes había considerado la posibilidad de que una sutura fuera absorbible y cumpliera con su función y luego desapareciera.

Astley Cooper (1768-1841) también alumno de Hunter, desarrolló su obra sobre la reparación de la hernia y la amputación de la pierna en la articulación de la cadera. Su operación más famosa y otro ejemplo de las teorías de John Hunter fue poner en práctica el primer intento de ligadura de la aorta. El hilo encerado había sido sustituido recientemente por la seda como el material de elección.

Después de la muerte de Cooper, la escena se traslada a Edimburgo, donde dos grandes amigos, Robert Liston (1794-1847) y James Syme (1799-1870) fueron los grandes exponentes de la cirugía aunque el estamento médico de la ciudad se volvió contra ellos, demasiado éxito y demasiado jóvenes. Liston realizó la primera operación en Europa en Gran Bretaña usando éter el 21 de Diciembre de 1846 en el University College Hospital<sup>13</sup>.



**Figura 13.**  
Catgut carbólico

En 1806 el médico Phillipe Physick realiza suturas absorbibles con badana y cabritilla. En 1869 Joseph Lister publicó su famoso tratado sobre "Observaciones sobre ligaduras de arterias en el sistema antiséptico"; en él describe el uso de una ligadura de seda antiséptica (empapada en una solución acuosa de ácido carbólico) ya que confiaba en que podría cortar los extremos de la ligadura corta y dejarlos implantados, para que fueran absorbidos como el tejido muerto o encapsulados como el plomo de una escopeta. En la semana de Navidad de 1868 probó dos tipos de suturas, una de peritoneo de buey y otra de catgut fino, que fueron sumergidas en una solución de

ácido fénico y luego se usó para atar la arteria carótida de un ternero. Después de treinta días el becerro murió. El próximo proyecto fue tratar el catgut con una mezcla de aceite de oliva y ácido fénico y encontró que se podían almacenar en una solución acuosa. Éste fue el catgut carbólico que pronto se usó en todo el mundo (figura 13). Pero no todo el mundo estaba

contento con el catgut carbólico sobre todo cuando en 1881 Robert Koch declaró que el ácido fénico con el aceite no era un antiséptico eficaz.

En 1900 la industria de catgut estaba firmemente establecida en Alemania. Muchos métodos de esterilización fueron usados, pero la introducción de la esterilización de yodo por Claudio en el año 1902 estableció lo que se convirtió en el método estándar de la preparación de casi medio siglo.



**Figura 14.** Un hospital en Polonia con soldados heridos.

Con el advenimiento de la Primera Guerra Mundial, Gran Bretaña se quedó en la situación embarazosa de tener poca o ninguna industria de catgut (figura 14). Algunos cirujanos con visión de futuro en Edimburgo, al darse cuenta de los problemas, pidieron a un farmacéutico local que hacía experimentos caseros con su esposa para fabricar suturas a partir de intestinos de ovejas. George Merson<sup>14</sup> y su esposa montaron una pequeña fábrica *G.F.Mersons Limited Company* y en 1917 tenían su primer catálogo. Consiguió esterilizar el catgut con yodo y popularizó las agujas sin ojal, que fueron patentados y llamados “Mersutures”, que reducían considerablemente el daño en los tejidos causado por tirar a través de una doble hebra de material. Johnson & Johnson compró la *G.F.Mersons* en 1947, que pasó a llamarse *Ethicon Inc.*



En las tres primeras décadas del pasado siglo, se utilizaron múltiples suturas, de origen animal, vegetal y metálico. En 1931 se obtiene la primera sutura absorbible sintética, la fibra de polivinil- alcohol y ocho años después surge la poliamida en los laboratorios de BASF con el nombre de Supramid, que se introdujo en la práctica médica a partir del año 1946. Alrededor de esta fecha también se desarrolló la fibra colágena en forma de hilo que se comercializa a partir de 1950, año en el que surge el poliéster<sup>15</sup>.

En 1960 se introduce la esterilización por irradiación utilizando el isótopo de Cobalto 60. Esto permitió que las suturas se pudieran cerrar en su envase final y esterilizar a continuación, eliminando así los peligros y dificultades de las transferencias asépticas. A partir de entonces, surgen otros materiales sintéticos, muchos de ellos derivados del ácido glicólico, de hidrocarburos y que contienen flúor y se perfeccionan los métodos de esterilización lográndose mejores productos y resultados superiores<sup>16,17</sup>.

En 1970 aparece en el mercado el Ácido Poliglicólico (PGA), siendo la primera sutura sintética absorbible. Un año más tarde, aparece la Poliglactina 910. En 1976 se desarrolla la Poliglactina 910 Irradiada (IRPG).

Durante las últimas décadas del siglo XX el progreso en los elementos para suturar los diversos tejidos ha sido evidente y así han aparecido materiales absorbibles de óptima calidad y de desintegración tardía, suturas no absorbibles multifilamento recubiertas y monofilamento prácticamente inerte.

Y así llegamos a hoy día. Han transcurrido muchos cambios desde el primer intento en cerrar una herida, y gracias al esfuerzo de estos pioneros a lo largo de la historia y a la investigación durante siglos, hoy disponemos de una amplísima gama de suturas que hacen de la cirugía un tratamiento efectivo, seguro y placentero para quienes lo ejercemos.

## 1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS SUTURAS

La palabra sutura deriva de la raíz griega “*Sutum Sucre*”, que significa coser. El verbo sutura hace referencia al arte de aproximar quirúrgicamente los tejidos orgánicos y mantenerlos en posición correcta hasta que tiene lugar el proceso de cicatrización.

Si se pudiera crear un material ideal de sutura debería ser<sup>18, 19</sup>:

- Adecuado para todos los propósitos, compuesto de material que pueda utilizarse en cualquier procedimiento quirúrgico (las únicas variables serían el calibre y la fuerza de tensión).
- Estéril.
- No electrolítico, no capilar, no alergénico, y no carcinogénico.
- No ferromagnético, como es el caso de las suturas de acero inoxidable.
- Fácil de manejar.
- Con mínima reacción tisular y sin propensión al crecimiento bacteriano.
- Capaz de resistir cuando se anuda sin deshilacharse o cortarse.
- Resistente al encogimiento de los tejidos.
- Absorbible y con mínima reacción tisular después de cumplir su propósito.

De acuerdo a Postlewait<sup>20</sup>, la sutura ideal no ha sido creada, sin embargo el cirujano debe asegurarse de que dichos materiales posean las siguientes características:

- Resistencia a la tensión elevada y uniforme, que permita el uso de calibres más pequeños
- Uniformidad de diámetros en todos los tamaños
- Flexibilidad suficiente para su fácil manejo y el aseguramiento de los nudos
- Desempeño predecible

- Que logre una aceptación óptima por parte de los tejidos, careciendo de sustancias o impurezas irritantes y ser tan inerte que no irrite.
- Estar preparado y disponible para su uso en forma aséptica.

## 1.2.1 Propiedades físicas

### 1.2.1.1 Elasticidad, deformación y elongación residual

La elasticidad es la capacidad de cualquier material de deformarse cuando se aplica una fuerza exterior y de recobrar su forma original cuando dicha fuerza deja de actuar. Al incremento de la longitud original se le denomina deformación, que siempre está asociada a una disminución del calibre del hilo.

Cuanto más potente es la fuerza externa y mayor su tiempo de actuación, menor es el comportamiento elástico de la sutura.

Es ideal un cierto grado de elasticidad, pues se favorece el acercamiento de los bordes de la herida después de realizado el nudo, al regresar a su forma original tras soportar una tensión; por lo mismo, es peligroso una material de elasticidad elevada, puesto que como no apreciamos correctamente la tensión que definitivamente ejercerá el hilo sobre los tejidos, corremos el riesgo de una posterior necrosis de éstos<sup>21</sup>.

### 1.2.1.2 Resistencia a la tracción y tenacidad

Es la fuerza máxima que es capaz de soportar una sutura sometida a un esfuerzo longitudinal hasta su rotura completa. La fractura que se produce cuando se supera este límite se debe a la rotura de los enlaces secundarios del tipo de Van der Waals y puente de hidrógeno que existen entre las macromoléculas que forman la fibra.

La tenacidad de un determinado material de sutura no depende por tanto sólo de la estructura química sino también del grado de orientación y compacidad que presenten sus cadenas macromoleculares.

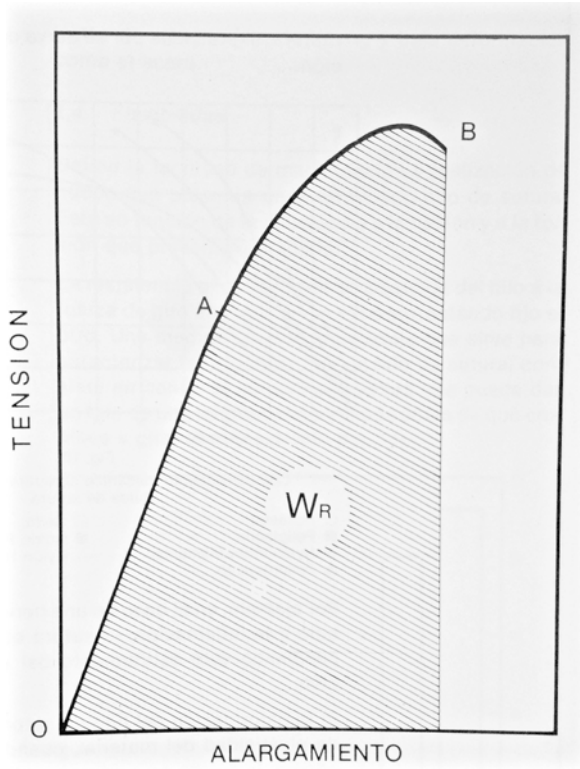
Las fibras presentan dos tipo de zonas:

- Cristalinas, donde las cadenas macromoleculares están altamente orientadas en dirección longitudinal
- Amorfás, de baja ordenación de las cadenas macromoleculares, presentándose éstas en todas las direcciones del espacio.

Desde el punto de vista de una mayor resistencia a la tracción, es deseable un elevado número de zonas cristalinas, pero esto acarrea también un aumento indeseable de rigidez y fragilidad. Un buen material debe tener entonces una buena proporción de las mismas a fin de poseer conjuntamente una tenacidad suficiente y una fácil manipulación y realización de nudos.

### 1.2.1.3 Tensión y trabajo de ruptura

Se denomina trabajo de ruptura al producto de la fuerza de ruptura por la deformación longitudinal producida en el hilo en ese punto. Gráficamente está representado por el área WR contenida en la curva tensión-deformación (figura 15). Mide la capacidad de un hilo para soportar una fuerza repentina de una energía determinada. Si esta energía supera el valor del trabajo de ruptura el hilo se romperá.



**Figura 15.** Diagrama tensión-deformación

Al cociente entre la fuerza aplicada y la sección transversal se le denomina *Tensión*. La fuerza de tensión del nudo se mide por la fuerza en kilos que el hilo de la sutura puede soportar antes de romperse al ser anudado. La fuerza de tensión del tejido que va a ser reparado (su capacidad para soportar tensión) predetermina el calibre y la fuerza de tensión del material de sutura que elija el cirujano<sup>22</sup>. La regla aceptada es que la fuerza de tensión de la sutura no debe exceder la fuerza de tensión del tejido. Sin embargo, las suturas deberían ser por lo menos tan fuertes como el tejido normal en el que se colocan. Si el tejido reduce la fuerza de la sutura al pasar el tiempo, es importante tener en cuenta la tasa relativa en que la sutura pierde y la herida gana fuerza.

Como normal general se debe elegir un material, cuyas características mecánicas, definidas por la curva tensión-deformación, sean lo más parecidas a las del tejido a suturar (tabla 1).

**Tabla 1.** Fuerza tensil expresada de algunos materiales de sutura.

<b>FUERZA TENSIL DE ALGUNOS MATERIALES DE SUTURA EN KgF/mm<sup>2</sup></b>	
Acero monofilamento	162.6 ± 0.4
Acero multifilamento	113.8 ± 1.4
Poliéster no recubierto	86.4 ± 0.7
Poliéster recubierto	90.1 ± 0.6
Acido Poliglicólico	75.5 ± 0.4
Polipropileno	67.9 ± 2.2
Poliamida monofilamento	76.6 ± 1.7
Poliamida multifilamento	70.9 ± 0.5
Seda	45.6 ± 0.3
Algodón	46.0 ± 1.1
Cat gut	49.5 ± 0.5

#### 1.2.1.4 Calibre

El calibre denota el diámetro de sección transversa del material de sutura. El calibre influye en factores como elasticidad y resistencia, rigidez y flexibilidad desde su vertiente física y en la reacción hística en la vertiente biológica.

El calibre de la sutura se mide numéricamente y vienen especificados por la U.S.P. (United States Pharmacopeia) o por la E.P. (European Pharmacopeia); de manera que al aumentar el número de ceros, disminuye el diámetro de la hebra. Por ejemplo, el calibre 5-0, o 00000, tiene un diámetro más pequeño que el calibre 4-0, o 0000 (tabla 2).

La práctica quirúrgica aceptada es utilizar el diámetro de sutura más pequeño que mantenga adecuadamente la reparación del tejido herido. Esta práctica minimiza el trauma al pasar la sutura a través del tejido y favorece el cierre. Mientras más pequeño es el calibre, menos fuerza de tensión tiene la sutura.

**Tabla 2.** Calibres USP, métrico y diámetros en suturas sintéticas

<b>SUTURAS SINTÉTICAS ABSORBIBLES Y NO ABSORBIBLES</b>			
<b>Calibre USP</b>	<b>Calibre Métrico</b>	<b>Límite en diámetro (mm)</b>	
12-0	0.01	0.001	0.009
11-0	0.1	0.010	0.019
10-0	0.2	0.020	0.029
9-0	0.3	0.030	0.039
8-0	0.4	0.040	0.049
7-0	0.5	0.050	0.069
6-0	0.7	0.070	0.099
5-0	1	0.10	0.149
4-0	1.5	0.15	0.199
3-0	2	0.20	0.249
2-0	3	0.30	0.339
1-0	3.5	0.35	0.399
1	4	0.40	0.499
2	5	0.50	0.599
3 y 4	6	0.60	0.699
5	7	0.70	0.799

### 1.2.1.5 Rigidez y flexibilidad

Se denomina rigidez a la Capacidad de resistencia de un cuerpo a doblarse o torcerse por la acción de fuerzas exteriores que actúan sobre su superficie.

La relación inversa proporcional será la flexibilidad del hilo, que define la facilidad de manipulación y realización de nudos de un determinado hilo de sutura. Está en función a la resistencia a la flexión y a torsión del material, que es la oposición del mismo a la fuerza de giro aplicada en un extremo, estando fijo el otro. Una medida de esta resistencia que sirve para caracterizar la flexibilidad de un hilo, consiste en contar el número de vueltas que puede dar un hilo en longitud determinada antes de que empiece a girar el otro extremo.

La flexibilidad de un material de sutura depende de:

- Factores estructurales: definidos por la proporción de zonas amorfas que existan en sus fibras.
- Calibre: a medida que éste aumente, la flexibilidad disminuye.
- Forma de presentación: en general los multifilamentos son más flexibles que los monofilamentos.
- Líquidos conservadores: tienden a aumentar la flexibilidad.

#### 1.2.1.6 Superficie y capilaridad

Puede ser lisa o rugosa y esto varía en función de que sea monofilamento, torcido o trenzado. Los cirujanos en general preferimos monofilamentos porque desgarran menos los tejidos pero precisan de un mayor número de nudos para evitar el deslizamiento y obtener la máxima firmeza en el nudo. La firmeza es la capacidad que posee el hilo de mantenerse anudado, conservando la tensión durante un periodo de tiempo. Un hilo áspero que se utilice para sutura continua puede apretarse poco a poco y la fricción entre hilo y tejido hace que la adaptación resulte buena sin sujetarlo.

La capilaridad es la capacidad de los hilos de sutura de transmitir y propagar exudados y fluidos a su través. La capacidad de absorción de líquidos es la propiedad de un material de sutura de absorber un líquido cuando se sumerge en él. Ambas características también incrementan la tendencia a absorber y retener bacterias.

Los hilos torcidos o trenzados presentan gran capilaridad, favoreciendo el paso libre de microorganismos desde un medio a otro.

Con el objeto de lograr una superficie suave y minimizar el efecto de la capilaridad, los multifilamentos son tratados con sustancias hidrófobas y lubricantes como la cera, la silicona, el teflón o el polibutilato.



## 1.2.2 Propiedades biológicas

### 1.2.2.1 Reacción histológica

Un hilo es inerte siempre que no entrañe reacción alguna en el tejido donde ha sido utilizado. La reacción histológica generada depende de la cantidad de material implantado que actúa como elemento mecánico, y de la naturaleza química del material, que pueda ser más o menos irritante; además los multifilamentos causan mayor reacción tisular que los monofilamentos<sup>20,23,24</sup>.

Se describen tres estadios histológicos secuenciales durante la reacción normal del tejido frente al material de sutura. El estadio I se produce durante el primero al cuarto días y es un infiltrado leucocitario, que incluye leucocitos polimorfonucleares, además de linfocitos y monocitos. Durante el estadio II (días 4 a 7) se produce un infiltrado de macrófagos y fibroblastos. El estadio III, que se produce después del séptimo día, implica en mayor medida una respuesta inflamatoria crónica y la aparición de tejido fibroso adicional, con la formación de una cápsula fibrosa hacia el día 28 (material no absorbible) o con la continuación de la respuesta inflamatoria, que logra la absorción completa definitiva del material de sutura (material absorbible).

### 1.2.2.2 Adherencia bacteriana

Se ha demostrado la relación existente entre el desarrollo de infecciones en heridas quirúrgicas y la capacidad que presentan los materiales de sutura para permitir la adherencia de bacterias en su superficie y espacios internos.

La adherencia bacteriana esta directamente relacionada con el desarrollo de infecciones y con la configuración de la sutura (mono-multifilamento)<sup>25</sup>. Así la penetración de bacterias en los intersticios entre las diferentes fibrillas que forman el trenzado hace que estas queden a salvo de la acción de los macrófagos, favoreciendo el desarrollo de la infección<sup>23,26,27</sup>.

### 1.2.2.3 Reabsorción

Es la propiedad de ser absorbidos en los tejidos donde se implantan, evitando así la necesidad de tener que retirar los puntos de sutura cuando han cumplido su función y la herida está consolidada. Para ello ocurren diversos fenómenos bioquímicos: digestión proteolítica, hidrólisis...

Las suturas absorbibles pueden ser de origen natural (animal -catgut-) o sintético (constituidas por polímeros sintéticos, polyglactin, ácido poliglicólico, polidioxanona), variando los tiempos de absorción en función del material de fabricación. Las suturas de origen natural son atacables por la enzimas del organismo, que las rompen y participan en su absorción, mientras que las suturas sintéticas son hidrolizadas, es decir, el agua penetra en su estructura, disolviéndolas<sup>28</sup>. Como es lógico, el hidrolizado de las suturas sintéticas es menos agresivo para el organismo que la puesta en marcha del sistema enzimático que, además de atacar la sutura, causa una serie de lesiones en los tejidos circundantes.

Durante el proceso de reabsorción, el hilo va perdiendo paulatinamente su resistencia inicial, hasta que llega a tener un valor cero.

Existen diversos factores que aceleran o retardan el proceso. La dotación enzimática, la vascularización y el pH de cada zona de implantación influyen en el periodo de reabsorción.

## 1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS SUTURAS

1. Según su origen<sup>29-31</sup>:
  - a. Natural
    - i. Origen animal: catgut, colágeno, seda, crin de Florencia, tendón de canguro, fascia lata, membrana no adhesiva.
    - ii. Origen vegetal: lino, algodón, henequén.
    - iii. Origen mineral: acero, plata, oro, titanio, tantalio.
  - b. Sintético: poliamidas, poliéster, ácido poliglicólico, poliglactin 910, polidioxanona, polipropileno, polietileno, polibutester, poliglecaprone 25, lactomer copolymer, poliéter poliuretánico, polivinil denfluoruro (PVDF).
2. Según su capacidad de lesionar los tejidos:
  - a. Traumática: seda libre, catgut simple y crómico, ácido poliglicólico.
  - b. Atraumática.
3. Según su permanencia en los tejidos:
  - a. Absorbibles: catgut, colágeno, ácido poliglicólico, poliglactin 910, polidioxanona, poliglecaprone 25, lactomer copolymer.
  - b. No absorbibles: algodón, lino, acero y otras metálicas, seda, poliamida, poliéster, poliéter poliuretánico, polipropileno, polietileno, polibutester, polivinildenfluoruro.
4. Según su acabado industrial:
  - a. Monofilamento: polidioxanona, poliéster, polivinildenfluoruro, poliéter, poliuretánico, polipropileno, poliamida, metálicas (acerotitanio), seda (silkworm), ácido poliglicólico (maxón), poliglecaprone 25, poliglactin 910, polibutester, lactomer, copolymer, poli glicólicocoe caprolattone.
  - b. Multifilamentos Torcidos: catgut, colágeno, lino, algodón, seda, acero, poliamida.
  - c. Trenzado: seda, lino, algodón, poliéster, poliamida, ácido poliglicólico, tantalio, poliglactin 910
  - d. Recubierto: ácido poliglicólico, poliglactin 910, poliamida, poliéster, seda, lino, lactomer copolymer.

## 1.4 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES MATERIALES

### 1.4.1 Suturas absorbibles

#### 1.4.1.1 Suturas absorbibles naturales

##### 1.4.1.1.1 Catgut

Su nombre deriva del término *kitgut* o *kitstring* que significa cuerda de violín y no cuerda de intestino de gato como se ha señalado<sup>32</sup>. La confusión estriba en que *kit* es un tipo de violín de tres cuerdas y también significa gatito pequeño.

Se prepara del colágeno de la submucosa intestinal de carnero, cerdo etc., o de la serosa de intestino vacuno<sup>33</sup>. El proceso tecnológico va desde extraer de una a cuatro tiras de submucosa, hilarlas a máquina y torcerlas, luego disecarlas, pulirlas y cortarlas. Se conocen dos variantes:

- Catgut simple: es absorbido mediante proteólisis o hidrólisis enzimática al cabo de 8-10 días<sup>34</sup>.
- Catgut cromado (figura 16): es una sutura absorbible tratada con sales de cromo, que ofrece aproximadamente el doble de tiempo de espera de sutura que el catgut simple<sup>33</sup>. El hilo natural crómico es tratado con precisión con el fin de alcanzar un carácter de monofilamento y además es tratado con una solución que contiene glicerol. El catgut crómico es absorbido mediante degradación enzimática al cabo de 18-21 días.



Figura 16. Catgut cromado.

## 1.4.1.2 Suturas absorbibles sintéticas

### 1.4.1.2.1 Ácido poliglicólico

En 1962 este polímero fue utilizado para desarrollar la primera sutura absorbible sintética bajo la marca registrada de Dexon (figura 17). Obtenido por polimerización de ácido glicólico, con ácido láctico junto con estereato cálcico que da poder lubricante a la sutura. Es un producto sintético, se reabsorbe completamente a los 120 días, por hidrólisis química<sup>35</sup>.



Figura 17. Dexon II.

Provoca mínima reacción hística y su fuerza tensil es superior al catgut, la seda y el algodón. Tiene mayor resistencia a la tensión en medio ácido que en medio alcalino.

### 1.4.1.2.2 Poligactin 910

Es un copolímero sintético de ácido glicólico y ácido láctico, muy resistente, con mayor fuerza tensil que el ácido poliglicólico, que se fabrica como mono o multifilamento. Ambos ácidos existen en el cuerpo humano, y su degradación es por hidrólisis química. Conserva el 60% de la fuerza tensil a los 14 días y el 30% a los 24. Se absorbe fundamentalmente después de los 40 días y concluye a los 70<sup>36</sup>.

#### 1.4.1.2.3 Polidioxanona

Desarrollado en 1970 para emplearse como fibra de sutura quirúrgica. Es un homopolímero de paradioxanona (1,4- dioxano-2-ona), preparado por polimerización de apertura de ciclos. Se trata de un material de sutura absorbible, biocompatible, que se desarrolló para aportar una mayor flexibilidad que sus precededores<sup>37</sup>. Este aumento de flexibilidad se traduce en una menor reacción en los tejidos receptores.

Se absorbe por medio de hidrólisis progresiva lenta completándose en 180 días. La absorción es mínima hasta después de 90 días de su implantación.

#### 1.4.1.2.4 Poliglecaprone 25

Es un producto sintético derivado de un copolímero de glicolida y epsilon-caprolactona. Tiene una baja reactividad tisular, mantiene una alta resistencia a la tracción, y tiene una vida media de 7 a 14 días. En 1 semana, su resistencia a la tracción in vivo es al 50-60%, a las 2 semanas su 20-30%, y es esencialmente completamente hidrolizado por 91-119 día<sup>38</sup>.

#### 1.4.1.2.5 Lactomer Copolymer



Es una sutura sintética obtenida por copolimerización láctico glicólica, no es tóxico y por tanto tiene similitud con el poliglactin y el ácido poliglicólico, es el primer material con el que se fabricó grapas a partir de 1982 (figura 18). Su absorción es por hidrólisis química, viene en hilos color violeta o en grapas, estas últimas conservan el 50% de resistencia a los dos meses<sup>39,40</sup>.

**Figura 18.** Ágrafes quirúrgicos.

## 1.4.2 Suturas no absorbibles

### 1.4.2.1 Suturas no absorbibles naturales

#### 1.4.2.1.1 Seda

Es un material natural de origen animal y humidificable, compuesta por dos proteínas, la fibronéina y la saricina, esta última crea una cubierta gomosa que se deposita sobre la primera al ser secretada por el gusano de la seda, (no es el único gusano que la produce). Comúnmente viene trenzada y torcida, se tiñe de negro por un tinte extraído del palo de Campeche, luego se limpia, se estira y se impregna con una mezcla especial de cera que le disminuye su capilaridad y evita la humedad y contaminación bacteriana. La seda fue la sutura no absorbible más usada y de las más antiguas, su color natural es crema o anaranjado, pierde la mayor parte de su fuerza tensil al año y se cree que puede reabsorberse parcialmente. Se extrae del gusano muerto por inmersión en vinagre cuando el capullo se dispone a hilar, se extrae la bolsa de seda y su contenido expuesto se coagula rápido al contactar con el aire.

#### 1.4.2.1.2 Lino

Es un material de naturaleza multifilamento retorcido que se fabrica a partir de fibras vegetales procedentes del tallo de lino, unidas por torsión y sometidas a un tratamiento a base de parafina<sup>41</sup>.

Debido a su propia naturaleza, el lino presenta un diámetro poco regular. Su principal ventaja es la seguridad de los nudos, siendo su principal aplicación. Actualmente en desuso, tiene alta resistencia tensil, es estable ante la esterilización, no mantiene en su fabricación un diámetro y calibre uniforme, no es bueno usarlo si hay infección.

#### 1.4.2.1.3 Algodón

Es un hilo de origen vegetal que se fabrica con las fibras de celulosa natural del algodón, torcida o en su defecto trenzado, es muy humidificable. El mejor algodón es el egipcio, hay que extraerle impurezas. Es un material antiguo y de los más débiles, pero al humedecerse gana un 10% de resistencia tensil. Hoy día casi no se usa, reduce su longitud con la esterilización, da bastante reactividad tisular, no debe usarse si hay infección, es el más débil de los no absorbibles, al año pierde un 50% de resistencia, pero a los dos años conserva un 30-40%.

## 1.4.2.2 Suturas no absorbibles sintéticas

### 1.4.2.2.1 Poliéster

Es un copolímero resultante de la condensación del ethilenglicol y un poliácido, en este caso el tereftalato de dimetil, se obtiene en forma de fibra y es termo endurecido tiene las ventajas de ser menos reactivo que la seda y con menor calibre que esta, tiene mayor fuerza tensil, no se altera por la esterilización, tiene poca posibilidad carcinogenética, es trenzado, multifilamento y no recubierto aunque puede ser monofilamento.

### 1.4.2.2.2 Poliamida

Es un copolímero sintético obtenido de la poli condensación de un diácido con una diamina o un aminoácido. Con la resina de la poliamida se obtienen las fibras del nylon. Tiene poca reactividad hística, resistente a las enzimas orgánicas, no facilita el crecimiento bacteriano, tiene mucha fuerza tensil. Se dice que el nylon tiene memoria porque al soltarlo trata de adoptar su estado original recto. Es flexible, liso, su diámetro es uniforme, monofilamento o trenzado, su color es negro, azul o verde. El nylon tiene algunas desventajas como que los nudos tienden a deshacerse, sobre todo el monofilamento, el multifilamento tiene las mismas desventajas de la seda en tejidos infectados.

### 1.4.2.2.3 Polietileno

Es el politetra-flúor-etilene, (teflón) obtenido por procesos de polimerización del etileno. Es uno de los materiales más inertes y de mayor histocompatibilidad. No es biodegradable y los intersticios permiten la incorporación de los tejidos vecinos. Se usa en fibras, en mallas, como prótesis vascular y como recubrimiento del poliéster.

### 1.4.2.2.4 Polipropileno

Es una fibra sintética obtenida de la polimerización del propileno. Éste es un hidrocarburo gaseoso homólogo, pero superior al etileno. Su estructura química es el polipropileno que es un monofilamento verdadero y sin revestimiento. Produce poca reacción hística, tiene elevada y mantenida resistencia tensil. Se plantea que es un estero isómero cristalino isoactivo. Anuda muy bien.



#### 1.4.2.2.5 Polibutester

Realmente es un copolímero sintético monofilamento con una buena fuerza tensil<sup>42</sup>. Es una sutura que tiene propiedades de esfuerzo-deformación que difiere de otras suturas sintéticas. La mayoría de las suturas exhiben elongación limitada cuando se expone a la creciente fuerza. Una vez alcanzado su punto limite, rápidamente se alargan hasta la ruptura.

