دراسة نسيجية مقارنة بين استخدام خيط بولي غليكوليك أسيد وخيط الحرير في خياطة وتر أخيلس لدى الكلاب

*بلال الجاسم
**أ.د. عزام العمري

الملخص:

أجريت هذه الدراسة بهدف مقارنة تأثير خيط البولي غليكوليك أسيد (PGA) القابل للامتصاص مع خيط الحرير غير القابل للامتصاص في خياطة وتر أخيلس لدى الكلاب باستخدام غرزة بونيل. شملت التجربة 12 كلباً سليماً تراوحت أعمارها بين 10 أشهر و3 سنوات وأوزانها بين 15–20 كغ، وزعت عشوائياً إلى مجموعتين متساويتين (6 كلاب لكل مجموعة). أجريت جميع العمليات تحت التخدير العام بمزيج من الزيلازين والكيتامين، تلاها شق جراحي بطول 3 سم على وتر أخيلس وخياطته بخيط PGA (المجموعة الأولى) وبخيط حرير (المجموعة الثانية). استمرت المتابعة السريرية والنسيجية لمدة 90 يوماً وتضمنت الفحص الإكلينيكي اليومي والتقييم العياني إضافةً إلى الفحوص النسيجية المرضية باستخدام صبغة هيماتوكسلين والايوزين.

أظهرت النتائج أن خيوط PGA أثارت استجابة التهابية خفيفة ومؤقتة، تميزت بارتشاح خلوي معتدل وتحلل تدريجي للخيط مما سمح بإعادة تنظيم ألياف الكولاجين وتكوين نسيج ندبي منظم ووظيفي. في المقابل أدى استخدام خيوط الحرير إلى استجابة التهابية مزمنة وشديدة، اتسمت بوجود كثيف للخلايا الالتهابية والعملاقة متعددة النوى حول الخيط، مع تكوين ورم حبيبي ونسيج ندبي متليف وغير منتظم وهو ما قد يعيق عملية الشفاء الطبيعية للوتر.

تشير هذه النتائج إلى أن خيوط PGA توفر بيئة نسيجية أكثر ملاءمة لإصلاح وتر أخيلس مقارنة بخيوط الحرير، من خلال استجابة التهابية أقل حدة وإعادة تشكيل أنسجة أكثر تنظيماً، مما يجعلها خياراً مفضلاً في جراحة إصلاح الأوتار.

الكلمات المفتاحية: وتر أخيلس، خياطة الأوتار، خيوط جراحية، بولي غليكوليك أسيد (PGA)، حرير، شفاء الأوتار

---

*طالب ماجستير – جراحة واشعة وتخدير– قسم الجراحة والولادة – كلية الطب البيطري – جامعة حماة.

**أستاذ الجراحة والتخدير– قسم الجراحة والولادة– كلية الطب البيطري – جامعة حماة.

A Histological Comparative Study of Using Polyglycolic Acid and Silk Sutures in Achilles Tendon Repair in Dogs

Belal Aljasem *

Prof.Dr.Azzam Alomari

Abstract:

This study was conducted to compare the effect of absorbable polyglycolic acid (PGA) sutures with non-absorbable silk sutures in Achilles tendon repair in dogs using the Bunnell technique. The experiment included 12 healthy dogs aged 10 months to 3 years and weighing 15–20 kg, randomly divided into two equal groups (6 dogs each). All surgeries were performed under general anesthesia with a combination of xylazine and ketamine, followed by a 3 cm longitudinal incision on the Achilles tendon and its repair using PGA sutures (group 1) and silk sutures (group 2). Clinical and histological follow-up continued for 90 days and included daily clinical examination, gross evaluation, and histopathological analysis using H&E staining.

The results showed that PGA sutures induced a mild and temporary inflammatory response characterized by moderate cellular infiltration and gradual suture degradation, allowing reorganization of collagen fibers and the formation of a well-structured and functional scar tissue. In contrast, silk sutures elicited a severe chronic inflammatory response, characterized by dense inflammatory cell infiltration and multinucleated giant cells around the suture, with granuloma formation and irregular fibrotic scar tissue, which may impair the natural healing process of the tendon.

These findings indicate that PGA sutures provide a more favorable tissue environment for Achilles tendon repair compared to silk sutures, by eliciting a milder inflammatory response and promoting more organized tissue remodeling, making them a preferable choice in tendon repair surgery.

Keywords: Achilles tendon, tendon repair, surgical sutures, polyglycolic acid (PGA), silk, tendon healing.

*Master Student- Surgery, Radiology, and Anaesthesia-Department of Surgery and Obstetrics-Veterinary Medicine-Hama University.
**Professor-Surgery and Anaesthesia -Department of Surgery and Obstetrics-Veterinary Medicine-Hama University.

1. المقدمة Introduction:

يُصنّف الوتر ضمن الأنسجة الضامة الكثيفة المنتظمة، ويتألف من حزم كولاجينية متوازية مرتبة وفق محور الشد الميكانيكي، وتعتبر وظيفته الأساسية نقل القوة من العضلات إلى العظام وتحريك المفاصل مع قدرة عالية على تحمل قوى الشد وامتصاص الصدمات بفضل خاصيته المرنة اللزجة (Fossum, 2018) .ورغم تشابهه البنيوي مع الرباط إلا أن الاختلاف الوظيفي واضح فالوتر يربط بين العضلة والعظم لتأمين الحركة بينما يربط الرباط عظمتين لتوفير الثبات (Asahara et al., 2017).

ويعد وتر أخيلس (الوتر العقبي) من أقوى وأثخن أوتار الطرف الخلفي في الكلاب حيث يسهم في بسط مفصل العرقوب وقبض الركبة ويؤدي دوراً أساسياً في أنشطة مثل القفز والركض . (Sugiyama, 2017)ورغم قوته البنيوية إلا أنه يعتبر أكثر عرضة للإصابة بسبب تعرضه المتكرر لقوى شد مفرطة خصوصاً في الكلاب النشيطة (Dams et al., 2019). وتكرار إصابته يجعله أكثر أهمية جراحياً مقارنة بأوتار أخرى مثل وتر العضلة العميقة أو ثلاثية الرؤوس الفخذية(Montgomery et al., 2003). وتعود قابلية وتر أخيلس للإصابة إلى اصطفاف أليافه الطولية المتوازية التي تجعله مقاوماً للشد الطولي لكنه ضعيف تجاه قوى الالتواء

ما يزيد من احتمالية التمزق (Liu et al., 2017) . اكلينيكياً فإن الإصابات الكاملة تظهر بوضعية المشي الأخمصي مع سقوط مفصل العقب إضافةً إلى تورم وفقدان التوتر الطبيعي عند الجس (Kramer et al., 1998; Spinella et al., 2010) . أما الإصابات المزمنة فقد تؤدي إلى القدم المفلطحة أو الاستلقاء الكامل لمشط القدم. وقد يُلاحظ في التمزق الجزئي ما يسمى بوقفة مخلب سرطان البحر (Piermattei and Flo, 1998). وفي الإصابات الثنائية الشديدة يعجز الحيوان عن المشي مع مضاعفات إضافية خصوصاً لدى الكلاب البدينة أو المصابة بأمراض جهازية (Piermattei and Flo, 1998).

وفي هذا السياق فإن تقنية الخياطة تُعد عاملاً حاسماً في نجاح الترميم الجراحي للأوتار إذ تحدد استقرار النسج وسرعة الالتئام (Fossum, 2018) . تعد غرزة بونيل Bunnell) (Techniqueخياراً واسع الاستخدام حيث تمرر الخيوط بشكل متعرج مائل عبر الوتر مما يحقق تماساً واسعاً مع النسيج وتوزيعاً متوازناً لقوى الشد. توفر هذه التقنية ثباتاً ميكانيكياً جيداً مع تقليل التوتر على أطراف القطع وتُطبّق غالباً مع خيوط غير قابلة للامتصاص مثل البولي بروبلين لضمان ثبات طويل الأمد (Fossum, 2018) . كما يمكن تعزيزها بوسائل إضافية مثل الجبائر أو التثبيت الخارجي (Worth et al., 2004) . وقد أظهرت دراسات أن هذه التقنية تحقق توازناً بين القوة وسهولة التطبيق مقارنة بتقنيات أخرى(Moores et al., 2004) . كذلك فإن الخيوط الجراحية تُعد أداة أساسية في الطب البيطري والبشري على حد سواء، إذ تدعم التئام الأنسجة وتقلل المضاعفات وينبغي أن تتصف بالقوة الكافية والتوافق الحيوي وسهولة الربط والاستقرار في العقد فضلاً عن الامتصاص التدريجي عند استخدامها داخلياً (Naleway et al., 2015; Odili et al., 2023). وقد تطور مجال إنتاج الخيوط خلال العقود الأخيرة ليشمل أنواعا متعددة تتناسب مع اختلاف النسج والعمليات (Gierek et al., 2018).

ويعد خيط البولي غليكوليك أسيد (PGA) من أهم الخيوط الصناعية متعدد الألياف ومتوفر بشكل مطلي وغير مطلي، يتميز بمقاومة جيدة للعقد وتفاعل نسيجي بسيط. يفقد نحو 35% من قوته خلال 14 يوماً و65% خلال 21 يوماً، ويُمتص كلياً خلال 60–90 يوماً. إضافةً لذلك فإنه يتمتع بخواص مضادة للجراثيم خاصة ضد المكورات العنقودية (Fossum, 2018; Schmiedt, 2012). اما خيط الحرير فهو خيط طبيعي غير قابل للامتصاص لكنه يفقد جزءاً كبيراً من قوته خلال أسابيع ويمتص تدريجياً خلال عامين. يتميز بسهولة الربط لكنه يحفز استجابة التهابية قوية مما يحد من استخدامه في حالات العدوى والجراحات العميقة (Grier, 1972; Schmiedt, 2012).

بناءً على ما سبق، فإن اختيار نوع الخيط الجراحي مع التقنية الملائمة للخياطة مثل غرزة بونيل يمثل عاملاً أساسياً لضمان نجاح ترميم وتر أخيلس واستعادة الوظيفة الحركية للكلاب المصابة وعليه تم اقتراح هذا البحث للمقارنة بين خيط البولي غليكوليك أسيد وخيط الحرير في خياطة وتر أخيلس باستخدام غرزة بونيل لدى الكلاب.

2. المواد وطرائق العمل Material and Methods:

- **حيوانات التجربة**

أُجريت الدراسة على اثني عشر كلباً من كلا الجنسين تراوحت أعمارها بين 10 أشهر و3 سنوات وأوزانها بين 15–20 كغ. جرى اختيار الحيوانات وفق معايير الصحة العامة وخلوها من الأمراض المزمنة أو الإصابات العضلية الهيكلية السابقة. وزعت الكلاب عشوائياً إلى مجموعتين متساويتين (6 كلاب لكل مجموعة) وأُبقيت ضمن ظروف بيئية وغذائية موحدة شملت الإيواء والتهوية ودرجة الحرارة والإضاءة الطبيعية مع توفير الماء والغذاء طوال مدة التجربة. نُفذت العمليات الجراحية على وتر أخيلس خلال الفترة الممتدة من حزيران حتى أيلول 2024 في

حظائر كلية الطب البيطري – جامعة حماة بعد تطبيق بروتوكول صيام غذائي (12 ساعة للطعام وساعتين للماء). استمرت المتابعة الإكلينيكية والسلوكية ثلاثة أشهر في المشفى البيطري التعليمي ومخابر الدراسات العليا.

- **خطوات التخدير والتحضير الجراحي:**

أُجريت جميع العمليات تحت التخدير العام باستخدام مزيج من زيلازين (2 ملغ/كغ، حقن عضلي) وكيتامين (5.5 ملغ/كغ، حقن عضلي)، حيث شملت العملية مرحلتين:

1. تحضيرية :لتهدئة الحيوان وتثبيط النشاط الحركي.
2. تخدير كامل :لتأمين العمق المطلوب للجراحة.

تم وضع الحيوانات في الاستلقاء الجانبي وتثبيت الأطراف بعد التأكد من عمق التخدير. شمل التحضير الجراحي غسل الجلد، حلاقة الشعر، تطهير بالكحول 95%، ثم بوفيدون–يود 10%، وأخيراً تغطية المنطقة بشاش معقم.

