



Universidad  
Católica de  
Valencia  
San Vicente Mártir

TFG

**TRABAJO FIN DE GRADO**

---

**GRADO EN  
VETERINARIA**

# Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

Alumno Ana Alemany Cosme  
Tutor Claudio Iván Serra Aguado  
2021-2022



Facultad de Veterinaria  
y Ciencias Experimentales  
Universidad Católica de Valencia  
San Vicente Mártir

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

## **ÍNDICE GENERAL**

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1. ENFERMEDAD DE DESARROLLO DEL CODO .....	3
1.1.1. Etiología.....	3
1.1.2. Signos clínicos.....	4
1.1.3. Diagnóstico.....	4
1.1.4. Tratamiento.....	6
1.2. OSTEOTOMÍA CUBITAL PROXIMAL EN ABDUCCIÓN (PAUL).....	6
1.3. EVALUACIÓN FUNCIONAL DE LA MARCHA.....	8
1.3.1. Estudio cinemático de la marcha.....	8
1.3.2. Estudio cinético de la marcha.....	9
1.3.2.1. Plataforma de fuerzas.....	10
1.3.2.2. Pasarela de presiones.....	10
1.3.3. Estudios con pasarela de presión.....	11
2. OBJETIVO.....	12
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
3.1. Selección de pacientes.....	13
3.1.1. Criterios de inclusión.....	13
3.1.2. Criterios de exclusión.....	13
3.2. Protocolo experimental.....	14
3.2.1. Evaluación clínica inicial, diagnóstico e inclusión del paciente en el estudio.....	14
3.2.2. Procedimiento quirúrgico.....	15
3.2.3. Manejo postquirúrgico inmediato y seguimiento postquirúrgico.....	17
3.3. Evaluación de las variables incluidas en el estudio.....	18
3.3.1. Descripción de las variables evaluadas.....	18
3.4 Análisis estadístico de los resultados.....	19
4. RESULTADOS.....	20
4.1. Análisis descriptivo de la población.....	20
4.2. Análisis descriptivo de la valoración del paso en la pasarela de presiones.....	21
4.3. Análisis comparativo de la evaluación del paso.....	23
5. DISCUSIÓN.....	26

6. CONCLUSIONES.....	30
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
ANEXO 1 .....	I
ANEXO 2 .....	II
ANEXO 3 .....	III

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Registro de datos en los perros intervenidos mediante artroscopia y PAUL.....	20
Tabla 2. Registro de datos en los perros intervenidos mediante artroscopia únicamente.....	20
Tabla 3. Mediana de las variables a 0, 8 y 16 semanas tras la intervención quirúrgica de artroscopia y artroscopia y PAUL.....	22

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

## **ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS**

Figura 1. Patologías que constituyen la enfermedad de desarrollo del codo.....	3
Figura 2. Test de <i>Campbell</i> .....	4
Figura 3. Esquema de los principales puntos de diagnóstico para evaluar la enfermedad de desarrollo del codo.....	5
Figura 4. Placa ALPS.....	7
Figura 5. Técnica PAUL.....	7
Figura 6. Medidas que se obtienen en los diferentes sistemas cinéticos.....	9
Figura 7. Estudio cinético de la marcha mediante pasarela de presiones.....	14
Figura 8. Representación del abordaje medial del codo mediante artroscopia.....	15
Figura 9. Imagen artroscópica de codo con síndrome de compartimento medial.....	16
Figura 10. Imágenes intraquirúrgicas.....	17
Figura 11. Radiografías postquirúrgicas inmediatas.....	17
Figura 12. Representación gráfica de la edad media y peso medio de los pacientes sometidos a artroscopia y artroscopia y PAUL.....	20
Figura 13. Porcentaje de pacientes según el grado de cojera.....	21
Figura 14. Tipo de lesiones representadas en el estudio porcentualmente.....	21
Figura 15. Análisis comparativo del tiempo de apoyo en animales sometidos a artroscopia o artroscopia y PAUL a las 0, 8 y 16 semanas tras la intervención.....	23
Figura 16. Análisis comparativo del porcentaje de apoyo en animales sometidos a artroscopia o artroscopia y PAUL a las 0, 8 y 16 semanas tras la intervención.....	24
Figura 17. Análisis comparativo del índice de presión total en animales sometidos a artroscopia o artroscopia y PAUL a las 0, 8 y 16 semanas tras la intervención.....	24
Figura 18. Análisis comparativo del porcentaje de presión total (A), velocidad de zancada (B), longitud de paso (C), longitud de zancada (D) y relación paso/zancada (E)...	25

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

## **ABREVIATURAS**

%TPI: porcentaje de presión total

A: artroscopia

AINE: antiinflamatorio no esteroideo

ALPS: *Advanced Locking Plate System*

AP: artroscopia y PAUL

CA: área de contacto

ECM: enfermedad del compartimento medial

ED: enfermedad del desarrollo

EPCM: enfermedad del proceso coronoides medial

IA: incongruencia articular

LP: longitud de paso

LZ: longitud de zancada

NUPA: no unión del proceso ancóneo

OCD: osteocondrosis del cóndilo humeral

P.Z: relación paso/zancada

PA: porcentaje de apoyo

PAUL: *Proximal Abducting Ulnar Osteotomy*

pCP: presión de contacto máxima

PRFC: plasma rico en factores del crecimiento

SHO: *Sliding Humeral Osteotomy*

T0: 0 semanas tras la intervención quirúrgica

T16: 16 semanas tras la intervención quirúrgica

T8: 8 semanas tras la intervención quirúrgica

TA: tiempo de apoyo

TC: tomografía computerizada

TPI: índice de presión total

VZ: velocidad de zancada

## RESUMEN

La enfermedad de desarrollo del codo es un proceso multifactorial que engloba la no unión de proceso anóneo, enfermedad del proceso coronoides medial, osteocondrosis del cóndilo humeral e incongruencia articular.

El tratamiento quirúrgico de elección consiste en la eliminación de fragmentos de cartílago y hueso mediante artroscopia. En los últimos años, se ha descrito la combinación de este procedimiento con osteotomías como la que sugiere la técnica PAUL (*Proximal Abducting Ulnar Osteotomy*).

El objetivo de este estudio es valorar la progresión ortopédica a corto plazo en pacientes tratados mediante artroscopia ± PAUL llevando a cabo un estudio cinético de la marcha.

En el estudio fueron incluidos 10 pacientes (4 sometidos a artroscopia y 6 a artroscopia y PAUL). El análisis cinético de la marcha se realizó antes de la cirugía, a las 8 y 16 semanas postquirúrgicas. Las variables analizadas fueron: tiempo de apoyo, porcentaje de apoyo, índice de presión total, porcentaje de presión total, velocidad de zancada, longitud de paso, longitud de zancada y relación paso/zancada.

Se obtuvieron diferencias entre ambos grupos para las variables tiempo de apoyo, porcentaje de apoyo e índice de presión total. Los pacientes sometidos a artroscopia-PAUL mostraron un empeoramiento de la marcha tras la cirugía mientras que los pacientes sometidos únicamente a artroscopia evidenciaron una mejoría clínica.

De este modo, se puede concluir que la realización de una técnica PAUL, produce un empeoramiento de los valores cinéticos en el postquirúrgico inicial, mientras que únicamente con el proceso artroscópico, se aprecia una mejora inmediata.

**Palabras clave:** *enfermedad de desarrollo del codo, artroscopia, PAUL, pasarela de presiones.*

## **ABSTRACT**

Developmental elbow disease is a multifactorial process that includes nonunion of the anconeal process, medial coronoid process disease, osteochondrosis of the humeral condyle and joint incongruity.

Surgical treatment consists of the removal of cartilage and bone fragments by arthroscopy. Recently, the combination of this procedure with osteotomies such as the one suggested by the PAUL technique (*Proximal Abducting Ulnar Osteotomy*) has been described.

The aim of this study is to assess short-term orthopedic progression in patients treated by arthroscopy with or without the PAUL, conducting a gait kinetic study using the pressure walkway.

The study included 10 dogs (4 submitted to arthroscopy and 6 submitted to arthroscopy and PAUL). Gait kinetic analysis was performed before surgery, at 8 and 16 weeks post-surgery. The gait parameters studied were: stance time, stance percentage, total scale pression, total pression percentage, stride velocity, step length, stride length and step/stride ratio.

Differences between both groups were obtained for the variables stance time, stance percentage and total scale pression. Patients undergoing arthroscopy-PAUL showed a worsening of gait after surgery, while patients undergoing arthroscopy alone showed clinical improvement.

By this way, it can be concluded that the performance of a PAUL technique produces a worsening of the kinetic values in the initial postoperative period, whereas with the arthroscopic process alone an immediate improvement is appreciated.

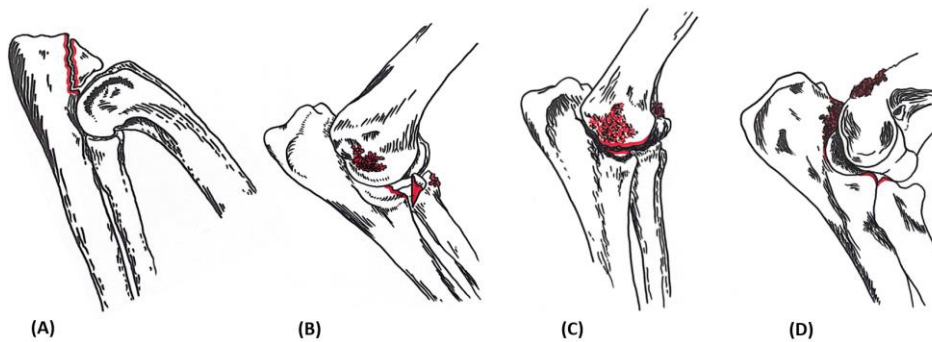
**Keywords:** *developmental elbow disease, arthroscopy, PAUL, pressure walkway.*

## 1. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. ENFERMEDAD DE DESARROLLO DEL CODO

#### 1.1.1. Etiología.

La articulación del codo es una articulación compleja en la que las porciones medial y lateral del cóndilo humeral articulan con el cúbito y la cabeza del radio respectivamente. Dicha articulación se ve comúnmente afectada por muchas enfermedades entre las que se encuentra la enfermedad del desarrollo del codo (ED), que es un proceso multifactorial que incluye cuatro patologías que pueden darse aisladas o en combinación y conducen a la enfermedad degenerativa de la articulación: no unión de proceso ancóneo (NUPA), enfermedad del proceso coronoides medial (EPCM), osteocondrosis del cóndilo humeral (OCD) e incongruencia articular (IA) (Figura 1), aunque recientemente la incongruencia ha pasado a considerarse una característica que contribuye a los otros tres componentes de la ED en lugar de una enfermedad independiente (Duerr, 2020).



**Figura 1.** Patologías que constituyen la enfermedad de desarrollo del codo. No unión del proceso ancóneo (A), enfermedad del proceso coronoides medial (B), osteocondrosis del cóndilo humeral (C) e incongruencia articular (D). Imágenes aportadas por el autor.

Afecta principalmente a razas grandes y gigantes durante la etapa de crecimiento entre los 6 y 12 meses de edad, aunque también lo observamos en perros adultos con cojera progresiva. El Pastor Alemán, el Labrador Retriever y el Rottweiler son razas de riesgo, considerándose una condición hereditaria común que afecta al 17% de los Labradores en Reino Unido y al 70% de los perros de Montaña de Berna en los Países Bajos (Michelsen, 2013; Boge et al., 2019).

Esta enfermedad es bilateral en el 35% de los perros afectados y representa la causa principal de cojera de las extremidades anteriores en los perros (Krotscheck & Böttcher, 2018).

El término de enfermedad de compartimento medial (ECM) incluye la OCD, EPCM e IA (radio-cubital o húmero-cubital). Aunque la NUPA también pueda asociarse ocasionalmente con lesiones en el compartimento medial de la articulación, afecta principalmente al compartimento caudal por lo que difiere en la patogenia y tratamiento con respecto a los anteriores (Schulz, 2013).

