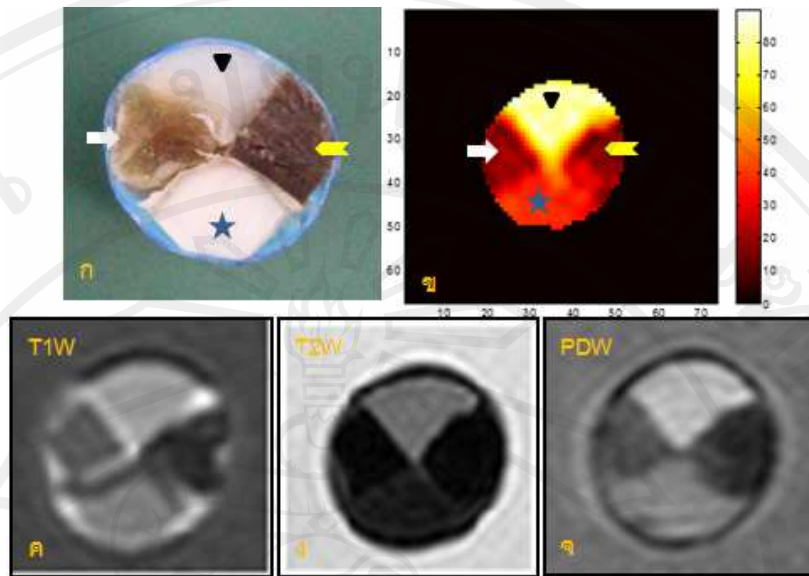


บทที่ 4

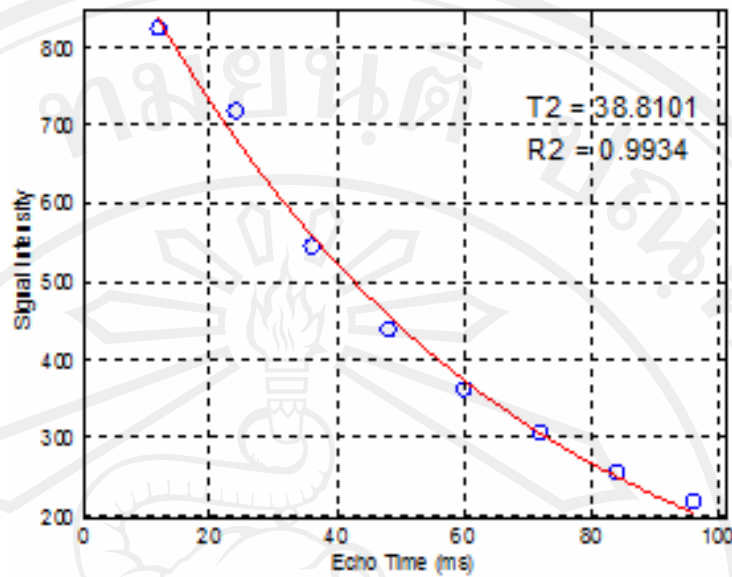
ผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษาในหุ่นจำลองที่ทราบชนิดของเนื้อเยื่อ (Known types of tissues Phantom Study)

