

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS DE BOTUCATU

COMPARAÇÃO DE TRÊS DIFERENTES SUTURAS COM FIO  
ABSORVÍVEL FARPADO OU MONOFILAMENTAR EM  
ENTERORRAFIA EM SUÍNOS

BRUNA RIBEIRO PAIVA

Botucatu, São Paulo  
Março/2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS DE BOTUCATU

COMPARAÇÃO DE TRÊS DIFERENTES SUTURAS COM FIO  
ABSORVÍVEL FARPADO OU MONOFILAMENTAR EM  
ENTERORRAFIA EM SUÍNOS

BRUNA RIBEIRO PAIVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia Animal, área de concentração Cirurgia Veterinária, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP – Campus de Botucatu, como requisito para a Defesa da Dissertação e obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Juliany Gomes Quitzan

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Hussni

Botucatu, São Paulo  
Março/2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: LUCIANA PIZZANI-CRB 8/6772

Ribeiro Paiva, Bruna.

Comparação de três diferentes suturas com fio absorvível farpado ou monofilamentar em enterorrafia em suínos / Bruna Ribeiro Paiva. - Botucatu, 2019

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: Juliany Gomes Quitzan

Coorientador: Carlos Alberto Hussni

Capes: 50501070

1. Aderências. 2. Intestinos. 3. Suturas.

Palavras-chave: Aderência; Fio farpado; Intestino; Pressão de ruptura.

Composição da Banca Examinadora da Defesa da Dissertação de Bruna Ribeiro Paiva à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu, na data de 17 de abril de 2019, para obtenção do título de Mestre em Biotecnologia Animal.

---

Prof. Dr Carlos Alberto Hussni

---

Profa. Dra. Paola Castro Moraes

---

Prof. Dr. Victor José Vieira Rossetto

*Quem caminha sozinho pode  
até chegar mais rápido, mas  
aquele que vai  
acompanhado, com certeza  
vai mais longe.  
-Clarice Lispector*

## **Agradecimentos**

Palavras nunca serão suficientes para descrever a minha gratidão neste momento. Listar todos os envolvidos e contribuintes com o desenvolvimento deste trabalho é uma tarefa bastante difícil. Neste momento, desejo que todos que me conhecem, participando ou não deste trabalho, sintam-se agradecidos. A contribuição indireta, com uma palavra amiga, um momento de apoio se também foram muito importantes neste caminho. Se cheguei até aqui, com certeza não foi sozinha.

Primeiramente agradeço à minha base, meus pais, Lindinalva e Janibal, por me ensinarem tudo sobre a vida, desde o caminhar até às tomadas de decisões, vocês são meus exemplos. Mesmo com a distância sempre me direcionaram bons conselhos, energias e pensamentos, se fizeram tão presentes como se estivessem aqui comigo, amo muito vocês! Este estímulo ao aprendizado é algo que levarei para sempre comigo, podem ter certeza que vocês foram e sempre serão o motor do meu desenvolvimento. Ao olhar para frente, posso não saber aonde ir, mas olho para trás e tenho certeza de onde vim. Agradeço também ao meu irmão, Mateus, pelo apoio e carinho, nesta fase tão importante.

Ao meu namorado, Iago, por acreditar em mim e pelo apoio contínuo. Sempre ao meu lado, com palavras de carinho e perseverança, nos momentos em que mais precisei. Agradeço também, por dividir as angústias e comemorar as conquistas, por ser meu ombro amigo e parceiro. Este é um momento que estou muito feliz em dividir com você, uma vitória que ficará marcada.

A minha orientadora, Profa. Dra. Juliany Gomes Quitzan, por tudo, pela orientação e amizade, obrigada por acreditar em mim e por todo o auxílio ao longo deste caminho. Com certeza não foi uma jornada fácil, mas acredito que os aprendizados foram inúmeros. Tenho grande alegria por ter me permitido trilhar este caminho com você. Um exemplo de professora, profissional e pessoa, você é um espelho para mim.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Carlos Alberto Hussni pelo apoio nestes últimos meses, muito obrigada pelo auxílio, principalmente nas questões burocráticas.

Ao Prof. Dr. Stélio Pacca Luna e seus pós-graduandos, pela realização de todos os procedimentos anestésicos e controle de dor pós-operatória dos animais deste estudo.

À Profa. Dra. Claudia Helena Pellizzon, pela avaliação de todo material histológico.

Ao senhor José Carlos, técnico do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina de Botucatu, pela confecção das lâminas de microscopia.

À Dra. Juliana de Moura Alonso pelo auxílio na execução dos procedimentos cirúrgicos.

Um agradecimento especial também, aos funcionários, docentes e residentes da Clínica Médica de Grandes Animais, por receber e alojar os animais deste estudo, sempre auxiliando em seu manejo quando necessário. Vocês foram muito importantes.

À toda equipe envolvida no desenvolvimento deste projeto, colegas da pós-graduação, graduação e professores, sem vocês nada disso seria possível, foram dias de preparação, procedimentos cirúrgicos e acompanhamento pós-operatório que não seriam possíveis sem toda a equipe.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP Campus de Botucatu, por me acolher tão bem, desde a Residência na Clínica Cirúrgica de Pequenos Animais até este momento de conclusão do curso de Mestrado.

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo apoio financeiro durante o desenvolvimento deste trabalho.

## SUMÁRIO

Resumo .....	viii
Abstract.....	ix
CAPÍTULO 1 .....	10
1.Introdução .....	10
2 Revisão de Literatura.....	11
2.1 Indicações para cirurgias gastrointestinais.....	12
2.2 Variações nas enterorragias de acordo com as espécies.....	13
2.3 Materiais disponíveis para síntese intestinal .....	13
2.3.1 Fios de Sutura .....	14
2.3.2 Anéis de anastomose e grampeadores.....	15
2.3.3 Fio farpado .....	16
2.4 Complicações pós cirúrgicas.....	18
2.5 Métodos de Avaliação da Integridade das Suturas Gastrointestinais .....	20
3 Cicatrização do Trato Gastrointestinal .....	20
4 Objetivo.....	23
4.1 Objetivos específicos .....	23
5 Referências.....	24
CAPÍTULO 2 .....	33
1.Artigo Científico.....	33
1.1 Summary .....	34
1.2 Introduction .....	35
1.3 Material and methods.....	36
1.4 Results.....	41
1.5 Discussion .....	45
1.6 References .....	51



## Resumo

Devido à alta incidência de cirurgias gastrointestinais nas diferentes espécies, incluindo o homem, diversas técnicas e materiais são continuamente desenvolvidos visando otimizar os procedimentos e diminuir as principais complicações observadas, dentre elas deiscência, extravasamento de conteúdo, aderências, peritonite e sepse. O fio farpado é uma recente opção de sutura, que beneficia especialmente as modalidades cirúrgicas laparoscópicas ou videoassistidas, pois a dispensabilidade de nós facilita a sutura e diminui o tempo cirúrgico. Ainda, as farpas ao redor do fio permitem melhor adesão ao tecido e distribuição uniforme da tensão. Com o objetivo de comparar três tipos suturas realizadas com o fios absorvíveis monofilamentares, farpado ou liso, em relação ao tempo de sutura, escore de aderência, resistência ao teste de ruptura e avaliação histológica, foram executadas enterorráfias em jejuno de 12 suínos (sutura farpada, sutura contínua e isolada simples). Os animais foram randomizados em três grupos (n=4), referindo-se aos dias pós-operatórios para coleta das amostras (G3, G10 e G21). Houve diferença entre as médias dos tempos de execução, quando comparadas as suturas farpada ( $274,33 \pm 70,48$ ) e contínua ( $350,41 \pm 87,25$ ), em relação à isolada ( $469,00 \pm 109,72$ ). Comparando-se os três padrões, nos diferentes momentos, os escores de aderência e as pressões aferidas no teste de ruptura não apresentaram diferença significativa, assim como a análise histopatológica, onde não foi observado diferença no grau de inflamação, fibrose, alinhamento tecidual, necrose e neovascularização. Não ocorreram complicações devido à falha das suturas. A sutura farpada apresentou resultado semelhante aos demais padrões testados, porém sendo superior com relação ao tempo de execução da sutura.

Palavras chave: fio farpado, intestino, aderência, pressão de ruptura.

## Abstract

Due to the high incidence of gastrointestinal surgeries in many species including humans, several techniques and materials have been continuously investigated to improving the procedures towards to avoid the most common complications, including dehiscence, leakage of contents, adhesions, peritonitis and sepsis. Barbed suture has recently come under focus for laparoscopic or video-assisted procedures, once it is a knotless suture and makes the suturing time shorter. In addition, the barbs around the suture promotes better adhesion to the tissue and uniform distribution of the tension. To compare three types of sutures performed with monofilament conventional or barbed suture, both absorbable, in relation to suture time, adhesion score, burst pressure and histology, jejunal sutures were performed in 12 pigs (barbed suture, continuous suture and simple interrupted). The groups (n = 4) were randomized, referring to the postoperative days for final evaluation (G3, G10 and G21). There was a difference on suturing time, when compared barbed ( $274.33 \pm 70.48$ ) and continuous ( $350.41 \pm 87.25$ ) to the interrupted pattern ( $469.00 \pm 109.72$ ). Among the 3 techniques at G3, 10 or 21, adherence scores and bursting pressure were not significantly different as well as histology evaluation, since no difference could be detected, in the grade of inflammation, fibrosis, tissue alignment, necrosis and neovascularization, at the suturing sites. No complications due to suture failures were observed. Barbed suture was similar as compared to conventional patterns, but faster than them.

Key words: barbed suture, intestine, adhesion, burst pressure.

# CAPÍTULO 1

## 1.Introdução

A alta incidência de afecções no trato gastrointestinal que requerem tratamento cirúrgico é relatada em diferentes espécies, incluindo o homem (EDUARDS, 1986; LUIJENDIJK et al., 1996; FOSSUM; HEDLUM, 2003; BROWN, 2011; TYNER; CLIFTON; FENTON, 2013). São indicações para intervenção cirúrgica intestinais obstruções, traumatismos, mal posicionamentos como vôlvulos ou encarceramentos, infecções e procedimentos diagnósticos de suporte como biópsia, cultura, citologia e sondas alimentares (HEDLUND; FOSSUM, 2008; BROWN, 2011). Complicações como extravasamento, aderência, deiscência, perfuração, peritonite, estenose, síndrome do intestino curto, choque e morte são frequentemente relatadas no pós operatório das mais diversas cirurgias intestinais (MENZIES; ELLIS, 1990; HEDLUND; FOSSUM, 2008; JARDEL et al., 2011; FINCK et al., 2014; FERNANDEZ et al., 2017).

Em cães e gatos, o padrão de sutura utilizado deve envolver a submucosa, por ser a camada mais resistente da parede intestinal, resultando em cicatrização primária do sítio de enterotomia. Além disso, para a realização da sutura é preferencial o uso de materiais monofilamentares absorvíveis (GENZINI et al., 1992; FOSSUM; HEDLUM, 2003). A síntese intestinal pode ser realizada por pontos interrompidos ou por sutura continua simples, ambas apresentam graus variados de eversão, que não representam preocupação importante para a cirurgia intestinal em pequenos animais (HEDLUND; FOSSUM, 2008). Em humanos e equinos, são diversas as técnicas descritas, com um ou dois planos de sutura interrompida ou contínua (EDUARDS, 1986; AULETTA et al., 2011; ROSS et al., 2016).

Os procedimentos cirúrgicos intestinais não devem ser vistos como triviais, a escolha do material ou técnica errados podem implicar em deiscência do sítio de sutura, levando o paciente à quadros de peritonite, que pode evoluir para sepse e óbito (FOSSUM; HEDLUM, 2003; KIEVES; KREBS; ZELLNER, 2018). A viabilidade de novas técnicas de sutura e materiais são estudadas extensivamente, em busca de melhores protocolos de tratamento, para os indivíduos que necessitam de procedimentos cirúrgicos no trato gastrointestinal (SHALES et al., 2005; DUELL et al., 2016; ROSS et al., 2016; CHEN; HONG; DING, 2017).

Como alternativa às cirurgias abertas convencionais, os procedimentos

laparoscópicos são rotineiramente realizados em medicina (SCOTT-CONNER, 2002; TYNER; CLIFTON; FENTON, 2013) e vêm ganhando espaço em medicina veterinária (BRUN, 2015; WORMSER; RUNGE, 2016). As técnicas minimamente invasivas para abordagem intestinal são menos convencionais e desafiadoras para o cirurgião, tanto pela possibilidade de contaminação quanto pela necessidade de síntese impecável do órgão. O pequeno espaço de trabalho dificulta as manobras rotineiras de sutura e o material específico para estes procedimentos reduz o contato direto com o material de sutura, tornando necessário treinamento especializado para sua execução (HEDLUND; FOSSUM, 2008; BAUTISTA et al., 2016).

Neste contexto, o fio de sutura com farpas tem auxiliado cirurgiões, principalmente em procedimentos videolaparoscópicos. Esses fios apresentam âncoras na superfície por todo seu comprimento, denominadas farpas que permitem a maior fixação ao tecido e tornam desnecessária a realização do nó de encerramento (OMOTOSHO et al., 2011).

A busca por materiais e técnicas de melhor eficiência, em sutura intestinal tem embasado diversas pesquisas em medicina e medicina veterinária (FERNANDES et al., 2000; DEMYTTENAERE et al., 2009; BERNIS-FILHO et al., 2013; GYS et al., 2017), uma vez que ainda não se tem determinados um fio ou técnica ideais (BERNIS-FILHO et al., 2013).

As semelhanças anatômicas e fisiológicas com o trato gastrointestinal de humanos e cães tornaram os suínos modelos experimentais de referência para estudo de técnicas cirúrgicas, sendo possível obter informações quanto a biomecânica e processo cicatricial dos pacientes submetidos a cirurgias gastrointestinais (KARARLY, 1995; TOUBANAKIS et al., 2000; OMOTOSHO et al., 2011). A escassez de estudos comparativos, em medicina veterinária, entre a enterorrafia com fio farpado e materiais e técnicas comumente utilizadas, avaliando viabilidade, segurança da sutura, evolução clínica e complicações, por análises de escores de aderência, tempo para enterorrafia, pressão de extravasamento e características macroscópicas e microscópicas, fundamentam a importância do presente trabalho.

## **2 Revisão de Literatura**

## 2.1 Indicações para cirurgias gastrointestinais

Os procedimentos cirúrgicos comumente realizados no intestino delgado de pequenos animais são enterotomia, enterectomia e as enteroanastomoses (FOSSUM; HEDLUM, 2003). As principais indicações cirúrgicas abrangem os casos de obstruções por corpos estranhos lineares ou não-lineares, que ocorrem com maior frequência no jejuno e íleo, sendo a enterotomia ou enterectomia o tratamento mais eficaz nestes casos, a depender da extensão das lesões (CAPAK et al., 2001; SCHWARTZ; COOLMAN, 2018). Outra indicação frequente de intervenção cirúrgica são a retirada de neofomações e colheita de material para exame histopatológico, as quais geralmente necessitam de enterectomias de circunferência total ou parcial, respectivamente (SLATTER, 2007). Animais com diagnóstico de intussuscepção ou perfuração intestinal também são candidatos aos procedimentos de enterectomia e enterorrafia (FOSSUM; HEDLUM, 2003).

Em bovinos, afecções como vôlvulo duodenal, síndrome do jejuno hemorrágico e tricobezoares, são indicações para a intervenção cirúrgica gastrointestinal. Os procedimentos em intestino delgado nesta espécie apresentam menor frequência, quando comparados aos realizados em pequenos animais. Além disso a anatomia desta espécie, extensão das lesões e o custo do procedimento atuam como complicantes, fazendo com que os proprietários destes animais optem em alguns casos pela não realização do procedimento (ANDERSON, 2008; DESROCHERS; ANDERSON, 2016).

Na espécie equina, as principais indicações para procedimentos no intestino delgado são cólicas, processos obstrutivos, torções e lesões traumáticas (EDUARDS, 1986; MOLL et al., 1991; ANDERSON; PANIZZI; BRACAMONTE, 2014; VIDOVIC; JANSEN; HERMEYER, 2019). A evolução negativa das lesões nestes pacientes requer rápida intervenção. O atraso no tratamento pode levar à necrose e perfuração, resultando em peritonite, sepse e óbito (EDUARDS, 1986; ANDERSON; PANIZZI; BRACAMONTE, 2014).

Enfermidades como doença de Crohn, tumores e obesidade requerem intervenção cirúrgica para enterectomias e enteroanastomoses em humanos. O tratamento de estenoses e perfurações também apresenta importante casuística (FONG; IRVING, 2015; KASSIR et al., 2016; MISIAKOS et al., 2019). A retirada de corpos estranhos também pode ser descrita como indicação de procedimentos cirúrgicos, porém em menor escala (LIEW et al., 2019).

## **2.2 Variações nas enterorragias de acordo com as espécies**

Para as cirurgias de intestino delgado, nas espécies canina e felina, é necessária a realização de um padrão de sutura aposicional em plano único, devido ao diâmetro reduzido das alças (FOSSUM; HEDLUM, 2003; BROWN, 2011). Suturas em duas camadas ou invaginantes podem ocasionar retardo na cicatrização, além de propiciar protrusão intraluminal que predispõe à obstrução (JANSEN et al., 1981; SLATTER, 2007). A técnica de sutura pode ser em padrão simples contínuo ou interrompido (BROWN, 2011), entretanto deve-se considerar para escolha do padrão de sutura que o maior número de nós na ferida cirúrgica pode aumentar o risco de deiscência, uma vez que este é o maior ponto de fragilidade da linha sutura, principalmente nos ambientes contaminados (MILLER; ZARUBY; KAMINSKAYA, 2012). Estudos recentes em pequenos animais avaliaram o uso de padrões alternativos, como Gambee, com bons resultados (KIEVES; KREBS; ZELLNER, 2018).

Em humanos, são diversas as técnicas de enterorragias descritas, que envolvem um ou dois planos de sutura. Os pontos podem ser de espessura completa (envolvendo todas as camadas), subtotais extramucosos (evitando a mucosa) ou serem apenas seromusculares, podendo ser indicados os padrões de sutura simples interrompido ou contínuo (MICKLEY; NEITZEL; REISMANN, 1991; POPOVIC, 1994; ROSS et al., 2016).

As sínteses intestinais em equinos podem ser realizadas em única ou dupla camada de sutura invaginante ou aposicional, em padrão interrompido ou contínuo (EDWARDS, 1986; POPOVIC, 1994). O material utilizado para a sutura é, preferencialmente, monofilamentar e pode ser absorvível ou não absorvível, de calibre variando entre 3-0 e 4-0 (RIBEIRO DA ROCHA, 2011). A sutura de Gambee também é alternativa que pode ser utilizada e apresenta resultados satisfatórios na cirurgia intestinal desta espécie (EDWARDS, 1986).

## **2.3 Materiais disponíveis para síntese intestinal**

### 2.3.1 Fios de Sutura

Existem inúmeros tipos de fios de sutura disponíveis para os mais diversos procedimentos, as variações entre eles englobam características físicas, químicas e mecânicas (BERNIS-FILHO et al., 2013). Os avanços em biologia molecular e desenvolvimento de novas tecnologias nos últimos 50 anos, permitiu a criação de melhores materiais de sutura. Grandes avanços foram alcançados nas últimas décadas, foram desenvolvidos fios de sutura sintéticos com tempo de absorção programada, força tênsil adequada e mínima reação inflamatória local. O surgimento das suturas monofilamentares permitiu que as suturas passassem a ser executadas com melhor deslizamento nos tecidos e menor trauma tecidual. Além disso, com as novas tecnologias, os fios permitem absorção gradual pelos tecidos à medida que ocorre a cicatrização (MOLEA et al., 2000).

Em cirurgias gastrointestinais, comumente são mais indicados os fios monofilamentares absorvíveis como poliglactina, ácido poliglicólico, polidioxanona e poliglecaprone 25 (EDUARDES, 1986; FOSSUM; HEDLUM, 2003; BERNIS-FILHO et al., 2013). O fio de náilon também apresenta grande utilização na rotina clínica para os procedimentos em trato gastrointestinal (BROWN, 2011). Em menor, escala o uso do fio de algodão é relatado para a síntese deste tecido (BERNIS-FILHO et al., 2013), entretanto alguns autores descreveram complicações graves, como reação exsudativa, sendo necessário uso racional do material (JÚNIOR et al., 2010).

A escolha da técnica e do material mais adequado, para cada situação em particular, é de extrema importância para o êxito do procedimento cirúrgico (GIEREK et al., 2018). As características biológicas dos materiais devem ser bem estudadas pelos cirurgiões, para a seleção adequada de acordo com o órgão que passará por procedimento (MOLEA et al., 2000). Complicações como deiscência da sutura, aderências e obstruções podem ser encontradas em situações de seleção inadequada de material ou técnica (GIEREK et al., 2018).

A síntese gastrointestinal requer a distribuição uniforme dos pontos de sutura por todo o tecido. A manutenção da tensão no fio durante a execução do procedimento, bem como a correta confecção dos nós de início e término da sutura são de extrema importância (FOSSUM; HEDLUM, 2003; BROWN, 2011). Estas características tornam extremamente desafiadora a execução de suturas em procedimentos laparoscópicos (EHRHART et al., 2013).

### **2.3.2 Anéis de anastomose e grampeadores**

Além da sutura com fios, que é a mais comum, outras técnicas de síntese para o trato gastrointestinal estão disponíveis. Para estes métodos alternativos, pode-se destacar os anéis de anastomose e grampeadores lineares (EHRHART et al., 2013; SCHWARTZ; COOLMAN, 2018), além do uso da cola de cianoacrilato para reforço da linha de sutura (BOERSEMA et al., 2017).

Os anéis de anastomose são um meio alternativo à suturas tradicionais, atuam por compressão para a síntese tecidual de forma que, após completo o ciclo de reparação, o dispositivo se solta e é eliminado juntamente ao conteúdo intestinal (VANBRUGGHE; BIRNBAUM; BERDAH, 2017). Desta maneira, não ocorre a permanência de estruturas estranhas entre os segmentos anastomosados. A composição destes anéis é bastante variada, são constituídos desde polipropileno, ligas magnéticas, até compostos biodegradáveis, como a associação de poliglactina e sulfato de bário (FERNANDES et al., 2000).

Os grampeadores lineares são outra técnica recente que podem ser alternativos às suturas, eles ganharam popularidade nos procedimentos gastrointestinais em humanos devido à regularidade de aplicação, fácil repetitividade e economia de tempo trans-operatório (SNOWDON; SMEAK; CHIANG, 2016; BRACAMONTE et al., 2018). Quando comparados às técnicas de sutura tradicionais, os grampeadores apresentam como vantagens a economia de tempo de execução, maior resistência ao extravasamento, menor inflamação e preservação do suprimento sanguíneo no local da sutura (SCHWARTZ; COOLMAN, 2018).

O uso dos grampeadores lineares já está bem estabelecido para as cirurgias gastrointestinais em cães e gatos, tanto para as incisões lineares quanto enteroanastomoses. Esta técnica pode ser desenvolvida por cirurgiões não familiarizados com o uso de grampeadores, desde que tenham experiência prévia com cirurgias do trato gastrointestinal (JARDEL et al., 2011; SCHWARTZ; COOLMAN, 2018).

O uso destes materiais apresenta como desvantagens o elevado custo (VANBRUGGHE; BIRNBAUM; BERDAH, 2017; SCHWARTZ; COOLMAN, 2018). Em busca de alternativas aos grampeadores lineares pela limitação de recursos técnicos em situações de guerra, médicos militares, utilizaram grampeadores cutâneos em



experimentos animais para determinar a viabilidade do seu uso, quanto à segurança e tempo de execução do procedimento (COOLMAN; EHRHART, 2000; SCHWARTZ; COOLMAN, 2018).

No estudo de Vanbrugghe, Birnbaum e Berdah (2017), que avaliaram anastomoses realizadas com um dispositivo de anel de compressão e grampeadores lineares, nenhum dos métodos apresentou extravasamento pela linha de sutura ou redução no diâmetro das alças. Não foram encontradas diferenças entre as pressões de ruptura e aderências, entretanto a anastomose realizada com o grampeador apresentou menor tempo de execução.

### **2.3.3 Fio farpado**

Por várias décadas, os materiais e técnicas de sutura permaneceram essencialmente inalterados. Desde 1967, um tipo de sutura com fio “farpado” tem sido utilizada em cirurgias urológicas, ginecológicas, plásticas e ortopédicas (LIN et al., 2016). Este tipo de fio já havia sido descrito previamente (MANSBERGER et al., 1951), porém não foi conduzido nenhum estudo clínico anterior utilizando-o e que avaliasse sua aplicabilidade (MCKENZIE, 1967).

A invenção das suturas farpadas foi uma inovação aos métodos tradicionais, primeiramente avaliada, em um ensaio clínico, por McKenzie (1967), ao realizar um trabalho que avaliava a aplicabilidade das suturas farpadas unidirecionais em tendões lacerados de humanos. O principal objetivo do seu desenvolvimento foi permitir que a sutura realizada, durante procedimentos minimamente invasivos, se tornasse mais segura e eficiente, sem a necessidade de realização de nós, que aumentam a manipulação tecidual, podendo levar à maior reação inflamatória. Além disso, a confecção dos nós dificulta o término da sutura, aumentando o tempo do procedimento (EHRHART et al., 2013).

Mesmo com as inúmeras vantagens descritas em relação aos fios tradicionalmente utilizados, as suturas farpadas eram pouco populares até poucos anos (JOYCE et al., 2014). A sua divulgação tornou-se mais frequente com a popularização das técnicas de cirurgias laparoscópicas, uma vez que a economia de tempo propiciada pela dispensabilidade de execução de nós é de grande valia (OMOTOSHO et al., 2011; BAUTISTA et al., 2016). Além de que, elimina o maior desafio técnico das cirurgias por vídeo, que é a confecção de nós intracorpóreos (ARBAUGH; CASE; MONNET, 2013).

O fio farpado é caracterizado pela presença de farpas proeminentes, fixadas ao eixo central do fio monofilamentar e são projetados com um laço em sua extremidade, para que após a primeira passada no tecido a agulha atravesse o laço e o início da sutura seja travado, dispensando a necessidade da confecção de um nó. A natureza unidirecional das farpas permite um bom deslizamento do material pelos tecidos e evita o deslizamento no sentido contrário, dispensando a necessidade de tensão constante no fio para a realização das suturas (MILLER; ZARUBY; KAMINSKAYA, 2012; EHRHART et al., 2013).

Além disso, as farpas possibilitam maior coaptação das camadas do tecido suturado e implicam menor índice de complicações pós-operatórias em pacientes submetidos a uma única linha de sutura (LIN et al., 2016).

Para o término da sequência de pontos após o fechamento do defeito, deve-se passar a agulha mais três vezes pelo tecido adjacente saudável, dispensando a necessidade de um nó terminal (EHRHART et al., 2013).

Houve alterações no material em relação ao descrito por McKenzie (1967), atualmente as suturas podem ser absorvíveis ou não, unidirecionais ou bidirecionais, este último tipo de fio possui uma agulha em cada extremidade. Outra característica inovadora, é que as farpas podem apresentar-se paralelas ou circunferenciais em relação ao eixo central do fio, estas farpas permitem que a passagem do fio pelo tecido seja fácil e apresentam resistência à força de tração contrária à sua direção (ARBAUGH; CASE; MONNET, 2013; EHRHART et al., 2013; JOYCE et al., 2014). A composição deste fio é variada, existem disponíveis no mercado fios a base de poliglactina-poliglecaprone, polidioxanona, nylon e polipropileno.

Ainda que todas estas inovações tenham surgido, em relação ao material originalmente descrito, o fio farpado permaneceu como sutura monofilamentar de baixa reatividade tecidual, que dispensa a necessidade de realização de nó para encerramento da sutura (LIN et al., 2016). A bioestabilidade e força tênsil do fio depende de diversos fatores, como o tecido a ser empregado, geometria e disposição das farpas e tipo de polímero utilizado na fabricação do fio (EHRHART et al., 2013).

Uma outra novidade referente à sutura farpada, é a possibilidade de realização de gastropexias preventivas, sendo executadas totalmente por via laparoscópica. A grande força de adesão que pode ser obtida entre a parede gástrica e a abdominal graças às farpas unidirecionais, permite que a força tênsil esteja atuante nas primeiras duas a três semanas pós operatórias, tornando o procedimento factível (ARBAUGH; CASE; MONNET,

2013).

O primeiro estudo que comparou a utilização do fio farpado com o monofilamentar absorvível para síntese gastrointestinal foi realizado por Demyttenaere e colaboradores (2009), neste trabalho o fio farpado apresentou resultados semelhantes aos do fio monofilamentar absorvível quanto ao escore de aderência, teste de extravasamento e avaliação histopatológica, entretanto teve menor tempo de execução da sutura quando comparado ao outro grupo. Entretanto, os autores referem que os dados podem ter sido subestimados devido ao pequeno número amostral e sugerem que novos estudos sejam realizados para avaliação acurada de diferenças macro e microscópicas entre suturas com fio monofilamentar absorvível e farpado.

Em outro estudo, Bautista e colaboradores (2016) concluíram que a síntese entérica com material de sutura farpado quando comparado ao monofilamentar absorvível, diminui o tempo da anastomose intestinal por videolaparoscopia e, portanto, é eficaz na sutura de alças intestinais e que simplifica o procedimento sem comprometer a qualidade da técnica.

## **2.4 Complicações pós cirúrgicas**

As principais complicações após cirurgias gastrointestinais são a deiscência da sutura com extravasamento de conteúdo e as aderências intraperitoneais, ambas contribuem de forma importante com a morbidade do procedimento. A realização de suturas seguras é de extrema importância para que estas complicações sejam prevenidas (EHRHART et al., 2013). As estenoses também representam uma importante parcela das complicações pós operatórias nas cirurgias intestinais, falhas na execução das suturas, escolha inadequada do padrão e fio de sutura e material em excesso na ferida são pontos que podem predispor esta alteração (AULETTA et al., 2011).

As complicações envolvendo o nó em suturas com fios convencionais como deiscência decorrente de infecção e ruptura são observadas com frequência (RUFF, 2013). A falha no nó, mesmo quando realizado por um cirurgião experiente, pode ocorrer nas suturas intracorpóreas por laparoscopia e é a principal causa de deiscência. Essa complicação pode ser minimizada com o uso de um fio que dispense a realização do nó de encerramento em cirurgias minimamente invasivas (OMOTOSHO et al., 2011).

Aderências são possíveis causas de dor abdominal crônica e uma grande

preocupação no pós-operatório de todas as cirurgias abdominais, principalmente em humanos (MUELLER et al., 1995). A formação de aderência é o resultado da resposta inflamatória à lesão na cavidade peritoneal (PEACOCK, 1984). O acúmulo de fibrina no local da injúria geralmente sofre lise pelo sistema fibrinolítico endógeno. Porém, em lesões mais graves, os fibroblastos migram até o tampão de fibrina e produzem colágeno que forma o processo cicatricial ou aderência. No caso de inflamação intensa há menos fibrinólise e mais atividade fibroblástica, o que resulta em maior formação de aderência (BUCKMAN et al., 1976).

A gravidade da inflamação está diretamente relacionada ao grau de traumatismo tecidual local, isquemia e presença de corpo estranho, como material de sutura, pó de luva cirúrgica, restos de materiais cirúrgicos como gaze e conteúdo de extravasamento intestinal (DOWN; WHITEHEAD; WATTS, 1979; HOLTZ, 1982; PEACOCK, 1984; ELKINS et al., 1987). Todos esses fatores isolados ou associados potencializam a formação de aderência, especialmente quando há concomitantemente lesão gastrintestinal. A contaminação de corpos estranhos na cavidade peritoneal também pode ser uma causa de aderência em seres humanos (LUIJENDIJK et al., 1996).

As obstruções intestinais pós-operatórias podem ocorrer devido às aderências entre o local de sutura e peritônio (BARROS; MATERA, 2009). Apesar de alguns estudos em cães demonstrarem que a ocorrência de aderências pós-operatórias é menor após videolaparoscopias do que depois de laparotomias, estudos retrospectivos e alguns relatos de casos em seres humanos sobre obstruções do intestino delgado pós-operatórias decorrentes de aderências no local de sutura com fio farpado já foram publicados (TITTEL et al., 1996; GAMAL et al., 1999; KÖHLER et al., 2015; SEGURA-SAMPEDRO et al., 2015; VAHANIAN; FINAMORE; LAZAROU, 2015).

Apesar disso, alguns autores relataram recentemente casos de aderência e obstrução intestinal pós-operatória após síntese com a sutura farpada (SEGURA-SAMPEDRO et al., 2015; CHEN; HONG; DING, 2017; JANG et al., 2017; KIYAK et al., 2018). Um dos locais mais afetados foi o de finalização da sutura intestinal com fio farpado, provavelmente pela alta capacidade do fio em se fixar aos tecidos. Segundo os pesquisadores a realização de um ponto simples interrompido imediatamente acima da terminação do fio farpado, embutido-o no tecido, possivelmente minimizaria essa complicação (DONNELLAN; MANSURIA, 2011; SEGURA-SAMPEDRO et al., 2015).

## **2.5 Métodos de Avaliação da Integridade das Suturas Gastrointestinais**

Em 2013, Arbaugh e colaboradores, avaliaram a pressão de extravasamento do material de sutura farpado e liso utilizados em único plano de sutura contínua para gastropexia em cadáveres de cães. Os autores relataram que o fio farpado necessitou de maior carga para estiramento que o fio liso e que a falha foi decorrente da laceração tecidual e não da ruptura do material de sutura farpado. Concluiu-se que, ao se comparar ambos os tipos de fios, o farpado apresenta maior capacidade de suportar cargas elevadas devido à maior superfície de contato entre o fio implantado e tecido, e distribuição uniforme de força pela presença das farpas por todo o comprimento da sutura.

O exame histológico do local suturado permite uma análise quantitativa e qualitativa do tecido cicatricial. O histopatológico da linha de sutura pode sugerir a biocompatibilidade do material utilizado indicando a densidade e tipo celulares, alinhamento tecidual, inflamação, deposição de tecido fibroso, necrose e neovascularização (MOLEA et al., 2000). Alguns estudos comparativos realizaram o exame histológico a fim de avaliar as características celulares na linha de sutura frente à utilização de diferentes fios e/ou padrões de sutura (LAUS et al., 1995; LUIJENDIJK et al., 1996; MOLEA et al., 2000; AZEVEDO et al., 2008).

Dessa forma, estudos que analisem o escore de aderência juntamente com tempo para enterorragia, pressão de extravasamento e características histopatológicas do segmento jejunal suturado são fundamentais na conclusão da segurança e eficácia dos materiais disponíveis para cirurgias intestinais (DEMYTTENAERE et al., 2009; KIEVES; KREBS; ZELLNER, 2018; GIUSTO et al., 2019).

## **3 Cicatrização do Trato Gastrointestinal**

O tecido intestinal é composto por células especializadas que passam continuamente por um rápido processo de renovação, após uma lesão é importante que a barreira epitelial seja restabelecida rapidamente (BECK et al., 2003). O processo cicatricial do trato gastrointestinal é complexo e dinâmico, sendo caracterizado por três fases sobrepostas: inflamatória, proliferativa e de maturação (SIEMONSMA et al., 2003; FRESNO et al., 2010).

A fase inflamatória ocorre entre os dias 0 e 4, quando se forma o tampão de fibrina que atua como arcabouço para a migração plaquetária e contribui para a adesão dos tecidos (BECK et al., 2003; FRESNO et al., 2010; GIUSTO et al., 2017). Neste período as plaquetas são responsáveis pela liberação de mediadores que controlam o crescimento, diferenciação e metabolismo celular. Após 72 horas, os macrófagos tornam-se atuantes no processo de cicatrização e passam a modular a produção de fatores de crescimento, além de promover o desbridamento da ferida, modulando a fibroplasia e angiogênese (BROCHHAUSEN et al., 2011; YAMAGUCHI et al., 2012).

Nos dias 3 e 4, em situações normais, pode-se identificar a menor força mecânica da anastomose, pois é quando ocorre de maneira mais intensa a fibrinólise e deposição de colágeno, pelas células da musculatura lisa e fibroblastos (THORNTON; BARBUL, 1997; SIEMONSMA et al., 2003). Este é o período de maior fragilidade da ferida cirúrgica e ocorrência de extravasamentos (YAMAGUCHI et al., 2012). O fio de sutura e a submucosa são as principais estruturas responsáveis pela adesão dos tecidos nesta fase (THORNTON; BARBUL, 1997; SIEMONSMA et al., 2003; FRESNO et al., 2010).

Durante a fase proliferativa, que ocorre entre os dias 3 a 14, pode-se observar aumento na formação de vasos sanguíneos e maior proliferação de fibroblastos, entretanto a deposição de colágeno é inversamente proporcional à este processo, podendo-se observar aumento da sua concentração conforme ocorre a redução da inflamação (GIUSTO et al., 2017). Neste período ocorre ganho de força mecânica na ferida, ficando próxima à do tecido intestinal normal entre os dias 10 e 17 (FRESNO et al., 2010).

A manipulação excessiva dos tecidos, contaminação ou utilização de um material de sutura inadequado leva a um aumento da inflamação, com consequente migração de um grande número de leucócitos (BROCHHAUSEN et al., 2011; GIUSTO et al., 2017), interferindo negativamente nesta fase, pois estas células liberam substâncias como as metaloproteinases. Estas enzimas danificam os tecidos em cicatrização e como consequência pode ocorrer uma redução na pressão de extravasamento da linha de sutura (SIEMONSMA et al., 2003).

Também na fase proliferativa pode ocorrer a formação de aderências, pela dispersão e deposição de fibrina e colágeno na superfície tecidual afetada devido à alta concentração de mediadores inflamatórios (BROCHHAUSEN et al., 2011; YAMAGUCHI et al., 2012; LI et al., 2014).

A fase mais longa deste processo é a de maturação, também conhecida como fase de remodelamento, seu período de duração, pode ir do dia 10 ao 180 após o procedimento cirúrgico (GIUSTO et al., 2017). É caracterizada pela reorganização do colágeno, bem como restabelecimento da resistência tecidual mecânica (BROWN, 2011).

## **4 Objetivo**

Avaliar o desempenho de padrões e fios de sutura monofilamentares absorvíveis (liso e farpado) em enterorragias, por meio de um modelo experimental suíno, mitigando as complicações pós-operatórias relatadas na literatura.

### **4.1 Objetivos específicos**

- Estudar de modo comparativo a sutura intestinal extracorpórea videolaparoscópica assistida, com diferentes fios absorvíveis (farpado e liso), em diferentes padrões de sutura, sendo eles a sutura farpada, sutura simples contínua e sutura simples interrompida

- Comparar as suturas quanto aos aspectos: tempo de realização de cada enterorragia, escore de aderência e pressão de ruptura.

- Avaliar a reação tecidual, por meio de exame histopatológico, de cada padrão de sutura, com escores para os seguintes fatores: alinhamento tecidual, inflamação, fibrose, necrose e neovascularização.



## 5 Referências

ANDERSON, D. E. Surgical Diseases of the Small Intestine. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 24, n. 2, p. 383–401, 2008.

ANDERSON, S. L.; PANIZZI, L.; BRACAMONTE, J. Jejunal perforation due to porcupine quill ingestion in a horse. **Canadian Veterinary Journal**, v. 55, n. 2, p. 152–155, 2014.

ARBAUGH, M.; CASE, J. B.; MONNET, E. Biomechanical Comparison of Glycomer 631 and Glycomer 631 Knotless for Use in Canine Incisional Gastropexy. **Veterinary Surgery**, v. 42, n. 2, p. 205–209, 2013.

AULETTA, L. et al. In vitro comparison of three suture techniques for anastomosis of the equine small intestine. **Equine Veterinary Journal**, v. 43, n. SUPPL.40, p. 46–50, 2011.

AZEVEDO, J. L. M. C. et al. Comparative study of hand sewn single layer anastomosis of dog's bowel. **Arquivos de Gastroenterologia**, v. 4, p. 319–322, 2008.

BARROS, L. M. O.; MATERA, J. M. Estudo retrospectivo das intussuscepções em cães. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 46, n. 5, p. 370–377, 2009.

BAUTISTA, T. et al. Enterotomy closure using knotless and barbed suture in laparoscopic upper gastrointestinal surgeries. **Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques**, v. 30, n. 4, p. 1699–1703, 2016.

BECK, P. L. et al. Transforming Growth Factor- $\alpha$  Mediates Intestinal Healing and Susceptibility to Injury in Vitro and in Vivo Through Epithelial Cells. **American Journal of Pathology**, v. 162, n. 2, p. 597–608, 2003.

BERNIS-FILHO, W. O. et al. Estudo Comparativo Entre Os Fios De Algodão, Poliglactina E Poliglicaprone Nas Anastomoses Intestinais De Cães. **Arquivo Brasileiro de Cirurgia Digestiva**, v. 26, n. 1, p. 18–26, 2013.

BOERSEMA, G. S. A. et al. Reinforcement of the colon anastomosis with cyanoacrylate glue: a porcine model. **Journal of Surgical Research**, v. 217, p. 84–91, 2017.

BRACAMONTE, J. L. et al. Comparison of hand-sewn and oversewn stapled jejunojejunal anastomoses in horses. **Canadian Veterinary Journal**, v. 59, n. 1, p. 67–73, 2018.

BROCHHAUSEN, C. et al. Review Intraperitoneal adhesions — An ongoing challenge between biomedical engineering and the life sciences. **Journal of Biomedical Materials Research A**, v. 98A, n. 1, p. 143–156, 2011.

BROWN, D. C. Small Intestine. In: TOBIAS, K. M.; JOHNSTON, S. A. (Ed.). **Veterinary Surgery Small Animal**. 1st. ed. Saint Louis: Saunders, 2011. p. 1513–1541.

BRUN, M. V. **Videocirurgia em pequenos Animais**. 1. ed. ed. Rio de Janeiro: Editora Roca, 2015.

BUCKMAN, R. F. et al. A unifying pathogenetic mechanism in the etiology of intraperitoneal adhesions. **Journal of Surgical Research**, v. 20, n. 1, p. 1–5, 1976.

CAPAK, D. et al. Treatment of the foreign body induced occlusive ileus in dogs. **Veterinarski Arhiv**, v. 71, n. 6, p. 345–359, 2001.

CHEN, H.; HONG, M. K.; DING, D. C. Acute small bowel obstruction caused by barbed suture on the second day after laparoscopic hysterocropexy: A case report and literature review. **Taiwanese Journal of Obstetrics and Gynecology**, v. 56, n. 2, p. 247–249, 2017.

COOLMAN, B. R.; EHRHART, N. Use of Skin Staples for Rapid Closure of Gastrointestinal Incisions in the Treatment of Canine Linear Foreign Bodies. **Journal of the American Animal Hospital Association**, v. 36, p. 542–547, 2000.

DEMYTTENAERE, S. V. et al. Barbed suture for gastrointestinal closure: A randomized control trial. **Surgical Innovation**, v. 16, n. 3, p. 237–242, 2009.

DESROCHERS, A.; ANDERSON, D. E. Intestinal Surgery. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 32, n. 3, p. 645–671, 2016.

DONNELLAN, N. M.; MANSURIA, S. M. Small Bowel Obstruction Resulting from Laparoscopic Vaginal Cuff Closure with a Barbed Suture. **Journal of Minimally Invasive Gynecology**, v. 18, n. 4, p. 528–530, 2011.

DOWN, R. H. L.; WHITEHEAD, R.; WATTS, J. M. SURGICAL RESEARCH DO SURGICAL PACKS CAUSE PERITONEAL ADHESIONS ? **The Australian and New Zealand Journal of Surgery**, v. 49, n. 3, p. 379–382, 1979.

DUELL, J. R. et al. Frequency of Dehiscence in Hand-Sutured and Stapled Intestinal Anastomoses in Dogs. **Veterinary Surgery**, v. 45, n. 1, p. 100–103, 2016.

EDUARDES, G. B. Resection and anastomosis of small intestine: Current methods applicable to the horse. **Equine veterinary journal**, v. 18, n. 4, p. 322–30, 1986.

EDWARDS, G. B. Resection and anastomosis of small intestine: current methods applicable to the horse. **Equine veterinary journal**, v. 18, n. 4, p. 322–330, 1986.

EHRHART, N. P. et al. In Vivo Assessment of Absorbable Knotless Barbed Suture for Single Layer Gastrotomy and Enterotomy Closure. **Veterinary Surgery**, v. 42, n. 2, p. 210–216, 2013.

ELKINS, T. E. et al. A histologic evaluation of peritoneal injury and repair: implications for adhesion formation. **Obstetrics & Gynecology**, v. 70, n. 2, p. 225–228, 1987.

FERNANDES, L. C. et al. Estudo comparativo entre anastomoses intestinais com sutura manual e com anel biofragmentável em cães sob a administração de corticosteróides. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 113–120, 2000.

FERNANDEZ, Y. et al. Ileocolic junction resection in dogs and cats: 18 cases. **The Veterinary quarterly**, v. 37, n. 1, p. 175–181, 2017.

FINCK, C. et al. Radiographic diagnosis of mechanical obstruction in dogs based on relative small intestinal external diameters. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v. 55, n. 5, p. 472–479, 2014.

FONG, S. C. M.; IRVING, P. M. Distinct management issues with Crohn ' s disease of the small intestine. **Current Opinion in Gastroenterology**, v. 31, n. 2, p. 92–97, 2015.

FOSSUM, T. W.; HEDLUM, C. S. Gastric and intestinal surgery. **Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice**, v. 33, n. 5, p. 1117–1145, 2003.

FRESNO, L. et al. Effects of platelet-rich plasma on intestinal wound healing in pigs.

**The Veterinary Journal**, v. 185, n. 3, p. 322–327, 2010.

GAMAL, E. M. et al. The judgement of adhesion formation following laparoscopic and conventional cholecystectomy in an animal model. **Acta Chirurgica Hungarica**, v. 38, n. 2, p. 169–72, 1999.

GENZINI, T. et al. Intestinal anastomosis. **Revista Paulista de Medicina**, v. 100, n. 4, p. 183–92, 1992.

GIEREK, M. et al. Absorbable sutures in general surgery – review , available materials , and optimum choices. p. 2–5, 2018.

GIUSTO, G. et al. Comparison of the effects of platelet-rich or growth factor-rich plasma on intestinal anastomosis healing in pigs. **BMC Veterinary Reserach**, v. 13, n. 188, p. 1–9, 2017.

GIUSTO, G. et al. Comparison of two different barbed suture materials for end - to - end jejuno - jejunal anastomosis in pigs. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 61, n. 3, p. 1–8, 2019.

GYS, B. et al. Laparoscopic Linear Stapled Running Enterotomy Closure in Roux-en-Y Gastric Bypass Using Absorbable Unidirectional Barbed Suture (Stratafix® 2/0). **Obesity Surgery**, v. 27, n. 10, p. 2740–2741, 2017.

HEDLUND, C. S.; FOSSUM, T. W. Cirurgia do Intestino Delgado - Princípios e Técnicas Gerais. In: FOSSUM, T. W. et al. (Ed.). **Cirurgia de Pequenos Animais**. 3. ed. ed. São paulo: Elsevier, 2008. p. 443–62.

HOLTZ, G. Adhesion induction by suture of varying tissue reactivity and caliber. **International Journal of Fertility**, v. 27, n. 3, p. 134–5, 1982.

JANG, S. et al. Postoperative mechanical small bowel obstruction induced by V-Loc barbed absorbable suture after laparoscopic distal gastrectomy. **Annals of Surgical Treatment and Research**, v. 92, n. 5, p. 380–382, 2017.

JANSEN, A. et al. The importance of the apposition of the submucosal intestinal layer for primary wound healing of intestinal anastomoses. **Surgery, Gynecology & Obstetrics**, v. 152, n. 1, p. 51–8, 1981.

JARDEL, N. et al. One stage functional end-to-end stapled intestinal anastomosis and resection performed by nonexpert surgeons for the treatment of small intestinal obstruction in 30 dogs. **Veterinary Surgery**, v. 40, n. 2, p. 216–222, 2011.

JOYCE, C. W. et al. Flexor tendon repair: A comparative study between a knotless barbed suture repair and a traditional four-strand monofilament suture repair. **Journal of Hand Surgery: European Volume**, v. 39, n. 1, p. 40–45, 2014.

JÚNIOR, C. S. et al. Fatores intervenientes e métodos de avaliação das anastomoses gastrointestinais. **Rev Med Minas Gerais**, v. 20, n. 3, p. 354–358, 2010.

KARARLY, T. T. Comparison of the gastrointestinal anatomy, physiology, and biochemistry of humans and commonly used laboratory animals. **Biopharmaceutics & Drug Disposition**, v. 16, p. 351–380, 1995.

KASSIR, R. et al. What Causes Late Perforation of the Jejunum-jejunal Anastomosis After Roux-en-Y Gastric Bypass Surgery ? **Obesity Surgery**, 2016.

KIEVES, N. R.; KREBS, A. I.; ZELLNER, E. M. A Comparison of Ex Vivo Leak Pressures for Four Enterotomy Closures in a Canine Model. **Journal of the American Animal Hospital Association**, v. 54, n. 2, p. 71–76, 2018.

KIYAK, H. et al. Laparoscopic Excision of a Scar Pregnancy and Isthmoecele Repair. **Journal of Minimally Invasive Gynecology**, v. 25, n. 4, p. 582, 2018.

KÖHLER, G. et al. 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**, v. 19, n. 3, p. 389–394, 2015.

LAUS, M. et al. Dysphagia due to cervical osteophytosis. **La Chirurgia Degli Organi Di Movimento**, v. 80, n. 3, p. 263–71, 1995.

LI, M. et al. Does Long Intestinal Tube Splinting Aggravate Intestinal Adhesions ? **Journal of Investigative Surgery**, v. 27, n. 305, p. 169–175, 2014.

LIEW, A. N. et al. Plastic bread clip impacted in gastrointestinal tract : a case report and review of the literature. **Clinical Journal of Gastroenterology**, v. 0, n. 0, p. 0, 2019.

LIN, Y. et al. The Efficacy and Safety of Knotless Barbed Sutures in the Surgical Field: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. **Scientific Reports**, v. 6, n. November 2015, p. 1–8, 2016.

LUIJENDIJK, R. W. et al. Foreign material in postoperative adhesions. **Annals of Surgery**, v. 223, n. 3, p. 242–248, 1996.

MANSBERGER, A. R. et al. A new type pull-out wire for tendon surgery; a preliminary report. **Bulletin of the School of Medicine**, v. 36, n. 3, p. 119–21, 1951.

MCKENZIE, A. R. An experimental multiple barbed suture for the long flexor tendons of the palm and fingers. Preliminary report. **The Journal of bone and joint surgery. British volume**, v. 49, n. 3, p. 440–7, 1967.

MENZIES, D.; ELLIS, H. Intestinal obstruction from adhesions--how big is the problem? **Annals of the Royal College of Surgeons of England**, v. 72, n. 1, p. 60–3, 1990.

MICKLEY, V.; NEITZEL, J. R.; REISMANN, B. [Continuous intestinal suture with polydioxanone]. **Zentralblatt fur Chirurgie**, v. 116, n. 9, p. 593–600, 1991.

MILLER, J.; ZARUBY, J.; KAMINSKAYA, K. Evaluation of a barbed suture device versus conventional suture in a canine enterotomy model. **Journal of Investigative Surgery**, v. 25, n. 2, p. 107–111, 2012.

MISIAKOS, E. P. et al. Small bowel perforation with multiple intestinal metastases from lung carcinoma : A case report. **Oncology Letters**, v. 17, p. 3862–3866, 2019.

MOLEA, G. et al. Anatomical features of perforator blood vessels in the deep inferior epigastric perforator flap. **British journal of plastic surgery**, v. 53, p. 137–41, 2000.

MOLL, H. D. et al. Small-Intestinal Volvulus as a Complication of Acquired Inguinal Hernia in Two Horses. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 198, n. 8, p. 1413–1414, 1991.

MUELLER, M. D. et al. Surgical Endoscopy An evaluation of laparoscopic adhesiolysis in patients abdominal pain with chronic. **Surg Endosc**, v. 9, p. 802–804, 1995.

OMOTOSHO, P. et al. 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. **Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques**, v. 21, n. 10, p. 893–897, 2011.

PEACOCK, E. E. Healing and Repair of Viscera. In: PEACOCK, E. E. (Ed.). **Wound Repair**. 3. ed. Philadelphia: WB Saunders, 1984. p. 476–82.

POPOVIC, M. R. [Characteristics of surgical sutures in the duodenum and small intestine]. **Acta chirurgica Iugoslavica**, v. 41, n. 2 Suppl 2, p. 239–242, 1994.

RIBEIRO DA ROCHA, J. J. Estomas intestinais (ileostomias e colostomias) e anastomoses intestinais. **Medicina**, v. 44, n. 1, p. 51–56, 2011.

ROSS, A. R. et al. The extramucosal interrupted end-to-end intestinal anastomosis in infants and children; a single surgeon 21 year experience. **Journal of Pediatric Surgery**, v. 51, n. 7, p. 1131–1134, 2016.

RUFF, G. L. The history of barbed sutures. **Aesthetic surgery journal / the American Society for Aesthetic Plastic surgery**, v. 33, n. 3 Suppl, p. 12–16, 2013.

SCHWARTZ, Z.; COOLMAN, B. R. Disposable skin staplers for closure of linear gastrointestinal incisions in dogs. **Veterinary Surgery**, v. 47, n. 2, p. 285–292, 2018.

SCOTT-CONNER, C. E. H. Laparoscopic gastrointestinal surgery. **Medical Clinics of North America**, v. 86, n. 6, p. 1401–1422, 2002.

SEGURA-SAMPEDRO, J. J. et al. Small bowel obstruction due to laparoscopic barbed sutures: An unknown complication? **Revista Espanola de Enfermedades Digestivas**, v. 107, n. 11, p. 677–680, 2015.

SHALES, C. J. et al. Complications following full-thickness small intestinal biopsy in 66 dogs: a retrospective study. **Journal of Small Animal Practice**, v. 46, n. 7, p. 317–321, 2005.

SIEMONSMA, M. A. et al. Doxycycline improves wound strength after intestinal anastomosis in the rat. **Surgery**, v. 133, n. 3, p. 268–276, 2003.

SLATTER, D. H. **Manual de Cirurgia de Pequenos Animais**. 3. ed. Barueri, São

Paulo.: Manole, 2007.

SNOWDON, K. A.; SMEAK, D. D.; CHIANG, S. Risk Factors for Dehiscence of Stapled Functional End-to-End Intestinal Anastomoses in Dogs: 53 Cases (2001-2012). **Veterinary Surgery**, v. 45, n. 1, p. 91–99, 2016.

THORNTON, F. J.; BARBUL, A. Healing in the gastrointestinal tract. v. 77, n. 3, p. 549–573, 1997.

TITTEL, A. et al. Minor abdominal trauma by laparoscopic surgery? Comparison of adhesion formation and intestinal motility after laparoscopic and conventional operations in the dog. **Zentralblatt Fur Chirurgie**, v. 121, n. 4, p. 329–34, 1996.

TOUBANAKIS, G. et al. Replacement of the Pyloric Sphincter with the Ileocecal Valve: An Experimental Study. **The Mount Sinai journal of medicine, New York**, v. 67, n. 2, p. 152–158, 2000.

TYNER, R. P.; CLIFTON, G. T.; FENTON, S. J. Hand-sewn gastrojejunostomy using knotless unidirectional barbed absorbable suture during laparoscopic gastric bypass. **Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques**, v. 27, n. 4, p. 1360–1366, 2013.

VAHANIAN, S. A.; FINAMORE, P. S.; LAZAROU, G. Delayed small bowel obstruction after robotic-assisted sacrocolpopexy. **Female Pelvic Medicine and Reconstructive Surgery**, v. 21, n. 1, p. e11–e13, 2015.

VANBRUGGHE, C.; BIRNBAUM, D. J.; BERDAH, S. V. Experimental Procedure of Compression Anastomosis Using Fragmented Rings: A Porcine Model. **Surgical Innovation**, v. 24, n. 3, p. 233–239, 2017.

VIDOVIC, A.; JANSEN, D.; HERMEYER, K. Intramurales Lipom im Jejunum als Ursache für eine Invagination bei einer jungen Araberstute Intramural jejunal lipoma in the small intestine of a young Arabian horse causing invagination of the jejunum Einleitung Fallbeschreibung Signalement und Anamnese. **Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere**, v. 47, p. 55–59, 2019.

WORMSER, C.; RUNGE, J. J. Advances in laparoscopic surgery. **Veterinary Clinics of**



**North America: Small Animal Practice**, v. 46, n. 1, p. 63–84, 2016.

YAMAGUCHI, R. et al. Effects of Platelet-Rich Plasma on Intestinal Anastomotic Healing in Rats : PRP Concentration is a Key Factor. **Journal of Surgical Research**, v. 173, n. 2, p. 258–266, 2012.

## CAPÍTULO 2

### 1 Artigo Científico

Trabalho a ser enviado para o periódico Veterinary Surgery.

Acesso online em: <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/1532950x>

As normas para submissão de manuscritos podem ser encontradas no endereço: <https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/1532950x/homepage/ForAuthors.html>

Título do artigo: Comparison of three different absorbable barbed or monofilament suture patterns in swine enterorrhaphy

Bruna Ribeiro Paiva<sup>1</sup>, Juliana de Moura Alonso<sup>1</sup>, Lucas Vasconcelos Costa<sup>2</sup>, Paula Barreto da Rocha<sup>2</sup>, Carlos Alberto Hussni<sup>1</sup>, Claudia Helena Pellizzon<sup>3</sup>, Luciana Cristina Baldini Peruca<sup>4</sup>, Juliany Gomes Quitzan<sup>1</sup>

1- Department of Veterinary Surgery and Anesthesiology, Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics – UNESP BOTUCATU

2- Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics – UNESP BOTUCATU

3- Department of Morphology – Biosciences Institute - UNESP BOTUCATU

4 – Autonomous Veterinary

Corresponding autor: Juliany Gomes Quitzan, Teacher at Department of Veterinary Surgery and Anesthesiology, Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics – Unesp Botucatu, Street Prof. Dr. Walter Mauricio Correa, s/n, District: Unesp Campus de Botucatu 18618-681 - Botucatu, SP, Brazil – +551438802159, [j.quitzan@unesp.br](mailto:j.quitzan@unesp.br)

## 1.1 Summary

Objective: To compare three types of enterorrhaphy, performed with barbed or monofilament absorbable thread, in relation to the time to perform each suture, adherence score, burst pressure test and histological evaluation, as to the presence of fibrosis, necrosis, tissue neovascularization. and inflammation.

Study Design: *in vivo* experimental study.

Population sample: pigs (12), with an average age of 4 months.

Methods: The animals were randomized into three groups (n = 4), related to the moment of evaluation - 3, 10 and 21 days. After video-assisted laparotomy, three different absorbable sutures were performed in the jejunum, in duplicate - continuous simple pattern with barbed suture, continuous simple and simple interrupted suture, both with smooth monofilament thread, in each individual. One suture of each type was used for the burst test and the others for histological analysis.

Results: The suturing time with the barbed suture was statistically shorter. The interrupted suture presented superior adherence score than the simple continuous barbed suture. There was no statistical difference regarding the burst pressure between the sutures at the times evaluated.

Conclusion: the intestinal suturing with barbed suture was performed in a significantly shorter time when compared to the other sutures, with no significant difference in the adhesion score, burst test and histopathological evaluation at the evaluated moments.

Clinical relevance: barbed suture can be safely used in intestinal sutures comparable to simple interrupted and continuous patterns with monofilamentar absorbable thread in a shorter surgical time.

## 1.2 Introduction

The case series of gastrointestinal surgical procedures is present in both medical and veterinary routine. Indications for intestinal surgical intervention are the removal of foreign bodies, obstructions, perforations, full-thickness biopsy, resection of neoplasms, culture and placement of food probes.<sup>1-3</sup> Intestinal suture failure is directly correlated with postoperative complications of high morbidity such as adherence, stenosis, dehiscence, leakage, peritonitis and sepsis.<sup>4-6</sup> Enterorrhaphy must be carefully systematized in order to avoid potential complications, since delicate manipulation, causing minimal vascular injury and adequate tissue apposition are essential for perfect healing.<sup>7</sup> Other factors that negatively affect intestinal healing include corticosteroid use,<sup>8</sup> infection, uremia, hypoalbuminemia, hypotension, and inflammatory bowel disease.<sup>4,9,10</sup>

The adequate choice of thread and suture pattern that provide lower complication rates also has a positive correlation with the success of the enterorrhaphy.<sup>3,4,7</sup> In small animals, the continuous or interrupted simple single-layer suture pattern is recommended, as performing two suture planes can cause healing delay and increase the risk of stenosis.<sup>3</sup> In end-to-end anastomosis, preference is given to interrupted sutures.<sup>1,6</sup> Synthetic absorbable monofilament threads are the first choice.<sup>7</sup>

The barbed suture has been standing out mainly for its use in videolaparoscopic or video-assisted procedures.<sup>11,12</sup> The first reports of the use of this type of thread were in experimental studies, with tendon and ligament repair.<sup>13,14</sup> The barbed thread has circumferential anchors on its surface, uni or bidirectional, which provide better fixation of the thread to the tissue and makes the closure knot unnecessary. The surgical time is also shorter due to the presence of a loop in the non-needled end, dispensing the knot to start the suture. In addition, the barbs aid in the distribution of tension in the wound and prevent the thread from slipping to the beginning of the suture. The need for an assistant is not necessary, reducing the surgeon's interference in the suture tension.<sup>5,11</sup>

The barbed suture is already well established in medical specialties such as gynecology<sup>15</sup>, urology<sup>16</sup> and plastic surgery<sup>17</sup>, and its applicability has been considered promising in gastrointestinal surgery<sup>18</sup>, since the presence of anchors makes its use advantageous in enterorrhaphies once it promotes better coaptation of the sutured tissue layers, and implies a lower complication rate.<sup>11,19</sup> However, some doubts still exist regarding the use of this material for intestinal synthesis in animals. Experimental studies present satisfactory data.<sup>5,20,21</sup> However, variations in methodology or results from

laboratory tests on parts alone are not sufficient to support the clinical efficacy of enterorrhaphy using barbed thread, and further studies are required.

In order to compare different suture patterns in swine jejunal enterorrhaphies, absorbable barbed or monofilament threads were used to evaluate suture execution time, adherence score, burst pressure and histological evaluation of sutured segments at different times. As a hypothesis, it is expected that the barbed suture will outperform other sutures in enterorrhaphies, in relation to the parameters studied.

### **1.3 Material and methods**

#### *a. Ethical approval*

The project was submitted to the Animal Use Ethics Committee (CEUA) of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics - UNESP - Botucatu, according to ARRIVE guidelines (NC3Rs - National Center for Replacement, Refinement and Reduction of Animals in Research). under the protocol 140/2017.

#### *b. Animals and groups*

Twelve healthy crossbred pigs were used, 9 males and 3 females with an average age of four months, body weight 12-18 kg, fed with balanced food and *ad libitum* water, kept in collective stalls with at most four animals each.

The animals were randomized into groups 3 of 4 animals, referring to the moments of evaluation and collection of material for suture analysis, as follows: G3 (collection three days after surgery), G10 (collection 10 days after surgery) and G21 (collection 21 days after surgery).

#### *c. Experimental design*

##### *Preparation and performance of surgeries*

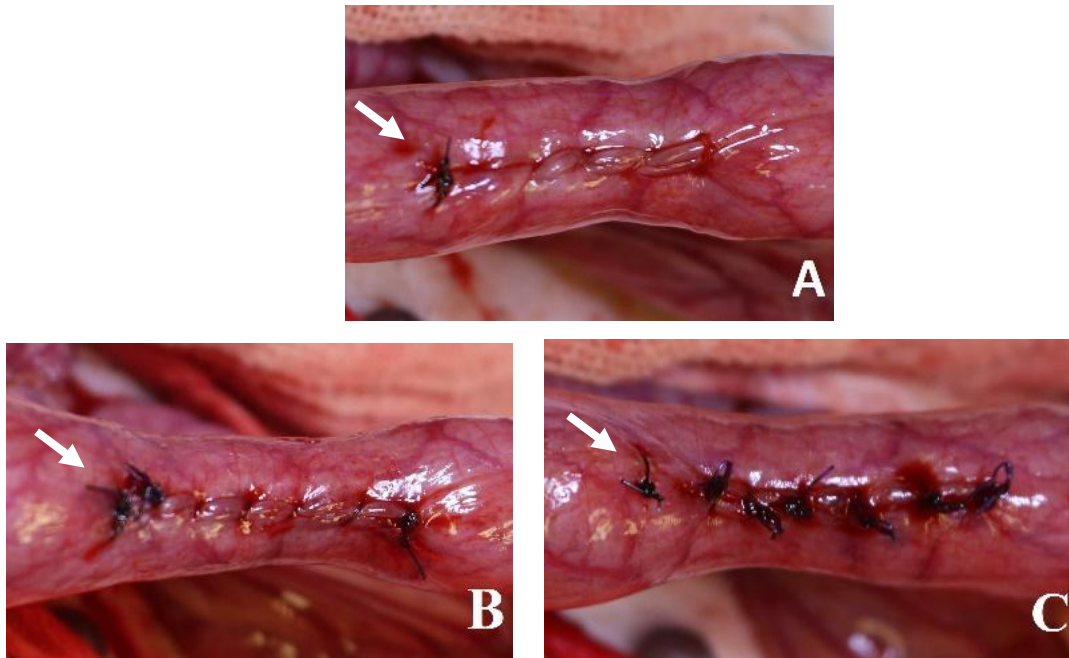
All animals underwent 12-hour food fasting and 4-hour water fasting, and were then sedated with midazolam (2.0mg / kg IM), ketamine (15mg / kg IM) and morphine (0.5 mg / kg IM). The cephalic vein was catheterized, anesthetic induction was performed with propofol (3 mg / kg IV), followed by orotracheal intubation and anesthesia was maintained with isoflurane diluted in 100 % oxygen in a closed system. Breathing was performed by controlled mechanical ventilation at required frequency. During the

procedure, the animals received fluid therapy with lactated ringer's solution at a dose of 5 ml / kg / h.

For surgery, the animal was positioned in the Claude-Bernard gutter in inclined dorsal decubitus where, after extensive trichotomy of the entire abdominal region, antisepsis was performed and the surgical field was routinely mounted. Pneumoperitoneum was obtained by Veress needle puncture in the umbilical scar and carbon dioxide insufflation until a maximum pressure of 15 mmHg was obtained. After the removal of the needle, a skin incision (portal) of approximately 1 cm was made starting at the needle perforation, subcutaneous tissue spread and 10 mm trochar introduced to accommodate the 30 ° optical lens, coupled to the video camera system. A second access portal of the same diameter was introduced under direct vision in the right lateral region to the midline, 15cm apart.

After scanning the abdominal cavity and visualizing the visceral topography, a segment of the jejunum was seized with the aid of an atraumatic Babcock forceps. The intestinal segment was exteriorized and access to the second portal was widened to prevent tissue ischemia. Pneumoperitoneum was removed and the supine position normalized.

Six 25 mm long enterotomies were performed longitudinally on the jejunal antimesenteric border, spaced 10 cm apart. After each enterotomy, threaded enterorrhaphy was performed on the basis of the polymer composed of polyglycolic acid and caprolactone, always following the same order - barbed suture (BS), continuous single stitches (Stratafix, Ethicon, MA), absorbable monofilament suture (Monosyn - B. Braun, Germany) at continuous single stitches (CS) and interrupted single stitches (IS) (Figure 1). This sequence was repeated twice in each animal, and the first three sutures were for histological analysis and the last three for *post-mortem* rupture test. About 1cm before the beginning of each enterotomy, a single interrupted suture performed with 4-0 nylon thread in the seromuscular layer was made to facilitate further evaluation and identification of the segment at the time of surgical resection (Figure 1). Immediately after the completion of each suture, integrity was checked by digitally occluding the cranial and caudal intestinal segment to the suture and injecting saline solution with the aid of a 20x5.5 needle. The filling was performed until the moment the loop presented complete distension. After this procedure the viscera were washed with saline solution and then repositioned in the abdominal cavity.



**Figura 1:** Barbed suture enterorrhaphy (A), simple continuous pattern with monofilamentar absorbable thread (B) and simple interrupted pattern with monofilamentar absorbable thread (C). The arrows show a single stitch in nylon 4-0, previously to the suture to identify each one at the moment of collect.

The trochar access was sutured with sultan stitches, covering the peritoneum and parietal abdominal musculature with a polyglactin 910 suture. The skin was sutured with 2-0 nylon, interrupted Wolf pattern. All incisions and sutures were performed by the same surgeon with experience in gastrointestinal procedures

### *Postoperative*

Immediately after the procedure, the animals received metamizole and scopolamine (25 mg / kg and 0.2 mg / kg, respectively) every 12 hours for three days and morphine (0.5 mg / kg / IM) every six hours. Antimicrobial therapy was performed with ceftiofur sodium (5 mg / kg, MI) 30 minutes before the surgical procedure and every 24 hours for five consecutive days or until the moment of sample collection (G3).

In addition, the animals were clinically evaluated every 12 hours for pain scores, behavior, water and food intake and fecal and urine elimination.

### *Sample Collection*

According to each group, the animals were euthanized in the postoperative periods of three, ten and twenty-one days (G3, G10 and G21, respectively). For the procedure, ketamine (25 mg / kg, IM), xylazine (1 mg / kg, IM) and midazolam (1mg / kg, IM) were first administered. After catheterization of the cephalic vein, sodium thiopental was applied at a dose of 10mg / kg or until there was loss of eyelid reflexes and respiratory arrest. Next, 19.1% potassium chloride was infused in bolus until cardiac arrest occurred.

*Post-mortem* ventral midline laparotomy allowed access to the abdominal cavity, which was inspected for signs of peritonitis, hyperemia, adhesions, abscesses, congestion, edema, extravasation, dehiscence, obstruction and necrosis, as well as other anomalies regarding the surgical procedures performed. The sutured intestinal region as well as the surrounding area underwent the same evaluations, and all changes found were recorded.

All sutures were classified immediately after resection of the intestinal segment. The adherence score was macroscopically performed and each enterorrhaphy was classified according to Board 1.

**Board 1:** Adhesion score for macroscopic evaluation (adapted from DEMYTTENAERE et al., 2009)

0	No adhesion
1	Isolated adhesion to omentum; fibrosis; avascular; easy released
2	2 or more omental adhesions or isolated adhesion to adjacent viscera or body wall; unorganized, fibrosis, avascular; easy released
3	Same as (2), but organized adhesions, dense and vascularized; require blunt dissection to free the suture line
4	3 or more adhesions (omentum, viscera, body wall), well organized, dense, vascularized, require blunt dissection to free the suture line
5	Extense and organized adhesions, require sharp dissection to free the suture line

The intestine region submitted to the enterorrhaphies was identified and the block was removed from the segment. The first three segments were fixed in 10% buffered formaldehyde solution for subsequent histological analysis.



### *Burst pressure test*

The following three fragments were sanitized with 0.9% saline solution and immediately prepared for the burst pressure test. Additionally, 4 normal intestinal segments from different animals were also submitted to a rupture test to standardize the method. A 7 Frm double lumen probe was inserted at the caudal end of the segment to be evaluated. Both cranial and caudal ends (around the probe) were occluded with nylon cuffs to prevent fluid loss. Then, the intestinal portion was filled with physiological solution added with blue dye, with the aid of an infusion pump. The flow occurred at a constant rate of 10 ml / min.

Pressure data were collected by the Dynapac device (Dynamed - Brazil) and stored by the Uro-Five software (Dynamed - Brazil). This equipment provides its pressure results in centimeters of water (cmH<sub>2</sub>O), and the collected information is converted to millimeters of mercury (mmHg). The infusion was performed until the loop presented rupture point and extravasation of the physiological solution with dye.

### *Histopathological evaluation*

The classification of the samples was performed according to the adaptation of the scores presented by Demyttenaere *et al.* (2009) (Board 2). The scores were assigned by a qualified pathologist without knowing which group each sample belonged to. Tissue alignment was classified according to the juxtaposition of the mucous, submucosal and muscular layers - seen by hematoxylin and eosin staining. Necrosis, neovascularization and inflammation were characterized according to tissue evaluation using hematoxylin and eosin stained paraffin sections. Fibrosis was assessed with tissue sections stained with Masson's trichrome (Board 2). The assigned scores ranged from 0-5, with the lowest being the worst.

**Board 2:** Microscopic evaluation of tecidual alignment, inflammation, fibrosis, neovascularization and necrosis, in the jejunum samples collected after enterorrhaphy with barbed or monofilament suture in continuous or interrupted suture pattern, adapted from Demyttenaere et al, 2009.

	Tecidual alignment	Fibrosis	Necrosis	Inflammation	Neovascularization
Grade 0 (severe)	0-10%	>75% da área	>75% da área	>5,1%	absent
Grade 1 (marked)	11-40%	51-75% da área	51-75% da área	4,1 - 5,0%	1 - 2%
Grade 2 (moderate)	41-60%	26-50% da área	26-50% da área	3,1 - 4,0%	2,1 - 3,0%
Grade 3 (discrete)	61-80%	10-25% da área	10-25% da área	2,1 - 3,0%	3,1 - 4,0%
Grade 4 (minimum)	81-90%	<10% da área	<10% da área	1,1 - 2,0%	4,1 - 5%
Grade 5 (normal)	91-100%	absent	absent	0 - 1,%	>5%

### *Statistical analysis*

Data are presented according to the distribution of normality, according to the Shapiro Wilk test, in mean and standard deviation or median and interquartile range. For comparison between groups (BS, CS and IS) and between times (G3, G10 and G21), one-way ANOVA was performed, with Tukey's post-test for normal distribution data. For all other data, considered with non-normal distribution, the Kruskal Wallis test was used, with post-Mann-Whitney test. The statistical significance adopted was 5% and statistical analysis was performed using the SPSS 21 program.

## **1.4 Results**

### *General*

The 12 animals that participated in this study survived without clinical complications until the moment of sample collection. A total of 72 sutures, 24 for each technique (barbed, continuous and interrupted) were performed. Of this total, 36 samples were evaluated in the pressure test and 36 referred for histological analysis.

### *Suture time*

The average execution time for barbed sutures was  $274.33 \pm 70.48$  seconds, for the continuous simple pattern was  $350.41 \pm 87.25$  seconds and for the interrupted simple pattern was  $469.00 \pm 109.72$  seconds. Since the suture with the thread presented the shortest execution time compared to the other enterotomies, there was a statistical

difference between the execution times between BS and SI ( $p < 0.0001$ ) and between CS and IS ( $p = 0.0082$ ).

#### *Macroscopic evaluation after euthanasia*

None of the animals presented peritonitis, hyperemia, abscess, congestion, edema, intestinal content leakage, suture line dehiscence, obstruction or necrosis in the evaluated segments. However, adhesions were observed to some degree in all suture patterns studied.

#### *Adhesions*

Adhesions were seen to varying degrees during inspection of the abdominal cavity. The suture sites did not have specific adhesion points, and when present, they were scattered throughout the manipulated intestinal segment beyond the suture line.

**Table 1:** Adhesion scores, presents in median and interquartile range for barbed, continuous and interrupted sutures, according to the sample collection time (3, 10 and 21 days).

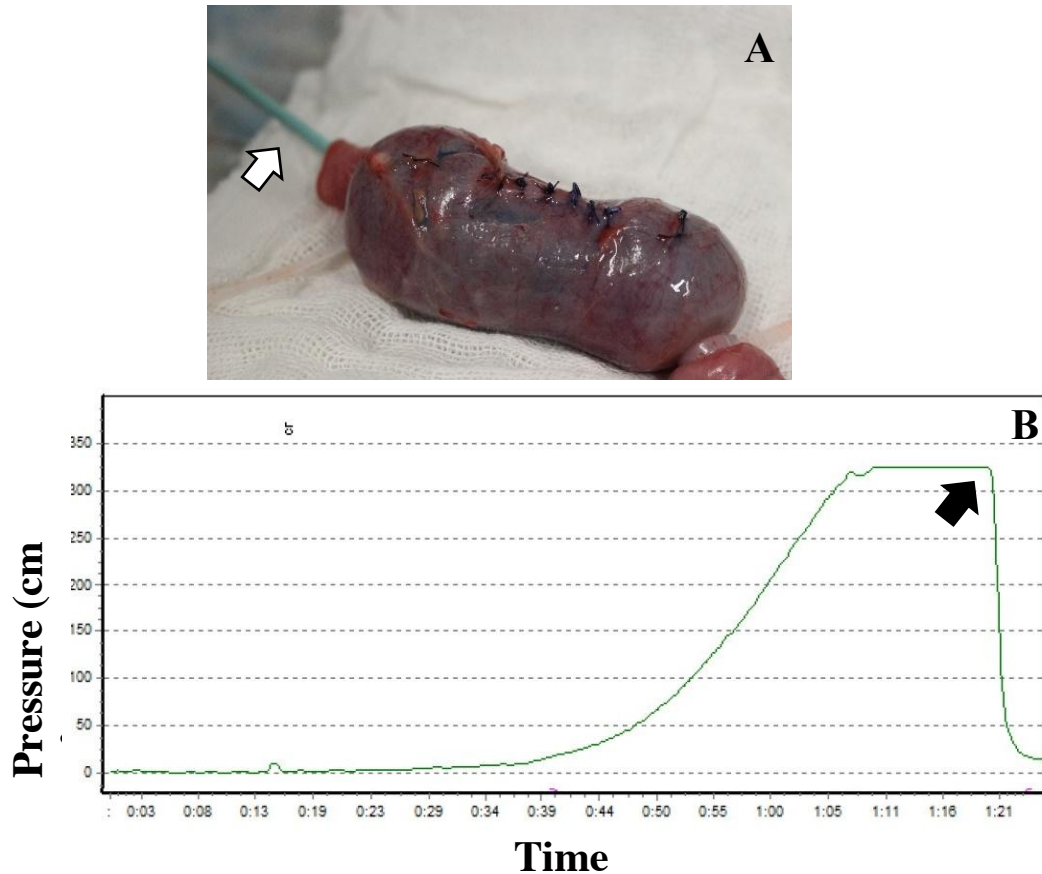
Adhesion	BS (n=4)	CS (n=4)	IS (n=4)	<i>P</i> suture
G3	1,0 [0,25-2,0]	1,0 [0,25-2,0]	2,0 [2,0-3,0]	0,07
G10	2,0 [1,0-2,0]	2,0 [1,25-2,0]	2,0 [1,25-1,75]	0,46
G21	2,5 [2,0-3,0] <sup>#</sup>	2,0 [2,0-3,0]	3,0 [2,25-3,0]	0,32
<i>P</i> time	0,015	0,152	0,092	

BS = Barbed Suture; CS = Continuous Suture; IS = Interrupted Suture; G3 = 3 days; G10 = 10 days and G21: 21 days. # = Statistically significant difference between G3 and G21

The median adherence score was lower for all sutures evaluated in G3 when compared to samples corresponding to G10 and G21. There was a statistical difference only regarding the BS, when comparing the moments G3 and G21.

#### *Burst pressure test*

The burst pressure of each suture was measured (Figure 2), and a total of 40 measurements were performed, including four jejunal segments without suture.



**Figure 2:** A – Intestinal sample filled with dye solution during burst pressure test. Note the ends occluded with nylon clamp and on one of them was placed the double lumen catheter (white arrow), for solution infusion and pressure measurement. B – Pressure curve obtained during the burst pressure test, showing the relationship between pressure (cm H<sub>2</sub>O) and time (minutes), according to the filling with the test solution. The black arrow indicates the moment of leakage and abrupt drop in the internal pressure of the segment under analysis.

In the normal intestinal segments, not submitted to the surgical procedure, the burst pressure value was  $169 \pm 2$  mm Hg.

The mean burst pressures of each group according to the suture pattern employed were recorded (Table 2). There was no difference in burst pressure and leakage measured in barbed or monofilament sutures (CS and IS).

**Table 2:** Averages and standard deviations of the burst pressure (mmHg) of the barbed, continuous and interrupted suture, according to the sample collection times after the surgical procedure.

Pressure	BS (n=4)	CS (n=4)	IS (n=4)	<i>P</i> group
G3	89,18 ± 18,14	85,87 ± 54,43	116,03 ± 7,29	0,412
G10	166,59 ± 34,96 <sup>#</sup>	189,21 ± 43,94	208,15 ± 28,92 <sup>#</sup>	0,319
G21	128,90 ± 43,86	135,89 ± 93,96	146,37 ± 54,81	0,935
<i>P</i> time	0,032	0,152	0,016	

BS = Barbed Suture; CS = Continuous Suture; IS = Interrupted Suture; G3 = 3 days; G10 = 10 days and G21= 21 days. # = Statistically significant difference between G3 and G10

Evaluating the different groups and fixing the type of suture, difference between the pressures measured in G3 and G10 for BS and IS was evidenced. It is possible to observe that there was the same tendency for CS, with lower pressure value in G3, despite the absence of statistical significance. Maximum burst pressures were observed in G10, as observed by means and standard deviation of the different sutures, in Table 2; however, they didn't differ from the pressures in G21.

In all segments and moments evaluated, the extravasation did not occur through the suture line, but through peripheral areas, where in most cases it was possible to visualize serosa excoriation due to the release of adhesions.

### *Histology*

The medians of the tissue alignment, inflammation, fibrosis, neovascularization and necrosis scores did not present statistical difference between the studied groups (Table 3). However, fibrosis tended to have lower scores for the interrupted suture.

**Table 3:** Histological data presented as median and interquartile range of scores of groups BS, CS and IS, the classification was performed with values of 0-5.

Histological variables	BS (n=4)	CS (n=4)	IS (n=4)	P group
Alignment G3	5,0	5,0	5,0	-
Alignment G10	4,50 [4,00 – 5,00]	5,00 [4,25 – 5,00]	5,00 [4,25 – 5,00]	0,709
Alignment G21	5,0	5,00 [4,25 – 5,00]	5,00 [4,25 – 5,00]	0,577
P time	0,111	0,577	0,577	
Inflammation G3	4,50 [3,25 – 5,00]	4,50 [2,50 – 5,00]	4,00 [2,50 – 4,75]	0,810
Inflammation G10	4,00 [3,25 – 4,75]	4,00 [3,25 – 4,75]	4,00 [4,00 – 4,75]	0,848
Inflammation G21	4,00 [4,00-4,75]	5,00 [4,25 – 5,00]	4,50 [2,50 – 5,00]	0,453
P time	0,852	0,395	0,852	
Fibrosis G3	4,00 [4,00 – 4,75]	5,0	5,00 [4,25 – 5,00]	0,090
Fibrosis G10	4,50 [4,00 – 5,00]	5,0	4,00 [4,00 – 4,75]	0,111
Fibrosis G21	5,0	4,50 [3,25 – 5,00]	3,50 [3,00 – 4,75]	0,119
P time	0,111	0,113	0,194	
Vascularization G3	4,50 [2,50 – 5,00]	4,00 [3,00 – 5,00]	3,00 [2,25 – 3,75]	0,368
Vascularization G10	3,00 [2,00 – 4,75]	3,50 [2,25 – 4,75]	3,50 [2,00 – 5,00]	0,937
Vascularization G21	4,50 [1,75 – 5,00]	2,00 [2,00 – 3,50]	4,-0 [2,25 – 5,00]	0,367
P time	0,758	0,177	0,773	
Necrosis G3	5,0	5,0	5,00 [4,25 – 5,00]	0,368
Necrosis G10	5,0	5,0	5,0	-
Necrosis G21	5,0	5,0	5,0	-
P time	-	-	0,368	

BS = Barbed Suture; CS = Continuous Suture; IS = Interrupted Suture

## 1.5 Discussion

The incidence of affections that affect the small intestine and requires surgical correction is representative in different species,<sup>1,2,7,22,23</sup> justifying the constant searches of innovations that aim to optimize the quality of this procedures. The anatomic and physiologic similarities of the gastrointestinal tract of both humans and dogs have made the porcine model a reference for the study of surgical techniques,<sup>11,24,25</sup> since the extrapolation of data to clinical practice is more feasible from studies *in vivo*. Despite the great value in the transmission of relevant scientific information, studies *ex vivo* have this limitation. These facts emphasize the importance of the design of the present study.

In the case of small intestine suture in small animals, the suture must be appositional, single layered and always including the submucosa, that is the layer with

the greater resistance of the intestinal wall<sup>1</sup>. Simple interrupted or continuous suture are the recommended patterns.<sup>1,7,26</sup>

The barbed suture has a recent historic in gastrointestinal surgery, few experimental studies have evaluated the efficacy of this material in small bowel of domestic animals<sup>11,20,21,27,28</sup> comparing it to enterorrhaphy using simple continuous suture with conventional monofilament. The innovation of the use of the barbed suture is based on the time and material saved for the suture execution, especially in laparoscopic procedures.<sup>21,29,30</sup> None of the performed studies so far included the comparison with the interrupted suture, considered the gold standard for enterorrhaphy in dogs.<sup>1</sup> Therefore, this study design was chosen including the comparison between barbed suture and monofilament suture in the simple continuous and simple interrupted patterns.

According to literature citation, significative reduction in the time for suture execution was noted with the barbed suture (BS), being 41,51% lower in relation to IS, pattern that present the longest execution time. Although considered a classic suture for enterotomy closing, the number of knots that need to be made leads to great demand of time for execution, besides creating fragile points in the surgical site.<sup>30</sup> The longer time for concluding the interrupted suture justifies the difference found between CS and IS, although other authors did not report the same finding when comparing these two patterns of suture in enterorrhaphy.<sup>3</sup>

In relation to the simple continuous suture, the tendency to superiority of BS persisted, with a 21% decrease in surgical time. This reduction is superior to the related in studies that compared the same patterns in dogs, with a decrease in surgical time with the barbed suture, but not over 15%.<sup>28,31</sup> The best result was reported by Omotosho et al. (2011), that obtained 40% reduction in the execution time of barbed suture when compared to the simple continuous pattern, both performed by laparoscopy. This important reduction in time is due to the presence of the terminal device in the suture, dismissing the need to perform the knot, and to the barbs fixation on the tissue that do not allow the suture to slide.

Both laparoscopy and video-assisted laparotomy provide minimally invasive access to the abdomen and less manipulation of the organs, with a lower local inflammatory response than the open procedures.<sup>11</sup> The inflammatory response is dependent on the level of local tissue trauma, ischemia, in addition to the presence of a foreign body, including the suture material<sup>3,26</sup> and is related to the formation of adhesions.

In our study, the assisted laparotomy provided extensive inspection of the abdominal cavity to ensure that the animals had no prior alterations, as well as it guided the exposure of the jejunal segment to be sutured, ensuring minimal manipulation. As a result of the video-assisted procedure and adequate execution of the suturing techniques, no alterations were observed in the clinical evaluations and the adhesions were of low complexity, even without the suture omentalization, with a median score of 2 and no statistical difference between the chosen patterns. The choice of low-reactive synthetic monofilament threads<sup>1</sup> may also be considered a factor with direct interference in the occurrence of low-scores.<sup>26</sup>

Although there was no difference between the adhesions observed in the tested sutures, there was difference in BS, with scores significantly higher in G21 than in G3. The adherence after the use of the barbed suture was related to the site of intestinal suture termination, suggesting the placing of a simple interrupted suture covering the termination and incorporating it in the tissue.<sup>32,33</sup> In the present study, the barbed suture end was not covered. However, adhesions found in BS were not restricted to the distal end of the suture and, when present, were distributed throughout the surgical wound. Despite the higher score in G21, the adhesions still categorized as low complexity.

It should be noted that, after being undone, the adhesion did not compromise the integrity of the suture line, making it possible to verify its patency by the burst test. The need for mobilization of the intestine with dense adhesions and consequent tissue trauma was responsible for impairing the performance of this test in some studies.<sup>11,21</sup>

The burst pressure is a test of great importance because it provides direct information on the strength of the sutured tissue, supporting the evaluation of suture materials and more adequate techniques.<sup>3</sup> In experimental studies, jejunal segments sutured with barbed suture demonstrated comparable burst pressure or even greater than continuous suture with conventional monofilament thread.<sup>11,20,21,27,28,31</sup>

In BS and IS, a significant increase in burst pressure was observed in G10 if compared with G3, with the same tendency observed in CS. In fact, other studies observed lower burst pressures on the third postoperative day, relating them to the friability of the recently manipulated tissue as well as the presence of adhesions on the suture line.<sup>11,21</sup> As there was no damage in the suture line due to the release of adhesions in the animals of the present study, we attributed the cause of extravasation with pressures lower than the other moments to the tissue fragility in the immediate postoperative period.



Considering the lower mean burst pressure at the time of extravasation between the different sutures in G3 (BS  $89.18 \pm 18.14$ , CS  $85.87 \pm 54.43$  and IS  $116.03 \pm 7.29$ ), these are higher than the values reported in studies using dog cadavers jejunum, where the mean burst pressure reported for BS was  $53.3 \pm 5.7$  mmHg,  $34 \pm 6.9$  mmHg for CS<sup>27</sup> and  $81, 4 \pm 40.4$  mmHg for IS.<sup>3</sup> It should be considered that, besides the difference between the tissues submitted to enterorrhaphy, the different values described in those studies may also be related to the technical variations for the closure of the enterorrhaphies and measurement of the pressures.<sup>3</sup>

In a recent study, the intestinal motility and peristalsis of normal dogs were evaluated by an enteric capsule with a pressure sensor.<sup>34</sup> During peristalsis, the maximum amplitude of intestinal contraction was 75 mmHg. In people, this range may be 15 to 23 mm Hg.<sup>35</sup> Considering the anatomical and physiological similarity between the species<sup>24</sup> and extrapolating the data obtained in this study, it is considered that the means of burst pressures measured in G3, G10 and G21 were supraphysiological, when compared to the pressure that naturally occurs during intestinal contraction, which reinforces the quality and safety of the studied patterns.

Furthermore, leakage of the fluid in all the rupture tests performed occurred in regions distant from the suture, also described by Omotosho<sup>11</sup> when performed a jejunum burst test of dogs at 10 and 21 days postoperatively. Therefore, we reinforce that, even in the recent postoperative period (G3), where the lowest pressures were observed, the sutures were sufficiently resistant to withstand the supraphysiological increase of the pressure in its lumen.

Among the studies that aimed to evaluate the efficiency of barbed suture in enterorrhaphys, only two described the analysis of the suture from the microscopic point of view, between 3 and 14 postoperative days.<sup>20,21</sup> Therefore, this is to our knowledge the first study to report histopathological findings related to 21 days postoperative with barbed suture in intestinal surgery. No significant differences were found for the histological analysis between BS, CS and IS, in the different moments evaluated. Demyttenaere<sup>27</sup> and Giusto<sup>30</sup> also did not show significant histopathological alterations comparing barbed and monofilament thread in intestinal suture, obtaining similar scores of inflammation, collagen fibers and neovascularization, at different moments. Differently from what was expected for the inflammation score, where the highest median would be expected in the interrupted suture due to the greater amount of suture material

present in the surgical incision, or even in G3, when intestinal manipulation is believed to be associated to an evident inflammatory response, no differences were found.

Recent article describes the occurrence of intramural abscess in dog intestine, which occurred after the use of barbed suture. In that report, the authors describe that the presence of barbs in contact with the friable mucosa can cause erosions and allow the penetration of contaminated fluid to deeper layers of the intestinal wall.<sup>36</sup> This fact is not supported by articles involving studies with large numbers of human patients submitted to laparoscopic gastrointestinal procedures with barbed suture<sup>18,37</sup> including high morbidity surgeries involving colon,<sup>38</sup> where this material has been increasingly considered a viable option for safety and smaller surgical time. Our study showed no microscopic evidence that suggest contamination in the deep intestinal layers, all the animals presented favorable clinical evolution, and no complications or macroscopic findings were observed due to suture failure, including dehiscence, extravasations and peritonitis, in any of the evaluation moments. It is important to note that this is another relevant and inherent feature of *in vivo* studies, which also allow us to evaluate possible postoperative complications in animals due to the technique used, especially when it is an object of evaluation with a recent research history, as is the case of barbed suture in intestinal surgeries.

The barbed suture showed the best performance when suture times were evaluated for each pattern studied. Regarding the other analyzes (adhesions, burst pressure and histology), there was no statistical difference between the types of suture at different moments. The three sutures presented satisfactory results regardless of sample collection time, showing that the use of barbed suture is promising in veterinary gastrointestinal surgeries.

### *Study Limitations*

Regarding the limitations of this study we can point out the small number of individuals representing each group. Since this is an *in vivo* design, there are ethical limitations regarding the use of animals. Another point to be emphasized is that, because we did not observe extravasation through the suture line, there is no way to state the burst pressure supported by the surgical thread. Performing a biomechanical tensile test on the sutured segment could determine the strength of the threads at rupture. However, in the

same study, this would mean a higher number of enterorrhaphies per animal, increasing the morbidity of the procedure.

*Conflicting Interests*

The authors declare that they have no conflict of interest.

## 1.6 References

1. Brown DC. Small Intestine. In: Tobias KM, Johnston SA, editors. *Veterinary Surgery Small Animal*. 1st ed. Saint Louis: Saunders; 2011. p. 1513–41.
2. Ross AR, Hall NJ, Ahmed SA, Kiely EM. The extramucosal interrupted end-to-end intestinal anastomosis in infants and children; a single surgeon 21 year experience. *J Pediatr Surg*. 2016;51(7):1131–4.
3. Kieves NR, Krebs AI, Zellner EM. A Comparison of Ex Vivo Leak Pressures for Four Enterotomy Closures in a Canine Model. *J Am Anim Hosp Assoc*. 2018 Mar;54(2):71–6.
4. Shales CJ, Warren J, Anderson DM, Baines SJ, White RAS. Complications following full-thickness small intestinal biopsy in 66 dogs: a retrospective study. *J Small Anim Pract*. 2005;46(7):317–21.
5. 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 Other Interv Tech*. 2013;27(10):3830–4.
6. Duell JR, Thieman Mankin KM, Rochat MC, Regier PJ, Singh A, Luther JK, et al. Frequency of Dehiscence in Hand-Sutured and Stapled Intestinal Anastomoses in Dogs. *Vet Surg*. 2016;45(1):100–3.
7. Fossum TW, Hedlum CS. Gastric and intestinal surgery. *Vet Clin North Am - Small Anim Pract*. 2003;33(5):1117–45.
8. Eriksen TF, Lassen CB, Gögenur I. Treatment with corticosteroids and the risk of anastomotic leakage following lower gastrointestinal surgery: A literature survey. *Color Dis*. 2014;16(5):154–60.
9. Snowdon KA, Smeak DD, Chiang S. Risk Factors for Dehiscence of Stapled Functional End-to-End Intestinal Anastomoses in Dogs: 53 Cases (2001-2012). *Vet Surg*. 2016;45(1):91–9.
10. Mitsou K, Papazoglou LG, Savvas I, Tzimtzimis E. Investigation of leakage holes created by four needle types used for closure of canine enterotomies. *Open Vet J*. 2018;8(4):411.
11. 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*. 2011;21(10):893–7.
12. 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(2):205–9.
13. McKenzie AR. An experimental multiple barbed suture for the long flexor tendons

- of the palm and fingers. Preliminary report. *J Bone Joint Surg Br.* 1967 Aug;49(3):440–7.
14. Haas HG. [Primary care of extensor tendon injuries]. *Handchirurgie.* 1981;13(3–4):199–206.
  15. Pilkinton ML, Levine GC, Bennett L, Winkler HA, Shalom DF, Finamore PS. Comparison of strength of sacrocolpopexy mesh attachment using barbed and nonbarbed sutures. *Int Urogynecol J.* 2018;29:153–9.
  16. Porreca A, D’agostino D, Dandrea M, Salvaggio A, Del Rosso A, Cappa E, et al. Bidirectional barbed suture for posterior musculofascial reconstruction and knotless vesicourethral anastomosis during robot-assisted radical prostatectomy. *Minerva Urol Nefrol.* 2018 Jun;70(3):319–25.
  17. Leach G, Kurnik N, Joganic J, Joganic E. Multivectoral Superficial Muscular Aponeurotic System Suspension for Facial Paralysis. *J Craniofac Surg.* 2017;28(4):882–7.
  18. Bautista T, Shabbir A, Rao J, So J, Kono K, Durai P. Enterotomy closure using knotless and barbed suture in laparoscopic upper gastrointestinal surgeries. *Surg Endosc Other Interv Tech.* 2016;30(4):1699–703.
  19. Lin Y, Lai S, Huang J, Du L. The Efficacy and Safety of Knotless Barbed Sutures in the Surgical Field: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Sci Rep.* 2016;6(November 2015):1–8.
  20. Giusto G, Iussich S, Tursi M, Perona G, Gandini M. Comparison of two different barbed suture materials for end - to - end jejunum - jejunum anastomosis in pigs. *Acta Vet Scand.* 2019;61(3):1–8.
  21. Demyttenaere S V., Nau P, Henn M, Beck C, Zaruby J, Primavera M, et al. Barbed suture for gastrointestinal closure: A randomized control trial. *Surg Innov.* 2009;16(3):237–42.
  22. Anderson DE. Surgical Diseases of the Small Intestine. *Vet Clin North Am - Food Anim Pract.* 2008;24(2):383–401.
  23. Auletta L, Lamagna F, Uccello V, Lamagna B, Pasolini MP. In vitro comparison of three suture techniques for anastomosis of the equine small intestine. *Equine Vet J.* 2011;43(SUPPL.40):46–50.
  24. Kararly TT. Comparison of the gastrointestinal anatomy, physiology, and biochemistry of humans and commonly used laboratory animals. *Biopharm Drug Dispos.* 1995;16:351–80.
  25. Toubanakis G, Economou GC, Karagianis JA, Toubanakis C, Golematis BC. Replacement of the pyloric sphincter with the ileocecal valve: an experimental study. *Mt Sinai J Med.* 2000 Mar;67(2):152–8.
  26. Bernis-Filho WO, Wouters F, Wouters AAB, Bernis VMO, Lopes LR, Andreollo NA. Estudo Comparativo Entre Os Fios De Algodão, Poliglactina E

- Poliglecaprone Nas Anastomoses Intestinais De Cães. *Arq Bras Cir Dig.* 2013;26(1):18–26.
27. 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.
  28. Ehrhart NP, Kaminskaya K, Miller JA, Zaruby JF. In Vivo Assessment of Absorbable Knotless Barbed Suture for Single Layer Gastrotomy and Enterotomy Closure. *Vet Surg.* 2013;42(2):210–6.
  29. Jang S, Jung Y, Choi S, Ha TK. Postoperative mechanical small bowel obstruction induced by V-Loc barbed absorbable suture after laparoscopic distal gastrectomy. *Ann Surg Treat Res.* 2017;92(5):380–2.
  30. Duffy DJ, Kindra CG, Moore GE. Comparison of initial leak pressures after single- and double-layer cystotomy closure with barbed and nonbarbed monofilament suture material in an ex vivo ovine model. *Vet Surg.* 2019;1–7.
  31. Miller J, Zaruby J, Kaminskaya K. Evaluation of a barbed suture device versus conventional suture in a canine enterotomy model. *J Investig Surg.* 2012;25(2):107–11.
  32. Donnellan NM, Mansuria SM. Small Bowel Obstruction Resulting from Laparoscopic Vaginal Cuff Closure with a Barbed Suture. *J Minim Invasive Gynecol.* 2011;18(4):528–30.
  33. Segura-Sampedro JJ, Ashrafian H, Navarro-Sánchez A, Jenkins JT, Morales-Conde S, Martínez-Isla A. Small bowel obstruction due to laparoscopic barbed sutures: An unknown complication? *Rev Esp Enfermedades Dig.* 2015;107(11):677–80.
  34. Boscan P, Cochran S, Monnet E, Webb C, Twedt D. Effect of prolonged general anesthesia with sevoflurane and laparoscopic surgery on gastric and small bowel propulsive motility and pH in dogs. *Vet Anaesth Analg.* 2014;41:73–81.
  35. Iqbal A, Haider M, Stadlhuber RJ, Karu A, Corkill S, Filipi CJ. A study of intragastric and intravesicular pressure changes during rest , coughing , weight lifting , retching , and vomiting. *Surg Endosc.* 2008;22:2571–5.
  36. Smeak DD, Turner H, Hoon-hanks L. Intramural Abscess Causing Obstruction at a Previous Jejunal Enterotomy Site in a Dog. *J Am Anim Hosp Assoc.* 2018;54(5):e6653.
  37. Lee S, Kawai M, Tashiro K, Nomura E, Tokuhara T, Kawashima S, et al. Laparoscopic gastrointestinal anastomoses using knotless barbed absorbable sutures are safe and reproducible : a single-center experience with 242 patients. *Jpn J Clin Oncol.* 2016;46(4):329–35.
  38. Feroci F, Giani I, Baraghini M, Romoli L, Zalla T, Quattromani R, et al. Barbed versus traditional suture for enterotomy closure after laparoscopic right colectomy with intracorporeal mechanical anastomosis: a case–control study. *Updates Surg.* 2018;70(4):433–9.