### 1.1.2. Signos clínicos.

Entre los síntomas más comunes de esta enfermedad, se observa una cojera aguda o crónica de la extremidad anterior tras el ejercicio, así como rigidez y marcha envarada con acortamiento de los pasos tras el reposo prolongado. La cojera se caracteriza por la abducción y rotación externa de la articulación durante la fase de avance y su reconocimiento puede llegar a ser complejo debido a la alta incidencia de enfermedad bilateral además de que muchos perros jóvenes no presentan rechazo al ejercicio a pesar de desarrollar una patología severa del codo (Krotscheck & Böttcher, 2018; Duerr, 2020). Por ello, consideramos que una respuesta a la profunda presión digital en la zona de inserción del músculo bíceps braquial en la cara medial de la apófisis coronoides como se observa en la Figura 2, es un indicador valioso (Fitzpatrick & Yeadon, 2009).



**Figura 2.** *Test de Campbell.* Se realiza para la detección de ED y consiste en pronar y supinar la extremidad manteniendo el carpo y el codo flexionados 90º y aplicando presión en la cara medial de la apófisis coronoides. Imágenes aportadas por el autor.

A la palpación es detectable atrofia muscular, efusión sinovial y/o inflamación del tejido blando periarticular además de dolor a la hiperextensión e incluso crepitación de la articulación si la osteoartritis es avanzada (Guiral et al., 2017).

### 1.1.3. Diagnóstico.

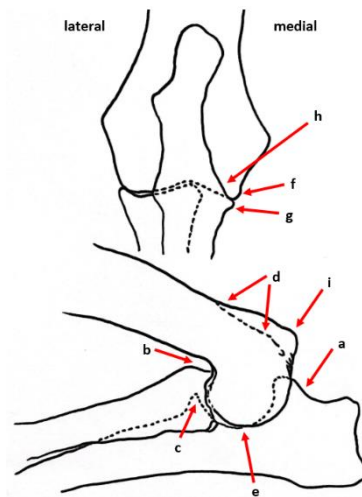
El diagnóstico definitivo se basa en la combinación de un examen ortopédico y radiológico, pruebas de imagen avanzadas como la tomografía computerizada así como la observación directa de la articulación mediante artroscopia (Krotscheck & Böttcher, 2018).

Consideramos que una evaluación clínica exhaustiva es igual de importante que las posteriores técnicas de diagnóstico por imagen a las que debe someterse el paciente. En el examen ortopédico puede detectarse un rango de movimiento reducido, molestias en la hiperflexión y extensión, derrame articular e inflamación periarticular, entre otros (Duerr, 2020).

El estudio radiográfico ofrece información más detallada de la clasificación y naturaleza de la enfermedad, lo cual es valioso no solo para el diagnóstico sino también para la toma de decisiones posteriores (Figura 3). Se deben hacer radiografías de ambos codos y las vistas que se recomienda

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

realizar son cráneo-caudal, medio-lateral y medio-lateral en flexión. La proyección cráneo-caudal habitualmente se recomienda para evaluar los cambios degenerativos secundarios a la ECM así como visualizar la EPCM, mientras que la proyección medio-lateral permite la visualización de osteofitos en el compartimiento craneal de la articulación además de la evaluación de la congruencia de la articulación del codo. La proyección medio-lateral en flexión facilita el diagnóstico de la NUPA (Krotscheck & Böttcher, 2018).



**Figura 3.** Esquema de los principales puntos de diagnóstico para evaluar la enfermedad de desarrollo del codo. (a) Superficie dorsal del proceso anóneo, (b) borde craneal de la cabeza del radio, (c) margen craneal del proceso coronoides medial, (d) cara caudal de la cresta lateral del cóndilo, (e) esclerosis del cúbito junto a la escotadura troclear, (f) cara medial del epicóndilo medial, (g) margen medial del proceso coronoides medial, (h) punto de identificación del hueso subcondral, (i) formación de osteofitos en el borde caudal de la cresta epicondilar medial. Imágenes aportadas por el autor.

Cabe destacar la falta de sensibilidad de la radiografía como técnica estándar para diagnosticar la enfermedad de desarrollo del codo, ya que el grado de osteofitosis no se correlaciona directamente con la presencia de la enfermedad. Por ello, la tomografía computarizada (TC) y, más recientemente, la resonancia magnética, se utiliza cada vez más para evitar superposición de estructuras y poder evaluar los codos donde los cambios son equívocos en la evaluación radiográfica. Con la tomografía computarizada podemos evaluar el hueso subcondral, la presencia de esclerosis, microfisuras, necrosis, quistes y fragmentaciones (Fitzpatrick & Yeadon, 2009; Krotscheck & Böttcher, 2018).

Sin embargo, la TC es incapaz de proporcionar imágenes de las lesiones del cartílago, pudiendo darse falsos negativos en el diagnóstico. Por ello, la evaluación artroscópica constituye el “gold standard” para el diagnóstico de la enfermedad ya que permite evaluar toda la superficie articular, detectar lesiones del cartílago articular y estimar la profundidad de la lesión para poder hacer un pronóstico más preciso (Krotscheck & Böttcher, 2018).

#### **1.1.4. Tratamiento.**

El tratamiento de la ED debe instaurarse lo antes posible para que la osteoartritis no progrese. La elección de un tratamiento conservador o quirúrgico se establece en función de la causa de la patología, la edad, la sintomatología y el estadio de la enfermedad degenerativa articular (Ortiz et al., 2017; Krotscheck & Böttcher, 2018).

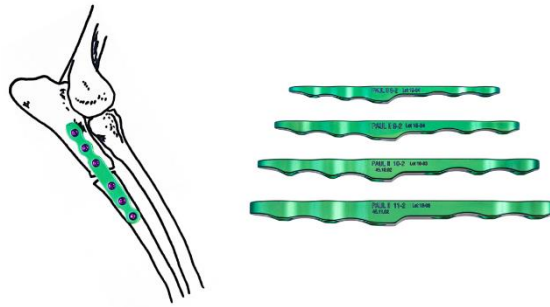
El tratamiento conservador se basa en el control del peso, suplementos nutricionales tales como glucosamina, condroitín sulfato y otros glicosaminoglicanos de polisulfato, moderación del ejercicio, fármacos antiinflamatorios, inyecciones intraarticulares de hialuronato, células madre o plasma rico en plaquetas intraarticular, así como rehabilitación externa entre otros. Una vez que la cojera se reduce o se resuelve, debe aumentarse poco a poco el ejercicio para fortalecer la musculatura circundante. Suele usarse en combinación con el tratamiento quirúrgico (Bruecker et al., 2021).

La eliminación quirúrgica de los fragmentos de cartílago y hueso suele mejorar la funcionalidad de la extremidad, por lo que el tratamiento artroscópico es el de elección. La artroscopia tiene numerosas ventajas frente a la cirugía abierta, ya que ofrece una mejor visualización de la articulación, es menos invasiva y la morbilidad postoperatoria es menor (Krotscheck & Böttcher, 2018).

Para la enfermedad del compartimento medial se valoran diferentes técnicas de osteotomía, ya que éstas buscan redistribuir las fuerzas de contacto lejos del compartimento medial, aliviar la presión sobre la apófisis ancónea y resolver la incongruencia articular. Se ha descrito la ostectomía cubital distal, osteotomía/ostectomía cubital proximal, osteotomía cubital dinámica bi-oblicua, osteotomía rotacional cubital proximal, osteotomía humeral en deslizamiento (SHO) y osteotomía cubital proximal en abducción (PAUL). Otras opciones incluyen el remplazo parcial o total de la superficie articular del compartimento medial (Amadio et al., 2020; Bruecker et al., 2021).

#### **1.2. OSTEOTOMÍA CUBITAL PROXIMAL EN ABDUCCIÓN (PAUL)**

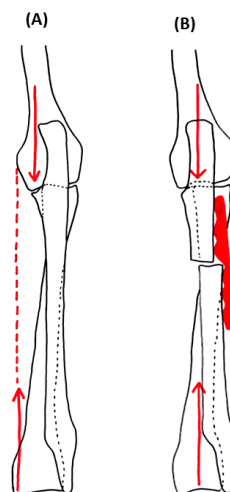
La osteotomía cubital proximal en abducción (PAUL) fue descrita por primera vez en 2010. Se basa en la aplicación de un sistema de fijación interno: una placa bloqueada de titanio denominada *Advanced Locking Plate System* (ALPS) (Figura 4). Este implante consigue descargar el compartimento medial puesto que corrige el alineamiento del eje de carga de la extremidad al modificar el vector de fuerza del tendón tricubital en su inserción cubital (Coghill et al., 2021).



**Figura 4.** Placa ALPS (PAUL II, KYON, Zúrich, Suiza). Diseñada para imponer una alineación correctiva de las extremidades y descargar el compartimento medial (Bruecker et al., 2021). Imágenes aportadas por el autor.

En la enfermedad de desarrollo del codo se da lugar a distribuciones anormales de la fuerza a lo largo del codo, observándose una disminución del área de contacto (CA) en la articulación, así como un desplazamiento medial y una presión de contacto máxima (pCP) desde el compartimento articular lateral al medial del codo. Estas alteraciones contribuyen al dolor y pérdida de función (Mcconkey et al., 2016).

La PAUL consiste en una osteotomía cubital proximal transversa con la aplicación de una placa bloqueada escalonada (2 o 3 mm) que induce una abducción de 4 a 6 grados del segmento proximal y con ello una rotación axial medial del cúbito proximal. El procedimiento consiste en la descarga del compartimento medial al desplazar el contacto al compartimento lateral, lo que alivia la cojera, la rigidez y el dolor articular (Figura 5) (Bruecker et al., 2021; Coghill et al., 2021). Debe realizarse en pacientes esqueléticamente maduros mayores de 8 meses de edad, para así evitar un desarrollo anómalo de las regiones fisiarias abiertas de los pacientes más jóvenes (Guiral et al., 2017).



**Figura 5.** Técnica PAUL. Sobrecarga de presión en el compartimento medial del codo (A). Transferencia de fuerza de carga desde el compartimento medial al lateral sano de la articulación del codo tras la aplicación de la placa ALPS en la cara lateral (B). Imágenes aportadas por el autor.

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

La tasa general de complicaciones postquirúrgicas se considera relativamente alta (21'21%) (Oliver Ballester et al., 2022). Dichas complicaciones están principalmente vinculadas al peso de los pacientes, pudiendo darse lugar a fallos mecánicos o pseudoartrosis de la osteotomía. Sin embargo, en comparación con otros procedimientos quirúrgicos de osteotomía como es la osteotomía humeral en deslizamiento (SHO), el rango de complicaciones es menor, ya que para la SHO oscila en torno al 29% (Wendelburg & Beale, 2014). Aun así, la progresión de la osteoartritis en el codo será inevitable independientemente de la intervención. La eliminación de la fricción en el compartimiento medial del codo garantiza una mayor movilidad de la extremidad y una menor necesidad de AINEs, pero siempre podrán darse recaídas asociadas a factores ambientales como episodios intensos de ejercicio o variaciones meteorológicas (Ortiz et al., 2017; Bruecker et al., 2021; Danielski et al., 2021).

### **1.3. EVALUACIÓN FUNCIONAL DE LA MARCHA**

Para llevar a cabo una evaluación funcional de la extremidad afectada, podemos realizar un análisis de la marcha mediante valoraciones visuales, que son alternativas subjetivas, así como evaluaciones asistidas por equipos de detección de movimiento mucho más sensibles y objetivas (Torres, 2018). El uso de técnicas objetivas de análisis de la marcha se ha incrementado recientemente (Duerr, 2020).

Al estudio del análisis de la marcha se le denomina kinesiología y consta de un análisis cinemático y cinético. El análisis cinemático de la marcha es aquel en el que se estudia el movimiento sin tener en cuenta las fuerzas generadas durante dicho movimiento; y es en el cinético en el que se estudian las fuerzas generadas durante el movimiento (Light, 2011).

