



Avaliação da resistência e elasticidade dos fios de poliamida (náilon), polietileno de alto peso molecular e fluorocarbono, *in natura* e esterilizados em autoclave ou ortoftaldeído

[*Evaluation of the strength and elasticity of polyamide (nylon), high molecular weight polyethylene and fluorocarbon sutures, in natura and sterilized in autoclave or orthophthaldehyde*]

“Artigo Científico/Scientific Article”

Déborah Cavalcante de Aliança **Lima***, Rebecca Gatis **Galvão**, Eduardo Alberto **Tudury**

Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, Brasil.

*Autora para correspondência/Corresponding author: E-mail: deborahhalianca@gmail.com

Resumo

Os pacientes com problemas ortopédicos representam uma significativa casuística na clínica cirúrgica veterinária. Na correção de tais afecções são necessários materiais ortopédicos e, dentre eles, os fios cirúrgicos; sabendo-se que a qualidade do fio usado é um fator crítico para obtenção de bons resultados. Contudo, as propriedades de determinados fios podem ser alteradas com a forma de esterilização. Por este motivo, objetivou-se com a presente pesquisa avaliar as propriedades mecânicas dos fios de poliamida, fluorocarbono e de polietileno de alto peso molecular (Dyneema) em diferentes formas de esterilização, buscando um fio que atenda às necessidades ortopédicas. Os três fios em medidas semelhantes foram avaliados sob três tratamentos diferentes: *in natura*, esterilização química com ortoftaldeído por 12 minutos e esterilização física com autoclave a uma temperatura de 120°C por 30 minutos, quanto à resistência tênsil e elasticidade. As características foram avaliadas através de um equipamento de tração para medir a força tênsil colocada sob o fio até sua ruptura, associada a uma régua para aferir e determinar a porcentagem de comprimento do fio. Os resultados foram comparados com as informações obtidas de seus fabricantes, entre os fios e entre os métodos de esterilização. Após análise estatística, concluiu-se que ambos os métodos de esterilização foram capazes de alterar as propriedades intrínsecas dos fios. Porém, o Dyneema foi o que menos sofreu interferência dos métodos de esterilização avaliados, sendo o mais apropriado para as cirurgias ortopédicas, apresentando maior resistência e menor elasticidade, além de ser adquirido a baixo custo quando é de pescaria.

Palavras-chave: cirurgia; ortopedia; biomecânica; fio de sutura.

Abstract

Patients with orthopedic problems represent a significant number of cases in the veterinary surgical clinic. In the correction of such conditions, orthopedic materials are needed and among them, surgical threads; knowing that the quality of the yarn used is a critical factor for obtaining good results. However, the properties of certain yarns can be changed with the form of sterilization. For this reason, the objective of this research was to evaluate the mechanical properties of polyamide, fluorocarbon and high molecular weight polyethylene (Dyneema) threads in different forms of sterilization, seeking a thread that meets orthopedic needs. The three threads in similar measurements were evaluated under three different treatments: *in natura*, chemical sterilization with orthophthaldehyde for 12 minutes and physical sterilization with autoclave at a temperature of 120° for 30 minutes, regarding tensile strength and elasticity. The characteristics were evaluated using a traction equipment to measure the tensile force placed under the wire until it breaks, associated with a ruler to measure and determine the percentage of wire length. The results were compared with information obtained from their manufacturers, between threads and between sterilization methods. After statistical analysis, it was concluded that both sterilization methods were able to change the intrinsic properties of the threads. However, Dyneema was the one that suffered the least interference from the evaluated sterilization methods, being the most appropriate for orthopedic surgeries, presenting greater resistance and less elasticity, in addition to being acquired at low cost when fishing.

Keywords: surgery; orthopedics; biomechanics; sutures thread.

Introdução

Para a correção cirúrgica de afecções ortopédicas é preciso uma variedade de materiais ortopédicos, como fixadores externos, pinos intramedulares, placas e parafusos de fixação, além de fios cirúrgicos para reparo de ligamentos, tendões, músculos, cápsulas articulares, instabilidades, realização de banda de tensão e síntese (Najibi et al., 2010; Hayashi et al., 2021). Sabe-se, que a qualidade do fio usado nas cirurgias ortopédicas é um fator crítico para obtenção de bons resultados (Sardenberg, et al., 2003).