#### 1.4.2.2.6 Poliéter poliuretánico

Es un copolímero sintético del ácido carbámico, monofilamento y de aparición reciente. Es un polímero elastomérico lineal y, por ello, termoplástico. No requiere vulcanización para su procesado, pero en el año 2008 se ha introducido un novedoso proceso para reticularlo. Este elastómero puede ser conformado por los procesos habituales para termoplásticos, como moldeo por inyección, extrusión y soplado.

#### 1.4.2.2.7 Acero inoxidable

Es una sutura estéril, no absorbible y está compuesta por acero inoxidable 316L; una aleación de hierro y carbono treflado para poder convertirlo en hilo (figura 19), tiene buenas propiedades físicas, sobre todo no es corrosivos o inoxidables. Se fabrica como monofilamento y multifilamento<sup>43</sup>.

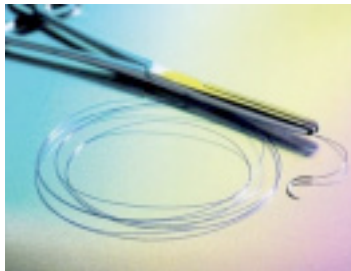


Figura 19. Sutura de acero.

#### 1.4.2.2.8 Tantalio

Es una sutura metálica, dura y con alta resistencia tensil, flexible, se anuda bien cuando es fino y se tuerce cuando es de mayor grosor. Su color es gris azul, trenzado, monofilamento y el calibre es similar a la seda<sup>44</sup>.

## 1.5 ELECCIÓN DE LA SUTURA

El éxito en la elección de los materiales de sutura depende de la cooperación del fabricante de suturas, el equipo de enfermería en la sala de operaciones y el cirujano:

- El fabricante debe tener un conocimiento completo de los procedimientos quirúrgicos, anticipar las necesidades del cirujano y producir materiales de sutura que cumplan con criterios estrictos:
  - o Deben tener la mayor fuerza de tensión compatible con las limitaciones del calibre.
  - o Deben ser fáciles de manejar y tener un mínimo de fuerza para introducirlas en el tejido.
  - o Deben estar asegurados en el empaque que los presenta para su uso estéril y en excelente estado para la seguridad de todos los miembros del equipo quirúrgico.
    - La enfermera debe mantener la esterilidad de las suturas al guardarlas, manejarlas, y prepararlas para su utilización. La integridad y fuerza de cada hebra debe permanecer intacta hasta llegar a las manos del cirujano.
    - El cirujano debe seleccionar materiales de sutura adecuados para procedimiento que realiza, pero debe colocarlas en los tejidos en forma compatible con los principios que favorecen la cicatrización de la herida.

### 1.5.1 Preferencias Personales de las Suturas

La mayoría de los cirujanos tiene una “sutura de rutina” básica, una preferencia para usar el mismo material, a menos que las circunstancias dicten otra cosa. El cirujano adquiere habilidad, eficiencia y velocidad en el manejo utilizando un material de sutura repetidamente y muchos escogen el mismo material toda su carrera. En la elección del cirujano pueden influir cierto número de factores<sup>45,46</sup>:

- Su área de especialización.
- La experiencia en la sala de operaciones de la escuela de medicina y del entrenamiento en la residencia.
- La experiencia profesional en la sala de operaciones.
- El conocimiento de las características de la cicatrización de los tejidos y órganos.
- El conocimiento de las características físicas y biológicas de los diferentes materiales de sutura.
- Los factores del paciente (edad, peso, estado general de salud y presencia de infección).

El área de especialización del cirujano juega un papel crucial para determinar la preferencia de la sutura.

También es importante el conocimiento que tiene el cirujano acerca de las características físicas del material de sutura. Puesto que los requerimientos de soporte de la herida varían con los factores del paciente, la naturaleza del procedimiento, y el tipo de tejido, el cirujano seleccionará el material de sutura que conserve la fuerza hasta que la herida cicatrice lo suficiente para soportar tensión.

Además, el cirujano sabe que la naturaleza del material de sutura puede provocar respuestas biológicas la primera semana después de la operación. En tanto que la mayoría de los materiales de sutura causan una reacción leve, los materiales sintéticos tienden a ser menos reactivos que las fibras naturales. Por otro lado, algunos materiales de sutura pueden volverse más inertes, o menos reactivos, que otros, en las fases tardías de la cicatrización.

## 1.6 CICATRIZACIÓN Y FACTORES A TENER EN CUENTA

### 1.6.1. Fases de la cicatrización

Todos los cirujanos que cierran una herida quisieran que cicatrizara por unión primaria o primera intención, con mínimo edema y sin infección local o secreción abundante. Una incisión que cicatriza por primera intención, lo hace en un tiempo mínimo, sin separación de los bordes de la herida, y con mínima formación de cicatriz.

Esto se lleva a cabo en tres fases distintas<sup>47,48</sup>:

- Fase I Respuesta Inflamatoria (Día 1 a día 5): Fluyen hacia la herida líquidos que contienen proteínas plasmáticas, células sanguíneas, fibrina y anticuerpos. Se forma una costra en la superficie para sellar la salida de líquidos y evitar invasión bacteriana. La inflamación resultante de la migración de leucocitos al área ocurre en unas cuantas horas, causa edema localizado, dolor, fiebre y enrojecimiento alrededor del sitio de la herida. Los leucocitos se degradan para eliminar los restos celulares y fagocitar los microorganismos y el material extraño. Los monocitos que llegan posteriormente de la médula ósea más distante se convierten en macrófagos, fagocitan los residuos restantes y producen enzimas proteolíticas. Finalmente, las células basales de los bordes de la piel migran sobre la incisión para cerrar la superficie de la herida. Simultáneamente, los fibroblastos localizados en el tejido conjuntivo más profundo inician la reconstrucción del tejido no epitelial<sup>49</sup>. Durante la fase inflamatoria aguda, el tejido no recupera una fuerza de tensión apreciable y depende únicamente del material de sutura para mantenerse en aposición.
- Fase II Migración/Proliferación (Día 5 a día 14): En la primera o segunda semana después de la operación, los fibroblastos (células germinales de tejido fibroso) migran hacia la herida. Con las enzimas de la sangre y de las células del tejido circundante, los fibroblastos forman colágeno y sustancia fundamental (fibrina, fibronectina). Estas sustancias adhieren los fibroblastos al sustrato. Los fibroblastos contienen miofibroblastos con características de músculo liso que

contribuyen a la contracción de la herida. El depósito de colágeno empieza aproximadamente el quinto día y aumenta rápidamente la fuerza de tensión de la herida. Las proteínas plasmáticas favorecen las actividades celulares esenciales para la síntesis de tejido fibroso durante esta fase de cicatrización. Además de la síntesis de colágeno, se reemplazan otros componentes dañados del tejido conjuntivo. Los linfáticos se recanalizan, los vasos sanguíneos forman yemas, se forma tejido de granulación y se desarrollan numerosos capilares para nutrir los fibroblastos. Muchos de éstos desaparecen durante la fase final de la cicatrización.

- Fase III Maduración/Remodelación (Día 14 hasta la cicatrización completa): No hay distinción precisa entre la fase II y la fase III. La cicatrización empieza rápidamente durante la fase II y luego disminuye progresivamente. La fuerza de tensión continúa aumentando hasta un año después de la cirugía. La piel sólo recupera de 70% a 90% de su fuerza de tensión original, mientras que el intestino puede recuperar 100% de su fuerza original en sólo una semana. El contenido de colágeno permanece constante, pero la fuerza de tensión aumenta debido a la formación y entrecruzamiento de las fibras de colágeno. El depósito de tejido conjuntivo fibroso tiene como resultado la formación de cicatriz. En la cicatrización normal ocurre contracción de la herida en un periodo de semanas y meses. Al aumentar la densidad colágeno disminuye la formación de vasos sanguíneos nuevos y el tejido cicatricial se vuelve pálido.

### 1.6.1.1. Factores que condicionan la cicatrización

#### 1.6.1.1.1. Factores dependientes del paciente

Son numerosos los factores derivados del estado general de salud del paciente<sup>50-53</sup> que afectan a este complejo proceso, y por tanto al resultado final de la herida; que deben ser tenidos en cuenta en la toma de decisiones del cirujano antes y durante el procedimiento:

- **Edad:** Con la edad, el tejido de la piel y el músculo pierden su tono y elasticidad. El metabolismo también se hace más lento, y puede alterarse la circulación. Todos estos factores prolongan el tiempo de cicatrización.

- **Peso:** la obesidad modifica doblemente el proceso de cicatrización ya que retrasa el mecanismo de fibroplastia y por otro lado, exige una incisión más amplia, condiciones disecciones mayores, más hemorragias, mayor número de ligaduras y cauterizaciones.
- **Estado nutricional del paciente:** Las deficiencias en carbohidratos, proteínas, zinc y vitaminas A, B y C pueden alterar el proceso de cicatrización. Es esencial mantener una nutrición adecuada para favorecer la actividad celular y la síntesis de colágeno en la herida.
- **Deshidratación:** Si el organismo del paciente ha sido depletado de líquidos, el desequilibrio electrolítico resultante puede afectar la función cardíaca y renal, el metabolismo celular, la oxigenación de la sangre, y la función hormonal. Estos efectos no solamente tienen impacto sobre el estado general de salud del paciente y la recuperación de la cirugía, sino también pueden modificar el proceso de cicatrización.
- **Aporte sanguíneo inadecuado al sitio de la herida:** La cicatrización es más rápida en la cara y el cuello porque reciben mayor cantidad de sangre, y es más lenta en las extremidades. La presencia de cualquier trastorno que comprometa el aporte sanguíneo a la herida, como la circulación deficiente a los miembros en un paciente diabético hará más lento el proceso de cicatrización.
- **Respuesta inmunológica del paciente:** Debido a que la respuesta inmunológica protege de infecciones al paciente, las inmunodeficiencias pueden comprometer seriamente el resultado de un procedimiento quirúrgico. Los pacientes infectados con el VIH, así como los que han recibido quimioterapia reciente o dosis elevadas de esteroides por tiempo prolongado, pueden tener una respuesta inmunológica deficiente. Algunos pacientes tienen alergia a materiales específicos de sutura o aleaciones metálicas. Tienen una respuesta inmunológica aumentada en forma de reacción alérgica. Esto puede interferir con el proceso de cicatrización. Por lo tanto, el cirujano debe verificar siempre si el paciente tiene alergias.
- **Comorbilidades:**
  - Diabetes: es un factor predisponente porque facilita la infección, puede dar lugar a alteraciones del pH tisular y se acompaña de microangiopatías que alteran el riego sanguíneo de la herida.

- Hemopatías y vasculopatías: existe una mayor tendencia a la hemorragia lo que favorece la infección y dificulta el aporte de sangre en los tejidos de la cicatriz.
- Neoplasias: sobre todo por el estado nutricional, a veces carencial que presentan. Además pueden alterar la estructura celular del tejido e influir sobre la selección del cirujano en los métodos y materiales de sutura.
- Infecciones previas
- El uso de **inmunodepresores, corticoides, hormonas, quimioterapia, y radioterapia** puede modificar la cicatrización de la herida.

#### 1.6.1.1.2. Factores dependientes del cirujano y de la técnica quirúrgica

Al igual que existen factores derivados del paciente, también existen situaciones que pueden alterar el desarrollo de la cicatrización y que van a depender del cirujano y su técnica cuidadosa<sup>54-56</sup>.

- Manejo del tejido:  
Si conseguimos el mínimo trauma, se favorece una cicatrización más rápida. Durante el procedimiento quirúrgico, el cirujano debe manipular todos los tejidos con gran suavidad y lo menos posible. Deben colocarse con cuidado los separadores para evitar presión excesiva, ya que la tensión puede causar complicaciones severas: alteración del flujo de sangre y linfa, modificación del estado fisiológico local de la herida, y propensión a la colonización microbiana.
- Hemostasia:  
Se pueden utilizar diversos métodos mecánicos, térmicos y químicos para detener el flujo de sangre y líquido en el sitio de la herida. La hemostasia permite al cirujano trabajar con mayor precisión en un campo lo más limpio posible. Sin un control adecuado, el sangrado de los vasos seccionados o puncionados, o el sangrado difuso en superficies grandes desnudas puede interferir con la visión del cirujano en las estructuras subyacentes.

La hemostasia completa antes de cerrar la herida evita la formación de hematoma postoperatorio. Un hematoma o seroma en la incisión

puede impedir la aposición directa necesaria para la unión completa de los bordes de la herida. Más aún, el acumulo de sangre o suero es un medio de cultivo ideal para el crecimiento bacteriano que puede causar infección. Sin embargo, cuando se pinza o se liga un vaso o tejido, no se debe aplicar un control demasiado agresivo. La ligadura en masa que involucra áreas grandes de tejido puede producir necrosis o muerte tisular y prolongar el tiempo de cicatrización.

- **Manteniendo los tejidos húmedos:**  
Durante los procedimientos prolongados, el cirujano puede irrigar periódicamente la herida con solución salina fisiológica (normal) tibbia, o cubrir las superficies expuestas con gasas empapadas en solución salina.
- **Eliminación del tejido necrótico y del material extraño:**  
Para una buena cicatrización es muy importante la desbridación adecuada de todo el tejido desvitalizado y la eliminación de materiales extraños especialmente en heridas traumáticas. La presencia de fragmentos sucios, metal, vidrio, etc., aumenta la probabilidad de infección.
- **Selección del material de sutura:**  
El cirujano debe valorar cada caso individualmente y escoger el material de sutura que brinde la mayor oportunidad de cicatrización y minimice la probabilidad de infección. El material de sutura adecuado permite al cirujano aproximar el tejido con el menos trauma posible, y con la suficiente precisión para eliminar espacios muertos. La preferencia personal del cirujano juega un papel importante en la selección del material de sutura como ya antes mencionamos; pero la localización de la herida, la dirección de las fibras del tejido y los factores del paciente influyen también en su decisión.



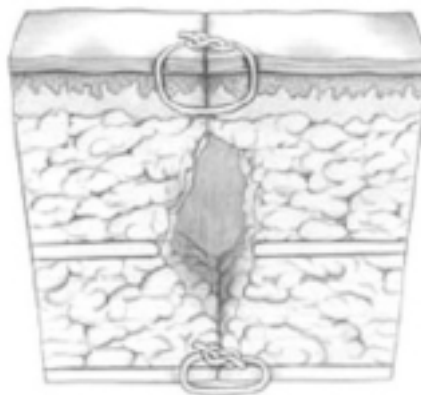
- Respuesta celular a los materiales de sutura:

Siempre que se implantan materiales extraños como las suturas en el tejido, éste reacciona. Dicha reacción varía de mínima a moderada, dependiendo del tipo de material implantado. La reacción será más marcada si se complica con infección, alergia o trauma.

Inicialmente, el tejido desvía el paso de la aguja del cirujano y la sutura. Una vez que las suturas se han implantado, ocurre edema de la piel y del tejido subcutáneo. Esto puede ocasionar molestia importante al paciente durante la recuperación, así como una cicatriz secundaria a necrosis isquémica. El cirujano debe tomar en cuenta todos estos factores al ejercer tensión en el material de sutura.

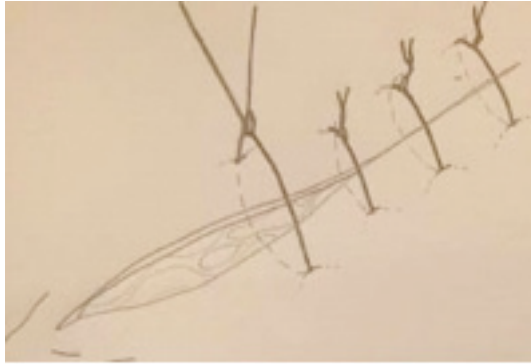
- Eliminación del espacio muerto en la herida:

Esto es punto crítico para la cicatrización. El espacio muerto en una herida es el resultado de la separación de los bordes que no se han aproximado estrechamente, o del aire atrapado entre los planos del tejido (figura 20). Esto es especialmente cierto en la capa de grasa que tiende a carecer de aporte sanguíneo. Puede acumularse suero o sangre, proporcionando un medio ideal para el crecimiento de microorganismos que causan infección.



**Figura 20.** Espacio muerto de una herida.

- Cierre con suficiente tensión:  
Se debe aplicar la suficiente tensión para aproximar los tejidos y eliminar el espacio muerto, pero teniendo en cuenta que las suturas deben estar lo suficientemente flojas para evitar molestias exageradas al paciente, isquemia, y necrosis del tejido durante la cicatrización (figura 21).

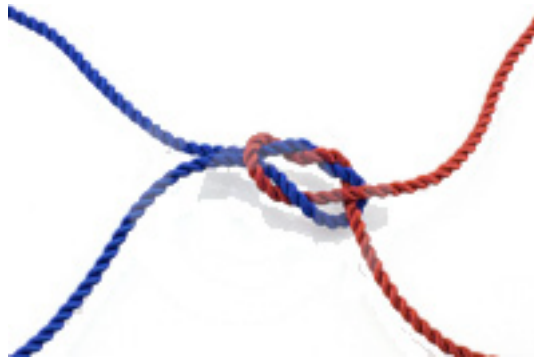


**Figura 21.** Cierre de herida.

- Tensión sobre la herida después de la cirugía:  
La actividad del paciente después de la cirugía puede ejercer una tensión excesiva sobre la incisión que cicatriza. La fascia abdominal tendrá demasiada tensión después de la cirugía si el paciente hace esfuerzos para toser, vomitar, orinar o defecar. Los tendones y extremidades también pueden estar sujetos a tensión excesiva durante la cicatrización. El cirujano debe estar seguro que la herida se encuentra inmovilizada adecuadamente durante el tiempo suficiente después de la cirugía para evitar alteraciones de la sutura.
- Inmovilización de la herida:  
Es necesaria una inmovilización adecuada de la herida, pero no necesariamente de toda el área anatómica, para la cicatrización eficaz y la mínima formación de cicatriz.

## 1.7 SUTURAS BARBADAS. UN NUEVO CONCEPTO EN EL MUNDO DE LAS SUTURAS

Un fundamento de la práctica quirúrgica ha sido, y continuará siendo, la formación y la colocación de nudos quirúrgicos de los hilos de sutura para sujetar el tejido durante un procedimiento quirúrgico (figura 22).



**Figura 22.** Nudo quirúrgico.

Se han desarrollado numerosos nudos quirúrgicos; y la técnica de formar y atar las suturas para las aplicaciones quirúrgicas es una habilidad crítica que un cirujano debe poseer para realizar una operación de forma segura y eficiente. Consecuentemente, la técnica se encuentra extensivamente desarrollada.

Como mencionamos al inicio de nuestro trabajo, la evolución, desarrollo y experimentación con nuevos materiales siempre ha ido de la mano de la evolución de las técnicas quirúrgicas y de la población en sí en la que se desarrolla. Así, con el desarrollo de la cirugía mínimamente invasiva y con la preocupación creciente de la sociedad por los resultados estéticos, se reconoció muy pronto que el despliegue y la colocación de nudos quirúrgicos dentro de un lugar quirúrgico remotamente accesible podía ser difícil, incómodo y, a menudo, no fiable. Sin olvidar, el tiempo que conlleva durante cualquier procedimiento quirúrgico la realización de nudos efectivos<sup>57</sup>.

En este contexto, desde hace tiempo se piensa en el modo<sup>58</sup> y recientemente se ha empezado a comercializar un nuevo y revolucionario material de sutura con un sistema de “barbas” que permiten la autorretención para la aproximación de los tejidos, que elimina un largo y tedioso paso en el cierre de heridas, la confección de nudos para fijar y asegurar la unión.

Para el cierre habitual es preciso realizar nudos que pueden producir isquemia en el tejido; en comparación con los nudos, este nuevo sistema permite una distribución más uniforme de la tensión sobre los tejidos blandos cuando se aproximan y la tensión se distribuye a lo largo de toda la herida; por lo tanto, la colocación de estas suturas con autorretención es menos traumática para los tejidos ya que elimina la necesidad de sutura interrumpida o nudos.

Son dos de este tipo de suturas las que usaremos para nuestro trabajo:

- Quill™ Self-Retaining System (Angiotech Pharmaceuticals, Inc.)
- V-Loc™ Knotless Wound Closure Devices (Covidien®)

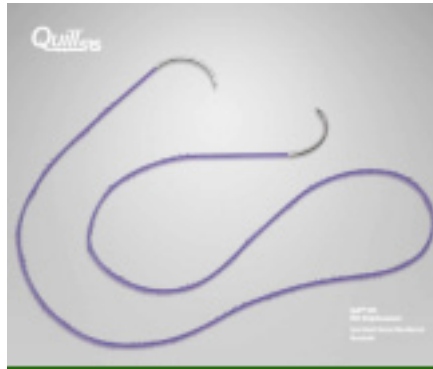
#### *Posibles ventajas*

- Controla y distribuye la tensión ejercida en el tejido (sutura continua)
- Ofrece la misma fuerza tensil que una sutura discontinua. Permite el cierre de heridas incluyendo el grosor total de la piel y la grasa subcutáneo.
- Facilita el cierre de heridas difíciles, incluyendo:
  - Heridas con alta tensión
  - Suturas en bolsa de tabaco
  - Heridas con arquitectura compleja
  - Heridas con diámetros no coincidentes
- Reduce las complicaciones asociadas a los nudos.
- Elimina la extrusión, dehiscencias y la irritación por los nudos.

- Evita posibles infecciones producidas por los nudos.
- Elimina el estrangulamiento tisular (rasgar el tejido o cheese-wire effect).
- Ahorra el tiempo de suturar, reduciendo el tiempo de quirófano y los riesgos quirúrgicos asociados a la anestesia prolongada
- Posibilidad de mejores resultados para el paciente:
  - La tensión se distribuye más uniformemente, en lugar de la fijación en un sólo punto.
  - Posibilidad de mejor cicatriz debido al soporte de los tejidos blandos.
  - Evita las complicaciones asociadas a los nudos: ausencia de extrusión y dolor por los nudos.
  - No hay visibilidad ni palpación de los nudos.
- Permite nuevas técnicas:
  - Nuevas posibilidades para aproximación de tejidos durante:
    - Intervenciones laparoscópicas.
    - Intervenciones endoscópicas.
    - Intervenciones artroscópicas.
  - Alternativa para el cierre circular.
  - Aproximación de diámetros no coincidentes.
  - Aplicación en lugares difíciles y estrechos.
- Hemostasia fácil y rápida: sellado hermético.
- Vascularización buena / sin isquemia en la incisión.
- Distribuye la fuerza tensil de sutura en incisión.
- Sin nudos, baja el riesgo de posibles adherencias.
- Fácil de usar y rápida curva de aprendizaje.

### 1.7.1. QUILL™-SRS

Consiste en un material de sutura con un sistema de cierre sin nudos que tiene pequeñas barbas en su superficie, dispuestas en direcciones opuestas a ambos lados de un segmento central sin barbas<sup>59,60</sup> en un principio de su desarrollo y posteriormente se rediseñó con segmento central barbado (figura 23). Para facilitar su inserción y el paso por los tejidos tiene una aguja en cada extremo de la sutura. La sutura se hace avanzar dentro del tejido hasta que las barbas opuestas se enganchan. Las barbas penetran en el tejido circundante y sujetan firmemente la sutura en su sitio.



**Figura 23.** Sutura Quill™

Las barbas del sistema Quill™-SRS proceden de microcortes por láser hechos a lo largo de toda su superficie, creando posibles enlaces débiles a lo largo de todo el material. Por ello siempre utilizaremos un grosor mayor (uno por encima) al de la sutura convencional usada (tabla 3).

**Tabla 3.** Calibres y fuerza tensil de sutura Quill™

USP SUTURE SIZE	SUTURE TENSILE STRENGTH (kgf)	QUILL™ KNOTLESS TISSUE-CLOSURE DEVICE EQUIVALENT SIZE
5-0	0.68	4-0
4-0	0.95	3-0
3-0	1.77	2-0
2-0	2.68	0
0	3.90	1
1	5.08	2

Está disponible en una serie de materiales<sup>61</sup>:

### Monofilamento transparente absorbible

- Monoderm™ (PGA-PCL) (figura 24):
  - Sin colorear (transparente).
  - Absorción en masa prácticamente completa entre 90-120 días. (Similar a Monocryl™ de Ethicon).
  - Retención/resistencia a la rotura in vivo:
    - 62% a los 7 días
    - 27% a los 14 días



**Figura 24.** Monoderm™ (PGA-PCL). Quill™

- PDO (polidioxanona) (figura 25)



**Figura 25.** PDO (polidioxanona). Quill™

- Coloreado (Violeta. El pigmento es D&C Violeta nº2)
- Absorción: mínima hasta los 120 días aprox. Prácticamente completa a los 180 días.
- Retención/resistencia a la rotura in vivo según tamaño de Quill™SRS:
  - Calibre 3-0 y superior:
    - 80% en 2 semanas
    - 80% en 4 semanas
    - 40% en 6 semanas
  - Calibre 4-0:
    - 67% en 2 semanas
    - 50% en 4 semanas
    - 37% en 6 semanas
- Equivalente químicamente a PDS®II de Ethicon.



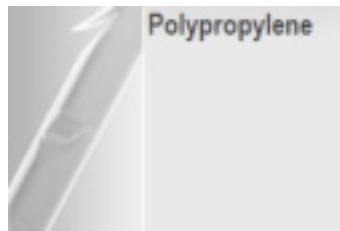
**Monofilamento no absorbible:**

- Nylon (figura 26)
  - Disponible teñido: el pigmento es D&C Azul nº2



**Figura 26.** Nylon. Quill™

- Polipropileno (figura 27)

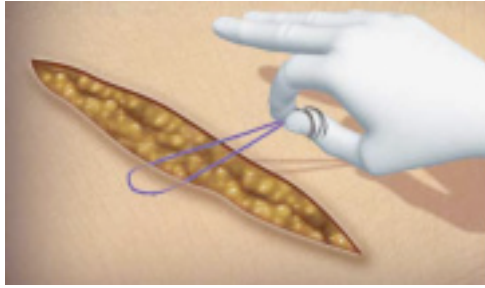


**Figura 27.** Polipropileno Quill™

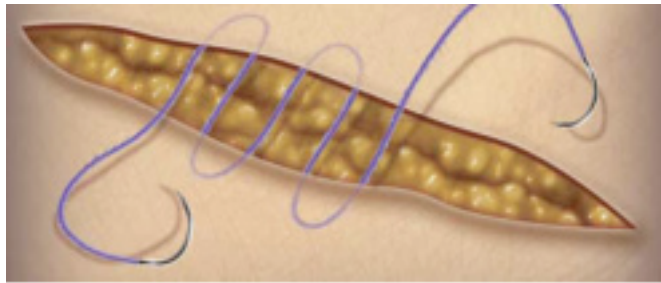
- Disponible en material transparente, sin colorante
- Equivalente a Prolene (Ethicon)

*Instrucciones y precauciones en su uso según el fabricante:*

- El primer extremo debe estirarse a través del tejido hasta que la zona de transición central alcance dicho tejido. Puede ayudar a calcular la zona central el tomar una porción de tejido, y a continuación alinear las dos agujas entre sí (figura 28). Sujutando un extremo, deben tomarse al menos dos porciones holgadas del tejido (figura 29).

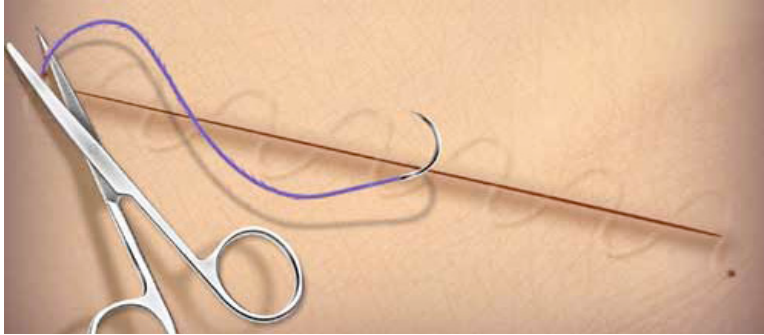


**Figura 28.** Cómo empezar a suturar con Quill™



**Figura 29.** Cómo suturar con Quill™

Debemos tomar la precaución de utilizar únicamente los segmentos con barbas. No hay que tratar de aproximar los extremos de la herida haciendo uso de los segmentos desprovistos de barbas, pues éstas son necesarias para la aproximación satisfactoria de la herida (figura 30).



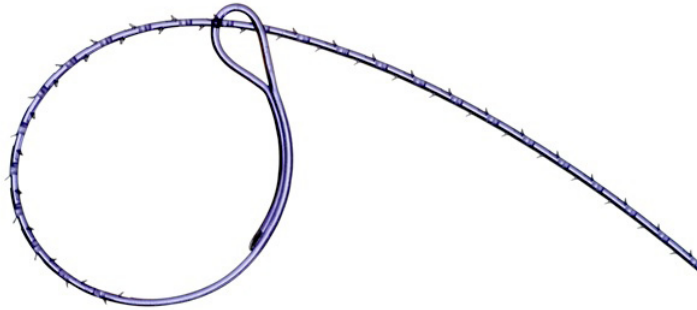
**Figura 30.** Como acabar la sutura con Quill™

- Para el material con agujas rectas, puede procederse a la utilización en ángulos rectos a la herida. Partiendo de un extremo de la herida, introducir la aguja de Keith en ángulos rectos a la herida a lo largo del plano de tejido deseado, haciéndola avanzar a través del tejido hasta asegurar la porción deseada del mismo, tras lo cual puede extraerse la aguja en el lugar deseado, apartado del borde de la herida. Repetir el mismo procedimiento con el segundo extremo.
- Tras la satisfactoria extensión de ambos extremos y de la extracción de las agujas, la zona de transición central debe situarse aproximadamente en el centro de la herida abierta.
- Para retirar por completo la sutura una vez realizada, se debe cortar en el punto medio, entre los segmentos con barbas opuestas, y a continuación tirar de los extremos laterales para retirar el dispositivo.
- La seguridad y efectividad de Quill™ SRS, compuesto de PDO teñida, no han sido establecidas para el uso en cierres de fascias (incluyendo pared abdominal, cierres de fascia torácica y de extremidades), anastomosis gastrointestinal, tejido cardiovascular, tejido nervioso, cirugía oftálmica o microcirugía. En determinadas circunstancias, el cirujano puede decidir utilizar, en particular, procedimientos ortopédicos o la inmovilización por medio de un soporte externo.