#### **1.3.1. Estudio cinemático de la marcha.**

La recopilación de datos cinemáticos permite una descripción precisa de los movimientos de la marcha, incluyendo la postura, tiempo de zancada, tiempo de oscilación, velocidades angulares, rango de movimiento y desplazamiento. Sin embargo, supone un coste elevado puesto que requiere equipo especializado de cámaras y en muchas ocasiones, algunos de los movimientos pueden no detectarse o ser sobreestimados (Duerr, 2020).

La recopilación de datos cinemáticos puede realizarse en dos o tres dimensiones: en tres dimensiones brindan la información más precisa y completa, pero son más costosos; en dos dimensiones son menos costosos y más comúnmente empleados, pero están limitados por su incapacidad para registrar movimientos fuera del plano (Duerr, 2020).

Los parámetros valorados pueden combinarse con el estudio cinético de la marcha para calcular las fuerzas que actúan sobre las articulaciones individuales (McLaughlin, 2001).

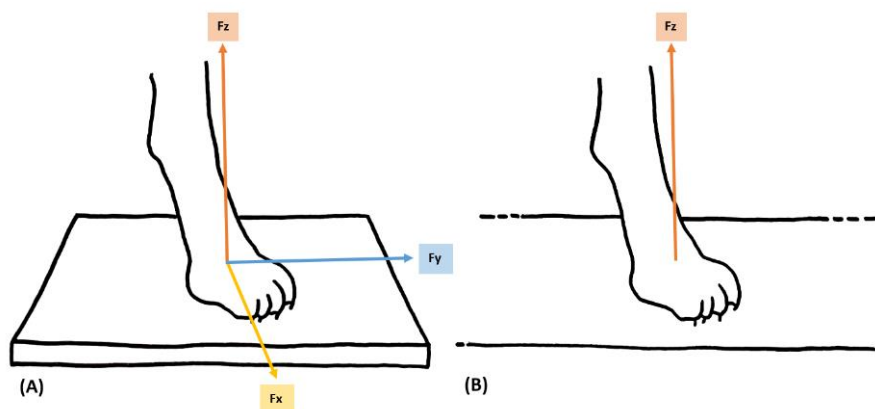
### 1.3.2. Estudio cinético de la marcha.

El análisis cinético de la marcha estudia las fuerzas generadas cuando la extremidad del animal está en contacto con el suelo. La fase de apoyo, que por tanto es cuando se registra la información cinética, se define como el momento en que el pie está en contacto con el suelo, mientras que la fase de balanceo es el momento en que la extremidad es impulsada por el aire. La fase de apoyo se puede dividir en frenado y propulsión. El frenado ocurre cuando la extremidad sale de la fase de balanceo y pasa a la propulsión antes de la siguiente fase de balanceo en el ciclo de la marcha (Torres, 2018; Duerr, 2020).

Las fuerzas de reacción del suelo son las fuerzas que se ejercen sobre la extremidad durante la fase de apoyo: para cada acción, hay una reacción igual y opuesta. Estas fuerzas de reacción del suelo se miden utilizando plataformas de fuerza o pasarelas de presión, y son el resultado de tres fuerzas ortogonales: verticales ( $F_z$ , representadas en el eje Z), cráneo-caudales ( $F_y$ , representadas en el eje Y) y medio-laterales ( $F_x$ , representadas en el eje X) (McLaughlin, 2001).

El estudio cinético cuantifica estas fuerzas aislando y midiendo variables cinéticas como la fuerza vertical máxima, la fuerza horizontal, el impulso vertical, la tensión dentro de varios tejidos, las tasas de carga y la distribución de la presión (McLaughlin, 2001).

Como se observa en la Figura 6, la plataforma de fuerzas utiliza transductores para medir la fuerza generada entre la extremidad y la plataforma en tres direcciones distintas dando lugar a una fuerza resultante. La pasarela de presiones únicamente mide la fuerza generada entre la extremidad y la plataforma en dirección vertical (Torres, 2018).



**Figura 6.** Medidas que se obtienen en los diferentes sistemas cinéticos. (A) Plataforma de fuerzas donde se miden las fuerzas verticales ( $F_z$ , representadas en el eje Z), cráneo-caudales ( $F_y$ , representadas en el eje Y) y medio-laterales ( $F_x$ , representadas en el eje X); (B) pasarela de presiones donde se mide únicamente la fuerza vertical ( $F_z$ ). Imágenes aportadas por el autor.

### **1.3.2.1. Plataforma de fuerzas.**

Puede medir las fuerzas en vertical y horizontal (planos cráneo-caudal y medio-lateral). Los parámetros evaluados con frecuencia incluyen la fuerza máxima, fuerza promedio, impulso o fuerza en el tiempo, tasa de carga y tasa de descarga. Además de medir las fuerzas, que son la principal medida de interés, la plataforma de fuerza también permite medir momentos ( $M_z$ ,  $M_y$  y  $M_x$ ), que son el efecto de giro de una fuerza, y calcular el centro de presión (COP), que es donde la fuerza vertical se centra debajo del pie (Torres, 2018; Duerr, 2020).

La plataforma requiere del contacto de las extremidades delanteras y traseras ipsilaterales sin contacto de las extremidades contralaterales, por lo que nos da como resultado la recopilación de datos de las extremidades derecha o izquierda, pero no de ambas. Esto limita un tamaño específico de perro cuya longitud de zancada pueda adaptarse al tamaño de la plataforma, siendo los perros de razas medianas y grandes los ideales para estas. Aun así, se pueden integrar varias plataformas en sucesión en una pasarela para proporcionar información sobre las cuatro extremidades durante cada ensayo (Duerr, 2020).

Alguna de las limitaciones de la plataforma de fuerzas ha incentivado el desarrollo de otros sistemas de marcha, como la pasarela de presiones (Torres, 2018).

### **1.3.2.2. Pasarela de presiones.**

El análisis cinético con los sistemas de pasarela mide la presión ejercida por las extremidades mediante múltiples sensores alineados integrados en la pasarela que permiten capturar varias pisadas simultáneas o consecutivas, pero estos únicamente se activan tras la aplicación de fuerzas verticales (Duerr, 2020).

La densidad del sensor es importante ya que una mayor densidad del sensor permite la recopilación de datos de animales más ligeros con patas más pequeñas. De esta manera, se permite la recopilación de datos de perros o gatos con morfología dispar, lo cual supone una ventaja frente a las plataformas de fuerzas (Duerr, 2020).

Estos sistemas permiten registrar en tan solo una pasada sobre la pasarela, múltiples lecturas del ciclo de la marcha y del apoyo de pie simultáneos, consecutivos y colaterales. Esto hace que se requieran menos ensayos para generar una cantidad adecuada de datos para la comparación estadística (Assaf et al., 2019).

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

La pasarela de presiones registra la fuerza y datos de presión plantar, así como parámetros temporales (tiempo) y espaciales (distancia), porcentaje de tiempo de balanceo, longitud de zancada (m), tiempo de ciclo de marcha (seg), fuerza máxima, impulso vertical y porcentaje de distribución del peso corporal (Fahie et al., 2018).

A su vez, se distingue la pasarela de presión sobre el suelo o la cinta en movimiento. En general, se han utilizado cintas para el análisis de la marcha en muchos estudios porque permiten el mantenimiento de una velocidad constante y controlada. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la adaptación de los perros con enfermedades ortopédicas a la cinta, puede resultar más difícil (Assaf et al., 2019).

### **1.3.3. Estudios con pasarela de presión.**

Actualmente, encontramos limitados estudios que involucran el análisis cinético de la marcha mediante pasarela de presiones para valorar el estado y progresión de pacientes con enfermedad de desarrollo del codo no solo por ser una herramienta que todavía está empezando a introducirse en el ámbito veterinario, sino porque además hay muchos factores que influyen en el proceso de recopilación de los datos de la marcha obtenidos por la plataforma que inducen a errores. Sin embargo, cabe destacar que los análisis cinéticos como herramienta de diagnóstico de enfermedades ortopédicas en perros son cada vez más importantes en la investigación biomecánica en medicina veterinaria (Braun et al., 2019; Duerr, 2020).

Algunos estudios hasta ahora publicados, reflejan que pacientes con enfermedad del proceso coronoideas medial sometidos a artroscopia, ofrecen resultados esperanzadores en la plataforma de presiones con mejoras en las variables de fuerza vertical máxima e impulso vertical (PFz, iFz), aunque se necesitan más de 12 meses y la recuperación completa del paciente para que se den dichos resultados (Galindo-Zamora et al., 2014).

Otros estudios consideran que la pasarela de presiones es una herramienta útil y objetiva para evaluar la cojera y la redistribución de las cargas en pacientes con enfermedad de desarrollo del codo unilateral o rotura de ligamento cruzado craneal, destacando que los parámetros analizados en cada extremidad deben investigarse individualizadamente por cuadrantes y comparándose con el resto de las extremidades. Los valores de PFz y iFz en este caso, también fueron menores en los pacientes que presentaban osteoartrosis en los codos (Braun et al., 2019).

## **2. OBJETIVO**

El objetivo general del trabajo es, a partir de un estudio piloto, evaluar a corto plazo la evolución de pacientes sometidos a un procedimiento de artroscopia y osteotomía cubital proximal en abducción (PAUL), frente a la realización únicamente de un procedimiento artroscópico, en la enfermedad de desarrollo del codo.

Como objetivos específicos destacaríamos:

1. Valorar como afecta la técnica empleada a los parámetros cinéticos espaciales (longitud de zancada, longitud de paso, relación paso/zancada), en el periodo de evolución temprana.
2. Valorar como afecta la técnica empleada a los parámetros cinéticos temporales (velocidad de zancada, tiempo de apoyo, % de apoyo), en el periodo de evolución temprana.
3. Valorar como afecta la técnica empleada a los parámetros cinéticos de presión (índice de presión total, % presión total), en el periodo de evolución temprana.

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

El presente trabajo es considerado como un estudio clínico piloto prospectivo en el que se incluyeron animales diagnosticados de enfermedad del desarrollo del codo (ED) y que fueron intervenidos quirúrgicamente. Los pacientes fueron divididos en dos grupos en función de si eran sometidos a un procedimiento artroscópico y osteotomía cubital proximal en abducción (PAUL) o un procedimiento artroscópico únicamente. Dichos grupos fueron denominados “AP” y “A” respectivamente, y en ambos se realizaron evaluaciones de la marcha mediante la pasarela de presiones.

La recopilación de datos tuvo lugar en el Hospital Veterinario UCV de la Universidad Católica de Valencia entre septiembre de 2021 y mayo de 2022 por el Servicio de Traumatología y Ortopedia.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética para el Bienestar Animal, en cumplimiento de las directrices europeas 2010/63/UE. Los propietarios fueron informados en respecto al estudio y dieron su consentimiento por escrito.

#### **3.1. Selección de pacientes.**

Para el estudio se utilizaron animales de la especie canina siguiendo los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

##### **3.1.1. Criterios de inclusión.**

1. Especie canina.
2. Animales mayores a 8 meses.
3. Animales en los que se haya realizado una exploración ortopédica y una tomografía computerizada de ambos codos, incluyendo las articulaciones escápulo-humerales.
4. Animales que hayan sido diagnosticados de enfermedad de desarrollo del codo (ED).
5. Animales que, tras diagnóstico de ED, hayan sido sometidos a un procedimiento artroscópico con o sin procedimiento PAUL asociado.

##### **3.1.2. Criterios de exclusión.**

1. Animales menores de 8 meses.
2. Animales con otra enfermedad sistémica.
3. Animales que presentaron complicaciones postquirúrgicas y requirieron una reintervención a corto plazo.

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

La decisión de tratar con PAUL o únicamente con artroscopia fue del cirujano. La osteotomía cubital proximal en abducción se describe para perros esqueléticamente maduros con un grado de degeneración de la articulación leve-moderado y que hayan sido diagnosticados previamente mediante artroscopia. Por ello, animales donde el desarrollo de la enfermedad era avanzado y no presentaban una integridad del compartimento lateral de la articulación intervenida, fueron excluidos del grupo “AP” y pasaron a formar parte del grupo “A”.

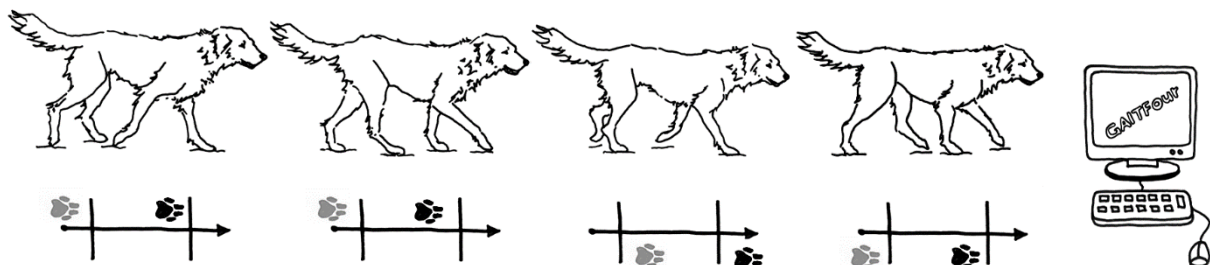
### 3.2. Protocolo experimental.

#### 3.2.1. Evaluación clínica inicial, diagnóstico e inclusión del paciente en el estudio.

Se llevó a cabo una evaluación clínica y registro de datos de cada paciente relativos a la raza, el sexo, el peso, la extremidad de la que cojeaba, si la cojera era unilateral o bilateral, el grado de cojera, la edad en el momento de la intervención, la extremidad intervenida, tratamiento quirúrgico realizado y posibles complicaciones postquirúrgicas (Anexo 1 y 2).

Además, los animales se sometían a una evaluación de la marcha en la pasarela de presiones (*Portable Quadruped Gait Analysis, GAIT4Dog®*, Franklin, Nueva Jersey, EEUU) (Figura 7) tras ser diagnosticados de ED del codo por examen ortopédico y TC (*Somatom Scope, Siemens healthineers, CDMX, México*). El análisis cinético de la marcha se llevaba a cabo antes de la cirugía en la primera consulta y consecutivamente 8 y 16 semanas tras la intervención.

Antes de empezar con el análisis de la marcha, los pacientes se sometían a un proceso de familiarización donde se realizaban de 4 a 6 ciclos de marcha sobre la pasarela de presiones para que se aclimatasen al proceso. Posteriormente, se sometían a 20 ciclos de marcha (10 pasadas) a velocidad constante. Igualmente se limitó en la medida de lo posible el número de personas que paseaban a los pacientes al personal clínico del Servicio, con el fin de minimizar posibles errores en los resultados (Duerr, 2020).



**Figura 7.** Estudio cinético de la marcha mediante pasarela de presiones. Se recopilan los patrones de pisada en el programa *GaitFour*. Las huellas negras representan las extremidades torácicas y las huellas grises representan las extremidades pélvicas. Imágenes aportadas por el autor.

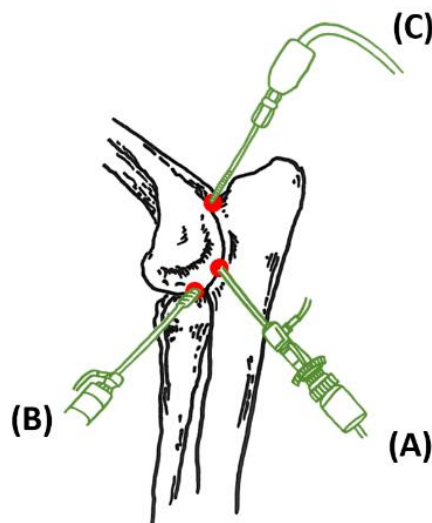
### 3.2.2. Procedimiento quirúrgico.

Todos los animales fueron intervenidos quirúrgicamente frente a la ED del codo: cuatro de ellos mediante artroscopia y seis mediante artroscopia y PAUL en la misma intervención. En los pacientes con enfermedad de desarrollo del codo bilateral, cada extremidad se intervino en momentos distintos, con un margen mínimo de 4 meses.

En todos los perros, la artroscopia y PAUL fue realizada por el mismo cirujano.

El procedimiento quirúrgico se realizó bajo anestesia general, adaptando el protocolo anestésico a las características clínicas del paciente y garantizando en todo momento una correcta analgesia intraquirúrgica.

El procedimiento artroscópico se llevó a cabo mediante un abordaje medial con el paciente posicionado en decúbito esternal. El puerto de la óptica (*Karl Storz Endoscopy, Tuttlingen, Alemania*) se situaba 1 cm distal y caudal al epicóndilo medial del húmero, el puerto de lavado en la región caudo-medial del codo y, por último, el puerto de trabajo 2 cm craneales al puerto de la óptica (Figura 8).

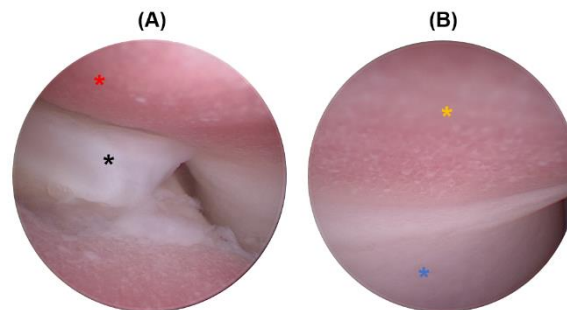


**Figura 8.** Representación del abordaje medial del codo mediante artroscopia. Puerto de la óptica (A), puerto de trabajo (B) y puerto de lavado (C). Imágenes aportadas por el autor.

La artroscopia permite una evaluación completa de la articulación (Figura 9), pudiendo observarse: la incisura cubital, la cabeza del radio, los cóndilos lateral y medial y el proceso coronoides lateral y medial. En función de los hallazgos encontrados, se procedió a la retirada del fragmento de la apófisis coronoides medial y cartílago afectado en caso de EPCM y eliminación del colgajo articular en caso de OCD. Se lavó la articulación con Ringer Lactato y se aplicó plasma rico en factores de crecimiento (PRFC) autólogo en todos los casos.

## Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

Durante la artroscopia es fundamental observar el compartimento lateral del codo (cabeza radial y porción lateral del cóndilo humeral) para evaluar su integridad. Si dicho compartimento lateral no mantiene su integridad, se debe descartar la realización de la técnica PAUL (Guiral et al., 2017).



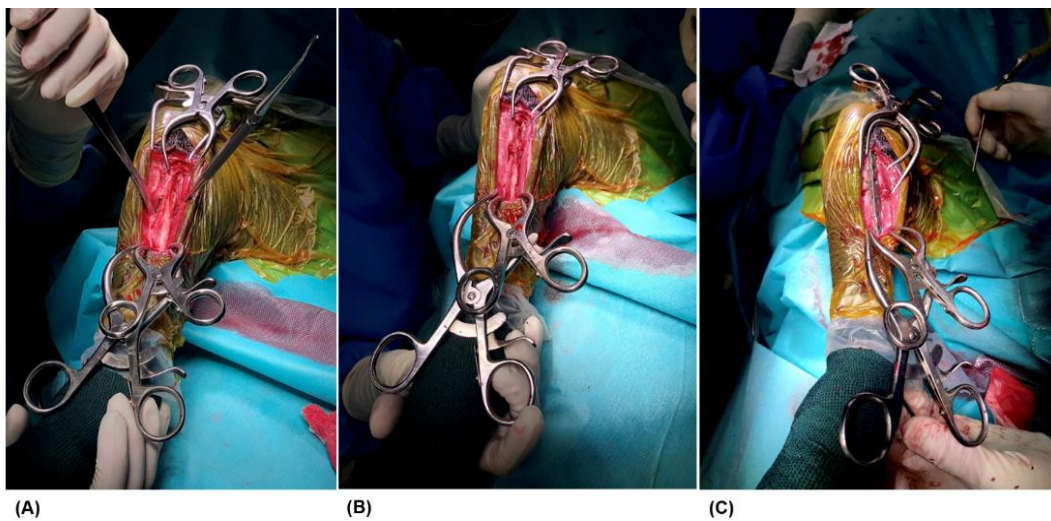
**Figura 9.** Imagen artroscópica de codo con síndrome de compartimento medial. Se aprecia la porción medial del cóndilo humeral con una erosión cartilaginosa de espesor completo y exposición de hueso subcondral (asterisco rojo) (A), un fragmento del proceso coronoides medial (asterisco negro) (A) y una porción medial del cóndilo humeral afectado (asterisco amarillo) (B) con la porción lateral íntegra (asterisco azul) (B). {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

A los pacientes que presentaban incongruencia radio cubital y/o ECM con el compartimento lateral íntegro, se les intervino además mediante la técnica PAUL.

El procedimiento en sí consistió en la realización inicial de un abordaje caudolateral al tercio proximal y medio de la diáfisis cubital. Una vez expuesta la diáfisis cubital, se realizó la osteotomía transversa completa del cúbito con sierra sagital a 3,5-4,5 cm distales a la cabeza radial. Se ubicó y fijó la placa bloqueada personalizada *Advanced Locking Plate System (PAUL II, KYON, Zúrich, Suiza)* en la cara lateral con seis tornillos bloqueados (3 proximales y 3 distales a la fractura), como se observa en la Figura 10. Una vez fijada la placa, se procedió al cierre quirúrgico por planos de modo convencional (Guiral et al., 2017; Krotscheck & Böttcher, 2018).

Los implantes de osteotomía cubital de abducción proximal están disponibles en configuraciones escalonadas de 2 mm o 3 mm. Una placa de 3 mm induce más abducción que la placa de 2 mm, por lo que son de elección en perros con ECM más grave. Sin embargo, con las placas de 3mm a menudo es más difícil y supone más tiempo lograr una reducción completa del cúbito proximal a la superficie inferior de la placa. En nuestro caso, la elección de la placa se realizaba en función del ángulo medial mecánico del codo medido en la proyección radiográfica cráneo-caudal: angulaciones mayores a 82° implicaban una placa de 2 mm mientras que angulaciones iguales o menores a 82°, una placa de 3 mm (Amadio et al., 2020; Bruecker et al., 2021).

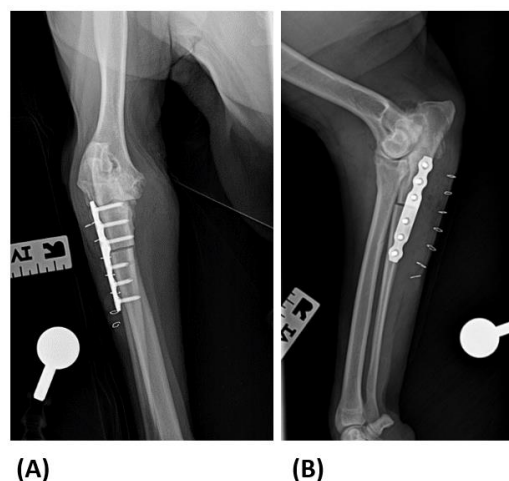
Este procedimiento de osteotomía cubital en abducción proximal descarga el compartimento medial y, por lo tanto, alivia la cojera, la rigidez y el dolor articular al introducir una ligera abducción del cúbito proximal de 4 a 6 grados (Oliver Ballester et al., 2022).



**Figura 10.** Imágenes intraquirúrgicas. Abordaje caudo-lateral de la extremidad anterior derecha (A), osteotomía cubital proximal (B), colocación de la placa (*Advanced Locking Plate System*) en la cara lateral del cúbito (C). {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

### 3.2.3. Manejo postquirúrgico inmediato y seguimiento postquirúrgico.

En los pacientes intervenidos mediante artroscopia y técnica PAUL, inmediatamente tras la intervención se confirmaba mediante radiografías latero-mediales y cráneo-caudales la correcta alineación de la placa, los tornillos dispuestos perpendicularmente a la placa y paralelos entre sí y la ubicación de la osteotomía según lo previsto en cada caso con ayuda de la máquina de Rayos X (*Zoomax Red, Control-X Medical, Budapest, Hungría*) (Figura 11).



**Figura 11.** Radiografías postquirúrgicas inmediatas. Vista cráneo-caudal (A) y latero-medial (B). {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

El tratamiento analgésico posquirúrgico consistió en robenacoxib (2 mg/kg, vía subcutánea, cada 24h, durante 2 días) (*onsior*<sup>®</sup>, *Basingstoke, Reino Unido*), metadona (0,2 mg/kg, IV cada 4h, durante las primeras 24-48h) (*metasedin*<sup>®</sup>, *Barcelona, España*), buprenorfina (0,02 mg/kg, IV, cada 12h, durante 4 días) (*buprex*<sup>®</sup>, *Caldes de Montbui, España*) además de omeprazol (1 mg/kg, IV, cada 12h, durante 2 días) (*omeprazol*<sup>®</sup>, *Madrid, España*).

También se colocó un vendaje de Robert-Jones las 3 primeras semanas con controles semanales y se aconsejó reposo estricto durante 8 semanas con paseos diarios de 5 minutos hasta ir progresivamente aumentando la duración de los paseos. Los pacientes mantuvieron el collar isabelino durante los primeros 10 días.

Se continuó el tratamiento médico domiciliario con robenacoxib (2 mg/kg, vía oral, cada 24h, durante 4 semanas) y omeprazol (1 mg/kg, vía oral, cada 12h, durante 4 semanas).

A las 8 y 16 semanas tras la intervención, los pacientes se sometieron a un examen radiográfico con proyecciones laterales y cráneo-caudales para comprobar el posicionamiento adecuado y la integridad del implante.

En los pacientes intervenidos únicamente mediante artroscopia, el tratamiento analgésico postquirúrgico y domiciliario fue el mismo y aunque no se les colocó un vendaje de Robert-Jones, se recomendó reposo estricto durante las primeras 8 semanas.

### **3.3. Evaluación de las variables incluidas en el estudio.**

Mediante la pasarela de presiones se registraron de cada extremidad parámetros espaciales (longitud de zancada, relación paso/zancada), parámetros temporales (velocidad de zancada, tiempo de apoyo, % apoyo) y medidas de presión (índice de presión total y % presión total) (Fahie et al., 2018), que fueron registrados en una tabla de recogida de datos (Anexo 3).

#### **3.3.1. Descripción de las variables evaluadas.**

A continuación, se definen las variables espaciales, temporales y de presión registradas por la pasarela de presiones mediante el programa *GaitFour*:

- **Longitud de paso (LP):** distancia entre la pisada de una extremidad y la extremidad ipsilateral (Duerr, 2020).
- **Longitud de zancada (LZ):** distancia entre dos pisadas consecutivas de la misma extremidad, es decir, distancia que recorre una extremidad durante un ciclo completo de marcha (Duerr, 2020).

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

- **Relación paso/zancada (P.Z):** se utiliza para evaluar la simetría de la marcha y se espera un valor del 50% si el paso del perro es simétrico (Fahie et al., 2018).
- **Velocidad de zancada (VZ):** velocidad a la que una extremidad completa un ciclo de marcha. (Duerr, 2020). Resulta de dividir la distancia recorrida por el tiempo de deambulacion y se expresa en centímetros por segundo (Fahie et al., 2018). El cambio de velocidad entre dos zancadas consecutivas se define como la aceleración de zancada (Duerr, 2020).
- **Tiempo de apoyo (TA):** tiempo total que una extremidad está en el suelo durante el ciclo de marcha (Duerr, 2020).
- **Porcentaje de apoyo (PA):** tiempo de apoyo respecto al tiempo de zancada (Duerr, 2020).
- **Índice de presión total (TPI):** suma de los valores de presión pico registrados en cada sensor activado cuando una pata está en contacto con la pasarela (Fahie et al., 2018).
- **Porcentaje de presión total (%TPI):** presión pico registrada en cada sensor activado cuando una pata está en contacto con la pasarela asumiendo que el índice de presión total de esa pata es el máximo (20% para cada extremidad anterior y 30% para cada extremidad posterior) (Fahie et al., 2018).

### 3.4. Análisis estadístico de los resultados.

El estudio estadístico realizó utilizando el software estadístico R versión 4.2.0 (R Core Team, 2022).

La normalidad de las variables se verificó con una prueba de Shapiro-Wilk. La homocedasticidad se estudió mediante el test de Levene. Ninguna de las variables estudiadas (TA, PA, TPI, %TPI, VZ, LP, LZ, P.Z) cumplió los criterios de normalidad y homocedasticidad. Por ello se eligió un abordaje estadístico robusto.

La comparación entre las variables estudiadas (TA, PA, TPI, %TPI, VZ, LP, LZ, P.Z), el tiempo ( $t_0$ ,  $t_8$ ,  $t_{16}$ ) y el tratamiento (A y AP) se realizó mediante la función `bwtrim()`, incluida en el paquete `WRS2` (Mair & Wilcox, 2020). Esta función calcula un ANOVA de dos vías de medidas repetidas utilizando medias recortadas.

Se consideró que había diferencias estadísticas si  $p < 0,05$ . El nivel de ajuste de las medias fue de 0,2. Los datos se presentan numéricamente como las medianas (mínimo - máximo) y se presentan gráficamente como medianas, rangos intercuartílicos, mínimos y máximos y los valores atípicos.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Análisis descriptivo de la población.

En el estudio se evaluaron 10 codos pertenecientes a 7 pacientes de la especie canina diagnosticados de enfermedad de desarrollo del codo en el periodo de tiempo de diciembre de 2020 a mayo del 2022 (Tabla 1 y 2).

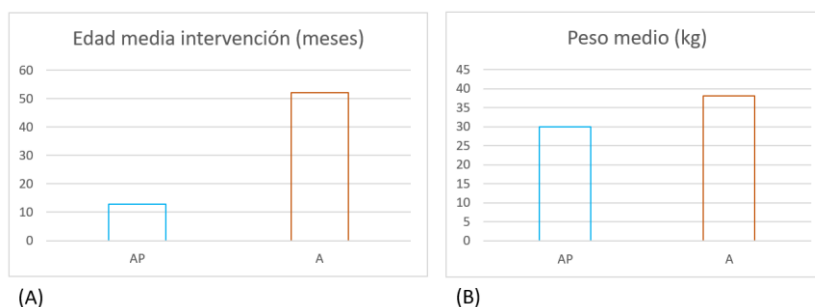
**Tabla 1.** Registro de datos en los perros intervenidos mediante artroscopia y PAUL.

Caso	Raza	Sexo	Peso (kg)	Estado	Extremidad	Edad intervención (meses)	Grado de cojera inicial (del 0 al 5)
1	Labrador Retriever	Macho	30	Castrado	Izquierda	15	2
2	Labrador Retriever	Macho	30	Castrado	Derecha	19	2
3	Labrador Retriever	Hembra	30,4	Entero	Derecha	10	2
4	Labrador Retriever	Hembra	30,4	Entero	Izquierda	15	3
5	Pastor Blanco Suizo	Hembra	27	Entero	Derecha	9	3
6	Labrador Retriever	Macho	32	Entero	Izquierda	9	1

**Tabla 2.** Registro de datos en los perros intervenidos mediante artroscopia únicamente.

Caso	Raza	Sexo	Peso (kg)	Estado	Extremidad	Edad intervención (meses)	Grado de cojera inicial (del 0 al 5)
1	American Pitbull Terrier	Hembra	46,1	Entero	Derecha	48	3
2	Weimaraner	Macho	37,5	Castrado	Izquierda	128	3
3	Labrador Retriever	Macho	34,4	Castrado	Izquierda	16	3
4	Labrador Retriever	Macho	34,4	Castrado	Derecha	16	3

El peso medio de los pacientes que fueron incluidos en el estudio "AP" fue de 29,96kg y la edad media en el momento de intervención fue de 12,8 meses con un rango de 9 a 19 meses de edad. En cambio, para los pacientes incluidos en el grupo "A", el peso y la edad media fue de 38,10 kg y 52 meses respectivamente (Figura 12).



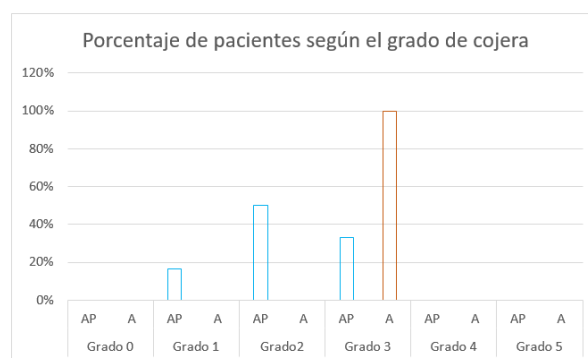
**Figura 12.** Representación gráfica de la edad media y peso medio de los pacientes sometidos a artroscopia y artroscopia y PAUL. La edad media de intervención está expresada en meses (A) y el peso medio de los pacientes está expresado en kg (B).

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

Las razas que participaron en el estudio fueron: Labrador Retriever (7), Pastor Blanco Suizo (1), American Pitbull Terrier (1) y Weimaraner (1). En cuanto al sexo, el 60% fueron machos y el 40% fueron hembras.

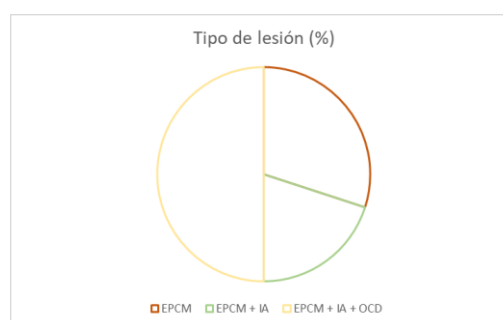
El grado de cojera previo a la intervención fue categorizado del 0 al 5 (Figura 13). En el grupo de artroscopia y PAUL, el 16,66% de los casos eran de grado 1, el 50% de grado 2 y el 33,33% de grado 3. En el 100% de los casos la cojera fue bilateral y el 50% de los pacientes fueron intervenidos de ambas extremidades mediante artroscopia y PAUL.

En el grupo sometido únicamente a artroscopia, el grado de cojera previo al procedimiento fue en el 100% de los casos de grado 3.



**Figura 13.** Porcentaje de pacientes según el grado de cojera. Representación gráfica comparativa del grado de cojera según si pertenecen al grupo intervenido mediante artroscopia y PAUL o únicamente mediante artroscopia.

La lesión más prevalente de la ED del codo fue la EPCM en el 100% de los casos tal y como se observa en la Figura 14. Sin embargo, el 70% de ellos, presentaban otras lesiones asociadas además a la EPCM: IA en el 70% de los casos y OCD en el 50%.



**Figura 14.** Tipo de lesiones representadas en el estudio porcentualmente.

#### 4.2. Análisis descriptivo de la valoración del paso en la pasarela de presiones.

A continuación, en la Tabla 3 se expresan los valores descriptivos de las variables obtenidas para la evolución de la marcha mediante su Mediana, mínimo y máximo.

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

**Tabla 3.** Mediana de las variables a 0, 8 y 16 semanas tras la intervención quirúrgica de artroscopia y artroscopia y PAUL.

Variables	Tiempo (T)	Mediana [Min - Max]	
		A	AP
<b>Tiempo de apoyo (TA)</b> (sec)	0 semanas	31,0 [31,0 – 42,0]	42,0 [20,0 – 51,0]
	8 semanas	47,5 [42,0 – 52,0]	34,0 [25,0 – 57,0]
	16 semanas	47,0 [42,0 – 56,0]	31,0 [23,0 – 37,0]
<b>Porcentaje de apoyo (PA)</b> (%)	0 semanas	51,7 [51,1 – 59,0]	59,2 [40,9 – 63,4]
	8 semanas	63,6 [59,3 – 65,4]	54,1 [48,7 – 62,6]
	16 semanas	61,4 [60,3 – 65,1]	51,5 [45,1 – 58,4]
<b>Índice presión total (TPI)</b>	0 semanas	43,0 [39,0 – 55,3]	35,4 [27,3 – 44,3]
	8 semanas	48,9 [41,3 – 58,7]	35,8 [31,2 – 46,8]
	16 semanas	44,9 [38,4 – 56,3]	37,7 [32,0 – 48,7]
<b>Porcentaje de presión total (%TPI)</b> (%)	0 semanas	25,7 [23,4 – 25,9]	24,9 [22,2 – 32,4]
	8 semanas	28,9 [28,3 – 30,0]	25,4 [24,3 – 31,0]
	16 semanas	29,3 [25,1 – 31,4]	27,7 [26,0 – 29,3]
<b>Velocidad de zancada (VZ)</b> (cm/segundos)	0 semanas	123 [120 – 150]	114 [103 – 194]
	8 semanas	118 [88,0 – 140]	147 [85,5 – 159]
	16 semanas	110 [108 – 141]	158 [124 – 206]
<b>Longitud de paso (LP)</b> (cm)	0 semanas	39,6 [35,9 – 50,0]	44,0 [38,1 – 52,1]
	8 semanas	42,7 [37,7 – 50,5]	39,4 [34,5 – 46,2]
	16 semanas	44,5 [41,2 – 48,3]	43,4 [42,2 – 55,9]
<b>Longitud de zancada (LZ)</b> (cm)	0 semanas	75,6 [73,7 – 104]	84,5 [76,5 – 106]
	8 semanas	88,3 [78,0 – 101]	83,4 [77,8 – 95,7]
	16 semanas	88,9 [83,7 – 97,8]	87,3 [79,8 – 110]
<b>Relación paso/zancada (P.Z)</b> (%)	0 semanas	48,7 [48,0 – 52,4]	50,4 [47,2 – 53,9]
	8 semanas	49,2 [46,6 – 50,6]	48,3 [44,3 – 50,6]
	16 semanas	50,0 [47,6 – 51,4]	50,7 [48,7 – 54,4]

El **tiempo de apoyo (TA)** en el grupo de artroscopia antes de la cirugía fue de 31,0 s y a las 8 y 16 semanas fue de 47,5 s y 47,0 s respectivamente. En los pacientes sometidos a artroscopia y PAUL, el valor del tiempo de apoyo fue de 42,0 s, 34,0 s y 31,0 s a las 0, 8 y 16 semanas tras la intervención.

El **porcentaje de apoyo (PA)** en el grupo de artroscopia antes de la cirugía fue de 51,7 % y a las 8 y 16 semanas fue de 63,6 % y 61,4 % respectivamente. En los pacientes sometidos a artroscopia y PAUL, el porcentaje de apoyo fue de 59,2 %, 54,1 % y 51,5 % a las 0, 8 y 16 semanas tras la intervención.

El **índice de presión total (TPI)** en el grupo de artroscopia antes de la cirugía fue de 43,0 y a las 8 y 16 semanas fue de 48,9 y 44,9 respectivamente. En los pacientes sometidos a artroscopia y PAUL, el índice de presión total fue de 35,4, 35,8 y 37,7 a las 0, 8 y 16 semanas tras la intervención.

En cuanto al **porcentaje de presión total (%TPI)**, los valores obtenidos a las 0, 8 y 16 semanas para el grupo de artroscopia fueron de 25,7 %, 28,9 % y 29,3 % y para el grupo de artroscopia y PAUL fueron de 24,9 %, 25,4 % y 27,7 %.

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

La **velocidad de zancada (VZ)** en el grupo de artroscopia a las 0, 8 y 16 semanas fue de 123 (cm/s), 118 (cm/s) y 110 (cm/s). En el grupo de artroscopia y PAUL a las 0, 8 y 16 semanas fue de 114 (cm/s), 147 (cm/s) y 158 (cm/s).

La **longitud de paso (LP)** en el grupo de artroscopia a las 0, 8 y 16 semanas fue de 39,6 cm, 42,7 cm y 44,5 cm. En el grupo de artroscopia y PAUL a las 0, 8 y 16 semanas fue de 44,0 cm, 39,4 cm y 43,4 cm.

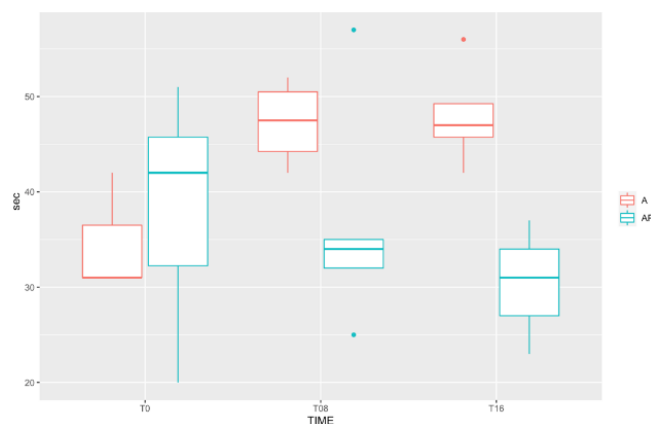
La **longitud de zancada (LZ)** en el grupo de artroscopia a las 0, 8 y 16 semanas fue de 75,6 cm, 88,3 cm y 88,9 cm. En el grupo de artroscopia y PAUL a las 0, 8 y 16 semanas fue de 84,5 cm, 83,4 cm y 87,3 cm.

Por último, la **relación paso/zancada (P.Z)** en el grupo de artroscopia a las 0, 8 y 16 semanas fue de 48,7 %, 49,2 % y 50,0 %. En el grupo de artroscopia y PAUL a las 0, 8 y 16 semanas fue de 50,4 %, 48,3 % y 50,7 %.

#### 4.3. Análisis comparativo de la evaluación del paso.

A continuación, se presenta el análisis comparativo de la evaluación del paso entre los pacientes sometidos a artroscopia y PAUL o artroscopia únicamente.

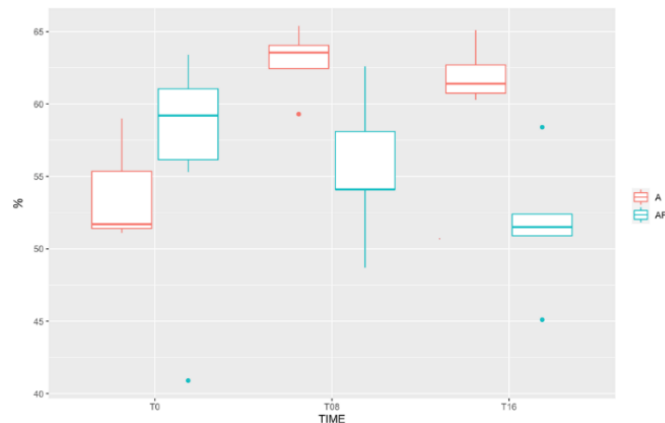
A nivel del **tiempo de apoyo (TA)**, se observa una diferencia significativa ( $p.value=0,043$ ) entre los pacientes sometidos a la técnica PAUL además de la artroscopia y los que únicamente se someten a artroscopia. La variable del grupo con respecto al tiempo también muestra cambios significativos ( $p.value=0,045$ ): los pacientes sometidos a artroscopia presentan un aumento de tiempo de apoyo a las 8 y 16 semanas tras la intervención, mientras que los pacientes sometidos además a la osteotomía presentan un menor tiempo de apoyo conforme avanza el tiempo. El factor tiempo por sí mismo no muestra variaciones significativas ( $p.value=0,768$ ) (Figura 15).



**Figura 15.** Análisis comparativo del tiempo de apoyo en animales sometidos a artroscopia o artroscopia y PAUL a las 0, 8 y 16 semanas tras la intervención. En el eje X está representado el tiempo en semanas y en el eje Y el tiempo de apoyo expresado en segundos.

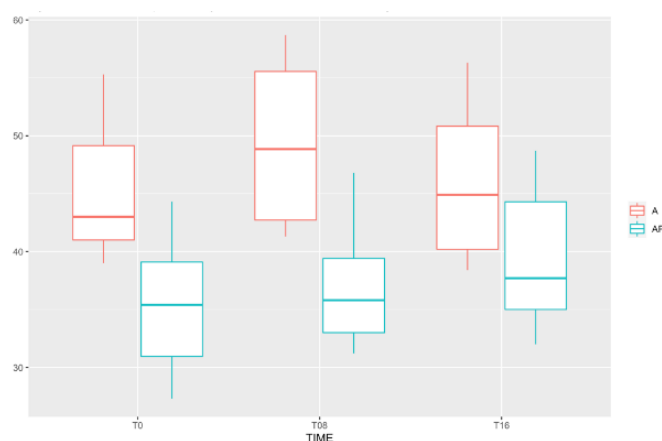
Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

El **porcentaje de apoyo (PA)** también muestra diferencias significativas del tiempo asociado al tipo de procedimiento quirúrgico al que se someten ( $p.value=0,032$ ). En el grupo de artroscopia se percibe un mayor porcentaje de apoyo a las 8 semanas tras la intervención. En el grupo de artroscopia y PAUL el porcentaje de apoyo disminuye a las 8 y 16 semanas con respecto a la semana 0 de intervención. El tipo de intervención estudiada de manera aislada también muestra diferencias ( $p.value 0,034$ ), pero la variable del tiempo no ( $p.value=0,500$ ) (Figura 16).



**Figura 16.** Análisis comparativo del porcentaje de apoyo en animales sometidos a artroscopia o artroscopia y PAUL a las 0, 8 y 16 semanas tras la intervención. En el eje X está representado el tiempo en semanas y en el eje Y el porcentaje de apoyo (%).

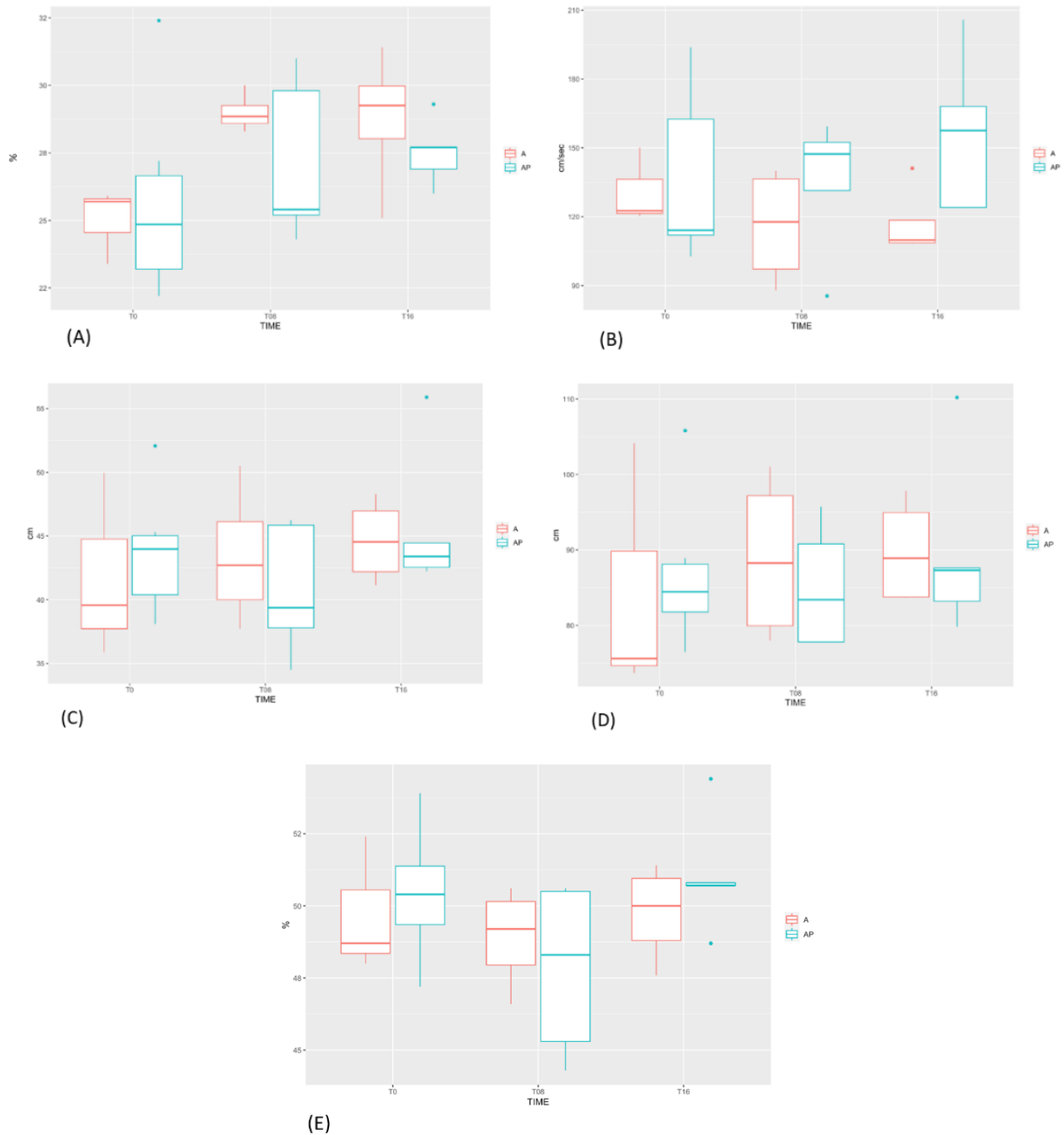
El **índice de presión total (TPI)** muestra diferencias significativas en el grupo de artroscopia con respecto al grupo de artroscopia y PAUL ( $p.value=0,0036$ ). Sin embargo, apenas se observan cambios con respecto al paso de las semanas tras la cirugía ( $p.value=0,8558$ ) ni de ambos grupos en relación al tiempo ( $p.value=0,4934$ ) (Figura 17).



**Figura 17.** Análisis comparativo del índice de presión total en animales sometidos a artroscopia o artroscopia y PAUL a las 0, 8 y 16 semanas tras la intervención. En el eje X está representado el tiempo en semanas y en el eje Y el índice de presión total.

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

En cuanto a las variables de **porcentaje de presión total (%TPI)**, **velocidad de zancada (VZ)**, **longitud de paso (LP)**, **longitud de zancada (LZ)** y **relación paso/zancada (P.Z)**, no se observan diferencias significativas en relación al tiempo, el tipo de procedimiento y el tipo de procedimiento en función del tiempo ( $p.value > 0,05$ ) (Figura 18).



**Figura 18.** Análisis comparativo del porcentaje de presión total (A), velocidad de zancada (B), longitud de paso (C), longitud de zancada (D) y relación paso/zancada (E).

## 5. DISCUSIÓN

En base a los resultados del presente trabajo obtenidos mediante el análisis cinético de la marcha, se puede afirmar que la realización de la técnica PAUL en combinación con la artroscopia en pacientes con enfermedad de desarrollo del codo produce un empeoramiento postquirúrgico inicial de los valores cinéticos de la marcha, mientras que la realización únicamente de artroscopia en pacientes con enfermedad de desarrollo del codo, induce una mejoría postquirúrgica temprana de la marcha.

Hasta la fecha, las publicaciones más recientes no son capaces de proporcionar datos fiables sobre la etiología de la enfermedad y como consecuencia, se describen numerosos procedimientos para solventar la progresión de la enfermedad (Michelsen, 2013). Hasta hace poco, la EPCM, OCD, NUPA e IA eran considerados los cuatro componentes que constituían el desarrollo progresivo de la ED del codo, pero la tendencia actual se inclina por pensar que la incongruencia a cualquiera de los niveles articulares radio-húmero-cubital, representa el factor patogénico más importante en el desarrollo de los demás componentes que constituyen la ED. Se sabe además que los factores poligénicos y medioambientales también colaboran en la etiopatogenia de la enfermedad (Vezzoni & Benjamino, 2021).

Sin embargo, a pesar de que la todavía incierta etiopatogenia de la ED implica dificultades en la elección del tratamiento, debemos considerar la incongruencia articular y la mala distribución de las cargas de peso asociadas a esta como la principal causa de manifestación de la enfermedad (Michelsen, 2013). Por ello, redistribuir estas cargas de peso con la técnica PAUL podría ser una buena alternativa.

Aun así, e independientemente de la opción terapéutica, la enfermedad de desarrollo del codo siempre tiene un pronóstico reservado debido a la osteoartritis progresiva que se da con el tiempo, el ejercicio y el incremento de peso corporal del animal (Vezzoni & Benjamino, 2021).

Algunos estudios refieren que la retirada de fragmentos de cartílago mediante artroscopia produce una mejora clínica evidente en el paciente, pero, sin embargo, combinar la artroscopia con la técnica PAUL para descargar el compartimento medial puede no suponer una mejora significativa con respecto a la realización de la intervención artroscópica de manera aislada (Coghill et al., 2021). Además, las osteotomías cubitales proximales pueden asociarse a la formación de callo óseo, hinchazón y dolor en el sitio de la osteotomía, lo cual podría conducir a una cojera marcada y una disminución de la funcionalidad de la extremidad (Might et al., 2011).

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

Otro estudio aún más reciente reporta una mejora significativa en los signos clínicos y un bajo rango de complicaciones en los pacientes tratados mediante la artroscopia y la técnica PAUL, así como una remarcable satisfacción por parte de los propietarios (Oliver Ballester et al., 2022). Este estudio incluye mayor variabilidad en cuanto a la severidad de los pacientes en comparación con el estudio realizado por Coghill et al., en el que únicamente los pacientes con un *Outerbridge Score* mayor a 3 fueron seleccionados.

Por ahora, se siguen requiriendo más estudios que permitan determinar la aplicación clínica del procedimiento PAUL, así como la diferenciación con respecto a otras técnicas alternativas como la SHO o la osteotomía cubital dinámica bi-oblicua.

La artroscopia es considerada el “*gold standard*” para el diagnóstico definitivo de la enfermedad pues proporciona una vista panorámica de todas las superficies articulares y permite la evaluación del cartílago. Sin embargo, los beneficios de la artroscopia como metodología diagnóstica tienen dos inconvenientes: la necesidad de un procedimiento anestésico y de una intervención quirúrgica. Por ello, la artroscopia suele realizarse únicamente cuando la intención es terapéutica (Farrell et al., 2014).

Previamente a entrar a quirófano para realizar dicho procedimiento, podemos ayudarnos de otras pruebas de imagen descritas como son la radiografía, TC, gammagrafía, ecografía y resonancia magnética. La radiografía y TC son las dos pruebas de imagen más comúnmente empleadas, pero cabe destacar que, aunque la radiografía sigue siendo la herramienta diagnóstica no invasiva más popular, lesiones primarias que incluyen EPCM e IA no siempre son visibles en las radiografías simples (Kunst et al., 2014). Por ello, todos los pacientes del estudio fueron diagnosticados previamente mediante TC.

El Labrador Retriever y el Rottweiler son las razas más representadas en la ED del codo (Boge et al., 2019). En este estudio, el Labrador Retriever está sobrerrepresentado y esto puede jugar un papel importante en los resultados obtenidos no solo por la homogeneidad de los datos analizados, sino también por la menor posibilidad de desarrollarse complicaciones intra y postquirúrgicas debido al mayor dominio y conocimiento anatómico de la extremidad intervenida por parte del cirujano.

En esta enfermedad, se describe que la tasa de afección en machos duplica la de las hembras (Michelsen, 2013). En nuestro estudio el porcentaje de machos (60%) es mayor al de las hembras (40%), aunque tampoco se observa una sobrerrepresentación del sexo masculino seguramente debido al limitado tamaño muestral de nuestra población.

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

La técnica PAUL no debería usarse en los estados finales de osteoartrosis, pues los cambios proliferativos en la articulación impiden la eficacia del tratamiento (Oliver Ballester et al., 2022). Por ello, para realizar la osteotomía se seleccionaron los pacientes con menor grado de cojera. En cambio, los que no fueron sometidos a la osteotomía presentaban un grado de cojera mayor posiblemente asociado al desarrollo progresivo de la enfermedad. Este sesgo, también puede afectar a los resultados obtenidos por el estudio.

La decisión de tratar con PAUL o únicamente con artroscopia se realizó en base a los criterios clínicos de los pacientes y no de manera aleatoria. Como hemos observado en el análisis descriptivo, los pacientes con un grado de cojera y osteoartritis más severa donde ambos compartimentos estaban afectados se sometían únicamente a artroscopia, mientras que los que presentaban una enfermedad de desarrollo menor, también eran sometidos a la técnica PAUL. De esta manera, puede que la evolución y mejora de la cojera en los pacientes sometidos únicamente a la artroscopia, sea más evidente. En cambio, puede que pacientes con una cojera leve a los que además de la artroscopia se les haya hecho una osteotomía, presenten un cambio no tan evidente.

El empleo de técnicas que permitan un análisis objetivo de la marcha como es la pasarela de presiones está incrementándose recientemente, pues ofrece una información detallada de la progresión ortopédica de los pacientes. Sin embargo, un inadecuado empleo de la pasarela puede conducir a errores en la interpretación de los resultados. Los cambios en la velocidad del movimiento y la aceleración, así como movimientos de la cabeza o posturas anormales durante la recolección de los datos tienen algunos de los efectos más negativos (Duerr, 2020). En consideración a lo anterior, se realizaron 20 ciclos de marcha en cada evaluación con el fin de minimizar los errores y seleccionar el ciclo más homogéneo y representativo.

Los animales usan estrategias adaptativas específicas para reducir el dolor asociado con el soporte de peso en las extremidades afectadas. Para ello, buscan desplazar el peso hacia las extremidades no afectadas, reduciendo la fase de apoyo de la extremidad afectada (Duerr, 2020). En los resultados obtenidos comparando el grupo de artroscopia y artroscopia y PAUL, se observa una evolución opuesta de los parámetros de tiempo de apoyo, porcentaje de apoyo e índice de presión de la extremidad afectada. Los animales sometidos únicamente a la artroscopia presentan un aumento del tiempo de apoyo, porcentaje de apoyo e índice de presión total a las 8 y 16 semanas de la intervención, lo cual nos indica una mejora clínica de los pacientes. En cambio, los pacientes que además son sometidos a la PAUL muestran un empeoramiento clínico que se refleja en una reducción del tiempo de apoyo, porcentaje de apoyo e índice de presión total a las 8 y 16 semanas tras la intervención. La artroscopia es una cirugía mínimamente invasiva con una recuperación postquirúrgica bastante

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

rápida. En cambio, la PAUL implica la osteotomía quirúrgica de un hueso, así como la colocación de un implante que requiere de tiempo hasta darse la osificación, por lo que se prevé una evolución postquirúrgica de los pacientes más larga. Por ello, un empeoramiento clínico en los pacientes sometidos a la osteotomía las primeras semanas tras la intervención, es esperable.

Sin embargo, se requiere de estudios a largo plazo de la progresión ortopédica de los pacientes sometidos a la técnica PAUL, pues teniendo en cuenta que con la colocación del implante se resuelve la incongruencia articular y la sobrecarga del compartimento medial que son considerados las principales causas de la enfermedad, se esperan buenos resultados. En cambio, pacientes sometidos únicamente a artroscopia que presentan una mejora clínica evidente tras la intervención, desarrollarán próximamente una reagudización de la clínica con el paso del tiempo puesto que con este procedimiento no resolvemos la incongruencia articular de base que presentan los pacientes.

La velocidad y longitud de la zancada, así como la longitud de paso y relación paso/zancada no muestran diferencias significativas entre ambos grupos del estudio y esto posiblemente se deba a que la enfermedad del desarrollo del codo cursa con una cojera por sobrecarga de peso donde la fase de apoyo es la principalmente afectada. Por lo contrario, cojeras asociadas a tendinopatías y dolor durante el rango completo de movimiento de la articulación sí que cursan con una fase de balanceo disminuida, resultando en una longitud de zancada corta, por lo que en estos casos sí que podríamos detectar diferencias significativas en estas variables.