Os fios cirúrgicos são classificados quanto sua origem em orgânico, inorgânico ou misto. De acordo com sua estrutura são monofilamentares ou polifilamentares; podendo ser absorvíveis ou não (Medeiros et al., 2016). Prefere-se fios que apresentem grande resistência à torção e tração, com baixa reação tecidual, que possibilitem a realização de nós seguros, de fácil esterilização e manuseio, além de baixo custo (Schmiedt, 2017; Oliveira, 2018).

A esterilização é o processo que culmina com a eliminação completa dos microrganismos em objetos inanimados. Os tecidos internos do corpo são normalmente estéreis, logo, todo instrumental, equipamento ou material que entrar em contato com tais tecidos deverão estar esterilizados, seja por métodos físicos, químicos ou por radiação (Silva et al., 2009).

No grupo da esterilização física, encontra-se a esterilização pelo calor seco ou úmido, a qual leva à morte dos microrganismos pela desnaturação ou destruição das proteínas celulares. O equipamento autoclave promove a esterilização física por meio do vapor d'água sob pressão, sendo o método mais comumente usado em clínicas e escolas veterinárias, para esterilização de materiais, devido ao seu alto poder de penetração, eficiência antimicrobiana e baixo custo (Schulz e Fossum, 2021a).

A desinfecção visando à esterilização química consiste na morte dos microrganismos através do contato direto com algum produto, que pode ser usado na sua forma gasosa ou líquida. O método foi desenvolvido para realizar a esterilização de materiais que não suportam o calor (Silva et al., 2009). Na esterilização química a frio, os instrumentais são submersos em uma solução química, sendo útil na desinfecção de equipamentos cirúrgicos, anestésicos e dentários. O glutaraldeído a 2%, clorexidina, iodo, fenóis e compostos de amônio quaternário são exemplos de soluções que

podem ser usadas em desinfecção (Silva et al., 2009; Schulz e Fossum, 2021a). Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) o glutaraldeído a 2% além de desinfetante de alto nível, pode ser esterilizante, a depender do tempo de ação, sendo 30 minutos para desinfecção e de 8 a 10 horas para esterilização (ANVISA, 2007).

Dentre as soluções de esterilização química, encontra-se atualmente o ortoftaldeído, um aldeído solúvel e estável, pH 7,5, sensível à luz ultravioleta e oxidação pelo ar. O ortoftaldeído tem ação semelhante ao glutaraldeído, agindo pela alquilação de grupos sulfidríla, hidroxila, carboxila e amino dos microrganismos, alterando seu DNA, RNA e síntese proteica, com tempo de ação a partir de 12 minutos (Psaltikidis et al., 2014).

A forma de esterilização diverge entre os fios de sutura como consequência de suas diferentes composições (Silva et al., 2009; Schmiedt, 2017).

O náilon é um polímero de poliamida que pode ser encontrado na forma monofilamentar ou multifilamentar. A sua esterilização pode ser feita pelo calor úmido a 120°C e por radiação (Figueiredo e Tudury, 2009). As propriedades físicas do fio de náilon são significativamente influenciadas pelas técnicas de esterilização. O náilon, quando submetido ao vapor da autoclave, resulta em um aumento de duas a quatro vezes no alongamento (Schmiedt, 2017). O fio de náilon (fio de pesca) é frequentemente usado em cirurgia ortopédica veterinária (Schmiedt, 2017). Um exemplo, é a técnica de interligação extracapsular fêmoro-fabelo-tibial, descrita na literatura com o uso de fio de náilon de pesca autoclavado, para tratamento da ruptura do ligamento cruzado cranial (Baraúna Júnior et al., 2007), o qual atua primariamente, limitando a translação cranial da tibia em relação ao fêmur (Schulz et al., 2021b).

Para que os fios de sutura mantenham a redução cirúrgica de uma articulação, é necessário que eles tenham a capacidade de resistir às forças de tração que naturalmente são submetidos os ligamentos responsáveis pela estabilidade articular. Os fios de sutura não absorvíveis de polimistura trançada, por exemplo, são superiores aos fios convencionais de poliéster trançado por serem mais resistentes, se tornando assim, uma melhor escolha para as cirurgias ortopédicas (Gomide et al., 2019).

Tradicionalmente, em estabilizações articulares, usavam-se as suturas de poliéster trançado e inabsorvível, por acreditar que esse

material apresentava adequada resistência. Contudo, a frequente ruptura do fio de sutura levou a necessidade de um material com maior resistência mecânica. Logo, surgiram fios de sutura como a FiberWire, HiFi, Herculine, Orthocord, Ultrabraid e LigaFiba (Gomide et al., 2019), tendo este último duas vezes mais resistência que o náilon monofilamentar. Tais fios apresentam composição baseada no polietileno de alto peso molecular, fabricados através do processo de fiação de gel, que tem sua forma comercial conhecida como Dyneema (Jhamb et al., 2007).

O fio de polietileno de alto peso molecular é considerado, atualmente, a fibra mais resistente criada pelo ser humano, tem alta resistência à tração (2,8-4,2 kgf/cm²), com 200-500% de alongamento na ruptura, 0,928-0,941g/cm³ de densidade e <0,01% de absorção de água em 24 horas. Seu alto peso molecular produz melhoria nas propriedades físicas do polímero quando comparado aos outros polietilenos. É um polímero quase totalmente inerte e resistente a uma gama de produtos químicos (ácidos, álcalis, solventes, combustíveis, detergentes e oxidantes) (Coutinho et al., 2003).

Com processo de fabricação semelhante ao náilon, o fluorcarbono é um fluoropolímero termoplástico não reagente. Sendo um produto de alta tecnologia com alta resistência a solventes, ácidos, e calor. E divergindo do náilon, o fluorcarbono apresenta elasticidade quase zero, não é poroso, mais rígido e resistente à abrasão (Barros, 2009). O fluorcarbono também vem sendo usado em cirurgias ortopédicas, como na técnica de TightRope modificada em cães com ruptura do ligamento cruzado cranial (Bregadioli et al., 2014) e na técnica de pino moldado em cavilha para luxação coxofemoral em cães (Barros, 2009).

Nas últimas duas décadas houve um grande desenvolvimento tecnológico que permitiu que os cirurgiões usassem fios de sutura cada vez mais perto do fio ideal, porém com alto custo industrial (Sardenberg, et al., 2003). Por este último motivo, objetiva-se avaliar propriedades mecânicas dos fios de pesca de poliamida, fluorcarbono e de polietileno de alto peso molecular com diferentes formas de esterilização, buscando um fio que atenda às necessidades das cirurgias ortopédicas, mas com baixo custo de produção.

Material e Métodos

Para avaliação das propriedades biomecânicas dos fios de poliamida, fluorcarbono

e polietileno de alto peso molecular, foram usados esses fios *in natura* e esterilizados pelo método físico de calor úmido (autoclave) ou pelo método químico com a solução de ortoftaldeído. Na autoclave, o material foi submetido a uma temperatura de 120° por 30 minutos. Para que a eficácia da esterilização fosse comprovada, foram usadas fitas de papel que mudam de cor em resposta a uma combinação tempo/temperatura. Quanto à esterilização pelo ortoftaldeído, o material foi submerso por 12 minutos na solução. O ortoftaldeído foi usado na concentração de 0,55% da marca Rioscope Opa.

Os fios avaliados tinham 0,4 mm de diâmetro, da marca Ekilon (fio de pesca), Leader line (fluorcarbono) e Vexter (Dyneema). Os grupos de avaliação foram compostos por 30 fios cada um, sendo náilon *in natura*, sob autoclave e sob a ação de ortoftaldeído para elasticidade e resistência; e de fio de polietileno de alto peso molecular e fluorcarbono sob os mesmos tratamentos, totalizando para náilon 90 unidades, assim como para os demais fios.

