

Projekt: N 2020-0003.

Titel: Objektiv hältdiagnostik på hund med ny användarvänlig sensorteknik.

Huvudsökare: A. Bergh

Vetenskaplig rapport

Objektiv hältdiagnostik på hund med ny användarvänlig sensorteknik.

Projekt: N 2020-0003 (SLU projekt 26525).

Anna Bergh

Populärvetenskaplig sammanfattning

För att garantera ett gott djurskydd och djurvälstånd är det viktigt att kunna upptäcka och bedöma tecken på smärta hos det individuella djuret. En mycket vanlig orsak till att hundar undersöks och behandlas av veterinär är skador relaterade till hundens rörelseapparat. En god bedömning av hundens rörelsesymmetri och eventuell hälta är av yttersta vikt för att kunna ställa en korrekt diagnos och sätta in en optimal behandling, ju tidigare i skadeutvecklingen detta sker desto bättre. Det finns idag få enkla, användarvänliga, och objektiva system för bedömning av rörelse hos hundar. För häst används kommersiella system i den dagliga kliniska verksamheten, baserat på en sensorbaserad rörelseanalysteknik (sk Inertial Measurement Unit, IMU-teknik). Det finns således också ett stort behov av enkla, användarvänliga objektiva metoder för att bedöma hundens rörelsemönster i den kliniska situationen, metoder som även kan användas vid screening på tränande och tävlande hundar för att tidigt fånga upp rörelseförändringar. Syftet med projektet var att i en kontrollerad studie undersöka om det var möjligt att registrera rörelseasymmetrier med IMU-teknik och att jämföra resultaten från dessa med optisk rörelseanalys. Fortsatt var syftet att utveckla en mjukvara för mobiltelefon för automatiserad registrering och resultatredovisning. Samt slutligen undersöka hur systemet fungerar vid registrering av naturligt uppkomna rörelsestörningar.

I den första delen av projektet inducerades belastnings- och rörelsehälta hos friska hundar genom att antingen sätta en liten bomullstuss under en tass eller att sätta en vikt ovanför framknä alternativt has. Rörelsen av huvud, bäcken och höft registrerades med IMU-teknik samt med höghastighetsfilmning under det att hundarna travade på en rullmatta. Så vitt vi vet var vi först med att publicera data gällande objektiv hältdiagnostik med IMU-teknik på hund, baserat på induktion av olika sorters hältor. Resultatet av den första delen av studien visar att: 1. Det är praktiskt genomförbart att använda IMU teknik på hund; 2. Att man får tillförlitliga resultat vid analys av hundar med inducerade hältor travandes på en rullmatta; 3. Att tekniken kan differentiera mellan olika sorters hältor; 4. Att inducering av en belastningshälta i fram- och bakben ger signifikanta skillnader i sänkningen av huvudet och bäckenets position; 5. Att inducering av rörelsehälta i fram- och bakben ger signifikanta skillnader i höjningen av huvudets och bäckenets position. I den andra delen av projektet utvecklades en mjukvara för mobiltelefon, vilket medför en automatiserad registrering samt resultatredovisning. Detta arbete är nu också klart och en prototyp finns färdigställd. Preliminära resultat från den tredje delen i projektet visar att tekniken även kan användas på naturligt förekommande rörelsestörningar hos hundar av olika raser och med smärta från rörelseapparaten.

Projekt: N 2020-0003.

Titel: Objektiv hältdiagnostik på hund med ny användarvänlig sensorteknik.

Huvudsökare: A. Bergh

Baserat på våra resultat så bör aktuell IMU teknik med mjukvara kunna användas för att detektera och kvantifiera rörelsestörningar hos hund. Det är således högst troligt att detta kan förbättra diagnostiseringen av hälta hos hundar, genom tillhandahållande av ett portabelt system för objektiv kvantifiering av hälta. Fortsatta studier behövs för att slutföra jämförelsen mellan registreringarna med IMU-tekniken samt tryckmätningssmattan av kliniskt halta hundar samt implementera tekniken i den kliniska verksamheten.

Vetenskaplig sammanfattning

Inledning

En mycket vanlig orsak till att hundar undersöks och behandlas av veterinär är skador relaterade till hundens rörelseapparat (www.agria.se). Av de djur som kommer till en smådjursklinik bedöms minst 20% visa någon form av smärta från rörelseapparaten (Muir et al., 2004; Moran et al., 2023; Dan et al., 2014). En god bedömning av hundens rörelsesymmetri är av yttersta vikt för att kunna ställa en korrekt diagnos och sätta in en optimal behandling.

Bakgrund

Idag är visuell hältbedömning grunden vid diagnos och behandling av hundar på klinik. Vid en konventionell visuell hältutredning bedöms symmetrin i hundens rörelsemönster och veterinären tittar bl a på hur huvudet och korset rör sig i höjdlid. Denna visuella bedömning är idag grunden för en diagnos och behandling av den halta hunden. Tyvärr finns det få studier på hund som undersökt hur tillförlitlig en visuell hältbedömning är (Quinn et al., 2007; Waxman et al., 2008) och dessa studier visar en dålig överensstämmelse mellan visuell bedömning och kraftplatta, särskilt vad gäller låggradiga hältor/tidiga rörelseasymmetrier. Dessutom finns ett flertal studier på häst vilka visar att vid lindriga frambenshältor är överensstämmelsen mellan erfarna veterinärers bedömningar ca 66% om hästen var halt eller ej, och för bakbenshältor ca 58% (Keegan et al., 2010). Då hundar har en högre stegfrekvens, snabbare rörelse, och lägre amplitud på rörelsen jämfört med en häst, är den visuella bedömningen av hälta hos hund mycket mer utmanande än hos häst.

Idag finns det ett antal objektiva mätmetoder, såsom kraftplatta och höghastighetsfilmning, för att analysera hundars rörelsemönster med syfte att diagnosticera hälta och bedöma effekten av olika behandlingsmetoder. Tyvärr är dessa metoder ofta förknippade med stora investeringskostnader och tidskrävande dataanalyser, vilket gör dessa svåra att använda i den kliniska verksamheten. Det finns således ett stort behov av enkla, användarvänliga objektiva metoder för att bedöma hundens rörelsemönster i den kliniska situationen, metoder som även kan användas vid screening på tränande och tävlande hundar för att tidigt fånga upp rörelseförändringar.

Utvecklingen av användarvänlig kommersiella system för objektiv rörelseanalys av hästar har kommit långt. Forskning har visat att asymmetrier i huvudets rörelse "nickning" samt korsets rörelse är bra variabler att mäta vid fram- resp. bakbenshältor, särskilt för att underlätta bedömningen av låggradiga hältor/rörelseasymmetrier. Systemen bygger på sensorteknik, Intertial Measurement Units (IMUs), (accelerometrar, magnetometrar och microgyro) där mycket små sensorerna fästs på hästens huvud och kors och registrerar symmetrin i hästens rörelsemönster. Rapporten ger information om vilket ben hästen är halt på, storleken på hältan samt var i stegcykeln den uppstår (vid isättning, maxbelastning eller frånskjut). Projektet är en vidareutveckling av masterarbetet (Stenman, 2019) vid SLU, där det visades att det är möjligt att använda tröghetssensorer (*inertial measurement units*, IMU:er) för att objektivt kvantifiera rörelsestörningens storlek och art. Det är mycket troligt att vidareutvecklingen av detta system skulle kunna hjälpa smådjursklinikern i sin ortopediska bedömning, och därmed bidra till en bättre veterinärvård och djurhälsa.

Projekt: N 2020-0003.

Titel: Objektiv hältdiagnostik på hund med ny användarvänlig sensorteknik.

Huvudsökare: A. Bergh

Syfte

Det övergripande syftet med projektet har varit att utveckla en användarvänlig programvara, kopplad till IMU-teknik, tänkt ge en objektiv bild vid utredning av hälta och andra rörelsestörningar hos hund i en klinisk miljö. Det specifika syftet är även att denna programvara ska kunna ge automatiserade svar, för att på ett enkelt sätt kunna användas i kliniken.

Frågeställningar

1. Hur ser hundens normala huvud- och bäckenrörelse ut och hur förändras den vid en inducerad fram- respektive bakbenshälta?
2. Förekommer det kompensatoriska hältmekanismer på hund?
3. Går det att detektera en rörelseasymmetri på hund med ett IMU sensorsystem?
4. Kan IMU sensorsystemet kopplas till en prototyp av ett mjukvaruprogram för automatiserad registrering och resultatredovisning?
5. Kan IMU sensorsystemet med aktuell mjukvara detektera och kvantifiera grad av rörelsesymmetri hos en grupp hundar med smärta från rörelseapparaten?

Material och metoder

Material

Resultaten från delen om inducerad hälta baseras på 10 friska hundar av medelstor ras, ålder: 5.1 ± 1.2 år och vikt 23.4 ± 6.0 kg.

Resultaten från delen om prototyp av mjukvara för automatiserad registrering och resultatredovisning baseras på programmeringsarbete i samarbete med Linköpings universitet.

Resultaten från delen om detektering och kvantifiering av grad av rörelsesymmetri hos hundar med smärta från rörelseapparaten baseras på data från 26 hundar, registrerade vid 5-7 tillfällen och synkront med tryckmatteregistreringar (fyra hundar registrerades enbart vid ett tillfälle). Medelåldern var 7,9 år ($\pm 2,6$ år). Medelvikten var 24,1 kg ($\pm 9,4$ kg). Det fanns sex blandraser; fem labrador retrievers; och en vardera av Australian Cattle Dog, Beagle, Border Collie, Flatcoated Retriever, Schäfer, Malinois, medelstor pudel, standardpudel och Staffordshire Bull Terrier.

Metoder

IMU teknik (Lameness Locator samt Delsys Trigno system)

Rörelseanalyssystemen bestod av två separata system med vardera sensorer med accelerometrar samt en sensor med mikrogyro. Sensor 1 och 2, enaxlade accelerometrar, fästes på huvudet samt ländryggen. Sensor 3, ett gyroskop, fästes dorsalt på metakarpalbenen på höger framben för att identifiera stegcykeln. En lika stor vikt fästes även till andra frambenet. Sensordata samlas trådlöst med 200 Hz i realtid när hundarna travade och data analyserades med det tillhörande mjukvaruprogrammet.

Höghastighetsfilmning

Detta system (Qualicys) bestod av reflekterande hudmarkörer vilka fästes till standardiserade anatomiska punkter på hunden, därefter filmades hunden med höghastighetskameror, och ljusvågorna som reflekterades i markörerna fångades upp och markörernas läge kunde bestämmas via senare databearbetning.

Projekt: N 2020-0003.

Titel: Objektiv hältdiagnostik på hund med ny användarvänlig sensorteknik.

Huvudsökare: A. Bergh

Tryckmätningssmatta

En tryckkänslig matta "Walkway High Resolution HRV4" (Tekscan Inc., Norwood, Massachusetts, USA) och programvaran "Walkway Research Beta" (Tekscan Inc., Norwood, Massachusetts, USA) användes för att samla in kinetiska data. Mattan kalibrerades regelbundet och kalibreringsfilerna som användes stämde överens med varje hunds vikt.

Mattan (195x45x0,57cm) placerades i en korridor intill en vägg och täcktes med en 1 mm tjock plastmatta. Kameror filmade hundarna från en lateral och en kraniokaudal aspekt. Hundarna travade över den tryckkänsliga mattan i individuellt tempo. Följande gångparametrar registrerades: tid för belastningsfas respektive svävningsfas, stegtid, steglängd, maximal vertikal kraft, vertikal impuls och symmetriska index.

Induktion av rörelsestörning:

En tydlig, men inte grav rörelsestörning (ca 2 grader) inducerades enligt följande:

"Belastningshåla": en liten bomullstuss placerades under fram- alternativt baktass med hjälp av tejp.

"Rörelsehåla": en viktmanschett (200 gram) placerades ovan antingen armbåge eller has. Mellan varje inducering av håla registrerades en omgång utan någon provokation, för att säkerställa att hunden inte hade någon kvarvarande rörelsestörning.