Una de las principales limitaciones de este estudio-piloto es el pequeño tamaño muestral y el corto periodo de tiempo en el que se estudia la evolución de la marcha. Además, se requiere de un grupo control sometido únicamente a tratamiento médico para así poder estudiar mejor los efectos de la artroscopia y la PAUL. La no diferenciación del uso de placas escalonadas de 2 o 3 mm o la falta de puntuación del daño del cartílago en base a la escala modificada *Outerbridge* durante la artroscopia son factores que no han sido evaluados y que podrían afectar los resultados. Tampoco se ha llevado a cabo una categorización de la osteoartritis inicial de los pacientes en base a parámetros radiográficos objetivos. El criterio de selección de los pacientes para los distintos grupos del estudio también es una limitación, pues no se trata de un estudio ciego y aleatorio.

## **6. CONCLUSIONES**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con ayuda de la pasarela de presiones se puede concluir que la realización de la técnica PAUL produce un empeoramiento en la recuperación a corto plazo de los valores cinéticos de la marcha mientras que el procedimiento artroscópico por sí solo induce una mejoría de la progresión ortopédica en el postquirúrgico inmediato.

Es por ello, que como conclusiones parciales podríamos incluir:

1. Los pacientes sometidos a artroscopia y artroscopia y PAUL no muestran cambios significativos en relación a los parámetros cinéticos espaciales (longitud de zancada (LZ), longitud de paso (LP) y relación paso/zancada (P.Z)) tanto para la evolución de cada uno en el tiempo como la comparativa entre los grupos.
2. Los pacientes sometidos a artroscopia y artroscopia y PAUL muestran cambios significativos en los parámetros cinéticos temporales de tiempo de apoyo (TA) y porcentaje de apoyo (PA), evidenciándose una disminución en los que han sido sometidos a la técnica PAUL.
3. Los pacientes sometidos a artroscopia y artroscopia y PAUL muestran cambios significativos en el parámetro de presión, índice de presión total (TPI), evidenciándose un valor menor en los pacientes sometidos a la técnica PAUL.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amadio, A., Corriveau, K. M., Norby, B., Stephenson, T. R., & Saunders, W. B. (2020). Effect of proximal abducting ulnar osteotomy (PAUL) on frontal plane thoracic limb alignment: An ex vivo canine study. *Veterinary Surgery*, 49(7), 1437–1448. <https://doi.org/10.1111/vsu.13425>
- Assaf, N. D., Rahal, S. C., Mesquita, L. R., Kano, W. T., & Abibe, R. B. (2019). Evaluation of parameters obtained from two systems of gait analysis. *Australian Veterinary Journal*, 97(10), 414–417. <https://doi.org/10.1111/avj.12860>
- Boge, G. S., Moldal, E. R., Dimopoulou, M., Skjerve, E., & Bergström, A. (2019). Breed susceptibility for common surgically treated orthopaedic diseases in 12 dog breeds. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 61(19), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13028-019-0454-4>
- Braun, L., Tichy, A., Peham, C., & Bockstahler, B. (2019). Comparison of vertical force redistribution in the pads of dogs with elbow osteoarthritis and healthy dogs. *Veterinary Journal*, 250, 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2019.06.004>
- Bruecker, K. A., Benjamino, K., Vezzoni, A., Walls, C., Wendelburg, K. L., Follette, C. M., Déjardin, L. M., & Guillou, R. (2021). Canine Elbow Dysplasia: Medial Compartment Disease and Osteoarthritis. *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice*, 51(2), 475–515. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2020.12.008>
- Coghill, F. J., Ho-Eckart, L. K., & Baltzer, W. I. (2021). Mid-to Long-Term Outcome after Arthroscopy and Proximal Abducting Ulnar Osteotomy Versus Arthroscopy Alone in Dogs with Medial Compartment Disease: Thirty Cases. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 34(2), 85–90. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1716843>
- Danielski, A., Krekis, A., Yeadon, R., Solano, M. A., Parkin, T., Vezzoni, A., & Pfeil, I. (2021). Complications after proximal abducting ulnar osteotomy and prognostic factors in 66 dogs. *Veterinary Surgery*, 51(1), 136-147. <https://doi.org/10.1111/vsu.13697>
- Duerr, F. M. (2020). Lameness Diagnosis. In F. M. Duerr (Ed.), *Canine Lameness* (pp. 1–29). Wiley. <https://www.wiley.com/WileyCDA/Section/id-831901.html>
- Fahie, M. A., Cortez, J. C., Ledesma, M., & Su, Y. (2018). Pressure mat analysis of walk and trot gait characteristics in 66 normal small, medium, large, and giant breed dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 5(256), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00256>
- Farrell, M., Ecv, D., Heller, J., Evcph, D., Solano, M., Fitzpatrick, N., Sparrow, T., Kowaleski, M., & Acvs, D. (2014). Does Radiographic Arthrosis Correlate With Cartilage Pathology in Labrador Retrievers Affected by Medial Coronoid Process Disease? *Veterinary Surgery*, 43, 155–165. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2013.12092.x>
- Fitzpatrick, N., & Yeadon, R. (2009). Working algorithm for treatment decision making for developmental disease of the medial compartment of the elbow in dogs. *Veterinary Surgery*, 38(2), 285–300. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2008.00495.x>
- Galindo-Zamora, V., Dziallas, P., Wolf, D. C., Kramer, S., Abdelhadi, J., Lucas, K., Nolte, I., & Wefstaedt, P. (2014). Evaluation of thoracic limb loads, elbow movement, and morphology in dogs before and after arthroscopic management of unilateral medial coronoid process disease. *Veterinary Surgery*, 43(7), 819–828. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2014.12250.x>

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

- Guiral, P. E., Ballester, C. O., Soler I Canet, C., Iván, C., Aguado, S., En Veterinaria, L., En Veterinaria, L., & Avepa, A. (2017). Tratamiento de la displasia de codo mediante la técnica de osteotomía proximal de abducción cubital (PAUL). *Argos*, 185, 60–64. <http://www.argos.portalveterinaria.com>
- Krotscheck, U., & Böttcher, P. (2018). Musculoskeletal system. In K. M. Tobias & S. A. Johnston (Eds.), *Veterinary Surgery: Small Animal* (pp. 836–884). Elsevier. <http://pageburststore.elsevier.com>
- Kunst, C. M., Pease, A. P., Nelson, N. C., Habing, G., & Ballegeer, E. A. (2014). Computed Tomographic identification of dysplasia and progression of osteoarthritis in dog elbows previously assigned OFA Grades 0 and 1. *Vet Radiol Ultrasound*, 55(5), 511–520. <https://doi.org/10.1111/vru.12171>
- Light, V. A. (2011). *Cranial Cruciate Ligament Rupture in the Dog: Gait Analysis Utilizing an Electronic Walkway System and an Investigation in the Role of Steroid Hormones on Collagen Homeostasis*. <http://hdl.handle.net/10415/2613>
- Mair, P., & Wilcox, R. R. (2020). Robust Statistical Methods in R Using the WRS2 Package. *Behavior Research Methods*, 52, 464-488. [Accessed on 23 March 2021].
- Mcconkey, M. J., Valenzano, D. M., Wei, A., Li, T., Thompson, M. S., Mohammed, H. O., van der Meulen, M. C. H., & Krotscheck, U. (2016). Effect of the Proximal Abducting Ulnar Osteotomy on Intra-Articular Pressure Distribution and Contact Mechanics of Congruent and Incongruent Canine Elbows Ex Vivo. *Veterinary Surgery*, 45(3), 347–355. <https://doi.org/10.1111/vsu.12456>
- McLaughlin, R. M. (2001). Kinetic and kinematic gait analysis in dogs. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*, 31(1), 193–201. [https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(01\)50045-5](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(01)50045-5)
- Michelsen, J. (2013). Canine elbow dysplasia: Aetiopathogenesis and current treatment recommendations. *Veterinary Journal*, 196(1), 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.11.009>
- Oliver Ballester, C., Soler Canet, C., Redondo García, J. I., Fernández Salesa, N., Sifre Canet, V., & Serra Aguado, C. I. (2022). Short and LongTerm Evaluation in Dogs Presenting Medial Compartment Disease. *Animals*, 12(466), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ani12040466>
- Ortiz, S., Moratalla, V., Alegre, D., Navarro, P., Soler, C., & Serra, C. I. (2017). Enfermedad del compartimento medial de codo. Valoración de la satisfacción de los propietarios de perros sometidos a osteotomía proximal de abducción de cúbito. Estudio preliminar. *Clínica Veterinaria de Pequeños Animales - AVEPA*, 37(1), 33–41. <https://riucv.ucv.es/bitstream/handle/20.500.12466/1294/500894923.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. [Accessed on 23 March 2021].
- Schulz, K. S. (2013). Orthopedics. In T. Welch Fossum, C. W. Dewey, C. v. Horn, A. L. Johnson, C. M. MacPhail, M. G. Radlinsky, K. S. Schulz, & M. D. Willard (Eds.), *Small Animal Surgery* (pp. 1267–1284). Elsevier Mosby.
- Torres, B. T. (2018). Musculoskeletal system. In S. A. Johnston & K. M. Tobias (Eds.), *Veterinary Surgery: Small Animals* (pp. 1385–1396). Elsevier. <http://pageburststore.elsevier.com>

Análisis Cinético de la Marcha de Pacientes Sometidos a Artroscopia y Artroscopia-PAUL. Estudio Piloto.

Vezzoni, A., & Benjamino, K. (2021). Canine elbow dysplasia: Ununited anconeal process, osteochondritis dissecans, and medial coronoid process disease. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*, 51(2), 439–474. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2020.12.007>

Wendelburg, K. M., & Beale, B. S. (2014). Medium and long term evaluation of sliding humeral osteotomy in dogs. *Veterinary Surgery*, 43(7), 804–813. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2014.12252.x>



**ANEXO 2: CLASIFICACIÓN GRADO DE COJERA.**

<b>CLASIFICACIÓN DE LA COJERA (Duerr, 2020)</b>	
<b>Grado</b>	<b>Características</b>
<b>0</b>	Cojera no identificable. Carga de peso en todo momento.
<b>1</b>	Cojera inconsistente que es difícil de observar y/o determinar la extremidad afectada (es decir, no se observa un movimiento constante de la cabeza/inclinación pélvica). Carga de peso en todo momento.
<b>2</b>	Cojera claramente detectable asociada con movimientos menores de la cabeza/inclinación pélvica. Carga de peso en todo momento.
<b>3</b>	Cojera claramente detectable asociada con un movimiento de cabeza evidente/inclinación pélvica. Carga de peso en todo momento.
<b>4</b>	Cojera claramente detectable asociada con un movimiento de cabeza evidente/inclinación pélvica. Ocasionalmente sin carga de peso pudiendo tocar los dedos el suelo.
<b>5</b>	Sin soporte de peso. Siempre sin carga de peso/tocando los dedos el suelo.

**ANEXO 3: HOJA REGISTRO ANÁLISIS CINÉTICO DE LA MARCHA PACIENTES**

PEGATINA PACIENTE

Nº paciente:

**Extremidad afectada:** Izquierda/Derecha  
**Raza:**  
**Peso:**  
**Sexo:** Macho/Hembra  
**Estado:** Esterilizado/entero  
**Edad intervención:**  
**Grado cojera:** 1 2 3 4 5

GAIT4Dogs	Tiempo	Grupo: ARTROSCOPIA/ARTROSCOPIA Y PAUL
Tiempo apoyo (segundos)	0 semanas	
	8 semanas	
	16 semanas	
Porcentaje de apoyo (%)	0 semanas	
	8 semanas	
	16 semanas	
Índice presión total	0 semanas	
	8 semanas	
	16 semanas	
Porcentaje presión total (%)	0 semanas	
	8 semanas	
	16 semanas	
Velocidad zancada (cm/segundos)	0 semanas	
	8 semanas	
	16 semanas	
Longitud paso (cm)	0 semanas	
	8 semanas	
	16 semanas	
Longitud zancada (cm)	0 semanas	
	8 semanas	
	16 semanas	
Relación paso/zancada (%)	0 semanas	
	8 semanas	
	16 semanas	