Para avaliação da resistência e elasticidade, os fios foram presos num equipamento de tração associado a um dinamômetro, a fim de medir a força tênsil colocada sobre ele, até o momento de sua ruptura. Quanto à elasticidade e plasticidade, utilizou-se uma régua, para aferir e assim determinar a porcentagem de aumento de comprimento do fio, até a sua ruptura. O fio foi medido no início e no fim, a diferença, em porcentagem, foi estabelecida como a capacidade de alongamento sob tração.

Os resultados, quanto à elasticidade e resistência, foram comparados entre os fios e entre os métodos de esterilização, mediante análise estatística de variância para valores quantitativos, utilizando o Teste T de Student. A Figura 1 mostra as fórmulas usadas para cálculo do alongamento do fio.

Adicionalmente, foi realizado o cálculo do alongamento médio em % através da fórmula: $\frac{\text{comprimento final} - \text{comprimento inicial}}{\text{comprimento inicial}} \times 100$. A resistência média foi calculada através da média aritmética das 30 amostras de cada fio sob cada tratamento.

Para o cálculo da tensão aplicada, é necessário inicialmente que os dados estejam em mega pascal (MPa). Dessa forma, foi preciso dividir a força pela área superficial da seção do fio. Essa área precisa estar em mm² e a força em Newton (N). Logo, foi preciso multiplicar a “força”

que foi aplicada (em kgf) no ensaio pela gravidade. Após, realizou-se a divisão da força pela área (Hibbeler, 2004).

Resultados e Discussão

A primeira coleta de dados foi realizada com o tratamento *in natura* dos fios. O náilon utilizado da marca Ekilon de 0,4mm o fabricante afirma ter uma resistência de 8,4 kg, mas durante o experimento, o fio apresentou resistência média de 4,833 kg com desvio padrão de 0,699. A média de alongamento do náilon foi de 37,22% com desvio

padrão de 5,82. E a média de alongamento no momento antes da ruptura foi de 21,56 cm com desvio padrão de 1,35.

O mesmo procedimento foi realizado para o Dyneema, onde o fabricante diz ter resistência de 30 kgs, mas no experimento teve média de 12,567 kg com desvio padrão de 2,246. O alongamento médio em % foi de 18,58% com desvio padrão de 3,54. A média de alongamento no momento antes da ruptura do fio foi de 18,84 cm com desvio padrão de 1,53.

Diâmetro do fio = 0,40 mm

Cálculo para a área do fio: $A = [\pi \times (\text{diâmetro do fio})^2] / 4$

L_0 = Comprimento inicial do fio

L_n = Comprimento do fio após aplicação de nkgf

δL_n = diferença entre o comprimento final e inicial do fio após aplicação de n kgf

ϵ = alongamento

Cálculo do alongamento: $\epsilon = \delta L / L_0$

σ = tensão aplicada

Cálculo da tensão: $\sigma = \text{força (kgf)} * 9,8067 / \text{área do fio}$

Figura 1. Fórmulas usadas no cálculo de alongamento dos fios.

Quanto ao fluorocarbono, o fabricante afirma ter resistência de 12,17 kg, entretanto, durante o experimento foi observado uma resistência de 5,167 kg com desvio padrão de 0,582. O alongamento médio em % foi de 22,48% com desvio padrão de 3,79. E a média de alongamento no momento antes da ruptura foi de 19,36 cm com desvio padrão de 1,87.

Na análise dos dados *in natura* pode-se concluir, quanto à resistência dos fios *in natura*, que o náilon é o mais frágil (4,833kg), seguido do fluorocarbono (5,167 kg); sendo o Dyneema (12,567 kg) o mais resistente. Em relação ao alongamento, o náilon é o que apresenta maior capacidade, com um alongamento médio de 37,22%. O Dyneema detém a menor capacidade de alongamento, com 18,58% e o fluorocarbono com valor intermediário entre ambos, com alongamento médio de 22,48%.

Os resultados obtidos na análise *in natura*, estão de acordo com a literatura, a qual cita o náilon como um fio de alta elasticidade (Figueiredo e Tudury, 2009); o fluorocarbono com uma menor elasticidade e maior resistência, quando comparado ao náilon (Barros, 2009); e o Dyneema, com a maior resistência, sendo 15 vezes mais forte que o

aço, mas ainda com uma certa capacidade de elasticidade (Jhamb, et al., 2007).

Quanto aos dados obtidos na esterilização química com ortoftaldeído, o náilon apresentou resistência média de 4,4 kg e desvio padrão de 0,6, tendo como média de alongamento 31,19% e desvio padrão de 4,73 e média de alongamento no momento antes da ruptura de 22,43% com desvio padrão de 1,5.

O fluorocarbono (ortoftaldeído) apresentou resistência média de 4,81 kg e desvio padrão de 0,7. A média de alongamento foi de 22,81% e desvio padrão de 2,53. A média de alongamento no momento antes da ruptura foi de 20,32% e 0,81 de desvio padrão.

O Dyneema (ortoftaldeído) teve resistência de 12,06 kg e desvio padrão de 1,3. Apresentou média de alongamento de 16,01% e desvio padrão de 3,19, com média de alongamento antes da ruptura de 18,45% e desvio padrão de 1,16.

Na análise dos dados com ortoftaldeído, o Dyneema apresentou maior resistência (12,06 kg), seguido do fluorocarbono (4,81 kg) e por último, o náilon (4,4 kg). Em contrapartida, quanto ao alongamento, o náilon apresentou maior média

com 31,19%, seguido do fluorocarbono com 22,81% e Dyneema com 16,01%.

Em relação aos dados após esterilização na autoclave, o náilon apresentou diminuição no seu comprimento, indo de 30 cm antes do processamento para 19 cm, além de ter apresentado dificuldade no manuseio e segurança dos nós. Sua resistência média foi de 4,5 kg com desvio padrão de 0,73. A média de alongamento foi de 142,86% com desvio padrão de 37,23 e a média de alongamento antes da ruptura foi de 21,31% e desvio de 3,46.

O fluorocarbono também apresentou diminuição no seu comprimento após a esterilização na autoclave, indo de 30 cm a 27 cm. A resistência média foi de 5,2 kg com desvio padrão de 0,7. Sua média de alongamento foi de 39,81% com desvio padrão de 5,36, e média de alongamento no momento antes da ruptura de 19,77% e desvio de 1,19.

O Dyneema não apresentou mudança no comprimento após esterilização na autoclave e teve resistência de 11,66 kg com desvio padrão de 1,3. Sua média de alongamento foi de 16,36% com desvio padrão de 3,18 e média de alongamento antes da ruptura de 18,17% e desvio de 1,12.

Quanto aos resultados na autoclave, o Dyneema manteve-se como o mais resistente (11,66 kg), seguido do fluorocarbono (5,2 kg), sendo menos resistente o náilon (4,5 kg). Na análise do alongamento, o náilon apresentou a maior média com 142,86%, o fluorocarbono com 39,81% e por último, o Dyneema com 16,36%.

Na análise comparativa das médias do náilon, pode-se observar que a esterilização por autoclave aumenta de forma significativa sua capacidade de alongamento (142,86%), mas tem pouca interferência na sua resistência média (4,5 kg) quando contraposto com sua resistência *in natura* (4,8 kg).

O fluorocarbono também apresentou aumento do seu alongamento entre suas amostras *in natura* (22,48%), no ortoftaldeído (22,81%) e na autoclave (39,81%), podendo-se observar que a autoclave altera de maneira significativa o alongamento tanto do náilon quanto do fluorocarbono. Quanto à sua resistência, não houve a mesma correlação entre os diferentes tratamentos. Sua resistência *in natura* foi de 5,16 kg, no ortoftaldeído foi de 4,81 kg e na autoclave de 5,2 kg.

O Dyneema apresentou diferenças no seu alongamento nos diferentes tratamentos. Seu

alongamento *in natura* foi de 18,84%, no ortoftaldeído de 16,01% e na autoclave de 16,36%, mostrando que a esterilização tanto química quanto física, tem o potencial de alterar suas características de alongamento. Quanto a sua resistência, *in natura* foi de 12,56 kg, no ortoftaldeído de 12,06 kg e na autoclave de 11,66 kg. Logo, o processo de esterilização também interferiu na sua capacidade de resistência.

Os dados obtidos estão presentes nas Tabelas 1 e 2. As tabelas foram analisadas e comparadas de forma horizontal e vertical. Em relação à análise horizontal das tabelas, os fios foram comparados entre si frente aos diferentes métodos de esterilização e com sua forma *in natura*. Os dados da elasticidade são elucidados na Tabela 1 e da resistência na Tabela 2.

O náilon apresentou diferença significativa entre todas as amostras, mostrando que tanto o ortoftaldeído como a autoclave, são capazes de alterar suas características de elasticidade, convergindo com as informações disponíveis na literatura, que afirmam que a esterilização a vapor resulta no seu alongamento (Schmiedt, 2017).

No tocante a sua resistência, as amostras de náilon só mostraram diferenças significativas entre os fios *in natura* e no ortoftaldeído, sendo o mais resistente a *in natura* com média de 4,83 kg. Apontando que o ortoftaldeído pode diminuir a resistência do náilon, enquanto a autoclave não a altera de forma significativa (4,5 kg). Entretanto, Rahal et al. (1997) cita que a autoclavagem pode ocasionar uma redução na resistência do náilon e na segurança dos nós.

O fluorocarbono não apresentou diferenças significativas na elasticidade entre suas amostras *in natura* e no ortoftaldeído, contudo, apresentou diferenças altamente significativas entre as amostras *in natura* e na autoclave e no ortoftaldeído e autoclave, onde a autoclave teve média de alongamento de 39,81% contra 22,48% *in natura* e 22,81% no ortoftaldeído, como mostrado na Tabela 1. Resultados semelhantes foram encontrados por Sicard et al. (2002), onde o fluorocarbono mostrou um ganho excessivo de elasticidade após autoclavado. Sua resistência apresentou diferença entre as amostras *in natura* e as do ortoftaldeído e entre a autoclave e o ortoftaldeído, mas sem diferença entre as amostras *in natura* e na autoclave. A resistência do fluorocarbono no ortoftaldeído foi de 4,81 kg; 5,16 kg *in natura* e 5,2 kg na autoclave, como observado na Tabela 2. Logo, a esterilização a vapor foi capaz

de aumentar sua elasticidade e a esterilização química, de diminuir sua resistência. Divergindo da literatura, a qual cita que o fluorocarbono apresenta elasticidade quase zero (Barros, 2009).

Quanto a elasticidade do Dyneema frente aos diferentes tratamentos, obteve-se como resultado que há diferença altamente significativa entre as amostras *in natura* (18,84%) e no ortoftaldeído (16,01%) bem como entre os fios *in natura* e na autoclave (16,36%), mas não ocorreu diferença significativa entre as amostras esterilizadas com ortoftaldeído e na autoclave

(Tabela 1). A elasticidade das amostras no ortoftaldeído foram as que apresentaram menor média. Pontuando que a esterilização é capaz de diminuir sua elasticidade, independente se for química ou física, porém a química interfere mais. Em relação a sua resistência, apenas a autoclave interferiu, diminuindo discretamente a mesma. Essa informação é comprovada por ter ocorrido diferença significativa entre as amostras *in natura* (12,56 kg) e as da autoclave (11,66 kg) e ausência de diferença entre as demais análises (Tabela 2).

Tabela 1. Resultados estatísticos da análise das médias e desvio padrão, quanto à elasticidade, comparando cada fio entre si nos diferentes tratamentos e comparando os três fios em cada tratamento.

Fio	<i>In natura</i> M±DP	Ortoftaldeído M±DP	Autoclave M±DP
Náilon	37,22%±5,82 ^{a/A}	31,19%±4,73 ^{b/A}	142,86%±37,2 ^{c/A}
Fluorocarbono	22,48%±3,79 ^{a/B}	22,81%±2,53 ^{a/B}	39,81%±5,36 ^{b/B}
Dyneema	18,84%±1,53 ^{a/C}	16,01%±3,19 ^{b/C}	16,36%±3,18 ^{b/C}

M: média; DP: desvio padrão; letras minúsculas: análise estatística horizontal; letras maiúsculas: análise estatística vertical; letras iguais: sem diferença significativa entre as amostras; letras diferentes: apresentam diferença significativa entre as amostras.

Tabela 2. Resultados estatísticos da análise das médias e desvio padrão, quanto a resistência, comparando cada fio entre si nos diferentes tratamentos e comparando os três fios em cada tratamento.

Fio	<i>In natura</i> M±DP	Ortoftaldeído M±DP	Autoclave M±DP
Náilon	4,83kg±0,69 ^{a/A}	4,4kg±0,67 ^{b/A}	4,5kg±0,73 ^{b/A}
Fluorocarbono	5,16kg±0,5 ^{a/B}	4,8kg±0,7 ^{b/B}	5,2kg±0,7 ^{a/B}
Dyneema	12,56kg±2,2 ^{a/C}	12,06kg±1,3 ^{a/C}	11,66kg±1,35 ^{b/C}

M: média; DP: desvio padrão; letras minúsculas: análise estatística horizontal; letras maiúsculas: análise estatística vertical; letras iguais: sem diferença significativa entre as amostras; letras diferentes: apresentam diferença significativa entre as amostras.

Não foram encontrados na literatura estudos semelhantes elucidando a interferência do ortoftaldeído nas características dos fios avaliados, nem da autoclave no Dyneema.

Na análise vertical das tabelas, cada fio foi comparado com os outros nos dois métodos de esterilização e a forma *in natura* para elucidar qual seria a elasticidade (Tabela 1) e a resistência (Tabela 2) em cada tratamento, qual fio teria mais resistência e elasticidade em cada um dos tratamentos e por último, qual dos três seria o mais apropriado para uso em cirurgias ortopédicas por possuir menos elasticidade e maior resistência quando esterilizado.

No método *in natura*, foram avaliados a elasticidade e a resistência dos três fios. Na

elasticidade, o náilon e o fluorocarbono apresentaram diferença altamente significativa, onde o náilon apresenta média de alongamento de 37,22% contra 22,48% do fluorocarbono. O náilon e o Dyneema apresentaram de forma semelhante, uma diferença altamente significativa, pois na sua forma *in natura*, o Dyneema tem média de alongamento só de 18,84%, sendo o menos elástico dos três fios, dados mostrados na Tabela 1. A análise entre o Dyneema e o fluorocarbono também verificou uma diferença altamente significativa. Quanto à resistência dos fios, entre o náilon (4,83 kg) e o fluorocarbono (5,16 kg) houve diferença significativa, mas entre o náilon e o Dyneema (12,56 kg) e o Dyneema e o fluorocarbono, a diferença foi altamente significativa, dados

comparativos estão presentes na Tabela 2. As amostras esterilizadas no ortoftaldeído mostraram diferença altamente significativa entre todos os fios para elasticidade e resistência. De forma semelhante, os fios esterilizados na autoclave também tiveram diferença significativa na análise dos dados de elasticidade e resistência. Concluindo, que a esterilização também tem a capacidade de alterar esses dois parâmetros nos fios ao submetê-los aos diferentes procedimentos. Entretanto, o Dyneema se apresentou como o fio menos alterado pelos métodos de esterilização quanto a elasticidade e a resistência. Também, na procura dentre os três fios do mais resistente e menos elástico, o Dyneema foi melhor, com repetidas diferenças significativas e valores finais superiores.

Conclusão

Conclui-se, com a presente pesquisa, que o fio Dyneema, quando comparado com o náilon e fluorocarbono, é o mais apropriado para gerar estabilidade entre as estruturas interligadas.

Conflito de Interesse

Os autores afirmam que não houve conflitos de interesse.

Comitê de Ética

A execução desta pesquisa dispensou a necessidade de obtenção de licenças éticas.

Referências

- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe Técnico: **Glutaraldeído em estabelecimentos de assistência à saúde**. 2007. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/Alertas/informe_tecnico_04.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2022.
- Baraúna Júnior, D.B. et al. Técnica de interligação extracapsular fêmoro-fabelotibial na ruptura do ligamento cruzado cranial em cães: achados clínicos e radiográficos. **Ciência Rural**, 37(3): 769-776, 2007.
- Barros, L.P. **Estudo experimental e comparativo entre as técnicas de pino em cavilha com fio fluorocarbono monofilamentar e colocefalectomia para estabilização coxofemoral em cães**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009.
- Bregadioli, T. et al. Uso da técnica TightRope modificada em cães com ruptura do ligamento cruzado cranial, **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, 21(2): 90-95, 2014.
- Coutinho, F.M.B.; Mello, I.L.; Santa Maria, L.C. Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações. **Polímeros**, 13(1): 1-13, 2003.
- Figueiredo, M.L.; Tudury, E.A. Material de síntese. In: Tudury, E.A.; Potier, G.M.A. **Tratado de técnica cirúrgica veterinária**. São Paulo: MedVet, 2009. p. 159-170.
- Gomide, L.C. et al. Estudo mecânico das propriedades dos fios de sutura usados em cirurgias ortopédicas. **Revista Brasileira de Ortopedia**, 54(3): 247-252, 2009.
- Hayashi, K.; Schulz, K.S.; Fossum, T.W. Princípios do diagnóstico e manejo de fraturas. In: Fossum, T.W. **Cirurgia de pequenos animais**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021. p. 976-1035.
- Hibbeler, R.C. **Resistência dos materiais: engenharia**. 5ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.
- Jhamb, A. et al. **String theory: an examination of the properties of "High Strength" suture materials**. Annual Scientific Meeting of the Australian Orthopaedic Association, 2007.
- Medeiros, A.C.; Araújo-Filho, I.; Carvalho, M.D.F. Fios de sutura. **Journal of Surgical and Clinical Research**, 7(2), 74-86, 2016.
- Najibi, S. et al. Material properties of common suture materials in orthopaedic surgery. **Orthopedic Journal**, 30: 84-88, 2010.
- Oliveira, A.L.A. **Técnica cirúrgicas em pequenos animais**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. 512 p.
- Psaltikidis, E.M. et al. Desinfetantes de alto nível alternativos ao glutaraldeído para processamento de endoscópios flexíveis. **Cogitare Enfermagem**, 19(3): 465-474, 2014.
- Rahal, S.C. et al. Estudo comparativo das reações teciduais produzidas pela "linha de pesca" e fio de náilon cirúrgico. **Ciência Rural**, 28 (1), 89-93, 1997.
- Sardenberg, T. et al. Avaliação das propriedades mecânicas e dimensões de fios de sutura utilizados em cirurgias ortopédicas. **Acta Ortopédica Brasileira**, 11(2): 88-94, 2003.
- Schmiedt, C.W. Suture material, tissue staplers, ligation devices and closure methods. In: Tobias, K.M.; Johnston, S.A. (Ed.). **Veterinary surgery: small animal**. 2ª ed. vol. 1. Missouri: Elsevier, 2017. p187-200.
- Schulz, K.S.; Fossum, T.W. Princípios da assepsia cirúrgica. In: Fossum, T.W. **Cirurgia de pequenos animais**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021a. p.1-3.
- Schulz, K.S.; Hayashi, K.; Fossum, T.W.

- Doenças articulares. In: Fossum, T.W. **Cirurgia de pequenos animais**, 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021b. p.1134-1279.
- Sicard, G.K.; Hayashi, K.; Manley, P.A. Evaluation of 5 types of fishing material, 2 sterilization methods, and a crimp-clamp system for extra-articular stabilization of the canine stifle joint. **Veterinary Surgery**, 31, 78-84, 2002.
- Silva, A.C.; Aleixo, G.A.S.; Potier, G.M.A. Profilaxia das infecções. In: Tudury, E.A.; Potier, G.M.A. **Tratado de técnica cirúrgica veterinária**. São Paulo: MedVet, 2009. p. 49-64.