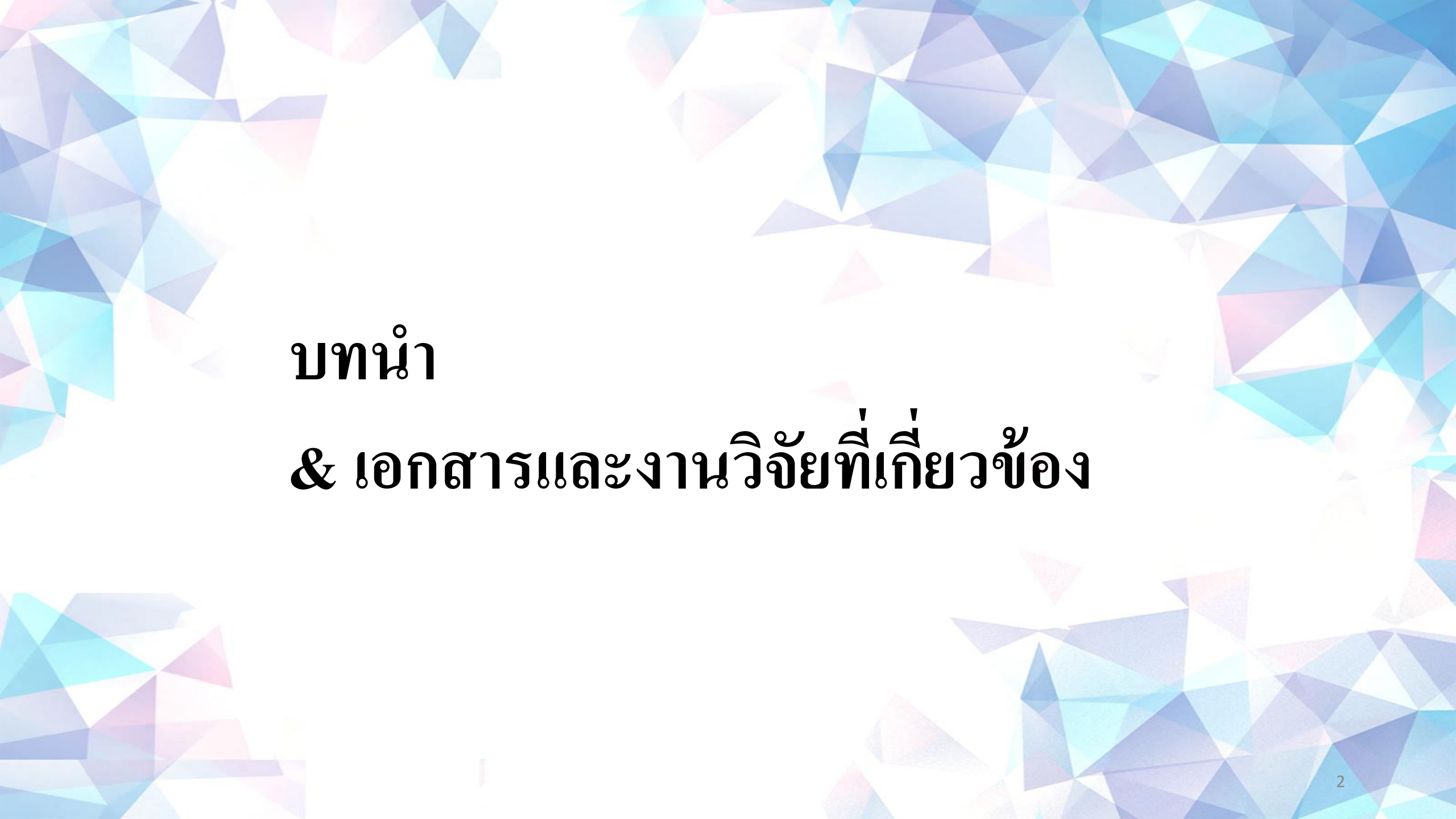


ความชุกและปัจจัยของการเกิดภาวะกระดูกตายจากความดันที่
ผิดปกติของผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับความดันบรรยากาศสูงในสังกัด
กรมแพทย์ทหารเรือ

Prevalence and factors related of dysbaric osteonecrosis in
hyperbaric-chamber inside attendants of Naval Medical Department

นภิสริย์ ทรัพย์สุขอำนวย
นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการวิจัยและการจัดการด้านสุขภาพ
แพทย์ประจำบ้านเวชศาสตร์ป้องกัน แขนงเวชศาสตร์ทางทะเล



บทนำ & เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

- Hyperbaric oxygen (HBO) therapy เป็นวิธีการที่ถูกนำมาใช้รักษาโรคต่างๆ เช่น Decompression sickness, Acute gas embolism, Carbon monoxide poisoning เป็นต้น
- โดยใช้ oxygen 100% ในห้องปรับความดันบรรยากาศสูง ซึ่งปรับให้มีความดันบรรยากาศที่สูงกว่าความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเล (1ATA) เครื่องปรับความดันบรรยากาศมี 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ Monoplace และ Multiplace



เจ้าหน้าที่เข้าดูแลผู้ป่วยใน
Hyperbaric chamber
(Multiplace)

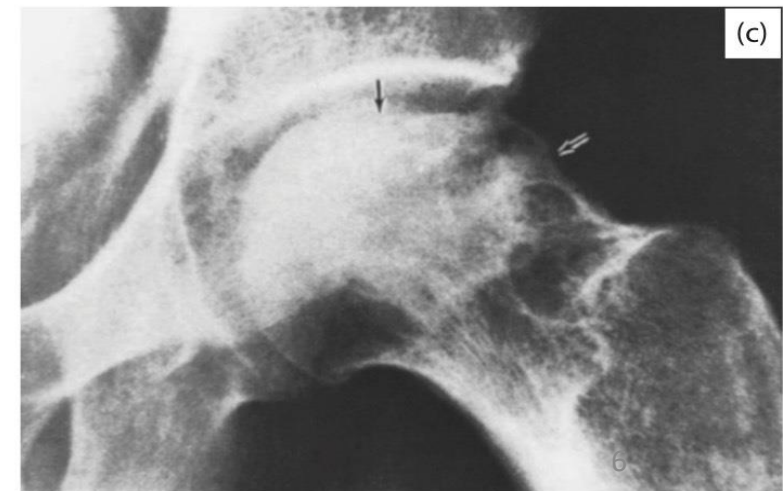
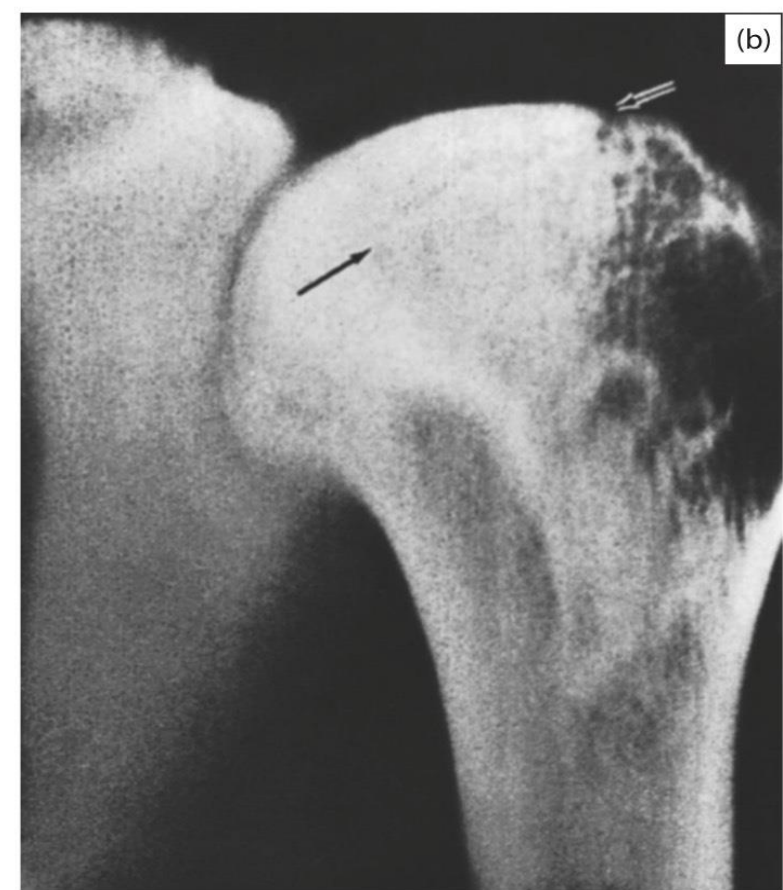


Multiplace Chamber Center

			
โรงพยาบาลสมเด็จพระปิ่นเกล้า ปี 2528 29 คน กรมแพทยทหารเรือ	โรงพยาบาลสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ ปี 2556 10 คน กรมแพทยทหารเรือ	โรงพยาบาล อภากรเกียรติวงศ์ ปี 2524 16 คน กรมแพทยทหารเรือ	โรงพยาบาลวชิระ ภูเก็ต ปี 2545 7 คน สาธารณสุข

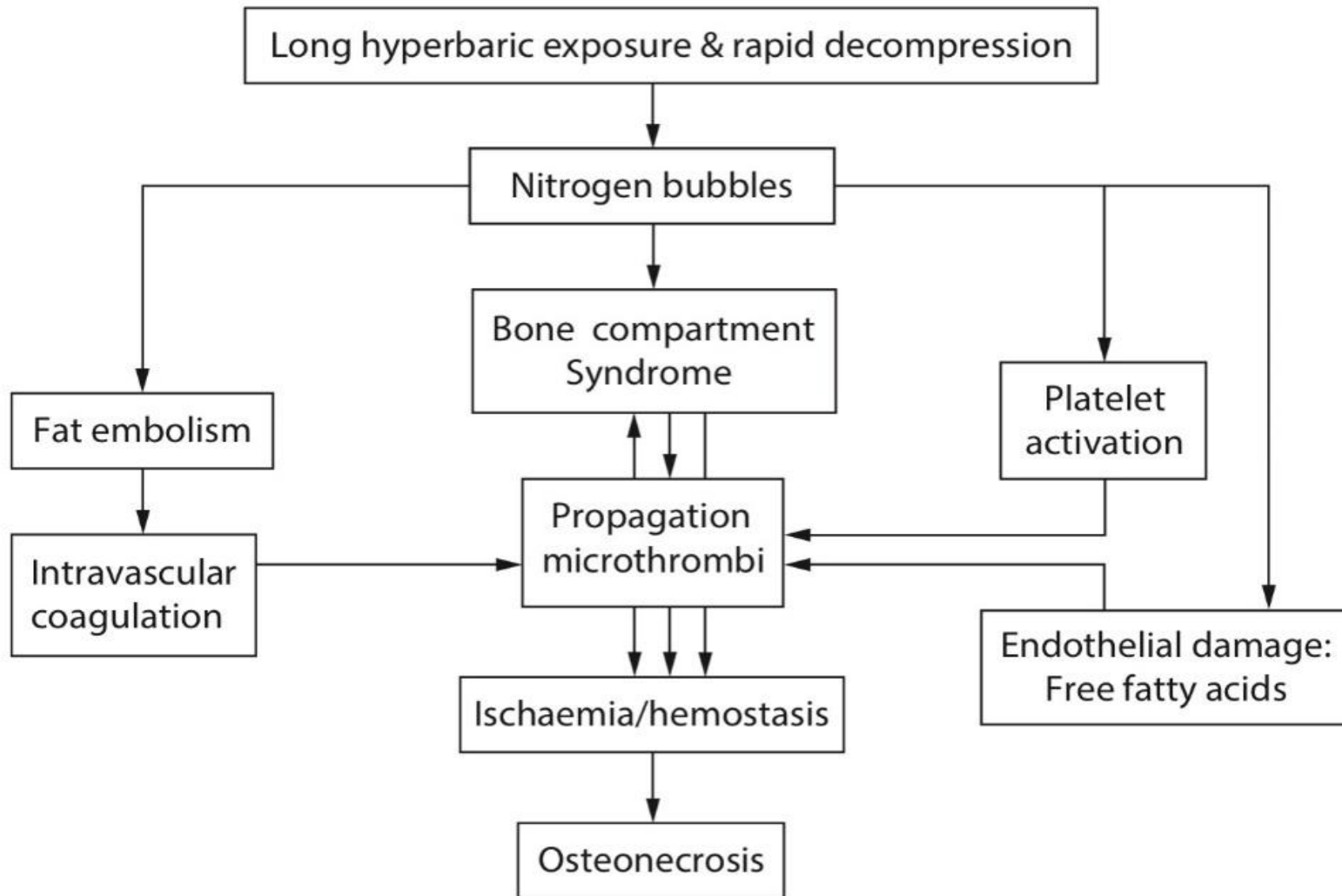
Dysbaric osteonecrosis

- Dysbaric Osteonecrosis (DON) เป็นโรค Avascular necrosis ของกระดูกพบได้ในผู้ปฏิบัติการใต้น้ำและผู้ปฏิบัติงานภายใต้ความดันบรรยากาศสูง เช่น นักดำน้ำ, compressed air worker เป็นต้น
- การเกิดภาวะ Dysbaric Osteonecrosis มักพบได้ใน long bone ที่มีการสะสมไขมัน เช่น Humerus, Femur, Tibia เป็นต้น
- กลไกการเกิดโรคจากการได้รับสัมผัสความดันบรรยากาศสูง ยังไม่ทราบชัดเจน มีหลายทฤษฎีที่อธิบายการกลไกเกิด



Dysbaric osteonecrosis

- ทฤษฎีแรกกล่าวว่าเกิดจากการที่มี nitrogen bubbles เกิดขึ้นหลังได้รับสัมผัสความดันบรรยากาศสูง โดย nitrogen bubbles เหล่านี้จะไปกระตุ้นให้เกิดภาวะต่างๆตามมา ได้แก่ Fat embolism, bone compartment syndrome, platelet activation และ endothelial damage ซึ่งภาวะเหล่านี้จะส่งผลให้เกิดภาวะ ischemia ของกระดูกและเกิด osteonecrosis ตามมา
- ส่วนอีกทฤษฎีเชื่อว่าเกิดจากภาวะ Oxygen toxicity เนื่องจากการเกิดภาวะ local vasospastic reaction จากการที่มีระดับความดันของออกซิเจนที่สูงมากขึ้น ทำให้เกิดการ ischemia และมีภาวะ necrosis ตามมาได้



Dysbaric osteonecrosis

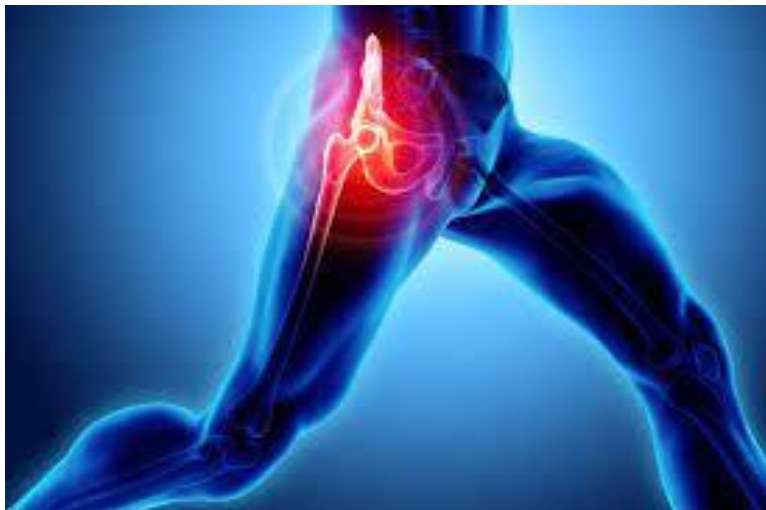
- นอกจากนี้ยังมีอีกหลายสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะนี้ได้ ได้แก่ การเกิดอุบัติเหตุ เช่น การหักของกระดูก หรือการที่ข้อหลุด เป็นต้น, การใช้ยา steroid , การดื่มสุรา, มีประวัติเคยป่วยเป็นโรคเหตุลดความกด (DCS), โรคประจำตัว เช่น โรคเบาหวาน, โรคไขมันในเลือดสูง, โรคตับ, โรคเก๊าต์ เป็นต้น และการได้รับรังสีรักษา (radiotherapy)
- การเกิดภาวะนี้ยังมีความสัมพันธ์กับลักษณะงานที่ทำ, ระดับความดันบรรยากาศที่ได้รับ, ระยะเวลาที่ทำงาน, การได้รับการอบรมเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน และการปฏิบัติตามกฎข้อบังคับความปลอดภัย

Dysbaric osteonecrosis

- ในงานวิจัยของ Davison JK และคณะ (1989) พบว่าเกิด Dysbaric Osteonecrosis (DON) ได้ 17% ใน Compressed air worker และ 4.3% ในนักดำน้ำอาชีพ
- แต่จากงานวิจัยของ Uzun G. และคณะ (2008) ทำการศึกษาในนักดำน้ำทางการทหาร จำนวน 106 คนด้วยการตรวจ MRI ไม่พบว่ามี Dysbaric Osteonecrosis
- ซึ่งจากทั้งสองงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าลักษณะงานที่ทำมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคนี้ ถึงแม้ว่าการดำน้ำทางการทหารจะมีระดับความลึกที่สูงกว่า Compressed air worker และนักดำน้ำอาชีพ ทำให้มีโอกาสเกิดโรคมากกว่า แต่นักดำน้ำทางการทหารมีแนวโน้มในการปฏิบัติตามกฎระเบียบข้อบังคับที่เข้มงวดกว่านักดำน้ำทั่วไป ทำให้อัตราการเกิดโรคต่ำกว่า

Dysbaric osteonecrosis

- อาการขึ้นอยู่กับความรุนแรงของโรค ตั้งแต่ไม่มีอาการในระยะแรก อาการปวดข้อ ขยับข้อได้ยาก จนถึงมีภาวะข้ออักเสบ
- การวินิจฉัยโรคทำได้หลายวิธี ได้แก่ การตรวจทางรังสีวินิจฉัยทั้งการเอ็กซเรย์ปกติ การตรวจเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ (Computerized Tomography Scan) การตรวจสแกนกระดูก (bone scan) และการตรวจเครื่องตรวจคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance Imaging : MRI)



Dysbaric osteonecrosis

- การเอ็กซเรย์ปกติจะมีข้อจำกัดในระยะแรกที่สามารถตรวจไม่พบความผิดปกติ
- การตรวจ bone scan มี sensitivity ที่ดี แต่มี specificity ต่ำ
- การตรวจเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ มี sensitivity ต่ำ แต่มี specificity ปานกลาง
- การตรวจเครื่องตรวจคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นการตรวจเดียวที่มีทั้ง sensitivity และ specificity สูง สามารถตรวจพบได้ตั้งแต่ระยะแรก





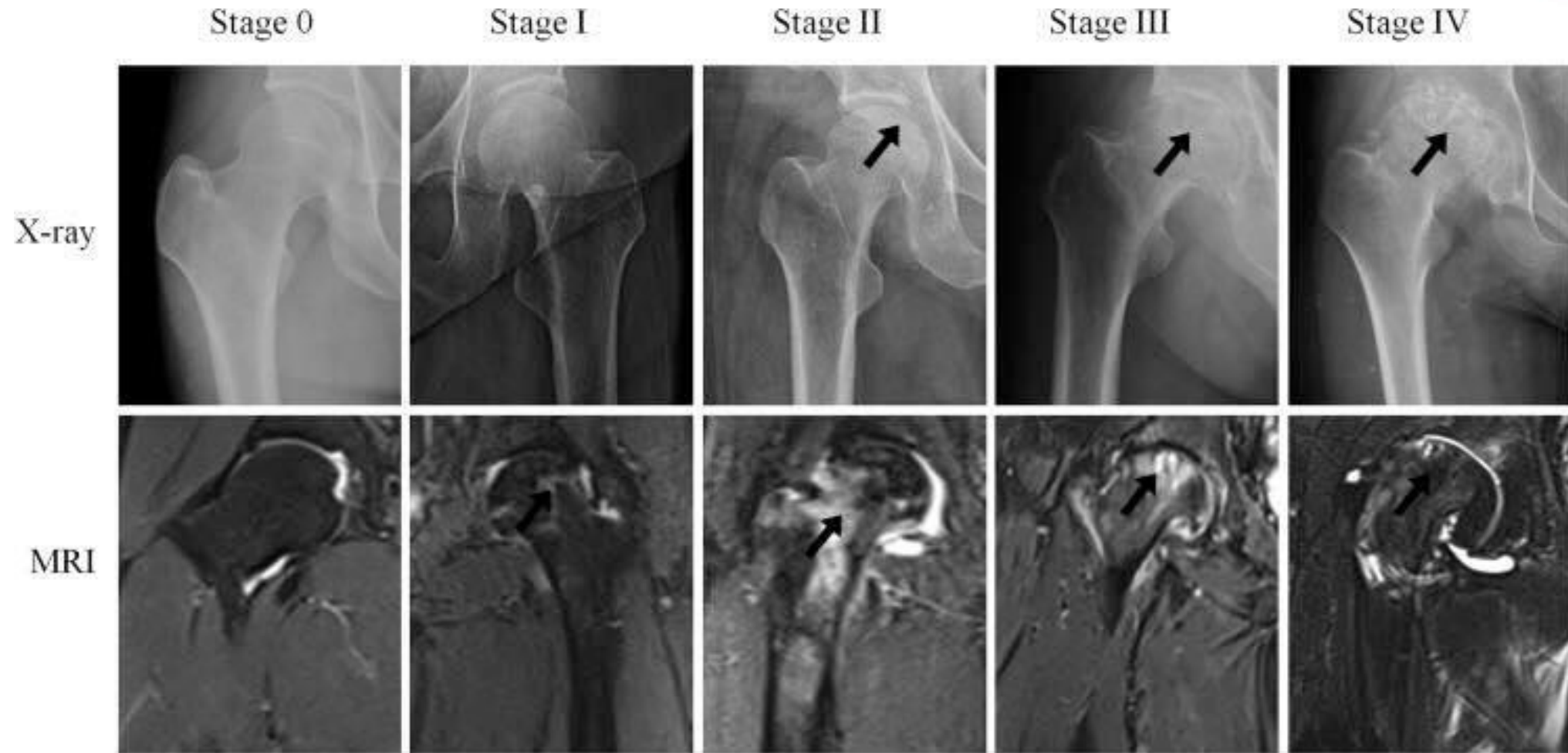
Gold Standard

Dysbaric osteonecrosis

- การแบ่งระดับความรุนแรงของ Dysbaric Osteonecrosis (DON) จะใช้ตามเกณฑ์ของ Ficat and Arlet โดยแบ่งเป็น 5 ระดับดังนี้

Stage	MRI	Symptoms
0	normal	No symptoms
1	edema	pain may be present
2	geographic defect	pain and stiffness
3	crescent sign (subchondral lucency) and eventual cortical collapse	pain and stiffness
4	end stage with evidence of secondary degenerative changes	pain and limp

Dysbaric osteonecrosis

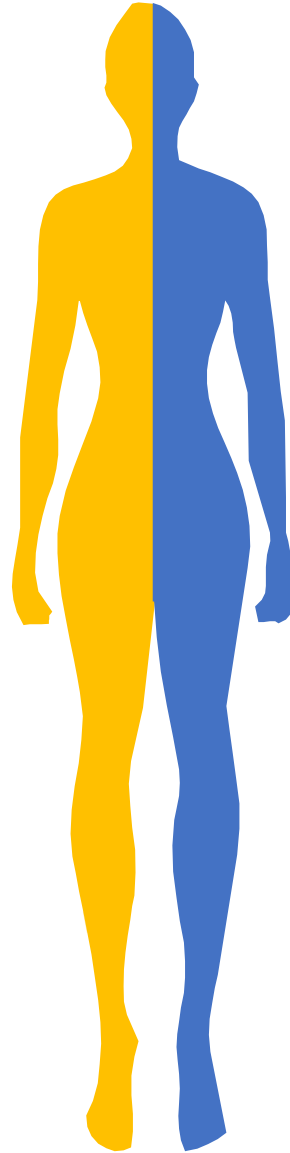


Dysbaric osteonecrosis

- การรักษาเบื้องต้นของภาวะ Dysbaric Osteonecrosis จะรักษาด้วยการรักษาแบบประคับประคอง ได้แก่ การให้ยาแก้ปวด (analgesics) การให้ยา anti-inflammatory, การ immobilize ข้อ และการรักษาด้วย Hyperbaric Oxygen therapy
- ในผู้ป่วยที่อาการรุนแรงต้องได้รับการรักษาด้วยการผ่าตัด เช่น total joint replacement หรือ bone graft เป็นต้น

มาตรฐานสุขภาพของผู้ปฏิบัติการใต้น้ำ
และผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับความดัน
บรรยากาศสูง พ.ศ. 2563

ผู้ปฏิบัติการใต้น้ำ หากมีอาการปวดกระดูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ปฏิบัติการใต้น้ำชนิด Saturation Diving ให้ทำการรวบรวมประวัติการ บันทึกรหัสหรือภาพรังสี หากตรวจพบว่าการตาย ของเนื้อกระดูกชนิดที่เข้าถึงบริเวณผิวข้อนั้นๆ (Juxta articular osteonecrosis) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระดูกตายจากภาวะแรงกดดันบรรยากาศ (Dysbaric Osteonecrosis) ถือว่าขาดคุณสมบัติ อย่างถาวร หากเป็นที่ลำตัวของกระดูกให้ พิจารณาผ่อนผันและเฝ้าติดตามทุกปี



Guidance for appointed doctor on the
work in compressed air regulations
2017 ของ Health and Safety Executive

Routine, long-bone X-rays are
not required for surveillance of
compressed-air workers. Long-
bone radiography and/or MRI is
indicated in cases of suspected
dysbaric osteonecrosis

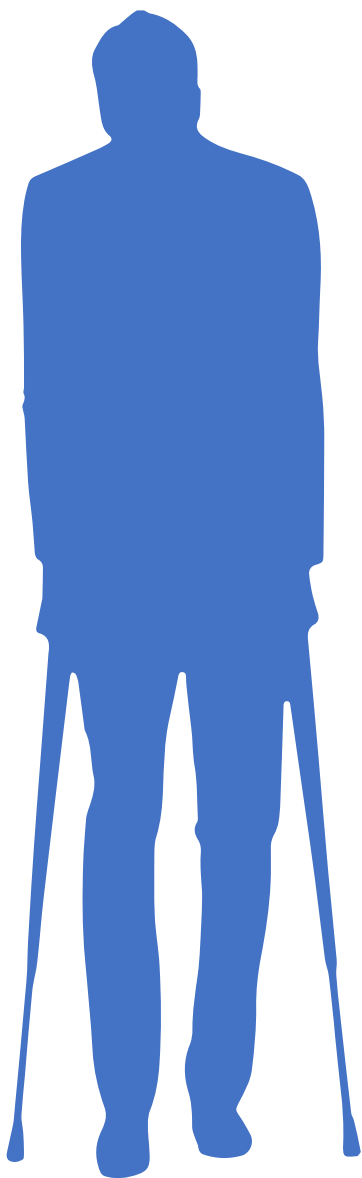
Fit for work

UNFIT

ผู้ปฏิบัติงานที่มี Juxta-articular
lesion จะถือว่าเป็น unfit

ผู้ปฏิบัติงานที่มี Extra-articular
active lesion ก็จะถือว่าเป็น
Temporary unfit

**TEMPORARY
UNFIT**



MISS

เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในห้องปรับบรรยากาศสูง
โรงพยาบาลสมเด็จพระปิ่นเกล้า ปัจจุบันเกษียรอายุ
ราชการ พบว่าเป็น osteonecrosis ที่ข้อสะโพกทั้ง
สองข้าง ได้รับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อสะโพก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objective)

- วัตถุประสงค์หลัก - เพื่อศึกษาถึงความชุกจากโรค Dysbaric osteonecrosis ในผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับความดันบรรยากาศสูง
- วัตถุประสงค์รอง - เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรค Dysbaric osteonecrosis ในผู้ปฏิบัติการในห้องปรับความดันบรรยากาศสูง



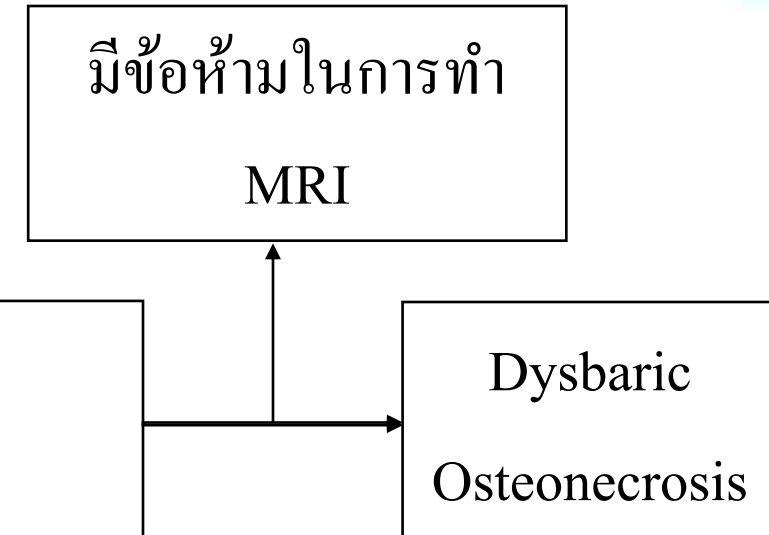
กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual framework)

ปัจจัยส่วนบุคคล

- เพศ, อายุ
- โรคประจำตัว, ประวัติอุบัติเหตุ, ประวัติเคยป่วยเป็นโรคหลอดเลือดความกด (DCS)
- การดื่มสุรา
- การใช้ steroid
- Radiotherapy
- การสัมผัสภาวะความดันบรรยากาศสูงนอกเหนือจากการปฏิบัติงาน

ปัจจัยจากการทำงาน

- ระยะเวลาการทำงานต่อครั้ง
- อายุงานตั้งแต่ทำงานในห้องปรับความดันบรรยากาศ
- ตำแหน่งงานปัจจุบัน
- จำนวนครั้งในการเข้าปฏิบัติงานในเครื่องปรับความดันบรรยากาศ
- แรงดันบรรยากาศที่ใช้ในการรักษา
- การอบรมเรื่องความปลอดภัยจากการทำงานภายในเครื่องปรับความดันบรรยากาศ
- การปฏิบัติตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยเพื่อป้องกันการเกิดโรคจากความดันที่ผิดปกติ : การใส่หน้ากากออกซิเจนตามตารางที่กำหนด การเว้นระยะการทำงานตามเกณฑ์



ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption)

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการตรวจด้วยเครื่องตรวจคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance Imaging : MRI) ที่บริเวณข้อสะโพก ส่วนล่างของกระดูก femur และส่วนต้นของกระดูก tibia ทั้งสองข้าง
2. ใช้เกณฑ์ของ Ficat and Arlet classification เพื่อประเมินความรุนแรง
3. ผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับความดันบรรยากาศสูงทุกคนที่สังกัดกรมแพทยทหารเรือที่มีอายุงานเกิน 4 ปี เนื่องจากในปี 2008 Ozkan H. ทำการศึกษาการเกิด Dysbaric Osteonecrosis (DON) ใน Inside attendant โดยการตรวจด้วย MRI ที่มีอายุงานเฉลี่ย 3.8 ปี ผลปรากฏว่าไม่พบว่ามีภาวะ Dysbaric Osteonecrosis (DON)

วิธีการดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย (Research design)

- การวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study)



พื้นที่ศึกษา

- โรงพยาบาลสมเด็จพระปิ่นเกล้า,
โรงพยาบาลสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์
และโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์
กรมแพทยทหารเรือ

ประชากร (Population)

ผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับความดัน
บรรยากาศสูงทุกคนที่สังกัดกรมแพทย์
ทหารเรือจำนวนทั้งหมด 55 คน โดย
ไม่มีการสุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์นำเข้า (Inclusion criteria)

ผู้ปฏิบัติงานในเครื่องปรับความดัน
บรรยากาศสูง สังกัดกรมแพทย์ทหารเรือ
จำนวน 43 ราย ที่มีอายุงานมากกว่า 4 ปี

เกณฑ์นำออก (Exclusion criteria)

มีข้อห้ามในการทำ MRI

การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

ในการวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STATA version 16.0 โดยวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ univariate analysis ตามชนิดของข้อมูล
 - ข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น โรคประจำตัว, ประวัติอุบัติเหตุ, การดื่มสุรา, ประวัติเคยป่วยเป็นโรคเหตุลดความกด (DCS), การใช้ steroid, Radiotherapy, การอบรมเรื่องความปลอดภัยจากการทำงานภายในเครื่องปรับอากาศชั้นบรรยากาศและการปฏิบัติตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย นำเสนอโดยใช้ความถี่และร้อยละ
 - ข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น อายุงาน, การสัมผัสภาวะความดันบรรยากาศสูงนอกเหนือจากการปฏิบัติงาน, ระยะเวลาการทำงาน, จำนวนครั้งในการเข้าปฏิบัติงานในเครื่องปรับอากาศชั้นบรรยากาศ, แรงดันบรรยากาศที่ใช้ในการรักษา นำเสนอโดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือค่ามัธยฐานและพิสัยควอไทล์ ตามการแจกแจงข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

2. คำนวณความชุกของการเกิดภาวะกระดูกตายจากความดันที่ผิดปกติโดยใช้สูตร

$$\begin{array}{l} \text{ความชุกจากโรค Dysbaric} \\ \text{osteonecrosis ในผู้ปฏิบัติงานใน} \\ \text{เครื่องปรับความดันบรรยากาศสูง} \end{array} = \frac{\begin{array}{l} \text{จำนวนผู้ปฏิบัติงานในเครื่องปรับความดันบรรยากาศสูง} \\ \text{ที่มีภาวะกระดูกตายจากความดันที่ผิดปกติ} \end{array}}{\begin{array}{l} \text{จำนวนผู้ปฏิบัติงานในเครื่องปรับความดัน} \\ \text{บรรยากาศสูงทั้งหมดในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา} \end{array}}$$

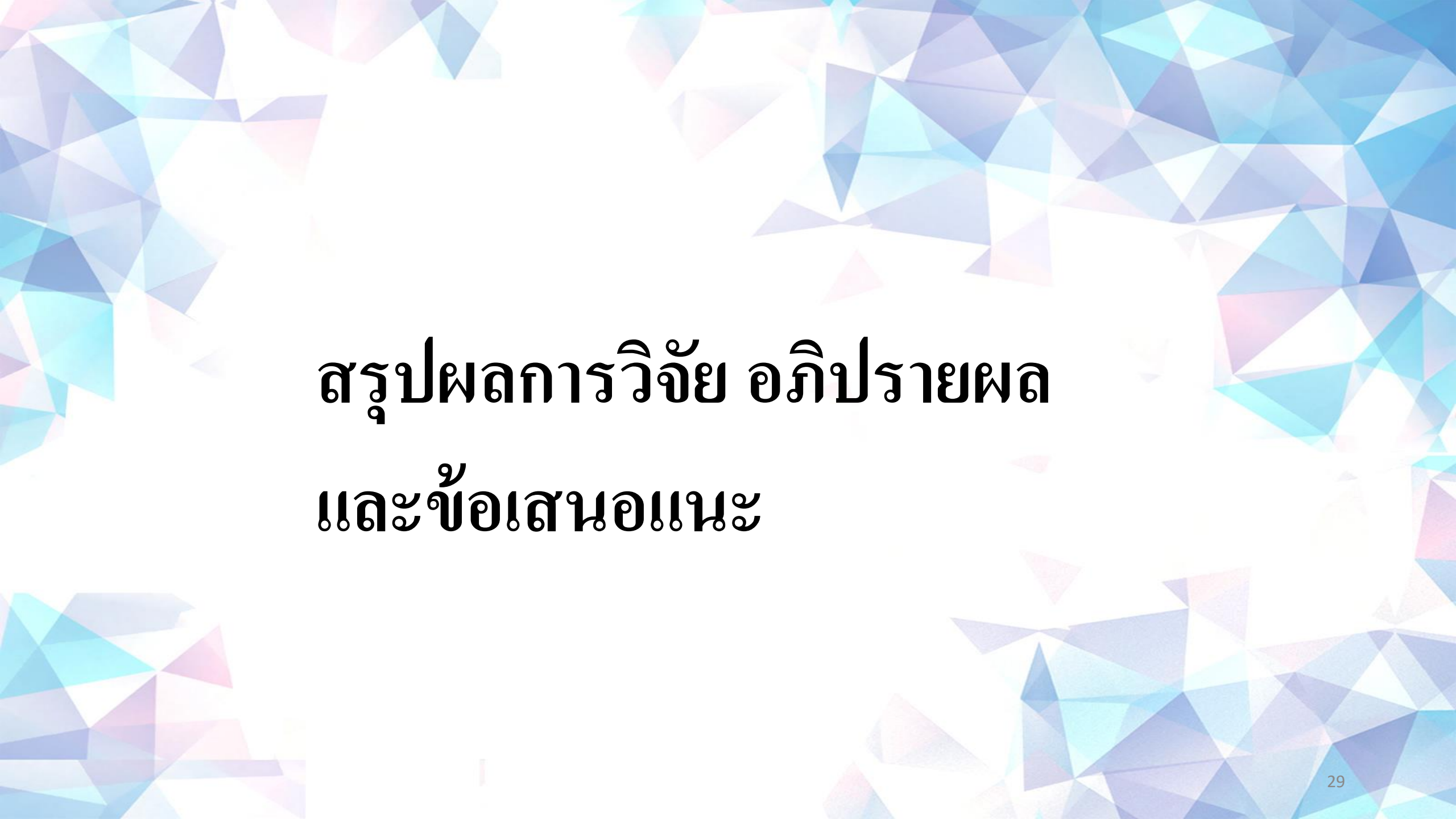
การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ทั้งปัจจัยส่วนตัวและปัจจัยจากการทำงานกับการเกิดภาวะกระดูกตายจากความดันที่ผิดปกติของผู้ปฏิบัติงานในเครื่องปรับความดันบรรยากาศสูงโดยใช้

Fisher's exact test

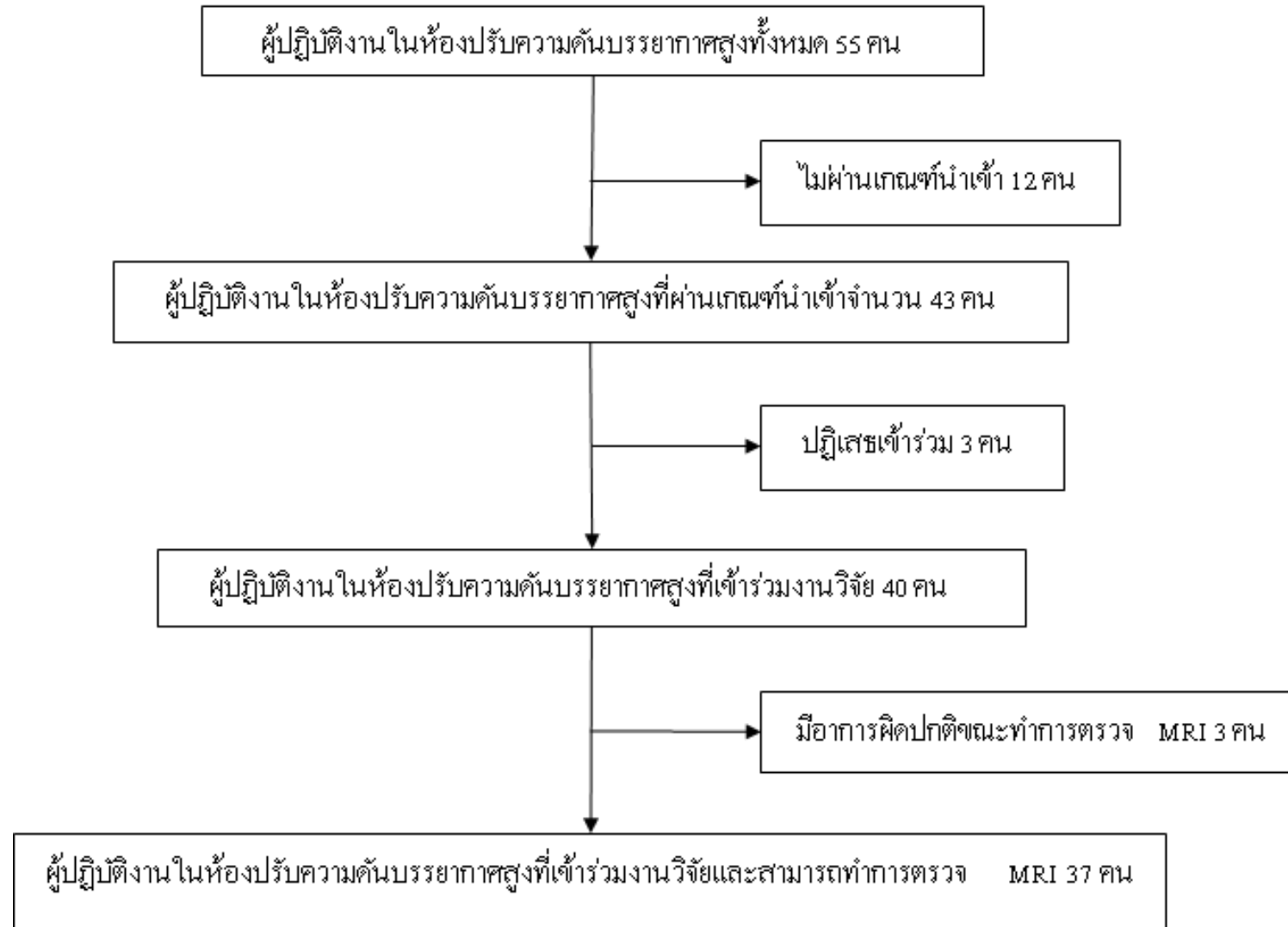
4. คำนวณปริมาณการได้รับสัมผัสแรงดันบรรยากาศสูงต่อวัน โดยใช้สูตร

$$\text{Intake (ATA/kg.d)} = [\text{แรงดันบรรยากาศที่สัมผัส (ATA)} \times \text{จำนวนชั่วโมงในการปฏิบัติงานต่อครั้ง (ชั่วโมง)} \times \text{จำนวนครั้งที่สัมผัสต่อปี (ครั้ง)} \times \text{ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน (ปี)}] / \text{น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)} \times 365 \text{ วัน}$$



สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ผลการคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย



รูปภาพที่ 1 แสดงผลการคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

สรุปผลการศึกษา

- ผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับความดันบรรยากาศสูง มีจำนวน 7 คนที่ผลตรวจ MRI พบโรค Dysbaric osteonecrosis
- ความชุกของการเกิดภาวะกระดูกตายจากความดันที่ผิดปกติเท่ากับร้อยละ 18.92 ทั้งหมดเป็น grade 1 ตามหลักเกณฑ์ของ Ficat and Arlet classification
- เป็นผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ จำนวน 6 คน และอีก 1 คน ปฏิบัติงานอยู่ที่โรงพยาบาลสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์

ข้อมูลความชุกของโรค Dysbaric osteonecrosis

- ทั้ง 7 คน มีความรุนแรงของโรค Dysbaric osteonecrosis อยู่ใน grade 1 คือ เริ่มมีภาวะกระดูกตายเล็กน้อยบริเวณข้อ
- ตำแหน่งที่ตรวจพบรอยโรคมากที่สุด คือ Neck of femur ข้างซ้าย (จำนวน 5 คน) รองลงมาคือ Neck of femur ข้างขวา (จำนวน 4 คน), Lower part of femur ข้างซ้าย (จำนวน 3 คน) และ Upper part of tibia ข้างซ้าย จำนวน 2 คน
- ตำแหน่งที่ตรวจพบรอยโรคอาจพบได้มากกว่า 1 ตำแหน่งในบุคคลคนเดียวเช่นกัน เช่น ผู้ปฏิบัติงานตำแหน่ง attendant ที่โรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ ตรวจพบรอยโรคทั้งที่ตำแหน่ง Neck of femur ข้างซ้าย, Lower part of femur ข้างซ้าย และ Upper part of tibia ข้างซ้าย

ตารางที่ 5 ปริมาณการรับสัมผัสความดันบรรยากาศสูงรายบุคคลที่พบความผิดปกติ

	สถานที่ปฏิบัติงาน	ตำแหน่งงาน	เพศ	จำนวนชั่วโมงที่ปฏิบัติงานต่อครั้ง (ET)			จำนวนครั้งที่สัมผัส/ปี (EF)			ใส่หน้ากากออกซิเจนทุกครั้งขณะปฏิบัติงาน	ระยะเวลาเฉลี่ยที่ปฏิบัติงาน (ED)	คาดการณ์ปริมาณการได้รับสัมผัสความดันบรรยากาศสูงสะสมต่อวัน (Intake , ATA/kg.BW/d)				ตำแหน่งรอยโรคที่ตรวจพบ ตามเกณฑ์ของ Ficat and Arlet stage		
				2.0	2.4	2.8	2.0	2.4	2.8			2.0	2.4	2.8	รวม	Neck of femur (left/right)	Lower part of femur (left/right)	Upper part of tibia (left/right)
1	รพ.ศิริกิติ์	Attendant	หญิง	0	2.0	6.0	0	42.3	0.3	ทุกครั้ง	9	0	9.89×10^{-3}	8.02×10^{-4}	1.07×10^{-2}	1/1	0/0	0/0
2	รพ.อาภากรเกียรติวงศ์	supervisor	หญิง	0	1.5	1.0	0	20.0	20.0	ทุกครั้ง	17	0	3.44×10^{-3}	2.67×10^{-3}	6.11×10^{-3}	0/0	1/0	0/0
3	รพ.อาภากรเกียรติวงศ์	supervisor	ชาย	1.0	1.5	0.5	9.0	8.0	8.0	ทุกครั้ง	8	7.16×10^{-4}	1.15×10^{-3}	4.75×10^{-4}	2.34×10^{-3}	1/1	0/0	0/0
4	รพ.อาภากรเกียรติวงศ์	supervisor	ชาย	0	2.0	0	0	34.0	0	ทุกครั้ง	15	0	6.49×10^{-3}	0	6.49×10^{-3}	1/1	0/0	0/0
5	รพ.อาภากรเกียรติวงศ์	Attendant	หญิง	0	2.0	0	0	25.0	0	ทุกครั้ง	16	0	5.73×10^{-3}	0	5.73×10^{-3}	1/1	0/0	0/0
6	รพ.อาภากรเกียรติวงศ์	Attendant	ชาย	0	2.0	1.0	0	25.0	9.0	บางครั้ง	8	0	4.77×10^{-3}	1.02×10^{-3}	5.77×10^{-3}	0/0	1/0	1/0
7	รพ.อาภากรเกียรติวงศ์	Attendant	ชาย	0	1.5	0	0	26.0	0	ทุกครั้ง	7	0	3.72×10^{-3}	0	3.72×10^{-3}	1/0	1/0	1/0

Intake = [CR (ATA/hr) x ET (hr/event) x EF (event/y) x ED (y)] / BW (kg) x AT (d)

Intake = [P (ATA) / hr x จน.ชม. / ครั้ง x จน.ครั้ง/ปี x ED (ปี)] / BW (kg) x (ED (ปี) x 365 วัน/ปี)

สรุปผลการศึกษา

- ผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับความดันบรรยากาศสูงที่ตรวจพบ Dysbaric Osteonecrosis มีระยะเวลาในการทำงานเฉลี่ยทั้งหมด 11.43 ปี สัมผัสแรงดันบรรยากาศที่ 2.4 ATA มากที่สุด
- มีปริมาณการได้รับสัมผัสความดันบรรยากาศสูงเฉลี่ยต่อวันต่อคน เท่ากับ 5.836×10^{-3} ATA/kgBW/d
- เมื่อทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดโรค Dysbaric Osteonecrosis ในผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับความดันบรรยากาศสูงพบว่าเพศเป็นปัจจัยเดียวที่สัมพันธ์กับการเกิด Dysbaric Osteonecrosis ส่วนปัจจัยอื่นไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรค

- Dysbaric Osteonecrosis เป็นโรคที่เกิดจากการที่มี nitrogen bubbles สะสมมากขึ้น หลังได้รับสัมผัสความดันบรรยากาศสูง และจะไปกระตุ้นให้เกิด endothelial damage ทำให้เกิดภาวะ ischemia ของกระดูกและเกิด osteonecrosis ตามมา
- การที่ผู้ปฏิบัติงานเข้าปฏิบัติงาน ในห้องปรับความดันบรรยากาศสูงทำให้ได้รับสัมผัสความดันบรรยากาศสูงสะสมเป็นความเสี่ยงที่อาจทำให้เกิดโรคได้

- จากผลการศึกษา : Dysbaric Osteonecrosis พบมากที่สุดบริเวณ neck of femur
- แตกต่างกับงานวิจัย Walder D.N. ที่ทำการศึกษา Dysbaric Osteonecrosis ใน Compressed air worker พบว่า 40% ของรอยโรคเกิดที่ lower end of femur
- อาจเนื่องมาจากลักษณะของการทำงานที่แตกต่างกัน โดย Compressed air worker จะมีลักษณะงานที่ต้องเดิน และ ยกของหนักมากกว่าผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับความดันบรรยากาศสูง ที่ไม่มีการยกของหนักและสามารถนั่งพักเป็น ช่วงๆ ได้หากผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษามีอาการผิดปกติ
- แต่อย่างไรทั้ง 2 งานวิจัยกระดูก femur เป็นกระดูกชิ้นที่พบ Dysbaric Osteonecrosis มากกว่าชิ้นอื่น

อภิปรายผล

- ผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับความดันบรรยากาศสูงที่ตรวจพบ Dysbaric Osteonecrosis มีระยะเวลาในการทำงานเฉลี่ยทั้งหมด 11.43 ปี
- มีระยะเวลาการทำงานมากที่สุดและน้อยที่สุดอยู่ที่ 17, 7 ปี
- ปฏิบัติงานในตำแหน่ง Supervisor มีระยะเวลาในการทำงานเฉลี่ย 5.33 ปี และปฏิบัติงานในตำแหน่ง Attendance มีระยะเวลาในการทำงานเฉลี่ย 10 ปี
- สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ozkan H. ที่ทำการศึกษาการเกิด Dysbaric Osteonecrosis (DON) ใน Inside attendant จำนวน 12 ราย ที่มีอายุงานตั้งแต่ 1-9 ปี เฉลี่ย 3.8 ปี ผลปรากฏว่าไม่พบว่ามีภาวะ Dysbaric Osteonecrosis เนื่องจากระยะเวลาการทำงานค่อนข้างน้อย
- ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการปฏิบัติในห้องปรับความดันบรรยากาศสูงที่มากกว่า 7 ปี มีโอกาสเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิด ภาวะ Dysbaric Osteonecrosis

- เพื่อลด Performance bias การอ่านผล MRI
 - ใช้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านรังสีวิทยา และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านออร์โธปิดิกส์อย่างละ 1 ท่าน แต่ละท่านจะอ่านผลของผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน
 - แพทย์ผู้เชี่ยวชาญจะไม่ทราบชื่อผู้ป่วย ข้อมูลของผู้ป่วย และไม่ทราบผลการอ่านของแพทย์อีกท่าน
 - ถ้ามีความคิดเห็นที่ไม่ตรงกันจะมีแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านรังสีอีก 1 ท่านที่ไม่ทราบผลการอ่านของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่านแรกมาร่วมพิจารณา

- งานวิจัยนี้ใช้การตรวจ MRI เป็นการตรวจวินิจฉัยภาวะกระดูกตายที่มีประสิทธิภาพสูง (Gold standard)
- วิธีการตรวจด้วย MRI ในงานวิจัยหลายฉบับแนะนำให้ใช้ในการ screening เนื่องจากสามารถตรวจเจอได้ตั้งแต่ระยะแรกและไม่มีปัญหาด้านจริยธรรมเพราะนักดำน้ำไม่ได้รับการสัมผัสรังสี (ionizing radiation) เช่น ในงานวิจัยของ Sefika Korpinar และคณะ ทำการศึกษาเรื่องการตรวจสุขภาพนักดำน้ำเกี่ยวกับภาวะ osteonecrosis เป็นต้น

- ห้องปรับความดันบรรยากาศสูงชนิดหลายคน (Multiplace hyperbaric chamber) ในสังกัดกรมแพทยทหารเรือมีใน 3 โรงพยาบาล
 - โรงพยาบาลสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ และ โรงพยาบาลสมเด็จพระปิ่นเกล้า ใช้ในการรักษาผู้ป่วยเป็นส่วนใหญ่ และมีการทดสอบ Pressure test นานๆ ครั้งเท่านั้น
 - โรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ ใช้เป็นการทดสอบ Pressure test เป็นหลัก เนื่องจากห้องปรับความดันบรรยากาศสูงของโรงพยาบาลมีขนาดเล็ก และทางโรงพยาบาลเป็นศูนย์กลางในการตรวจสอบสุขภาพกำลังพลของกองทัพเรือ
- การทดสอบ Pressure test ของโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ ใน 1 ปี จะมีผู้เข้ารับการตรวจประมาณ 2,000 คนต่อปี โดยมีทั้งกำลังพลจากกองทัพเรือ เช่น นักดำน้ำจากหน่วยบัญชาการสงครามพิเศษทางเรือหรือหน่วยซีล เป็นต้น ข้าราชการนอกกองทัพเรือ เช่น กองโบราณคดีใต้น้ำ กรมศิลปากร เป็นต้น และจากภาคเอกชน

- จากผลการศึกษาพบว่าผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับความดันบรรยากาศสูงที่มีผลการตรวจ MRI พบโรค Dysbaric Osteonecrosis ส่วนใหญ่ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลอากาศเรกเรติวส์ มีจำนวน 6 คน และอีก 1 คน ปฏิบัติงานอยู่ที่โรงพยาบาลสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์
- ไม่พบความผิดปกติในผู้ปฏิบัติงานที่โรงพยาบาลสมเด็จพระปิ่นเกล้า
- ในขณะที่โรงพยาบาลสมเด็จพระปิ่นเกล้ามีขนาดห้องปรับความดันบรรยากาศสูงใหญ่ที่สุดในประเทศไทย และมีผู้ป่วยเข้ารับการรักษเป็นจำนวนมาก รวมถึงมีปริมาณการได้รับสัมผัสแรงดันบรรยากาศสูงต่อวันของแต่ละบุคคลสูงกว่า

- ดังนั้นอาจสันนิษฐานได้ว่าการเกิดโรคสัมผัสกับการทดสอบ Pressure test เนื่องจาก ผู้ปฏิบัติงานต้องเข้าปฏิบัติงานบ่อยครั้ง (Repetitive Dive) และตารางการทดสอบ Pressure test ไม่ได้กำหนดให้สวมหน้ากากออกซิเจน ดังนั้นความเสี่ยงที่ทำให้เกิดภาวะกระดูกตายมากขึ้น แต่จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยมีน้อยทำให้ยังไม่สามารถสรุปได้ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมมากขึ้นในอนาคต

- จากการวิเคราะห์พบว่าเกิดการเกิด Dysbaric Osteonecrosis ในผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับความดันบรรยากาศสูง สัมพันธ์กับเพศ
- ผู้ปฏิบัติงานเพศหญิงพบความผิดปกติ 3 คนจากผู้ปฏิบัติงานที่เป็นเพศหญิงทั้งหมด 4 คน
- เมื่อเทียบกับผู้ปฏิบัติงานเพศชายพบว่าปริมาณการได้รับสัมผัสความดันบรรยากาศสูงสะสมต่อวันของเพศชายมีค่ารับสัมผัสที่น้อยกว่าเพศหญิง โดยปริมาณการได้รับสัมผัสความดันบรรยากาศสูงสะสมต่อวันสัมผัสของเพศชายเฉลี่ยเท่ากับ 6.10×10^{-3} ATA/kg.BW/d และปริมาณการได้รับสัมผัสความดันบรรยากาศสูงสะสมต่อวันสัมผัสของเพศหญิงเฉลี่ยเท่ากับ 8.43×10^{-3} ATA/kg.BW/d

- สำหรับปัจจัยอื่นพบว่าไม่มีความสัมพันธ์เนื่องจากจำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยมีจำนวนน้อย ทำให้เป็นข้อจำกัดในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์
- งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบ Cross-sectional descriptive study ทำให้ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลได้
- นอกจากนี้การบันทึกจำนวนครั้งที่เข้าและจำนวนชั่วโมงที่เข้าย้อนหลังไว้ในช่วงระยะเวลา 3 ปีที่ผ่านมา ทำให้การคำนวณปริมาณการรับสัมผัสอาจมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

- ผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับความดันบรรยากาศสูงที่ตรวจพบ Dysbaric Osteonecrosis จะเข้ารับการตรวจ MRI ซ้ำ และทำการรักษาต่อเนื่องที่โรงพยาบาลศิริกิติ์โดยไม่มีค่าใช้จ่าย
- นอกจากนี้ทางต้นสังกัดของผู้ปฏิบัติงานได้ปรับเปลี่ยนตารางการทำงานให้รับสัมผัสความดันบรรยากาศสูงน้อยลง โดยไม่มีผลต่อตำแหน่งงานและค่าตอบแทนจนกว่าการรักษาจะเสร็จสิ้น

ข้อจำกัดของงานวิจัย

1. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการรับสัมผัสความดันบรรยากาศสูงมีการบันทึกจำนวนครั้งที่เข้าและจำนวนชั่วโมงที่เข้าย้อนหลังไว้ในช่วงระยะเวลา 3 ปีที่ผ่านมา (ในปี 2562, 2563 และ 2564) ทำให้การคำนวณปริมาณการรับสัมผัสอาจมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง นอกจากนี้ข้อมูลปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคได้จากการตอบแบบสอบถามโดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยซึ่งอาจทำให้เกิด recall bias
2. จำนวนผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงในประเทศไทยมีจำนวนน้อยเนื่องจากข้อจำกัดของโรงพยาบาลที่มีห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงชนิดหลายคนมีเพียง 4 แห่งในประเทศไทย
3. การตรวจ MRI มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. ในทุกโรงพยาบาลที่มีห้องปรับความดันบรรยากาศสูงชนิดหลายคน ควรมีการคัดกรองภาวะกระดูกตายจากความดันที่ผิดปกติและปัจจัยเสี่ยงในการเกิดโรค ในผู้ปฏิบัติงานก่อนเริ่มปฏิบัติงาน หากผู้ปฏิบัติงานมีปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคต้องได้รับการแก้ไขปัจจัยเสี่ยงก่อน แต่หากเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ไม่สามารถแก้ไขอาจพิจารณาปรับเปลี่ยนตำแหน่งงานหรือลดจำนวนการปฏิบัติงาน สำหรับผู้ปฏิบัติงานที่มีอาการควรได้รับการตรวจวินิจฉัยและรักษาต่อไป
2. ในทุกโรงพยาบาลที่มีการตรวจ Pressure test ควรปรับเปลี่ยนเกณฑ์ให้ผู้ปฏิบัติงานการใส่หน้ากากออกซิเจนขณะปฏิบัติงานในห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูง และจัดความถี่ในการเข้าปฏิบัติงานลดลงเพื่อลดการรับสัมผัสความดัน

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

3. จากข้อกำหนดมาตรฐานสุขภาพของผู้ปฏิบัติการใต้น้ำ และผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูง พ.ศ. 2563 ของกรมแพทย์ทหารเรือและ Guidance for appointed doctor on the work in compressed air regulations 2017 ของ Health and Safety Executive ไม่ได้กำหนดให้มีการตรวจคัดกรองภาวะกระดูกตายประจำปี แต่จะทำการตรวจเฉพาะในรายที่มีอาการซึ่งระยะเริ่มต้นของ Dysbaric Osteonecrosis ผู้ป่วยส่วนใหญ่ไม่มีอาการ จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการวินิจฉัยโรคได้

ดังนั้นทั้งสองข้อกำหนดมาตรฐานการตรวจจึงควรปรับให้มีมาตรการการตรวจคัดกรองภาวะกระดูกตายจากความดันที่ผิดปกติทั้ง ตรวจประจำปี และตรวจก่อนเปลี่ยนงานหรือเกษียณอายุ โดยแนะนำหากผู้ปฏิบัติงานทำงานมากกว่า 7 ปี ควรได้รับการตรวจ MRI ที่บริเวณกระดูก femur หากตรวจพบความผิดปกติผู้ปฏิบัติงานควรได้รับการรักษาที่เหมาะสมรวมถึงการปรับเปลี่ยนตำแหน่งงาน

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติการ

1. ในการตรวจสุขภาพประจำปีหรือการตรวจสุขภาพตามวงรอบ หากพบว่าผู้ปฏิบัติงานมีภาวะกระดูกตาย ควรนำข้อมูลการปฏิบัติงานมาวิเคราะห์ และมีการวางแผนมาตรการป้องกัน เช่น กำหนด จัดจำกัดการปฏิบัติงานทั้งความลึก ระยะเวลาและจำนวนครั้งในการปฏิบัติงานในห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูง และปรับเปลี่ยนหน้างานของผู้ปฏิบัติที่พบความผิดปกติให้ไม่สัมผัสกับความดันบรรยากาศ
2. อบรมให้ความรู้เกี่ยวกับ Dysbaric osteonecrosis ในผู้ปฏิบัติงานเพื่อเพิ่มความตระหนักถึงความรุนแรงของโรค เนื่องจากในการศึกษายังมีผู้ปฏิบัติงานที่ยังไม่ปฏิบัติตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย เช่น การใส่หน้ากากออกซิเจน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในอนาคต

1. การศึกษาการเกิดภาวะกระดูกตายจากความดันที่ผิดปกติ ควรมีการเก็บข้อมูลการตรวจชนิดอื่น เช่น bone scan หรือ เอ็กซเรย์ เป็นต้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบว่าสามารถใช้แทนการตรวจ MRI เพื่อลดปัญหาเรื่องค่าใช้จ่าย
2. การศึกษาการเกิดภาวะกระดูกตายจากความดันที่ผิดปกติในผู้ปฏิบัติงาน ในภาวะที่มีความดันบรรยากาศสูง อื่นๆ เช่น นักดำน้ำอาชีพ compressed air worker เป็นต้น เนื่องจากเป็นกลุ่มอาชีพที่ทำงานรับสัมผัสความดันบรรยากาศสูง มีความเสี่ยงเช่นเดียวกับผู้ปฏิบัติงานในห้องปรับความดันบรรยากาศสูง



**THANK
YOU**