



## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาผลการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อการฟื้นฟูข้อเสื่อมในสุนัข

**Effect of aquatic exercise on canine osteoarthritis improvement**

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.กรกฎ งานวงศ์พานิชย์

มิถุนายน 2555

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาผลการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อการฟื้นฟูข้อเสื่อมในสุนัข

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

ผศ.นสพ.ดร.กรกฎ งานวงศ์พาณิชย์

ภาควิชาชีวศาสตร์ทางสัตวแพทย์ และสัตวแพทย์สาธารณสุข คณะสัตวแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

นักวิจัยที่ปรึกษา

รศ.ดร.ปรัชญา คงทวีเลิศ

ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย  
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

## คำนำ

ในปัจจุบัน การทำกายภาพบำบัด เป็นศาสตร์ที่ได้รับความนิยมแพร่หลายมากขึ้นในวิชาชีพสัตวแพทย์ สัตว์เล็ก (สุนัขและแมว) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกกำลังกายในน้ำ หรือการว่ายน้ำ แต่ทว่างานวิจัยที่ทำการศึกษถึงผลการว่ายน้ำในแง่มุมต่างของสุนัขยังมีการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการน้อยมาก งานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาในมนุษย์ ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาครั้งนี้ คือต้องการศึกษาผลของการว่ายน้ำในสุนัขโรคข้อเสื่อม นอกจากนั้นในการศึกษานี้ยังได้ทำการศึกษาอื่นๆ เพิ่มเติมด้วยประกอบด้วย การศึกษาถึงผลการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจในสุนัขในระหว่างการว่ายน้ำ และการศึกษาถึงผลข้างเคียงที่เกิดจากการว่ายน้ำ ซึ่งยังไม่มีรายงานผลการศึกษาตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่เล็งเห็นความสำคัญและให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ รศ.ดร.ปรัชญา คงทวีเลิศ ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ เป็นนักวิจัยที่ปรึกษา แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด ขอขอบคุณ ผศ.ศิริพันธุ์ คงสวัสดิ์ และ นส.บุษบา จันตระกูล ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือการวางแผนโดยประยุกต์ความรู้จากมนุษย์มาใช้ ขอขอบคุณ อ.น.สพ.เทิดศักดิ์ ยาโน ภาควิชาสัตวบริบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ขอขอบคุณโรงพยาบาลสัตว์เมตตา อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สระว่ายน้ำสุนัขสำหรับใช้ในการศึกษาครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณนายสัตวแพทย์และเจ้าหน้าที่ประจำโรงพยาบาลทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี และขอขอบคุณนักศึกษาทุกท่านที่ช่วยพาสุนัขว่ายน้ำ และขอขอบคุณเจ้าของสุนัขทุกท่านที่ยินยอมเข้าร่วมโครงการ

กรกฎ งานวงศ์พาณิชย์

หัวหน้าโครงการ

มิถุนายน 2555

## สารบัญ

บทคัดย่อ.....	1
Abstract.....	2
Executive Summary.....	3
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	7
วัตถุประสงค์.....	14
แผนการศึกษา.....	15
งานวิจัยที่ 1 การศึกษาผลการว่ายน้ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจ.....	16
งานวิจัยที่ 2 การศึกษาผลข้างเคียงที่เกิดจากการว่ายน้ำ.....	30
งานวิจัยที่ 3 การศึกษาผลของการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อการการทำงานของข้อต่อ.....	40
ภาคผนวก การเผยแพร่ผลงานวิจัยและรางวัล.....	62

## บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ทำการศึกษา 3 หัวข้อประกอบด้วย 1 การศึกษาผลการว่ายน้ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจ 2 การศึกษาผลข้างเคียงที่เกิดจากการว่ายน้ำ และ 3 การศึกษาผลของการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อการการทำงานของข้อต่อ ที่เป็นโรคข้อเสื่อม โดยผลจากการศึกษาแรกแนะนำให้สุนัขว่ายน้ำติดต่อกัน 15 ถึง 30 นาที โดยขึ้นกับขนาดของสุนัข เพื่อประโยชน์ของการทำงานของหัวใจ โดยผู้ทำการควบคุมการออกกำลังกายต้องคอยสังเกตอาการสุนัขแต่ละตัวเพื่อป้องกันการออกกำลังกายมากเกินไปเกินความสามารถ ในการศึกษาที่สอง พบว่าผลข้างเคียงหลักที่พบคือ ผิวหนังแห้ง ขนแห้ง แผลถลอกที่บริเวณขาหนีบของขาหน้า นอกจากนั้นยังพบ อาการตาแดง หูอักเสบ และโรคระบบทางเดินหายใจ สำหรับในการศึกษาที่ 3 พบว่าระดับของ ซีรัม HA ในสุนัขที่เป็นโรคข้อเสื่อม ที่ได้รับการว่ายน้ำเพิ่มสูงอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป ส่วนระดับของซีรัม CS-WF6 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 เป็นต้นไป ซึ่งการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการว่ายน้ำสามารถไปกระตุ้นให้กระดูกอ่อนผิวข้อในภาวะข้อเสื่อมมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ดีขึ้น

**คำสำคัญ** ว่ายน้ำ โรคข้อเสื่อม อัตราการเต้นหัวใจ ผลข้างเคียง สุนัข

## Abstract

This research project consists of 3 studies, the 1<sup>st</sup> study heart rate change during aquatic exercise in small, medium and large healthy dogs. The second study, we observed the side effect from swimming in dog and the third study; study effect of 8 weeks swimming on serum biomarker change in canine hip osteoarthritis. From the results in 1<sup>st</sup> study, we recommend that each swimming time be limited to 15–30 min, depending on the breed (size) of dog, whose trainer should observe the individual to prevent over-exercise. Result from 2<sup>nd</sup> study found main side effect from swimming including dry skin, dry hair, abrasion wounds at the armpit and the other side effect are red eye, otitis and respiratory problem. In 3<sup>rd</sup> study, we found the relative level of serum CS-WF6 in the OA-SW group was dramatically decreased beginning at week 4, and was found to be significantly different ( $P<0.01$ ) at weeks 6 and 8 compared with the pre-exercise level. The levels of serum HA of the H-SW group in weeks 2–8 were significantly ( $P<0.01$ ) higher than pre-exercise. This study demonstrates that it is possible to evaluate the effects of exercise on articular cartilage.

**Keywords;** swimming; osteoarthritis; heart rate; side effect; dogs

## Executive Summary

### ที่มาและความสำคัญ

ในภาวะที่เกิดโรคข้อต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโรคข้อเสื่อม (osteoarthritis) หรือข้ออักเสบ (arthritis) จะส่งผลให้สัตว์เกิดความเจ็บปวดและไม่เคลื่อนไหวข้อ (immobilization) กล้ามเนื้อที่อยู่รอบข้ออ่อนกำลังลง และทำให้พิสัยของข้อ (range of motion) เปลี่ยนไป ส่งผลทำให้สุนัขมีการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติไปจากเดิม การฟื้นฟูโดยการกายภาพบำบัด (rehabilitation) เป็นกระบวนการที่ได้วางแผนการรักษาเพื่อให้ผู้ป่วยสามารถฟื้นคืนสภาพปกติให้เร็วที่สุด โดยในปัจจุบันการฟื้นฟูโดยการกายภาพบำบัด ได้นำมาใช้ในสัตว์เล็กมากขึ้น เนื่องจากวิธีการดังกล่าวให้ผลดีในมนุษย์และทำกันอย่างแพร่หลาย โดยพบว่า การทำกายภาพบำบัดในมนุษย์เป็นวิธีการรักษาที่ทำให้ผู้ป่วยสามารถฟื้นคืนสู่สภาพปกติได้เร็วที่สุด ซึ่งวิธีการทำกายภาพบำบัดหลาย ๆ วิธี ได้มีการพัฒนาทดลองในสัตว์ก่อนที่จะนำไปใช้ในมนุษย์ ดังนั้นเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในมนุษย์ สามารถนำมาดัดแปลงใช้ในสัตว์เล็กได้ การทำกายภาพบำบัดมีหลากหลายวิธี ได้แก่ การใช้วิธีประคบเย็น (cryotherapy) การประคบร้อน (heat therapy) การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (electrical stimulation) การบำบัดโดยคลื่นเหนือเสียง (therapeutic ultrasound) การออกกำลังกายเพื่อการบำบัดรักษา (therapeutic exercise) การยืดกล้ามเนื้อ (stretching exercise) การนวด (massage) การขยับ ดัด ดึงข้อต่อ (mobilization & manipulation) รวมทั้งธาราบำบัด (hydrotherapy) เป็นต้น การออกกำลังกายในน้ำ (aquatic exercise) เป็นการกายภาพบำบัดโดยการออกกำลังกายที่มีประโยชน์ในมนุษย์ และสัตว์เล็กที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบกระดูก กล้ามเนื้อ และระบบประสาท โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ ได้แก่ แรงลอยตัว (Buoyancy) แรงดัน (hydrostatic pressure) ความหนืด (viscosity) แรงต้าน (resistance) และแรงตึงผิว (surface tension) แรงดันน้ำที่กระทำบนตัวสุนัขจะช่วยให้มีการระบายของหลอดเลือดดำและระบบน้ำเหลืองจากบริเวณปลายขาหรือข้อบวมได้ดี ส่วนแรงต้านของน้ำที่กระทำบนตัวสุนัข จะทำให้กล้ามเนื้อที่เคลื่อนไหวต้านแรงของน้ำมีความแข็งแรงและระบบหัวใจและหลอดเลือดทำงานได้ดีขึ้น รวมทั้งความหนืดของน้ำจะทำให้สัตว์ทรงตัวอยู่ในน้ำได้และป้องกันไม่ให้อัตราการจมในขณะที่ยามพยุงตัว

จากคุณสมบัติและประโยชน์ของการออกกำลังกายในน้ำ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ทำให้มีการศึกษามากมายเกี่ยวกับผลการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อผู้ป่วยโรคข้อเสื่อม แต่ทว่าการศึกษาที่ผ่านมาทั้งหมดมุ่งเน้นไปที่ผลการออกกำลังกายทำให้สามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้ดีขึ้น ลดความรู้สึกเจ็บในขณะที่ยามพยุงตัว

เคลื่อนไหว ผลเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามที่ตัวผู้ป่วย ร่วมกับจากการสังเกตอาการทางคลินิกที่เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาเหล่านี้ก็ไม่สามารถสรุปได้ว่า การที่การออกกำลังกายในน้ำทำให้ผู้ป่วยมีอาการเหล่านี้ดีขึ้นนั้น มีสาเหตุมาจาก สมดุลชีวเคมีในข้อดีขึ้น มีการสลายของกระดูกอ่อนผิวข้อน้อยลง หรือเกิดจากการที่กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงขึ้น หรือเกิดจากทั้ง 2 ปัจจัย ดังนั้นในการศึกษครั้งนี้จึงเป้าหมายที่จะศึกษาถึงผลของการทำกายภาพบำบัดโดยการออกกำลังกายในน้ำมาใช้ในการฟื้นฟูข้อในสุนัข โดยในการศึกษานี้จะศึกษาผลจากการสังเกตอาการการเปลี่ยนแปลงของทางคลินิกที่นิยมทำกันโดยทั่วไปแล้ว ยังมุ่งไปที่การเปลี่ยนแปลงของสมดุลชีวเคมีภายในข้อต่อ โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับสารบ่งชี้ทางชีวภาพ โดยมุ่งหวังหาคำตอบและอธิบายถึง ผลการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อกระดูกอ่อนผิวข้อ นอกจากนั้นในการศึกษานี้ยังได้ทำการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการว่ายน้ำโดยการศึกษการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจในสุนัขระหว่างการว่ายน้ำเพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการว่ายน้ำสุนัข รวมถึงได้ทำการศึกษาผลข้างเคียงที่เกิดจากการว่ายน้ำด้วยเช่นกัน เพื่อเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับใช้ประเมินหรือพยากรณ์ให้แก่เจ้าของสุนัขก่อนเข้ารับการว่ายน้ำ

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อการทำงานของข้อต่อในสุนัขที่เป็นโรคข้อเสื่อม โดยศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของ อาการทางคลินิก การเคลื่อนไหวของร่างกาย ระดับสารบ่งชี้ทางชีวภาพของกระดูกอ่อนผิวข้อ
2. เพื่อศึกษาผลของการว่ายน้ำที่มีต่ออัตราการเต้นของหัวใจในสุนัขกลุ่มต่างๆ
3. เพื่อศึกษาผลข้างเคียงของการว่ายน้ำ

### ระเบียบวิธีวิจัยและบทสรุป

โครงการวิจัยนี้แบ่งออกได้เป็น 3 งานวิจัย ตามวัตถุประสงค์ ประกอบด้วย การงานวิจัยที่ 1 ทำการศึกษาผลการว่ายน้ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจ งานวิจัยที่ 2 เป็นการศึกษาผลข้างเคียงที่เกิดจากการว่ายน้ำ และงานวิจัยที่ 3 จะมุ่งเน้นศึกษาถึงผลของการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อการการทำงานของข้อต่อ ที่เป็นโรคข้อเสื่อม โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงอาการทางคลินิกที่เกิดขึ้น และ การเปลี่ยนแปลงของสารบ่งชี้ทางชีวภาพของกระดูกอ่อนผิวข้อ

### บทสรุปงานวิจัยที่ 1 การศึกษาผลการว่ายน้ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจ



ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจในสุนัขสุขภาพดีในขณะที่ทำการว่ายน้ำ โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 สุนัขเพศผู้จำนวน 21 ตัว ถูกใช้ในการเก็บข้อมูล ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจทุกนาที ติดต่อกัน 10 นาที สุนัขได้รับการว่ายน้ำทุก 2 วัน ติดต่อกัน 8 ครั้ง ในการทดลองที่ 2 สุนัขปกติจำนวน 134 ตัวแบ่งเป็น 3 กลุ่ม สุนัขขนาดเล็ก (41 ตัว) ขนาดกลาง (51 ตัว) และขนาดใหญ่ (42 ตัว) ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจทุกนาทีติดต่อกัน 34 นาที โดยทำการวัดในการว่ายน้ำครั้งที่ 5 ของสุนัข ผลการศึกษาในการทดลองที่ 1 พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจใน 4 ครั้งแรกของการว่ายน้ำสูงกว่าการว่ายน้ำในครั้งที่ 5 ถึง 8 ( $P<0.05$ ) ในการศึกษาที่ 2 พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจในสุนัขขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักร่างกาย และอายุกับอัตราการเต้นของหัวใจ และผลจากการศึกษาสามารถนำค่าอัตราการเต้นของหัวใจมาสร้างเป็นสมการหาอัตราการเต้นของหัวใจเมื่อว่ายน้ำในเวลาที่ต่าง ๆ ในสุนัขแต่ละขนาด (เล็ก กลาง และใหญ่) ผลจากการศึกษาแนะนำให้ว่ายน้ำติดต่อกัน 15 ถึง 30 นาที โดยขึ้นกับขนาดของสุนัข โดยผู้ทำการควบคุมการออกกำลังกายต้องสังเกตอาการสุนัขแต่ละตัวเพื่อป้องกันการออกกำลังกายมากเกินไปจนเกินความสามารถ

### **บทสรุปงานวิจัยที่ 2 การศึกษาผลข้างเคียงที่เกิดจากการว่ายน้ำ**

ทำการเก็บข้อมูลสุนัขที่ได้รับการว่ายน้ำในสระว่ายน้ำระบบคลอรีน จำนวนทั้งสิ้น 412 ตัว แบ่งเป็นผู้ 219 ตัว และเมีย 193 ตัว อายุเฉลี่ย  $38\pm30$  เดือน จากข้อมูลสามารถแบ่งสุนัขที่มาว่ายน้ำได้เป็น 4 กลุ่มคือ ว่ายน้ำเพื่อนันทนาการ (152 ตัว) เพื่อลดน้ำหนัก (53 ตัว) เพื่อกายภาพบำบัดหลังการผ่าตัดกระดูกและข้อ (81 ตัว) และเพื่อกายภาพบำบัดในโรคข้อ (126 ตัว) ทำการเก็บข้อมูลสุนัขที่มาว่ายน้ำ 1 ครั้ง ถึง 5 ครั้ง โดยแต่ละครั้งต้องห่างกันไม่เกิน 5 วัน ผลการศึกษาพบว่า ในการว่ายน้ำครั้งแรกมีสุนัขแสดงอาการตื่นเต้น ตกใจร้อยละ 29.13 ร้อยละ 36.51 ไม่สามารถว่ายน้ำได้ โดยพบว่าอาการเหล่านี้ลดลงเมื่อมาว่ายน้ำในครั้งต่อไป ผลข้างเคียงที่พบสูงสุดจากการว่ายน้ำคือ ขนแห้ง (20.63%) ผิวหนังแห้ง (18.93%) และแผลถลอกที่บริเวณขาหนีบหน้า (15.78%) พบว่าผลข้างเคียงเหล่านี้เพิ่มสูงขึ้นเมื่อว่ายน้ำบ่อยขึ้น (ครั้งที่ 2-5) นอกจากนั้นพบอาการตาแดง (13.59%) หูอักเสบ (6.31%) และระบบทางเดินหายใจ (0.49%) ผลจากการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับสัตวแพทย์ใช้ในการให้ข้อมูลผลข้างเคียงที่อาจเกิดได้จากการว่ายน้ำในสระว่ายน้ำระบบคลอรีน

### **บทสรุปงานวิจัยที่ 3 ผลของการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อการการทำงานของข้อต่อ ที่เป็นโรคข้อเสื่อม**

การศึกษานี้ต้องการทราบว่า การว่ายน้ำสามารถไปช่วยรักษาสมดุลชีวเคมีในข้อต่อที่เป็นโรคข้อเสื่อมได้หรือไม่ สุนัขจำนวน 55 ถูกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 (22 ตัว) เป็นสุนัขที่ได้รับการ

วินิจฉัยแล้วว่าเป็นโรคข้อเสื่อม และได้รับโปรแกรมว่ายน้ำ กลุ่มที่ 2 (18 ตัว) เป็นสุนัขที่ไม่เป็นโรคข้อเสื่อมแต่ได้รับโปรแกรมว่ายน้ำ และกลุ่มที่ 3 (15 ตัว) เป็นกลุ่มควบคุมที่ไม่เป็นโรคข้อเสื่อม และไม่ได้ว่ายน้ำ ทำการประเมินผลการศึกษาจากการตรวจอาการทางคลินิกและการเปลี่ยนแปลงของระดับสารบ่งชี้ทางชีวภาพจำนวน 2 ชนิด คือ HA และ CS-WF6 สุนัขได้รับการว่ายน้ำครั้งละ 20 นาที พัก 5 นาที 3 รอบต่อวัน ว่ายน้ำทุก 2 วัน ติดต่อกันจนครบ 8 สัปดาห์ ผลจากการศึกษาพบว่าสุนัขกลุ่มที่ 1 แสดงอาการทางคลินิกในระดับที่ดีกว่าก่อนการว่ายน้ำ หลังจากว่ายน้ำไปแล้ว 8 สัปดาห์ ระดับของ CS-WF6 ในกลุ่มที่ 1 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ในสัปดาห์ที่ 6 และ 8 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงก่อนการว่ายน้ำ ในขณะที่ระดับของ HA ในกลุ่มที่ 1 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ในสัปดาห์ที่ 2-8 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงก่อนการว่ายน้ำ ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การว่ายน้ำสามารถปรับปรุงสมดุลทางชีวเคมีของข้อต่อในภาวะข้อเสื่อมได้

## ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในภาวะที่เกิดโรคข้อต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโรคข้อเสื่อม (osteoarthritis) หรือข้ออักเสบ (arthritis) จะส่งผลให้สัตว์เกิดความเจ็บปวดและไม่เคลื่อนไหวข้อ (immobilization) กล้ามเนื้อที่อยู่รอบข้ออ่อนกำลังลง และทำให้พิสัยของข้อ (range of motion) เปลี่ยนไป ส่งผลทำให้สุนัขมีการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติไปจากเดิม โดยปกติการเคลื่อนไหวของข้อจะช่วยให้การพาสารอาหารต่างๆ ที่อยู่ภายในน้ำไขข้อ (synovial fluid) เข้าสู่เซลล์กระดูกอ่อน (chondrocyte) รวมทั้งช่วยขับของเสียออกจากข้อ เมื่อข้อไม่มีการเคลื่อนไหวจะทำให้เกิดการขาดสารอาหาร มีการสะสมของเสียภายในเซลล์กระดูกอ่อน เนื้อกระดูกอ่อน และน้ำไขข้อ ทำให้เซลล์กระดูกอ่อนไม่สามารถสร้างคอลลาเจน (collagen) และโปรตีโอไกลัยแคน (proteoglycan) ต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกระดูกอ่อนผิวข้อ (articular cartilage) ได้เช่นปกติ ทำให้สมดุลระหว่างกระบวนการสร้าง (anabolism) และกระบวนการสลาย (catabolism) ของสารชีวเคมีต่างๆ มีไม่เท่ากัน กระดูกอ่อนมีการเสื่อมสลายมากขึ้น [1-3]

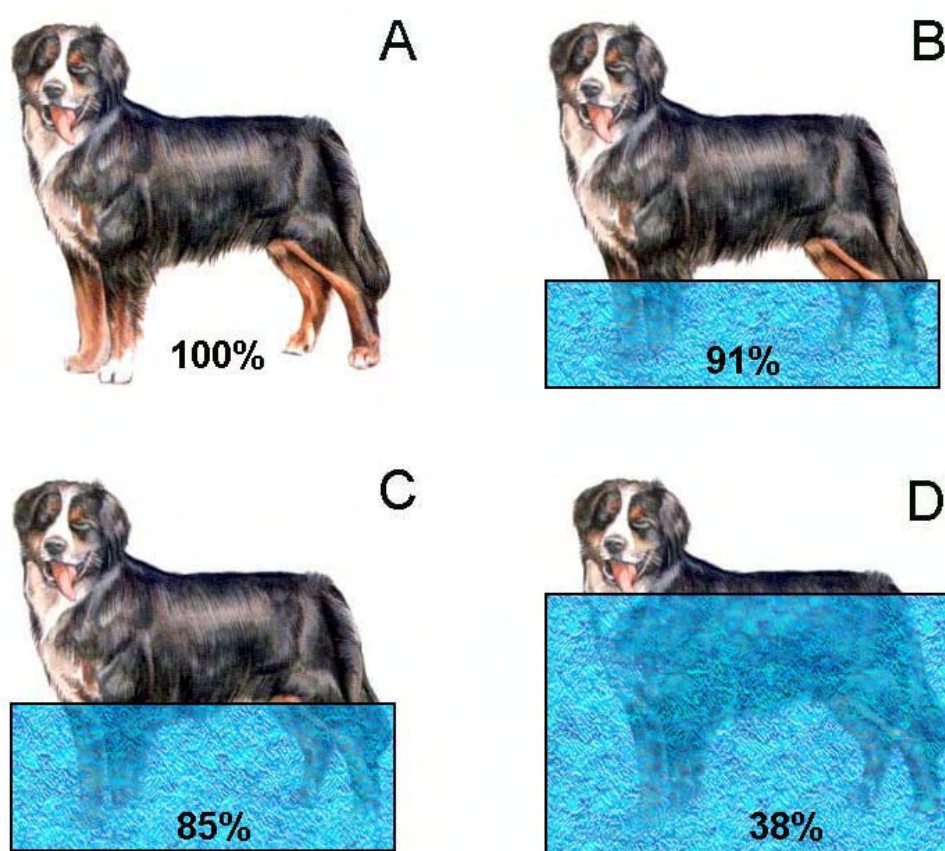
การฟื้นฟูโดยการออกกำลังกายบำบัด เป็นกระบวนการที่ได้วางแผนการรักษาเพื่อให้ผู้ป่วยสามารถฟื้นคืนสภาพปกติให้เร็วที่สุด [4] โดยในปัจจุบันการฟื้นฟูโดยการออกกำลังกายบำบัด ได้นำมาใช้ในสัตว์เล็กมากขึ้น เนื่องจากวิธีการดังกล่าวให้ผลดีในมนุษย์และทำกันอย่างแพร่หลาย โดยพบว่า การทำกายภาพบำบัดในมนุษย์เป็นวิธีการรักษาที่ทำให้ผู้ป่วยสามารถฟื้นคืนสู่สภาพปกติได้เร็วที่สุด ซึ่งวิธีการทำกายภาพบำบัดหลาย ๆ วิธี ได้มีการพัฒนาทดลองในสัตว์ก่อนที่จะนำไปใช้ในมนุษย์ ดังนั้นเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในมนุษย์ สามารถนำมาดัดแปลงใช้ในสัตว์เล็กได้ [5] การทำกายภาพบำบัดมีหลากหลายวิธี ได้แก่ การใช้วิธีประคบเย็น (cryotherapy) การประคบร้อน (heat therapy) การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (electrical stimulation) การบำบัดโดยคลื่นเหนือเสียง (therapeutic ultrasound) การออกกำลังกายเพื่อการบำบัดรักษา (therapeutic exercise) การยืดกล้ามเนื้อ (stretching exercise) การนวด (massage) การขยับ ดัด ดึงข้อต่อ (mobilization & manipulation) รวมทั้งธาราบำบัด (hydrotherapy) เป็นต้น ประโยชน์และจุดประสงค์ในการทำกายภาพบำบัดนั้นแตกต่างกันออกไป เช่น เพื่อลดความเจ็บปวด ลดการอักเสบ และบวม เพิ่มความสามารถในการยืดและหดของเนื้อเยื่อ ลดความตึงของกล้ามเนื้อ พัฒนาความสามารถในการรับรู้สีก และการทรงตัวของร่างกาย เพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ขาและข้อต่อ เพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักของขา เพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพจิต เพื่อลดน้ำหนัก และเพื่อการทำงานของระบบหมุนเวียนและระบบหายใจ [6-9] การออกกำลังกายในน้ำ (aquatic exercise) เป็นการออกกำลังกายโดยการออกกำลังกายที่มีประโยชน์ในมนุษย์และสัตว์เล็กที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบกระดูก กล้ามเนื้อ และระบบประสาท [10-14]

โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ ได้แก่ แรงลอยตัว (Buoyancy) แรงดัน (hydrostatic pressure) ความหนืด (viscosity) แรงต้าน (resistance) และแรงตึงผิว (surface tension) ที่ทำให้การออกกำลังกายในน้ำเกิดผลดียิ่งขึ้น [14] การที่สัตว์ลอยตัวหรือพยุงตัวในน้ำจะช่วยรับน้ำหนักของตัวสัตว์ แรงดันน้ำทำให้เกิดแรงดันที่คงที่กระทำบนตัวสัตว์และขาส่วนที่อยู่ในน้ำ และจะเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของน้ำ แรงดันน้ำที่กระทำบนตัวสุนัขจะช่วยให้มีการระบายของหลอดเลือดดำและระบบน้ำเหลืองจากบริเวณปลายขาหรือข้อบวมได้ดี นอกจากนี้แรงดันน้ำยังช่วยลดอาการปวดได้ โดยจะมีแรงกระทำเป็นระยะ ๆ บนประสาทรับความรู้สึกทำให้ลดอาการปวดลงได้ [15] ส่วนแรงต้านของน้ำที่กระทำบนตัวสุนัข จะทำให้กล้ามเนื้อที่เคลื่อนไหวต้านแรงของน้ำมีความแข็งแรงและระบบหัวใจและหลอดเลือดทำงานได้ดีขึ้น รวมทั้งความหนืดของน้ำจะทำให้สัตว์ทรงตัวอยู่ในน้ำได้และป้องกันไม่ให้สัตว์จมน้ำในขณะที่พยายามพยุงตัว [13] แรงตึงผิวของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญในกรณีที่สัตว์ลอยตัวอยู่ผิวน้ำทำให้ข้อต่อได้มีการเคลื่อนไหวหรือทำงาน แต่โดยทั่วไปการให้สัตว์ได้ลอยตัวอยู่ใต้ หรือเหนือน้ำจะทำให้ได้ง่ายกว่าเมื่อให้สัตว์ลอยตัวอยู่บนผิวน้ำ (20,21)

จากคุณสมบัติและประโยชน์ของการออกกำลังกายในน้ำ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ทำให้มีการศึกษามากมายเกี่ยวกับผลการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อผู้ป่วยโรคข้อเสื่อม [16-19] แต่ทว่าการศึกษาที่ผ่านมาทั้งหมดมุ่งเน้นไปที่ผลการออกกำลังกายทำให้สามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้ดีขึ้น ลดความรู้สึกเจ็บในขณะที่เคลื่อนไหว ผลเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามที่ตัวผู้ป่วย ร่วมกับจากการสังเกตอาการทางคลินิกที่เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาเหล่านี้ก็ไม่สามารถสรุปได้ว่า การที่การออกกำลังกายในน้ำทำให้ผู้ป่วยมีอาการเหล่านี้ดีขึ้นนั้น มีสาเหตุมาจาก สมดุลชีวเคมีในข้อดีขึ้น มีการสลายของกระดูกอ่อนผิวข้อน้อยลง หรือเกิดจากการที่กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงขึ้น หรือเกิดจากทั้ง 2 ปัจจัย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเป้าหมายที่จะศึกษาถึงผลของการทำกายภาพบำบัดโดยการออกกำลังกายในน้ำมาใช้ในการฟื้นฟูข้อในสุนัข โดยในการศึกษาครั้งนี้นอกเหนือจะศึกษาผลจากการสังเกตอาการการเปลี่ยนแปลงของทางคลินิกที่นิยมทำกันโดยทั่วไปแล้ว ยังมุ่งไปที่การเปลี่ยนแปลงของสมดุลชีวเคมีภายในข้อต่อ โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับสารบ่งชี้ทางชีวภาพ ร่วมกับการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้อง โดยมุ่งหวังหาคำตอบและอธิบายถึง ผลการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อกระดูกอ่อนผิวข้อ

ปัจจุบันการบำบัดโดยใช้เครื่องมือที่ใช้น้ำนี้กำลังได้รับความนิยม ซึ่งการบำบัดด้วยน้ำจะอาศัยคุณสมบัติที่สำคัญของน้ำ ได้แก่ คุณสมบัติการลอยตัว (buoyancy) คุณสมบัติของเหลว (liquidity) และความสามารถในการเปลี่ยนแปลงและรักษาอุณหภูมิได้ ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ของน้ำจะมีประโยชน์อย่างมากสำหรับการรักษาโรคต่างๆ รวมทั้งโรคข้อเสื่อม คุณสมบัติการลอยตัวของน้ำจะช่วยทำให้ข้อไม่ต้องรับน้ำหนักร่างกายทั้งหมดในขณะที่ออกกำลังกาย พบว่าน้ำหนักร่างกายจะลดลงเมื่อความสูงของน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อ

เปรียบเทียบกับน้ำหนักร่างกายสุนัขเมื่อยืนบนพื้นพบว่า น้ำหนักร่างกายเหลือร้อยละ 91 เมื่อระดับน้ำสูงถึงบริเวณ lateral malleolus ของกระดูกน่อง (fibula) เหลือร้อยละ 85 เมื่อระดับน้ำสูงถึง lateral epicondyle ของกระดูกต้นขาหลัง (femur) และเหลือเพียงร้อยละ 38 เมื่อระดับน้ำสูงถึงระดับ greater trochanter ของกระดูกต้นขาหลัง สำหรับคุณสมบัติของเหลวนั้นจะช่วยเป็นแรงต้านการเคลื่อนไหว ทำให้กล้ามเนื้อต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการทำงาน เป็นการสร้างความแข็งแรง และความทนทานให้แก่กล้ามเนื้อ และสุดท้ายคือความสามารถในการเปลี่ยนแปลงและรักษาอุณหภูมิของของเหลว ซึ่งมีส่วนสำคัญในการช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของการบำบัด ตัวอย่างเช่น การบำบัดในน้ำอุ่นจะสามารถช่วยกระตุ้นระบบการไหลเวียนของเลือดในร่างกายให้ทำงานได้มากขึ้น



*Vet. Med. CMU.*

รูปที่ 1 น้ำหนักร่างกายสุนัขเมื่อยืนบนพื้น (A) เหลือเพียงร้อยละ 91 เมื่อระดับน้ำสูงถึงบริเวณ lateral malleolous (B) หรือเหลือร้อยละ 85 เมื่อระดับน้ำสูงถึงระดับของ lateral epicondyle (C) และเหลือเพียงร้อยละ 38 เมื่อระดับน้ำสูงถึงระดับของ greater trochanter (D)

การทำกายภาพบำบัดโดยการออกกำลังกายในน้ำ จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความคงทนต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ ช่วยปรับปรุงพิสัยข้อให้ดีขึ้น รวมทั้งช่วยให้การทำงานของระบบหมุนเวียนโลหิตของร่างกายดีขึ้นโดยไม่ก่อให้เกิดความเจ็บปวดอันเนื่องมาจากการออกกำลังกายโดยวิธีนี้ [20] จากการศึกษาในมนุษย์พบว่า การออกกำลังกายในน้ำของผู้ป่วยโรคข้อเสื่อม (osteoarthritis) จำนวน 17 คน สามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงของข้อสะโพกและพิสัยข้อ โดยพบว่าผู้ป่วยที่ออกกำลังกายในน้ำช่วยเพิ่มความแข็งแรงของข้อสะโพก 10.9 % และ ช่วยเพิ่มพิสัยข้อ 11.8 % เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม [21] การศึกษาในผู้ป่วยโรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ที่ได้รับการบำบัดโดยการออกกำลังกายในน้ำและว่ายน้ำเป็นเวลาติดต่อกัน 8 สัปดาห์พบว่าพิสัยข้อดีขึ้น สามารถเคลื่อนไหวข้อได้ดีขึ้น อีกทั้งอาการเจ็บที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของข้อลดลง [22] สอดคล้องกับการศึกษาในผู้ป่วยโรคข้ออักเสบโดยให้ว่ายน้ำครั้งละ 45 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ติดต่อกันเป็นเวลา 6 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการออกกำลังกายพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพิสัยของข้อเพิ่มขึ้น [21]

สารบ่งชี้ทางชีวภาพ (biomarkers) หมายถึง สารชีวโมเลกุลที่สามารถบอกถึงการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพที่เกิดขึ้นในร่างกายในภาวะปกติ และภาวะที่เกิดพยาธิสภาพ และสามารถใช้ในการบ่งชี้กระบวนการและขั้นตอนการดำเนินของโรค อีกทั้งยังสามารถใช้บอกถึงการตอบสนองต่อการรักษา ซึ่งสารบ่งชี้ทางชีวภาพนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ สารบ่งชี้ทางตรง (direct biomarker) และสารบ่งชี้ทางอ้อม (indirect biomarker) สำหรับสารบ่งชี้โดยตรงจะใช้ในการอธิบายถึงกระบวนการในระดับโมเลกุลที่มีความจำเพาะในแต่ละเนื้อเยื่อ เช่น ในกระดูกอ่อน กระดูก หรือเยื่อข้อ ในขณะที่สารบ่งชี้ทางอ้อมนั้นจะใช้บ่งบอกสภาพการเปลี่ยนแปลงโดยทั่วไปที่เกิดขึ้นจากเนื้อเยื่อหลายชนิดประกอบกัน นอกจากนั้นยังสามารถอธิบายถึงการติดต่อระหว่างเซลล์กับเซลล์ หรือเซลล์ไปสู่เนื้อเยื่อต่างๆ โดยอาศัยสารที่เป็นตัวกลาง เช่น สารไซโตไคน์ สารกระตุ้นการเติบโต (growth factor) หรือสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเสื่อมสลายกระดูกอ่อนผิวข้อ ซึ่งสารบ่งชี้เหล่านี้สามารถใช้ในการพยากรณ์การดำเนินของโรค การตอบสนองการรักษา และสามารถอธิบายถึงกระบวนการสร้าง (anabolic process) และกระบวนการสลาย (catabolic process) ที่เกิดขึ้นภายในข้อได้อีกด้วย ปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาถึงสารบ่งชี้ทางชีวภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเกิดโรคข้อเสื่อม การศึกษาในมนุษย์แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงระดับสารบ่งชี้ทางชีวภาพบางชนิดช่วยให้การวินิจฉัยโรคทำได้เร็วขึ้น [23] จากความรู้ทางชีวเคมีของเนื้อเยื่อกระดูกอ่อนจะพบว่า เมื่อมีความผิดปกติของภาวะสมดุลระหว่างกระบวนการสร้าง และกระบวนการทำลาย คือ เกิดการทำลายมากกว่าการสร้าง โดยเฉพาะในระยะเริ่มแรกของโรคข้อเสื่อม ซึ่งไม่สามารถตรวจวินิจฉัยได้จากอาการที่สัตว์แสดงออกหรือภาพถ่ายทางรังสี แต่สามารถตรวจระดับสารบ่งชี้ที่หลุดออกมาในน้ำไขข้อหรือในระบบหมุนเวียนโลหิต

ได้ โดยอาศัยโมโนโคลนอลแอนติบอดี (monoclonal antibody) ที่มีความจำเพาะ ซึ่งพบว่า ช่วยให้สามารถวินิจฉัยโรคได้เร็วมากขึ้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงนำเอาการตรวจระดับสารบ่งชี้ทางชีวภาพมาเป็นเครื่องมือหนึ่งในการประเมินผลของการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของกระดูกอ่อนผิวข้อ

## เอกสารอ้างอิง

1. Saamance AM, Tammi M, Jurvelin J, Kiviranta I, Helminen HJ: **Proteoglycan alteration following immobilization and remobilization in the articular cartilage of young canine knee (stifle) joint.** *J Orthop Res* 1990, **8**:863-873.
2. Kiviranta I, Tammi M, Jurvelin J, Arokoski J, Saamanen AM, Helminen HJ: **Articular cartilage thickness and glycosaminoglycan distribution in young canine knee joint after remobilization of the immobilized limb.** *J Orthop Res* 1994, **12**:218-229.
3. Toda Y, Toda T, Takemura S, Wada T, Morimoto T, Ogawa RJ: **Change in body fat, but not body weight or metabolic correlates of obesity, is related to symptomatic relief of obese patients with knee osteoarthritis after a weight control program.** *Rheumatol* 1998, **25**:2181-2186.
4. กรกฏ งานวงศ์พาณิชย์, ศิริพันธ์ คงสวัสดิ์: การออกกำลังกายเพื่อการบำบัดรักษาโรคข้อเสื่อมในสุนัข. วารสารสัตวแพทย์ผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์ฯ 2550, **19**:25-39.
5. Arnold G, Millis DL, Darryl L: **Physical rehabilitation: Improving the outcome in dogs with orthopedic problem.** *Vet Med* 2005, **100**:438-445.
6. Johnson JM, Johnson AL, Pijanowski GJ, Kneller SK, Schaeffer DJ, Eurell JA, Smith CW, Swan KS: **Rehabilitation of dogs with surgically treated cranial cruciate ligament-deficient stifles by use of electrical stimulation of muscle.** *Am J Vet Res* 1997, **58**:1473-1478.
7. Taylor RA: **Postsurgical physical therapy; the missing link.** *Compend contin Educ Pract Vet* 1992, **14**:1583-1594.
8. Simkin PA, Huang A, Benedict RS: **Effect of exercise on blood flow to canine articular tissue.** *J Orthop Res* 1990, **8**:297-303.
9. Millis DL, Levine D-: **The role of exercise and physical modalities in the treatment of osteoarthritis.** *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1997, **2**:913-930.
10. Hall J, Grant J, Blake D: **Cardio-respiratory response to aquatic treadmill walking in patients with rheumatoid arthritis.** *Physiother Res Int* 2004, **9**:59-73.

11. Downer AH: **Whirlpool therapy for animal.** *Mod Vet Pract* 1997, **58**:39-42.
12. Gehlsen GM, Grigsby SA, Winant DM: **Effects of an aquatic fitness program on the muscular strength and endurance of patients with multiple sclerosis.** *Physiother Res Int* 1984, **64**:653-657.
13. Gandini G, Cizinauskas S, Lang J, Fatzer R, Jaggy A: **Fibrocartilaginous embolism in 75 dogs: clinical findings and factors influencing the recovery rate.** *J Small Animal Pract* 2003, **44**:76-80.
14. Edlich RF, Towler MA, Goitz RJ, Wilder RP, Buschbacher LP, Morgan RF, Thacker JG: **Bioengineering principles of hydrotherapy.** *J Burn Care Rehabilitation* 1967, **8**:580-584.
15. Richley GP, Cheek WL, Gould ML, Hunt HCI, Shafiq B: **Aquatic physical therapy for balance: the interaction of somatosensory and hydrodynamic principles.** *J Aquatic Phys Ther* 1997, **5**:4-10.
16. Silva LE, Valim V, Pessanha AP, Oliveira LM, Myamoto S, Jones A, Natour J: **Hydrotherapy versus conventional land-based exercise for the management of patients with osteoarthritis of the knee: a randomized clinical trial.** *Phys Ther* 2008, **88**:12-21.
17. Bartels EM, Lund H, Hagen KB, Dagfinrud H, Christensen R, Danneskiold-Samsøe B: **Aquatic exercise for the treatment of knee and hip osteoarthritis.** *Cochrane Database Syst Rev* 2007, **17**:CD005523.
18. Wang TJ, Belza B, Elaine Thompson F, Whitney JD, Bennett K: **Effects of aquatic exercise on flexibility, strength and aerobic fitness in adults with osteoarthritis of the hip or knee.** *J Adv Nurs* 2007, **57**:141-152.
19. Hinman RS, Heywood SE, Day AR: **Aquatic physical therapy for hip and knee osteoarthritis: results of a single-blind randomized controlled trial.** *Phys Ther* 2007, **87**:32-43.
20. Darryl L, Levine D, Ayloir RA: **Aquatic therapy.** In *Canine Rehabilitation and Physical Therapy*. United States of America; 2001: 264- 276
21. Suomi R, Lindauer S: **Effectiveness of arthritis foundation aquatic program on strength and range of motion in women with arthritis.** *J Aging Phys Activity* 1997, **5**:341-351.
22. Templeton MS, Booth DL, O'Kelly WD: **Effects of aquatic therapy on joint flexibility and functional ability in subjects with rheumatic disease.** *J Orthop Sports Physiol* 1996, **23**:376-338.
23. กรกฎ งานวงศ์พาณิชย์: โรคข้อเสื่อมในสุนัข. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2551.
24. กรกฎ งานวงศ์พาณิชย์, ศิริพันธุ์ คงสวัสดิ์: การรักษาสุนัขที่เป็นอัมพาตขาหลังด้วยการกระตุ้นไฟฟ้า. วารสารสัตวแพทย์ผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์ 2550, **19**:55-64.



25. Ponsuksili S, Brunner RM, Goldammer T, Kühn C, Walz C, Chomdej S, Tesfaye D, Schellander K, Wimmers K, Schwerin M: **Bovine NALP5, NALP8, and NALP9 genes: assignment to a QTL region and the expression in adult tissues, oocytes, and preimplantation embryos.** *Biol Reprod* 2006, **74**:577-584.
26. Ponsuksili S, Chomdej S, Murani E, Bläser U, Schreinemachers HJ, Schellander K, Wimmers K: **SNP detection and genetic mapping of porcine genes encoding enzymes in hepatic metabolic pathways and evaluation of linkage with carcass traits.** *Anim Genet* 2005, **36**:477-483.

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อการทำงานของข้อต่อในสุนัขที่เป็นโรคข้อเสื่อม โดย  
ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของ อาการทางคลินิก การเคลื่อนไหวของร่างกาย ระดับสารบ่งชี้ทาง  
ชีวภาพของกระดูกอ่อนผิวข้อ
2. เพื่อศึกษาผลของการว่ายน้ำที่มีต่ออัตราการเต้นของหัวใจในสุนัขกลุ่มต่างๆ
3. เพื่อศึกษาผลข้างเคียงของการว่ายน้ำ

## แผนการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้แบ่ง ได้เป็น 3 งานวิจัย

**งานวิจัยที่ 1** ทำการศึกษาผลการร่วยน้ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจ

**งานวิจัยที่ 2** เป็นการศึกษาผลข้างเคียงที่เกิดจากการร่วยน้ำ

**งานวิจัยที่ 3** จะมุ่งเน้นศึกษาถึงผลของการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อการการทำงานของข้อต่อ ที่เป็นโรคข้อเสื่อม โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงอาการทางคลินิกที่เกิดขึ้น และ การเปลี่ยนแปลงของสารบ่งชี้ทางชีวภาพของกระดูกอ่อนผิวข้อ

## งานวิจัยที่ 1

### Heart rate change during aquatic exercise in small, medium and large healthy dogs

Korakot Nganvongpanit<sup>1,2</sup>, Siriphun Kongsawasdi<sup>3</sup>, Bussaba Cautakoon<sup>3</sup>, Terdsak Yano<sup>4</sup>

#### Abstract

We measure the heart rate changes in healthy dogs while swimming. The experiment was divided into two studies. Experiment 1, 21 healthy male dogs were used to collect data based on swimming times. Animals swam for 10 min each time, 8 times over a 2 days period. Heart rate was measured every minute using a pulse watch. In experiment 2, 134 healthy adult dogs were categorized into three groups: small (41), medium (51) and large breed (42). Their heart rates were measured every 1 min for 34 min after the 5<sup>th</sup> swimming time. In the first experiment, the heart rate during the 1<sup>st</sup>–4<sup>th</sup> swimming time was significantly higher ( $P<0.05$ ) than during the 5<sup>th</sup>–8<sup>th</sup> swimming time. The heart rates were significantly different ( $P<0.05$ ) between small, medium and large dogs. No correlations were found between weight, age, and heart rate. From the results of experiment 2 of this study, we are able to formulate a predictable equation for heart rate in each group (small, medium and large dogs). From the results, we recommend that each swimming time be limited to 15–30 min, depending on the breed (size) of dog, whose trainer should observe the individual to prevent over-exercise.

**Key words;** dog, heart rate, swimming

---

<sup>1</sup> Bone and Joint Research Laboratory, Department of Veterinary Biosciences and Public Health, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand

<sup>2</sup> Materials Science Research Center, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>3</sup> Department of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>4</sup> Department of Food Animals, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand

## **Introduction**

Aquatic exercise is exercise that is performed in the water, for the purposes of strengthening muscles and increasing physical fitness. Aquatic exercise is often praised because it has a low impact on the joints and bones, so it is frequently used for rehabilitation following an injury. Aquatic therapy can be beneficial by minimizing weight-bearing forces and allowing the patient to improve range of joint motion and muscle strength (Oblby et al., 2005). There are many different ways to exercise in the water, and these can offer both aerobic and strength benefits, as well as weight loss.

One of the simplest types of aquatic exercise is swimming. Swimming is an aerobic exercise that also increases muscular strength throughout the entire body. In addition to swimming, water-walking and water-jogging are also popular aquatic exercises. Walking or jogging in water provides a gentle resistance without placing any impact on the joints. It is also possible to jog in deep water, without the feet even touching the bottom of the pool. As these exercises become easier, the speed or the length of time spent doing them can simply be increased in order to increase their difficulty.

The benefits of aquatic exercise arise from two main factors: buoyancy and resistance. Buoyancy provides support to weak muscles for reassured balance and improved posture by simply standing in the pool. Movement will become less guarded as the fear of falling is significantly reduced, leading to movement success. This success will translate into feelings of enjoyment and the desire to want to participate regularly. Buoyancy reduces the impact stress on the joints, and often allows greater mobility. The buoyant force of water results in up to a 90% reduction in body weight in the water (Di Prampero, 1986). The resistance is provided by the water that surrounds the exercise participant. This multi-directional resistance helps the individual to maintain or enhance muscular strength and endurance even with gentle movements. Water resistance also enhances body awareness, which can assist in maintaining proper posture and a sense of movement within a given space during a particular activity.

The circulatory system plays a central role in aerobic exercise by linking the sites of gas exchange in the body. It is necessary to understand the influence of aquatic exercise on cardiac hemodynamics in order to perform safe and effective aquatic physiotherapy.

Heart rate change during aquatic exercise has not previously been measured in dogs. To clarify the change of heart rate during swimming, we therefore sought to measure the heart rate response in healthy dogs during swimming.

## **Materials and Methods**

This study was divided into two experiments. The first experiment studied the relationship between swimming time and heart rate change. The second experiment studied the heart rate change in different dog breeds (sizes). The experimental protocol was approved by the Faculty of Veterinary Medicine and the Ethics Committee, Chiang Mai University, Thailand.

### **Experiment 1**

#### ***Animals***

Twenty-one healthy male dogs were used as the subjects of this experiment, with an average age of  $32.57 \pm 8.23$  months and an average weight of  $16.64 \pm 1.92$  kg. Prior to admission to the study, health status was examined by a veterinarian; this included recording the animal's medical history, a physical examination and a blood profile evaluation. Animals with cardiovascular, metabolic or infectious diseases were excluded from the study to avoid the risk of adverse events. Moreover, all animals had never gone swimming before participating in this experiment.

#### ***Measurements***

An outdoor pool was used for aquatic exercise, with a water temperature between 30–35°C. All animals were allowed to swim a total of 8 times in order to collect the data. Swimming times were measured over a 2 d period, 4 times each day. Each animal's heart rate was measured using a pulse watch (CHF-100-1VDR, Casio) every 1 min for 10 min.

#### ***Statistical analysis***

The heart rates of all animals at each swimming time were used to calculate mean and standard deviation (SD). All data were analyzed using the Statistical Analysis System (SAS) version 8.0 (SAS Institute, Inc.; Cary NC, USA) software package. Differences in mean values between two or more experimental groups or developmental stages were tested using ANOVA followed by multiple pairwise comparisons using a *t*-test. Differences of  $p < 0.05$  were considered to be significant. Moreover, a Pearson's correlation (*r*) test between heart rate and swimming time in dogs was also calculated.

## **Experiment 2**

### ***Animals***

One hundred thirty-four healthy adult dogs (aged between 12–72 months) were categorized by weight into three groups: small-breed (41 dogs), medium-breed (51 dogs) and large-breed (42 dogs), as shown in Table 1. Prior to admission to the study, health status was examined as described above.

### ***Measurements***

An outdoor pool was used for this experiment, with a water temperature between 30–35 °C. To prevent heart rate error from excitation, all animals were allowed to swim prior to collecting the data. The data was collected at the 5<sup>th</sup> time swimming (result from experiment 1). The heart rate was measured using a pulse watch (CHF-100-1VDR, Casio) every 1 min. for 30 min. Moreover, all animals' heart rates were measured three times, to serve as a normal heart rate for these experimental groups.

### ***Statistical analysis***

The heart rates of samples at every minute, from the 0<sup>th</sup>–34<sup>th</sup> min, were expressed as means. SPSS version 17 was used to analyze the model of mean heart rate of samples in conjunction with swimming times, using the CURVEFIT command. The significance level was set at  $p < 0.05$ .

## Results

### Animal health

All dogs entered into the experiment were subjected to a complete health examination, including a blood evaluation and overall physical examination. Blood results from all animals were normal (data not shown). Physical examination – including body temperature, auscultation of lung and heart, mucus membrane evaluation, and capillary refill time – found no signs of abnormality.

### Experiment 1

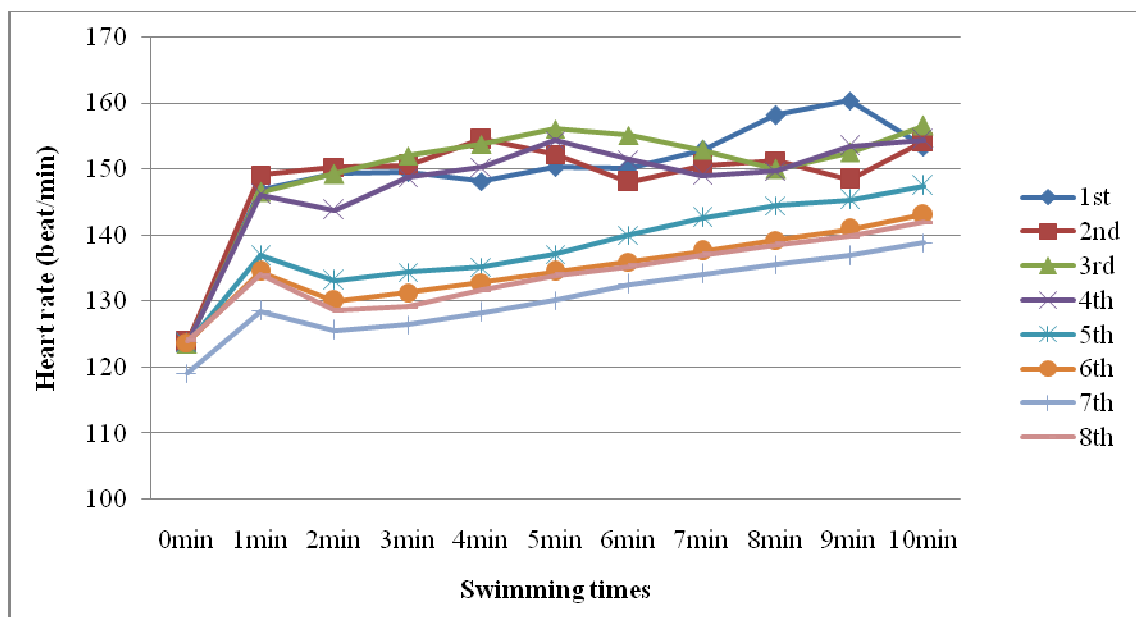
The average heart rate at each minute was calculated for 21 dogs (Figure 1). From observations during the experiment we found that most dogs had shown excitement and nervous activity during their first 3–5 swimming times. Heart rates during 10 min of swimming at the 1<sup>st</sup> to 4<sup>th</sup> swimming time were significantly higher ( $P<0.05$ ) than at the 5<sup>th</sup> to 8<sup>th</sup> swimming time. After the 5<sup>th</sup> time of swimming the heart rates showed a smooth increase (Figure 1). However, no significant differences ( $P>0.05$ ) were observed between the 1<sup>st</sup>–4<sup>th</sup> and the 5<sup>th</sup>–8<sup>th</sup> swimming times. Moreover, the correlation between time during swimming (0–10 min) and heart rate at each time of swimming (1<sup>st</sup>–8<sup>th</sup> time) were calculated, and are following 0.823, 0.688, 0.751, 0.729, 0.937, 0.935, 0.959 and 0.936, respectively.

### Experiment 2

Common values were measured and compared between the three groups (small-, medium- and large-size dogs). Weight and heart rate were significantly different ( $P<0.05$ ) between groups, while age showed no significant difference ( $P>0.05$ ), as shown in Table 1. Comparison of the heart rate between males and females in each group found a significant difference ( $P<0.05$ ) for all sizes, and showed higher values in female dogs (Table 2). No correlation was found between age and heart rate, or weight and heart rate in all dog sizes, and overall as well (Table 2). To study the effect of age on heart rate, all dogs were categorized into four groups: less than 24 months of age, 25–36, 37–48, and over 48 months. The heart rates between groups were not significantly different



( $P<0.05$ ). Moreover the correlation between age and heart rate in each group was calculated; a correlation was found only in the group over 48 months of age (Table 3).



**Figure 1:** Mean heart rate change during 10 min swimming at each time (1<sup>st</sup>–8<sup>th</sup> time swimming).

**Table 1:** Dog profiles used in this study.

Size	Total	Sex		Age (months)	Weight (kg)	Heart rate (time/min)
		Female	Male			
Small	41	18	23	30 ± 11	4.81 ± 1.81 <sup>a</sup>	162 ± 15 <sup>a</sup>
Medium	51	27	24	32 ± 11	15.82 ± 2.23 <sup>b</sup>	123 ± 15 <sup>b</sup>
Large	42	22	20	34 ± 10	30.79 ± 4.96 <sup>c</sup>	95 ± 16 <sup>c</sup>

Different superscripts (a,b,c) in same column are significantly different ( $P<0.05$ )

**Table 2:** Comparative heart rate between genders and Correlation between age, weight and heart rate in each group.

	<i>Comparative heart rate between genders</i>			<i>Correlation heart rate and</i>	
	Male	Female	P-value	Age	Weight
Small-size	158 ± 20	166 ± 14	0.0095	0.2192	0.1694
Medium-size	118 ± 14	127 ± 15	0.0002	-0.2291	-0.0525
Large-size	92 ± 13	100 ± 21	0.0039	-0.0203	0.0213
All sizes	124 ± 32	129 ± 31	0.0687	-0.1015	-0.7631

**Table 3:** Comparative heart rate between dog ages.

	Age (months)			
	< 24	25–36	37–48	> 48
Heart rate	125 ± 32	131 ± 30	123 ± 36	114 ± 33
Correlation coefficient	-0.1357	-0.2332	0.1547	0.5480

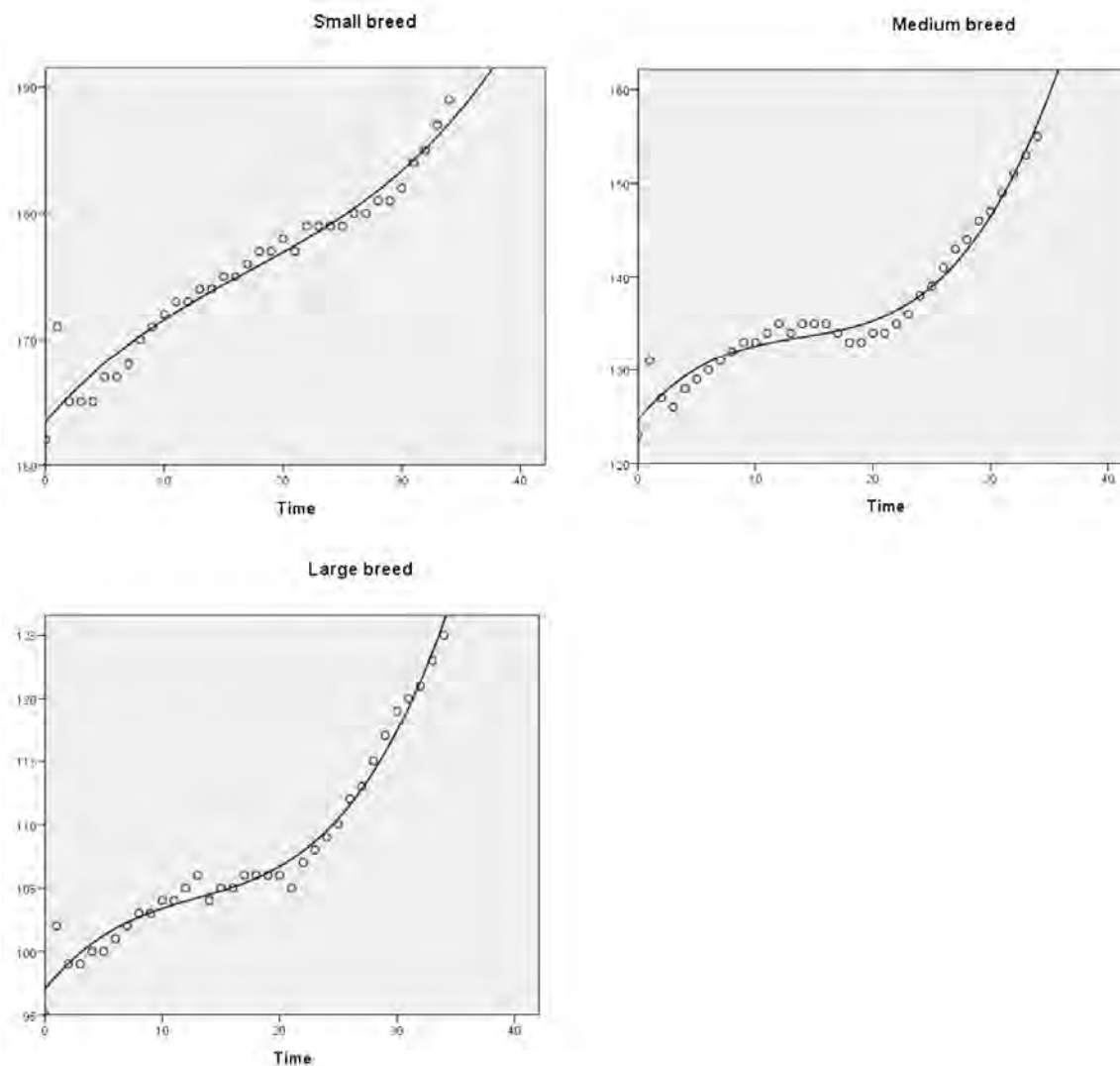
Scatter plots of mean heart rates of different sizes of dogs at every minute, from the 0<sup>th</sup> - 34<sup>th</sup> minute, are shown in Figures 2. The CURVEFIT command (SPSS software, version 17) was used to determine the relationship between time and heart rate, after swimming. The model shown was the result of analysis of various models. Linear, quadratic and cubic models were selected as proposed models; the cubic model was found to best fit the data. The R-square in each group of samples was close to 1, as shown in Table 4. The model built using the cubic model, and the results, are shown in Table 5. The model of the relationship between heart rate and time in small-, medium- and large-breed dogs are following; small breed;  $y = 163.426 + 1.085x - 0.034x^2 + 0.001x^3$ , medium breed;  $y = 124.640 + 1.518x - 0.095x^2 + 0.002x^3$  and large breed;  $y = 97.028 + 1.136x - 0.068x^2 + 0.002x^3$ , while x=time and y=heart rate.

**Table 4:** Results of R, R-square, adjusted R-square, and standard error of the estimate for each size breed group.

Breed size	R	R-square	Adjusted R-square	Std. error of the estimate
Small	0.974	0.949	0.944	1.576
Medium	0.982	0.965	0.962	1.511
Large	0.988	0.977	0.975	1.178

**Table 5:** Coefficients, constant and significance level for each size breed group.

Breed size		Unstandardized		Standardized	<i>t</i>	Sig.
		coefficients		coefficients		
		B	Std. error	Beta		
Small	Time	1.085	0.248	1.677	4.372	<0.001
	Time <sup>2</sup>	-0.034	0.017	-1.823	-1.961	0.059
	Time <sup>3</sup>	0.001	0.000	1.156	1.968	0.058
	Constant	163.426	0.961		170.109	<0.001
Medium	Time	1.518	0.238	2.011	6.376	<0.001
	Time <sup>2</sup>	-0.095	0.016	-4.423	-5.784	<0.001
	Time <sup>3</sup>	0.002	0.000	3.481	7.209	<0.001
	Constant	124.640	0.921		135.269	<0.001
Large	Time	1.136	0.186	1.577	6.122	<0.001
	Time <sup>2</sup>	-0.068	0.013	-3.296	-5.277	<0.001
	Time <sup>3</sup>	0.002	0.000	2.780	7.051	<0.001
	Constant	97.028	0.718		135.117	<0.001



**Figure 2:** Scatter plot of mean heart rate of small-, medium and large size breed group.

## Discussion

This is the first report to show heart rate changes during aquatic exercise in dogs. Nowadays, rehabilitation in small animal medicine has become a much-discussed issue. However, the basic data in this field is still limited by the relatively low number of existing reports, which has made this information difficult to apply in clinical practice. Compared with human studies, which can measure all important data (Hall et al., 2004; Silvers et al., 2007), animal studies have been

restricted due to the experimental materials used. The instruments for measuring respiration rate, blood pressure and oxygen consumption cannot be put underwater. So, thus far, we have been able to collect heart rate data only.

The results of this study show that canine body weight and age are not related to heart rate. This result is similar to the findings of previous studies which showed no correlation between heart rate and weight in normal healthy dogs (Ferasin et al., 2010; Lamb et al., 2010). However when we compared heart rates between dog sizes we found a significant difference ( $P < 0.05$ ): small-size dogs had the highest heart rate, while large-size dogs had the lowest. A study of the effects of activity and heart rate change (Marosb et al., 2008) found that the heart rate increased during periods of increased activity (walking) and was lowest during lying, while it did not differ between sitting and standing. At the same time, no changes in heart rate variability were found in the case of different body positions and walking. In contrast, heart rate variability significantly increased when dogs were oriented toward their favorite toy. We found a distinct individual characteristic heart rate change in this situation, compared to a similar body position without the toy being shown. Interestingly, during separation from the owner, the heart rate did not increase; but when a strange person was petting the dog, a significant increase was observed in the heart rate. However, the heart rate variability increased only when the petting was discontinued.

Some important parameters can affect heart rate. This study found heart rate to be affected by gender, with males showing a lower heart rate than female dogs. This result is similar to human studies which have found heart rates in males to be lower than in females (Ophthof, 2000; Villareal et al., 2001). Human studies have determined that this difference is due to sexual hormones (Villareal et al., 2001).

Another important factor regarding heart rate is the animal's age. In our study, no significant difference was found between the heart rates of animals of 2, 3, 4, 5 and 6 years of age; moreover there was no correlation between age and heart rate. However, this factor does have an effect on heart rate in humans, especially young people (Ophthof, 2000). Our study did not observe heart rates in dogs younger than 1 year or older than 7 years. Compared to previous studies (Ferasin et al., 2010), it was found that the age factor had an effect on heart rate only in

younger dogs (less than 1 year old). This difference may result from changes in densities of specific membranes, different activities of gap junctions, and tissue fibrosis (Opthof, 2000).

Water temperature is another factor affecting heart rate. Previous studies have shown higher heart rates during swimming in water with a temperature of 33 °C versus 27 °C or lower (Holmér et al., 1974; McArdle et al., 1976 ). Our study was done in water with a temperature between 30–35 °C to avoid this affect from water temperature. Higher water temperatures result in increased heart rate due to an increase in peripheral circulation from warmer water.

In the first period of swimming, dogs were excited, and fear of water activated their sympathetic nerves, resulting in increasing heart rates, as shown in experiment 1. After 5 times swimming, almost all animals could adapt to swimming, which reduced their excitement and nervousness. Because of this, their sympathetic nerve activity was down-regulated, resulting in smooth heart rate change. The results from experiment 1 were used in experiment 2, which focused on the heart rate change during swimming from aquatic exercise, not from nervousness. In experiment 2, all dogs were swiped 4 times before collecting data, which was done after the 5<sup>th</sup> swimming time. However, in experiment 2 we also found that heart rates increased 1.0–1.5-fold during the 1<sup>st</sup>–2<sup>nd</sup> minute of swimming, compared to the normal heart rhythms before the animals got into the water. Based on the combined results of experiments 1 and 2, we believe that the increase in heart rates during the first few minutes in the water is due to excitement and nervousness of the animals in making the transition from land to water. After a few minutes, the heart rate changed smoothly and only slightly increased.

Not only heart rate can be used as a tool for designing a swimming program; peak oxygen uptake ( $\text{VO}_2$ ) is also important for use by training programmers to estimate the intensity of exercise performed. While heart rate during exercise in humans has been studied on a population basis, allowing calculations adjusted for age and gender, such information is not available in dogs. The techniques and instruments used to measure  $\text{VO}_2$  on land or during aquatic exercise in dogs are restricted for other animals as well. However, at the present time the authors of the present study are developing and testing additional techniques for measuring  $\text{VO}_2$  in dogs.

In humans, therapeutic exercise for cardiovascular and metabolic endurance should continue for at least 20 min, 3–5 times per week, at submaximal exercise level. The target heart rate should be maintained at 70% of the maximum heart rate (HR<sub>max</sub>) (Micheal, 2002; Wallace, 2006). However among various breeds of dogs, different HR<sub>max</sub> have been reported: for example a typical mongrel dog has an HR<sub>max</sub> of approximately 300 beats per min, while that of a racing greyhound is 318 beats per min (Wagner et al., 1977). Moreover, in human studies communication can occur between trainer and patient, allowing patients to reveal when they feel they have reached their exercise limit, or are experiencing chest pain, high-frequency or difficulty in breathing, hypertension, fatigue or headache (Maddox et al., 2008). In dogs, the trainer can only observe the dog's behavior: for example, if the dog stops swimming, is panting heavily or experiencing difficulty in breathing, or showing signs of cyanosis. However, in this study dogs were not allowed to swim until those signs became apparent because it seemed to be dangerous for the animals. Our study found that 26 of the 134 dogs (19.4 %) could not swim for 34 min. The first dog stopped swimming at 12 min, followed by 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 and 23 min by 2, 2, 3, 3, 2, 3, 2, 2, 3 and 2 animals, respectively. Based on our results, the dogs could swim for up to 34 min, and the swimming time should continue for at least 15 min.

In this experiment, a predictable heart rate equation was formulated using data from each group. This equation was based on heart rate changes during 34 min of swimming. We formulated three models for three different sized dogs, because we found the heart rate between groups to be significantly different. So this equation could be used as a tool for predicting heart rate changes in dogs during swimming. However, future studies focusing on many additional aspects should be conducted: for example, oxygen consumption and blood pressure during swimming, and the effect of water temperature or water speed on changes of heart and respiration rates.

In conclusion, we believe that this study has important clinical applications. Clinicians could use this data for making decisions regarding an effective training program. Based on the results we recommend that each time for swimming should be 15–30 min, depending on the individual dog. This would require trainers to observe each dog to prevent over-exercise.

### **Acknowledgements**

The authors are grateful to the Thailand Research Fund (MG5380026), the National Research University Project under Thailand's Office of the Higher Education Commission for financial support and the Faculty of Associated Medical Sciences, CMU budget for research funding..The authors express their gratitude and thanks to all staff members at the Bone and Joint Research Laboratory, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, and the Metta Animal Hospital, Muang, Chiang Mai, for their kind support.

The authors especially thank all dog owners for their kind support of dogs throughout this experiment. And many thanks to all clinicians, veterinary assistants and all students who generously provided their time for controlling the dogs in the pool

### **References**

- Di Prampero, P.E. 1986. The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med.* 7: 55-72.
- Ferasin, L., Ferasin, H. and Little, C. J. 2010. Lack of correlation between canine heart rate and body size in veterinary clinical practice. *J Small Anim Pract.* 51: 412-418.
- Hall, J., Grant, J., Blake, D., Taylor, G. and Garbutt, G. 2004. Cardiorespiratory responses to aquatic treadmill walking in patients with rheumatoid arthritis. *Physiother Res Int.* 9: 59-73.
- Holmér, I., Stein, E. M., Saltin, B., Ekblom, B. and Astrand, P.O. 1974. Hemodynamic and respiratory responses compared in swimming and running. *J Appl Physiol.* 37: 49-54.
- Lamb, A.P., Meurs, K.M. and Hamlin, R.L. 2010. Correlation of heart rate to body weight in apparently normal dogs. *J Vet Cardiol.* 12: 107-110.
- Maddox, T.M., Ross, C., Ho, P.M., Masoudi, F.A., Magid, D., Daugherty, S.L., Peterson, P. and Rumsfeld, J.S. 2008. The prognostic importance of abnormal heart rate recovery and chronotropic response among exercise treadmill test patients. *Am Heart J.* 156: 736-744.
- Marosb, K., Dókaa, K. and Miklósia, A. 2008. Behavioural correlation of heart rate changes in family dogs. *Appl Anim Behav Sci.* 109: 329-341.