Registrering av naturligt uppkommen rörelsestörning hos hundar med smärta från rörelseapparaten

Hundar, med en historia av långvarig smärta från rörelseapparaten, genomgick en klinisk ortopedisk undersökning, och registrerades därefter med såväl IMU teknik (Delys Trigno System) som tryckmätningssmatta (Tekscan Walkway), under samtidig videofilmning. Hundarna registrerades till dess minst två registreringar av godkänd kvalitet samlats in.

Dataanalys

IMU-teknik: Huvudet och bäckenet har en sinusformad rörelse med två maxima och två minima per stegcykel i trav. Skillnaden i minimihöjd för huvudet (HDmin) och bäckenet (PDmin) mellan höger och vänster understödsfas (när tassarna är i marken) samt skillnader i maxhöjd för huvudet (HDmax) och bäckenet (PDmax) efter höger och vänster understödsfas beräknades. Medelamplituden och tecknet för dessa fyra variabler under en mätning gav information om vilket ben djuret var halt på samt grad av asymmetri. Positiva värden innebar en högerbenhåla och negativa värden en vänsterbenhåla.

Tryckmatta: Efter genomgång av alla registreringar valdes de med liknande hastighet ut, därefter bearbetades denna data i medföljande mjukvaruprogram och resultat för alla gångparametrar fördes över till en excelfil för vidare bearbetning. Denna data konverterades sedan för att kunna föras in i mjukvaruprogrammet för automatiserad databearbetning samt resultatredovisning.

Resultat

Första delen av projektet

Belastningshåla

Vid en inducerad frambenshåla så sänktes huvudet mer under det att det friska benet belastades och huvudet sänktes mindre då det "halta" benet belastades. Vid en inducerad bakbenshåla så sänktes bäckenet mer under det att det friska benet belastades och bäckenet sänktes mindre då det "halta" benet belastades.

Höften på den "halta" sidan hade en lägre position under det "halta" benets svävningsfas.

Asymmetrin i sänkningen av huvudet och bäckenet bedömdes som en mer känslig indikator för belastningshåla i fram- respektive bakben jämfört med asymmetrin i huvudet och bäckenets

Projekt: N 2020-0003.

Titel: Objektiv hältdiagnostik på hund med ny användarvänlig sensorteknik.

Huvudsökare: A. Bergh

höjning. En ökad "hip drop" på den "halta" sidan under dess svävningsfas bedömdes som en god indikator för bakbenshätta.

Rörelsehätta

Induktion av rörelsehätta i ett framben visade en signifikant skillnad i HDmax och induktion av en bakbenshätta visade en signifikant skillnad i PDmax, och en ökad asymmetri i höftens rörelse. Asymmetrin i höjningen av huvudet och bäckenet bedömdes som en mer känslig indikator för rörelsehätta i fram- respektive bakben jämfört med asymmetrin i huvudet och bäckenets sänkning.

Rörelsesymmetri

Inducering av en belastningshätta i fram- och bakben gav signifikanta skillnader i HDmin and PDmin. Inducering av rörelsehätta i fram- och bakben gav signifikanta skillnader i HDmax and PDmax. Dessutom sågs en kompensatorisk ipsilateral (samma sidas ben) frambenshätta och en kontralateral bakbenshätta.

Andra delen av projektet

Vidareutveckling av algoritmer

Algoritmerna som togs fram i masterarbetet (Stenman, 2019) har migrerats till en ny programvarumiljö baserad på programspråket Python, och har vidareutvecklats, förbättrats och robustifierats.

Framtagande av prototypsystem för analys och momentan resultatrapportering

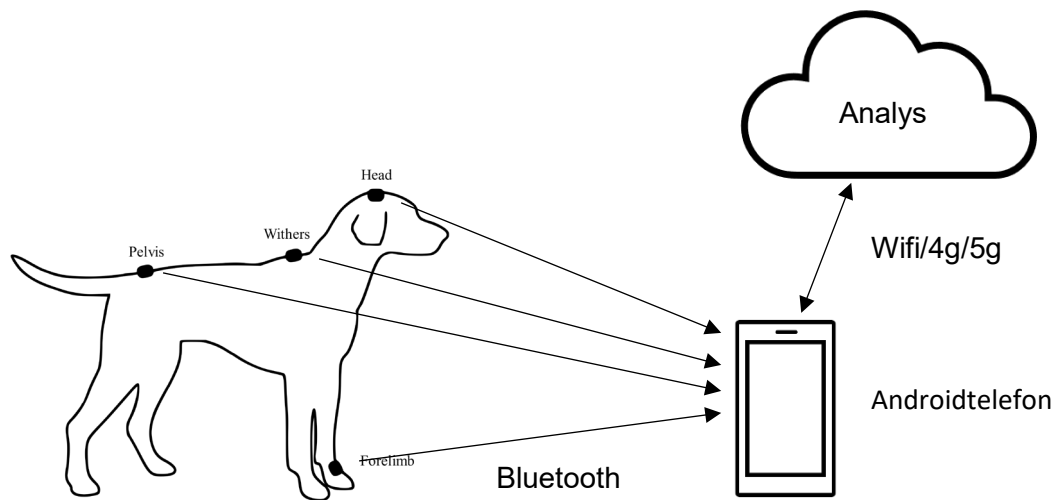
Ett prototypsystem för datainsamling, analys av rörelsestörningar, och momentan resultatrapportering har utvecklats. Detta system består av 3 delar, se Figur 1:

1. IMU:er som fästes på den hund som ska undersökas. IMU:erna placeras på huvudet, på manken, på bäckenet och på det vänstra frambenet.
2. En analysprogramvara, baserad på de vidareutvecklade algoritmerna, som finns tillgänglig i internet-molnet.
3. En Android-applikation som samlar in data från hunden via bluetooth när den travar på rak linje. När datainsamlingen är klar kan insamlad data skickas till analysprogramvaran i molnet, som när analysen är klar returnerar resultatet tillbaka till Android-applikationen, se Figur 2.

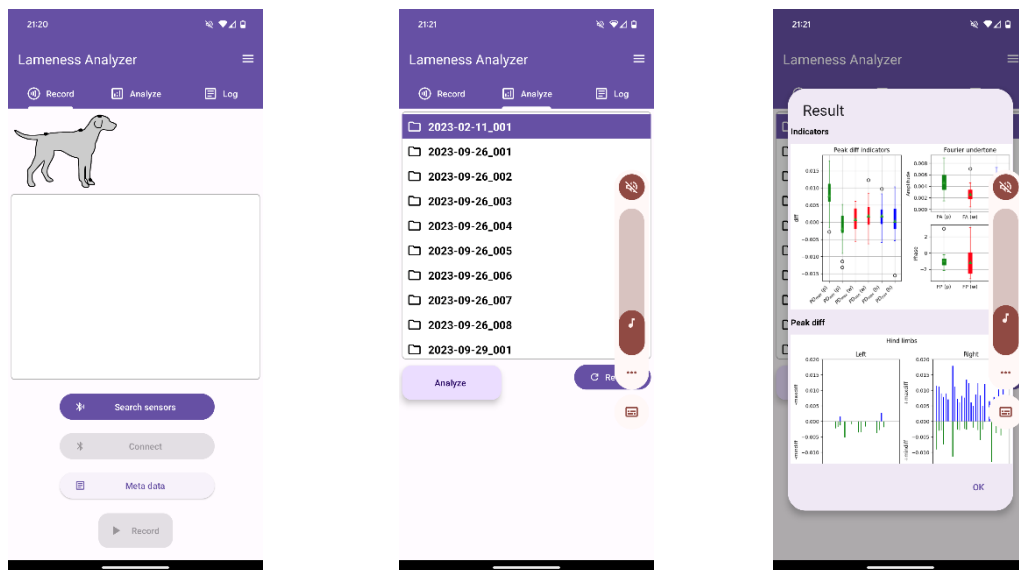
Projekt: N 2020-0003.

Titel: Objektiv hältdiagnostik på hund med ny användarvänlig sensorteknik.

Huvudsökare: A. Bergh



Figur 1: Prototypsystem för datainsamling och momentan resultatrapportering.



Figur 2: Android-applikation.

Tredje delen av projektet

Validering av systemet på data från andra studier

Validering av systemet på data från hundar som har deltagit i en studie om effekten av Transkutan elektrisk nervstimulering (TENS) vid smärta i rörelseapparaten har påbörjats. Gruppen består av 26 hundar av olika raser och med ffa osteoartrit i olika leder. Dessa hundar har registrerats vid 5-7 tillfällen, innan och efter såväl smärtlindrande behandling med TENS respektive farmaka, under simultan registrering av hundarnas gångparametrar på en tryckmätningmatta. Preliminära data visar att IMU-systemet kan registrera förändringar i rörelsesymmetri samt ge en automatisk

Projekt: N 2020-0003.

Titel: Objektiv hältdiagnostik på hund med ny användarvänlig sensorteknik.

Huvudsökare: A. Bergh

resultatrapportering. Återstående arbete är att validera dessa resultat mot registreringarna utförda simultant med tryckmätningssmattan.

Diskussioner med slutsatser och praktisk nytta för sällskapsdjurssektorn

Första delen av projektet

Asymmetrier i den vertikala positionen av huvud och bäcken och särskilt då de lägsta positionerna är potentiellt viktiga variabler vid objektiv hältundersökning av hundar. Kompensatoriska hältmekanismer observerades i bäckenets rörelser under inducerad frambenshätta och i huvudets rörelser under en inducerad bakbenshätta, liknande dem som registrerats hos hästar.

Våra resultat visade att en primär frambenshätta resulterade i en minskad högsta position för huvudet under det "halta" benets push-off och under svävningsfasen. En primär bakbenshätta resulterade i en minskad högsta position för bäckenet under det "halta" benets push-off och under svävningsfasen, och med en ökad asymmetrisk rörelse av den "halta" höften under svävningsfasen. Resultaten stödjer vikten av att använda den vertikala rörelsen av huvud, bäcken och höft under hältundersökningen.

IMU teknik kan användas för att detektera och kvantifiera inducerad hälla, och kan skilja mellan belastnings- och rörelsehälla hos hundar som travar på ett rullband. Om en ipsilateral fram- eller bakbenshätta syns är det möjligt att frambenshättan är en kompensatorisk hälla istället för en primär hälla. Därför är det troligt att IMU teknik kan förbättra diagnostiseringen av hälla hos hundar, genom att tillhandahålla ett portabelt system för objektiv kvantifiering av hälla.

Andra delen av projektet

Framtagande av prototypsystem för analys och momentan resultatrapportering

Algoritmerna som togs fram i masterarbetet (Stenman, 2019) har kunnat migrerats till en ny programvarumiljö baserad på programspråket Python, och har vidareutvecklats, förbättrats och robustifierats. Detta har varit förutsättningen för att prototypsystemet för datainsamling, analys av rörelsestörningar, och momentan resultatrapportering har kunnat utvecklas, vilket är en förutsättning för en ny användarvänlig rörelseanalysteknik.

Tredje delen av projektet

Validering av systemet på data från andra studier

Preliminära data visar att IMU-systemet kan registrera förändringar i rörelsesymmetri även hos hundar med en naturlig rörelsestörning, som den vid smärta från rörelseapparaten. Fortsatta studier behövs för att jämföra dessa resultat med de simultana registreringarna av samma population hundar på tryckmätningssmattan.

Konklusion

Fortsatta studier behövs för att implementera IMU-tekniken till den kliniska situationen, med registreringar av rörelsestörningar hos hundar med ortopediska problem och travandes på golvet. Baserat på våra resultat så bör IMU teknik kunna användas för att detektera och kvantifiera hälla, samt differentiera mellan belastnings- och rörelsehälla, hos såväl hundar med inducerad hälla som travar på en rullmatta och de med en naturlig hälla som travar över golv. Nyttan med projektet är stor och berör många som arbetar inom smådjurshälsövård, då det leder till utveckling av en ny mer användarvänlig objektiv mätmetod anpassad för den kliniska situationen. Genom att arbeta för en kommersiellt produkt liknande den på hästsidan kan diagnostiken optimeras och effekten av insatt

Projekt: N 2020-0003.

Titel: Objektiv hältdiagnostik på hund med ny användarvänlig sensorteknik.

Huvudsökare: A. Bergh

behandling utvärderas objektivt. Resultaten från studien kommer således att komma såväl hundar som djurägare tillgodo.

Referenser

Dan G. Neil, David B. Church, Paul D. McGreevy, Peter C. Thomson, Dave C. Brodbelt. Prevalence of Disorders Recorded in Dogs Attending Primary-Care Veterinary Practices in England. PLOS one 2014

Keegan K.G., Kramer, J., Yonezawa, Y., Maki, H., Pai, P.F., Dent, E.V., Kellerman, T.E., Wilson, D.A., Reed, S.K., (2011). Assessment of repeatability of a wireless, inertial sensor-based lameness evaluation system for horses. American journal of veterinary research 72, 1156-1163.

Moran CE, Hofmeister EH. Prevalence of pain in a university veterinary intensive care unit. J Vet Emerg Crit Care (San Antonio). 2013 Jan-Feb;23(1):29-36. doi: 10.1111/vec.12010. Epub 2013 Jan 11. PMID: 23311493.

Muir WW, Wiese AJ, Wittum TE. Prevalence and characteristics of pain in dogs and cats examined as outpatients at a veterinary teaching hospital. J Am Vet Med Assoc. 2004 May 1;224(9):1459-63.

Quinn MM, Keuler NS, Lu Y, et al: Evaluation of agreement between numerical rating scales, visual analogue scoring scales, and force plate gait analysis in the dog. Vet Surg 36:360–367, 2007 Rhodin M., Roepstorff L., Pfau T., Egenvall A., (2013) Influence of lunging on head and pelvic movement asymmetry and compensatory effects in horses with induced lameness. The Veterinary Journal Dec;198, 39-45

Stenman, A (2019) Using inertial sensors for assessing movement symmetries in trotting dogs – A feasibility study. Master thesis in Veterinary Medicine, Department of Clinical Sciences, SLU.

Waxman, AS, Robinson, DA, Evans, RB, Hulse, DA, Innes, JF, Conzemius, MG . Relationship Between Objective and Subjective Assessment of Limb Function in Normal Dogs with an Experimentally Induced Lameness. Vet Surg 37: 241– 246, 2008

Publikationer

I. Gómez Álvarez, C.B., Gustås, P., Bergh, A. and Rhodin, M. (2017) “Vertical head and pelvic movement symmetry in dogs at trot with induced supporting limb lameness.” The Veterinary Journal. Nov; 229:13-18. doi.org/10.1016/j.tvjl.2017.10.011

II. Rhodin, M., Bergh, A., Gustås, P. and Gómez Álvarez, C.B. (2017) “Inertial sensor-based system for lameness detection in trotting dogs with induced lameness.” The Veterinary Journal. Apr; 222:54-59. doi: 10.1016/j.tvjl.2017.02.004

III. Bergh, A., Gómez Álvarez, C.B., Rhodin, M., Gustås, P. (2018) Head and pelvic vertical displacement in dogs with induced swinging limb lameness: an experimental study. Acta Veterinaria Scandinavica. DOI: 10.1186/s13028-018-0435-z

Manuskript:

Stenman, A., Bergh, A., Pedersen, A., Rhodin, M. Validation of an IMU-technique for the detection and quantification of canine motion.

Projekt: N 2020-0003.

Titel: Objektiv hältdiagnostik på hund med ny användarvänlig sensorteknik.

Huvudsökare: A. Bergh

Pedersen, A., Rhodin, M., Penell, J., Forterre, F., Hyytiäinen, H., Bergh, A. The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on gait parameters in dogs with osteoarthritis

Länkar

[TENS som smärtlindrande behandling för hund med artros | Externwebben \(slu.se\)](#)