บทที่ 5
วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

การวัดค่า T_2* จากภาพเอ็มอาร์ มีประโยชน์เนื่องจาก สามารถนำค่า T_2* ไปใช้ในการประเมินภาวะเหล็กสะสมในอวัยวะต่างๆได้ [7-19, 40] เพื่อให้การประเมินมีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องลดปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดค่า T_2* การศึกษานี้จึงได้ทำการวัดค่า T_2* ภายใต้สภาวะที่สนามแม่เหล็กหลักถูกรบกวนในระดับต่างๆ โดยใช้พารามิเตอร์การควบคุมคุณภาพเครื่องเอ็มอาร์ไอ คือ การตรวจสอบความสม่ำเสมอของ สนามแม่เหล็กหลักด้วยวิธี phase different การตรวจสอบความสม่ำเสมอบนภาพ และการ ตรวจสอบ สัดส่วนสัญญาณภาพต่อสัญญาณรบกวน เพื่อประเมินระดับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กหลักที่สัมพันธ์กับค่า T_2* ที่วัดได้ ได้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) พบว่า ความสม่ำเสมอ ของ สนามแม่เหล็กหลัก และความสม่ำเสมอบนภาพ มี ผลต่อค่า T_2* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P = 0.000) ซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ (3) คือ ค่า T_2* เป็นผลรวมของ การผ่อนคลายแนวขวางแบบสปิน สปิน (T_2) และความไม่สม่ำเสมอของสนามแม่เหล็ก ที่ประกอบไปด้วยสองส่วนคือ ความไม่สม่ำเสมอที่ เกิด จากภายในวัตถุ ($T_{2\,MS}$) และความไม่สม่ำเสมอ จากสนามแม่เหล็กภายนอกวัตถุ ($T_{2\,M}$) [11, 20, 30-32]

จากการศึกษาพบว่า ที่ความไม่สม่ำเสมอของสนามแม่เหล็กหลักในช่วง 0.37 ppm ถึง 0.90 ppm และช่วง 1.00 ppm ถึง 1.30 ppm สำหรับค่า T_2* ในช่วง 10.2 ถึง 50.7 มิลลิวินาที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P = 0.100) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถ้าสนามแม่เหล็กหลักถูกรบกวนจากภายนอกต่ำกว่า 0.90 ppm มีแนวโน้มว่าไม่มีผลกระทบต่อค่า T_2* ในช่วง 10.2 ถึง 50.7 มิลลิวินาที และได้ผลการประเมินความสม่ำเสมอบนภาพ พบว่า ในช่วง 55.31 เปอร์เซ็นต์ ถึง 89.05 เปอร์เซ็นต์ และช่วง 96.42 เปอร์เซ็นต์ ถึง 97.40 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่า T_2* ในช่วง 10.2 ถึง 50.7 มิลลิวินาที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P = 0.100) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถ้าเปอร์เซ็นต์ความสม่ำเสมอบนภาพมี ค่า สูงกว่า 89.05 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มว่าไม่มีผลกระทบต่อค่า T_2* ในช่วง 10.2 ถึง 50.7 มิลลิวินาที

การเปลี่ยนแปลงของค่า T_2* ภายใต้สภาวะที่สนามแม่เหล็กหลัก ถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอก ตั้งแต่ค่า 0.37 ppm ถึง 1.30 ppm และภายใต้สภาวะที่ความสม่ำเสมอบนภาพ มีค่าตั้งแต่ 55.31 เปอร์เซ็นต์ ถึง 97.40 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า T_2* ในแต่ละช่วงต่างกัน จากรูปที่ 7 และรูปที่ 8 พบว่า เมื่อความเข้มข้นของเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) สูงขึ้นถึงระดับ 1.0 ถึง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.0 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักเปียก ผลจากการรบกวนสนามแม่เหล็กหลัก และผลจากการเปลี่ยนแปลงของค่าเปอร์เซ็นต์ความไม่สม่ำเสมอบนภาพ ที่มีต่อค่า T_2* มีแนวโน้มลดลง เช่นที่ความเข้มข้นเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) 0.2 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักเปียก มีค่าเปอร์เซ็นต์สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของค่า T_2* เฉลี่ย เท่ากับ 4.85 ในขณะที่ความเข้มข้นเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) 2.0 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักเปียก มีค่าเปอร์เซ็นต์สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของค่า T_2* เฉลี่ย เท่ากับ 0.62 จากตารางที่ 11 นั่นคือค่า T_2* เฉลี่ยที่วัดได้จากความเข้มข้นเดียวกันแต่ต่างภาวะมีความแตกต่างกันน้อยลง เมื่อความเข้มข้นเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของความไม่สม่ำเสมอของเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) ภายในหุ่นจำลองเจล (microscopic) ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 ถึง 2.0 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนัก เปียก ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า T_2* มากกว่าความไม่สม่ำเสมอจากภายนอกหุ่นจำลอง เจล (macroscopic)

การนำค่าเปอร์เซ็นต์ความสม่ำเสมอบนภาพ (PIU) มาพล๊อตกราฟกับค่าความไม่สม่ำเสมอของสนามแม่เหล็กหลัก (ppm) เมื่อค่าทั้งสองที่ตำแหน่งเดียวกันได้จากการตรวจสอบที่ภาวะเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 10 พบว่า ค่าทั้งสองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกันคือ ความสม่ำเสมอ บนภาพเอ็มอาร์จะมาก (PIU สูง) เมื่อสนามแม่เหล็กหลักมีความสม่ำเสมอมาก (ppm ต่ำ) และความสม่ำเสมอบนภาพจะลดลงในขณะที่สนามแม่เหล็กหลักมีความสม่ำเสมอลดลงเช่นกัน และค่า เปอร์เซ็นต์ความสม่ำเสมอบนภาพ (PIU) เท่ากับ 89.05 เปอร์เซ็นต์ กับค่าความไม่สม่ำเสมอของ สนามแม่เหล็กหลัก (ppm) เท่ากับ 0.90 น่าจะมีความสามารถในการแยกกลุ่มค่า T_2* ได้

สำหรับพารามิเตอร์การตรวจสอบสัดส่วนสัญญาณภาพต่อสัญญาณรบกวน ได้ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) พบว่าค่า T_2* ที่ได้จากการเก็บสัญญาณที่ 7 ค่าสัดส่วนสัญญาณภาพต่อสัญญาณรบกวน (SNR) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P = 0.656) ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาก่อนหน้านี้ [2, 5, 6, 8, 20] ผู้วิจัยเชื่อว่าเป็นผลมาจากการตั้งความหนาของสไลด์ในการสแกนหุ่นจำลองน้ำ ตามขั้นตอนการ ตรวจสอบที่ 10 มิลลิเมตร [2, 5, 6] ซึ่งหนามากเกินไป ทำให้การเปลี่ยนแปลงค่า NSA ที่ 1 ถึง 7 ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า SNR บนภาพเอ็มอาร์ เปรียบกับการศึกษาที่ผ่านมาที่การวัดค่า T_2* บนภาพเอ็มอาร์ จะตั้งความหนาของสไลด์อยู่ที่ 1 ถึง 5 มิลลิเมตร จึงสามารถเห็นผลการเปลี่ยนแปลงของค่า SNR บนภาพเอ็มอาร์ [8]

สรุปผลการศึกษา ในการศึกษานี้พารามิเตอร์การตรวจสอบความสม่ำเสมอของสนามแม่เหล็ก หลัก และพารามิเตอร์การตรวจสอบความสม่ำเสมอบนภาพ น่าจะมีความเป็นไปได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพื่อนำมาใช้ ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการวัดค่า T_2* บนภาพเอ็มอาร์ เมื่อสนามแม่เหล็กหลักถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอก และพบว่าถ้าสนามแม่เหล็กหลักถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอกน้อยกว่า 0.90 ppm หรือ ถ้าภาพเอ็มอาร์มีค่าเปอร์เซ็นต์ความสม่ำเสมอบนภาพ (PIU) สูงกว่า 89.05 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มว่าจะไม่มีผลกระทบต่อค่า T_2* ที่วัดได้ และที่ระดับความเข้มข้นของเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) ภายในหุ่นจำลองเจล ในช่วง 1.0 ถึง 2.0 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักเปียก หรือค่า T_2* ที่สูงกว่า 20 มิลลิวินาที มีแนวโน้มที่ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของการวัดค่า T_2* เนื่องจากการรบกวนสนามจากภายนอกมีผลลดลง สำหรับการวัดค่า T_2* ช่วง 10.2 ถึง 50.7 มิลลิวินาที

ข้อจำกัดในการศึกษา

ข้อจำกัดในการศึกษานี้ การวัดค่า T_2* บนภาพเอ็มอาร์ และการควบคุมคุณภาพเครื่องเอ็มอาร์ไอด้วยพารามิเตอร์ทั้งสาม เป็นการวัดค่าต่างๆบนภาพเอ็มอาร์ภายในบริเวณที่สนใจ (ROI) ทำโดยการวาดตำแหน่งที่สนใจบนภาพเอ็มอาร์ทุกครั้ง ซึ่งอาจทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่สนใจจากการวาดตำแหน่งแต่ละครั้ง และในการศึกษานี้พบว่าพารามิเตอร์การตรวจสอบอัตราส่วนสัญญาณภาพต่อสัญญาณรบกวน ไม่มีผลต่อค่า T_2* เนื่องจากการใช้ความหนาของสไลด์ที่มากเกินไป

การศึกษาในอนาคต

พัฒนาและออกแบบโปรแกรม สำหรับการวาดบริเวณที่สนใจแบบระบุตำแหน่งพิกเซลบนภาพ ใช้ในการวัดค่าต่างๆบนภาพเอ็มอาร์ เพื่อความถูกต้องแม่นยำและลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวาดบริเวณที่สนใจ ทำการศึกษาพารามิเตอร์อัตราส่วนสัญญาณภาพต่อสัญญาณรบกวนโดยการลดความหนาของสไลด์ และศึกษาพารามิเตอร์อื่นๆของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอ็มอาร์ไอ ที่มีความเป็นไปได้ว่าอาจเกี่ยวข้องกับการเกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดค่า T_2*

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

สำหรับการวัดค่า T_2* จากภาพเอ็มอาร์ ด้วยการสร้างภาพจากเครื่องเอ็มอาร์ไอ 1.5 เทสลา ควรมีการตรวจสอบความสม่ำเสมอของสนามแม่เหล็ก โดยควรมีค่าความไม่สม่ำเสมอของสนามแม่เหล็กหลักต่ำกว่า 0.90 ppm และควรมีการตรวจสอบความสม่ำเสมอบนภาพ โดยควรมีค่าเปอร์เซ็นต์ความสม่ำเสมอบนภาพมากกว่า 89.05 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved