

การวัดปริมาณการไหลของเหลวในสมอง ตรงตำแหน่ง Aqueduct of Sylvius โดยใช้เทคนิค Phase Contrast Cine MR Imaging

ศรายุทธ วงศ์เหลา วท.บ.

กลุ่มงานรังสีวิทยา สถาบันประสาทวิทยา แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

Abstract: Analysis of Cerebrospinal Fluid Flow Quantification through Aqueduct of Sylvius using Phase Contrast Cine MR Imaging

Sarayut Wonglao, B.Sc.

Department of Radiology, Neurological institute of Thailand, Thung Phaya Thai, Khet Ratchathewi, Bangkok 10400

(E-mail: sr-wonglao@outlook.com)

(Received: July 4, 2018; Revised: September 14, 2018; Accepted: October 19, 2020)

Background: Neurological institute of Thailand has a high frequency of cerebrospinal fluid (CSF flow) quantification through aqueduct of sylvius so we were performed the difference region of interest (ROI) measurement comparable to standard while doesn't take a long time of post-processing. **Objective:** To evaluate compare the results of each ROI measurement and post-processing time to standard. **Method:** The retrospective study of the 50 patients with and without suspected Normal Pressure Hydrocephalus (NPH) who had 2D Phase Contrast cine MR Imaging with MRI 3T since 2015-2017 from PACS in Radiology Department. The analysis of CSF flow measurement has different ROI measurement include ROI 1 was performed automatic measurement in a circular ROI, manual measurement for ROI 2 that allows to standard, 50%, 75%, 25% manual measurement of the data for the ROI 3, 4, 5 in order and copy contours for the ROI 6. The ANOVA test was used to compare the values obtained each ROI measurement with the SPSS statistical. **Results:** The values of the ROI 3, 4 and 6 were not statistically significant to the ROI 2 and the ROI 6 was used post-processing time less than other ROI measurement. **Conclusion:** The ROI 6 was performed comparable precision to standard and shorter post processing time.

Keywords: Normal Pressure Hydrocephalus (NPH), CSF flow, Phase contrast cine MR Imaging, Aqueduct of sylvius

บทคัดย่อ

ภูมิหลัง: สถาบันประสาทวิทยามีการตรวจการวัดค่าปริมาณการไหลของเหลวในสมอง (cerebrospinal fluid, CSF flow) ตรงตำแหน่ง aqueduct of sylvius จำนวนมาก เพื่อการทำงานที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ จึงได้มีการออกแบบการวัด region of interest (ROI) เปรียบเทียบกับรูปแบบการวัด ROI ที่เป็นมาตรฐาน **วัตถุประสงค์:** เพื่อเปรียบเทียบการวัดค่า CSF flow ในสมอง ตรงตำแหน่ง aqueduct of sylvius แต่ละรูปแบบการวัด ROI ว่ามีความแม่นยำเทียบเคียงกับมาตรฐานและใช้เวลาไม่นาน **วิธีการ:** เป็นงานวิจัยเชิงทดลองข้อมูลย้อนหลังของผู้ป่วยที่สงสัยและไม่สงสัย normal pressure hydrocephalus (NPH) ที่มาตรวจ MRI 3 Tesla ด้วยเทคนิค 2D phase contrast cine MR imaging

จำนวน 50 ราย ตั้งแต่ปี 2558-2560 จากระบบจัดเก็บข้อมูลภาพทางรังสี (PACS) ของกลุ่มงานประสาทรังสีวิทยา นำมาวัดค่า CSF flow ในรูปแบบการวัด ROI ที่แตกต่างกัน 6 รูปแบบได้แก่ ROI 1 วัด automatic เป็นรูปแบบ circle ทั้งหมด ROI 2 วัด manual เป็นรูปแบบ circle ทั้งหมด ถือเป็นรูปแบบการวัดที่ถูกต้องและเป็นมาตรฐาน ROI 3 วัด manual 50% ของข้อมูล ROI 4 วัด manual 75% ของข้อมูล ROI 5 วัด manual 25% ของข้อมูลและ ROI 6 วัดให้มีขนาดและตำแหน่งเท่ากันทั้งหมด แล้วนำค่าต่างๆ ที่ได้จากการวัดมาเปรียบเทียบกับกัน โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS วิเคราะห์สถิติแบบ ANOVA จากนั้นนำผลการศึกษามาเปรียบเทียบกับเวลาในการวัด ROI **ผล:** พบว่าค่า CSF flow แต่ละรูปแบบการวัด ROI เปรียบเทียบกับรูปแบบการวัด ROI 2 ซึ่งเป็นรูปแบบการวัดที่เป็นมาตรฐาน พบ

ว่ารูปแบบการวัด ROI 3, 4 และ 6 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นสามารถใช้ได้ทั้ง 3 รูปแบบการวัด ROI และรูปแบบการวัด ROI 6 ใช้เวลาน้อยที่สุดในการ post-processing **สรุป:** รูปแบบการวัด ROI 6 เป็นรูปแบบการวัด ROI ที่ให้ค่า CSF flow ที่ถูกต้องแม่นยำ เทียบเคียงกับรูปแบบการวัดมาตรฐานและใช้เวลาไม่นาน

คำสำคัญ: ภาพระโพรงสมองคั่งน้ำ สารของเหลวในสมอง เทคนิคการตรวจ phase contrast MRI, ท่อน้ำสมองซิลเวียส

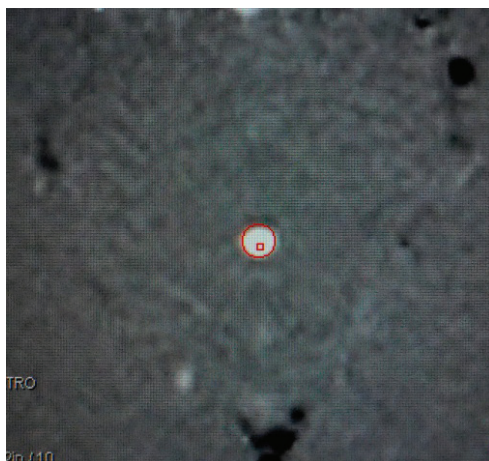
บทนำ

เนื่องด้วยสถาบันประสาทวิทยามีการตรวจ magnetic resonance imaging (MRI) ในผู้ป่วยที่สงสัยและไม่สงสัย normal pressure hydrocephalus (NPH) ด้วยเทคนิค 2D phase contrast cine MR imaging เพื่อวัดปริมาณการไหลของเหลวในสมอง (cerebrospinal fluid, CSF flow) ตรงตำแหน่ง aqueduct of sylvius หรือการวัดค่า CSF flow มีความจำเป็นมาก ในการประเมินพยาธิสภาพของผู้ป่วย เพื่อให้ได้ค่า CSF flow ที่ถูกต้องแม่นยำและเชื่อถือได้

การวัดค่า CSF flow มีตัวแปรมาก ได้แก่ สิ่งแปลกปลอม (artifact) ที่เกิดจากการสร้างภาพ ความเร็วของ CSF flow และขนาด region of interest (ROI) ที่วัด¹⁻⁶ เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้จะก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการวัดค่า CSF flow ทำให้ได้ค่าที่ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะขนาดของ ROI ที่วัด ซึ่งลักษณะการวัดด้วย

การวัดขนาดของแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกันและการวัด ROI ให้พอดีกับขอบเขตของสัญญาณ CSF flow ทุกๆ phase images นั้นยากและใช้เวลานาน เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง แม่นยำนั้น การวัด ROI แต่ละ phase images ต้องสามารถระบุขอบเขตสัญญาณ CSF flow ได้อย่างชัดเจน จากงานวิจัยของ Charnchaowanish¹ พบว่าการวัดค่า CSF flow โดยใช้ข้อมูล magnitude images สามารถระบุขอบเขตสัญญาณ CSF flow ได้อย่างชัดเจน แม่นยำ และน่าเชื่อถือมากกว่าข้อมูล phase images

จากการศึกษางานวิจัยและเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ จากการศึกษาพบว่ายังไม่มียานวิจัยใดเปรียบเทียบรูปแบบการวัด ROI แบบต่างๆ เพราะส่วนมากเป็นงานวิจัยเชิงคลินิก อาจจะเนื่องด้วยกลุ่มงานประสาทรังสีวิทยาทำการทำ post-processing จำนวนมาก เพื่อการทำงานที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการทำวิจัยนี้ โดยผู้วิจัยออกแบบการวัด CSF flow ในรูปแบบการวัด ROI ที่แตกต่างกัน 6 รูปแบบรวมทั้งรูปแบบมาตรฐานด้วย เพื่อหาการวัด ROI ที่ใช้เวลาไม่นาน เปรียบเทียบกับรูปแบบการวัด ROI แบบ manual ทุก phase images ให้พอดีกับขอบเขตสัญญาณ CSF flow (รูปที่ 1) เป็นรูปแบบการวัดที่หลากหลาย งานวิจัยแนะนำและยอมรับว่าเป็นมาตรฐานซึ่งใช้เวลานาน เพื่อเป็นแนวทางในการวัดค่า CSF flow ในหน่วยงานและเผยแพร่ความรู้ แก่บุคลากรในวิชาชีพรังสีเทคนิค

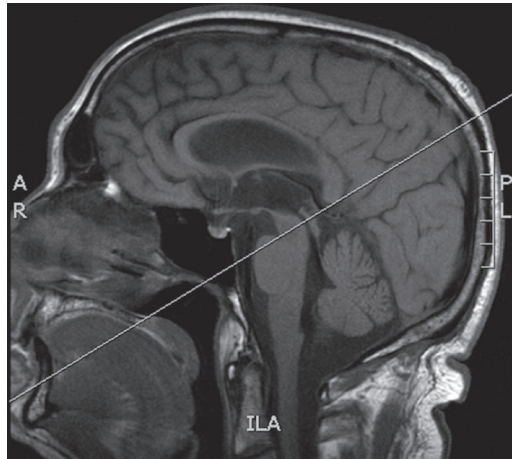


รูปที่ 1 การวัด ROI ตรงตำแหน่งที่พอดีกับสัญญาณ CSF flow

วัตถุประสงค์

ทำการเก็บข้อมูลย้อนหลัง (retrospective) โดยวิธีสุ่มผู้ป่วย ที่สงสัยและไม่สงสัย NPH ตั้งแต่ปี 2558-2560 จำนวน 50 ราย ที่ได้รับการตรวจเครื่อง MRI 3 Tesla(T) ยี่ห้อ siemens รุ่น skyra ด้วยเทคนิค 2D phase contrast cine MR imaging จากระบบ pictures archiving and communication system (PACS) ของ

กลุ่มงานประสาทรังสีวิทยา ทำการ post-processing วัดค่า CSF flow ในสมอง ตรงตำแหน่ง aqueduct of sylvius ซึ่งเทคนิคนี้ ทำการตรวจผู้ป่วยในแนว transverse ที่ตั้งฉากกับ aqueduct of sylvius¹⁻⁶ (รูปที่ 2) และใช้ cardiac gating จับ pulse rate ในการตรวจผู้ป่วย



รูปที่ 2 การตรวจผู้ป่วยในแนว transverse ที่ตั้งฉากกับ aqueduct of sylvius (ที่มา: <http://doi.org/10.3174/ajnr.A4124>)

สำหรับพารามิเตอร์ (parameter) ในการตรวจผู้ป่วยใช้ time repetition (TR) / time to echo (TE) 83/10 ms, flip angle 15 degree, thickness 6 mm, field of view (FOV) 160x160 mm², matrix size 256x205, average 1, calculate phases (40 phases) และ velocity encoding (VENC) 4, 6, 8, 10 และ 12 cm/sec

วัดค่า CSF flow ในสมอง ตรงตำแหน่ง aqueduct of sylvius โดยนักรังสีการแพทย์ 1 คน เฉพาะทางด้านระบบประสาท ใช้โปรแกรม argus ของบริษัท siemens โดยเลือก VENC ที่ให้สัญญาณ CSF flow ดีที่สุดและไม่มี artifact (phase aliasing)⁶ (รูปที่ 3 แสดง phase aliasing) ที่เกิดจากการตรวจผู้ป่วยทั้งข้อมูล magnitude images และ phase images (รูปที่ 4) ประกอบกันในการวัด ROI ในรูปแบบต่างๆดังนี้

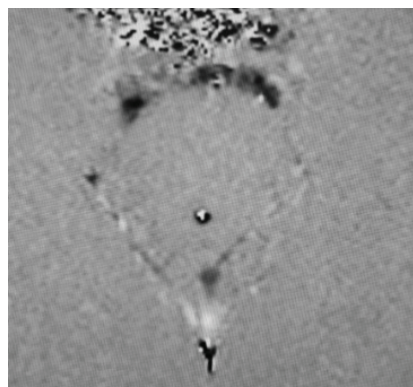
1. ROI 1 (propagates) วัดแบบอัตโนมัติ (automatic) เป็นรูปแบบวงกลม (circle) ให้พอดีกับขอบเขตของสัญญาณ CSF flow แล้วให้โปรแกรมวัดให้เองทั้งหมด

2. ROI 2 วัดเองทั้งหมด (manual)^{4,5} เป็นรูปแบบ circle ให้พอดีกับขอบเขตของสัญญาณ CSF flow ทุก phase images เพราะให้ความแม่นยำ น่าเชื่อถือและหลายๆ งานวิจัยแนะนำ ถือเป็นรูปแบบการวัด ROI ที่ถูกต้องและเป็นมาตรฐาน

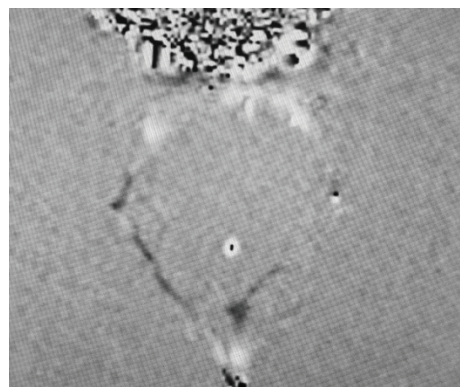
3. ROI 3 วัด 50% ของข้อมูล เป็นรูปแบบ circle ให้พอดีกับขอบเขตของสัญญาณ CSF flow ในลักษณะวัด 1 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง สลับกัน

4. ROI 4 วัด 75% ของข้อมูล เป็นรูปแบบ circle ให้พอดีกับขอบเขตของสัญญาณ CSF flow ในลักษณะวัด 3 ครั้ง เว้น 1 ครั้ง สลับกัน

5. ROI 5 วัด 25% ของข้อมูล เป็นรูปแบบ circle ให้พอดีกับขอบเขตของสัญญาณ CSF flow ในลักษณะวัด 1 ครั้ง เว้น 3 ครั้ง สลับกัน

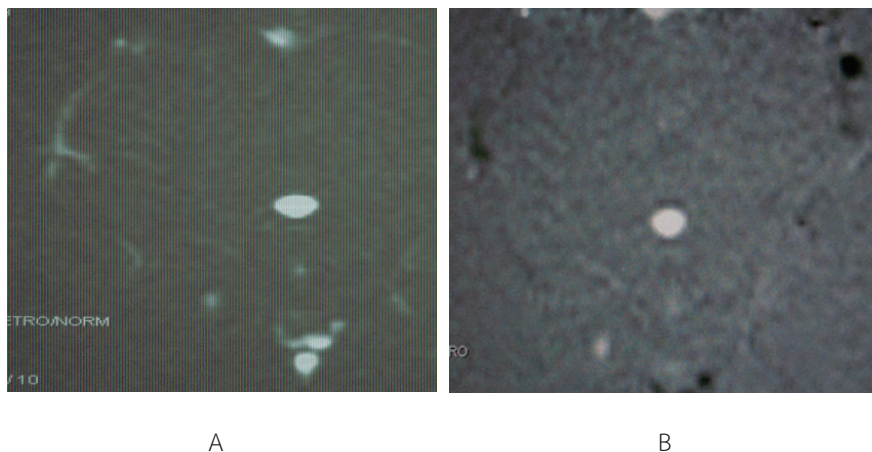


A



B

รูปที่ 3 A, B phase aliasing



รูปที่ 4 A. magnitude images และ B. phase images

6. ROI 6 (copy contours)⁶ วัดให้มีขนาดและตำแหน่งเท่ากันทั้งหมด เป็นรูปแบบ circle ให้พอดีกับขอบเขตของสัญญาณ CSF flow

จากนั้นบันทึกค่าต่างๆ ที่ได้จากการวัดค่า CSF flow 2 รอบ แต่ละรอบระยะห่าง 1 เดือน เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง แม่นยำมากที่สุด แล้วบันทึกค่าเฉลี่ย (Mean) ต่างๆ ดังนี้

Velocity

- Peak velocity (PV) (cm/sec)
- Average velocity (AV) (cm/sec)

Flow

- Average flow over range (AFR) (ml/sec)
- Average flow per minute (AFM) (l/min)
- Forward volume (FV) (ml)
- Reverse volume (RV) (ml)
- Net forward volume (NFV) (ml)
- Net forward volume/body surface area (NFV/BSA) (ml/m²)

Area

- Average area (AA) (mm²)
- Maximum area (mm²)
- Minimum area (mm²)

เวลาเฉลี่ยในการวัด ROI

นำค่าต่างๆ ที่ได้จากการวัดค่า CSF flow มาเปรียบเทียบแต่ละรูปแบบการวัด ROI โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS (statistics package for social sciences) วิเคราะห์สถิติแบบ analysis of one way variance (ANOVA) ว่ามีความแตกต่างหรือไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่า Velocity, Flow และ Area จากรูปแบบการวัด ROI ทั้ง 6 รูปแบบการวัดมีค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: SD) โดยค่า PV มีค่า mean (SD) เท่ากับ 5.797 (2.251), 5.893 (2.236), 5.857 (2.230), 5.880 (2.242), 5.726 (2.190) และ 5.877 (2.241) cm/sec ค่า AV เท่ากับ 0.489 (0.356), 0.454 (0.172), 0.480 (0.179), 0.483 (0.192), 0.595 (0.210) และ 0.397 (0.151) cm/sec ค่า AFR เท่ากับ 0.011 (0.010), 0.023 (0.015), 0.025 (0.017), 0.024 (0.016), 0.032 (0.020) และ 0.022 (0.013) ml/sec ค่า AFM เท่ากับ 0.001 (0.001), 0.001 (0.001), 0.002 (0.004), 0.002 (0.001), 0.002 (0.001) และ 0.001 (0.001) l/min ค่า FV เท่ากับ 0.033 (0.041), 0.063 (0.049), 0.061 (0.046), 0.061 (0.047), 0.060 (0.045) และ 0.061 (0.049) ml ค่า RV เท่ากับ 0.024 (0.033), 0.043 (0.038), 0.041 (0.036), 0.041 (0.037), 0.035 (0.032) และ 0.043 (0.039) ml ค่า NFV เท่ากับ 0.010 (0.011), 0.019 (0.013), 0.020 (0.014), 0.020 (0.014), 0.025 (0.016) และ 0.018 (0.012) ml ค่า NFV/BSA เท่ากับ 0.006 (0.007), 0.011 (0.008), 0.012 (0.009), 0.011 (0.008), 0.014 (0.010) และ 0.010 (0.007) ml/m² และค่า AA เท่ากับ 0.338 (0.331), 0.051 (0.026), 0.051 (0.025), 0.050 (0.026), 0.052 (0.025) และ 0.058 (0.034) mm² ตามลำดับ ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า mean, SD, min และ max ของค่า CSF flow จากรูปแบบการวัด ROI ทั้ง 6 รูปแบบการวัด

ค่า CSF flow	ROI 1		ROI 2		ROI 3		ROI 4		ROI 5		ROI 6	
	mean (SD)	min max	mean (SD)	min max	mean (SD)	min max	mean (SD)	min max	mean (SD)	min max	mean (SD)	min max
Velocity												
PV (cm/sec)	5.797 (2.251)	1.965 10.690	5.893 (2.236)	2.050 10.690	5.857 (2.230)	2.050 10.690	5.880 (2.242)	2.050 10.690	5.726 (2.190)	1.930 10.690	5.877 (2.241)	2.050 10.690
AV (cm/sec)	0.489 (0.356)	0.039 2.042	0.454 (0.172)	0.008 1.140	0.480 (0.179)	0.068 1.080	0.483 (0.192)	0.031 1.255	0.595 (0.210)	0.166 1.180	0.397 (0.151)	0.014 0.956
Flow												
AFR (ml/sec)	0.011 (0.010)	0.001 0.046	0.023 (0.015)	0.000 0.077	0.025 (0.017)	0.002 0.100	0.024 (0.016)	0.001 0.087	0.032 (0.020)	0.006 0.107	0.022 (0.013)	0.001 0.076
AFM (l/min)	0.001 (0.001)	0.000 0.004	0.001 (0.001)	0.000 0.004	0.002 (0.004)	0.000 0.028	0.002 (0.001)	0.000 0.006	0.002 (0.001)	0.000 0.006	0.001 (0.001)	0.000 0.004
FV (ml)	0.033 (0.041)	0.002 0.233	0.063 (0.049)	0.012 0.254	0.061 (0.046)	0.012 0.252	0.061 (0.047)	0.012 0.252	0.060 (0.045)	0.012 0.236	0.061 (0.049)	0.012 0.252
RV (ml)	0.024 (0.033)	0.000 0.170	0.043 (0.038)	0.006 0.186	0.041 (0.036)	0.006 0.168	0.041 (0.037)	0.006 0.178	0.035 (0.032)	0.006 0.150	0.043 (0.039)	0.007 0.186
NFV (ml)	0.010 (0.011)	0.001 0.063	0.019 (0.013)	0.000 0.068	0.020 (0.014)	0.002 0.082	0.020 (0.014)	0.001 0.074	0.025 (0.016)	0.004 0.086	0.018 (0.012)	0.001 0.066
NFV/BSA (ml/m ²)	0.006 (0.007)	0.001 0.042	0.011 (0.008)	0.000 0.044	0.012 (0.009)	0.002 0.055	0.011 (0.008)	0.000 0.048	0.014 (0.010)	0.002 0.056	0.010 (0.007)	0.000 0.043
Area												
AA (mm ²)	0.338 (0.331)	0.018 1.230	0.051 (0.026)	0.020 0.154	0.051 (0.025)	0.020 0.151	0.050 (0.026)	0.020 0.158	0.052 (0.025)	0.021 0.156	0.058 (0.034)	0.018 0.172

PV = peak velocity, AV = average velocity, AFR = average flow over range, AFM = average flow per minute, FV = forward volume, RV = reverse volume, NFV = net forward volume, NFV/BSA = net forward volume/body surface area, AA = average are

เมื่อเปรียบเทียบความแปรปรวนค่า mean ของค่า Velocity, Flow และ Area ด้วย levene's test โดยความแปรปรวนของค่า AV, AFR และ NFV อย่างน้อย 1 คู่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และที่ระดับ 0.001 สำหรับค่า AA หมายความว่าไม่มีคุณสมบัติ homogeneity of variance ส่วนค่า PV, AFM, FV, RV และ NFV/BSA มีคุณสมบัติ homogeneity of variance เนื่องจากไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นทำการเปรียบเทียบความแตกต่างค่า Velocity, Flow และ Area โดยใช้สถิติ one-way ANOVA ผลสรุปค่า PV ได้ค่า F เท่ากับ 0.042,

$p > 0.05$ ($p = 0.999$) ค่า AV ได้ค่า F เท่ากับ 5.938, $p < 0.05$ ($p = 0.001$) ค่า AFR ได้ค่า F เท่ากับ 12.981, $p < 0.001$ ($p = 0.000$) ค่า AFM ได้ค่า F เท่ากับ 2.951, $p < 0.05$ ($p = 0.013$) ค่า FV ได้ค่า F เท่ากับ 3.164, $p < 0.05$ ($p = 0.008$) ค่า RV ได้ค่า F เท่ากับ 2.200, $p > 0.05$ ($p = 0.054$) ค่า NFV ได้ค่า F เท่ากับ 8.448, $p < 0.001$ ($p = 0.000$) ค่า NFV/BSA ได้ค่า F เท่ากับ 6.062, $p < 0.001$ ($p = 0.000$) และค่า AA ได้ค่า F เท่ากับ 7.693, $p < 0.001$ ($p = 0.000$) ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่า mean ของค่า Velocity, Flow และ Area (N = 300)

Velocity	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
PV	ระหว่างกลุ่ม	1.046	5	0.209	0.042	p = 0.999
	ภายในกลุ่ม	1464.319	294	4.981		
	รวม	1465.365	299			
AV	ระหว่างกลุ่ม	1.037	5	0.207	5.938 ⁺	p = 0.001 [*]
	ภายในกลุ่ม	14.300	294	0.049		
	รวม	14.337	299			
Flow	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
AFR	ระหว่างกลุ่ม	0.012	5	0.002	12.981 ⁺	p = 0.000 ^{**}
	ภายในกลุ่ม	0.073	294	0.000		
	รวม	0.084	299			
AFM	ระหว่างกลุ่ม	0.000	5	0.000	2.951	p = 0.013 [*]
	ภายในกลุ่ม	0.001	294	0.000		
	รวม	0.001	299			
FV	ระหว่างกลุ่ม	0.033	5	0.007	3.164	p = 0.008 [*]
	ภายในกลุ่ม	0.618	294	0.002		
	รวม	0.651	299			
RV	ระหว่างกลุ่ม	0.014	5	0.003	2.200	p = 0.054
	ภายในกลุ่ม	0.378	294	0.001		
	รวม	0.392	299			
NFV	ระหว่างกลุ่ม	0.006	5	0.001	8.448 ⁺	p = 0.000 ^{**}
	ภายในกลุ่ม	0.052	294	0.000		
	รวม	0.058	299			
NFV/BSA	ระหว่างกลุ่ม	0.002	5	0.000	6.062	p = 0.000 ^{**}
	ภายในกลุ่ม	0.020	294	0.000		
	รวม	0.022	299			
Area	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
AA	ระหว่างกลุ่ม	3.399	5	0.680	7.693 ⁺	p = 0.000 ^{**}
	ภายในกลุ่ม	5.553	294	0.019		
	รวม	8.952	299			

⁺Welch Test, ^{*}p < 0.05, ^{**}p < 0.001

จากผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่า mean ของค่า Velocity, Flow และ Area พบว่าค่า AFR, NFV, NFV/BSA และ AA อย่างน้อย 1 คู่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และที่ระดับ 0.05 สำหรับค่า AV, AFM และ FV ดังนั้นต้องทำการ

เปรียบเทียบรายคู่ว่า รูปแบบการวัด ROI รูปแบบใดแตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบกับรูปแบบการวัด ROI 2 ซึ่งเป็นรูปแบบการวัดที่เป็นมาตรฐาน ตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่า mean ของค่า AV, AFR, NFV, และ AA จากรูปแบบการวัด ROI รายคู่ เปรียบเทียบกับรูปแบบการวัด ROI 2 ด้วยวิธี Dunnett's T3

ค่า CSF Flow	ROI	1	3	4	5	6
AV	2	-0.0352	-0.0260	-0.0292	-0.1407*	0.0570
AFR	2	0.0124**	-0.0016	-0.0010	-0.0084	0.0019
NFV	2	0.0099*	-0.0008	-0.0004	-0.0051	0.0014
AA	2	-0.2867**	0.0004	0.0013	-0.0010	-0.0066

*p < 0.05, **p < 0.001

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่า mean ของค่า AFM, FV, และ NFV/BSA จากรูปแบบการวัด ROI รายคู่ เปรียบเทียบกับรูปแบบการวัด ROI 2 ด้วยวิธี Tukey HSD

ค่า CSF Flow	ROI	1	3	4	5	6
AFM	2	0.0007	-0.0005	-0.0002	-0.0003	-0.0001
FV	2	0.0300*	0.0014	0.0020	0.0024	0.0013
NFV/BSA	2	0.0056*	-0.0006	-0.0003	-0.0029	0.0008

*p < 0.05, **p < 0.001

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่า mean จากรูปแบบการวัด ROI รายคู่ เปรียบเทียบกับรูปแบบการวัด ROI 2 ของค่า AV, AFR, NFV และ AA ด้วยวิธี Dunnett's T3 พบว่าค่า AV รูปแบบการวัด ROI 5 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.006$) ส่วนค่า AFR และ AA รูปแบบการวัด ROI 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 ($p = 0.000$) และที่ระดับ 0.05 ($p = 0.001$) สำหรับค่า NFV ในขณะที่ผลการเปรียบเทียบของค่า AFM, FV และ NFV/BSA ด้วยวิธี Tukey HSD พบว่าค่า FV และ NFV/BSA รูปแบบการวัด ROI 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.017$ และ 0.008 ตามลำดับ) ส่วนค่า AFM รูปแบบการวัด ROI ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของเวลาเฉลี่ยในการวัด ROI แต่ละรูปแบบ พบว่ารูปแบบการวัด ROI 6 ใช้เวลาเฉลี่ยในการวัด 40 วินาที ถือเป็นรูปแบบการวัด ROI ที่ใช้เวลาในการวัดน้อยที่สุด ตามด้วยรูปแบบการวัด ROI 1 ใช้เวลา 54 วินาที ROI 5 ใช้เวลา 87 วินาที ROI 3 ใช้เวลา 120 วินาที ROI 4 ใช้เวลา 180 วินาที และ ROI 2 ใช้เวลา 234 วินาที ตามลำดับ

วิจารณ์

เทคนิคการตรวจ 2D phase contrast cine MR imaging อาศัยหลักการความแตกต่างของ phase shift ใน stationary tissue และ blood flow หรือ CSF flow โดยใช้ bipolar gradients ในทิศทางตรงกันข้ามกัน แล้วเก็บและนำข้อมูลมาสร้างสัญญาณภาพ

MRI ซึ่ง stationary tissue มีความเร็วหมุนควงของไฮโดรเจนอะตอม (H^+) โกล่เคียงกัน ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างสัญญาณภาพ MRI จะหักล้างกันหมด ในขณะที่ blood flow หรือ CSF flow มีความเร็วของ H^+ แตกต่างกัน จึงมี Phase shift ที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดสัญญาณภาพ MRI

VENC⁷ เป็น parameter ในการกำหนดความเร็วของ tissue ที่ต้องการตรวจว่าช้าหรือเร็ว ดังนั้นแล้วการกำหนด VENC ที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็น เพราะการเลือก VENC สูง ทำให้ไม่สามารถแยก small flow หรือ vessels ได้และทำให้เกิด noise แต่ถ้ากำหนด VENC ต่ำ ทำให้ความเร็วในการตรวจช้ากว่าความเร็วของ tissue ที่ตรวจ เกิด aliasing artifact ซึ่งเห็นได้จากการตรวจค่า CSF flow ในสมอง ความเร็วของ CSF flow ของผู้ป่วยแต่ละคนแตกต่างกัน ดังนั้นแล้ว VENC ที่เหมาะสม ต้องไม่มี aliasing artifact ซึ่งแก้ไขโดยการตรวจซ้ำด้วย VENC ที่สูงกว่า

จากผลการศึกษาพบว่า ค่า PV และ RV จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยสถิติ ANOVA พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 6 รูปแบบการวัด ROI ส่วนค่า AV, AFM และ FV พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับค่า AFR, NFV, NFV/BSA และ AA พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 ดังนั้นต้องมีการเปรียบเทียบรายคู่ว่ารูปแบบการวัด ROI รูปแบบใดบ้างมีค่าแตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบกับรูปแบบการวัด ROI 2 พบว่าค่า AV แตกต่างกับรูปแบบการวัด ROI 5 ส่วนค่า AFR, NFV, FV, NFV/BSA และ AA พบว่าแตกต่างกับรูปแบบการวัด ROI 1 และ

ค่า AFM ไม่มีความแตกต่าง ในขณะที่เวลาเฉลี่ยในการวัด ROI พบว่ารูปแบบการวัด ROI 6 ใช้เวลาน้อยที่สุด ตามด้วยรูปแบบการวัด ROI 1, 5, 3, 4 และ 2 ตามลำดับ จากผลการศึกษาดังกล่าว รูปแบบการวัด ROI 3, 4 และ 6 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นสามารถใช้ได้ทั้ง 3 รูปแบบการวัด ROI ในทางกลับกันจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพิสูจน์ค่า CSF flow ที่ถูกต้องแม่นยำ เทียบเคียงกับมาตรฐานและที่สำคัญใช้เวลาไม่นาน ซึ่งรูปแบบการวัด ROI 6 เป็นรูปแบบการวัดที่ใช้เวลาน้อยที่สุด และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับรูปแบบการวัดมาตรฐาน

จากผลของงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ งานวิจัยของ Unal⁴ เป็นการวัดค่า CSF flow ในคนปกติ เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มอายุและเพศ พบว่ากลุ่มคนอายุน้อยกว่าหรือเท่ากับ 14 ปี (≤ 14) มีค่า CSF flow (peak flow) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มคนปกติอื่นๆ (15-24 ปี, 25-34 ปี, 35-44 ปี และ ≥ 45 ปี) และเพศไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับงาน post-processing แนะนำรูปแบบการวัด ROI แบบ manual ทุกๆ images ให้พอดีกับขอบเขตของสัญญาณ CSF flow และงานวิจัยของ Ringstad⁵ เป็นการวัดค่า CSF flow เพื่อหาค่า aqueduct stroke volume เปรียบเทียบกับ intracranial pressure scores ในผู้ป่วยที่จะเป็น idiopathic NPH เพื่อประเมินการใส่ shunting พบว่าค่า aqueduct stroke volume ไม่รองรับ เพื่อประเมินการใส่ shunting สำหรับงาน post-processing แนะนำรูปแบบการวัด ROI แบบ manual ทุกๆ phase images ให้พอดีกับขอบเขตของสัญญาณ CSF flow ดังนั้นเห็นได้ว่างานวิจัยของ Unal⁴ และ

Ringstad⁵ แนะนำการใช้รูปแบบการวัด ROI ที่เหมือนกันกับรูปแบบการวัด ROI 2 ของงานวิจัยนี้และเป็นมาตรฐาน ซึ่งรูปแบบการวัดนี้ที่กลุ่มงานประสาทรังสีวิทยาใช้สำหรับงาน post-processing จนถึงปัจจุบัน ในขณะที่งานวิจัยของ Bradley⁶ เป็นการวัดค่า CSF flow ในสมองของผู้ป่วย เพื่อประเมินลักษณะพยาธิสภาพของโรค NPH โดยใช้รูปแบบการวัด ROI เหมือนกับรูปแบบการวัด ROI 6 ซึ่งสอดคล้องกับผลของงานวิจัยนี้ แสดงว่าสามารถใช้ได้จริงในงานวิจัย ผู้วิจัยเห็นว่าการศึกษารังสีน่าจะเป็นแนวทางในการวัดค่า CSF flow ในหน่วยงานที่มีงาน post-processing จำนวนมาก เพื่อลดระยะเวลาและได้ค่าที่ถูกต้อง แม่นยำ เทียบเคียงกับรูปแบบการวัดที่เป็นมาตรฐาน ช่วยให้มีความเร็วในการทำงาน post-processing อื่นๆ

สรุป

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาและจุดประสงค์ของงานวิจัยเพื่อพิสูจน์ค่า CSF flow ร่วมกับเวลาเฉลี่ยในการวัด จึงสรุปผลการ ศึกษาได้ว่ารูปแบบการวัด ROI 6 เป็นรูปแบบการวัด ROI ที่ให้ค่า CSF flow ที่ถูกต้อง แม่นยำ เทียบเคียงกับรูปแบบการวัดมาตรฐาน และใช้เวลาไม่นาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นางกมลรัตน์ ศรีสุบัติและนายสมศักดิ์ จรรย์วาทวงศ์ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำงานวิจัยและศูนย์วิจัยสถาบันประสาทวิทยา ที่ให้ความร่วมมือ แนะนำสถิติที่ใช้ในงานวิจัย

References

1. Charnchaowanish P, Chawalparit O, Tisavipat N, Suthipongchai S. Reliability Study in Quantitative Analysis of MRI CSF Flow Study. Thai Journal of Radiological Technology 2004; 29: 1-4.
2. Kapsalaki E, Tsougos I, Svolou P, Dardiotis E, Hadjigeorgiou G, Fountas KN. Normal CSF Flow Measurement at the Aqueduct performed at 3T. XIX Symposium Neuroradiologicum, Bologna: Italy; 2010.
3. Lee JH, Lee HK, Kim JK, Kim HJ, Park JK, Choi CG. CSF flow quantification of the cerebral aqueduct in normal volunteers using phase contrast cine MR imaging. Korean J Radiol 2004; 5: 81-6.
4. Unal O, Kartum A, Avcu S, Etlik O, Arslan H, Bora A. Cine phase-contrast MRI evaluation of normal aqueductal cerebrospinal fluid flow according to sex and age. Diagn Interv Radiol 2009; 15: 227-31.
5. Ringstad G, Emblem KE, Geier O, Alperin N, Eide PK. Aqueductal Stroke Volume: Comparisons with Intracranial Pressure Scores in Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus. AJNR Am J Neuroradiol 2015;36:1623-30.
6. Bradley WG Jr. CSF Flow in the Brain in the Context of Normal Pressure Hydrocephalus. AJNR Am J Neuroradiol. 2015; 36:831-8.
7. Questions and Answers in MR. Velocity Encoding (VENC). (Internet). (cited 2014 Aug 1). Available from: [http://www.mriquestions.com/Velocity-Encoding-\(VENC\).htm](http://www.mriquestions.com/Velocity-Encoding-(VENC).htm).