- **الإجراء الجراحي:**

أُجري شق طولي بطول 3 سم على الجانب الوحشي للساق فوق حدبة العقب حتى الوصول إلى وتر أخيلس، بعد قطع الوتر أعيدت خياطته وفق تقنية بونيل باستخدام:

- المجموعة الأولى :خيط بولي غليكوليك أسيد قابل للامتصاص (PGA USP 1).
- المجموعة الثانية :خيط حرير غير قابل للامتصاص (Silk USP 1).

أُغلق الجلد بغرز بسيطة بخيوط حرير رقم "1"، وتبع ذلك تعقيم موضعي وإعطاء مضاد حيوي وقائي وتثبيت الطرف بجبيرة خاصة لتقليل الحركة.

- **المتابعة السريرية والفحوصات:**

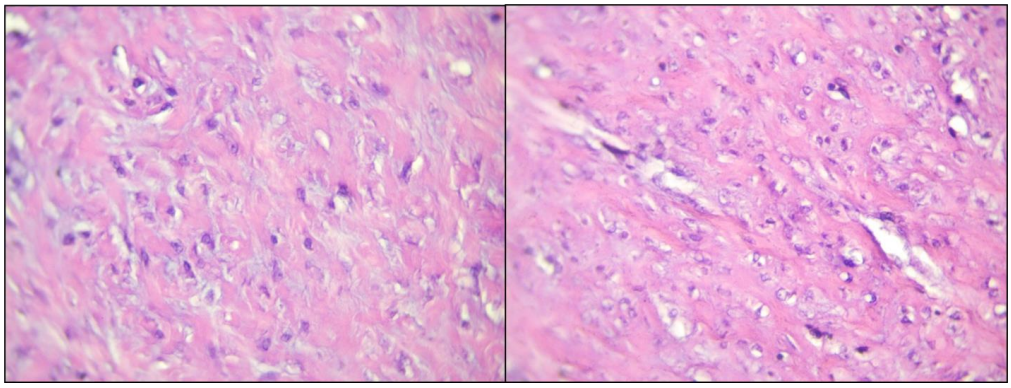
استمرت المتابعة السريرية لمدة 90 يوماً وشملت:

1. الفحص الإكلينيكي اليومي: والذي تضمن تقييم النشاط البدني، الشهية، الاستجابة للمؤثرات، إضافة إلى مراقبة الجرح من حيث التورم أو الاحمرار أو إفرازات قد تشير إلى وجود التهاب.
2. الفحص العياني المرضي النهائي: حيث جرى توثيق عند انتهاء التجربة التغيرات العيانية مثل الالتصاقات الليفية بين الوتر والأنسجة المحيطة ونوعية التئام النسيج من حيث انتظام الارتباط بين نهايتي الوتر.
3. تم إعدام الكلاب بالقتل الرحيم باستخدام T64.
4. الفحص النسيجي المرضي: تم جمع عينات نسيجية من منطقة الجراحة شملت الوتر المقطوع والمعالج، إضافةً إلى عينات من الطرف السليم للمقارنة. حُفظت العينات في محلول فورمالين 10% لمدة 15 يوماً، ثم مرت بمراحل تحضيرية تضمنت كل من إزالة الماء بالكحول ثم التمرير في الزايلول والإشباع بالبارافين. قُطعت العينات بعد تشكيل قوالب شمعية إلى شرائح بسماكة 4–6 ميكرون وصُبغت بصبغة H&E لإظهار البنية الخلوية والأنسجة الضامة. جرى فحص الشرائح بالمجهر الضوئي وتوثيقها بالتصوير الرقمي لتحليل النتائج ومقارنتها بين المجموعتين.

3. النتائج Results:

3-1-نتائج الدراسة النسيجية لالتئام وتر أخيلس لدى الكلاب باستخدام خيوط PGA.