- Quill™ SRS contiene barbas orientadas de manera bidireccional para fijarse a los tejidos y no requiere nudos para aproximar los bordes opuestos de una herida. El anudado con la parte barbada del material de sutura daña las barbas y reduce potencialmente su eficacia, así como la resistencia a la tensión de la sutura. Para que se cree una fuerza bidireccional y el dispositivo ejerza su función correctamente, deben engancharse ambos lados en el tejido. Adicionalmente, una vez colocado y para fijarlo, debe realizarse un punto de sutura adicional en J, o un punto en el tejido lateral al extremo de la incisión.
- Se debe evitar el contacto con otros materiales del ámbito quirúrgico (como gasa, mallas, etc.), para impedir su enganche con las barbas. Si las barbas se enganchan, desengancharlas tirando cuidadosamente del material en el sentido opuesto al de la aguja.
- Debe procederse cuidadosamente para evitar daños durante su manipulación. Se debe evitar el pinzamiento o aplastamiento del material de sutura con instrumentos quirúrgicos tales como pinzas o portaagujas.
- No se debe intentar eliminar la memoria de la sutura deslizando los dedos a lo largo del material de sutura, ya que ello puede dañar las barbas.

### 1.7.2. V-LOC™

El dispositivo absorbible para cierre de heridas V-Loc™ está compuesto por un hilo dentado absorbible provisto de una aguja quirúrgica en un extremo y un efector terminado en lazo en el otro<sup>62,63</sup> (figura 31). El diseño dentado y con efector terminado en lazo permite aproximar los tejidos sin necesidad de hacer nudos quirúrgicos.



**Figura 31.** Sutura VLoc™

Las definiciones de la USP (United States Pharmacopela) para el diámetro son aplicables al dispositivo absorbible para cierre de heridas antes de la formación de las púas. Tras la formación de las púas, el dispositivo absorbible para cierre de heridas muestra un tamaño menor que la sutura no dentada. Esta modificación reduce la resistencia a la tensión de la sutura, con un efecto similar a cuando se ata un nudo en una sutura no dentada. Por tanto, la resistencia a la tensión de tracción lineal del dispositivo es comparable a la resistencia a la tracción del nudo de la USP para una sutura no dentada de tamaño equivalente.

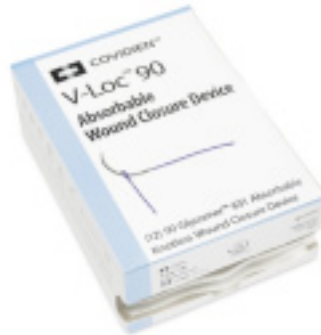
A continuación se puede ver con más claridad la relación entre el tamaño de la sutura no dentada y el tamaño equivalente (tabla 4).

**Tabla 4.** Calibres y equivalencias en VLoc™

Tamaño del dispositivo de sutura V-Loc™ 180	Tamaño de la sutura antes de la formación de púas	Tamaño equivalente de sutura no dentada (USP)/ Resistencia a la tensión (kgf)
0	1	0 / 3,90
2-0	0	2-0 / 2,68
3-0	2-0	3-0 / 1,77

Está disponible en dos formatos:

- V-LOC™ 90 (figura 32):



**Figura 32.** Sutura Vloc™ 90

- Compuesto de poliglicólico, dioxanona y carbonato de trimetileno.
- Esterilizado con óxido de etileno.
- De color incoloro para la aguja triangular y violeta para la cilíndrica.
- Con un perfil de absorción entre los 90 y los 110 días. Con una resistencia a la tracción del 90% a los 7 días y del 75% a los 14.
- Equivalente a suturas como: Biosyn™, Caprosyn™, Monocryl™, Polysorb™, Vicryl™.

- V-LOC™ 180 (figura 33):



**Figura 33.** Sutura Vloc™ 180

- Compuesto de copolímero de ácido glicólico y carbonato de trimetileno.
- Esterilizado con óxido de etileno.
- De color incoloro para la aguja triangular y verde para la cilíndrica.
- Con una absorción completa a los 180 días. Con una resistencia a la tracción del 80% a los 7 días, del 75% a los 14 y del 65% a los 21 días.
- Equivalente a Maxon™ y PDS II™.

- V-LOC™ PBT Non-absorbable (figura 34):



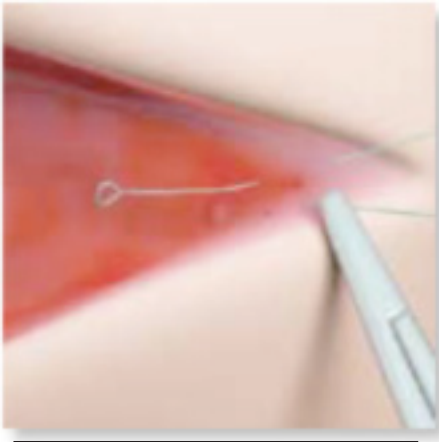
**Figura 34.** Sutura Vloc™ PBT

- Compuesto de polybutester
- De color azul
- Con una resistencia a la tracción permanente
- Equivalente a Surgipro™, Monosof™, Novafil™, Prolene™, Ethilon™

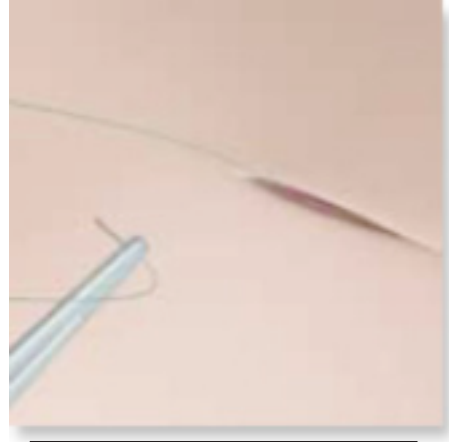
*Instrucciones y precauciones en su uso según el fabricante:*

- El dispositivo se ancla al pasar el extremo de la sutura en que está la aguja por el efector terminado en lazo ya preparado (figura 35). Una tracción suave aplicada a la sutura anclará la sutura y acercará los bordes de la herida. Se debe aproximar el tejido usando un patrón continuo y teniendo cuidado de no apretar demasiado la línea de sutura durante el arrastre (figura 36). Para terminar la línea de sutura en tejidos profundos, hay que realizar dos puntos adicionales más allá de la comisura terminal para anclar la línea. Mientras se aplica una tracción suave al extremo libre de la sutura, se corta el hilo de sutura al nivel de la superficie del tejido.





**Figura 35.** Como iniciar una sutura con Vloc™



**Figura 36.** Como suturar con Vloc™

- No debe emplearse cuando se precise una aproximación de los tejidos prolongada (más de 3 semanas) y sometida a tensión, o bien para la fijación de prótesis cardiovasculares permanentes o injertos sintéticos.
- No debe usarse para ligar vasos ni estructuras luminales.
- Está diseñado para usarse sin emplear nudos de anclaje para iniciar ni terminar la línea de sutura. Al hacer nudos se pueden dañar las púas y reducir su eficacia.
- Únicamente debe emplearse para suturas continuas.
- La seguridad y eficacia no se ha determinado para su aplicación en cierres fasciales (pared abdominal y torácica, cierres fasciales de extremidades), anastomosis gastrointestinales, anastomosis cardiovasculares, neurocirugía, oftalmología, ortopedia o microcirugía.
- Se debe evitar aplastamientos o abrasiones provocados por instrumentos quirúrgicos tales como pinzas o portaagujas.

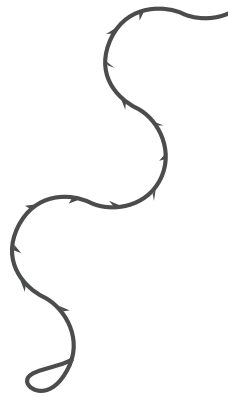


## II. HIPÓTESIS DE TRABAJO

---



## II. HIPÓTESIS DE TRABAJO



Con lo ya descrito hasta ahora y con la finalidad de comprobar este nuevo sistema de sutura y anclaje a los tejidos que no precisa anudado, desarrollamos este proyecto con la siguiente hipótesis:

### 2.1 Hipótesis nula (H0)

Existen diferencias en cuanto al comportamiento biomecánico de la reparación de la pared abdominal entre las suturas barbadas con sistema de autoanclaje y las suturas convencionales anudadas en términos de tracción y tensión soportada.

### 2.2 Hipótesis alternativa (H1)

No existen diferencias en cuanto al comportamiento biomecánico entre las suturas barbadas y la sutura convencional anudada.

### 2.3 Hipótesis secundaria

Existen diferencias en cuanto al comportamiento histológico entre las distintas suturas barbadas.

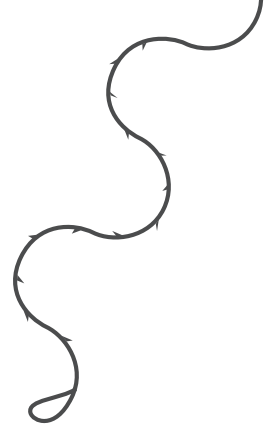


## III. OBJETIVOS





# III. OBJETIVOS



## 3.1 Objetivo principal

Evaluar la eficacia de los distintos tipo de suturas autofijables disponibles en el mercado en el cierre de tejidos.

## 3.2 Objetivos secundarios

- Evaluar la resistencia a la tracción y la tensión de estas suturas en relación a las suturas convencionales.
- Analizar a nivel microscópico el proceso de cicatrización que ocurre con cada tipo de sutura, evaluando la respuesta inflamatoria ocasionada por cada tipo de sutura a los 15 días de su colocación.
- Comparar los resultados obtenidos con los diferentes modelos de suturas barbadas disponibles en el mercado en el momento actual para conocer si todas ofrecen las mismas ventajas.

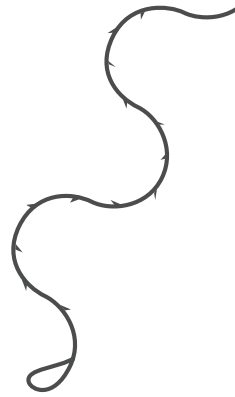


# IV. MATERIAL Y MÉTODO

---



# IV. MATERIAL Y MÉTODO



## 4.1 Material

### 4.1.1 Población de estudio

El estudio se ha llevado a cabo en ratas albinas de la variedad Wistar, pertenecientes a la especie *Rattus norvegicus*.

Se han usado 50 ratas blancas de la raza Wistar de entre tres y cinco semanas de edad con un peso aproximado de 300gr, de indistinto sexo (figura 37).



**Figura 37.** Rata Wistar

### 4.1.2 Instalaciones

Este trabajo de investigación ha sido realizado en las instalaciones del Laboratorio de Cirugía Experimental del Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla. La organización y control de este centro depende de la Comisión de Investigación de este Hospital. Las intervenciones de los animales, así como su posterior estabulación y seguimiento hasta el sacrificio, se llevaron a cabo en este mismo centro (figura 38).



**Figura 38.** Animalario.

El centro está además dotado del personal necesario para llevar a cabo nuestras actividades, ya que consta de un veterinario, dos enfermeros, una auxiliar de Enfermería y un grupo de celadores-cuidadores que se rotaban por turnos para que los animales estuvieran perfectamente atendidos.

### 4.1.3 Material fungible de laboratorio

- Pienso de rata para alimentar a los animales durante dos semanas.
- Ketamina y fentanilo para aplicación intraperitoneal como anestésico.
- Agujas estériles de punción de 24 Fr.
- Jeringas estériles de 5 cc para administración de anestésico.
- Povidona yodada para la antisepsia cutánea.
- Guantes de látex estériles.
- Campos estériles.

### 4.1.4 Material quirúrgico

- Caja de instrumental simple (figura 39):
  - Porta agujas
  - Tijeras de Mayo
  - Bisturí con hoja desechable número 15
  - Pinzas de disección con dientes y sin dientes.
  - Pinzas de hemostasia tipo mosquito sin dientes.
- Compresas y gasas hidrófilas estériles.
- Suturas:
  - Fascia muscular:
    - Polidioxanona 3/0
    - Quills™ Self-Retaining System PDO (Polidioxanona) 2/0
    - V-Loc™ 180 3/0
  - Piel: Seda trenzada de 3/0



**Figura 39.** Instrumental quirúrgico

### 4.1.5 Material específico

- Esfingomanómetro de mercurio Riester®:

Es un instrumento médico empleado para la medición indirecta de la presión arterial proporcionando, por lo general, la medición en milímetros de mercurio (mmHg). (figura 40)

Los modelos suelen indicar un rango que va desde los 0 mmHg a los 300 mmHg (que es rango de la presión arterial medible en los humanos). En nuestro caso hemos sustituido el brazalete por un abocath 16Fr que se inserta en la cavidad abdominal de la rata, simulando un neumoperitoneo que es inflado con una perilla manual.

- Dinamómetro Pesnet® con escala 0-1000g:

Es un instrumento utilizado para pesar objetos. El dinamómetro tradicional, inventado por Isaac Newton, al igual que una báscula con muelle elástico, es una balanza de resorte. Consta de un muelle, contenido en un cilindro y el dispositivo tiene dos anillas (figura 41). Lleva marcada una escala en el cilindro hueco que rodea el muelle. Al ejercer una fuerza sobre la anilla exterior, el cursor de ese extremo se mueve sobre la escala exterior, indicando el valor de la fuerza.



Figura 40. Esfingomanómetro de mercurio



Figura 41. Dinamómetro



## 4.2 MÉTODO

### 4.2.1 Diseño y grupos de estudio

Se ha realizado un estudio comparativo cuasi-experimental en modelo animal; se han incluido 50 ratas distribuidas de forma homogénea en 5 grupos, con 10 animales en cada uno de ellos.

- Grupo A: sutura absorbible polidioxanona 3.0 con nudos en ambos extremos de la laparotomía (control).
- Grupo B: sutura con barbas bidireccional polidioxanona 2.0 con segmento central sin barbas.
- Grupo C: sutura con barbas unidireccional completa polidioxanona 2.0.
- Grupo D: sutura con barbas bidireccional completa polidioxanona 2.0.
- Grupo E: sutura con ojal y barbas unidireccional ácido glicólico 3.0.

### 4.2.2 Consideraciones legales y éticas

El proyecto de investigación recibió informe favorable tras su valoración por el Comité de Ética de la Investigación del Hospital Universitario Virgen del Rocío, según consta en el acta 02/12.

El proyecto se encuentra en la Categoría C de la clasificación del “Institutional Animal Care and Use Comité” (IACUC), en la que se incluyen los procedimientos que van a inducir dolor moderado, malestar o estrés, que será eliminado con los anestésicos y analgésicos apropiados.

Los animales han sido tratados durante todo el proceso experimental según los acuerdos del Consejo de Europa sobre protección de los animales empleados en experimentación animal.

Se ha garantizado el reemplazo y reducción de animales en los procedimientos del proyecto, así como el refinamiento en la cría, alojamiento, cuidados y utilización de los mismos. Se les ha concedido un trato evitando al máximo el dolor, sufrimiento y estrés y todo aquello que pudiera interferir en las buenas condiciones de salud y bienestar de los animales. En cuanto al procedimiento de sacrificio, se ha realizado siguiendo las directrices presentes en la Directiva Europea mencionada anteriormente, la cual hace referencia al sacrificio humanitario de los animales.

El uso de este modelo experimental está justificado en animales al no existir ningún otro medio que permita obtener los resultados que se esperan.

#### *Normativa*

- DIRECTIVA DEL CONSEJO DE EUROPA 86/609/CEE, sobre aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros respecto a protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. 24 de Noviembre de 1986.
- REAL DECRETO 223/1988, de 14 de Marzo sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. B.O.E. de 18 de Marzo de 1988.
- INSTRUMENTO de Ratificación del Convenio Europeo sobre protección de los animales vertebrados utilizados con fines experimentales y otros fines científicos, hecho en Estrasburgo el 18 de Marzo de 1986. B.O.E. 25 de Octubre de 1990.
- REAL DECRETO 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia.

### 4.2.3 Periodo preoperatorio

Los animales tuvieron un periodo de aclimatación de 72 horas previas a la intervención, realizando durante este tiempo inspección clínica diaria para detectar cualquier signo de enfermedad. El alimento administrado ha sido pienso concentrado estándar para roedores suministrado en pequeñas bolas (pellets).

No se realizó ayuno preoperatorio, teniendo los animales acceso al agua y comida ad libitum. No se realizó profilaxis antibiótica ni preparación intestinal.

Se rasuró la superficie cutánea del abdomen desde xifoides a pelvis y se colocó en posición de decúbito supino con los cuatro miembros fijados a la mesa de quirófano.

### 4.2.4 Periodo operatorio

#### 4.2.4.1 Procedimiento anestésico

La anestesia en Cirugía Experimental suprime el dolor manteniendo dentro de los límites fisiológicos la circulación y la función respiratoria.

En nuestro estudio se usó un protocolo combinado de Ketamina y Xilacina, recomendado para lograr un plano quirúrgico en pequeñas especies. Todos los animales fueron pesados antes de la administración del agente anestésico para cálculo de la correcta dosificación.

- La Ketamina es un anestésico general con propiedades hipnóticas y analgésicas. Su mecanismo de acción genera la llamada “anestesia disociativa”, en la cual se interrumpen de forma selectiva las vías cerebrales de asociación del córtex y tálamo, produciendo un bloqueo sensorial. No afecta a la actividad del tronco cerebral, por lo que las funciones respiratoria y cardiaca están preservadas. Los reflejos faringo-laríngeos permanecen normales, al igual que el tono muscular, manteniendo la permeabilidad de la vía aérea. Se requieren unos diez minutos para lograr el efecto máximo y los animales se recuperan completamente en 60-90 minutos.

- La Xilacina, agonista sintético de los receptores alfa 2-adrenérgicos, es un potente sedante, miorrelajante y analgésico. Actúa mediante la inhibición de la transmisión de los impulsos en el SNC. Se utiliza en combinación para conseguir una adecuada relajación muscular durante el procedimiento.

Se realizó en todos los casos inducción anestésica mediante inyección intraperitoneal de Ketamina y Xilacina, a dosis de 80 y 10 mg/kg de peso respectivamente. La punción se llevó a cabo con una aguja hipodérmica lateral a la línea media, próxima al vértice de la vejiga.

Durante la intervención se realizó control de la profundidad anestésica (no existencia de movimientos de respuesta a la estimulación podal). En los casos en que se requirió una nueva administración, se utilizó la mitad de la dosis inicial.

No se contempló el uso de antibioterapia por la relativa baja tasa de infecciones clínicas que se produce en roedores.

*Fases en las que se prevé dolor:* El dolor experimentado por los animales en este tipo de intervenciones es mínimo, a pesar de ello presentamos las medidas que se emplearán para prevenir dolor, sufrimiento o angustia y paliarlo si aconteciera:

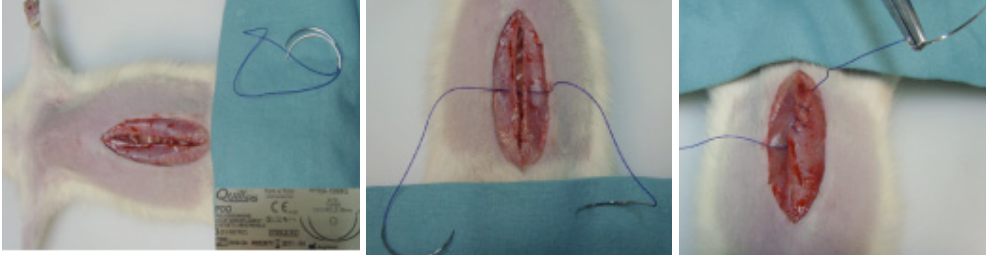
- a) Postoperatorio (como medidas correctoras se aplicará metamizol intraperitoneal y analgésicos orales con el pienso o la bebida).
- b) Tiempo en jaula tras la intervención: se racionarán analgésicos en el pienso para paliar el posible dolor.

#### 4.2.4.2 Procedimiento quirúrgico

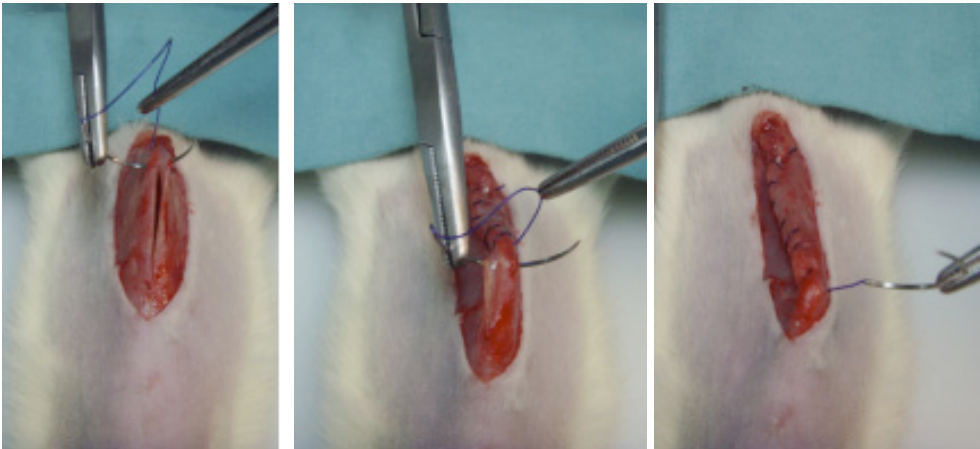
El tiempo medio del acto quirúrgico fue de 15 minutos por animal de experimentación. Se han realizado 10 intervenciones en cada sesión quirúrgica.

Intervención quirúrgica:

- Se cubre la piel del abdomen con Povidona yodada.
- Se coloca campo estéril dejando al descubierto desde apéndice xifoides hasta el pubis y desde línea axilar derecha a izquierda.
- Se realiza laparotomía media de 5 cm de longitud.
- Se separan mediante disección la fascia muscular del plano celular subcutáneo y piel.
- Se cierra el plano muscular de la laparotomía media en bloque con diferentes tipos de suturas según el grupo, manteniendo una proporción SL:WL 4:1 (figura 42 y 43).
- Se cierra la piel con seda trenzada.



**Figura 42.** Sutura con Quill™ bidireccional



**Figura 43.** Sutura con Quill™ unidireccional

#### 4.2.5 Procedimiento postquirúrgico

- Despertar postquirúrgico: una vez que la intervención se ha realizado, el despertar suele tener lugar a los 10 minutos (ya que la anestesia da una duración de unos 20-30 minutos, y 15 son los empleados por la cirugía). Se aplicará a cada rata una dosis de metamizol intraperitoneal para disminuir el dolor postoperatorio.
- Estancia en jaula anticropofágica: alimentación con pienso habitual. Esta fase se realiza por los cuidadores y otros profesionales del centro de experimentación.
- Tras la intervención se mantiene al animal durante 15 días en jaulas individualizadas y al concluir este periodo realizamos la recogida de datos.
- A los 15 días, se procede igualmente sedoanalgesiando al animal con Ketamina ajustada por peso.
- Se comprueba macroscópicamente la herida quirúrgica y la presencia de fallos (eventraciones).
- Se realizan las pruebas de presión y tracción y se observan la presencia de debilidades en la pared muscular así como el hallazgo de verdaderas hernias ventrales.
- Una vez obtenido el explante de la pared abdominal se realiza estudio anatomopatológico para comprobar las alteraciones microscópicas que han sucedido durante el proceso de cicatrización de la pared abdominal en los diferentes grupos.
- Eutanasia del animal: se usa ketamina de forma intraperitoneal, a razón de 0'2 ml por gr de peso. Consiguiéndose una anestesia profunda, con una depresión respiratoria parcial, sin dolor ni sufrimiento. En esta fase se realizan las pruebas objeto del experimento que se detallan a continuación.

Si el animal no ha fallecido con la dosis de anestésico, se puede aumentar dicha dosis o realizar una punción intracardiaca de cloruro potásico para provocar una parada cardiorrespiratoria indolora.

## 4.2.6 Variables

### 4.2.6.3 Variables dependientes

#### 4.2.6.3.1 Principales

##### 4.2.6.3.1.1 Test de tensión

Con el esfigmomanómetro de mercurio a 80mmHg durante un 60 segundos y a 120 mmHg durante los 10 últimos segundos se comprueba la presencia de fallos.

Se definió como fallo, la existencia de un abombamiento focal de la pared abdominal, entendiéndose por abombamiento la existencia de una convexidad visible en la superficie externa de la pared de al menos 2 mm de espesor.

##### 4.2.6.3.1.2 Test de tracción

Tras el sacrificio del animal se realiza explante de la pared muscular completa y dinamometría de los extremos ejerciendo una tensión mayor de 300mg de presión por cm<sup>2</sup>; comprobando la presencia de fallos en la sutura.

Se definió como fallo el desprendimiento de la sutura en algún punto o en su totalidad.

#### 4.2.6.3.2 Secundarias

Parámetros histológicos estudiados de acuerdo a las siguientes escalas cuasicuantitativa:

- Necrosis:
  0. Ninguna.
  1. Pequeños parques
  2. Parches mayores
  3. Extensa



- Polimorfonucleares:
  0. Normal
  1. Ligeramente aumentados
  2. Marcada infiltración
  3. Extensa
  
- Linfocitos:
  0. Normal
  1. Ligeramente aumentados
  2. Marcada infiltración
  3. Extensa
  
- Macrófagos:
  0. Normal
  1. Ligeramente aumentados
  2. Marcada infiltración
  3. Extensa
  
- Edema:
  0. Ninguno
  1. Algo
  2. Marcado
  3. Severo
  
- Mesotelio:
  3. Ausente
  2. Incompleto focal
  1. Casi completo
  0. Normal
  
- Reacción granulomatosa (cuerpo extraño):
  0. Ninguna
  1. Focal
  2. Marcada
  3. Extensa

- Grado de unión-fijación a otros tejidos circundantes:
  3. Ausencia de unión
  2. Pobre
  1. Media
  0. Unión completa
  
- Angiogénesis:
  0. Ninguna
  1. Algo
  2. Marcada
  3. Extensa
  
- Fibrosis:
  0. Ninguna
  1. Algo
  2. Marcada
  3. Extensa

#### 4.2.6.4 Variables independientes (operacionales)

- 4.2.6.4.1 Sutura absorbible PDS con nudos en los extremos
- 4.2.6.4.2 Sutura con barbas bidireccional con segmento central sin barbas.
- 4.2.6.4.3 Sutura con barbas unidireccional completa.
- 4.2.6.4.4 Sutura con barbas bidireccional completa.
- 4.2.6.4.5 Sutura con ojal y barbas unidireccional.

### 4.2.7 Análisis estadístico

El análisis estadístico se ha realizado con el paquete IBM® SPSS® Statistics 19. Comenzaremos realizando una estadística descriptiva de las variables del estudio mediante frecuencias.

Para comparar los cinco grupos en las diferentes variables cualitativas dicotómicas como la presencia de fallos en los test experimentales del estudio (test de tensión y test de tracción) se aplicó el test exacto de Fisher, ya que no se cumplen las condiciones necesarias para la aplicación del test  $\chi^2$  sea adecuada (los valores esperados de al menos el 80% de las celdas en una tabla de contingencia sean mayores de 5). Y se establece un nivel de significación estadística en  $p < 0.05$ .

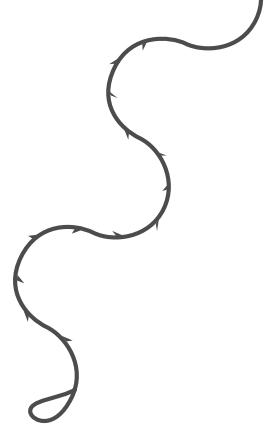
Para analizar las variables cuantitativas discretas (distintos hallazgos del examen histológico) se utilizó H de Kruskal-Wallis y posteriormente una comparación entre grupos con U de Mann-Whitney en las variables en las que se observen diferencias, aplicando la corrección de bonferroni (alpha/número de comparaciones posibles), estableciendo en nuestro caso un nivel de significación estadística en  $p < 0.001$ .



# V. RESULTADOS



# V. RESULTADOS



Los resultados se plantean en función de los test y estudios macro y microscópicos según cada grupo (A, B, C, D y E). Después comparamos los resultados entre grupos.

<b>GRUPO A</b>	10 Cierres laparotómicos convencionales usando sutura absorbible con nudos en ambos extremos de la laparotomía (control)
<b>GRUPO B</b>	10 Cierres laparotómicos usando sutura con barbas bidireccional sin barbas centrales.
<b>GRUPO C</b>	10 Cierres laparotómicos usando sutura con barbas unidireccional completa.
<b>GRUPO D</b>	10 Cierres laparotómicos usando sutura con barbas bidireccional completa.
<b>GRUPO E</b>	10 Cierres laparotómicos usando sutura con ojal y barbas unidireccional.

Para mostrar los resultados microscópicos de forma valorable y práctica, estudiamos los parámetros descritos en material y método. Analizamos los parámetros y realizamos una grafica de la moda (número de veces que se repite un valor) de la gradación cualitativa (escala del 0-3) descrita previamente y un gráfico de cajas.

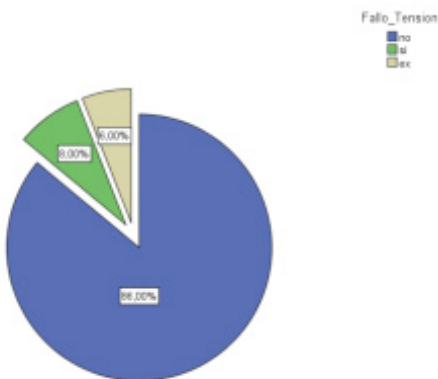
## 5.1. Resultados globales

Al realizar la primera revisión en el total de los 50 animales no encontramos complicaciones de ningún tipo en las suturas de piel y en el aspecto del abdomen en relación a la herida quirúrgica.

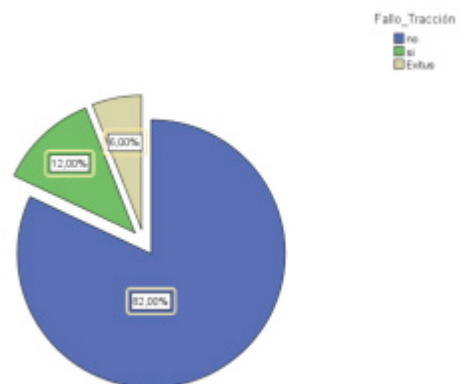
- 0 evisceraciones
- 0 extrusiones de la sutura
- 0 infecciones
- 3 exitus en periodo postanestésico (antes de las 6 horas tras el procedimiento quirúrgico):
  - 1 en el grupo C
  - 2 en el grupo E

En cuanto a los resultados de los estudios biomecánicos en la serie global, han sido:

- 86% sin Fallos de Tensión.
- 8% de fallos de Tensión.
- 82% sin Fallos de Tracción.
- 12% de Fallos de Tracción.
- 6% de mortalidad



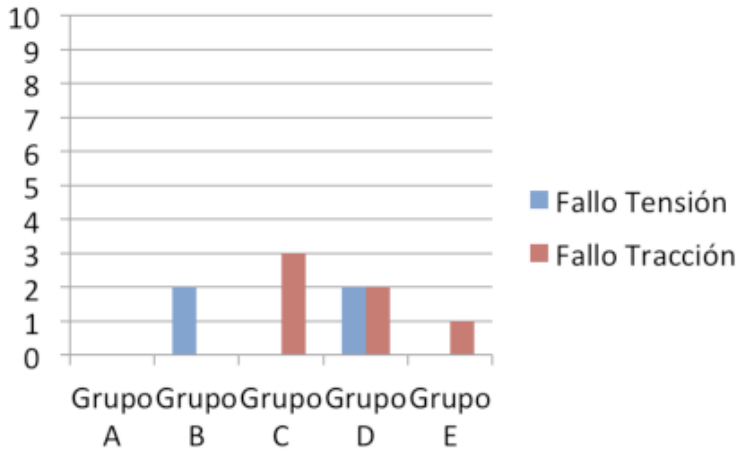
**Figura 44.** Gráfico fallo tensión global



**Figura 45.** Gráfico fallo tracción global







**Figura 46.** Resumen fallos de todos los grupos

Como podemos observar en la figura 46 hay pocos resultados negativos en los test, destacando el grupo C (barbas unidireccionales sin ojal) que es en el que más casos de fallos de tracción existen. En el grupo D (barba bidireccional completa) se presentaron más test con fallos (2 fallos en tracción y 2 en tensión) aunque coinciden en 2 animales del grupo. El grupo de sutura barbada con mejores resultados y solo un fallo de tracción es el grupo E (con ojal).

## 5.2. Análisis descriptivo por grupo de estudio

### 5.2.1. GRUPO A (control, cierre laparotómico con sutura convencional)

#### 5.2.1.1. Test biomecánicos

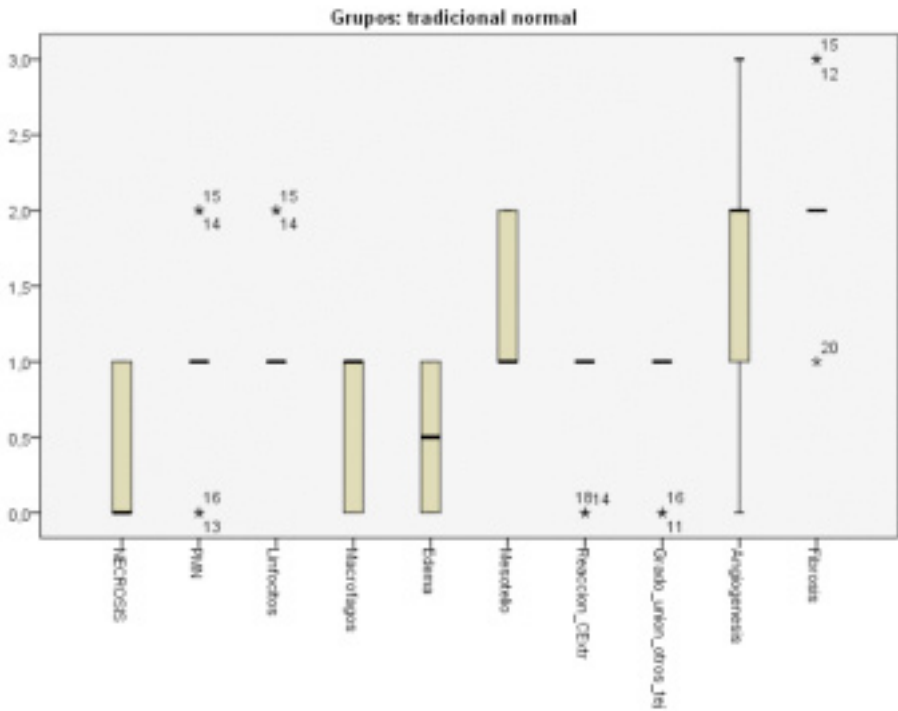
- El grupo A es el grupo control, no presentó alteraciones.
- No existieron fallos de tracción ni de tensión en el grupo A.

#### 5.2.1.2. Análisis histológico

**Tabla 7.** Análisis descriptivo valores microscopía grupo A

	N		Media	Moda	Desv. tp.	Mínimo	Máximo	Percentiles		
	Válidos	Perdidos						25	50	75
NECROSIS	10	0	,3000	,00	,48305	,00	1,00	,0000	,0000	1,0000
PMN	10	0	1,0000	1,00	,66667	,00	2,00	,7500	1,0000	1,2500
Linfocitos	10	0	1,2000	1,00	,42164	1,00	2,00	1,0000	1,0000	1,2500
Macrófagos	10	0	,6000	1,00	,51640	,00	1,00	,0000	1,0000	1,0000
Edema	10	0	,6000	,00	,52705	,00	1,00	,0000	,5000	1,0000
Mesotelio	10	0	1,4000	1,00	,51640	1,00	2,00	1,0000	1,0000	2,0000
Reacción_CExtr	10	0	<b>,8000</b>	1,00	,42164	,00	1,00	,7500	1,0000	1,0000
Grado_unión_otros_tej	10	0	,6000	1,00	,42164	,00	1,00	,7500	1,0000	1,0000
Angiogénesis	10	0	<b>1,7000</b>	2,00	,82327	,00	3,00	1,0000	2,0000	2,0000
Fibrosis	10	0	2,1000	2,00	,56765	1,00	3,00	2,0000	2,0000	2,2500

Los parámetros analizados (necrosis, PMN, linfocitos, macrófagos, mesotelio, fibrosis, edema y angiogénesis) están en límites dentro de la normalidad con una representación adecuada. El infiltrado de células inflamatorias no es llamativo, sólo está presente, como en cualquier proceso de cicatrización del organismo. (tabla 7 y figura 47)

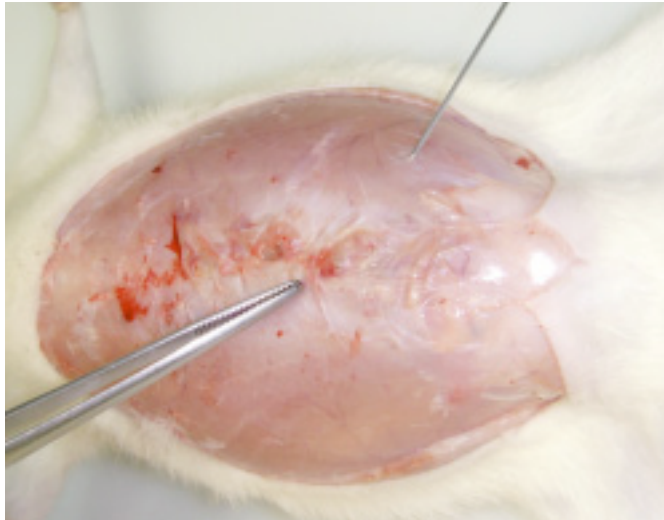


**Figura 47.** Representación gráfica de los resultados microscópicos del grupo A

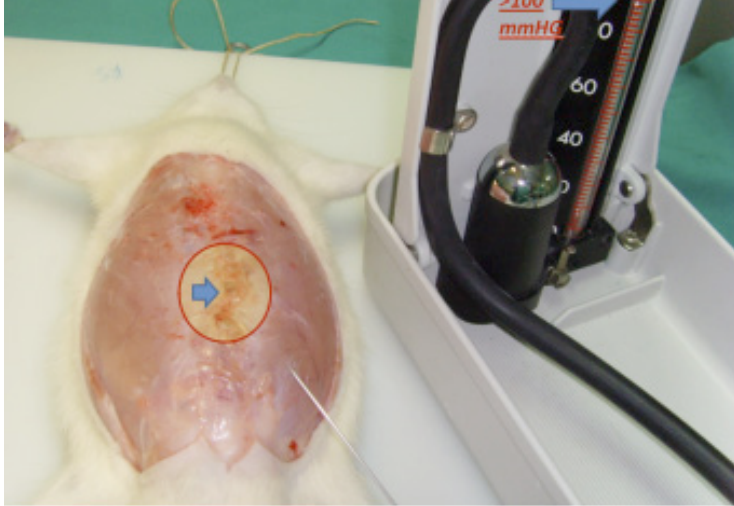
## 5.2.2. GRUPO B (barbas bidireccional sin barbas centrales)

### 5.2.2.1. Test biomecánicos

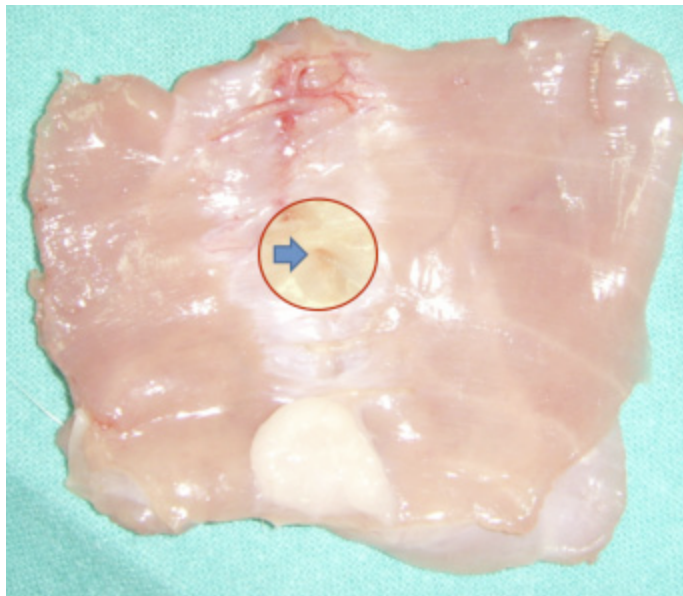
- 2 fallos en el test de tensión (2/10) (figura 48, 49 y 50)
- 0 fallos en test de tracción.



**Figura 48.** Fallo en test de tensión en grupo B



**Figura 49.** Fallo en test de tensión en grupo B



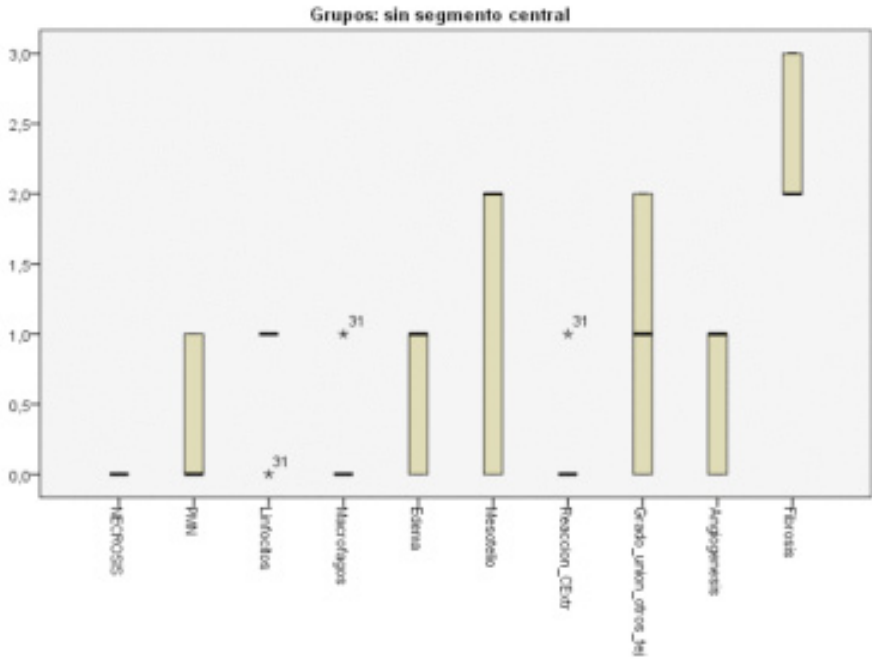
**Figura 50.** Fallo en test de tensión en grupo B

## 5.2.2.1. Análisis histológico

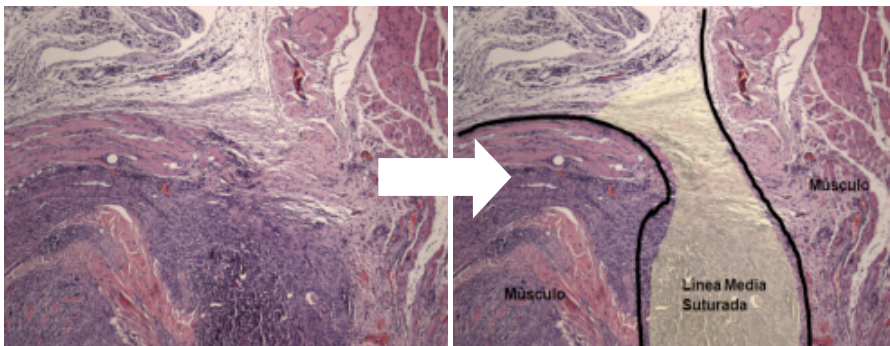
**Tabla 8.** Análisis descriptivo valores microscopía grupo B

	N		Media	Moda	Desv. Op.	Mínimo	Máximo	Percentiles		
	Válidos	Perdidos						25	50	75
NECROSIS	10	0	,0000	,00	,00000	,00	,00	,0000	,0000	,0000
PMN	10	0	,3000	,00	,48305	,00	1,00	,0000	,0000	1,0000
Linfocitos	10	0	,9000	1,00	,31623	,00	1,00	1,0000	1,0000	1,0000
Macrófagos	10	0	,1000	,00	,31623	,00	1,00	,0000	,0000	,0000
Edema	10	0	,8000	1,00	,51640	,00	1,00	,0000	1,0000	1,0000
Mesotelio	10	0	1,2000	2,00	1,03280	,00	2,00	,0000	2,0000	2,0000
Reaccion_CExtr	10	0	<b>,1000</b>	,00	,31623	,00	1,00	,0000	,0000	,0000
Grado_unión_otroa_tej	10	0	1,0000	1,00	,81650	,00	2,00	,0000	1,0000	2,0000
Angiogénesis	10	0	<b>,6000</b>	1,00	,51640	,00	1,00	,0000	1,0000	1,0000
Fibrosis	10	0	2,3000	2,00	,48305	2,00	3,00	2,0000	2,0000	3,0000

El componente inflamatorio en este grupo es más alto que en grupo control. El grado de unión, angiogénesis y fibrosis es óptimo. No hay valores excesivos o que destaquen claramente sobre otro grupo. (tabla 8, figuras 51 y 52).



**Figura 51.** Representación gráfica de los resultados microscópicos del grupo B.



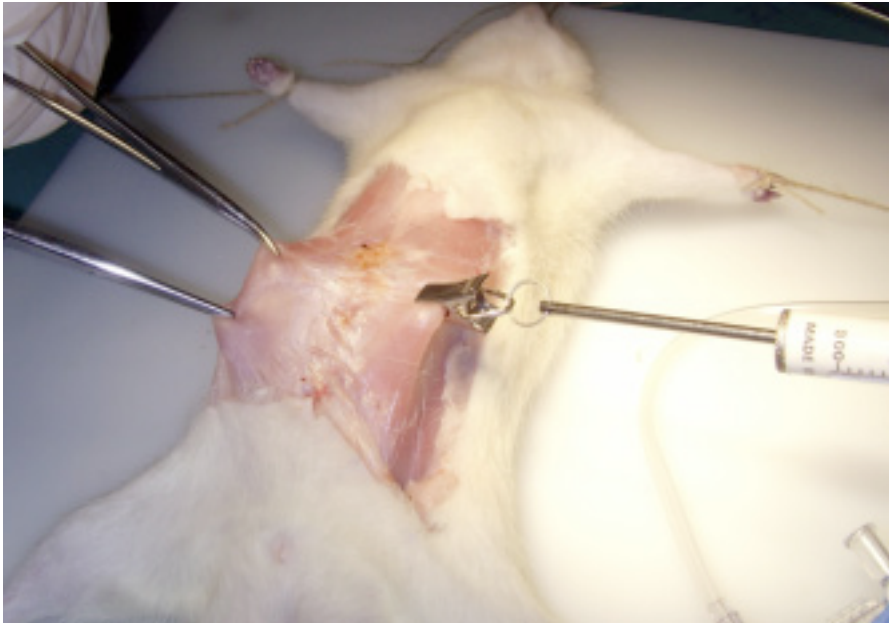
**Figura 52.** Microscopía grupo B.



### 5.2.3. GRUPO C (barbas unidireccional)

#### 5.2.3.1. Test biomecánicos

- 3 fallos en el test de tracción (3/9) (figura 53 y 54)
- 0 fallos en test de tensión



**Figura 53.** Fallo en test de tracción en grupo C

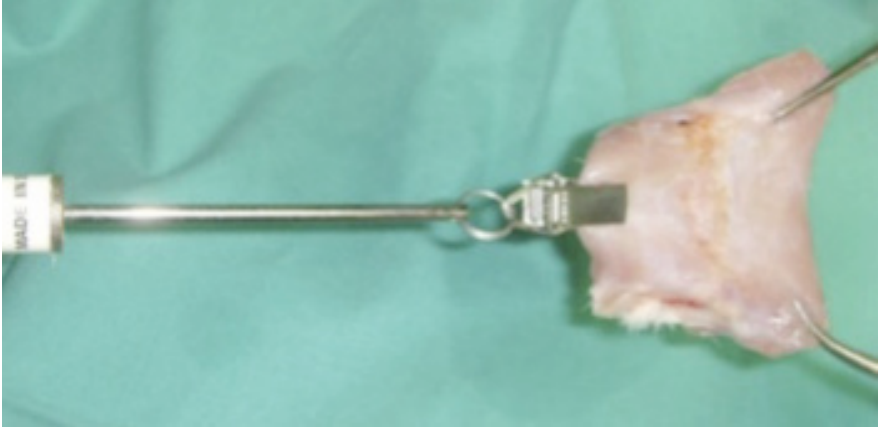


Figura 54. Fallo en test de tracción en grupo C

### 5.2.3.1. Análisis histológico

Tabla 9. Análisis descriptivo valores microscopía grupo C

	N		Media	Moda	Dev. Sp.	Mínimo	Máximo	Percentiles		
	Válidos	Perdidos						25	50	75
NECROSIS	8	2	,8750	,00*	,83452	,00	2,00	,0000	1,0000	1,7500
PMN	8	2	1,3750	2,00	1,18773	,00	3,00	,0000	2,0000	2,0000
Linfocitos	8	2	1,3750	2,00	,74402	,00	2,00	1,0000	1,5000	2,0000
Macrofagos	8	2	,7500	1,00	,46291	,00	1,00	,2500	1,0000	1,0000
Edema	8	2	,8750	1,00	,64087	,00	2,00	,2500	1,0000	1,0000
Mesotelio	8	2	1,1250	1,00*	,83452	,00	2,00	,2500	1,0000	2,0000
Reaccion_CExtr	8	2	,6250	1,00	,51755	,00	1,00	,0000	1,0000	1,0000
Grado_union_citox_tej	8	2	1,0000	1,00	,53452	,00	2,00	1,0000	1,0000	1,0000
Angiogénesis	8	2	<b>1,8750</b>	2,00*	1,24842	,00	3,00	,5000	2,0000	3,0000
Fibrosis	8	2	2,3750	2,00	,51755	2,00	3,00	2,0000	2,0000	3,0000

Presenta un alto contenido en células inflamatorias, sobre todo PMN y linfocitos (moda = 2). Llama también la atención un mayor grado de angiogénesis y fibrosis. (tabla 9, figuras 55 y 56)

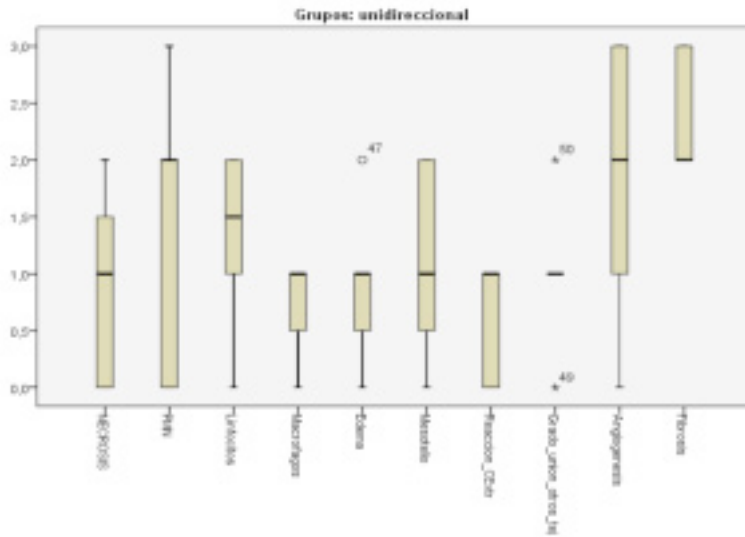


Figura 55. Representación gráfica de los resultados microscópicos del grupo C

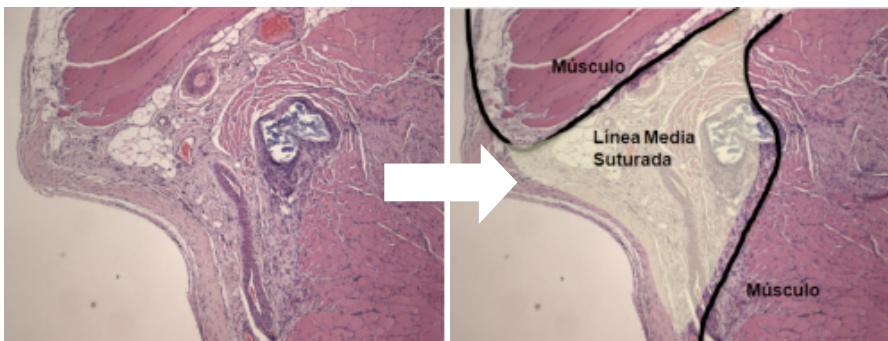
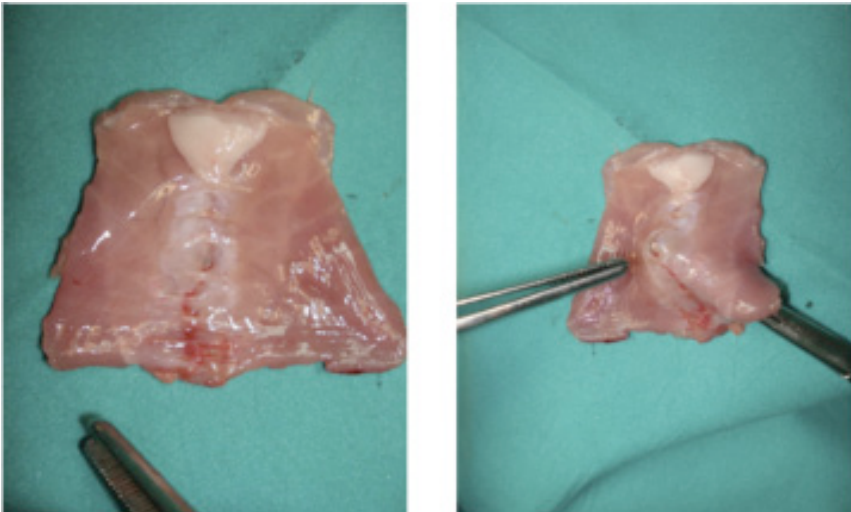


Figura 56. Microscopía grupo D.

## 5.2.4. GRUPO D (barbas bidireccional completa)

### 5.2.4.1. Test biomecánicos

- 2 fallos a la tracción (2/10) (figura 57)
- 2 fallos a la tensión (2/10)



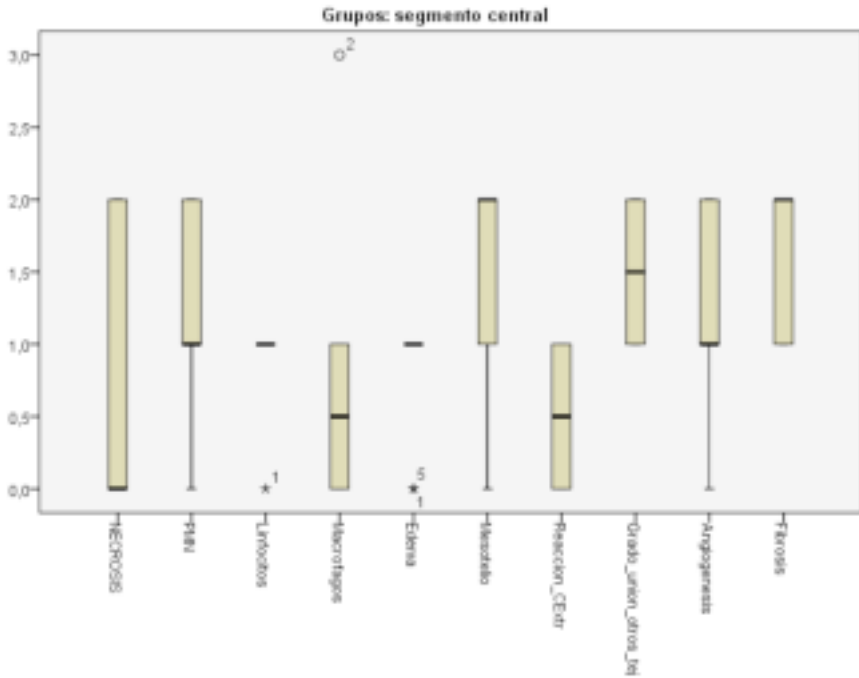
**Figura 57.** Fallo en grupo D

## 5.2.4.2. Análisis histológico

Tabla 10. Análisis descriptivo valores microscopía grupo D

	N		Medio	Moda	Desv. tp.	Mínimo	Máximo	Percentiles		
	Válidos	Percidos						25	50	75
NECROSIS	10	0	,7000	,00	,94868	,00	2,00	,0000	,5000	2,0000
PMN	10	0	1,1000	1,00	,73786	,00	2,00	,7500	1,0000	2,0000
Linfocitos	10	0	,5000	1,00	,31623	,00	1,00	1,0000	1,0000	1,0000
Macrófagos	10	0	,7000	,00	,94868	,00	3,00	,0000	,5000	1,0000
Edema	10	0	,8000	1,00	,42164	,00	1,00	,7500	1,0000	1,0000
Mesotelio	10	0	1,6000	2,00	,89821	,00	2,00	1,0000	2,0000	2,0000
Reaccion_CExtr	10	0	<b>,5000</b>	,00*	,52705	,00	1,00	,0000	,5000	1,0000
Grado_unión_otros_tej	10	0	1,5000	1,00*	,52705	1,00	2,00	1,0000	1,5000	2,0000
Angiogénesis	10	0	<b>1,2000</b>	1,00	,83246	,00	2,00	1,0000	1,0000	2,0000
Fibrosis	10	0	1,7000	2,00	,48305	1,00	2,00	1,0000	2,0000	2,0000

El componente inflamatorio (linfocitos, PMN, necrosis, macrófagos, edema y reacción a cuerpo extraño) es medio en este grupo. El grado de angiogénesis y fibrosis es óptimo. Parece existir mayor edema y mesotelización que en otros grupos, pero sin ser excesivo. Se observa cierta similitud con el grupo B, que usa también barbas bidireccionales. (tabla 10 y figura 58)



**Figura 58.** Representación gráfica de los resultados microscópicos del grupo D

## 5.2.5. GRUPO E (sutura barbada con ojal)

### 5.2.5.1. Test biomecánicos

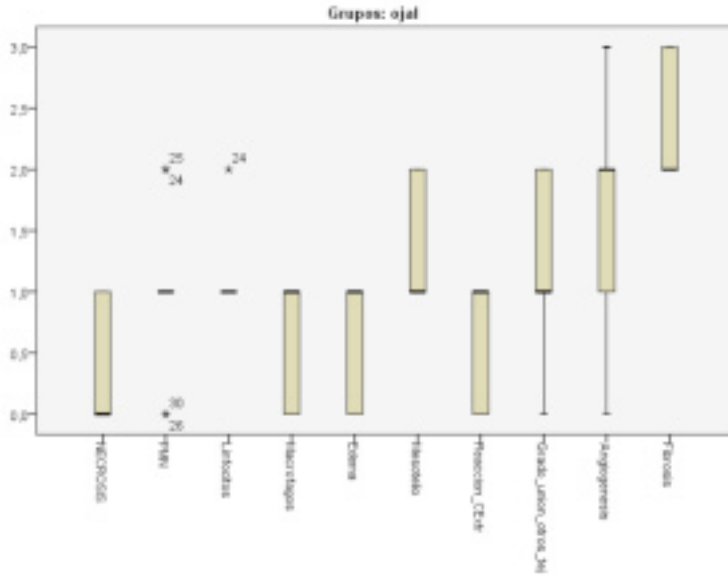
- 1 fallo en el test de tracción (1/8) (figuras 59 y 60)
- 0 fallos en test de tensión

## 5.2.5.2. Análisis histológico

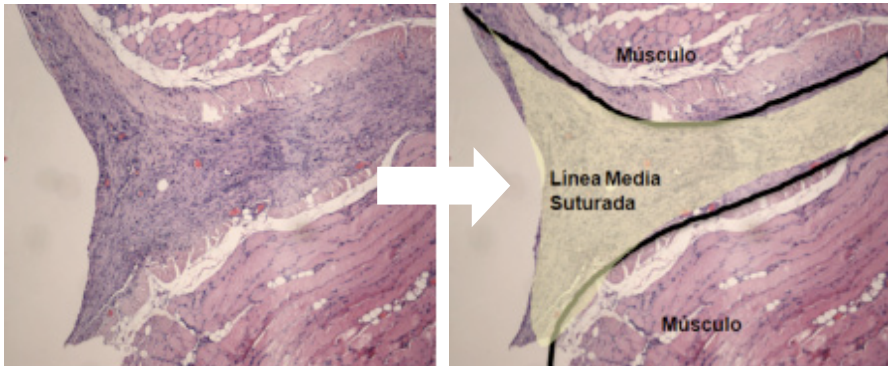
**Tabla 11.** Análisis descriptivo valores microscopía grupo E

	N		Medio	Moda	Desv. Sp.	Mínimo	Máximo	Percentiles		
	Válidas	Perdidas						25	50	75
NECROSIS	9	1	,3333	,00	,50000	,00	1,00	,5000	,5000	1,0000
PMN	9	1	1,0000	1,00	,70711	,00	2,00	,5000	1,5000	1,5000
Linfocitos	9	1	1,1111	1,00	,33333	1,00	2,00	1,5000	1,5000	1,0000
Macrofagos	9	1	,5556	1,00	,52705	,00	1,00	,5000	1,5000	1,0000
Edema	9	1	,6667	1,00	,50000	,00	1,00	,5000	1,5000	1,0000
Mesotelio	9	1	1,4444	1,00	,52705	1,00	2,00	1,5000	1,5000	2,0000
Reaccion_CExtr	9	1	<b>,6667</b>	1,00	,50000	,00	1,00	,5000	1,5000	1,0000
Grado_union_otros_3e)	9	1	1,3333	1,00*	,70711	,00	2,00	1,5000	1,5000	2,0000
Angiogénesis	9	1	<b>1,6667</b>	2,00	1,11803	,00	3,00	,5000	2,5000	2,5000
Fibrosis	9	1	2,3333	2,00	,50000	2,00	3,00	2,5000	2,5000	3,0000

Presenta una celularidad inflamatoria ligeramente aumentada, con niveles de necrosis bajos. La formación de mesotelio es correcta (igual que las otras suturas). La angiogénesis y la fibrosis de la línea de sutura con este hilo es mayor que en los otros grupos. Presenta unos valores similares en cuanto a modas (valores más repetidos) con el grupo control. (tabla 11, figuras 61 y 62)



**Figura 61.** Representación gráfica de los resultados microscópicos del grupo E



**Figura 62.** Línea de sutura de línea media en grupo E.



## 5.3. Estudio comparativo

Reflejamos a continuación el análisis comparativo entre grupos una vez que eliminamos los éxitos.

Al realizar un contraste de hipótesis entre grupos y compararlos con el grupo control (grupo A, sutura convencional) analizamos mediante el test exacto de Fisher para ver la significación estadística en las tablas de contingencia en muestras pequeñas y obtenemos los siguientes resultados.

### 5.3.1. Estudio comparativo en test de tensión

#### 5.3.1.1. Grupo A (convencional) vs Grupo B (bidireccional con zona central sin barbas)

**Tabla 12** Estudio comparativo en test de tensión grupo A y B

		Grupos		Total	P	
		A	B			
<b>Fallo Tensión</b>	no	Recuento	10	8	18	0.474
		% dentro de Grupos	100,0%	80,0%	90,0%	
	si	Recuento	0	2	2	
		% dentro de Grupos	,0%	20,0%	10,0%	
<b>Total</b>	Recuento	10	10	20		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

En el grupo B encontramos un 20% de fallos en el test de tensión frente a un 0% en el grupo A, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 12).

## 5.3.1.2. Grupo A (convencional) vs Grupo C (unidireccional barbada sin ojal)

**Tabla 13** Estudio comparativo en test de tensión grupo A y C

		Grupos		Total	P
		A	C		
<b>Fallo Tensión</b>	no	Recuento	10	8	18
		% dentro de Grupos	100,0%	80,0%	90,0%
	si	Recuento	0	0	0
		% dentro de Grupos	,0%	0%	0%
<b>Total</b>	Recuento	10	8	18	
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%	

En el grupo C no encontramos fallos en el test de tensión al igual que en el grupo A (tabla 13).

## 5.3.1.3. Grupo A (convencional) vs Grupo D (bidireccional con zona central con barbas)

**Tabla 14** Estudio comparativo en test de tensión grupo A y D

		Grupos		Total	P
		A	D		
<b>Fallo Tensión</b>	no	Recuento	10	8	18
		% dentro de Grupos	100,0%	80,0%	90,0%
	si	Recuento	0	2	2
		% dentro de Grupos	,0%	20,0%	10,0%
<b>Total</b>	Recuento	10	10	20	
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%	

En el grupo D encontramos un 20% de fallos en el test de tensión frente a un 0% en el grupo A, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 14).

## 5.3.1.4. Grupo A (convencional) vs Grupo E (unidireccional con ojal)

**Tabla 15** Estudio comparativo en test de tensión grupo A y E

			Grupos		Total	P
			A	C		
<b>Fallo Tensión</b>	no	Recuento	10	9	19	1
		% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%	
	si	Recuento	0	0	0	
		% dentro de Grupos	,0%	,0%	10,0%	
<b>Total</b>	Recuento	10	9	19		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

En el grupo E no encontramos fallos en el test de tensión al igual que en el grupo A (tabla 15).

## 5.3.1.5. Grupo D (bidireccional con zona central con barbas) y Grupo E (unidireccional con ojal)

**Tabla 16** Estudio comparativo en test de tensión grupo D y E

			Grupos		Total	P
			D	E		
<b>Fallo Tensión</b>	no	Recuento	8	9	17	0.474
		% dentro de Grupos	80,0%	100,0%	89,5%	
	si	Recuento	2	0	2	
		% dentro de Grupos	20,0%	,0%	10,5%	
<b>Total</b>	Recuento	10	9	19		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

En el grupo D encontramos un 20% de fallos en el test de tensión frente a un 0% en el grupo E, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 16).

### 5.3.1.6. Grupo D (bidireccional con zona central con barbas) y grupo B (Barbada bidireccional sin segmento central)

**Tabla 17** Estudio comparativo en test de tensión grupo D y B

		Grupos			Total	P
		D	B			
<b>Fallo Tensión</b>	no	Recuento	8	8	16	0.709
		% dentro de Grupos	80,0%	80,0%	80,0%	
	si	Recuento	2	2	4	
		% dentro de Grupos	20,0%	20,0%	20,0%	
<b>Total</b>	Recuento	10	10	20		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

Tanto en el grupo B (2/10) como en el grupo D (2/10) encontramos un 20% de fallos en el test de tensión (tabla 17)

### 5.3.1.7. Grupo D (bidireccional con zona central con barbas) y grupo C (barbada unidireccional sin ojal)

**Tabla 18** Estudio comparativo en test de tensión grupo D y C

		Grupos		Total	P	
		D	C			
<b>Fallo Tensión</b>	no	Recuento	8	8	16	0.294
		% dentro de Grupos	80,0%	100,0%	88,9%	
	si	Recuento	2	0	2	
		% dentro de Grupos	20,0%	0%	11,1%	
<b>Total</b>	Recuento	10	8	18		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

En el grupo D encontramos un 20% de fallos en el test de tensión frente a un 0% en el grupo C, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 18).

### 5.3.1.8. Grupo E (barbada con Ojal) y grupo B (Barbada bidireccional sin segmento central)

**Tabla 19** Estudio comparativo en test de tensión grupo E y B

			Grupos		Total	P
			E	B		
<b>Fallo Tensión</b>	no	Recuento	9	8	17	0.263
		% dentro de Grupos	100,0%	80,0%	89,5%	
	si	Recuento	0	2	2	
		% dentro de Grupos	,0%	20,0%	10,5%	
<b>Total</b>	Recuento	9	10	19		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

En el grupo B encontramos un 20% de fallos en el test de tensión frente a un 0% en el grupo E, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 19).

### 5.3.1.9. Grupo E (Barbada con Ojal) y grupo C (barbada unidireccional sin ojal)

**Tabla 20** Estudio comparativo en test de tensión grupo E y C

			Grupos		Total	P
			E	C		
<b>Fallo Tensión</b>	no	Recuento	9	8	17	1
		% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100%	
	si	Recuento	0	0	0	
		% dentro de Grupos	,0%	,0%	,0%	
<b>Total</b>	Recuento	9	8	17		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

No encontramos fallos en los test de tensión en los grupos E y C (tabla 20).

### 5.3.1.10. Grupo B (Barbada bidireccional sin segmento central) y grupo C (barbada unidireccional sin ojal)

**Tabla 21** Estudio comparativo en test de tensión grupo B y C.

		Grupos		Total	P	
		B	C			
<b>Fallo Tensión</b>	no	Recuento	8	8	16	
		% dentro de Grupos	80,0%	100,0%	88,9%	
	si	Recuento	2	0	2	0,294
		% dentro de Grupos	20,0%	,0%	11,1%	
<b>Total</b>	Recuento	10	8	18		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

En el grupo B encontramos un 20% de fallos en el test de tensión frente a un 0% en el grupo C, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 21).

### 5.3.2. Estudio comparativo en test de tracción

#### 5.3.2.1. Grupo A (convencional) vs Grupo B (bidireccional con zona central sin barbas).

**Tabla 22** Estudio comparativo en test de tracción grupo A y B

			Grupos		Total	P
			A	B		
<b>Fallo Tracción</b>	no	Recuento	10	10	20	1
		% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%	
	si	Recuento	0	0	0	
		% dentro de Grupos	,0%	,0%	,0%	
<b>Total</b>	Recuento	10	10	10		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

Los grupos A y B son comparables en cuanto a test de tracción, ya que no hubo fallos en ninguno de los grupos (tabla 22).

#### 5.3.2.2. Grupo A (convencional) vs Grupo C (unidireccional barbada sin ojal)

**Tabla 23** Estudio comparativo en test de tracción grupo A y C

			Grupos		Total	P
			A	C		
<b>Fallo Tracción</b>	no	Recuento	10	5	15	0,069
		% dentro de Grupos	100,0%	62,5%	83,3%	
	si	Recuento	0	3	3	
		% dentro de Grupos	,0%	37,5%	16,7%	
<b>Total</b>	Recuento	10	8	18		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

En el grupo C encontramos un 37,5 de fallos en el test de tracción frente a un 0% en el grupo A; pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 23).

### 5.3.2.3. Grupo A (convencional) vs Grupo D (bidireccional con zona central con barbas)

**Tabla 24** Estudio comparativo en test de tracción grupo A y D

		Grupos		Total	P	
		A	D			
<b>Fallo Tracción</b>	no	Recuento	10	8	18	0,474
		% dentro de Grupos	100,0%	80,0%	90,0%	
	si	Recuento	0	2	2	
		% dentro de Grupos	,0%	20,0%	10,0%	
<b>Total</b>	Recuento	10	10	20		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

En el grupo D encontramos un 20% de fallos en el test de tracción frente a un 0% en el grupo A, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 24).

### 5.3.2.4. Grupo A (convencional) vs Grupo E (unidireccional con ojal)

**Tabla 25** Estudio comparativo en test de tracción grupo A y E

		Grupos		Total	P	
		A	E			
<b>Fallo Tracción</b>	no	Recuento	10	8	18	0,474
		% dentro de Grupos	100,0%	88,9%	100,0%	
	si	Recuento	0	1	1	
		% dentro de Grupos	,0%	11,1%	5,3%	
<b>Total</b>	Recuento	10	9	19		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

En el grupo E encontramos un 11,1% de fallos en el test de tracción frente a un 0% en el grupo A, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 25).



### 5.3.2.5. Grupo D (bidireccional con zona central con barbas) y Grupo E (unidireccional con ojal)

**Tabla 26** Estudio comparativo en test de tracción grupo D y E

			Grupos		Total	P
			D	E		
<b>Fallo Tracción</b>	no	Recuento	8	8	16	0,999
		% dentro de Grupos	80,0%	88,9%	84,2%	
	si	Recuento	2	1	3	
		% dentro de Grupos	20,0%	11,1%	15,8%	
<b>Total</b>	Recuento	10	9	19		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

En el grupo D encontramos un 20% de fallos en el test de tracción frente a un 11,1% en el grupo E, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 26).

### 5.3.2.6. Grupo D (bidireccional con zona central con barbas) y grupo B (Barbada bidireccional sin segmento central)

**Tabla 27** Estudio comparativo en test de tracción grupo D y B

			Grupos		Total	P
			D	B		
<b>Fallo Tracción</b>	no	Recuento	8	10	18	0,474
		% dentro de Grupos	80,0%	100,0%	90,0%	
	si	Recuento	2	0	2	
		% dentro de Grupos	20,0%	,0%	10,0%	
<b>Total</b>	Recuento	10	10	20		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

En el grupo D encontramos un 20% de fallos en el test de tracción frente a un 0% en el grupo B, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 27).

### 5.3.2.7. Grupo D (bidireccional con zona central con barbas) y grupo C (barbada unidireccional sin ojal)

**Tabla 28** Estudio comparativo en test de tracción grupo D y C

			Grupos		Total	P
			D	C		
<b>Fallo Tracción</b>	no	Recuento	8	5	13	0,608
		% dentro de Grupos	80,0%	62,5%	72,2%	
	si	Recuento	2	3	5	
		% dentro de Grupos	20,0%	37,5%	27,8%	
<b>Total</b>	Recuento	10	8	18		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

En el grupo D encontramos un 20% de fallos en el test de tracción frente a un 37,5% en el grupo C, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 28).

### 5.3.2.8. Grupo E (barbada con Ojal) y grupo B (Barbada bidireccional sin segmento central)

**Tabla 29** Estudio comparativo en test de tracción grupo E y B

			Grupos		Total	P
			E	B		
<b>Fallo Tracción</b>	no	Recuento	8	10	18	0,474
		% dentro de Grupos	88,9%	100,0%	94,7%	
	si	Recuento	1	0	1	
		% dentro de Grupos	11,1%	,0%	5,3%	
<b>Total</b>	Recuento	9	10	19		
	% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%		

En el grupo E encontramos un 11,1% de fallos en el test de tracción frente a un 0% en el grupo B, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 29).

### 5.3.2.9. Grupo E (Barbada con Ojal) y grupo C (barbada unidireccional sin ojal)

**Tabla 30** Estudio comparativo en test de tracción grupo E y C

			Grupos		Total	P
			E	C		
<b>Fallo Tracción</b>	no	Recuento	8	5	13	0,294
		% dentro de Grupos	88,9%	62,5%	76,5%	
	si	Recuento	1	3	4	
		% dentro de Grupos	11,1%	37,5%	23,5%	
<b>Total</b>		Recuento	9	8	17	
		% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%	

En el grupo E encontramos un 11,1% de fallos en el test de tracción frente a un 37,5% en el grupo C, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 30).

### 5.3.2.10. Grupo B (Barbada bidireccional sin segmento central) y grupo C (barbada unidireccional sin ojal)

**Tabla 31** Estudio comparativo en test de tracción grupo B y C

			Grupos		Total	P
			B	C		
<b>Fallo Tracción</b>	no	Recuento	10	5	15	0,069
		% dentro de Grupos	100,0%	62,5%	83,3%	
	si	Recuento	0	3	3	
		% dentro de Grupos	,0%	37,5%	16,7%	
<b>Total</b>		Recuento	10	8	18	
		% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%	

En el grupo C encontramos un 37,5% de fallos en el test de tracción frente a un 0% en el grupo B, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 31).

*A modo resumen, las suturas barbadas tuvieron un comportamiento similar prácticamente en su totalidad, a la sutura convencional, frente los test de tensión y tracción.*

### **Estudio comparativo en la anatomía patológica**

Cuando comparamos los parámetros microscópicos (tabla 32) aplicamos el test no paramétrico de Kruskal-Wallis. Éste a diferencia de su análogo paramétrico, prueba Anova, no contrasta que las medias sean iguales, sino simplemente si los valores obtenidos en los diferentes grupos, son similares o no (tabla 33).

**Tabla 32.** Resultados de todos los grupos AP

	<b>Grupos</b>	<b>N</b>	<b>Rango promedio</b>
<b>Necrosis</b>	Segmento central	10	27,15
	Tradicional normal	10	22,80
	Ojal	9	23,50
	Sin segmento central	10	16,50
	Unidireccional	8	31,50
	<b>Total</b>	<b>47</b>	
<b>PMN</b>	Segmento central	10	27,00
	Tradicional normal	10	25,50
	Ojal	9	25,44
	Sin segmento central	10	13,75
	Unidireccional	8	29,56
	<b>Total</b>	<b>47</b>	
<b>Linfocitos</b>	Segmento central	10	20,00
	Tradicional normal	10	26,40
	Ojal	9	24,44
	Sin segmento central	10	20,00
	Unidireccional	8	30,50
	<b>Total</b>	<b>47</b>	
<b>Macrófagos</b>	Segmento central	10	25,15
	Tradicional normal	10	26,30
	Ojal	9	25,28
	Sin segmento central	10	14,80
	Unidireccional	8	29,75
	<b>Total</b>	<b>47</b>	

	<b>Grupos</b>	<b>N</b>	<b>Rango promedio</b>
<b>Edema</b>	Segmento central	10	26,90
	Tradicional normal	10	20,00
	Ojal	9	23,83
	Sin segmento central	10	22,30
	Unidireccional	8	27,69
	<b>Total</b>	<b>47</b>	
<b>Mesotelio</b>	Segmento central	10	28,35
	Tradicional normal	10	23,50
	Ojal	9	24,39
	Sin segmento central	10	22,90
	Unidireccional	8	20,13
	<b>Total</b>	<b>47</b>	
<b>Reacción C.Extraño</b>	Segmento central	10	23,25
	Tradicional normal	10	30,30
	Ojal	9	27,17
	Sin segmento central	10	13,85
	Unidireccional	8	26,19
	<b>Total</b>	<b>47</b>	
<b>Grado unión</b>	Segmento central	10	31,00
	Tradicional normal	10	17,60
	Ojal	9	28,00
	Sin segmento central	10	21,90
	Unidireccional	8	21,38
	<b>Total</b>	<b>47</b>	
<b>Angiogenesis</b>	Segmento central	10	21,40
	Tradicional normal	10	28,70
	Ojal	9	28,00
	Sin segmento central	10	13,00
	Unidireccional	8	30,63
	<b>Total</b>	<b>47</b>	
<b>Fibrosis</b>	Segmento central	10	15,10
	Tradicional normal	10	23,00
	Ojal	9	27,67
	Sin segmento central	10	26,95
	Unidireccional	8	28,56
	<b>Total</b>	<b>47</b>	

**Tabla 33.** Resultados test Kruskal- Wallis

	<b>Chi-cuadrado</b>	<b>Sig. asintót.</b>
<b>NECROSIS</b>	8,907	,063
<b>PMN</b>	8,620	,071
<b>Linfocitos</b>	7,500	,112
<b>Macrofagos</b>	8,290	,082
<b>Edema</b>	2,900	,575
<b>Mesotelio</b>	2,099	,718
<b>Reaccion C.Extraño</b>	11,113	,025
<b>Grado unión</b>	7,731	,102
<b>Angiogénesis</b>	11,567	,021
<b>Fibrosis</b>	9,324	,053

Existen dos parámetros (señalados en rojo en la tabla 33) que destacan y tiene diferencias entre los grupos: son la reacción a cuerpo extraño y la angiogénesis. Para poder determinar en qué se basan estas diferencias, realizamos un contraste de hipótesis de estos dos factores en concreto entre los diferentes grupos, ya que los demás factores son bastante homogéneos en su distribución.

### 5.3.2.11. Grupo A (convencional) vs Grupo B (bidireccional con zona central sin barbas)

**Tabla 34** Estudio comparativo (reacción a cuerpo extraño y angiogénesis) grupos A y B

<b>Grupos</b>	<b>N</b>	<b>Rango promedio</b>	<b>Suma de rangos</b>	<b>P</b>
<b>Reacción C. Extraño</b>	A	10	14,00	0,002
	B	10	7,00	
	<b>Total</b>	<b>20</b>		
<b>Angiogénesis</b>	A	10	14,10	0,004
	B	10	6,90	
	<b>Total</b>	<b>20</b>		

Existe mayor reacción a cuerpo extraño y mayor angiogénesis en el grupo A que en el grupo B, siendo estos resultados estadísticamente significativos (tabla 34).

## 5.3.2.12. Grupo A (convencional) vs Grupo C (unidireccional barbada sin ojal)

**Tabla 35.** Estudio comparativo (reacción a cuerpo extraño y angiogénesis) grupos A y C

Grupos		N	Rango promedio	Suma de rangos	P
<b>Reacción C. Extraño</b>	A	10	10,20	102,00	0,423
	B	8	8,63	69,00	
	<b>Total</b>	<b>18</b>			
<b>Angiogénesis</b>	A	10	8,75	87,50	0,473
	B	8	10,44	83,50	
	<b>Total</b>	<b>18</b>			

No existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a reacción a cuerpo extraño y angiogénesis entre el grupo A y el grupo C (tabla 35).

## 5.3.2.13. Grupo A (convencional) vs Grupo D (bidireccional con zona central con barbas)

**Tabla 36.** Estudio comparativo (reacción a cuerpo extraño y angiogénesis) grupos D y A

Grupos		N	Rango promedio	Suma de rangos	P
<b>Reacción C. Extraño</b>	D	10	9,00	90,00	0,170
	A	10	12,00	120,00	
	<b>Total</b>	<b>20</b>			
<b>Angiogénesis</b>	D	10	8,55	85,50	0,109
	A	10	12,45	124,50	
	<b>Total</b>				

Ambos parámetros son mayores en grupo A aunque sin alcanzar significación estadística (tabla 36).

## 5.3.2.14. Grupo A (convencional) vs Grupo E (unidireccional con ojal)

**Tabla 37. Estudio comparativo (reacción a cuerpo extraño y angiogénesis) grupos A y E****Tabla 37.** Estudio comparativo (reacción a cuerpo extraño y angiogénesis) grupos A y E

Grupos		N	Rango promedio	Suma de rangos	P
Reacción C. Extraño	A	10	10,60	106,00	0,521
	E	9	9,33	84,00	
	<b>Total</b>	<b>19</b>			
Angiogénesis	A	10	9,90	99,00	0,929
	E	9	10,11	91,00	
	<b>Total</b>	<b>19</b>			

La reacción a cuerpo extraño es mayor en grupo A que en grupo B, pero sin significación estadística. En cuanto a la angiogénesis, los valores en ambos grupos son semejantes (tabla 37).

## 5.3.2.15. Grupo D (bidireccional con zona central con barbas) y Grupo E (unidireccional con ojal)

**Tabla 38.** Estudio comparativo (reacción a cuerpo extraño y angiogénesis) grupos D y E

Grupos		N	Rango promedio	Suma de rangos	P
Reacción C. Extraño	D	10	9,25	92,50	0,475
	E	9	10,83	97,50	
	<b>Total</b>	<b>19</b>			
Angiogénesis	D	10	8,60	86,00	0,228
	E	9	11,56	104,00	
	<b>Total</b>	<b>19</b>			

Ambos parámetros se presentan más elevados en grupo E que en grupo D, pero estas diferencias no son estadísticamente significativas (tabla 38).



### 5.3.2.16. Grupo D (bidireccional con zona central con barbas) y grupo B (Barbada bidireccional sin segmento central)

**Tabla 39.** Estudio comparativo (reacción a cuerpo extraño y angiogénesis) grupos D y B

Grupos		N	Rango promedio	Suma de rangos	P
Reacción C. Extraño	D	10	12,50	125,00	0,057
	B	10	8,50	85,00	
	<b>Total</b>	<b>20</b>			
Angiogénesis	D	10	12,90	129,00	0,038
	B	10	8,10	81,00	
	<b>Total</b>	<b>20</b>			

Existen índices de reacción a cuerpo extraño y angiogénesis mayores en grupo D que en grupo B (tabla 39).

### 5.3.2.17. Grupo D (bidireccional con zona central con barbas) y grupo C (barbada unidireccional sin ojal)

**Tabla 40.** Estudio comparativo (reacción a cuerpo extraño y angiogénesis) grupos D y C

Grupos		N	Rango promedio	Suma de rangos	P
Reacción C. Extraño	D	10	10	9,00	0,606
	C	10	8	10,13	
	<b>Total</b>	<b>20</b>			
Angiogénesis	D	10	10	7,85	0,126
	C	10	8	11,56	
	<b>Total</b>	<b>20</b>			

Tanto angiogénesis como reacción a cuerpo extraño se presentan más elevados en el grupo C pero sin alcanzar significación estadística (tabla 40).

5.3.2.18. Grupo E (barbada con Ojal) y grupo B (Barbada bidireccional sin segmento central)

**Tabla 41. Estudio comparativo (reacción a cuerpo extraño y angiogénesis) grupos E y B**

**Tabla 41.** Estudio comparativo (reacción a cuerpo extraño y angiogénesis) grupos E y B

Grupos		N	Rango promedio	Suma de rangos	P
<b>Reacción C. Extraño</b>	E	9	12,83	115,50	0,013
	B	10	7,45	74,50	
	<b>Total</b>	<b>19</b>			
<b>Angiogénesis</b>	E	9	12,89	116,00	0,026
	B	10	7,40	74,00	
	<b>Total</b>	<b>19</b>			

Existe mayor angiogénesis y mayor reacción a cuerpo extraño en el grupo E, y esta diferencia es destacable, aunque no alcanza la significación estadística (tabla 41).

### 5.3.2.19. Grupo E (Barbada con Ojal) y grupo C (barbada unidireccional sin ojal)

**Tabla 42.** Estudio comparativo (reacción a cuerpo extraño y angiogénesis) grupos E y C

Grupos		N	Rango promedio	Suma de rangos	P
Reacción C. Extraño	E	9	9,17	82,50	0,862
	C	8	8,81	70,50	
	<b>Total</b>	<b>17</b>			
Angiogénesis	E	9	8,44	76,00	0,611
	C	8	9,63	77,00	
	<b>Total</b>	<b>17</b>			

No existen diferencias significativas entre ambos grupos (tabla 42).





### 5.3.2.20. Grupo B (Barbada bidireccional sin segmento central) y grupo C (barbada unidireccional sin ojal)

**Tabla 43.** Estudio comparativo (reacción a cuerpo extraño y angiogénesis) grupos B y C

Grupos		N	Rango promedio	Suma de rangos	P
Reacción C. Extraño	B	10	7,40	74,00	0,023
	C	8	12,13	97,00	
	<b>Total</b>	<b>18</b>			
Angiogénesis	B	10	7,10	71,00	0,026
	C	8	12,50	100,00	
	<b>Total</b>	<b>18</b>			

Tanto angiogénesis como reacción a cuerpo extraño presentan valores más elevados en grupo C que en grupo B, pero sin alcanzar significación estadística (tabla 43).

**Tabla 44.** Resumen contraste hipótesis reacción a cuerpo extraño y angiogénesis

Contraste de Hipótesis:	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C	GRUPO D	GRUPO E
	<b>Reacción a cuerpo extraño</b>				
GRUPO A		14.00 VS 7.00 <b>p= 0.002</b>	8.75 VS 10.44 <b>p= 0.423</b>	9.00 VS 12.00 <b>p= 0.170</b>	10.60 VS 9.33 <b>p= 0.521</b>
GRUPO B	14.10 VS 6.90 <b>p= 0.004</b>		7.40 VS 12.13 <b>p= 0.023</b>	12.90 VS 8.10 <b>p= 0.057</b>	12.83 VS 7.45 <b>p= 0.013</b>
GRUPO C	10.20 VS 8.63 <b>p= 0.473</b>	7.10 VS 12.50 <b>p= 0.026</b>		9.00 VS 10.13 <b>p= 0.606</b>	9.17 VS 8.81 <b>p= 0.862</b>
GRUPO D	8.55 VS 12.45 <b>p= 0.109</b>	12.90 VS 8.10 <b>p= 0.038</b>	7.85 VS 11.56 <b>p=0.126</b>		9.25 VS 10.83 <b>p= 0.475</b>
GRUPO E	9.90 VS 10.11 <b>p= 0.929</b>	12.89 VS 7.40 <b>p= 0.026</b>	8.44 VS 9.63 <b>p=0.611</b>	8.60 VS 11.56 <b>p=0.228</b>	
	<b>Angiogénesis</b>				

Como se describe en la tabla 44 hay varias comparaciones que identifican algunas diferencias en estos parámetros entre distintos grupos, pero sin alcanzar significación estadística: existe mayor angiogénesis en el grupo E (barbada con ojal), D (barbada bidireccional completa) y C (barbada unidireccional sin ojal) que en grupo B (bidireccional sin segmento barbado central).

Sin embargo, existe significación estadística cuando comparamos la reacción a cuerpo extraño y al angiogénesis entre el grupo B (bidireccional sin segmento barbado central) y el grupo A (sutura convencional, grupo control): con menor tasa de reacción a cuerpo extraño y angiogénesis que el grupo control.