- McArdle, W.D., Magel, J.R., Lesmes, G.R. and Pechar, G.S. 1976. Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25, and 33 degrees C. *J Appl Physiol.* 40: 85-90.
- Micheal, S. 2002. Design cardiorespiratory exercise program. In: Heyward, V.H., Eds. *Advance fitness assessment and exercise prescription*, Vol. Human Kinetics United States. 87-108.
- Oblby, N., Halling, K.B. and Glick, T.R. 2005. Rehabilitation for the neurological patient. *Vet Clin Small Anim.* 35: 1389-1409.
- Opthof, T. 2000. The normal range and determinants of the intrinsic heart rate in man. *Cardiovasc Res.* 45: 177-184.
- Silvers, W.M., Rutledge, E.R. and Dolny, D.G. 2007. Peak cardiorespiratory responses during aquatic and land treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 39: 969-975.
- Villareal, R.P., Woodruff, A.L. and Massumi, A. 2001. Gender and cardiac arrhythmias. *Tex Heart Inst J.* 28: 265-275.
- Wagner, J.A., Horvath, S.M. and Dahms, T.E. 1977. Cardiovascular, respiratory, and metabolic adjustments to exercise in dogs. *J Appl Physiol.* 42: 403-407.
- Wallace, J. 2006. Principle of cardiorespiratory endurance programming. In: *American College of Sports Medicine (ed). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription Vol.* Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia. pp. 21-28.

**หมายเหตุ** งานวิจัยนี้ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ Thai Journal of Veterinary Medicine ปี 2011 ฉบับที่ 41 เล่มที่ 4 หน้า 455-461 (impact factor=0.075)

## งานวิจัยที่ 2

### **Prospective Study: Side Effects in 412 Dogs from Swimming in a Chlorinated Swimming Pool**

Korakot Nganvongpanit

#### **Abstract**

This study reports on the side effects in dogs from swimming in a chlorinated swimming pool. The data was collected from September 2008 until April 2012. A total of 412 dogs (male = 219 and female = 193), aged  $38 \pm 30$  months, served as the subjects. The dogs were divided into four groups based on the aim of swimming: entertainment ( $n = 152$ ), weight reduction ( $n = 53$ ), rehabilitation after orthopedic surgery ( $n = 81$ ), and rehabilitation for muscle and joint disease ( $n = 126$ ). The data was recorded for five separate swimming times. At first, some dogs (29.13%) showed overexcitement and/or fear, but this percentage decreased with increased swimming frequency. Some dogs (36.51%) were not able to swim, and required a trainer. The main side effects from the 1<sup>st</sup> swimming time included dry hair (20.63%), dry skin (18.93%), and abrasion wounds at the armpit (15.78%); these effects increased with increased frequency of swimming. The other side effects were red eye (13.59%), otitis (6.31%), and a small number of respiratory problems (0.49%). In conclusion, data from this study can be used by veterinarians to inform pet owners about the potential side effects from swimming.

**Keywords:** chlorine; dog; side effects; swimming

---

Bone and Joint Research Laboratory, Department of Veterinary Biomedical Science and Public Health, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand

## **Introduction**

Swimming has become an increasingly popular activity for small animals. The objectives of swimming can be grouped into two general categories: for entertainment, and for physical rehabilitation.

The advantages of swimming are similar for both small animals and humans. This activity involves almost all major muscle groups, and places a vigorous demand on the heart and lungs. It is superior to any training machine, which usually exercises only one group of muscles.

As in the case of human rehabilitation, application of aquatic exercise can result in reduced weight, recovery of muscle mass and function, improved range of motion, and prevention of joint stiffness. The buoyancy, hydrostatic pressure, viscosity, resistance, and surface tension of water increase the efficacy of the exercise (Edlich et al., 1987). These properties of water have a positive effect, resulting in increased muscle mass, strength and endurance, as well as decreased pain during movement (Wang et al., 2007; Silva et al., 2008). Water buoyancy significantly decreases contact force and stress on weight-bearing joints, bones and muscles, which in turn reduces pain (Bartels et al., 2007). Water properties can not only improve muscle strength, but also prevent hyperthermia during exercise (Nganvongpanit and Kongsawasdi, 2008).

Although several studies in dogs have demonstrated the advantages of swimming (Weisgerber et al., 2003; Tanaka, 2009; Meredith-Jones et al., 2011), the side effects in dogs from swimming in swimming pools have not yet been reported. The results of this study will assist veterinarians in designing swimming programs for dogs and providing information to pet owners about the potential side effects of swimming.

## **Materials and Methods**

### **Animals**

Data was collected over a four-year period, from September 2008 until April 2012. The study involved a total of 412 dogs (male = 219 and female = 193) aged  $38 \pm 30$  months; 233 dogs swam with a swimming suit, while the other 189 dogs swam without a swimming suit. Data concerning dogs that participated in the study is shown in Table 1.

## Swimming pool

The swimming pool ( $2.5 \times 6.0 \times 1.5$  m, W  $\times$  L  $\times$  H) in this study was a chlorine system using calcium hypochlorite, a long-lasting chlorine (J.D. Pools, Thailand). During the day, water temperature ranged between 30–35°C, pH between 7.2–8.4, and chlorine level 0.5–2.0 ppm.

## Data collection

Data was recorded by veterinarians, and included whether the dog was able to swim the first time (with or without a swimming suit), as well as physical signs: the presence of an abrasion wound at the armpit (with or without a swimming suit), dry hair, dry skin, red eye, otitis, or respiratory disorder. The data included 1, 2, 3, 4 and 5 time continued swimming, with intervals of no longer than 5 days. The number of animals in each category was calculated as a percentage.

## Results

This study has verity of swimming; some animals were able to swim by themselves, but some animals needed a trainer in the water or on land (Figure 1). The 412 dogs in this study could be divided into four groups, based on the aim of swimming: for entertainment ( $n = 152$ ), weight reduction ( $n = 53$ ), rehabilitation after orthopedic surgery ( $n = 81$ ), and rehabilitation for muscle and joint disease ( $n = 126$ ).

From observation of the animals' behavior during swimming, it was found that at the 1<sup>st</sup> swimming time some dogs (29.13%) showed overexcitement and/or fear during swimming; however when the dog swam for the 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> times, this percentage steadily decreased: 26.77, 22.13, 12.82 and 6.80%, respectively (Table 2). Without a swimming suit, 36.51% of the dogs could not swim by themselves at first; this number also steadily decreased: 26.97, 19.28, 13.46 and 12.41% for the 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> times, respectively (Table 2).

An abrasion wound at the armpit of the forelimb (Figure 2) was found in 15.78, 17.32, 16.12, 18.52 and 18.34% of dogs at the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> swimming times, respectively (Table 3). But when categorized as to whether or not the dog wore a swimming suit (Table 4), dogs with a

swimming suit had a much higher percentage of abrasion wounds (23.77, 27.59, 24.00, 27.18 and 26.94%) than those without a swimming suit (6.35, 5.62, 6.63, 7.69 and 6.90%).

Dry hair and dry skin were the most common side effects found among the animals in this study: in 20.63% and 18.93%, respectively, after the 1<sup>st</sup> swimming time. This number increased with increased frequency of swimming (Table 3). Red eye was found in 13.59, 11.29, 9.84, 7.98 and 6.51% of dogs at the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> swimming times, respectively; while otitis was found in 6.31, 5.25, 4.1, 4.56 and 3.85%. Finally, only 0.49, 0.26 and 0.28%, at the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 4<sup>th</sup> swimming times, respectively, had respiratory problems, with serous nasal discharge and sneezing; however, no dogs showed signs of pneumonia.



**Figure 1** Swimming in different conditions or patterns.

### Discussion

This study is the first report on the side effects in dogs from swimming in a chlorinated swimming pool. The results included dogs that swam from the 1<sup>st</sup> through the 5<sup>th</sup> time; the interval between each session was no longer than 5 days. The number of animals participating in the study

gradually decreased from the 1<sup>st</sup> to the 5<sup>th</sup> swimming time (n = 412, 381, 366, 351, 338). This study ended after the 5<sup>th</sup> swimming time for several reasons, primarily because the number of animals very low when longer than this, because the interval of swimming time between each time longer than 5 days.



**Figure 2** Abrasion wound at armpit.

Most owners of dogs participating in the study believed that their dog would be able to swim without training, using natural behavior. However, the results showed that many dogs needed to be trained to swim. At the 1<sup>st</sup> swimming time, 36.51% of the dogs could not swim by themselves; however the other 63.49% were able to swim without a trainer. The number of dogs that could not swim alone decreased during the course of the study; by the 5<sup>th</sup> swimming time only 12.41% of dogs were unable to swim unassisted.

Not all dogs were happy to swim; 29.13% were observed to be overly excited at the 1<sup>st</sup> swimming time. However, this number steadily decreased, to only 6.80% at the 5<sup>th</sup> swimming time. This indicates that animals need to become accustomed to swimming, and gain experience. The results of this study show that at least 4-5 times swimming can decrease animal excitement in a swimming pool.

**Table 1** Data for all animals used in the study.

<b>Breed</b>	<b>Number</b>	<b>Male</b>	<b>Female</b>	<b>Age (months)</b>	<b>Weight (kg)</b>
Shih Tzu	34	14	20	45 ± 34	7.74 ± 2.86
Poodle	28	8	20	44 ± 32	2.95 ± 0.94
Chihuahua	34	21	13	53 ± 25	2.45 ± 0.86
Pomeranian	31	19	12	42 ± 31	4.03 ± 0.92
Yorkshire Terrier	11	5	6	57 ± 38	2.18 ± 0.63
Jack Russell Terrier	19	11	8	50 ± 30	8.84 ± 1.70
Pug	35	14	21	45 ± 22	9.77 ± 1.67
Beagle	4	1	3	38 ± 22	8.78 ± 1.47
Golden Retriever	53	32	21	42 ± 27	41.12 ± 7.52
Labrador Retriever	39	17	22	36 ± 29	32.33 ± 43.00
Siberian Husky	22	15	7	46 ± 27	26.26 ± 6.53
St. Bernard	2	1	1	9 ± 4	49.00 ± 4.24
German Shepherd	18	6	12	42 ± 32	34.14 ± 5.93
Bull Terrier	1	1	-	7	16
Samoyed	1	-	1	5	21
American Pit Bull Terrier	25	20	5	51 ± 29	39.00 ± 8.60
French Bulldog	4	3	1	10 ± 1	9.30 ± 0.71
Thai Bangkaew	5	4	1	27 ± 8	19.00 ± 1.59
Miniature Pinscher	19	10	9	50 ± 25	2.86 ± 0.86
Cocker Spaniel	4	3	1	32 ± 9	22.38 ± 2.14
Crossbreed	33	18	15	44 ± 37	21.39 ± 6.65
<b>Total</b>	<b>412</b>	<b>219</b>	<b>193</b>	<b>36 ± 30</b>	<b>-</b>

**Table 2** Swimming behavior.

Behavior	Swimming time				
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>
Overly excited while swimming	120/412 (29.13%)	102/381 (26.77%)	81/366 (22.13%)	45/351 (12.82%)	23/338 (6.80%)
Not able to swim by themselves	69/189 (36.51%)	48/178 (26.97%)	32/166 (19.28%)	21/156 (13.46%)	18/145 (12.41%)

**Table 3** Side effects at different swimming times.

Side effect	Swimming time				
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>
	(n = 412)	(n = 381)	(n = 366)	(n = 351)	(n = 338)
Abrasion wound	65 (15.78%)	66 (17.32%)	59 (16.12%)	65 (18.52%)	62 (18.34%)
Dry hair	85 (20.63%)	98 (25.72%)	123 (33.61%)	206 (58.69%)	265 (78.40%)
Dry skin	78 (18.93%)	67 (17.59%)	98 (29.78%)	169 (48.15%)	192 (56.80%)
Red eye	56 (13.59%)	43 (11.29%)	36 (9.84%)	28 (7.98%)	22 (6.51%)
Otitis	26 (6.31%)	20 (5.25%)	15 (4.1%)	16 (4.56%)	13 (3.85%)
Respiratory problem	2 (0.49%)	1 (0.26%)	0 (0%)	1 (0.28%)	0 (0%)

**Table 4** Number of animals with abrasion wound at armpit.

	Swimming time				
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>
With swimming suit	53/233 (23.77%)	56/203 (27.59%)	48/200 (24.00%)	53/195 (27.18%)	52/193 (26.94%)
Without swimming suit	12/189 (6.35%)	10/178 (5.62%)	11/166 (6.63%)	12/156 (7.69%)	10/145 (6.90%)



A high number of abrasion wounds were found, in dogs both with and without a swimming suit. There was no significant difference in the percentage of dogs with abrasion wounds from the 1<sup>st</sup> to the 5<sup>th</sup> swimming time; but the occurrence was much higher in dogs wearing a swimming suit (Table 4). In dogs with a swimming suit, the border of the swimming suit scraped or rubbed the armpit; but in dogs without a swimming suit, it was found that the skin surfaces on either side of the armpit rubbed against each other. This problem was observed more often among dogs which continue swimming (i.e. for rehabilitation), both with and without swimming suit, because this group of animals swam continuously for at least 20 min at a time, and this was repeated at least 3 times per day. To decrease the number of abrasion wounds at the armpit, we recommend: 1) dogs should not wear a swimming suit, especially one that is too small a size for the dog; 2) do not allow the animal to continue swimming for too long a period (more than 30 min without rest); and 3) train the dog so it feels comfortable and not excited during swimming; if the dog is overly excited, too much use and/or too strong movements of the leg can cause an abrasion wound at the armpit.

The most common side effect found in this study was dry hair (20.63% at the 1<sup>st</sup> swimming time), while the second most common was dry skin (18.93% at the 1<sup>st</sup> swimming time). Both side effects dramatically increased: to 78.40% and 58.60%, respectively, at the 5<sup>th</sup> swimming time. This is a direct effect of chlorine, which is used to control the water quality in a swimming pool. A previous study showed that chlorine can destroy the lipid layer coating the hair and skin, resulting in decreased moisture on the hair and skin surface, and leading ultimately to the death of epithelial cells (Florentin et al., 2011).

Red eye was found in 13.59% of dogs at the 1<sup>st</sup> swimming time; this decreased to 6.51% at the 5<sup>th</sup> swimming time. Red eye is caused by water irritation; and all animals showing symptoms of red eye were among those categorized as “overly excited”. However, recovery from this ailment can occur naturally in 1-2 days without any treatment. In addition to red eye, otitis was more prevalent in the overly excited group as well. The eyes and ears of an excited animal are more exposed to the chlorinated water, which can result in irritation. A previous study found that chlorinated water is more irritating to the eyes and ears than non-chlorinated water (Rylander et al., 1973).

A study by Voisin et al. (2010) showed that infant swimming is associated with a dose-dependent increase in the risk of bronchiolitis. Exposure to chlorinated pools during infancy also interacts with bronchiolitis to increase the risks of asthma and respiratory allergies later during childhood, which suggests that infant swimming practices may have a more long-standing impact on the respiratory health of children. Another study concluded that chlorinated pool exposure exerts an adjuvant effect on atopy that seems to contribute significantly to the burden of asthma and respiratory allergies among adolescents (Bernard et al., 2009). However, in our study only 0.49% of animals showed signs of respiratory problems at the 1<sup>st</sup> swimming time, and 0.26% and 0.28% at the 2<sup>nd</sup> and 4<sup>th</sup> swimming times, respectively. Moreover, we did not observe dogs coughing water during swimming, even though the dog may have shown a high level of excitement. This could be the reason for the low number of animals with respiratory problems after swimming.

Another effect of chlorinated swimming pools on human health is tooth erosion. Previous studies found 31.4% tooth erosion from loss of enamel and dentine as a result of tooth contact with water with pH lower than 5.5 (Gabai et al., 1988; Geurtsen, 2000; Dawes and Boroditsky, 2008). This side effect was most frequently found in swimmers who are in contact with chlorinated water for long periods. However, in our study we did not observe this side effect. To determine whether this effect will be found in dogs, a long-term study should be performed. In the meantime, based on human studies, the pH of swimming pool water should not be lower than 5.5, and a pH level of 7.2–8.4 is recommended to prevent tooth erosion.

In conclusion, the main side effects in dogs from swimming in a chlorinated swimming pool are dry skin and hair, which are caused by chlorine in the water. The other major side effect is abrasion wounds at the armpit, which are found more frequently in dogs wearing a swimming suit, or in dogs that continued to swim for a long period of time. The findings of this study can be used by veterinarians to inform pet owners about the potential adverse side effects which could occur from swimming.

### Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the veterinarians and technician assistants at the Metta Animal Hospital, Chiang Mai, for their kind support during the study. We wish to thank the National Research University Project under Thailand's Office of the Higher Education Commission and the Thailand Research Fund for financial support (MRG5380026). The authors also express their gratitude and thanks to all staff at the Bone and Joint Research Laboratory, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, for their generous assistance.

### References

- Silva, L.E., Valim, V., Pessanha, A.P., Oliveira, L.M., Myamoto, S., Jones, A. and Natour, J. 2008. Hydrotherapy versus conventional land-based exercise for the management of patients with osteoarthritis of the knee: a randomized clinical trial. *Phys Ther.* 88: 12-21.
- Tanaka, H. 2009. Swimming exercise: impact of aquatic exercise on cardiovascular health. *Sports Med.* 39: 377-387.
- Voisin, C., Sardella, A., Marcucci, F. and Bernard, A. 2010. Infant swimming in chlorinated pools and the risks of bronchiolitis, asthma and allergy. *Eur Respir J.* 36: 41-47.
- Wang, T.J., Belza, B., Elaine Thompson, F., Whitney, J.D. and Bennett, K. 2007. Effects of aquatic exercise on flexibility, strength and aerobic fitness in adults with osteoarthritis of the hip or knee. *J Adv Nurs.* 57: 141-152.
- Weisgerber, M.C., Guill, M., Weisgerber, J.M. and Butler, H. 2003. Benefits of swimming in asthma: effect of a session of swimming lessons on symptoms and PFTs with review of the literature. *J Asthma* 40: 453-464.

<p>หมายเหตุ งานวิจัยนี้อยู่ในระหว่างการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ</p>
--

### งานวิจัยที่ 3

#### Effect of 8 weeks swimming on serum biomarker change in canine hip osteoarthritis

Korakot Nganvongpanit<sup>a,b</sup>, Sikhrin Tanvisut<sup>a</sup>, Terdsak Yano<sup>c</sup>, Prachya Kongtawelert<sup>d</sup>

#### ABSTRACT

This study aimed to determine whether swimming could improve the pathology of osteoarthritic joints in canine hip OA. Fifty-five dogs (3 groups); 22 dogs were assigned to the OA with swimming group (OA-SW). The second group (18 dogs) was classified as the healthy (non-OA) with swimming group (H-SW). A third group (15 dogs) which was designated as the healthy (non-OA) without swimming group (H-NSW). All animals were allowed to swim for a total of 8 weeks. Swimming times were measured each week over a 2 d period. The daily protocol consisted of three cycles of swimming for 20 min followed by 5 min rest. The blood was collected every 2 weeks for evaluation of the levels of chondroitin sulfate epitope WF6 (CS-WF6) and hyaluronan (HA). The relative level of serum CS-WF6 in the OA-SW group was dramatically decreased beginning at week 4, and was found to be significantly different ( $P < 0.01$ ) at weeks 6 and 8 compared with the pre-exercise level. The levels of serum HA of the H-SW group in weeks 2–8 were significantly ( $P < 0.01$ ) higher than pre-exercise. This study demonstrates that it is possible to evaluate the effects of exercise on articular cartilage.

**Keywords:** Biomarker, Dog, Osteoarthritis, Swimming

---

<sup>a</sup> Bone and Joint Research Laboratory, Department of Veterinary Biosciences and Public Health, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand

<sup>b</sup> Materials Science Research Center, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand

<sup>c</sup> Department of Food Animals, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand

<sup>d</sup> Thailand Excellence Center for Tissue Engineering, Department of Biochemistry, Faculty of Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai 50000, Thailand

## Introduction

One of the most prevalent musculoskeletal disorders in canines is osteoarthritis (OA). Dogs with OA show clinical signs including lameness, increasing immobility and muscle weakness, which can lead to a reduction in quality of life. Although OA cannot be cured, long-term management of the disease can be very rewarding for the veterinarian and pet owner. Managing pain with pain medications is an essential first step, including nonsteroidal anti-inflammatory drugs and chondroprotective drugs (McLaughlin, 2000). There are also physical modalities available for pain reduction (Escalante et al., 2010). Weight management and nutritional joint support are also important aspects of managing OA. Moreover, physical rehabilitation is a great way to improve mobility and keep dogs active as they age (Rychel, 2010). And finally there is surgical management: for example, chondrocyte transplantation, arthrodesis and arthroplasty (Nganvongpanit et al., 2009b; Sanderson et al., 2009).

Rehabilitation protocols in the veterinary field are modeled after those proven to be beneficial in people. Although much research has been published on the use of swimming as physical therapy for humans, there have been few controlled studies on swimming as a treatment protocol for dogs. However, many reports have shown the advantages of rehabilitation programs for dogs (Lifschitz & Horwitz, 1975; Hess & Bache, 1980; Guth et al., 1990; Halseth et al., 1998; Canapp et al., 2009; Drum, 2010; Chauvet et al., 2011). Current guidelines recommend rehabilitation methods as a first-line option for OA management. This includes swimming (aquatic exercise), walking or massage. Aquatic exercise is suitable for OA patients – dogs and humans as well. The buoyancy, hydrostatic pressure, viscosity, resistance, and surface tension of water increase the efficacy of the exercise (Edlich et al., 1987). These properties of water have a positive effect, resulting in increased muscle mass, strength and endurance, as well as decreased pain during movement (Wang et al., 2007; Silva et al., 2008). Water buoyancy significantly decreases

contact force and stress on weight-bearing joints, bones and muscles, which in turn reduces pain (Bartels et al., 2007).

Due to the lack of effective monitoring methods of joint homeostasis during swimming in OA dogs, this study aimed to determine if swimming could improve the pathology of OA in canine hip joints. Two serum biomarkers, chondroitin sulfate epitope WF6 (CS-WF6) and hyaluronan (HA) were used to monitor joint homeostasis during the 8-week swimming program.

## **Materials and methods**

### **Animals**

The experimental protocol was approved by the Faculty of Veterinary Medicine and the Ethics Committee, Chiang Mai University, Thailand. Fifty-five dogs with a body condition score (Michel et al., 2004; Warren et al., 2011) between 3–6 out of 9 were categorized into three groups. The dogs included German shepherd (n = 3), golden retriever (n = 12), Labrador retriever (n = 18), beagle (n = 2), pug (n = 5), shih tzu (n = 4), French bulldog (n = 2), American pit bull terrier (n = 5) and Bangkaew (n = 4). Twenty-two dogs were in the OA with swimming group (OA-SW), consisting of 9 males and 13 females,  $47.62 \pm 23.21$  months old and weight  $25.52 \pm 10.82$  kg. The healthy with swimming group (H-SW), had 18 non-OA dogs consisting of 8 males and 10 females,  $48.33 \pm 21.26$  months old and weight  $26.00 \pm 9.14$  kg. The third group, the healthy without swimming group (H-NSW), had 15 non-OA dogs consisting of 8 males and 7 females,  $38.69 \pm 20.73$  months old and weight  $19.85 \pm 13.20$  kg.

### **Inclusion/exclusion criteria for canine osteoarthritis**

Dogs with clinical signs of chronic lameness, stiffness and joint pain and radiological evidence of OA of the hip were eligible. All OA dogs were categorized into grades 1–3 according to Table 1. Animals which were grade-4 OA dogs, pregnant, receiving medication, or had hepatic,

cardiovascular, gastrointestinal or neurological disease were excluded. Dogs with lameness due to lumbosacral instability, infection, immune disease or fractures, and dogs which had previously received drug or dietary supplements for OA treatment were also excluded. Moreover, animals were not allowed to have received non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) or chondroprotective drugs for 1 month pre-experiment, as well as during the experimental period.

**Table 1** Radiographic scoring system for assessing dogs with osteoarthritis.

Grade		Radiographic evaluation
0	Normal	Not affected
1	Mild	Doubtful narrowing of joint space and possible osteophytic lipping
2	Moderate	Definite osteophytes and possible narrowing of joint space
3	Severe	Moderate multiple osteophytes, definite narrowing of joints space, some sclerosis and possible deformity of bone contour
4	Very severe	Large osteophytes, marked narrowing of joint space, severe sclerosis and definite deformity of bone contour

### Swimming protocol

An outdoor pool was used for aquatic exercise, with a water temperature between 30–35 °C. All dogs were allowed to swim for a total of 8 weeks in order to collect the data. Swimming times were measured each week over a 2 d period. The daily protocol consisted of three cycles of swimming for 20 min followed by 5 min rest (Nganvongpanit et al., 2011).

### Assessment protocol

Two veterinarians recorded the severity of clinical signs every 2 weeks using an ordinal scoring system (Table 2) (McCarthy et al., 2007; Nganvongpanit et al., 2009a); all veterinarians were blinded. Radiographs of the hip joints were taken prior to the study and at the end of the study period at week 8, and were interpreted by the two veterinarians using the scoring system described in Table 1 (Takahashi et al., 2006; Nganvongpanit et al., 2009a). Three ml of blood was collected from each dog's cephalic vein every 2 weeks for evaluation of the level of biomarkers for OA (Nganvongpanit et al., 2008; Nganvongpanit et al., 2009b; Nganvongpanit et al., 2009a).

### **Clinical score**

Efficacy of the treatment was assessed by means of a clinical scoring system (McCarthy et al., 2007; Nganvongpanit et al., 2009a) which assessed a specific animal's lameness, joint mobility, pain on palpation, weight-bearing, and overall score of clinical condition. The dogs walked and trotted 6 meters, 3 times each, for evaluation of lameness by two veterinarians. This was followed by palpation of the hip joint for joint mobility and pain evaluation; the palpation was performed by two veterinarians 30 min apart.



**Table 2** Clinical scoring system for assessing dogs with osteoarthritis.

Criterion	Grade	Clinical evaluation
Lameness	1	Walks normally
	2	Slightly lame when walking
	3	Moderately lame when walking
	4	Severely lame when walking
	5	Reluctant to rise and will not walk more than five paces
Joint mobility	1	Full range of motion
	2	Mild limitation (10–20%) in range of motion; no crepitus
	3	Mild limitation (10–20%) in range of motion; crepitus
	4	Moderate limitation (20–50%) in range of motion; $\pm$ crepitus
	5	Severe limitation (>50%) in range of motion; $\pm$ crepitus
Pain on palpation	1	None
	2	Mild signs; dog turns head in recognition
	3	Moderate signs; dog pulls limb away
	4	Severe signs; dog vocalizes or becomes aggressive
	5	Dog will not allow palpation
Weight bearing	1	Equal on all limbs standing and walking
	2	Normal standing; favors affected limb when walking
	3	Partial weight-bearing standing and walking
	4	Partial weight-bearing standing; non-weight-bearing walking
	5	Non-weight-bearing standing and walking
Overall score of clinical condition	1	Not affected
	2	Mildly affected
	3	Moderately affected
	4	Severely affected
	5	Very severely affected

## **Radiographs**

Joint structural changes were assessed from serial radiographs performed according to a standardized technique recommended by previous publications (Takahashi et al., 2006; Nganvongpanit et al., 2009a). Radiographs were taken for each animal, at enrollment and after 8 weeks of treatment, by the same technician using a standard X-ray machine. Ventrodorsal radiographs were obtained with the dog's hip and leg in the full extension position. Repositioning of the dog for subsequent radiography was guided by the original film, and the same radiographic settings (i.e. kV, mA and ms) were used. All radiographs in a set (2 films) for each dog were evaluated concurrently by two veterinarians using the criteria in Table 1. Only dogs with hip joint OA of grades 1–3 were used as subjects of this study.

## **Blood collection**

Three ml blood samples were collected from the cephalic vein of each dog. All blood samples were taken in the morning before feeding the dogs. One ml blood samples from each dog were kept in anticoagulant (100 IU/ml heparin) for a complete blood count (CBC). Two ml blood samples were centrifuged at  $10,000 \times g$  for 15 min to obtain the serum; this was kept frozen at  $-20^{\circ}\text{C}$  until blood chemical tests and biomarker assay were performed.

## **Hematology and biochemistry**

CBCs, blood chemistry tests and biochemical analyses were conducted at the Small Animal Hospital, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. The blood samples were analyzed for CBC, including hematocrit and hemoglobin levels, red blood cell count, white blood cell count (WBC), and platelet count. Two ml of serum were analyzed for blood chemicals, including aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), blood urea nitrogen (BUN) and creatinine.

## Biomarker assay

ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) was used as a biomarker assay, following previous studies performed by our research group (Pothacharoen et al., 2006; Nganvongpanit et al., 2008; Nganvongpanit et al., 2009a; Nganvongpanit et al., 2009b).

### *ELISA-based assay for the chondroitin sulfate WF6 epitope*

A quantitative two-step ELISA was developed based on the results from an initial study that characterised the epitopes recognized by the monoclonal antibody WF6. Diluted human serum samples, 1:5 in 6% BSA-TE (bovine serum albumin–tris/EDTA) buffer, were added to 1.5 ml plastic tubes containing an equal volume of monoclonal antibody WF6 (cell culture supernatant, 1:200 dilution in TE buffer). The standard used was embryonic shark skeletal cartilage aggrecan (the A1D1 fraction) at different concentrations (19–10,000 ng/ml) in 6% BSA-TE buffer. After incubation at 37 °C for 1 h, the samples (or standard) mixed with WF6 were added to a microtiter plate previously coated with shark skeletal aggrecan (the A1 fraction) (100 µl/well at 10 µg/ml); the samples were blocked with 1% BSA. The plates were incubated at 37 °C for 1 h, and the wells then washed with TE buffer. Peroxidase-conjugated anti-mouse IgM antibody (Sigma-Aldrich, St. Louis MO, USA) was then added (100 µl/well; 1:2,000 dilution in TE buffer). After incubation at 37 °C for a further 1 h, the amount of bound peroxidase was determined using OPD (o-phenylenediamine dihydrochloride) substrate (Sigma-Aldrich). The plates were read at 492–690 nm. The WF6 epitope concentration in the samples was calculated from the standard curve.

### *ELISA-based assay for hyaluronan*

An ELISA assay was developed for determining hyaluronan (HA) in serum, based on previous work with HA-binding proteins. Human serum samples or standard HA (Healon<sup>®</sup>) at various concentrations (19–10,000 ng/ml in 6% BSA-PBS, pH 7.4) were mixed with an equal volume

of biotinylated HABPs (hyaluronan binding proteins) derived from bovine articular cartilage (1:200 in 0.05 M Tris-HCl buffer, pH 8.6). After incubation at room temperature for 1 h, the samples (100  $\mu$ l) were added to microplate wells previously coated with human umbilical cord HA (Sigma-Aldrich) (100  $\mu$ l/well at 10  $\mu$ g/ml); they were then blocked with 1% BSA (150  $\mu$ l/well). After further incubation at room temperature for 1 h, the wells were washed with PBS-Tween buffer. Peroxidase-conjugated anti-biotin antibody (Zymed, South San Francisco CA, USA) (1:2,000 dilution, 100  $\mu$ l/well in PBS) was added next. The plate was incubated at room temperature for a further 1 h, and the bound peroxidase was determined using OPD substrate. The plates were read at 492–690 nm. The amount of HA in the samples was calculated from the standard curve.

### Statistical analysis

The radiographic and clinical sign scores were calculated as mean  $\pm$  SD. Non-parametric 2-sample Mann-Whitney procedure was used to test for differences before and after treatment. The results of serum CS-WF6 and HA analysis are presented as mean of relative change. Non-parametric 2-sample Mann-Whitney procedure was also used to test for differences between weeks 0, 2, 4, 6 and 8. Relative data were analyzed using the SAS version 8.0 software package;  $P \leq 0.01$  was considered to be significant.

### Results

All dogs enrolled in the trial had hemogram and biochemical profile results within the reference range throughout the trial (data not shown). Twenty-two out of 77 dogs withdrew from the study due to various reasons: 10 dogs left because of illness, 5 dogs moved to another province, 2 dogs died from car accidents, and 12 dogs were unable to swim with sufficient frequency. Ultimately, 55 dogs served as subjects in this study.

Clinical evaluation of the OA-SW group found that nearly all parameters (lameness, joint mobility, weight bearing and overall score) showed significant improvement ( $P<0.01$ ) at week 8 compared to pre-treatment, while pain on palpation was significantly improved ( $P<0.01$ ) at week 6. For range of motion (ROM) evaluation, both extension and flexion of the hip joint were found to be significantly improved ( $P<0.01$ ) in the OA-SW and H-SW groups at week 8 compared to pre-treatment, while the control group (H-NSW) showed no difference.

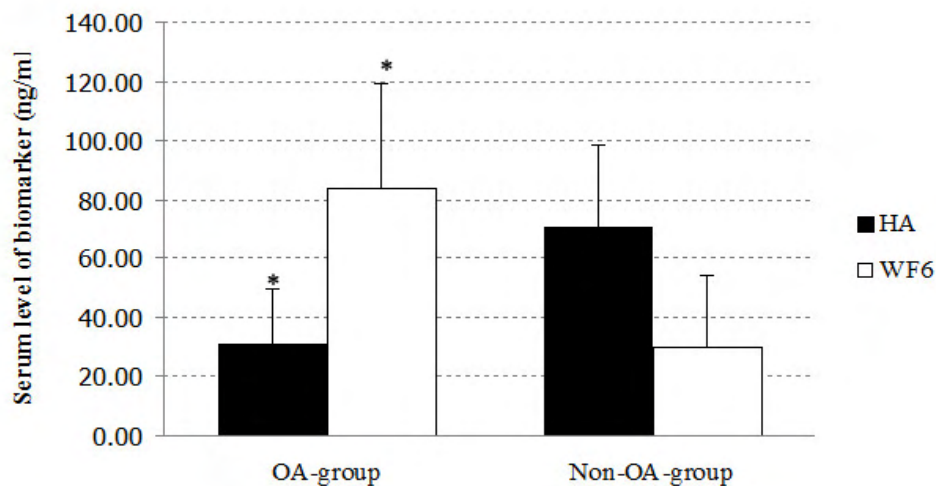
All 22 dogs in the OA-SW group had been diagnosed with OA of the hip joint and were classified as grade  $1.95 \pm 0.67$  via a radiographic scoring system. Two biomarkers (CS-WF6 and HA) were also used to confirm OA by comparing OA and non-OA groups (Fig. 1). The OA group showed significantly ( $P<0.01$ ) lower HA and higher CS-WF6 levels compared to the non-OA group. The relative level of serum CS-WF6 in the OA-SW group was dramatically decreased beginning at week 4 ( $90.52 \pm 31.02$ ), but was found to be significantly different ( $P<0.01$ ) compared with pre-exercise ( $100 \pm 0.00$ ) at weeks 6 ( $64.44 \pm 23.16$ ) and 8 ( $40.68 \pm 19.71$ ). On the other hand, the relative expression of serum CS-WF6 in the other two groups (H-SW and H-NSW) showed no significant change over the 8-week exercise period (Fig. 2). The relative level of serum HA in the OA-SW group increased beginning at week 2 ( $137.50 \pm 39.39$ ), and then continued to rise steadily: at week 4,  $166.60 \pm 69.09$ ; week 6,  $257.75 \pm 94.83$ ; and at the end of week 8,  $470.88 \pm 286.96$ . Moreover, the levels of serum HA of the H-SW group were significantly ( $P<0.01$ ) higher than pre-exercise: at week 2,  $169.44 \pm 102.44$ ; week 4,  $165.06 \pm 55.87$ ; week 6,  $164.39 \pm 75.28$ ; and at the end of week 8,  $164.39 \pm 29.68$  (Fig. 3).

**Table 3** Comparison of clinical scores for the osteoarthritis-swimming (OA-SW) group before and during the experiment.

Parameter	Weeks				
	0	2	4	6	8
Lameness	3.00 $\pm$ 0.84	2.95 $\pm$ 0.80	2.95 $\pm$ 0.80	2.86 $\pm$ 0.85	2.48 $\pm$ 0.75*
Joint mobility	1.76 $\pm$ 0.83	1.76 $\pm$ 0.83	1.71 $\pm$ 0.78	1.67 $\pm$ 0.73	1.48 $\pm$ 0.60*
Pain on palpation	2.00 $\pm$ 0.55	2.05 $\pm$ 0.59	1.90 $\pm$ 0.62	1.67 $\pm$ 0.58*	1.48 $\pm$ 0.51*
Weight bearing	2.05 $\pm$ 0.67	2.00 $\pm$ 0.63	1.95 $\pm$ 0.59	1.90 $\pm$ 0.62	1.48 $\pm$ 0.51*
Overall score	1.62 $\pm$ 0.59	1.62 $\pm$ 0.59	1.57 $\pm$ 0.60	1.48 $\pm$ 0.60	1.19 $\pm$ 0.40*

Data are expressed as mean  $\pm$  SD.

\* = significant difference compared to week 0 for the same parameter.



**Fig. 1.** Mean ( $\pm$ SD) serum levels of biomarkers hyaluronan (HA) and chondroitin sulfate epitope (CS-WF6).

\* = indicates a significant difference for the same biomarker between groups ( $P < 0.01$ ).

**Table 4** Comparison of the range of motion before and during the experiment.

Weeks	group	Right hip joint		Left hip joint	
		Extension	Flexion	Extension	Flexion
0	OA-SW	128.24 $\pm$ 14.90	41.14 $\pm$ 6.98	128.52 $\pm$ 15.37	40.81 $\pm$ 6.38
	H-SW	137.00 $\pm$ 12.49	41.27 $\pm$ 8.46	137.33 $\pm$ 12.71	41.40 $\pm$ 8.40
	H-NSW	133.00 $\pm$ 7.49	38.77 $\pm$ 6.00	133.92 $\pm$ 7.68	39.46 $\pm$ 5.55
2	OA-SW	128.19 $\pm$ 15.24	40.95 $\pm$ 7.04	128.57 $\pm$ 15.13	40.71 $\pm$ 6.47
	H-SW	136.73 $\pm$ 12.74	41.13 $\pm$ 8.33	137.07 $\pm$ 12.07	41.27 $\pm$ 8.51
	H-NSW	133.08 $\pm$ 7.40	38.38 $\pm$ 5.92	133.77 $\pm$ 7.61	39.31 $\pm$ 5.69
4	OA-SW	128.62 $\pm$ 14.86	40.86 $\pm$ 7.09	129.05 $\pm$ 15.31	40.52 $\pm$ 6.65
	H-SW	137.33 $\pm$ 12.43	41.00 $\pm$ 8.18	137.60 $\pm$ 12.14	40.93 $\pm$ 8.50
	H-NSW	132.77 $\pm$ 7.5	38.69 $\pm$ 5.94	133.92 $\pm$ 7.53	39.54 $\pm$ 5.84
6	OA-SW	128.95 $\pm$ 15.05	40.62 $\pm$ 6.57	129.14 $\pm$ 15.63	40.48 $\pm$ 6.71
	H-SW	137.73 $\pm$ 12.69	40.80 $\pm$ 8.42	138.07 $\pm$ 12.33	40.80 $\pm$ 8.41
	H-NSW	132.93 $\pm$ 7.26	39.00 $\pm$ 6.18	134.00 $\pm$ 7.87	39.42 $\pm$ 5.64
8	OA-SW	130.48 $\pm$ 15.96*	40.00 $\pm$ 6.63*	130.43 $\pm$ 16.04*	39.38 $\pm$ 5.75*
	H-SW	139.53 $\pm$ 12.96*	40.33 $\pm$ 8.15*	140.02 $\pm$ 12.44*	40.27 $\pm$ 7.91*
	H-NSW	133.00 $\pm$ 7.57	38.62 $\pm$ 6.09	133.77 $\pm$ 7.61	39.85 $\pm$ 5.64

The data are expressed as mean  $\pm$  SD.

\* = significant difference compared to week 0 in the same group.

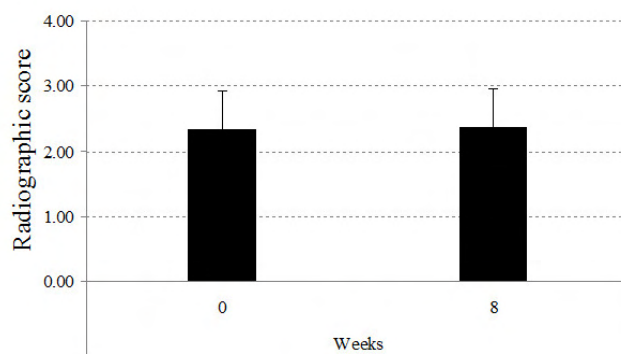


Fig. 2. Mean ( $\pm$ SD) scores of radiographic images. The values were not significantly different between 0 and 8 weeks ( $P > 0.05$ ).

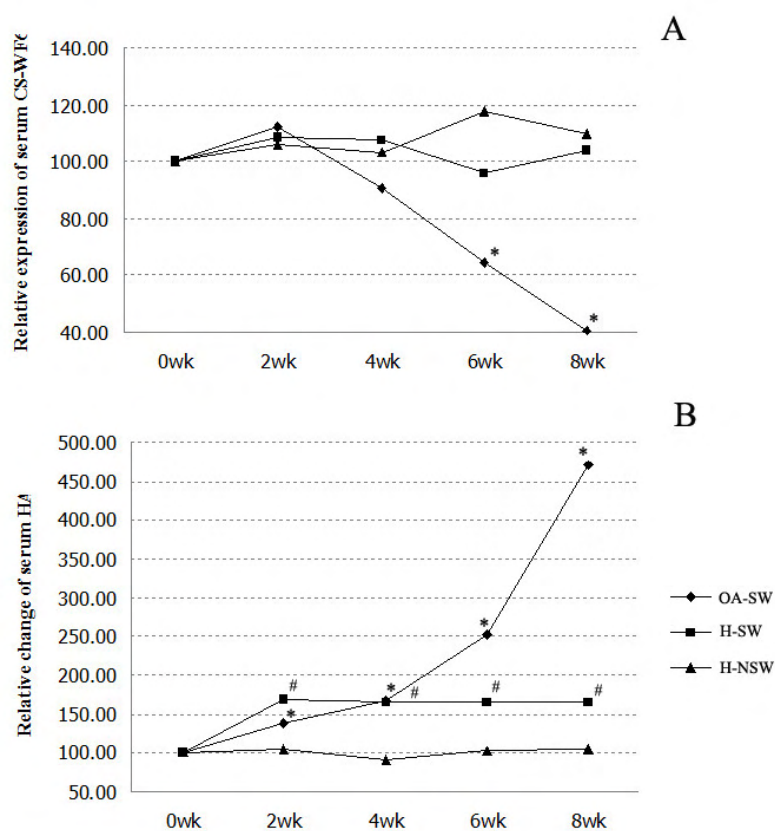


Fig. 3. Mean of relative change (%) of serum chondroitin sulfate epitope WF6 (CS-WF6) and hyaluronan (HA). The symbols \*, # signify a significant difference within groups compared to week 0 ( $P < 0.01$ ).



## Discussion

The study design had several limitations. First, because this was a clinical study the animals could not be controlled by using the same breed, sex and/or age. Moreover, not all dogs in the study had the same OA grade. However, we tried maximize the number of animals (22) included in the OA with swimming group. Second, this study did not include an OA with non-swimming group. This is because all dogs in this study were pets with OA hip problems, and had been brought to a small animal hospital by their concerned owners; for ethical reasons, it was felt that these animals should not be deprived of treatment to relieve pain. Third, since this study used an outdoor swimming pool, we were unable to do a long-term study (4 to 6 months or more) because the rainy season in the north of Thailand would overlap with the study period. Some animals swam for longer than 2 months, but only a small number which was insufficient for statistical analysis. So we established a 2-month cutoff period for studying the effects of the swimming program. (However, we have recently constructed an indoor swimming pool for future studies on the long-term effects of swimming on OA dogs.) Fourth, the total number of animals in this study was not large, particularly because many dogs ( $n = 22$ ) withdrew from the study due to various problems: illness (10 dogs), moving out of the study area (5), death (2), and inability to swim frequently (12). Another possible limitation of the study is that we measured only the hip and not other joints.

Human studies have found that water temperature is another factor affecting physiology during aquatic exercise: for example, heart rate or blood pressure. Previous human studies showed higher heart rates during swimming in water with a temperature of 33 °C versus 27 °C or lower (Holmér et al., 1974; McArdle et al., 1976). (This is due to an increase in peripheral circulation from warmer water.) Although there are no existing reports on the effect of water temperature on canine physiology during swimming, our study was performed in water with a temperature between 30–35°C to avoid this effect of water temperature.

Another of the limitations in this study is that we did not have a force plate analysis instrument. Evaluation of clinical signs and range of motion of the hip joint were performed by two veterinarians via blind technique. Our trial found that the swimming program had a slow effect on clinical signs (lameness, joint mobility, weight bearing and overall score), with improvement at week 8; only the pain on palpation score showed significant improvement earlier, at week 6. To evaluate the motion of the hip joint, passive ROM was measured every 2 weeks by two independent veterinarians. Swimming was found to improve the ROM of the hip joint not only in OA dogs but in healthy dogs as well, with a significant improvement shown at week 8.

A previous study in humans also indicated that hydrotherapy can improve functional gains (Foley et al., 2003). However, some research reports have had a different result. In 2003, (Takken et al., 2003) reported no significant effect of a 20-week aquatic training program on children with juvenile idiopathic arthritis. But that research had several limitations: for example, a limited number of patients, low intensity and frequency of exercise, and in-home assessment. Another advantage of swimming, from a recent study using a mouse model, is increased muscle mass, function and metabolic profile (Matsakas et al., 2012).

Based on the present results, it can be concluded that swimming 2 to 3 times per week for 8 weeks continuously can improve the ROM of the hip joint by about 5%, not only in OA dogs but in normal dogs as well. A human study found that aquatic exercise for 6 weeks can improve the ROM of the hip joint by 10.9% (Suomi & Lindauer, 1997). A study comparing the therapeutic benefits of treadmill walking and swimming found that dogs that swam had significantly greater stifle ROM compared with dogs that exercised by walking on a treadmill (Marsolais et al., 2003).

Moreover, we used radiographic images to compare the pathology of OA joints between pre- and post-exercise. Radiographic findings between weeks 0 and 8 in the OA-SW group showed no significant change. However, radiographic images cannot provide as much information as an MRI or CT, but we did not have these facilities for animal use at our institute.

When the levels of serum biomarkers were compared between the OA and non-OA groups, a significantly lower level of serum HA and a higher level of serum CS-WF6 was found in OA dogs compared with non-OA dogs. This result was similar to our previous study on dogs with hip dysplasia (Nganvongpanit et al., 2008), which showed that the serum levels of CS-WF6 increased, while HA levels decreased. Taken together with other reports (Nganvongpanit et al., 2009b; Nganvongpanit et al., 2009a), this demonstrates the usefulness of these biomarkers to predict the progress of OA. An increase in the WF6 epitope may reflect a catabolic response, while a decrease may reflect a blockage of the catabolic pathways; this may be helpful for the diagnosis or prognosis of disease. The HA concentration in the joint fluid and serum of animals with diseased joints has been reported to be lower than normal because of a decrease in the synthesis mechanism via synoviocytes and chondrocytes (Bastow et al., 2008; Nganvongpanit et al., 2008).

Hip joints are diarthrodial joints, which are freely moveable joints containing synovial fluid within a connective tissue joint capsule that allows for low-friction and low-wear articulation of the cartilaginous ends of long bones. The articular cartilage is a structure without blood vessels or nerve supply. Chondrocytes receive all nutrients and release waste products via the synovial fluid. Joint movement is very important for homeostasis in the joint environment because it helps articular cartilage absorb synovial fluid. In OA animals, joint movement is restricted because of pain, which in turn decreases the absorption of synovial fluid by articular cartilage. This will lead to decreased nutrients and an accumulation of waste products in cartilage. Shortly after exercise, an elevation of serum levels of cartilage oligomeric matrix protein (COMP) was found in patients with OA, suggesting an effect on cartilage metabolism (Andersson et al., 2006). A recent study found an exercise-induced increase in interleukin-10 levels in the (peri-)synovial fluid of patients with knee OA, to which anti-inflammatory and chondroprotective properties are ascribed (Helmark et al., 2010).

A novel monoclonal antibody, WF6, which recognizes an epitope in native CS chains (Pothacharoen et al., 2006), was decreased after swimming. The finding of decreased levels of serum CS-WF6 after exercise reflects an alteration in the metabolism of the cartilage. In chronic OA, the level of CS-WF6 is higher than normal because the native CS chain in cartilage is degraded and released into the blood stream (Pothacharoen et al., 2006; Nganvongpanit et al., 2008). The decrease of CS-WF6 in this study indicated that swimming could increase the anabolism and decreased the catabolism in OA joints. It is also possible that swimming could increase the blood supply to the joint, thus increasing the metabolism in cartilage and surrounding tissue. This is supported by the serum HA results in the present study; HA levels increased in both swimming groups, but to a greater extent in OA dogs than in normal dogs. HA is mainly produced by fibroblasts and other specialized connective tissue cells. Although HA is widely distributed throughout the body (umbilical cord, nasal cartilage, vitreum, cutis, and lymph nodes in the thorax), the highest concentration is found in synovial fluid and also in connective tissue such as the synovial membrane. Our results found that after 8 weeks of a swimming regimen, the rate of HA synthesis was higher in OA dogs than in normal dogs. It is possible that swimming induced HA synthesis by synoviocytes and chondrocytes from increased blood supply to the joint. In human studies, blood flow during maximal exercise compared to resting conditions has been found to increase up to 20-fold on average; and in predominantly white muscles increases up to 80-fold have been reported (Boushel et al., 2000).

One disadvantage of this study was that we could not measure biomarker levels in synovial fluid during swimming, which could provide useful information for further research, e.g. on the levels of other serum biomarkers or gene expression.

The present study demonstrates that it is possible to evaluate the effects of exercise on articular cartilage. We discovered a significant change in serum biomarker levels in the group that performed swimming compared to the non-swimming group. This might explain the beneficial effect

that exercise has on patients with OA. Aquatic exercise appears to be a useful strategy for regaining movement and function loss associated with osteoarthritis.

### Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the veterinarians and technician assistants at the Metta Animal Hospital, Chiang Mai, for use of their swimming pool. We wish to thank the National Research University Project under Thailand's Office of the Higher Education Commission and Thailand Research Fund for financial support (MRG5380026). The authors also express their gratitude and thanks to all staff at the Bone and Joint Research Laboratory, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, for their kind support.

### References

- Andersson, M. L., Thorstensson, C. A., Roos, E. M., Petersson, I. F., Heinegard, D., Saxne, T. 2006 Serum levels of cartilage oligomeric matrix protein (COMP) increase temporarily after physical exercise in patients with knee osteoarthritis BMC Musculoskelet Disord 7, 98.
- Bartels, E. M., Lund, H., Hagen, K. B., Dagfinrud, H., Christensen, R., Danneskiold-Samsøe, B. 2007 Aquatic exercise for the treatment of knee and hip osteoarthritis. Cochrane Database Syst Rev 17, CD005523.
- Bastow, E. R., Byers, S., Golub, S. B., Clarkin, C. E., Pitsillides, A. A., Fosang, A. J. 2008 Hyaluronan synthesis and degradation in cartilage and bone. Cell Mol Life Sci 65, 395-413.
- Boushel, R., Langberg, H., Green, S., Skovgaard, D., Bulow, J., Kjaer, M. 2000 Blood flow and oxygenation in peritendinous tissue and calf muscle during dynamic exercise in humans. J Physiol 524, 305–313.
- Canapp, S., Acciani, D., Hulse, D., Schulz, K., Canapp, D. 2009 Rehabilitation therapy for elbow disorders in dogs. Vet Surg 38, 301-307.

- Chauvet, A., Laclair, J., Elliott, D. A., German, A. J. 2011 Incorporation of exercise, using an underwater treadmill, and active client education into a weight management program for obese dogs. *Can Vet J* 52, 491-496.
- Drum, M. G. 2010 Physical rehabilitation of the canine neurologic patient. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 40, 181-193.
- Edlich, R. F., Towler, M. A., Goitz, R. J., Wilder, R. P., Buschbacher, L. P., Morgan, R. F., Thacker, J. G. 1987 Bioengineering principles of hydrotherapy. *J Burn Care Rehabil* 8, 580-584.
- Escalante, Y., Saavedra, J. M., García-Hermoso, A., Silva, A. J., Barbosa, T. M. 2010 Physical exercise and reduction of pain in adults with lower limb osteoarthritis: a systematic review. *J Back Musculoskelet Rehabil* 23, 175-186.
- Foley, A., Halbert, J., Hewitt, T., Crotty, M. 2003 Does hydrotherapy improve strength and physical function in patients with osteoarthritis--a randomised controlled trial comparing a gym based and a hydrotherapy based strengthening programme. *Ann Rheum Dis* 62, 1162-1167.
- Guth, B. D., Thaulow, E., Heusch, G., Seitelberger, R., Ross, J. 1990 Myocardial effects of selective alpha-adrenoceptor blockade during exercise in dogs. *Circ Res* 66, 1703-1712.
- Halseth, A. E., Rhéaume, N., Messina, A. B., Reed, E. K., Krishna, M. G., Flakoll, P. J., Lacy, D. B., Wasserman, D. H. 1998 Regulation of hepatic glutamine metabolism during exercise in the dog. *Am J Physiol* 275, E655-664.
- Helmark, I. C., Mikkelsen, U. R., Børglum, J., Rothe, A., Petersen, M. C., Andersen, O., Langberg, H., Kjaer, M. 2010 Exercise increases interleukin-10 levels both intraarticularly and perisynovially in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Arthritis Res Ther* 12, R126.
- Hess, D. S., Bache, R. J. 1980 Regional myocardial blood flow during graded treadmill exercise following circumflex coronary artery occlusion in the dog. *Circ Res* 47, 59-68.

- Holmér, I., Stein, E. M., Saltin, B., Ekblom, B., Astrand, P. O. 1974 Hemodynamic and respiratory responses compared in swimming and running. *J Appl Physiol* 37, 49-54.
- Lifschitz, M. D., Horwitz, L. D. 1975 Plasma renin activity during exercise in the dog. *Circ Res* 38, 483-487.
- Marsolais, G. S., McLean, S. P., Derrick, T. R., Conzemius, M. G. 2003 Kinematic comparison of swimming and terrestrial motion in normal dogs and dogs stabilized for cranial cruciate ligament rupture. *JAVMA* 222, 739-743.
- Matsakas, A., Macharia, R., Otto, A., Elashry, M. I., Mouisel, E., Romanello, V., Sartori, R., Amthor, H., Sandri, M., Narkar, V., Patel, K. 2012 Exercise training attenuates the hypermuscular phenotype and restores skeletal muscle function in the myostatin null mouse. *Exp Physiol* 97, 125-140.
- McArdle, W. D., Magel, J. R., Lesmes, G. R., Pechar, G. S. 1976 Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25, and 33 degrees C. *J Appl Physiol* 40, 85-90.
- McCarthy, G., O'donovan, J., Jones, B., McAllister, H., Seed, M. C. M. 2007 Randomised double-blind, positive-controlled trial to assess the efficacy of glucosamine/chondroitin sulfate for the treatment of dogs with osteoarthritis. *Vet J* 174, 54-62.
- McLaughlin, R. 2000 Management of chronic osteoarthritic pain. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 30, 933-949.
- Michel, K. E., Sorenmo, K., Shofer, F. S. 2004 Evaluation of body condition and weight loss in dogs presented to a veterinary oncology service. *J Vet Intern Med* 18, 692-695.
- Nganvongpanit, K., Itthiarbha, A., Ong-Chai, S., Kongtawelert, P. 2008 Evaluation of serum chondroitin sulfate and hyaluronan: biomarkers for osteoarthritis in canine hip dysplasia. *J Vet Sci* 9, 317-325.
- Nganvongpanit, K., Kongsawasdi, S., Chuatrakoon, B., Yano, T. 2011 Heart rate change during aquatic exercise in small, medium and large healthy dogs. *Thai J Vet Med* 41, 455-461.

- Nganvongpanit, K., Pothacharoen, P., Chaochird, P., Klunklin, K., Warrit, K., Settakorn, J., Pattamapaspong, N., Luevitoonvechkij, S., Arpornchayanon, O., Kongtawelert, P., Pruksakorn, D. 2009a Prospective evaluation of serum biomarker levels and cartilage repair by autologous chondrocyte transplantation and subchondral drilling in a canine model. *Arthritis Res Ther* 11.
- Nganvongpanit, K., Pothacharoen, P., Chaochird, P., Klunklin, K., Warrit, K., Settakorn, J., Pattamapaspong, N., Luevitoonvechkij, S., Arpornchayanon, O., Kongtawelert, P., Pruksakorn, D. 2009b Prospective evaluation of serum biomarker levels and cartilage repair by autologous chondrocyte transplantation and subchondral drilling in a canine model. *Arthritis Res Ther* 11, R78.
- Pothacharoen, P., Teekachunhatean, S., Louthrenoo, W., Yingsung, W., Ong-Chai, S., Hardingham, T., Kongtawelert, P. 2006 Raised chondroitin sulfate epitopes and hyaluronan in serum from rheumatoid arthritis and osteoarthritis patients. *Osteoarthritis Cartilage* 14, 299-301.
- Rychel, J. K. 2010 Diagnosis and treatment of osteoarthritis. *Top Companion Anim Med* 25, 20-25.
- Sanderson, R. O., Beata, C., Flipo, R. M., Genevois, J. P., Macias, C., Tacke, S., Vezzoni, A., Innes, J. F. 2009 Systematic review of the management of canine osteoarthritis. *Vet Rec* 164, 418-424.
- Silva, L. E., Valim, V., Pessanha, A. P., Oliveira, L. M., Myamoto, S., Jones, A., Natour, J. 2008 Hydrotherapy versus conventional land-based exercise for the management of patients with osteoarthritis of the knee: a randomized clinical trial. *Phys Ther* 88, 12-21.
- Suomi, R., Lindauer, S. 1997 Effectiveness of Arthritis Foundation Aquatic Program on Strength and Range of Motion in Women With Arthritis *J Aging Phys Activity* 5, 341-351.
- Takahashi, M., Naito, K., Abe, M., Sawada, T., Nagano, A. 2006 Relationship between radiographic grading of osteoarthritis and the biochemical markers for arthritis in knee osteoarthritis. *Arthritis Res Ther* 6, R208-R212.



- Takken, T., Van Der Net, J., Kuis, W., Helders, P. J. 2003 Aquatic fitness training for children with juvenile idiopathic arthritis. *Rheumatology (Oxford)* 42, 1408-1414.
- Wang, T. J., Belza, B., Elaine Thompson, F., Whitney, J. D., Bennett, K. 2007 Effects of aquatic exercise on flexibility, strength and aerobic fitness in adults with osteoarthritis of the hip or knee. *J Adv Nurs* 57, 141-152.
- Warren, B. S., Wakshlag, J. J., Maley, M., Farrell, T. J., Struble, A. M., Panasevich, M. R., Wells, M. T. 2011 Use of pedometers to measure the relationship of dog walking to body condition score in obese and non-obese dogs. *Br J Nutr* 106 S85-89.

<b>หมายเหตุ</b> งานวิจัยนี้อยู่ในระหว่างการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ
--

## ภาคผนวก

### การเผยแพร่ผลงานวิจัยและรางวัล

#### 1. การนำเสนอภาคบรรยาย

1. **“Updated on osteoarthritis and the effective treatment of canine osteoarthritis”**  
วันที่ 14 กันยายน 2554 โดย บริษัทไฟเซอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ณ โรงแรม เกรนมิเลียม สุขุมวิท กรุงเทพฯ
2. **“Multi-model management for joint disorder”** สัมมนา **Small Animal Internal medicine II** วันที่ 20 พฤศจิกายน 2554 โดย ชมรมศิษย์เก่าสัตวแพทย์เชียงใหม่ ณ โรงแรม ดิ แอร์พอร์ต กรีนเนอร์ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
3. **“New strategies for enhancement of bone and cartilage healing process”** ในงานประชุมวิชาการบำบัดโรคสัตว์เลี้ยง ครั้งที่ 18 โดยสมาคมสัตวแพทย์ผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์แห่งประเทศไทย ในระหว่างวันที่ 14-16 พฤษภาคม 2555 ณ อิมแพ็คคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เมืองทองธานี

#### 2. การนำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์

1. ศิขริน ตันวิสุทธิ, เทิดศักดิ์ ยาโน, ปรัชญา คงทวีเลิศ และ กรกฎ งานวงศ์พาณิชย์ “การเปลี่ยนแปลงระดับสารบ่งชี้ทางชีวภาพในซีรัมสุนัขโรคข้อสะโพกเสื่อมหลังจากการว่ายน้ำ” งานประชุมวิชาการบำบัดโรคสัตว์เลี้ยง ครั้งที่ 18 โดยสมาคมสัตวแพทย์ผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์แห่งประเทศไทย ในระหว่างวันที่ 14-16 พฤษภาคม 2555 ณ อิมแพ็คคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เมืองทองธานี

#### 3. การตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

##### 3.1 ได้รับการตีพิมพ์แล้ว

1. **Nganvongpanit K\*, Kongsawasdi S, Chuatrakoon B, Yano T. Heart rate change during aquatic exercise in small, medium and large healthy dogs.** Thai Journal of Veterinary Medicine. 2011;41(4): 455-461 (Scopus, Impact factor=0.075)


### 3.2 อยู่ในระหว่างการพิจารณา

1. Korakot Nganvongpanit, Sikhrin Tanvisut, Terdsak Yano, Prachya Kongtawelert. Effect of 8 weeks swimming on serum biomarker change in canine hip osteoarthritis.
2. Korakot Nganvongpanit. Prospective study side effect of swimming in 412 dogs in chlorinated-swimming pool.

## 4. รางวัลที่ได้รับ

1. รางวัลรองชนะเลิศอันดับ 1 การนำเสนอปัญหาพิเศษนักศึกษาชั้นปีที่ 6 ประจำปีการศึกษา 2554 คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในระหว่าง วันที่ 7-9 ธันวาคม พ.ศ. 2554 เรื่อง “การเปลี่ยนแปลงระดับสารบ่งชี้ทางชีวภาพในซีรัมสุนัขโรคข้อสะโพกเสื่อมหลังจากการว่ายน้ำ” โดย นายศิขริน ตันวิสุทธิ์ นักศึกษาสัตวแพทย์ ชั้นปีที่ 6 มี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.กรกฎ งานวงศ์พาณิชย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

-----



## การเปลี่ยนแปลงระดับสารบ่งชี้ทางชีวภาพในซีรัม สุนัขโรคข้อสะโพกเสื่อมหลังการว่ายน้ำ

ศศิธร ดับบลิวสุกรี<sup>1</sup>, เกศศักดิ์ ยาโน<sup>2</sup>, ปรัชญา คงทวีเลิศ<sup>3</sup> และ กรกฎ มาขวงศ์พาณิชย์<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ห้องปฏิบัติการวิจัยโรคกระดูกและข้อในสัตว์, <sup>2</sup>ภาควิชาชีวศาสตร์การสัตวแพทยและสัตวแพทยศาสตรบัณฑิต คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, <sup>3</sup>ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, <sup>4</sup>โครงการวิจัยและพัฒนาสุขภาพเพื่อการประยุกต์ทางสัตวศาสตร์และการแพทย์ ภายใต้โครงการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ศูนย์ความเป็นเลิศด้านสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีสัตว)

### บทนำ

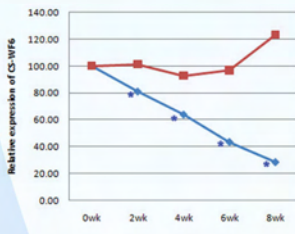
งานวิจัยนี้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ภายในข้อต่อของสุนัขที่มีภาวะข้อเสื่อม หลังจากผ่านการออกกำลังกายด้วยการว่ายน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดระดับคอนครอยตินซัลเฟตและไฮยาลูรอน ซึ่งเป็นสารบ่งชี้ทางชีวภาพภายในข้อต่อที่สำคัญในสุนัขที่มีภาวะข้อเสื่อมหลังการออกกำลังกายด้วยการว่ายน้ำ โดยตั้งสมมติฐานว่า ภายหลังการออกกำลังกายด้วยการว่ายน้ำ ปริมาณของสารบ่งชี้ทางชีวภาพทั้งสองชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงและสัมพันธ์กับการออกกำลังกายด้วยการว่ายน้ำ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบำบัดรักษาสุนัขที่มีภาวะข้อเสื่อมต่อไป

### วิธีการศึกษา

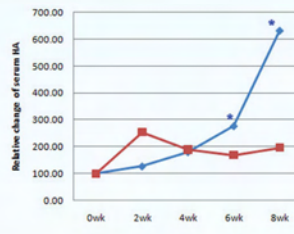
สุนัขพันธุ์ผสม จำนวน 15 ตัว แบ่งเป็นสองกลุ่ม กลุ่มที่ 1 (10 ตัว) เป็นสุนัขที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเกิดโรคข้อสะโพกเสื่อม ที่ความรุนแรงของโรคมีคะแนนเท่ากับ 2-3 เท่านั้น กลุ่มที่ 2 (5 ตัว) เป็นสุนัขปกติที่ได้รับการตรวจวินิจฉัยยืนยันว่าไม่พบโรคข้อเสื่อม กำหนดให้สุนัขทุกตัวออกกำลังกายด้วยการว่ายน้ำ เป็นเวลา 20 นาที ต่อครั้ง ทั้งหมด 3 ครั้ง ต่อวัน แต่ละครั้งมีเวลาพัก 5 นาที การว่ายน้ำดำเนินการทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 2 เดือน เก็บตัวอย่างเลือดสุนัขครั้งละ 3 มิลลิลิตร จำนวน 5 ครั้ง คือ ก่อนการออกกำลังกายด้วยการว่ายน้ำ 1 ครั้ง และเก็บตัวอย่างเลือดทุก 2 สัปดาห์หลังจากเริ่มการว่ายน้ำจนครบ 8 สัปดาห์ ตัวอย่างเลือดนำไปตรวจระดับคอนครอยตินซัลเฟต อิทีโพร WF6 (CS-WF6) และไฮยาลูรอน (HA) โดยวิธี ELISA assay นำระดับสารบ่งชี้ทางชีวภาพที่ได้มาคำนวณหาค่าสัมพัทธ์การเปลี่ยนแปลง (relative change) ของปริมาณสารบ่งชี้ทางชีวภาพที่วัดโดยให้ค่าของสัปดาห์ที่ 0 ก่อนการว่ายน้ำมีค่าเท่ากับ 100 จากนั้นคำนวณหาความแตกต่างทางสถิติในสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 เปรียบเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 ก่อนเริ่มการว่ายน้ำ ด้วยวิธี Student's paired-T test

### ผลการศึกษา

ระดับ CS-WF6 ในสุนัขกลุ่มที่ 1 มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.01$ ) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ของการว่ายน้ำ และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการออกกำลังกายด้วยการว่ายน้ำต่อไป พบว่าระดับ CS-WF6 ยังคงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างต่อเนื่องในสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 ตามลำดับในสุนัขกลุ่มที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลงของระดับ CS-WF6 แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ( $p > 0.01$ ) ดังแสดงในรูปที่ 1 สำหรับระดับ HA ในซีรัม (รูปที่ 1) พบว่า มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.01$ ) ในสุนัขกลุ่มที่ 1 เมื่อผ่านการออกกำลังกายด้วยการว่ายน้ำในสัปดาห์ที่ 6 และ 8 โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 สำหรับสุนัขกลุ่มที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลงในสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p > 0.01$ )



Relative expression of CS-WF6



Relative change of serum HA

รูปที่ 1 ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณคอนครอยตินซัลเฟต อิทีโพร WF6 และ ไฮยาลูรอน ในซีรัมของสุนัขกลุ่มที่เป็นโรคข้อเสื่อม (OA) และสุนัขปกติ (normal) ที่สัปดาห์ต่างๆ เครื่องหมาย \* แสดงความแตกต่างทางสถิติในกลุ่มเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงก่อนการว่ายน้ำ (สัปดาห์ที่ 0) ( $p < 0.01$ )

### สรุปผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายด้วยการว่ายน้ำ สามารถช่วยปรับปรุงสมดุลทางชีวเคมีภายในข้อต่อของสุนัขที่เป็นโรคข้อเสื่อมได้ แต่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจน โดยปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆของงานวิจัยในครั้งนี้ เช่น การเพิ่มจำนวนตัวอย่างสุนัข การขยายระยะเวลาศึกษาวิจัย หรือการศึกษาในสุนัขกลุ่มควบคุม นอกจากนั้นการศึกษาค้นคว้าอื่นๆที่จำเป็นเพิ่มเติม เช่น การเปลี่ยนแปลงทางจุลทรรศน์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ผลการวิเคราะห์ทางเคมี และผลการวัดพิสัยข้อ ยังมีความจำเป็นต่ออย่างยิ่ง เพื่อหาข้อมูลพื้นฐานสำหรับการนำไปใช้ในเชิงคลินิกต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (MRG5380026) คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และโครงการวิจัยและพัฒนาโรคเพื่อการประยุกต์ทางสัตวศาสตร์ชีวภาพและการแพทย์ ภายใต้ โครงการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติทางสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีสัตว) ที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัย และขอขอบคุณ สัตวแพทย์ และพนักงานประจำโรงพยาบาลสัตว์เมตตา จ.เชียงใหม่ ทุกท่าน สำหรับการอำนวยความสะดวกและความช่วยเหลือในการศึกษาวิจัย

โปสเตอร์นำเสนอ งานประชุมวิชาการบำบัดโรคสัตว์เลี้ยง ครั้งที่ 18 โดยสมาคมสัตวแพทย์ผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์แห่งประเทศไทย ในระหว่าง วันที่ 14-16 พฤษภาคม 2555 ณ อิมพีคคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เมืองทองธานี