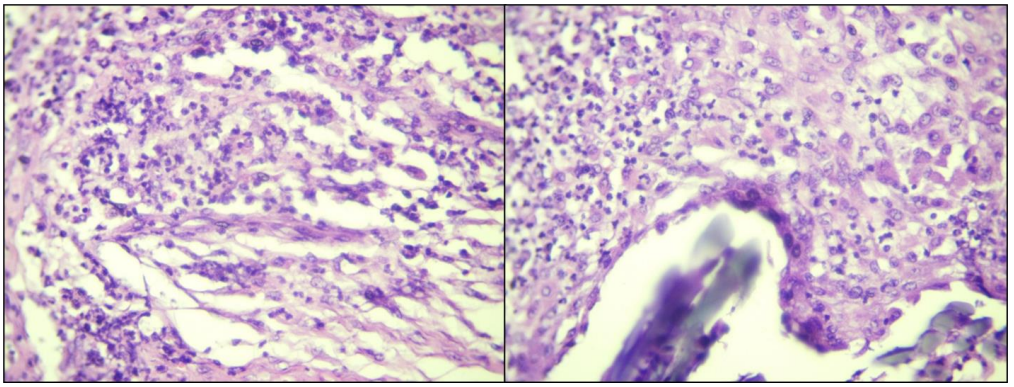
تظهر المشاهدات النسيجية التالية مقاطع من وتر أخيلس لكلب بعد خياطته باستخدام خيوط PGA(Polyglycolic Acid) وخيط الحرير في مراحل الشفاء وتمثل هذه الصور مقاطع نسيجية مصبوغة بصبغة الهيماتوكسيلين والإيوزين (H&E) وهي صبغة شائعة الاستخدام في علم الأنسجة لتسليط الضوء على تفاصيل الخلايا والأنسجة. حيث تظهر الصورة (رقم 1) مقطعاً نسيجياً لوتر أخيلس يمر بمرحلة مبكرة إلى متوسطة من عملية الشفاء بعد الخياطة بخيط (PGA)، يغلب على الصورة اللون الوردي الفاتح إلى الأرجواني مما يشير إلى وجود كميات كبيرة من المادة الخلالية (extracellular matrix) والألياف الكولاجينية بالإضافة إلى وجود خلايا متنوعة (الصورة على اليسار)، ويلاحظ في الصورة على اليمين تشابه في اللون العام ولكن تظهر اختلافات طفيفة في كثافة الخلايا أو تنظيم الألياف مما يعكس ديناميكية عملية الشفاء (الصورة على اليمين).



صورة رقم (1): توضح عملية الشفاء بعد الخياطة بخيط (PGA)

3-2-نتائج الدراسة النسيجية لالتئام وتر أخيلس لدى الكلاب باستخدام خيوط الحرير.

تُظهر الصورة (رقم 2) مقطعاً نسيجياً لوتر أخيلس بعد الخياطة بخيط الحرير ويلاحظ وجود استجابة التهابية واضحة حيث تظهر كثافة عالية من الخلايا الالتهابية المنتشرة في النسيج، يسيطر اللون الأرجواني الداكن على الصورة مما يشير إلى وفرة النوى الخلوية (الصورة على اليسار). وتظهر الصورة (الصورة على اليمين) بوضوح استجابة الجسم الغريب للخيط الحريري حيث يظهر جزء من الخيط الجراحي (الذي يظهر عادةً بلون أزرق أو بنفسجي داكن ومظهر ليفي) محاطاً بتجمع كثيف من الخلايا الالتهابية خاصة الخلايا العملاقة متعددة النوى.



صورة رقم (2): توضح عملية الشفاء بعد الخياطة بخيط الحرير.

بناءً على المشاهدات النسيجية يمكن الإشارة إلى ما يلي:

•خيوط (PGA) القابلة للامتصاص: تثير استجابة التهابية أقل حدة وتكون مؤقتة حيث يتحلل الخيط تدريجياً، وتظهر عملية شفاء تتميز بإعادة تشكيل الألياف الكولاجينية وتكوين نسيج وتر جديد مع انحسار الالتهاب مع مرور الوقت.

•خيوط الحرير غير القابلة للامتصاص: تثير استجابة التهابية مزمنة وقوية تتميز بوجود خلايا عملاقة متعددة النوى وتكوين ورم حبيبي جسم غريب حول الخيط، وإن هذه الاستجابة المستمرة قد تؤثر على جودة شفاء الوتر وتكوين نسيج ندبي غير وظيفي.

بشكل عام تُظهر الصور النسيجية أن خيوط PGA توفر بيئة أفضل لشفاء وتر أخيلس من خلال استجابة التهابية أقل حدة وقابليتها للامتصاص مما يسمح بإعادة تشكيل أفضل للأنسجة. في المقابل تثير خيوط الحرير استجابة التهابية مزمنة قد تعيق عملية الشفاء الطبيعية وتؤدي إلى تكوين نسيج ندبي أكثر وضوحاً.

4. المناقشة Discussion:

أظهرت الأوتار التي تم خياطتها بخيوط PGA في دراستنا تطوراً نسيجياً متوافقاً مع المراحل الفسيولوجية الطبيعية للشفاء التي أشارت إليها الدراسات المختلفة، حيث تميزت المراحل المبكرة بارتشاح التهابي معتدل يضم خلايا بلعمية وخلايا ليمفاوية وهو ما يعكس المرحلة الالتهابية الضرورية هذا يتفق مع ما توصل اليه (Sharma and Maffulli, 2005). ترافق ذلك مع زيادة في أعداد الخلايا الليفية وبداية ترسيب كولاجين من النوع الثالث بشكل غير منتظم. ومع

تقدم الشفاء فقد انخفضت الكثافة الالتهابية وبدأت الخلايا الليفية بالتمايز إلى خلايا وترية مع تحسن تدريجي في تنظيم ألياف الكولاجين وانتقالها من النوع الثالث غير الناضج إلى النوع الأول الناضج ميكانيكياً وهذه النتيجة لا تختلف عما ذكره (Docheva et al., 2015). مع ملاحظة أن انحسار الالتهاب مع تحلل الخيط يعكس التوافق الحيوي العالي لـ PGA الذي يقلل التحفيز المناعي طويل الأمد وهذا ينسجم مع نتائج (Yaltirik et al., 2003). وإن وجود خلايا عملاقة متعددة النوى متفرقة حول بقايا الخيط يعد استجابة بلعمية متوقعة لا تشير إلى التهاب مزمن. بالتالي يوفر PGA دعماً ميكانيكياً مؤقتاً يسمح للنسيج الوتري الملتئم بتحمل الأحمال تدريجياً مما ينتج نسيجاً ندبياً منظماً وقوياً وظيفياً.

وعلى العكس فقد أثارت خيوط الحرير استجابة نسيجية شديدة ومزمنة اتسمت بارتشاح التهابي كثيف ومطوّل مع تراكم واضح للخلايا العملاقة متعددة النوى حول ألياف الحرير الأمر الذي يتوافق مع الدراسة التي توصل اليها (Anderson et al., 2008) حيث أدى هذا التفاعل إلى

إفراز مستمر لسيتوكينات وإنزيمات تحللية أعاقت إعادة تشكيل المصفوفة خارج الخلية وأخرت تمايز الخلايا الليفية ما نتج عنه ترتيب فوضوي لألياف الكولاجين وتكوين تليف كثيف وضعيف ميكانيكياً. هذه النتائج تتفق مع دراسات أوضحت أن الحرير كمادة بروتينية طبيعية يثير استجابة مناعية قوية وتكوين ورم حبيبي (Kakoei et al., 2010). كما أكدت دراسات أخرى أن الحرير يسبب تليفاً كثيفاً والتصاقات تحد من الحركة الطبيعية مقارنة بخيوط PGA التي دعمت تكوين نسيج منظم وقوة شد أعلى (Lawrence and Davis, 2005) (Akeson et al.,1977).هذا ما توصلنا اليه في نتائج الدراسة التشريحية المرضية.

أظهرت أبحاث أخرى أن الخيوط الطبيعية مثل الحرير والقطن تولّد رد فعل التهابي مزمن عند زرعها في الأنسجة (Curreri et al., 1975) (Kanematsu et al., 1984)، بينما تميزت الخيوط الاصطناعية القابلة للامتصاص مثل PGA باستجابة أخف وأقصر زمنياً. دراسات مقارنة حديثة أكدت أن خيوط مثل PGA أدت إلى تنظيم أفضل للكولاجين واستجابة التهابية أقل مع نتائج ميكانيكية متفوقة مقارنة بالحرير (ERGÜN et al., 2019) (Milella et al., 2001). بيّنت مراجعات أخرى أن تحلل PGA المائي ألطف على الأنسجة مقارنة بالتحلل الإنزيمي المرتبط بخيوط الحرير الذي يحفز استجابات مناعية قوية (Dennis et al., 2016) وقد توصلنا الى نتائج مماثلة لهذه الابحاث. وأكدت دراسات سابقة أن الخيوط الطبيعية ترتبط غالباً بمضاعفات التهابية طويلة الأمد (SUGARBAKER, 1985).

تؤكد النتائج النسيجية أن خيط PGA يتفوق بوضوح على الحرير في إصلاح وتر أخيلس إذ يثير استجابة التهابية مؤقتة ومنضبطة تسمح بإعادة تشكيل نسيجي منظم وندبة قوية وظيفياً، بينما يؤدي الحرير إلى التهاب مزمن وتليف شديد يضعف جودة الشفاء. وعليه، توصي الأدلة السريرية الحديثة باستخدام الخيوط الاصطناعية القابلة للامتصاص مثل PGA لتحقيق نتائج أفضل في جراحة الأوتار.

5. الاستنتاجات Conclusions:

يستنتج من هذه الدراسة أن خيوط PGA القابلة للامتصاص توفر بيئة بيولوجية أكثر ملاءمة لشفاء وتر أخيلس، إذ تثير استجابة التهابية خفيفة ومؤقتة تُسهم في إعادة تشكيل الكولاجين وتكوين نسيج منظم وقوي وظيفياً. في المقابل فإن خيوط الحرير غير القابلة للامتصاص ترتبط باستجابة التهابية مزمنة يهيمن عليها وجود خلايا عملاقة متعددة النوى وتؤدي إلى تكوين نسيج ندبي غير منتظم الأمر الذي يحد من جودة الشفاء الوظيفي للوتر.

6. التوصيات Recommendations:

- إجراء دراسات نسيجية باستخدام تقنيات متقدمة (مثل التلوينات المناعية أو المجهر الإلكتروني) لفهم أدق لآلية شفاء الأوتار.
- مقارنة أنواع خيوط جراحية أخرى (مثل خيوط البولي دايوكسانون أو البولي كابرولاكتون) لتحديد الأنسب في إصلاح الأوتار.
- تقييم الجوانب الوظيفية والميكانيكية للوتر بعد الشفاء (مثل قوة الشد والتحمل الحركي) وربطها بالمشاهدات النسيجية.

7. المراجع References:

1. Akeson, W., Amiel, D., Mechanic, G., Woo, S. L., Harwood, F., & Hamer, M. (1977). Collagen cross-linking alterations in joint contractures: changes in the reducible cross-links in periarticular connective tissue collagen after nine weeks of immobilization. Connective tissue research, 5(1), 15–19.
2. Anderson, J. M., Rodriguez, A., & Chang, D. T. (2008). Foreign body reaction to biomaterials. Seminars in immunology,
3. Asahara, H., Inui, M., & Lotz, M. K. (2017). Tendons and ligaments: connecting developmental biology to musculoskeletal disease pathogenesis. Journal of Bone and Mineral Research, 32(9), 1773-1782.

4. Curreri, P. W., Wilterdink, M. E., & Baxter, C. R. (1975). Characterization of elevated fibrin split products following thermal injury. Annals of Surgery, 181(2), 157.
5. Dams, O. C., van den Akker-Scheek, I., Diercks, R. L., Wendt, K. W., Bosma, E., van Raaij, T. M., Munzebrock, A. V., Zijlstra, W. P., Zwerver, J., & Reininga, I. H. (2019). The recovery after Achilles tendon rupture: a protocol for a multicenter prospective cohort study. BMC Musculoskeletal Disorders, 20, 1-8.
6. Dennis, C., Sethu, S., Nayak, S., Mohan, L., Morsi, Y., & Manivasagam, G. (2016). Suture materials—Current and emerging trends. Journal of Biomedical Materials Research Part A, 104(6), 1544–1559.
7. Docheva, D., Müller, S. A., Majewski, M., & Evans, C. H. (2015). Biologics for tendon repair. Advanced drug delivery reviews, 84, 222-239.
8. ERGÜN, S., Alakbarov, A., YILMAZ, A., Karademir, B., & Akgur, U. (2019). The Effect of Different Suture Materials on Achilles Tendon Metabolism: A Preliminary in vivo Study of mRNA levels in Rabbits. MLTJ-MUSCLES LIGAMENTS AND TENDONS JOURNAL, 9(4).
9. Fossum, T. W. (2018). Small Animal Surgery E-Book: Small Animal Surgery E-Book. Elsevier Health Sciences.
10. Gierek, M., Kuśnierz, K., Lampe, P., Ochała, G., Kurek, J., Hekner, B., Merkel, K., & Majewski, J. (2018). Absorbable sutures in general surgery–review, available materials, and optimum choices. Polish Journal of Surgery, 90(2), 34-37.
11. Grier, R. (1972). Surgical Sutures-Part II: Indications for Different Suture Materials and Comparable Costs.
12. Kakoei, S., Baghaei, F., Dabiri, S., Parirokh, M., & Kakooei, S. (2010). A comparative in vivo study of tissue reactions to four suturing materials. Iranian Endodontic Journal, 5(2), 69.
13. Kanematsu, T., Takenaka, K., Matsumata, T., Furuta, T., Sugimachi, K., & Inokuchi, K. (1984). Limited hepatic resection effective for selected cirrhotic patients with primary liver cancer. Annals of Surgery, 199(1), 51.

14. Kramer, M., Schimke, E., Gerwing, M., Schleich, S., & Michele, U. (1998). Diseases of the achilles tendon in dogs and cats. Tierarztliche Praxis. Ausgabe K, Kleintiere/heimtiere, 26(4), 238-246.
15. Lawrence, T. M., & Davis, T. R. (2005). A biomechanical analysis of suture materials and their influence on a four-strand flexor tendon repair. The Journal of hand surgery, 30(4), 836–841.
16. Liu, L., Hindieh, J., Leong, D. J., & Sun, H. B. (2017). Advances of stem cell based-therapeutic approaches for tendon repair. Journal of orthopaedic translation, 9, 69-75.
17. Milella, E., Ramires, P., Brescia, E., La Sala, G., Di Paola, L., & Bruno, V. (2001). Physicochemical, mechanical, and biological properties of commercial membranes for GTR. Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials, 58(4), 427–435.
18. Montgomery, R., Fitch, R., & Slatter, D. (2003). Muscle and tendon disorders. Textbook of Small Animal Surgery. 3rd ed. Saunders, Philadelphia, 2266-2267.
19. Moores, A. P., Owen, M. R., & Tarlton, J. F. (2004). The three- loop pulley suture versus two locking- loop sutures for the repair of canine achilles tendons. Veterinary Surgery, 33(2), 131-137.
20. Naleway, S. E., Lear, W., Kruzic, J. J., & Maughan, C. B. (2015). Mechanical properties of suture materials in general and cutaneous surgery. Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials, 103(4), 735-742.
21. Odili, C. C., Ilomuanya, M. O., Sekunowo, O. I., Gbenebor, O. P., & Adeosun, S. O. (2023). Knot strength and antimicrobial evaluations of partially absorbable suture. Progress in Biomaterials, 12(1), 51-59.
22. Piermattei, D., & Flo, G. (1998). Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair. JOURNAL OF VETERINARY MEDICAL EDUCATION, 25, 29-29.

23. Schmiedt, C. W. (2012). Suture material, tissue staplers, ligation devices and closure methods. Veterinary surgery: small animal. St Louis: Elsevier Saunders, 187-200.
24. Sharma, P., & Maffulli, N. (2005). Tendon injury and tendinopathy: healing and repair. JBJS, 87(1), 187–202.
25. Spinella, G., Tamburro, R., Loprete, G., Vilar, J., & Valentini, S. (2010). Surgical repair of Achilles tendon rupture in dogs: a review of the literature, a case report and new perspectives. Veterinarni Medicina, 55, 303-310.
26. Sugiyama, T. (2017). Evaluation of tibiotarsal transarticular immobilization techniques and kinematic study of the gastrocnemius muscle-tendon unit in dogs The University of Melbourne].
27. Worth, A., Danielsson, F., Bray, J., Burbidge, H., & Bruce, W. (2004). Scientific Articles-Ability to work and owner satisfaction following surgical repair of common calcanean tendon injuries in working dogs in New Zealand. New Zealand Veterinary Journal, 52(3), 109-116.
28. Yaltirik, M., Dedeoglu, K., Bilgic, B., Koray, M., Ersev, H., Issever, H., Dulger, O., & Soley, S. (2003). Comparison of four different suture materials in soft tissues of rats. Oral diseases, 9(6), 284–286.