ผลที่ได้จากภาพ T2 mapping สามารถแยกชนิดของเนื้อเยื่อได้อย่างชัดเจนจากสีที่แสดงบนภาพ T2 mapping ดังแสดงใน (รูปที่ 4.1ข) เนื่องจากแต่ละสีมีค่า T2 ของเนื้อเยื่อที่แตกต่างกันในแต่ละพิกเซล จากผลของการศึกษา ไขมันมีค่า T2 = 81-86 มิลลิวินาที เลือดมีค่า T2 = 8-23 มิลลิวินาที กระดูกอ่อนมีค่า T2 = 33-40 มิลลิวินาที และเนื้อที่ไม่มีไขมันมีค่า T2 = 16-20 มิลลิวินาที ตามลำดับ ค่าสัดส่วนหรือร้อยละของความถูกต้อง (R-Squared, R^2) ที่ได้จากการคำนวณค่า T2 มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.90-0.99 ในแต่ละพิกเซล ดังแสดงใน (รูปที่ 4.2) ซึ่งถือว่ามีค่าร้อยละของความผิดพลาดน้อย นั่นสามารถบ่งบอกถึงค่า T2 ที่ได้จากการคำนวณหาชนิดของเนื้อเยื่อยังมีประสิทธิภาพและมีความถูกต้องยิ่งขึ้นและเมื่อนำภาพ T2 mapping ที่ได้ ดังแสดงใน (รูปที่ 4.1ข) เปรียบเทียบกับภาพ multiple contrast weighted images คือ ภาพ T1W, ภาพ T2W และภาพ PDW ที่ตำแหน่งเดียวกัน ดังแสดงใน (รูปที่ 4.1ค ง และ จ) ตามลำดับ ผลที่ได้ภาพ T2 mapping สามารถแยกเนื้อเยื่อแต่ละชนิดได้อย่างชัดเจนจากสีที่แสดงบนภาพ T2 mapping แต่จากภาพ multiple contrasts weighted images ไม่สามารถที่จะแยกชนิดของเนื้อเยื่อได้เพียงภาพเดียวซึ่งต้องใช้ภาพจากหลายๆ weighted images มาประกอบการวินิจฉัยจึงจะสามารถแยกชนิดของเนื้อเยื่อได้



รูปที่ 4.1 (ก) ภาพถ่ายหุ่นจำลองเนื้อเยื่อที่ทราบชนิดของเนื้อเยื่อ (Known types of tissue) (ตามเหลี่ยมสีดำ) คือ ส่วนของไขมัน (หัวลูกศรสีเหลือง) คือ ส่วนของเลือด (ดาวสีน้ำเงิน) คือ ส่วนของกระดูกอ่อน (ลูกศรสีขาว) คือ ส่วนของเนื้อที่ไม่มีไขมันหรือเนื้อเยื่อปกติ (ข) ภาพ T2 mapping ของหุ่นจำลองที่ได้จากการ mapping ค่า T2 ไขมันมีค่า $T2 = 81-86$ มิลลิวินาที เลือดมีค่า $T2 = 8-15$ มิลลิวินาที กระดูกอ่อนมีค่า $T2 = 33-40$ มิลลิวินาที และเนื้อที่ไม่มีไขมันหรือเนื้อเยื่อปกติมีค่า $T2 = 16-20$ มิลลิวินาที ตามลำดับ เปรียบเทียบกับภาพ multiple contrast weighted images (ค) ภาพ T1W, (ง) ภาพ T2W และ (จ) ภาพ PDW ที่ตำแหน่งเดียวกัน ตามลำดับ ภาพ T2 mapping สามารถแยกชนิดของเนื้อเยื่อได้อย่างชัดเจนจากสีที่แสดงบนภาพ T2 mapping แต่ภาพ multiple contrasts weighted images ต้องใช้ภาพจากหลาย weighted images มาประกอบการวินิจฉัยจึงจะสามารถแยกชนิดของเนื้อเยื่อได้

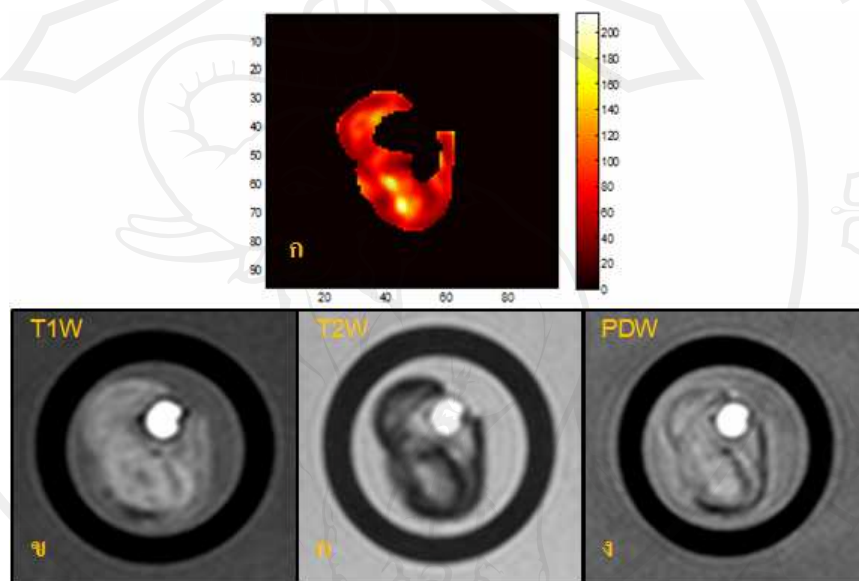


รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างของค่า T_2 และค่า R^2 ที่ได้จากคำนวณในหนึ่งพิกเซลที่ตำแหน่งเดียวกันทั้ง 8 TE จากการฟิตเคิร์ฟ (curve fitting) ในแบบ simple mono-exponential ค่า $T_2 = 38.8101$ มิลลิวินาที และค่า $R^2 = 0.9934$

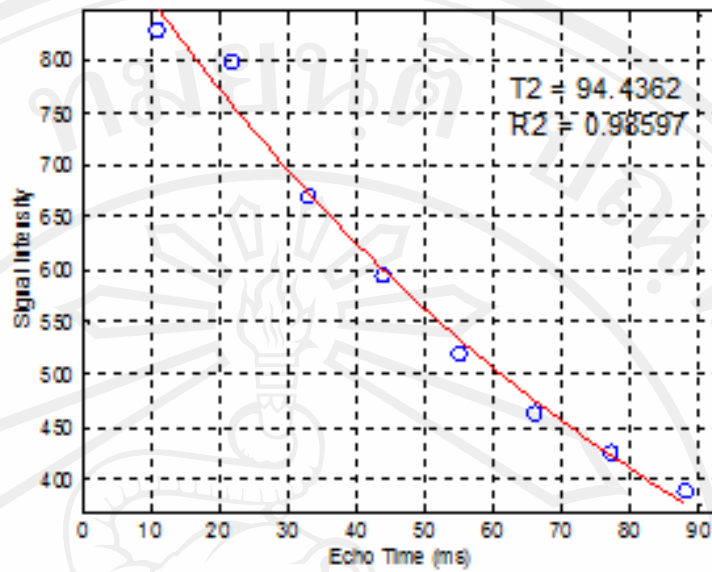
4.2 ผลการศึกษาในหุ่นจำลองตัวอย่างสิ่งส่งตรวจของแผ่นไขมัน (Phantom Carotid Endarterectomy, CEA)

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาค่า T_2 (T_2 mapping) จากภาพ T_2 ที่ได้จากเทคนิคการสร้างภาพแบบลำดับพัลส์ สปิน เอคโค มัลติเอคโคพัลส์ซีควเอนซ์ (Spin Echo multi-echoes pulse sequence) ของหุ่นจำลองตัวอย่างสิ่งส่งตรวจของแผ่นไขมัน (CEA) ในทุกๆ พิกเซลบนภาพภายในพื้นที่ที่สนใจ (Region Of Interest, ROI) จากทั้งหมด 8 TE ในแต่ละชุดข้อมูลภาพ ด้วยโปรแกรม Matlab ที่สร้างขึ้นจากการฟิตเคิร์ฟ (curve fitting) แบบ simple mono-exponential โดยการ mapping ค่า T_2 (T_2 mapping) ทุกๆ พิกเซลบนภาพที่ตำแหน่งเดียวกันทั้ง 8 TE ผลที่ได้จาก T_2 mapping สามารถแยกเนื้อเยื่อแต่ละชนิดที่เป็นส่วนประกอบภายในแผ่นไขมันได้อย่างชัดเจนจากสีที่แสดงบนภาพ T_2 mapping เนื่องจากแต่ละสีมีค่า T_2 ที่แตกต่างกันในแต่ละพิกเซล ดังแสดงใน (รูปที่ 4.3ก) และค่าสัดส่วนหรือร้อยละของความถูกต้อง (R-Squared, R^2) ที่คำนวณได้มีค่าอยู่ในช่วง 0.90-0.99 ดังแสดงใน (รูปที่ 4.4) ซึ่งถือว่ามีค่าร้อยละของความผิดพลาดน้อย นั่นบ่งบอกถึงค่า T_2 ที่คำนวณได้ยังมีความแม่นยำยิ่งขึ้น เมื่อนำภาพ T_2 mapping ที่ได้ ดังแสดงใน (รูปที่ 4.3ก)

เปรียบเทียบกับภาพ multiple contrast weighted images คือ ภาพ T1W, ภาพ T2W และภาพ PDW ที่ตำแหน่งเดียวกัน ดังแสดงใน (รูปที่ 4.3 ข ค และ ง) ตามลำดับ ภาพ T2 Mapping สามารถแยกส่วนประกอบภายในแผ่นไขมันของหุ่นจำลองตัวอย่างสิ่งส่งตรวจของแผ่นไขมัน (CEA) ได้อย่างชัดเจนจากสีที่แสดงบนภาพ T2 Mapping แต่ภาพ multiple contrasts weighted images ไม่สามารถที่จะแยกส่วนประกอบภายในแผ่นไขมันเพียงภาพเดียวซึ่งต้องใช้ภาพจากหลายๆ weighted images มาประกอบการวินิจฉัยจึงจะสามารถแยกชนิดของส่วนประกอบภายในแผ่นไขมันได้



รูปที่ 4.3 (ก) ภาพ T2 Mapping ของหุ่นจำลองตัวอย่างสิ่งส่งตรวจของแผ่นไขมัน (CEA) ที่ได้จากการ mapping ค่า T2 จากการฟิตเคิร์ฟ (curve fitting) ในแบบ simple mono-exponential เปรียบเทียบกับภาพ multiple contrast weighted images (ข) ภาพ T1W, (ค) ภาพ T2W และ (ง) ภาพ PDW ที่ตำแหน่งเดียวกัน ตามลำดับ ภาพ T2 mapping สามารถแยกส่วนประกอบภายในแผ่นไขมันได้อย่างชัดเจนจากสีที่แสดงบนภาพ T2 mapping แต่ภาพ multiple contrasts weighted images ต้องใช้ภาพจากหลาย weighted images มาประกอบการวินิจฉัยจึงจะสามารถแยกส่วนประกอบภายในแผ่นไขมันได้

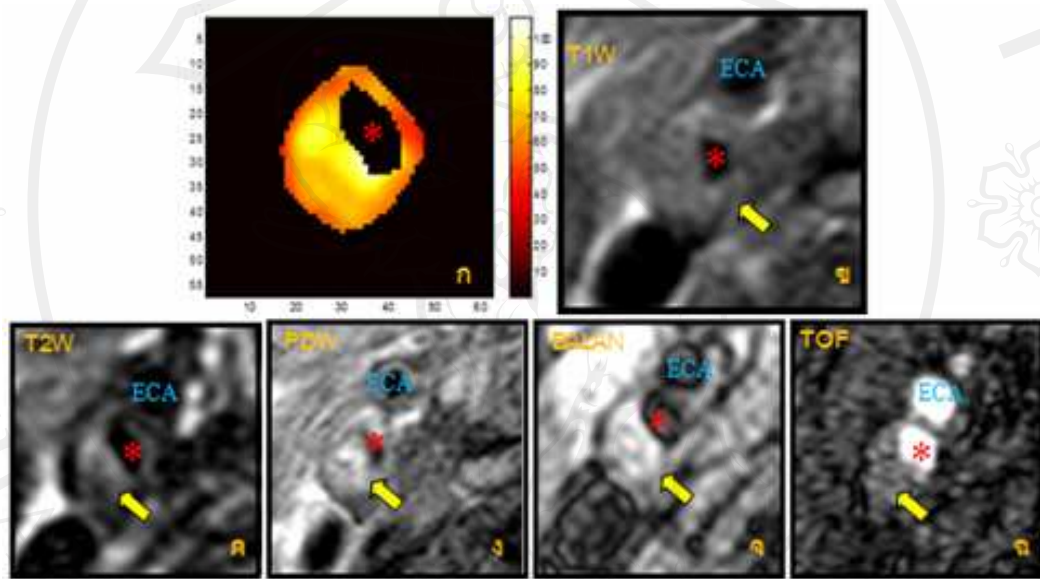


รูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่างค่า T_2 และค่า R^2 ในหนึ่งพิกเซลที่ตำแหน่งเดียวกันทั้ง 8 TE ของหุ่นจำลอง ตัวอย่างสิ่งส่งตรวจของแผ่นไขมัน (CEA) จากการฟิตเคิร์ฟ (curve fitting) ในแบบ simple mono-exponential ค่า $T_2 = 94.4362$ มิลลิวินาที และค่า $R^2 = 0.98597$

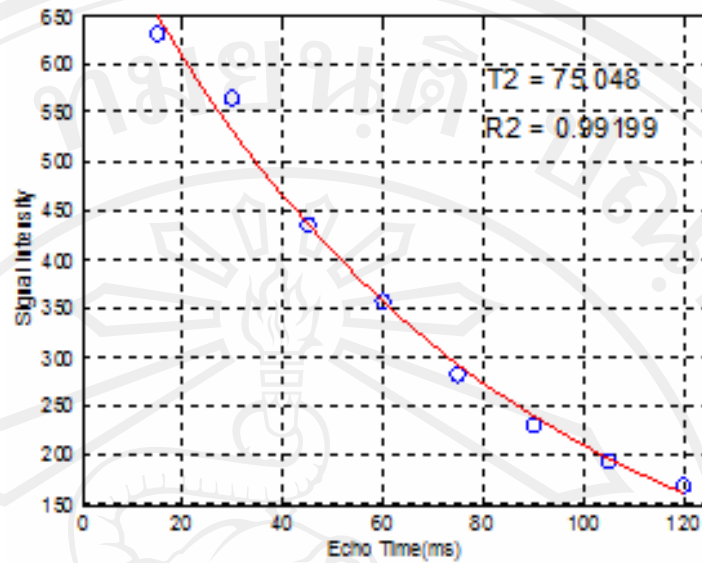
4.3 ผลการศึกษาในอาสาสมัครที่เป็นโรคหลอดเลือดหัวใจตีบแข็งตัวจากแผ่นไขมัน (Human subject Study)

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพ T_2 ของอาสาสมัครที่เป็นโรคหลอดเลือดหัวใจตีบแข็งตัวจากแผ่นไขมัน (carotid atherosclerosis plaque) ด้วยเทคนิคการสร้างภาพแบบลำดับพัลส์แบบลัด สปิน เอคโค มัลติเอคโค พัลส์ซีควเอน (Black Blood Spin Echo multi-echoes pulse sequence, 8 TE) เพื่อการคำนวณค่า T_2 ในทุกๆ พิกเซลบนภาพ โดยใช้โปรแกรม Matlab ที่สร้างขึ้นด้วยการฟิตเคิร์ฟ (curve fitting) ในแบบ simple mono-exponential ทำการการ mapping ค่า T_2 (T_2 mapping) ทุกๆ พิกเซลบนภาพที่ตำแหน่งเดียวกันทั้ง 8 TE หรือ 8 ภาพ ผลที่ได้ภาพ T_2 mapping สามารถแยกส่วนประกอบภายในแผ่นไขมันได้อย่างชัดเจนจากสีที่แสดงบนภาพ T_2 mapping เนื่องจากแต่ละสีมีค่า T_2 ที่แตกต่างกันในแต่ละพิกเซล ดังแสดงใน (รูปที่ 4.5ก) และค่าสัดส่วนหรือร้อยละของความถูกต้อง (R -Squared, R^2) ที่ได้จากการคำนวณมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.90-0.99 ในแต่ละพิกเซล ดังแสดงใน (รูปที่ 4.6) ซึ่งถือว่ามีค่าร้อยละของความผิดพลาดน้อย นั้นสามารถบ่งบอกถึงค่า T_2 ที่ได้จากการคำนวณหาส่วนประกอบภายในแผ่นไขมันยังมีประสิทธิภาพและมีความถูกต้องและเมื่อนำภาพ T_2 mapping ที่ได้ ดังแสดงใน (รูปที่ 4.5ก) เปรียบเทียบกับภาพ

multiple contrast weighted images คือ ภาพ T1W, ภาพ T2W, ภาพ PDW, ภาพ BALANCE และ ภาพ TOF ตำแหน่งเดียวกัน ดังแสดงใน (รูปที่ 4.5 ข ค ง จ และ ฉ) ตามลำดับ ผลที่ได้ภาพ T2 mapping สามารถแยกส่วนประกอบภายในแผ่นไขมันได้อย่างชัดเจนจากสีที่แสดงบนภาพ T2 mapping แต่ภาพ multiple contrasts weighted images ไม่สามารถที่จะแยกส่วนประกอบภายในแผ่นไขมันได้เพียงภาพเดียวซึ่งต้องใช้ภาพจากหลายๆ weighted images มาประกอบการวินิจฉัยจึงจะสามารถแยกส่วนประกอบภายในแผ่นไขมันได้



รูปที่ 4.5 (ก) ภาพ T2 Mapping ของหลอดเลือดแดง ICA แข็งตัวจากแผ่นไขมันข้างซ้าย ที่ได้จากการ mapping ค่า T2 จากการฟิตเคิร์ฟ (curve fitting) ในแบบ simple mono-exponential เปรียบเทียบกับภาพ multiple contrast weighted images (ข) ภาพ T1W, (ค) ภาพ T2W, (ง) ภาพ PDW, (จ) ภาพ BALANCE และ (ฉ) ภาพ TOF ที่ตำแหน่งเดียวกัน ตามลำดับ ภาพ T2 mapping สามารถแยกส่วนประกอบภายในแผ่นไขมันได้อย่างชัดเจนจากสีที่แสดงบนภาพ T2 mapping แต่ภาพ multiple contrasts weighted images ต้องใช้ภาพจากหลาย weighted images มาประกอบการวินิจฉัยจึงจะสามารถแยกส่วนประกอบภายในแผ่นไขมันได้ (ลูกศรสีเหลืองชี้) คือ หลอดเลือดแดง ICA แข็งตัวจากแผ่นไขมันข้างซ้าย (เครื่องหมายดอกจันสีแดง) คือ รูของหลอดเลือดแดง ICA



รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างของค่า T_2 และค่า R^2 ของเนื้อเยื่อหนึ่งชนิดที่เป็นส่วนประกอบภายในแผ่นไขมันของหลอดเลือดแดง ICA ข้างซ้าย ในหนึ่งพิกเซลที่ตำแหน่งเดียวกันทั้ง 8 TE จากการฟิตเคิร์ฟ (curve fitting) ในแบบ simple mono-exponential ค่า $T_2 = 75.048$ มิลลิวินาที และค่า $R^2 = 0.99199$