#### 5.3.4. Análisis de los test en función de la dirección de la sutura

Se han agrupado los resultados también según la bidireccionalidad de la barba:

- Suturas con barbas bidireccionales:
  - 4 fallos de tensión y 2 fallos de tracción, en 20 ratas
    - Con zona central sin barbas (B): 2 fallos tensión
    - Con zona central con barbas (D): 2 fallos tensión y 2 fallos tracción
- Suturas con barbas unidireccionales:
  - 4 fallos de tracción y ningún fallo de tensión, en 17 ratas.
    - Sin Ojal (C): 3 fallos de tracción
    - Con Ojal (E): 1 fallos de tracción

Como podemos observar, existe un mayor fallo de tensión en las suturas bidireccionales (asociado a fallo de tracción en mayor grado cuando la zona central no tiene barbas).

Existe un mayor fallo de tracción en suturas unidireccionales, que es mucho menor en suturas sin Ojal.

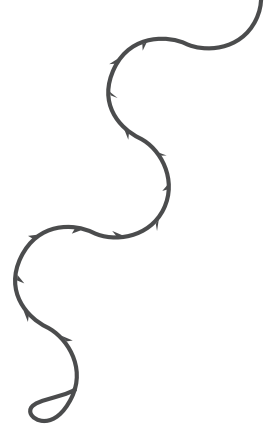


# VI. DISCUSIÓN





# VI. DISCUSIÓN



## 6.1. Introducción a la discusión

Los avances médicos surgidos durante el siglo XX junto a las mejoras en la técnica quirúrgica, anestésica y el desarrollo de nuevos dispositivos quirúrgicos, han hecho posible que la cirugía laparoscópica se haya incorporado como el abordaje de elección en la cirugía de muchas patologías en nuestro tiempo.

La demanda de procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos ha fomentado el desarrollo de dispositivos de sutura intracorpórea. El uso de estos dispositivos puede ser técnicamente exigente y puede ser un reto lograr la seguridad del nudo, que pueda comprometer la integridad de la línea de sutura<sup>65</sup>.

La sutura laparoscópica es ampliamente considerada como una de las tareas más difíciles y lenta en la cirugía laparoscópica. La razón principal de esto es la necesidad de realizar un nudo en un espacio confinado, a menudo con visualización limitada<sup>66</sup>.

Además, un nudo puede ser una fuente de fallo. Las pruebas biomecánicas de las suturas laparoscópicas ha demostrado que aproximadamente el 50% de los fracasos de sutura resultaron del deslizamiento o desatado de los nudos<sup>67,68</sup>.

Es por ello que el desarrollo de estas nuevas suturas se hace necesario para el avance en la cirugía laparoscópica y poder facilitar la curva de aprendizaje en cirujanos menos experimentados<sup>69</sup>.

Y por otro lado no debemos olvidar, que aunque la realización de nudo en los extremos de una herida es una práctica más que aceptada, el nudo quirúrgico tiene sus inconvenientes:

- Aumento de la tensión en el tejido y en la zona más cercana al mismo que puede conllevar a una cicatrización no homogénea de los bordes de la herida<sup>70</sup>.
- Deslizamiento, el nudo es el punto más débil de una sutura quirúrgica y la parte más cercana al mismo en el segundo punto más débil, con reducciones del 35 al 95% dependiendo del estudio y del material usado<sup>70,71</sup>.
- Necrosis de herida por nudos demasiado tensos al intentar contrarrestar este efecto de deslizamiento<sup>72</sup>.
- Cuerpo extraño, al aumentar la cantidad de sutura en la zona del nudo, aumenta la reacción inflamatoria en la zona circundante<sup>70,72</sup>.

Es en este marco actual, en el que el desarrollo de estas suturas promete una mejora en la aproximación de tejidos; y en el que surge nuestro estudio con el fin de compararlas biomecánicamente y en cuanto a la reacción tisular provocada por estas nuevas suturas.

Tras presentar los resultados obtenidos en nuestro estudio consideramos conveniente analizar detenidamente algunos aspectos: empezaremos por centrarnos en la situación actual del cierre de la línea media abdominal y de las suturas barbadadas; seguidamente analizaremos la metodología empleada en el estudio discutiendo el animal de experimentación, el método quirúrgico y las suturas que se han usado, así como el periodo de estabulación que se ha establecido y los métodos de prueba de tensión y tracción que hemos realizado; por último resaltaremos la importancia de nuestros resultados haciendo una revisión sobre lo ya publicado en la literatura.

## 6.2 Estado actual del cierre de la línea media abdominal.

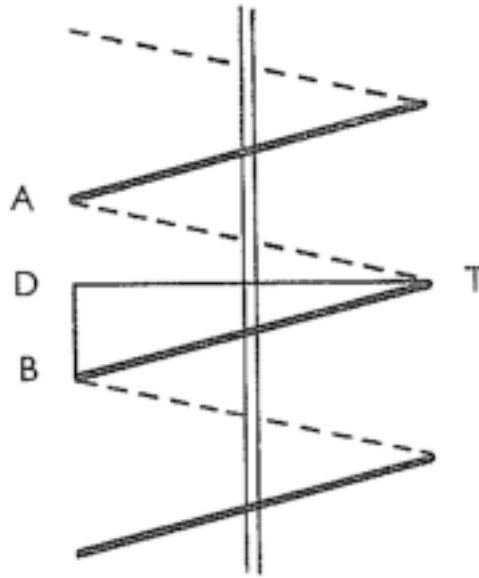
La realización de incisiones laparotómicas a través de la línea alba o línea media para acceder a la cavidad peritoneal constituye uno de los abordajes más frecuentes en cirugía abdominal. El índice de eventración después de la laparotomía media sigue siendo muy alto y puede llegar desde el 5 al 20% de los casos<sup>73</sup>.

La medida del perímetro abdominal y de la distancia xifopubiana antes y durante un episodio de distensión abdominal muestran que la herida de una laparotomía media tiende a alargarse un 30%.

Son tres variables presentes en las suturas continuas de una herida (longitud de la sutura, longitud de la herida y el número de puntadas) las que determinan el intervalo de la puntada y el tamaño de la mordida en el tejido, que son los dos factores fundamentales dependientes del cirujano y que precisan la fuerza que la herida es capaz de soportar<sup>74</sup>.

Para controlar la técnica de sutura y poder establecer una observación cuantitativa comparable con unas referencias exactas, Jenkins establece que estas variables pueden expresarse mediante la ratio SL:WL que se define como la relación entre la longitud del hilo consumido en la realización del cierre (SL) y la longitud de la incisión laparotómica practicada (WL). Esta relación depende de la longitud de los puntos, del intervalo entre los puntos y de la tensión de la sutura; así la relación SL:WL disminuye cuando se reduce la longitud de los puntos, aumenta la distancia entre ellos o se incrementa la tensión del hilo.

Jenkins consideró que la sutura continua era una sucesión de triángulos isósceles, que sirven para definir el intervalo de los puntos (AB), la longitud de los puntos ( $2 \times TB$ ) y la cantidad de tejido incluido en ellos (TD).

**T. P. N. Jenkins****Figura 68.** Ratio SL:WL de Jenkins

Desde las publicaciones del grupo sueco dirigido por Israelsson en 1993, la técnica de cierre continuo con una proporción 4:1 se ha utilizado cada vez más <sup>75,76</sup>.

Durante mucho tiempo, el debate sobre la sutura ideal giraba en torno a si debía ser irreabsorbible o de absorción lenta. Después de numerosos estudios y meta-análisis<sup>77-80</sup>, el más reciente llevado a cabo por Diener<sup>81</sup>, la evidencia apoya que el cierre primario de la pared debe ser con una sutura continua y con una relación de al menos 4: 1 y usando un monofilamento de absorción lenta.

En cuanto a la técnica, en 2009, aparecen nuevos estudios<sup>82-83</sup> que demuestran que con la reducción de la distancia entre los puntos de sutura y el borde de la herida a entre cinco y ocho milímetros “small stitch”,

aumentando así la relación SL:WL, se obtienen mejores resultados que con las suturas con “large stitch”.

Esta técnica aunque prometedora, contradice todos los principios quirúrgicos establecidos hasta el momento, por lo que un grupo neerlandés decide realizar entre el 2009 y 2012, un ensayo clínico prospectivo, controlado, aleatorizado, multicéntrico y doble ciego con 560 pacientes con el fin de establecer un mayor nivel de evidencia a favor de este nuevo modo de cierre<sup>84</sup>.

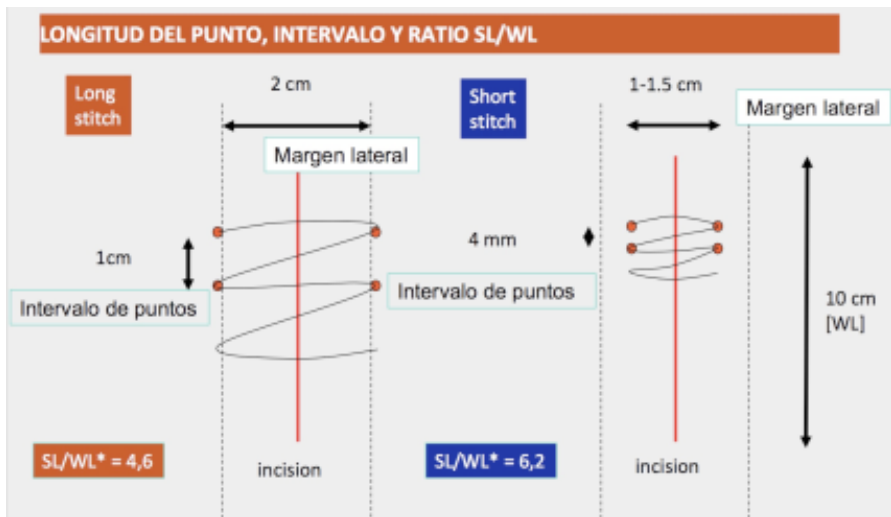


Figura 69. Representación del Long y Short stitch

## 6.3 Evolución y estado actual de las suturas barbadas

El éxito de estas suturas barbadas ha venido con el lanzamiento al mercado de estas nuevas suturas y aunque las suturas con sistema de autoanclaje puedan parecer un concepto moderno, su origen se remonta hasta los estudios del John H. Alcamo, quien presentó su idea a la Oficina de Patentes de Estados Unidos el 13 de agosto 1956, emitiéndose la patente número 3123077 el 03 de marzo 1964<sup>58</sup> para "... una sutura así formado que evita el deslizamiento en incisiones o heridas suturadas ... "

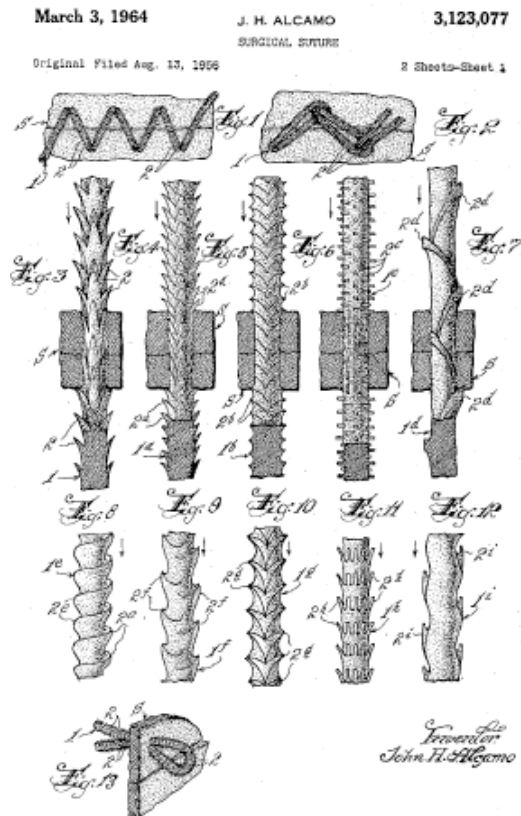


Figura 70. Dibujos de la patente de Alcamo

Aunque el Dr. Alcamo describe el diseño de esta sutura, los primeros informes sobre el uso clínico de la sutura de púas no aparecen hasta 1967, cuando el Dr. AR McKenzie informó de su uso in vitro en cadáveres humanos e in vivo en perros para la reparación de tendones flexores de la mano<sup>85</sup>.

Entre 1967 y 1999, varios autores e inventores presentaron una serie de evoluciones y técnicas en este campo, siendo la más notable la del Dr. Harry J. Buncke (el llamado padre de la microcirugía moderna) que recibió la patente US 5931855 el 3 de agosto 1999<sup>86</sup> para “varios procedimientos quirúrgicos para la unión de los bordes de una herida utilizando suturas de un solo sentido que tienen púas en sus superficies exterior y una aguja en uno o ambos extremos”

Sus patentes fueron adquiridas por Quill Medical en 2002 y, junto con el trabajo inspirado por el Dr. Gregory Ruff, la primera sutura barbada es comercializada como Quill™ Knotless Tissue-Closure Device (Angiotech Pharmaceuticals), aprobada por la Food and Drug Administration (FDA) de los EE.UU. en 2004. Es con esta sutura con la que se inicia nuestro estudio; se trata de una sutura con barbas dispuestas en direcciones opuestas a ambos lados de un segmento central sin barbas de 7 cm y un aguja en cada extremo de la misma. Este segmento central dio como resultado la observación tanto en nuestro estudio como en otros publicados en la literatura<sup>87,88</sup> de un deslizamiento de la sutura acompañado de una debilidad de la zona correspondiente, por lo que que la casa comercial lanza al mercado una nueva generación de Quills™ prescindiendo de este segmento central.

En 2009, Covidien presenta V-Loc™ (Covidien Healthcare, Mansfield, MA), una sutura barbada unidireccional con un bucle en un extremo que facilita el anclaje del mismo al tejido, obteniendo muy buenos resultados. En 2013 Angiotech Pharmaceuticals y Ethicon Endo-Surgery (Cincinnati, OH) lanzan al mercado una nueva sutura con barbas en una sola dirección con sistema variable de anclaje en el extremo.

Entorno al 2011, Assut Europe S.P.A. patenta un botón de autofijación (similar al ojal) y comercializa Filbloc®, disponible uni y bidireccional y en distintos materiales con un corte de la barba unilateral, asegurando un mayor rendimiento y mayor agarre a los tejidos, aunque disponemos de poca evidencia científica al respecto<sup>89</sup>.

En 2013, Ethicon de Johnson & Johnson inicia su andanza en estas nuevas suturas y tras comprar la patente de Quill™ lanza al mercado Stratafix Spiral™ una sutura barbada tanto unidireccional como bidireccional fabricadas en distintos materiales<sup>90</sup>. Tras finalizar el proyecto Dolphin, esta casa comercial lanza a mediados del 2015 la nueva generación, Stratafix Symmetric™, un dispositivo dirigido fundamentalmente al cierre de pared abdominal, barbado, unidireccional absorbible de larga duración (compuesto de polidioxanona) y que incluso tiene la posibilidad de recubrimiento antibacteriano con Triclosán.

## 6.4 Análisis de la metodología empleada en el estudio

### 6.4.1 ¿Por qué el animal de experimentación seleccionado?

La elección de la rata hembra albina de la variedad Wistar como animal de laboratorio nace de la gran cantidad de estudios experimentales en la literatura mundial que utilizan este tipo de animal pequeño, como ratas y conejos, para evaluar características de prótesis y biomateriales. Es mamífero y alcanza la pubertad a los 70-80 días de vida, con un peso de 200 a 250g<sup>91</sup>.

Este amplio uso de las ratas Wistar como animal de experimentación se fundamenta en que son animales accesibles por su bajo coste en comparación con otros animales de experimentación, y su fácil mantenimiento en cuanto al espacio que requieren en el animalario y manutención económica. Por otro lado, se trata de animales fáciles de anestésiar sin necesidad de intubación, lográndose una sedación profunda que permite trabajar cómodamente, con una dosis única de ketamina, sin requerir por parte del investigador conocimientos más profundos de anestesiología ni maquinaria adicional, por lo que es una técnica ampliamente utilizada en este tipo de estudios de experimentación animal<sup>92,93</sup>.



En este tipo de estudios experimentales como el nuestro, en los cuales la finalidad es comparar varios tipos de biomateriales, se requiere la producción de animales “estandarizados o definidos” con características genéticas y sanitarias definidas, criados en ambientes controlados similares, que respeten los requerimientos de la especie, siempre con el correcto cumplimiento de los principios éticos y de bienestar animal.

En 1959 William Russell y Rex Burch, en Inglaterra, en su famoso libro “The principles of humane animal experimental techniques”, exponen por primera vez que la excelencia científica está fuertemente ligada al uso humanitario de los animales de laboratorio. Definen claramente las normas en las que se basan los principios éticos en la investigación con animales: las tres “Rs”: Reducir, Reemplazar y Refinar. Estos son los fundamentos para una estrategia racional e inteligente para minimizar el uso de animales y las causas de dolor y de estrés. Por ello, los proyectos de investigación que requieren el uso de animales de laboratorio deben ser realizados con el número mínimo necesario que permita obtener resultados científicamente válidos. El perfeccionamiento del diseño de los experimentos y la selección del modelo más adecuado, contribuyen al cumplimiento de este principio<sup>94-96</sup>.

Otro criterio metodológico que influye sobre el tamaño necesario de la muestra es la diversidad del material biológico experimental: a mayor homogeneidad, se espera menor variabilidad de la respuesta, lo que posibilita realizar ensayos pequeños, por ejemplo, utilizando animales genéticamente homogéneos.

La reducción del tamaño de la muestra se puede lograr como en nuestro caso, empleando diseños más eficaces, comparando distintos grupos experimentales (suturas) contra un mismo grupo de control, combinándolos en el experimento, ya que la comparación de los distintos grupos contra controles separados requeriría más animales.

### 6.4.2. **Análisis de los aspectos técnicos quirúrgicos y de la elección de las suturas en la realización del estudio**

En todos los casos se procedió al rasurado de la cara ventral del animal, así como a la aplicación de povidona yodada tópica sobre la superficie abdominal para minimizar la potencial contaminación bacteriana de la piel de la rata. Aún así, trabajamos en condiciones de limpieza pero no de estricta esterilidad quirúrgica como viene siendo habitual en los estudios experimentales con este tipo de animales<sup>97</sup>.

Del mismo modo que López Cano y el grupo de Bellón entre otros<sup>98-100</sup>, que describen el método de sus respectivos estudios, la incisión elegida fue siempre la misma, utilizando la línea media como abordaje, realizando un cuidadoso despegamiento de la piel hacia ambos flancos, realizando si fuera necesario una hemostasia con presión cuidadosa con gasa quirúrgica seca, manteniendo íntegro el plano músculoaponeurótico, y realizando posteriormente la apertura de la línea alba con bisturí con hoja del número 15, para recrear las condiciones idóneas para llevar a cabo nuestra intervención experimental.

La técnica de realización de la laparotomía ha sido siempre meticulosa, evitando cualquier lesión de víscera intraabdominal que hubiera ensombrecido el pronóstico del animal y nos hubiera imposibilitado hacer las mediciones pertinentes a los 15 días.

Una vez realizada la laparotomía media, según el grupo al que pertenecieran se realizó el cierre de la misma con sutura continua con el material correspondiente.

Como grupo control (grupo A), se uso Polidioxanona del 3.0, una sutura sintética, monofilamento y de absorción lenta. Elegimos esta sutura al tratarse de la sutura recomendada en la actualidad para el cierre de pared abdominal en laparotomías medias; tal y como pudimos ver en nuestro apartado anterior, después de un gran debate a lo largo de los años sobre cual debe ser la sutura ideal, Diener et al. reportaron una tasa de hernia incisional significativamente inferior con suturas de absorción lenta (OR

0,65:  $p = 0,009$ ) en la cirugía electiva y Wissing et al. incluyeron un 21% de intervenciones urgentes, mostrando un aumento de la tasa de eventración con suturas absorbibles en comparación con suturas no absorbibles ( $p = 0,001$ ) y en comparación con las de absorción lenta ( $p = 0,009$ )<sup>81,101</sup>.

Tanto es así, que en la guía sobre cierre abdominal de la EHS que se presentó el pasado año (36<sup>th</sup> Annual International Congress of European Hernia Society, Edinburgo Mayo 2014) se recomienda el uso de suturas monofilamento de absorción lenta en el cierre de laparotomías regladas<sup>102</sup>.

En el grupo B se usó sutura barbada de Polidioxanona 2/0 (Quills™ Self-Retaining System, “1<sup>a</sup> generación”); se trata de una sutura del mismo material que el grupo A pero que presenta una estructura con barbas de autoanclaje en disposición bidireccional a ambos lados de un segmento central sin barbas. Las barbas de este sistema proceden de microcortes por láser creando posibles enlaces débiles a lo largo de todo el material, por ello el mismo fabricante recomienda el uso de un grosor mayor (un punto por encima) al de la sutura convencional (por ej. Si se usa 3/0 de sutura convencional, tendremos que usar 2/0 para Quills™ SRS), y en múltiples estudios experimentales con estas suturas, se ha seguido la misma correlación<sup>61,103-106</sup>.



**Figura 71.** Sutura Quill™ bidireccional

En el grupo C la sutura usada fue la misma sutura Quills™ SRS 2/0 (“1<sup>a</sup> generación”) que se había empleado en el grupo B, pero cortando esta sutura a través de la zona no barbada y anudando este extremo con nudo quirúrgico convencional. Durante la fase preliminar del estudio, cuando se usó esta sutura objetivamos que los fallos parecían coincidir con este segmento central no barbado, por lo que deducimos que éste podía ser

la causa de deslizamiento en la sutura y fallo de la misma, al igual que Einarsson y Zorn que evitaron esta situación en la práctica clínica fijando este segmento al tejido con clips laparoscópicos; realizando el corte en este punto podíamos probar la resistencia real de la sutura obviando ese segmento central que parecía ser causa de fallo. Además, al emplear un solo segmento de la sutura, estábamos convirtiendo la sutura bidireccional en una sutura unidireccional completa<sup>87-88</sup>.

En el grupo D el material empleado fue Quills™ SRS 2/0 pero una nueva generación en la que ya la casa comercial decide reducir este segmento central no barbado, consiguiendo una sutura con barbas con direcciones opuestas a ambos lados de la línea media<sup>87</sup>.

En el grupo D, se usó V-Loc™ 180 3/0, sutura con ojal en un extremo y barbas unidireccionales, compuesta de un copolímero de ácido glicólico y carbonato de trimetileno, que la misma casa comercial establece como equivalente de Maxon™ y PDS™. Hemos usado un calibre 3/0 en este caso, porque tal y como referimos en el apartado 1.7.1, el laboratorio confirma igualmente que aunque tras la formación de las púas el dispositivo muestra una menor resistencia a la tensión por tener un diámetro menor, esta modificación reduce la resistencia con un efecto similar a cuando se ata un nudo en una sutura no dentada, por tanto establece que la resistencia a la tensión es comparable a la resistencia a la tracción del nudo de una sutura no dentada con diámetro USP equivalente<sup>106-108</sup>.

A los 15 días se realizaron los explantes de la pared abdominal completa incluyendo la sutura completa de la misma forma que describió el grupo de Leung (Quill Medical, Inc) en sus estudios preliminares, y otros estudios experimentales posteriores sobre comportamiento biomecánico e histológico de las suturas barbadas<sup>104,109-113</sup>.

Posteriormente se conservaron todas las muestras, de acuerdo con la sistemática establecida en prácticamente todos los estudios citados anteriormente, en formol para en un tiempo ulterior ser procesadas (incluidas en parafina, cortadas, fijadas, teñidas con hematoxilina-eosina...) y vistas al microscopio poder realizar el estudio anatomopatológico pertinente.

### 6.3.3. ¿Por qué el periodo de estabulación?

El mecanismo fundamental del fallo del cierre de la fascia en la laparotomía media que conduce a una hernia incisional es conocido solo parcialmente<sup>114</sup>.

Se ha sugerido que la aparición temprana de las eventraciones están relacionada con los defectos técnicos, dentro de los que podemos englobar el fallo de un material de sutura, o infección de la herida<sup>115-118</sup>; mientras que la formación tardía de hernias incisionales dependen del fallo en la síntesis de colágeno, que ocurre generalmente a partir de la fase II de la cicatrización<sup>119</sup>.

Las fases de cicatrización de la herida (inflamación, proliferación y maduración) proceden mediante una complicada pero bien organizada interacción entre diversas células y tejidos<sup>120-121</sup>.

Como ya dijimos en el apartado 1.4 de nuestro trabajo, durante la fase inflamatoria aguda de la cicatrización de la herida, el tejido aun no ha recuperado la fuerza de tensión necesaria y es por ello que en este momento, el control de una posible dehiscencia depende únicamente del material de sutura que mantiene los bordes de la herida enfrentados.

Así, la dehiscencia de una o varias capas de la pared abdominal ocurre generalmente al final de la primera semana tras la intervención; en plena fase I de la cicatrización.

Fases del proceso de curación

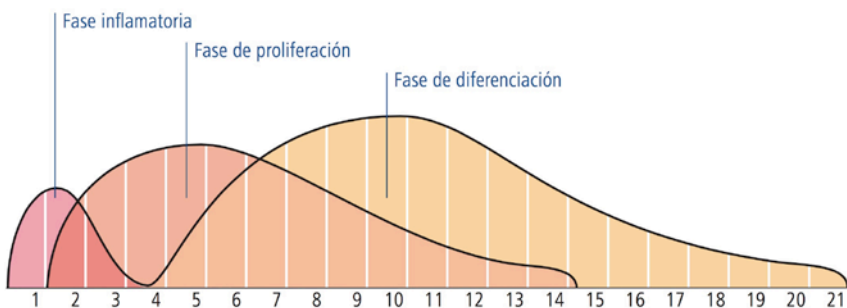


Figura 72. Fases de la curación de una herida

Por tanto si queríamos evaluar las suturas como tal, sin influencia de los factores dependientes del sujeto, nos pareció razonable realizar el análisis a los 15 días de la realización de la misma, cuando la fase de diferenciación aun no ha comenzado, tal y como realizó Leung (Quill Medical, Inc) en sus estudios preliminares en perros<sup>109</sup>.

Tanto los fabricantes de Quills™ (Angiotech Pharmaceuticals, Inc) como los de Vloc™ (Covidien) garantizan una resistencia a la rotura in vivo de aproximadamente un 75-80% a las 2 semanas; equivalentes a las suturas no barbadas<sup>60,107</sup>.

#### 6.4.4. Evaluación de los test realizados para la valoración de los resultados

Para evaluar el comportamiento biomecánico de las distintas suturas nos planteamos cómo recrear de la forma más real posible en una rata, las diferentes situaciones de “estrés” a las que se ve sometida una laparotomía media, es decir, situaciones de hiperpresión y sobretensión.

Curiosamente, muchos trabajos se han realizado para determinar las presiones intraabdominales durante la actividad humana habitual mediante la determinación de la presión intragástrica: a mayor velocidad de carrera la presión intraabdominal llega hasta 38 mmHg<sup>122</sup>; en una maniobra de valsalva máxima hasta 112,5 mmHg<sup>123</sup>; hasta 116,3 mmHg con la flexión del torso<sup>124</sup>.

Por ello realizamos dos test de comprobación, siguiendo la sistemática ya antes utilizada en experimentos previos similares de nuestro grupo<sup>125</sup>.

Un test de resistencia a la presión intraabdominal insuflando neumoperitoneo a una presión constante de 80 mmHg durante un minuto y llegando en los últimos 10 segundos hasta una presión máxima de 120 mmHg.

Estas cifras de presión intraabdominal no pretendían sino recrear en una rata y en un ambiente experimental, las posibles situaciones en las que un individuo operado pueda poner a prueba su laparotomía, tales como un golpe de tos o la carga de un objeto pesado.

En cuanto a la resistencia a la tracción, hay que destacar que ha sido el modelo más común para determinar el comportamiento mecánico de las suturas.

El diseño biomecánico de nuestro experimento se ha realizado teniendo en cuenta los resultados previos obtenidos en estudios efectuados en humanos por otros autores<sup>126-128</sup>, en los que se pone de manifiesto que las propiedades biomecánicas de la línea media esta en relación con su arquitectura de fibras de colágeno y que ésta muestra una anisotropía en sus propiedades biomecánicas, mostrando mayor complianza (propiedad de un órgano que le permite el alargamiento o distensión en resistencia al retorno hacia sus dimensiones originales) en dirección longitudinal que en la dirección transversal.

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 transverso, tratando de separar los bordes más mediales de este cilindro<sup>129-130</sup>.

Obviamente, trasladando este modelo a la cavidad abdominal, el borde medial es la línea alba.

Por este motivo, tal y como plantea Bellón et al, hemos realizado el estudio tomando los explantes de la pared abdominal incluyendo la sutura y realizando el ensayo de tracción por sus dos extremos, siempre siguiendo un eje transversal o perpendicular a la sutura; y aplicando una fuerza de 2,94 N (anclando el dinamómetro en uno de los lados de la laparotomía de forma que levante 300g/cm<sup>2</sup>).

## 6.4 Análisis de los resultados obtenidos

### 6.4.1. Estudio biomecánico

Ninguna de las 47 ratas intervenidas presentó una evisceración en los 15 días de estabulación del estudio. Todas las laparotomías medias realizadas se mantuvieron continentas en el periodo de estudio tanto en los grupos de estudio independientemente de la sutura empleada, como en el grupo control con sutura convencional.

La ausencia de dehiscencia en cualquiera de los grupos de suturas barbadas parece corroborar las reivindicaciones anteriores que los dispositivos de púas tienen el potencial de generar una seguridad de la herida sin el inconveniente de los nudos<sup>131-132</sup>.

La supuesta fuerza de las suturas barbadas se debe a su capacidad para resistir el movimiento retrógrado, como resultado del efecto de anclaje de las púas en el tejido. En comparación, las suturas de monofilamento tradicional tienden a migrar hacia el centro de la incisión, donde la tensión es mayor<sup>131-132</sup>.

Como apuntan Ruff<sup>131</sup> e Ingle<sup>133</sup>, la resistencia biomecánica de los dispositivos barbados depende de la geometría de la púa, del ángulo de corte y de la profundidad de la misma.

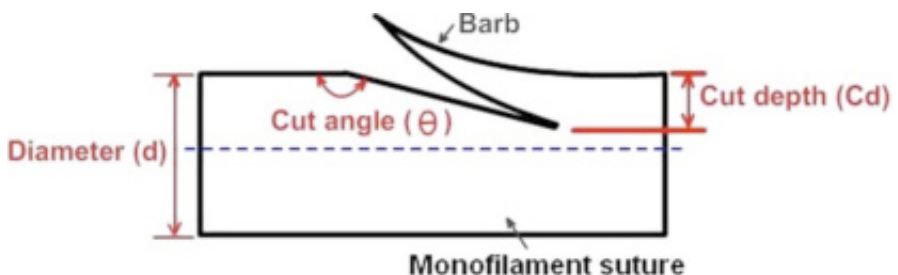


Figura 73. Representación gráfica de la configuración de una sutura barbada



Al aumentar el número de púas aumenta la fuerza de sujeción. La resistencia a la tracción de una sutura de púas es inversamente proporcional a la profundidad de corte de las púas porque a medida que aumenta la profundidad de corte, el diámetro efectivo de la hebra de sutura disminuye.

En la VLoc™, la distancia entre puas es de 6.3 mm (20puas/cm); mientras que la Quill™ tiene menos barbas, sólo unas 14/cm<sup>106</sup>.

Estas diferencias probablemente sean la causa de la diferencia en los test de tensión (4 fallos en suturas Quill™ vs 0 fallo en suturas VLOC™), ya que estos anclajes hacen que la tracción sea repartida a través de la línea de sutura, convirtiendo una sutura continua en una “sutura interrumpida”<sup>134</sup>.



**Figura 74.** VLoc™



**Figura 75.** Quills™

Greenberg apunta que para un procedimiento en el que puedan existir fugas, el anclaje de las suturas de púas a intervalos menores proporciona una reducción de las brechas y favorecen la hermeticidad del cosido<sup>135</sup>.

De ahí el paralelismo con nuestra prueba de tensión, en la que nos centramos en valorar la debilidad-fuga creada con el neumoperitoneo creado en la cavidad abdominal de la rata. En el test de presión se pretendía poner de manifiesto la debilidad de la sutura, puntos de posible debilidad, rotura de la pared o de la sutura que pudieran derivar en herniación, recreando una supuesta maniobra de Valsalva forzada en el animal.

También existen diferencias significativas en la geometría de la lengüeta entre ambas suturas que explican el comportamiento distinto a la tracción entre los grupos con sutura Quill™ (puas apicales con una base amplia que se estrecha a un punto) y los grupos con V-LOC™ (puas más amplias, más cortas, y más rígidas); obteniendo un mejor rendimiento en el anclaje a los tejidos en el caso de las suturas unidireccionales de Covidien<sup>106</sup>.

A pesar de las diferencias relativas obtenidas en el estudio biométrico entre los 5 grupos de suturas, éstas no son estadísticamente significativas, probablemente debido a un tamaño muestral reducido.

También es importante destacar que durante el periodo de estabulación de nuestro estudio (correspondiente al periodo crítico de cicatrización de heridas), la sutura tradicional obtiene mejores resultados aunque no estadísticamente significativos en los tests biométricos realizados; pero según Ingle, la capa externa en las suturas monofilamento poliméricas es la que soporta la mayoría de la carga aplicada, y es ésta la que se daña durante la creación de las barbas. Probablemente si aumentásemos el periodo de estabulación, a largo plazo donde en la estabilidad del cierre ya son otros los factores que influyen, conseguiríamos resultados diferentes<sup>133</sup>.

#### 6.4.2. Estudio histológico

En el estudio histológico de los explantes el objetivo era analizar el comportamiento de cada sutura en cuanto a la reacción inflamatoria tisular que ocasionara a los 15 días. En este sentido, tienen especial interés la reacción a cuerpo extraño y la neovascularización, así como la afluencia de leucocitos polimorfonucleares y macrófagos, el edema circundante y el grado de unión<sup>104,106,136</sup>.

Para ello se procedió a su inclusión en parafina y tinción con hematoxilina-eosina<sup>136</sup>.

En otros estudios previos, también se realiza una tinción con tricrómico de Masson para visualizar las fibras de colágeno tipo I y algunas fibras reticulares que dan resistencia a la cicatriz o incluso se ha realizado inmunohistoquímica para visualizar los distintos tipos de fibras de colágeno<sup>99,100, 136,137</sup>.

En nuestro caso, decidimos no realizar estas determinaciones porque la mayor producción de colágeno ocurre a partir de la fase II de la cicatrización, Bellon confirma su expresión máxima a los 21 días, y nuestro periodo de estabulación fue de 15 días; aparte de las limitaciones de nuestro laboratorio experimental y recursos disponibles<sup>99,100</sup>.

A la hora de analizar los diferentes parámetros, nos surgió la dificultad de no poder establecer una gradación, que permitiese comparar los distintos grupos, que al fin y al cabo era lo que nos interesaba. Por lo que siguiendo lo aceptado en la literatura, tal y como realizan Verhofstad, Api, Ozog y Rodeheaver, estadificamos los diferentes hallazgos histológicos en una escala semicuantitativa asignando puntos de forma gradual<sup>104, 136, 138, 139</sup>.

La reacción inflamatoria local asociada con el uso de materiales de sutura es debido al trauma de la inserción de la aguja y las propiedades físicas y químicas del material de sutura<sup>23, 141</sup>.

La duración e intensidad de la reacción inflamatoria varía principalmente de acuerdo al material usado, ya que éste actúa como cuerpo extraño que induce y prolonga la reacción tisular<sup>23, 142</sup>, además de la técnica quirúrgica y el tejido en el cual la sutura es implantada.

Aunque no es objeto de nuestro estudio el análisis pormenorizado de dicha reacción en cadena, de sus mediadores celulares, interleuquinas, factores de necrosis, etc, sí hemos podido comprobar cómo a grandes rasgos la reacción tisular provocada es similar en todos los grupos. Tanto la Vloc™ (copolímeros de ácido glicólico y carbonato de trimetileno –poligliconato-) como la Quills™ y el PDS™ (polidioxanona) empleados en nuestro estudio están compuestas de biomateriales absorbibles con comportamiento tisular similar, como demuestran otros estudios<sup>104,136</sup>.

## 6.6 Aportaciones de nuestro estudio en el escenario de la investigación actual en el uso de las suturas barbadas

### 6.6.1. Estudios en animales

La fuerza y la reactividad tisular son parte integral de la funcionalidad del material de sutura y, por lo tanto, la comprensión de estas propiedades es esencial a la hora de elegir la sutura para diversos procedimientos. Evaluar directamente estas características y comparar las distintas suturas en ensayos clínicos en humanos presentaba numerosos desafíos logísticos y éticos que hicieron que los estudios *in vitro* y en animales fueran, en el inicio de la comercialización de estas suturas, los experimentos más adecuados. Aunque la mayoría de estos ensayos no se realizaron en laparotomías medias de ratas Wistar, sus resultados probablemente puedan extrapolarse. Aun así siguen faltando estudios que evalúen los efectos a largo plazo<sup>143</sup>.

Los primeros estudios, tras la presentación en el mercado de la sutura Quill™ en el año 2004 fueron *in vitro*, Kyle Weld realiza un estudio mixto *in vitro* con suturas barbadas y anudadas en diferentes tejidos de origen porcino y concluye en que ambas suturas son equivalentes en cuanto a resistencia<sup>144</sup>; y un año más tarde, Rashid<sup>105</sup> analizará el calibre de las suturas barbadas confirmando que la sutura Quill™ 3.0 es al menos tan fuerte que la de polipropileno 4.0.

Después de estos dos primeros experimentos, Demyttenaere<sup>145</sup> en el 2009 publica el primer reporte del uso de V-Loc™ en anastomosis intestinales en cerdos, y aunque asegura una disminución del tiempo quirúrgico a coste cero en cuando a garantías de la sutura, aconseja estudios adicionales antes de su uso en cirugía laparoscópica.

Tras este estudio son muchos los grupos<sup>146-151</sup> que analizarán el uso de estas suturas sin anudar en cierres de enterotomías a distintos niveles, confirmándose en todos una mayor velocidad de cierres y consiguiendo presiones máximas intraluminales sin diferencias o incluso mayores que en el grupo control con sutura convencional anudada.

En 2011, el grupo de Vakil<sup>152</sup> es el primero en el campo de la Traumatología en investigar el uso de estas suturas, tras él vendrán numerosos experimentos en este campo. Compara el cierre de una artrotomía en cadáver con sutura barbada y con sutura no barbada a puntos sueltos, comprobando que tras 2000 flexiones ambas suturas estaban íntegras, pero después de realizar unos cortes progresivos, la barbada resiste hasta el séptimo corte, por tanto ésta presenta mayor capacidad para mantenerse intacta.

Por otro lado, Nett et al<sup>153</sup> reportan una estanqueidad superior del cierre de una artrotomía con suturas barbadas simulando una hermatrosis tensa, con respecto a una sutura absorbible interrumpida convencional (356 ml y 89 ml en el grupo control ( $p = 0,027$ )).

En la misma línea, Marrero-Amadeo<sup>154</sup>, Sato<sup>155</sup> y McClellan<sup>156</sup> analizan la reparación del tendón flexor digital profundo, demostrando que con la sutura de púas no existe una diferencia significativa en la carga máxima previa a la rotura en comparación con el método tradicional.

En cambio Kanz<sup>157</sup> comprueba la resistencia de estas suturas mediante un modelo en tendones de Aquiles de cadáveres, comprobando una carga de rotura máxima media para el grupo control (459 N) significativamente mayor ( $P = 0,029$ ) en comparación con el grupo de sutura de púas (184 N); un porcentaje de elongación significativamente menor en el grupo de sutura de púas ( $P = 0,014$ ); por lo que advierte que aunque la sutura sin nudos es atractiva por su diseño, hay que tener en cuenta la menor fuerza y la resistencia a cargas elevadas.

En el campo de la Ginecología, Greenberg<sup>158</sup> analiza la fuerza tensil de la sutura en cierres de uterinos, comprobando la equivalencia de la sutura barbada.

Einarsson<sup>138,159</sup> y Api<sup>136</sup> con una metodologías similar, analiza la reacción tisular provocada por las suturas barbadas desde el punto de vista microscópico, observando un índice de adherencias postoperatorias superior con mayor reacción inflamatoria y a cuerpo extraño en el grupo de las suturas de puas. Esto contrasta con nuestros resultados, que aunque sin significación estadística, hemos encontrado mayor reacción a cuerpo extraño en el grupo control.

Merece la pena nombrar el estudio de Fowler<sup>160</sup> que mediante la inoculación de distintas suturas con *Staphylococcus aureus* analiza la adhesión bacteriana y revela que la sutura monofilamento Quill™ tiene propiedades de adherencia bacteriana similar a la sutura monofilamento estándar.

En el terreno de la Urología también se comprueba la superioridad de la sutura barbada en la estanqueidad en una serie de cierre de vejigas de cadáveres de cerdo<sup>161</sup>.

Patri et al<sup>162</sup> en el 2011 publicaron el primer estudio experimental comparando el cierre peritoneal en cadáveres con distintos dispositivos entre los que incluye la sutura barbada de Covidien®. V-Loc™ resistió significativamente mayores ( $P < 0.05$ ) cargas de tracción.

Zaruby<sup>106</sup>, establece el primer estudio experimental comparativo entre V-Loc™ y Quill™ en piel de cerdos con un planteamiento similar a nuestro estudio aunque con un modelo animal diferente, asegurando que las suturas barbadas son seguras y una alternativa eficaz para el cierre de heridas cutáneas y comparables al monofilamento.

Oni et al<sup>112</sup> por su parte, prueban la fuerza tensil de las suturas barbadas en cierre de laparotomías pararrectales en un modelo porcino. La sutura con Quill™ presentó una resistencia a la tracción media de 265,59 N y 227,28 N, la sutura de control. La diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p = 0,341$ ).

Más reciente, destacar el estudio reciente de Castaldi<sup>113</sup>, que compara la estabilidad biomecánica de las suturas barbadas con respecto a las tradicionales en aponeurosis de cordero, en un estudio in vitro. Poniendo de manifiesto que la fuerza máxima alcanzada por las suturas es comparable.

Por último, destacar que nuestro trabajo es el único estudio experimental animal que prueba las dos principales presentaciones de suturas barbadas (V-Loc™ y Quill™) en laparotomía media en ratas; pero es importante destacar que podríamos haber mejorado el estudio con una prueba de tracción máxima previa a rotura.

### 6.6.2. Estudios clínicos en Cirugía General

Las suturas barbadas se han usado ampliamente durante los últimos años en diferentes especialidades quirúrgicas por su facilidad de uso, la rapidez en empleo y la eficacia probada en los anteriores estudios experimentales.

En relación a la cirugía general, la gran mayoría de publicaciones está relacionada con intervenciones por abordaje laparoscópico, ya que es bien sabido, que la realización de anastomosis intracorpóreas requiere una destreza y habilidad importantes por parte del cirujano.

De esta manera, Lee et al<sup>163</sup> publican el primer reporte sobre el uso de la sutura barbada unidireccional para la anastomosis intracorpórea durante la gastrectomía laparoscópica en seis pacientes con cáncer gástrico temprano, la cual encuentran rentable y eficiente en el tiempo.

Tras este estudio, varios grupos<sup>164-170</sup> publican su experiencia en anastomosis intestinales laparoscópicas, sobre todo en la cirugía bariátrica, realizadas con suturas barbadas con la que demuestran una reducción en el tiempo operatorio, sin presentar diferencias en cuanto a estancia hospitalaria ni complicaciones postoperatorias.

Además de la cirugía bariátrica, el uso de esta sutura presenta otras posibilidades dentro de la especialidad, y así Edil<sup>171</sup> y Malya<sup>172</sup> demuestran que la pancreaticoyeyunostomías laparoscópicas con sutura barbada es una técnica segura y eficiente, con resultados similares a otras series de Whipple laparoscópicos.

También se ha probado su uso en la cirugía de la eventración laparoscópica para el cierre del defecto, Nguyen<sup>173</sup> ha publicado recientemente un estudio prospectivo comparativo entre 28 casos en los que cierra el defecto con sutura barbada y coloca una malla y 29 casos en los que coloca malla sin reparación del defecto. Reporta un 3.6% de complicaciones postquirúrgicas en el primer grupo con respecto a un 20.7% en el grupo sin cierre del defecto.

Igualmente, se ha probado en el cierre del peritoneo durante cirugía colorrectal y cirugía de la pared abdominal. Matsuhashi et al<sup>174</sup> presentan sus primeros resultados de cierre de la cavidad pélvica tras una cirugía de Miles laparoscópica sin complicaciones. Y Takayama<sup>175</sup> presenta 19 casos con reparación de hernia inguinal preperitoneal transabdominal con cierre de peritoneo con sutura continua barbada sin complicaciones postquirúrgicas con 2 años de seguimiento.

Es importante tener en cuenta que hay descrito varios casos en la literatura de cuadros obstructivos secundarios al uso de estas suturas<sup>176-182</sup>, probablemente debidos al contacto del material con las asas intestinales y a su capacidad de fijarlas, como consecuencia de sus características.

El cirujano debe tener en mente esta posible eventualidad y mantener una alta sospecha ante un ileo postoperatorio. Se aconseja, por tanto, tal y como figura en el prospecto de la propia casa comercial, con el fin de evitar en lo posible el contacto entre el material y el peritoneo dejar lo más corto el cabo distal de la sutura que queda en contacto con la cavidad y se debe hacer un esfuerzo máximo para cubrir toda la sutura suficientemente para evitar la exposición del material a las vísceras y las terminaciones desnudas de la sutura. Igualmente también se aconseja hacer puntadas cortas y se desaconseja su uso para el cierre de una fina capa peritoneal, ya que esto puede conducir a laceración y espaciamiento del peritoneo<sup>182</sup>. Un reciente estudio experimental<sup>183</sup> que trata de conseguir la solución a este problema, ha revelado que el evitar dejar los extremos largos no garantiza la prevención de los cuadros de obstrucción, que parece que se producen por la propia contracción del peritoneo provocada por el proceso de cicatrización y no solo en los cabos de la sutura. Por ello, Sakata alerta



sobre esta complicación y confirma haber dejado de usar esta sutura en la rectopexia laparoscópica afirmando que estas causas de obstrucción nunca van a poder ser resueltas.

Con nuestro estudio, en vista de los resultados equivalentes de estas suturas con la sutura convencional, podemos garantizar un cierre adecuado de tejidos sometidos a presiones máximas de 120mm Hg y 2,94N de tensión. Pero habría que realizar un estudio en cierre de laparotomía media antes de asegurar un buen resultado del uso de estas suturas en el cierre de la laparotomía media en humanos.

## 6.7 Limitaciones y perspectivas

A pesar del desarrollo de nuevos materiales y de las nuevas técnicas, el fallo de la sutura por pérdida de tensión y defectos en el nudo sigue siendo una complicación relativamente frecuente en el ámbito quirúrgico.

Las suturas barbadas ya se están utilizando para algunas formas de reparación fascial en cirugía plástica como hemos visto, pero son los estudios experimentales preclínicos como el que se detalla en este trabajo los que ayudarán a proporcionar las pruebas para determinar la resistencia a la tracción de estas suturas.

Este estudio en animales, aunque es una buena simulación de un escenario clínico habitual, tiene sus limitaciones. En primer lugar, sería interesante realizar un estudio con un periodo de estabulación mayor, incluyendo el análisis histológico de las fibras de colágeno para determinar los resultados a más largo plazo de estas suturas. Esto ha sido examinado anteriormente en otros estudios pero sin comparar los distintos tipos de suturas barbadas y en el cierre de fascia.

Por otro lado, con la llegada de nuevas suturas barbadas, y más recientemente con la aparición de suturas dirigidas especialmente al cierre de pared abdominal y con cubierta antiséptica, sería conveniente ver su comportamiento en animales y poder comparar con las suturas ya existentes, para poder determinar aquella que resulte más ventajosa.

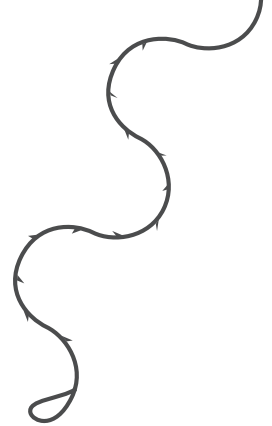
Alternativamente, dado que estas suturas ya son ampliamente utilizadas en la práctica clínica, sería interesante llevar a cabo un estudio clínico en cierre de pared abdominal para validar su uso en este terreno.



## VII. CONCLUSIONES



## VII. CONCLUSIONES



1. De forma global, las suturas autofijables evaluadas en el presente estudio experimental (V-Loc™ y Quill™) resultaron eficaces en el cierre de la laparotomía media de la rata wistar.
2. No existieron diferencias significativas en el comportamiento biomecánico en los test de tracción y tensión realizados, entre los diferentes tipos de las suturas barbadas y la sutura convencional.
3. Los mejores resultados, aunque sin significación estadística, se inclinaron hacia la sutura unidireccional barbada con ojal, como la que más similitud tiene con el grupo control (sutura convencional) en el estudio biomecánico realizado.
4. En cuanto al estudio histológico tampoco existieron diferencias estadísticamente destacables en el análisis de los parámetros inflamatorios estudiados. Existieron diferencias en la angiogénesis y reacción a cuerpo extraño entre los distintos grupos, pero sin que esto influyese en los resultados definitivos.

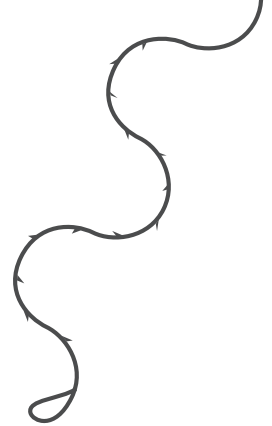


# VIII. BIBLIOGRAFÍA





## VIII. BIBLIOGRAFÍA



1. Montejo N, Varella A, Hernández A. Materiales de sutura quirúrgica. Antecedentes históricos y empleo actual de los mismos. Rev Cuba Cir. 1990; 29(2): 211-24.
2. Mackenzie D. The history of sutures. Med Hist 1973; 17: 158-68.
3. Bishop WJ. The early history of Surgery. 1ª Ed. NY: Barnes & Noble; 1995.
4. Gudger EW. Stitching wounds with the mandibles of ants and beetles. JAMA. 1925; 84: 1861-1864.
5. Baskaradoss VK, Jose RM. Life and times of Sushruta: Fact and fiction. Indian J Plast Surg. 2006; 39: 109-110.
6. Saraf S, Parihar R. Sushruta: The first Plastic Surgeon in 600 B.C.. IJPS. 2006; 4 (2): 1-7.
7. Jackson R. Doctor and diseases in the Roman Empire. 1ª Ed. London: British Museum Publications. 1988.
8. Martín-Araguz A, Bustamante-Martínez C, Fernández-Armayor Ajo V, Moreno-Martínez JM. Neuroscience in Al Andalus and its influence on medieval scholastic medicine. Rev Neurol. 2002; 34(9): 877-92.
9. Leo M, Zimmerman MD, Veith I. Great Ideas in the History of Surgery. 1ª Ed. San Francisco: Norman Publishing; 1993.
10. Ballesteros Massó R, Gómez Barrena E, Delgado Martínez AD. Historia de la Traumatología y Cirugía Ortopédica. [Internet]. Jaen: Universidad de Jaen; 2002 [acceso el 23 de Agosto del 2013]. Disponible en: <http://www.ujaen.es/investiga/cts380/historia/historiadef.htm>
11. Singer DW. Selections from the works of Ambroise Pare. London: John Bale, Sons & Danielsson; 1924.

12. Hamby WB. Ambroise Paré, Surgeon of the Renaissance. St. Louis: W.H. Green; 1967.
13. Squire W. On the introduction of ether inhalation as an anæsthetic in London. *Lancet* 1888; 132(3408): 1220-1.
14. Bhowmick A, Chatterjea G. First Handbook of Medical Instruments. 3ª Ed. New Delhi: BI Publications Pvt. Ltd; 1985.
15. Bauche G, Roana J, Mandras N, Amasio M, Gallesio G, Allizond V. Microbial adherence on various intraoral suture materials in patients undergoing dental surgery. *Maxillo Facial Surgery* 2007; 65(8):1503-7.
16. Godínez OC, Bautista OJ, Castillo GA. Materiales de sutura. *Cir Cir.* 1981; 49: 133-9.
17. Scott M. 32.000 years of sutures. *NATNEWS.* 1983; 20: 15-7.
18. Ethicon. Curso teóricopráctico de suturas y material quirúrgico. 1ª Ed. Madrid: Johnson and Johnson. 2005.
19. Kudur MH, Pai SB, Sripathi H, Prabhu S. Sutures and suturing techniques in skin closure. *Indian J Dermatol Venereol Leprol.* 2009; 75: 425-34.
20. Postlethwait RW, Schauble JF, Dillon ML, Morgan J. Wound healing. II. An evaluation of surgical suture material. *Surg Gynecol Obstet.* 1959; 108(5): 555-66.
21. Bennett RG. Selection of wound closure materials. *J Am Acad Dermatol.* 1988;18 (4): 619-37.
22. Selva Otaolaurruchi J, Sastre Lorca J.J. Manual de Suturas. 1ed. Murcia: Laboratorios Lorca Marín S.A; 1987.
23. Van Winkle W, Hasting JC. Considerations in the choice of suture material for various tissues. *Surg Ginecol Obstet* 1972; 135(1): 113-126.
24. Maldonado F, Muñoz L, Quezada M, Briones M, Urrutia P. Reacción tisular a materiales de sutura no absorbibles en piel de equinos. *Arch Med Vet.* 2006; 38(1):637.
25. Ábalos C. Adhesión bacteriana a biomateriales. *Av Odontoestomatol* 2005; 21-1: 347-353.

26. Varma S, LW Johnson, HL Ferguson, WV Lumb. 1981. Tissue reaction to suture materials in infected surgical wounds histopathologic evaluation. *Am J Vet Res.* 1981; 42(4): 563-70.
27. Triste SS, DA Hendrickson. Suture sinus formati following closure of ventral midline incisions with polypropylene in three horses. *J Am Vet Med Assoc.* 1995; 207(6): 742-5.
28. Henry MM, Thompson JN. *Cirugía clínica.* 1ª Ed. Barcelona: Elsevier Masson; 2005.
29. Ballesteros D. Principios de la técnica quirúrgica. [Internet]. Colombia: Universidad Virtual Nacional de Colombia; 2004 [acceso el 13 de Septiembre del 2013]. Disponible en: [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/odontologia/2005168/principiosQX/lecciones/cap06/06\\_00.html](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/odontologia/2005168/principiosQX/lecciones/cap06/06_00.html)
30. Beers M, Porter R, Jones T, Kaplan J, Berkwitz M. Materiales de sutura. En *Manual Merck.* 11ª Ed. Madrid: Elsevier España S.A.; 2007. p. 2823.
31. Morales IA. Instrumental, equipos, materiales de sutura y prótesis utilizadas en cirugía. En García Gutiérrez A, Pardo Gómez G. *Cirugía.* 1ª Ed. La Habana: Ecimed; 2008; p. 223-239.
32. Larrabbe A.B. The Sterilization of Catgut by Boiling Alcohol. *Boston Med Surg J* 1897; 136: 86-88.
33. Cristóbal Pera. *Cirugía* 2ª Ed. Barcelona: Elsevier España, 1996.
34. Fuller JK. *Instrumentación quirúrgica: teoría, técnicas y procedimientos.* 4ª Ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana S.A.; 2007.
35. Lopez-Cedru J.L. Osteosíntesis maxilofacial con materiales reabsorbibles. *Rev Esp Cirug Oral y Maxilofac.* 2004; 26 (6): 369-383.
36. Munton CG, Phillips CI, Martin B, Bartholomew RS, Capperault I. Vicryl (Polyglactin 910): a new synthetic absorbable suture in ophthalmic surgery. A preliminary study. *Br J Ophthalmol.* 1974; 58(11): 941-7.
37. Hoile RW. The use of a new suture material (Polydioxanone) in the biliary tract. *Ann R Coll Surg Engl.* 1983; 65(3): 168-71.

38. Trimbos JB, Niggebrugge A, Trimbos R, Van Rijssel EJ. Knotting abilities of a new absorbable monofilament suture: poliglecaprone 25 (Monocryl). *Eur J Surg*. 1995; 161(5): 319-22.
39. Zachmann GC, Foresman PA, Bill TJ, Bentrem DJ, Rodeheaver GT, Edlich RF. Evaluation of new absorbab Lactomer subcuticular staple. *J Appl Biomater*. 1994; 5(3): 221-6.
40. Hirashima T, Eto T, DenBesten L. Lactomer copolymer absorbable staples in gastrointestinal surgery. *Am J Surg*. 1985; 150(3): 381-5.
41. Arias J, Aller M.A, Fernandez-Miranda E, Arias JE, Lorente L. *Propedeutica quirúrgica*. 1ª Ed. Madrid: Tébar S.L. 2004.
42. Rodeheaver GT, Nesbit WS, Edlich RF. Novafil. A dynamic suture for wound closure. *Ann Surg*. 1986; 204(2): 193-199.
43. Fitzpatrick TB. *Dermatología en Medicina General*. 7ª Ed. España: Editorial Médica Panamericana S.A.; 2009.
44. Armas Moredo K, Armas Pérez BA, Segura Pujal L, Márquez Hernández J, Armas Moredo K. Materiales de sutura quirúrgico. *AMC [Revista on-line]* 2009 [acceso 19 octubre de 2013]; 13(5). Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/amc/v13n5/amc110509.pdf>
45. Pestana-Tirado R.A., Ariza-Solano G.J., Palmett-Oviedo D.M., Gonzalez Di-Filippo A. *Rev Colomb Cir* 1999; 14(4): 253-262.
46. Polaco A, Martínez S. Selección y uso de los materiales de sutura. En: Martínez S, Valdés R: *Cirugía, bases del conocimiento quirúrgico*. México DF: Interamericana Mc Graw-Hill; 1996. p. 61-71.
47. Stadelmann WK, Digenis AG, Tobin GR. Physiology and healing dynamics of chronic cutaneous wounds. *Am J Surg*. 1998;176(2A Suppl):26S-38S.
48. Deodhar A K, Rana R E. Surgical physiology of wound healing: a review. *J Postgrad Med* 1997;43:52.
49. Midwood KS, Williams LV, Schwarzbauer JE. Tissue repair and the dynamics of the extracellular matrix. *Int J Biochem Cell Biol*. 2004; 36(6): 1031-7.

50. Rivera Escalante VP. Fisiología de la cicatrización. [Internet]. Ecuador: Sociedad Ecuatoriana de Cirugía; 2002 [acceso 19 de diciembre de 2013]. Disponible en: [http://www.medicosecuador.com/librosecng/articulos/1/fisiologia\\_de\\_la\\_cicatricacion.htm](http://www.medicosecuador.com/librosecng/articulos/1/fisiologia_de_la_cicatricacion.htm)
51. Hunt TK: The physiology of wound healing. *Ann Emerg Med.* 1988; 17: 265-1273.
52. Harris DR. Healing of the surgical wound. *J Am Acad Dermatol.* 1979; 1:197-207.
53. Madsen ET. An Experimental and Clinical Evaluation of Surgical Suture Materials. *Surg Gynecol Obstet.* 1953; 97(1): 73-80.
54. Kenady DE. Management of abdominal wounds. *Surg Clin NA* 1984; 64(4):803-806.
55. Echeverría E., Olivares J. Clinical and experimental evaluation of suture materials treated with antibiotics. *Am J Surg* 1959; 98(5): 695–701.
56. Sussman C, Bates-Jensen BM. *Wound Care: A Collaborative Practice Manual for Physical Therapists and Nurses.* Gaithersburg: Aspen Publishers; 1998.
57. Ma LL, Ye JF, Tang WH. Knotless Laparoscopic Radical Prostatectomy: A Preliminary Experience. *Chin Med J* 2015; 128: 409-12.
58. Alcamo JH, inventor. Surgical suture. US patent 3.123.077. March 3, 1964.
59. Hochberg J, Meyer KM, Marion MD. Selección de la sutura y otros métodos para el cierre de la piel. *Surg Clin N Am* 2009; 89: 627–641.
60. Valero R, Schatloff O, Chauhan S, HwiiKo Y, Sivaraman A, Coelho RF et al. Bidirectional barbed suture for bladder neck reconstruction, posterior reconstruction and vesicourethral anastomosis during robot assisted radical prostatectomy. *Actas Urol Esp.* 2012; 36(2): 69-74.
61. Paul MD, Avelar R. Quill SRS: técnicas e intervenciones. EEUU: Angiotech Pharmaceuticals; 2007.

62. Covidien Wound Closure Products [Internet]. New Haven: Covidien. [acceso el 22 de Agosto de 2015]. Disponible en: <http://www.covidien.com/content/dam/covidien/library/global/english/product/wound-closure/barbed-sutures/v-loc-wound-closure-devices-product-catalog.pdf>
63. Chapman S, Turo R, Cross W. Vesicourethral anastomosis using V-Loc™ barbed suture during robot-assisted radical prostatectomy. *Cent European J Urol.* 2011; 64(4):236
64. Committee on recognition and alleviation of pain in laboratory animals. Recognition and assessment of pain in laboratory animals. Washington DC: The National Academies press; 2009.
65. Mayhew PD, Brown DC. Prospective evaluation of two intracorporeally sutured prophylactic laparoscopic gastropexy techniques compared with laparoscopic assisted gastropexy in dogs. *Vet Surg* 2009; 38: 738–746.
66. Verdaasdonk EG, Stassen LP, Widhiasmara PP, Dankelman J. Requirements for the design and implementation of checklists for surgical processes. *Surg Endosc.* 2009; 23: 715-726.
67. Ritter EM, McClusky DA III, Gallagher AG, Smith CD. Real-time objective assessment of knot quality with a portable tensiometer is superior to execution time for assessment of laparoscopic knot-tying performance. *Surg Innov.* 2005; 12: 233-237.
68. Van Sickle KR, Smith B, McClusky DA III, Baghai M, Smith CD, Gallagher AG. Evaluation of a tensiometer to provide objective feedback in knot-tying performance. *Am Surg.* 2005; 71: 1018-1023.
69. Lee JS, Hong TH. In vivo porcine training model for laparoscopic Roux-en-Y choledochojejunostomy. *Ann Surg Treat Res.* 2015; 88(6): 306-310.
70. Tera H, Aberg C. Tensile strengths of 12 types of knot employed in surgery, using different suture materials. *Acta Chir Scand.* 1976; 142: 1-7.
71. Stone IK, von Fraunhofer JA, Masterson BJ. The biomechanical effects of tight suture closure upon fascia. *Surg Gynecol Obstet.* 1986; 163: 448-52.
72. Kadirkamanathan SS, Shelton JC, Hepworth CC, Laufer JG, Swain CP. A comparison of the strength of knots tied by hand and at laparoscopy. *J Am Coll Surg.* 1996; 182: 46-54.

73. Van 't M, Steyerberg EW, Nellensteyn J, Bonjer HJ, Jeekel J. Meta-analysis of techniques for closure of midline abdominal incisions. *Br J Surg.* 2002; 89(11): 1350-6
74. Jenkins T.P. The burst abdominal wound: a mechanical approach. *Br J Surg.* 1976; 63(11): 873-6.
75. Israelsson LA, Jonsson I. Overweight and healing of midline incisions: the importance of suture technique. *Eur J Surg.* 1997; 163: 175-180.
76. Israelsson LA, Jonsson I. Suture length to wound length ratio and healing of midline laparotomy incisions. *Br J Surg.* 1993; 80: 1284-1286.
77. Hodgson NC, Malthaner RA, Ostbye I. The search for an ideal method of abdominal fascial closure: a meta-analysis. *Ann Surg.* 2000; 231: 436-442.
78. Weiland DE, Bay RC, Del Sordi S. Choosing the best abdominal closure by meta-analysis. *Am J Surg.* 1998; 176: 666-670.
79. Rucinski J, Margolis M, Panagopoulos G, et al. Closure of the abdominal midline fascia: meta-analysis delineates the optimal technique. *Am Surg* 2001; 67(5): 421-426.
80. Cengiz V, Blomquist P, Israelsson LA. Small tissue bites and wound strength: an experimental study. *Arch Surg.* 2001; 136: 272-275.
81. Diener MK, Voss S, Jensen K, et al. Elective midline laparotomy closure: the INLINE systematic review and meta-analysis. *Ann Surg.* 2010; 251(5): 843-56.
82. Millbourn D, Cengiz Y, Israelsson LA. Effect of stitch length on wound complications after closure of midline incisions: a randomized controlled trial. *Arch Surg.* 2009; 144: 1056-1059.
83. Harlaar JJ, van Ramshorst GH, Nieuwenhuizen J, Ten Brinke JG, Hop WC, Kleinrensink GJ et al. Small stitches with small suture distances increase laparotomy closure strength. *Am J Surg.* 2009; 198(3): 392-5.
84. Deerenberg EB, Harlaar JJ, Steyerberg EW, Lont HE, van Doorn HC, Heisterkamp J et al. Small bites versus large bites for closure of abdominal midline incisions (STITCH): a double-blind, multicentre, randomised controlled trial. *Lancet.* 2015 Jul 15 [epub ahead of print].

85. McKenzie AR. An experimental multiple barbed suture for the long flexor tendons of the palm and fingers. Preliminary report. *J Bone Joint Surg.* 1967; 49: 440-447.
86. Buncke HJ, inventor. Surgical methods using one-way suture. US patent 5.931.855. August 3, 1999.
87. Einarsson JI, Vellinga TT, Twijnstra AR, Chavan NR, Suzuki Y, Greenberg JA. Bidirectional Barbed Suture: An Evaluation of Safety and Clinical Outcomes. *JLS* 2010; 14(3): 381-385.
88. Zorn KC. Robotic radical prostatectomy: assurance of water-tight vesicourethral anastomotic closure with the Lapra-Ty clip. *J Endourol* 2008; 22: 863-5.
89. Assut Europe S.P.A. Filbloc®. [Internet]. Roma: Assut Europe S.p.A. Head Office; 2011. [acceso 18 de julio de 2015]. Disponible en: <http://www.assuteurope.com/prodotti.asp>
90. Ethicon US. STRATAFIX™ Knotless Tissue Control Devices. [Internet]. US: Ethicon, Johnson & Johnson; 2015. [acceso 18 de julio de 2015]. Disponible en: <http://www.ethicon.com/healthcare-professionals/products/wound-closure/tissue-control-devices>.
91. González Ramos P., Nassar Melic N., Herráiz Esteban N., Boillos Calvo M.J., Pérez Hiraldo P., Ibáñez Burillo P. La rata Wistar como modelo animal experimental, para el adiestramiento laparoscópico de residentes con entrenadores pélvicos. *Prog Obstet Ginecol.* 2011; 54(6): 325-329.
92. Flecknell, P. Anestesia de Animales de Laboratorio. 2ª Ed. Zaragoza: Editorial Acribia; 1998.
93. Riciardi BF, Chequim LH, Ribeiro R, Hasegawa L. Abdominal hernia repair with mesh surrounded by fibrous tissue experimental study in Wistar rats. *Rev. Col. Bras. Cir.* 2012; 39(3): 195-200.
94. Russell W, Burch R. The principles of humane experimental technique. London: Methuen, 1992.
95. Goldberg A, Zurlo J, Rudacille D. The three Rs and biomedical research. *Science* 1996; 272(5267): 1403.
96. Vanda-Cantón B. La experimentación biomédica en animales en los códigos bioéticos. *Lab Acta.* 2003; 15: 69-73.



97. Hollinsky C, Kolbe T, Walter I, Joachim A, Sandberg S, Koch T. Comparison of a New Self-Gripping Mesh with Other Fixation Methods for Laparoscopic Hernia Repair in a Rat Model. *J Am Coll Surg*. 2009; 208(6): 1107-14.
98. López-Cano M, Armengol M, Quiles MT, Biel A, Velasco J, Huguet P et al. Preventive midline laparotomy closure with a new bioabsorbable mesh: an experimental study. *J Surg Res*. 2013;181(1): 160-9.
99. Bellon JM, Perez-Lopez P, Simon-Allue R, Sotomayor S, Perez-Köhler B, Peña E, et al. New suture materials for midline laparotomy closure: An experimental study. *BMC Surg*. 2014;14: 70.
100. R. Simón-Allué, P. Pérez-López, S. Sotomayor, E. Peña, G. Pascual, J.M. Bellón, B. Calvo Short- and long-term biomechanical and morphological study of new suture types in abdominal wall closure. *J Mech Behav Biomed Mater* 2014; 37: 1-11.
101. Wissing J, van Vroonhoven TJ, Schattenkerk ME, Veen HF, Ponsen RJ, Jeekel J. Fascia closure after midline laparotomy: results of a randomized trial. *Br J Surg* 1987; 74: 738-741.
102. Muysoms FE, Antoniou SA, Bury K, Campanelli G, Conze J, Cuccurullo D et al. European Hernia Society guidelines on the closure of abdominal wall incisions. *Hernia*. 2015;19(1): 1-24.
103. Paul MD. Bidirectional barbed sutures for wound closure: evolution and applications. *J Am Coll Certif Wound Spec*. 2009; 1: 51-57.
104. Rodeheaver GT, Pineros-Fernandez A, Salopek LS, et al. Barbed sutures for wound closure: in vivo wound security, tissue compatibility and cosmesis measurements. En: *The Society for Biomaterials 30th Annual Meeting Transactions*. Memphis, TN. 2005.
105. Rashid R, Sartori M, White LE, Villa MT, Yoo SS, Alam M. Breaking strength of barbed polypropylene sutures: a randomized, controlled comparison with non-barbed sutures of various calibers. *Arch Dermatol*. 2007; 143: 869-872.
106. Zaruby J, Gingras K, Taylor J, et al: An in vivo comparison of barbed suture devices and conventional monofilament sutures for cosmetic skin closure: biomechanical wound strength and histology. *Aesthet Surg J*. 2011; 31: 232-240.

107. Alessandri F, Remorgida V, Venturini PL, Ferrero S, et al. Unidirectional barbed suture versus continuous suture with intracorporeal knots in laparoscopic myomectomy: a randomized study. *J Minim Invasive Gynecol.* 2010; 17(6): 725-9.
108. Templeton MM, Krebs AI, Kraus KH, Hedlund CS. Ex vivo Biomechanical Comparison of V-Loc 180® Absorbable Wound Closure Device and Standard Polyglyconate Suture for Diaphragmatic Herniorrhaphy in a Canine Model. *Vet Surg.* 2015; 44: 65-69.
109. Leung JC, Ruff GL, Megaro MA. Barbed, bi-directional Medical Sutures: biomechanical properties and wound closure efficacy study. En: the Society for Biomaterials 28th Annual Meeting. Tampa, FL. 2002.
110. Leung JC, Pritt S. Barbed, bi-directional surgical sutures: In Vivo strength and histopathology evaluation. En: the Society for Biomaterials 29th Annual Meeting. Reno, NV. 2003.
111. Leung JC, Ruff GL, Batchelor SD. Performance of a knotless suture via Barb Geometry Modifications. En: 7th World Biomaterials Congress. Sydney, Australia. 2004.
112. Oni G, Brown SA, Kenkel JM. A comparison between barbed and nonbarbed absorbable suture for fascial closure in a porcine model. *Plast Reconstr Surg.* 2012; 130(4): 535e-540e.
113. Castaldi MA, Cobellis L, Fraternali F, Ardivino M, Ardivino I, Colacurci N. Biomechanical features of bidirectional-barbed suture: a randomized laboratory analysis. *Surg Technol Int.* 2014;24: 45-8.
114. Rahbari NN, Knebel P, Diener MK, et al. Current practice of abdominal wall closure in elective surgery: is there any consensus? *BMC Surg.* 2009; 9: 8.
115. Arbos MA, Ferrando JM, Quiles MT, et al. Improved surgical mesh integration into the rat abdominal wall with arginine administration. *Biomaterials* 2006;27:758-68.
116. Franz MG, Kuhn MA, Wright TE, Wachtel TL, Robson MC. Use of the wound healing trajectory as an outcome determinant for acute wound healing. *Wound Repair Regen.* 2000; 8(6): 511-6.

117. Dubay DA, Wang X, Kuhn MA, Robson MC, Franz MG. The prevention of incisional hernia formation using a delayed-release polymer of basic fibroblast growth factor. *Ann Surg.* 2004; 240(1): 179-86.
118. DuBay DA, Choi W, Urbanchek MG, et al. Incisional herniation induces decreased abdominal wall compliance via oblique muscle atrophy and fibrosis. *Ann Surg.* 2007; 245(1):140-6.
119. Capitan JM, Morales D, Docobo F. Unidad 19: Eventraciones en CMA. En: Módulo III, II Curso Online de Cirugía Mayor Ambulatoria. Madrid: Sección de Cirugía Mayor Ambulatoria de la AEC; 2014. p. 23-40.
120. Kondo T, Ishida Y. Molecular pathology of wound healing. *Forensic Sci Int.* 2010; 203(1-3): 93-8.
121. Singer AJ, Clark RA. Cutaneous wound healing. *N Engl J Med.* 1999; 341(10): 738-46.
122. Grillner S, Nilsson J, Thorstensson A. Intra-abdominal pressure changes during natural movements in man. *Acta Physiol Scand* 1978; 103: 275-283.
123. Cresswell AG, Grundstrom H, Thorstensson A. Observations on intra-abdominal pressure and patterns of abdominal intramuscular activity in man. *Acta Physiol Scand* 1992; 144: 409-418.
124. Cresswell AG, Thorstensson A. The role of the abdominal musculature in the elevation of the intraabdominal pressure during specified tasks. *Ergonomics* 1989; 32: 1237-1246.
125. Suárez-Grau JM, Morales-Conde S, Martín-Cartes JA, Rubio Chaves C, Bustos Jiménez M et al. Mesh Fixation with sutures versus fibrin sealant in hernioplasty with re-absorbable prosthesis (polyglycolic acid and trimethylene carbonate). Experimental study in animals. *Cir Esp.* 2009; 86(4): 242-8.
126. Grässel 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.
127. Axer, H., Keyserlingk, D. G. V., Prescher, A. Collagen fibers in linea alba and rectus sheaths. I. General scheme and morphological aspects. *J Surg Res.* 2001; 96(1): 127-34.

128. Hollinsky C, Hermann M, Glase KS. Biomechanik der Bauchdecke. *Chir Gastroenterol.* 2003; 19(2): 29-34.
129. Bellon JM, Perez-Lopez P, Simon-Allue R, Sotomayor S, Perez-Köhler B, Peña E, et al. New suture materials for midline laparotomy closure: An experimental study. *BMC Surg.* 2014; 14: 70.
130. Bellón JM, Rodríguez M, Serrano N, García-Honduvilla N, Gómez V, Buján J. Polypropylene and polydioxanone show similar biomechanical efficacy in midline closure. *Cir Esp.* 2005; 78(6): 377-81.
131. Ruff G. Techniques and uses for absorbable barbed sutures. *Aesthetic Surg J.* 2006; 26: 620-628.
132. Murtha A, Kaplan AL, Paglia MJ, Mills BB, Feldstein ML, Ruff GL. Evaluation of a novel technique for wound closure using a barbed suture. *Plast Reconstr Surg.* 2006; 117(6): 1769-80.
133. Ingle NP, King MW. Optimizing the tissue anchoring performance of barbed sutures in skin and tendon tissues. *J Biomechanics* 2010; 43: 302-309.
134. Leung JC. Barbed suture technology: recent advances. En: *Proceedings of the US Medical Textiles Conference.* Pittsburgh; 26-27 Octubre 2004.
135. Greenberg JA, Clark RM. Advances in suture material for obstetric and gynecologic surgery. *Rev Obstet Gynecol.* 2009; 2(3): 146-58.
136. Api M, Boza A, Cıkman MS, Aker FV, Onenerk M. Comparison of barbed and conventional sutures in adhesion formation and histological features in a rat myomectomy model: randomized single blind controlled trial. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2015;185: 121-5.
137. Einarsson JI, Vonnahme KA, Sandberg EM, Grazul-Bilska AT. Barbed compared with standard suture: effects on cellular composition and proliferation of the healing wound in the ovine uterus. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2012; 91: 613-619.
138. Verhofstad MD, Lange WP, van der Laak WM, Verhofstad AJ, Hendricks T. Microscopic analysis of anastomotic healing in the intestine of normal and diabetic rats. *Dis Colon Rectum.* 2001; 4(3): 423-31.

139. Ozog Y, Konstantinovic ML, Verschueren S, Spelzini F, De Ridder D, Deprest J. Experimental comparison of abdominal wall repair using different methods of enhancement by small intestinal submucosa graft. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* 2009; 20:435-41.
140. Van Winkle W, Hasting JC. Considerations in the choice of suture material for various tissues. *Surg Gynecol Obstet.* 1972; 135(1): 113-126.
141. Bohling MW, Henderson RA, Swaim SF, Kincaid SA, Wright JC. Cutaneous wound healing in the cat: A macroscopic description and comparison with cutaneous wound healing in the dog. *Vet Surg.* 2004; 33: 579-87.
142. Laufer N, Merino M, Trietsch HG, DeCherney AH. Macroscopic and histologic tissue reaction to polydioxanone, a new, synthetic, monofilament microsuture. *J Reprod Med.* 1984; 29(5): 307-10.
143. Ferrer-Márquez M, Belda-Lozano R, Uso de las suturas barbadas en cirugía general y digestiva. Revisión de conjunto. *Cir Esp.* 2015. [Epub ahead of print].
144. Weld KJ, Ames CD, Hruby G, Humphrey PA, Landman J. Evaluation of a novel knotless self-anchoring suture material for urinary tract reconstruction. *Urology.* 2006; 67(6): 1133-7.
145. Demyttenaere SV, Nau P, Henn M, Beck C, Zaruby J, Primavera M, Kirsch D, Miller J, Liu JJ, Bellizzi A, Melvin WS. Barbed suture for gastrointestinal closure: a randomized control trial. *Surg Innov.* 2009; 16(3): 237-42.
146. Miller J, Zaruby J, Kaminskaya K. Evaluation of a barbed suture device versus conventional suture in a canine enterotomy model. *J Invest Surg.* 2012; 25(2): 107-11.
147. Hansen LA, Monnet EL. Evaluation of a novel suture material for closure of intestinal anastomoses in canine cadavers. *Am J Vet Res.* 2012; 73(11): 1819-23.
148. Arbaugh M, Case JB, Monnet E. Biomechanical comparison of glycomer 631 and glycomer 631 knotless for use in canine incisional gastropexy. *Vet Surg.* 2013; 42: 205-9.
149. Nemecek E, Negrin L, Beran C, Nemecek R, Hollinsky C. The application of the V-Loc closure device for gastrointestinal sutures: a preliminary study. *Surg Endosc.* 2013; 27(10): 3830-4.

150. Nelson BB, Hassel DM. In vitro comparison of V-Loc™ versus Biosyn™ in a one-layer end-to-end anastomosis of equine jejunum. *Vet Surg.* 2014; 43(1): 80-4.
151. Omotosho P, Yurcisin B, Ceppa E, Miller J, Kirsch D, Portenier DD. In vivo assessment of an absorbable and nonabsorbable knotless barbed suture for laparoscopic single-layer enterotomy closure: a clinical and biomechanical comparison against nonbarbed suture. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2011; 21(10): 893-7.
152. Vakil JJ, O'Reilly MP, Sutter EG, Mears SC, Belkoff SM, Khanuja HS. Knee arthrotomy repair with a continuous barbed suture: a biomechanical study. *J Arthroplasty.* 2011; 26(5): 710-3.
153. Nett M, Avelar R, Sheehan M, Cushner F. Water-tight knee arthrotomy closure: Comparison of a novel single bidirectional barbed self-retaining running suture versus conventional interrupted sutures. *J Knee Surg.* 2011; 24: 55-9.
154. Marrero-Amadeo IC, Chauhan A, Warden SJ, Merrell GA. Flexor tendon repair with a knotless barbed suture: a comparative biomechanical study. *J Hand Surg Am.* 2011; 36(7): 1204-8.
155. Sato M, Matsumura H, Gondo M, Shimada K, Watanabe K. Flexor tendon repair with barbed suture: an experimental study. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2014; 24(8): 1421-4.
156. McClellan WT, Schessler MJ, Ruch DS, Levin LS, Goldner RD. A knotless flexor tendon repair technique using a bidirectional barbed suture: an ex vivo comparison of three methods. *Plast Reconstr Surg.* 2011; 128(4): 322e-327e.
157. Kanz BN, Morris RP, Lewis T, Panchbhavi VK. Biomechanical evaluation of a knotless barbed suture repair in a human Achilles tendon rupture model. *Foot Ankle Spec.* 2014; 7(3): 176-81.
158. Greenberg JA, Walden S, Hammer CM, Grazul-Bilska AT, Vonnahme KA. A comparison of barbed and smooth sutures for ovine cesarean delivery. *Int J Gynaecol Obstet.* 2011; 113(3): 215-7.
159. Einarsson JI, Grazul-Bilska AT, Vonnahme KA. Barbed vs standard suture: randomized single-blinded comparison of adhesion formation and ease of use in an animal model. *J Minim Invasive Gynecol.* 2011; 18(6): 716-9.

160. Fowler JR, Perkins TA, Buttaro BA, Truant AL. Bacteria Adhere Less to Barbed Monofilament Than Braided Sutures in a Contaminated Wound Model. *Clin Orthop Relat Res.* 2013; 471(2): 665-671.
161. Gözen AS, Arslan M, Schulze M, Rassweiler J. Comparison of laparoscopic closure of the bladder with barbed polyglyconate versus polyglactin suture material in the pig bladder model: An experimental in vitro study. *J Endourol.* 2012; 26: 732-6.
162. Patri P, Beran C, Stjepanovic J, Sandberg S, Tuchmann A, Christian H. V-Loc, a new wound closure device for peritoneal closure—is it safe? A comparative study of different peritoneal closure systems. *Surg Innov.* 2011; 18(2): 145-9.
163. Lee SW, Nomura E, Tokuhara T, Kawai M, Matsushashi N, Yokoyama K, Fujioka H, Hiramatsu M, Okuda J, Uchiyama K. Laparoscopic technique and initial experience with knotless, unidirectional barbed suture closure for staple- conserving, delta-shaped gastroduodenostomy after distal gastrectomy. *J Am Coll Surg.* 2011; 213: 39-45.
164. De Blasi V, Facy O, Goergen M, Poulain V, de Magistris L, Azagra JS. Barbed versus usual suture for closure of the gastrojejunal anastomosis in laparoscopic gastric bypass: A comparative trial. *Obes Surg.* 2013; 23: 60-3.
165. Milone M, Di Minno MN, Galloro G, Maietta P, Bianco P, Milone F, et al. Safety and efficacy of barbed suture for gastrointestinal suture: A prospective and randomized study on obese patients undergoing gastric bypass. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2013; 23: 756-9.
166. Facy O, De Blasi V, Goergen M, Arru L, De Magistris L, Azagra JS. Laparoscopic gastrointestinal anastomoses using knotless barbed sutures are safe and reproducible: a single-center experience with 201 patients. *Surg Endosc.* 2013; 27(10): 3841-5.
167. Tyner RP, Clifton GT, Fenton SJ. Hand-sewn gastrojejunostomy using knotless unidirectional barbed absorbable suture during laparoscopic gastric bypass. *Surg Endosc.* 2013; 27:1360-6.
168. Costantino F, Dente M, Perrin P, Sarhan FA, Keller P. Barbed unidirectional V-Loc 180 suture in laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass: a study comparing unidirectional barbed monofilament and multifilament absorbable suture. *Surg Endosc.* 2013; 27(10): 3846-51.

169. Palmisano S, Giuricin M, Makovac P, Casagrande B, Piccinni G, de Manzini N. Totally hand-sewn anastomosis using barbed suture device during laparoscopic gastric bypass in obese. A feasibility study and preliminary results. *Int J Surg*. 2014;12:1385-9.
170. Kassir R, Tiffet O, Breton C, Blanc P. Gastric bypass using barbed suture (with video). *J Visc Surg*. 2014;151(6): 475-6.
171. Edil BH, Cooper MA, Makary MA. Laparoscopic pancreaticojejunostomy using a barbed suture: A novel technique. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2014; 24: 887-91.
172. Malya FU, Karatepe O, Bektasoglu H, Cipe G, Bozkurt S, Hasbahceci M, et al. A reliable pancreaticojejunal anastomosis with V-Loc 180 wound closure device for soft pancreatic stump. *Hepatogastroenterology*. 2014; 61(130): 484-8.
173. Nguyen D, Szomstein S, Ordonez A, Dip F, Rajan M, Menzo EL, Rosenthal RJ. Unidirectional barbed sutures as a novel technique for laparoscopic ventral hernia repair. *Surg Endosc*. 2015 Jun. [Epub ahead of print].
174. Matsushashi N, Takahashi T, Nonaka K, Tanahashi T, Imai H, Sasaki Y, et al. Laparoscopic technique and safety experience with barbed suture closure for pelvic cavity after abdominoperineal resection. *World J Surg Oncol*. 2013; 11: 115.
175. Takayama S, Nakai N, Shiozaki M, Ogawa R, Sakamoto M, Takeyama H. Use of barbed suture for peritoneal closure in transabdominal preperitoneal hernia repair. *World J Gastrointest Surg*. 2012; 4(7): 177-179.
176. Buchs NC, Ostermann S, Hauser J, Roche B, Iselin CE, Morel P. Intestinal obstruction following use of laparoscopic barbed suture: A new complication with new material? *Minim Invasive Ther Allied Technol*. 2012; 21: 369-71.
177. Donnellan NM, Mansuria SM. Small bowel obstruction resulting from laparoscopic vaginal cuff closure with a barbed suture. *J Minim Invasive Gynecol*. 2011; 18: 528-30.
178. Thubert T, Pourcher G, Deffieux X. Small bowel volvulus following peritoneal closure using absorbable knotless device during laparoscopic sacral colpopexy. *Int Urogynecol J*. 2011; 22: 761-3.



179. Quibel S, Roman H, Marpeau L. Volvulus following barbed suture. *Gynecol Obstet Fertil*. 2012; 40(6): 382-3.
180. Salminen HJ, Tan WS, Jayne DG. Three cases of small bowel obstruction after laparoscopic ventral rectopexy using the V-Loc® suture. *Tech Coloproctol*. 2014;18(6): 601-2.
181. Filser J, Reibetanz J, Krajinovic K, Germer C-T, Dietz UA, Seyfried F. Small bowel volvulus after transabdominal preperitoneal hernia repair due to improper use of V-Loc™ barbed absorbable wire – do we always “read the instructions first”? *Int J Surg Case Rep*. 2015; 8: 193-195.
182. Köhler G, Mayer F, Lechner M, Bittner R. Small bowel obstruction after TAPP repair caused by a self-anchoring barbed suture device for peritoneal closure: case report and review of the literature. *Hernia*. 2015; 19(3): 389-94.
183. Sakata S, Kabir S, Petersen D, Doudle M, Stevenson AR. Are we burying our heads in the sand? Preventing small bowel obstruction from the V-loc® suture in laparoscopic ventral rectopexy. *Colorectal Dis*. 2015; 17(9): 180-3.



# IX. ANEXOS



# IX. ANEXOS



Servicio Andaluz de Salud  
CONSEJERÍA DE SALUD

## INFORME DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN DE CENTRO H.U. VIRGEN DEL ROCIO

El Comité de Ética de la Investigación de centro H.U. Virgen del Rocio de Sevilla, reunido en la Sesión Ordinaria celebrada el día veintinueve de febrero de dos mil doce y según consta en el acta 02/12, ha valorado el estudio presentado por la **Dra. Dña. Carmen Cepeda Franco**, titulado:

**2012PI/058 "Estudio experimental comparativo entre sutura con barbas (sin nudo) y sutura convencional en animales de experimentación".**

Se emite **INFORME FAVORABLE**

En Sevilla, a dieciséis de marzo de dos mil doce



Fdo.: Roberto Marín Gil  
Secretario





Servicio Andaluz de Salud  
CONSEJERÍA DE SALUD

**Informe Dictamen Favorable  
Proyecto Investigación Biomédica**

C.P. Proyecto CAVALL - C.I.

30 de julio de 2015

**CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío**

Dr. Víctor Sánchez Margalet  
Presidente del CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío

**CERTIFICA**

1º. Que el CEI de centro del Hospital Universitario Virgen del Rocío en su reunión del día 29/02/2012, acta 02/12 evaluó la propuesta del promotor referida al estudio:

**Título:** EVALUACIÓN BIOMECÁNICA DE SUTURAS AUTOFIJABLES EN MODELO EXPERIMENTAL ANIMAL

**Código Promotor:** Código Interno:

**Promotor:** Investigador

1º. Considera que

- El estudio se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y su realización es pertinente.
- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- Son adecuados tanto el procedimiento para obtener el consentimiento informado como la compensación prevista para los sujetos por daños que pudieran derivarse de su participación en el estudio.
- El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto a los postulados éticos.
- La capacidad de los Investigadores y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

2º. Por lo que este CEI emite un **DICTAMEN FAVORABLE**.

3º. Este CEI acepta que dicho estudio sea realizado en los siguientes CEI/Centros por los Investigadores:

CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío    Carmen Cepeda Franco  
*(Cirugía General y Aparato Digestivo) Hospital  
Universitario Virgen del Rocío*

Lo que firmo en Sevilla, a 31 de julio de 2015

Fdo:

Dr. Víctor Sánchez Margalet  
Presidente del CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío