

การพัฒนาชุดตรวจสอบค่า kVp และ HVL และ Exposure ของเครื่องเอกซเรย์

อรรถโกวิท สงวนสัตย์* อรรถพร ภัทรสุมันต์ กิจจา จงกิตติวิทย์

ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทรศัพท์ 0-2218-6781

บทคัดย่อ

ได้พัฒนาชุดตรวจสอบคุณภาพเครื่องผลิตรังสีเอกซ์วินิจฉัยโดยใช้อุปกรณ์วัดรังสีชนิดทีแอลดี ร่วมกับแผ่นกรองรังสีทองแดงและอะลูมิเนียม สามารถนำผลที่อ่านได้จากทีแอลดีไปวิเคราะห์หาความต่างศักย์สูงสุด (kVp) ความหนาครึ่งค่า (HVL) และเอกซ์โพเชอร์ (exposure) ได้จากการฉายรังสีครั้งเดียว ผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนสัญญาณของทีแอลดี 200 ที่ผ่านแผ่นกรองรังสีทองแดงที่มีความหนา 0.2 และ 1.5 มิลลิเมตร จะแปรผันตามความต่างศักย์สูงสุด ในขณะที่สัญญาณของทีแอลดี 700 ที่ผ่านแผ่นกรองรังสีอะลูมิเนียมความหนา 1.3, 2.6 และ 4.0 มิลลิเมตร และสัญญาณที่ไม่ผ่านแผ่นกรองรังสีสามารถใช้วิเคราะห์ความหนาครึ่งค่าและเอกซ์โพเชอร์ได้ ชุดตรวจสอบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องผลิตรังสีเอกซ์วินิจฉัยได้ทั้งระบบ 1 เฟส 3 เฟส และระบบความถี่สูง แต่ไม่เหมาะสำหรับใช้ตรวจสอบเครื่องผลิตรังสีเอกซ์วินิจฉัยโรคฟัน

คำสำคัญ : ความต่างศักย์สูงสุด ความหนาครึ่งค่า เอกซ์โพเชอร์

Development of a Quality Test Kit for Diagnostic X-ray Equipment

Attakovit Sanguensat* Attaporn Pattarasumunt Kijja Chongkitivitya

Department of Nuclear Technology, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Tel. 0-22186781

Abstract

A Quality Test Kit for diagnostic X-ray equipment was developed by using TLD as a radiation detectors with the aid of copper and aluminum filters. The TLD signal could be used to analyze the high voltage potential (kVp), Half Value Layer (HVL) and output (exposure) from a single exposure. It was found that The TLD 200 signal ratio filtered by the copper thickness 0.2 and 1.5 millimetre was proportional to the kVp while the TLD 700 signal filtered by the set of aluminum thickness 1.3, 2.6, 4.0 millimetre and a unfiltered TLD signal were used to analyze the HVL and exposure. The Test Kit can be used to determined those three technical parameters from most of 1 phase, 3 phase and high frequency diagnostic X-ray equipment but not suitable for dental X-ray equipment.

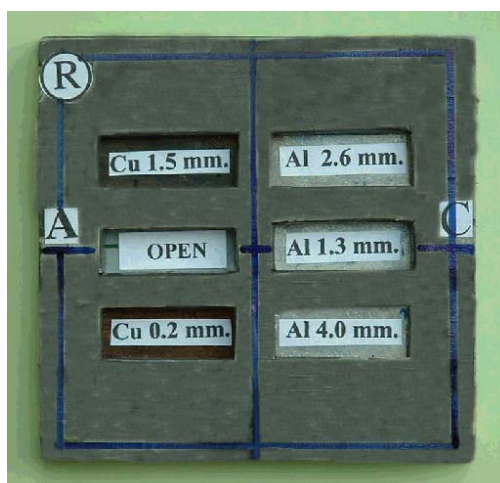
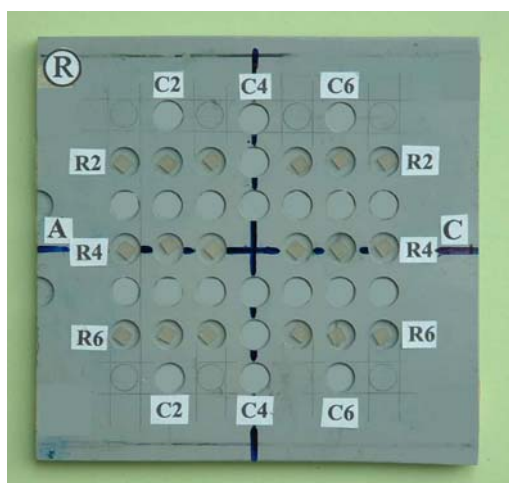
Key words: High Voltage Potential, Half Value Layer, Exposure

บทนำ

การควบคุมคุณภาพของเครื่องผลิตรังสีรังสีเอกซ์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งระบบประกันคุณภาพ (Quality assurance : QA)^[1] ในการควบคุมคุณภาพต้องมีการควบคุมตัวประกอบทางเทคนิค (Technical factor) ที่สำคัญ คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุดของหลอด กระแสที่จ่ายให้หลอดรังสีเอกซ์ เวลาในการฉายรังสีและความหนาครึ่งค่า (Half Value Layer : HVL) ตัวประกอบเหล่านี้ได้รับการสอบเทียบ (Calibration) มาแล้วจากโรงงานผู้ผลิตแต่หลังจากติดตั้งแล้วควรจะต้องได้รับการตรวจสอบและปรับเทียบใหม่จากบริษัทผู้ติดตั้ง และเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งประสิทธิภาพของเครื่องผลิตรังสีเอกซ์จะลดลง ค่าตัวประกอบทางเทคนิคอาจคลาดเคลื่อนไปจากจุดที่เคยสอบเทียบไว้ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงไปมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดของประเทศหรือระดับสากล^[2,3,4] การตรวจสอบตัวประกอบเทคนิคต่าง ๆ ได้แก่ ความต่างศักย์สูงสุดของหลอด เวลาที่ตั้งในการฉายรังสีและเอกซ์โพซิเจอร์ สามารถตรวจสอบได้พร้อม ๆ กันจากการฉายรังสีเพียงครั้งเดียวโดยใช้เครื่องวัดชนิดอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนความหนาครึ่งค่าตรวจสอบได้จากการฉายรังสีขณะไม่มีแผ่นกรองรังสีและมีแผ่นกรองรังสี ถึงแม้ว่าการตรวจวัดโดยใช้เครื่องวัดชนิดนี้จะมีความรวดเร็วแต่เครื่องมือดังกล่าวมีราคาค่อนข้างแพง ชุดละประมาณ 800,000 บาท จึงเป็นเรื่องยากและจะเสียค่าใช้จ่ายเป็นเงินตราต่างประเทศจำนวนมาก หากเจ้าของเครื่องผลิตรังสีเอกซ์จะจัดหาเครื่องมือเหล่านี้ไว้ใช้งานเองและเนื่องจากเครื่องผลิตรังสีเอกซ์ทั่วประเทศมีจำนวนทั้งสิ้น 6,530 เครื่อง (พ.ศ. 2546) กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์สามารถตรวจสอบได้ประมาณปีละ 2,100 เครื่องหรือประมาณ 30 % เท่านั้น เนื่องจากมีบุคลากรไม่พอเพียงในการทำงานดังกล่าว แนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าวอาจทำได้โดยใช้ชุดตรวจสอบคุณภาพเครื่องผลิตรังสีเอกซ์วินิจัยที่สามารถส่งทางไปรษณีย์^[5] ให้ผู้ใช้ฉายรังสีตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วส่งกลับคืนเพื่อวิเคราะห์ค่าตัวประกอบเทคนิคบางตัวที่กำหนดไว้ หากผลการวิเคราะห์ผ่านค่ามาตรฐานก็ถือว่าตรวจสอบผ่าน หากผลจากชุดตรวจสอบคุณภาพไม่ผ่าน อาจต้องส่งชุดตรวจสอบคุณภาพไปตรวจสอบใหม่หรือใช้เจ้าหน้าที่ออกไปตรวจสอบแบบเดิม การตรวจสอบโดยใช้ชุดตรวจสอบคุณภาพที่พัฒนาขึ้นโดยการส่งทางไปรษณีย์เป็นการลดการทำงานของเจ้าหน้าที่ หากต้องการตรวจเครื่องผลิตรังสีเอกซ์ทั้งหมดทั่วประเทศก็อยู่ในวิสัยที่ทำได้ เพราะเจ้าหน้าที่ไม่จำเป็นต้องออกไปตรวจทั้งหมด อาจเลือกตรวจเฉพาะเครื่องที่ไม่ผ่านการทดสอบเท่านั้น ในประเทศสหรัฐอเมริกาก็นิยมส่งชุดตรวจค่าตัวประกอบทางเทคนิคต่างๆ ไปให้ผู้เป็นเจ้าของเครื่องผลิตรังสีเอกซ์ทางไปรษณีย์ แล้วส่งกลับคืน เพื่อตรวจรับรอง (Audit) ตัวประกอบทางเทคนิคเช่น ความหนาครึ่งค่า หรือเพื่อการรับรองค่าปริมาณรังสีจากการถ่ายภาพ เพื่อวินิจฉัยโรคที่เจ้าของเครื่องผลิตรังสีเอกซ์ต้องปิดประกาศให้ผู้เข้ารับการวินิจฉัยโรคทราบว่าได้รับรังสีปริมาณเท่าใดจากการถ่ายภาพรังสีเพื่อวินิจฉัยโรคนั้น^[6]

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

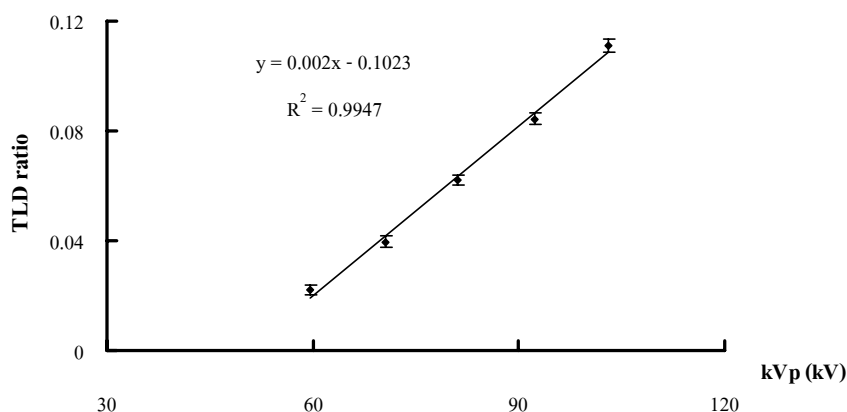
เลือกใช้ทีแอลดีแบบ Chip ชนิดความไวสูง TLD 200 และ ชนิด TLD 700 ใช้กับเครื่องอ่านทีแอลดี HARSHAW 3500 บรรจุทีแอลดีในหลุมที่ทำจากแผ่นพีวีซี ออกแบบชุดแผ่นกรองรังสีโดยใช้แผ่นทองแดงหนา 0.2 และ 1.5 มิลลิเมตร กรองรังสีเอกซ์ที่ผ่าน TLD 200 สำหรับวิเคราะห์ค่าความต่างศักย์สูงสุด ใช้แผ่นกรองรังสี อะลูมิเนียมความหนา 1.3 , 2.6 และ 4.0 มิลลิเมตร กรองรังสีเอกซ์ที่ผ่าน TLD 700 สำหรับวิเคราะห์ค่าความหนาครึ่งค่า และมีช่องเปิด 1 ช่องสำหรับวิเคราะห์ค่าเอกซ์โพซเจอร์ ใช้แผ่นตะกั่วและทองแดงปิดด้านล่างของแผ่นพีวีซีและด้านบนของชุดแผ่นกรองเพื่อป้องกันรังสีสะท้อน แผ่นทองแดงทำหน้าที่ป้องกันรังสีเฉพาะตัวที่อาจเกิดจากแผ่นตะกั่ว หลังจากทดสอบผลการออกแบบ แล้วนำชุดตรวจสอบคุณภาพที่พัฒนาขึ้นไปสอบค่าความต่างศักย์สูงสุด ระหว่าง 60-100 กิโลโวลต์ สอบเทียบปริมาณเอกซ์โพซเจอร์กับเครื่องวัดรังสีมาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และสอบเทียบค่าความหนาครึ่งค่ากับแผ่นอะลูมิเนียมมาตรฐานชนิด 1100 โดยใช้เครื่องตรวจสอบคุณภาพ RMI



รูปที่ 1. แสดงตำแหน่งของ ทีแอลดี และแผ่นกรองรังสีของชุดตรวจสอบคุณภาพที่พัฒนาขึ้น

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนสัญญาณจาก TLD 200 ที่ผ่านแผ่นกรองรังสีทองแดง แปรผันตาม ค่าความต่างศักย์สูงสุด ดังกราฟ แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ สูงสุด (kVp) และอัตราส่วนสัญญาณ ที่แอลดี

ตารางข้างล่างแสดงผลการนำชุดตรวจสอบมาตรฐานที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานจริงโดยวัดค่าตัวประกอบทางเทคนิคของผลิตภัณฑ์เอกซเรย์ชนิด 1 Phase Half Wave (1PH) , 1 Phase Full Wave (1PF) และเครื่องชนิด 3 Phase (3P6 หรือ 3p12)หรือ ชนิด High Frequency (HF) และชนิด Capacitor Discharge (CD) โดยเทียบกับ เครื่องตรวจสอบมาตรฐาน RMI ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์และตั้งค่าที่ 80 kVp

ลำดับที่	ชนิด เครื่อง	kVp (kV)			HVL (mm.Al)			Exposure(mR)		
		RMI	Test Kit	% Diff	RMI	Test Kit	% Diff	RMI	Test Kit	% Diff
1	1PH	62.4	61.2	-1.9	1.9	1.7	-11.8	564	487	-13.7
2	1PF	91.3	90.3	-1.1	3.7	3.6	-2.8	482	532	10.4
3	1PF	76.0	76.8	1.1	2.8	2.7	-3.7	499	530	6.2
4	3P6	80.0	81.2	1.5	3.5	3.3	4.1	738	859	16.4 *
5	3P12	81.9	82.9	1.2	3.8	3.7	2.6	1070	1136	6.2
6	HF	80.1	83.3	4.0	4.5	4.4	1.7	626	787	25.7 *
7	HF	82.3	86.5	5.1	3.6	3.4	4.6	940	947	0.7
8	HF	79.0	79.8	1.0	4.0	3.7	-7.1	820	845	3.0
9	CD	79.6	83.5	4.9	3.9	3.9	0.0	1010	903	-10.6
10	CD	76.1	73.9	-2.9	2.9	2.7	7.3	940	1150	22.3 *

หมายเหตุ * อุปกรณ์จำกัดลำรังสี (Beam Limiting Device) ไม่ได้มาตรฐาน

เมื่อนำชุดตรวจสอบคุณภาพที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานวิเคราะห์ตัวประกอบเทคนิคเครื่องผลิตรังสีเอกซ์ชนิด 1 Phase Half Wave (1PH) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยโรคพบว่า สามารถวิเคราะห์ความต่างศักย์สูงสุดได้ใกล้เคียงกับการวัดโดยเครื่องตรวจสอบมาตรฐาน ส่วนผลการวิเคราะห์ความหนาครึ่งค่าเทียบกับเครื่องตรวจสอบมาตรฐาน RMI พบว่า มีความผิดพลาดสูงเนื่องจากเครื่องชนิด 1 PH ส่วนใหญ่มีพลังงานเฉลี่ยต่ำ ความหนาครึ่งค่ามีค่าประมาณ 1.6 ถึง 1.7 มิลลิเมตรของอะลูมิเนียม ดังนั้นความหนาของแผ่นอะลูมิเนียมที่ออกแบบไว้ในชุดตรวจสอบคุณภาพที่พัฒนาขึ้นซึ่งมีความหนา 1.3, 2.6 และ 4.0 มิลลิเมตรมีความหนามากเกินไป สัญญาณของทีแอลดีได้แผ่นอะลูมิเนียมความหนา 4.0 มิลลิเมตรจะเหลือใกล้เคียงกับค่าเบคกราวด์ ซึ่งไม่เหมาะที่จะนำมาใช้คำนวณ และเนื่องจากการกำหนดค่ารังสีของเครื่องชนิดนี้ด้วยกรวยรูปทรงกระบอกที่มีขนาดคงที่ ทำให้ลำรังสีไม่ครอบคลุมอุปกรณ์วัดรังสีของชุดตรวจสอบคุณภาพที่พัฒนาขึ้น ดังนั้นหากต้องการวิเคราะห์ตัวประกอบเทคนิคของเครื่องผลิตรังสีเอกซ์ชนิด 1PH ควรปรับเปลี่ยนความหนาของแผ่นอะลูมิเนียม และปรับระยะชิดของหลุมบรรจุทีแอลดีให้น้อยลงผลการนำไปใช้กับเครื่องชนิด 1PH ผลการวิจัยพบว่าได้ผลค่อนข้างดีมาก สามารถวิเคราะห์ความต่างศักย์สูงสุดที่ไม่ได้มาตรฐานได้ เช่นเดียวกับการใช้เครื่องตรวจสอบมาตรฐาน RMI ได้แก่ เครื่องลำดับที่ 2 ที่แสดงในตารางที่ 1 โดยวิเคราะห์ความต่างศักย์สูงสุดได้ 90.3 ในขณะที่เครื่องตรวจสอบมาตรฐาน RMI วัดได้ 91.3 ซึ่งแตกต่างจากค่าที่ตั้งที่ 80 กิโลโวลต์ เกินร้อยละ ± 10 ส่วนความหนาครึ่งค่าผลวิเคราะห์มีความแตกต่างสูงสุงน้อยกว่าร้อยละ 4.0 และปริมาณเอกซ์โพเชอร์มีความแตกต่างสูงสุงน้อยกว่าร้อยละ 10.0 จะเห็นได้ว่าการนำชุดตรวจสอบคุณภาพที่พัฒนาขึ้นมาใช้กับเครื่องชนิด 1PH ก่อนข้างให้ผลที่ดีเนื่องจากทำการสอบเทียบมาตรฐานกับเครื่องชนิดนี้ ส่วนผลการนำไปใช้กับเครื่องชนิด 3P6, 3P12, HF หรือ CD พบว่า อัตราส่วนสัญญาณของทีแอลดีได้แผ่นทองแดงที่ความต่างศักย์สูงสุด 80 กิโลโวลต์ สำหรับเครื่องประเภทนี้จะมีค่าสูงกว่าเครื่องชนิด 1PH ที่ใช้เป็นเครื่องมาตรฐานในการสอบเทียบประมาณ 1.28 เท่าดังนั้นในการวิเคราะห์ความต่างศักย์สูงสุด จึงต้องทำการแก้ค่าอัตราส่วนสัญญาณของทีแอลดีก่อนแล้วจึงนำมาเทียบกับกราฟสอบเทียบ หลังจากแก้ค่าดังกล่าวแล้วพบว่าผลการวิเคราะห์ความต่างศักย์สูงสุดมีความแตกต่างจากเครื่องตรวจสอบมาตรฐาน RMI สูงสุดร้อยละ 5.1 ส่วนความหนาครึ่งค่าสามารถวิเคราะห์ได้โดยไม่ต้องแก้ค่าเนื่องจากคำนวณจากเป็นปริมาณที่สัมพันธ์กัน โดยผลการวิเคราะห์มีความแตกต่างกันสูงสุงร้อยละ 7.1 ส่วนปริมาณเอกซ์โพเชอร์ส่วนใหญ่มีความแตกต่างไม่เกินร้อยละ 10 แต่พบเครื่องที่มีความแตกต่างกันสูงตั้งแต่ร้อยละ 16 ถึง ร้อยละ 25 ซึ่งจากการตรวจสอบเครื่องดังกล่าวโดยเจ้าหน้าที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่าลำรังสีจากเครื่องจำกัดลำรังสีเหลื่อมลำกับลำแสงไฟเกินมาตรฐานซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุให้ปริมาณรังสีด้านแอโนดของหลอดมากกว่าปกติทำให้กับสัญญาณของทีแอลดี 700 มีค่ามากขึ้น

สรุป

ชุดตรวจสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจสอบค่า kVp HVL และ Exposure ของเครื่องเอกซเรย์ ชนิด 1 หรือ 3 phase หรือเครื่องชนิดความถี่สูงได้ดี แต่ไม่เหมาะสำหรับการตรวจสอบเครื่องเอกซเรย์ฟัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ลักษณะพิสัยของชุดตรวจสอบคุณภาพเครื่องผลิตรังสีเอกซ์วินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น

ขนาด	110 มิลลิเมตร x 110 มิลลิเมตร x 13 มิลลิเมตร
น้ำหนัก	ประมาณ 400 กรัม
ความสามารถในการวิเคราะห์	สามารถวิเคราะห์ kVp HVL และ เอกซ์โพเชอร์ของเครื่องผลิตรังสีเอกซ์ วินิจฉัย จากการฉายรังสีครั้งเดียว
ความต่างศักย์สูงสุด	ในช่วง 60 – 100 kVp โดยมีความผิดพลาดน้อยกว่า $\pm 6\%$ ที่ 80Vp เมื่อเทียบกับเครื่องตรวจมาตรฐาน RMI
ความหนาครั้งค่า	มีความผิดพลาดน้อยกว่า $\pm 10\%$ ที่ 80 kVp เมื่อ เทียบกับเครื่องตรวจสอบมาตรฐานRMIและเครื่อง ผลิตรังสีเอกซ์ได้มาตรฐาน
เอกซ์โพเชอร์	มีความผิดพลาดน้อยกว่า $\pm 10\%$ ที่ 80 kVp เมื่อ เทียบกับเครื่องตรวจสอบมาตรฐาน RMI และเครื่อง ผลิตรังสีเอกซ์ได้มาตรฐาน

รายการอ้างอิง

1. จิตต์ชัย สุริยะไชยากร และคณะฯ 2538 . การควบคุมคุณภาพของภาพเอกซเรย์ . กรุงเทพมหานคร : พี.เอ.ลีฟวิ่ง.
2. วิทยาศาสตร์การแพทย์, กรม 2544. มาตรฐานและคุณสมบัติผู้รับผิดชอบทางเทคนิคของเครื่องกำเนิดรังสีที่ใช้ในงานการแพทย์ .นนทบุรี : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
3. Food and Drug Administration, 1986. Code of Federal Regulation. Title 21. Chapter 1. Sub chapter J- Radiological Health Part 1000-1050. Washington : Government Printing Office.
4. National Council on Radiation Protection and Measurement, 1988. NCRP no. 99 . Quality Assurance for Diagnostic Imaging Equipment . p62. Bethesda U.S.A .
5. D.S. Arnold , A.D. Cotterill , M.C. Fitzgerald, 1993. The Development of a Postal Pack for Quality Control Audit of Diagnostic X-Ray Equipment. The Radiation Protection Dosimetry, vol 43, pp 287-288 , Kent : Nuclear Technology Publishing.
6. L.A. De Werd , N.B. Chiu, 1993. The Determination of Radiation Dose by Mail for Diagnostic Radiological Examinations with Thermoluminescent Dosimeters ,Radiation Protection Dosimetry, Vol 47,p 509-512, Kent : Nuclear Technology Publishing.