

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทที่ 4 จะกล่าวถึงผลการวิจัยจากการออกแบบและการสร้างในบทที่ 3 โดยจะกล่าวถึงผลการทดสอบหัวไมโครโฟน ผลการบันทึกเสียงต้นหัวใจและสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากผู้ป่วย ตลอดจนผลของการประมวลผลข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ

4.1 การทดสอบหัวไมโครโฟน

การออกแบบหัวไมโครโฟนรุ่นที่ 1 ถึงหัวไมโครโฟนรุ่นที่ 3 สามารถตอบสนองเสียงต้นหัวใจได้ดี แต่มีข้อบกพร่องคือการตอบสนองของไมโครโฟนนั้นสามารถรับเสียงจากภายนอกได้ดีด้วยซึ่งเป็นเสียงรบกวน เช่น เสียงพูดคุย เสียงเครื่องปรับอากาศ ทำให้เสียงภายนอกเข้ามารบกวนเสียงต้นหัวใจและทำให้ผู้ใช้งานรับฟังเสียงต้นหัวใจได้ไม่ชัดเจน

การออกแบบหัวไมโครโฟนรุ่นที่ 4 และหัวไมโครโฟนรุ่นที่ 5 สามารถป้องกันเสียงรบกวนได้ดีและสามารถวัดสัญญาณชีพได้ แต่ไม่สะดวกในการจับยึดกับผู้ป่วย

การออกแบบหัวไมโครโฟนรุ่นที่ 6 สามารถป้องกันเสียงรบกวนได้ดีและสามารถวัดสัญญาณชีพได้ สะดวกในการยึดจับกับร่างกายต่อการบันทึกสัญญาณ และผู้นำไปใช้งานมีความเคยชินและยอมรับกับหัวไมโครโฟนรุ่นนี้เนื่องจากส่วนประกอบของหัวไมโครโฟนรุ่นนี้มีส่วนประกอบจากหูฟังแพทย์

4.2 การบันทึกเสียงต้นหัวใจและสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากผู้ป่วย

การบันทึกเสียงต้นหัวใจและสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจได้นำอุปกรณ์บันทึกเสียงต้นหัวใจและสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจชนิด 8 ช่องสัญญาณไปบันทึกสัญญาณจากผู้ป่วยโรคหัวใจโดยการบันทึกสัญญาณจะแสดงผลในรูปแบบกราฟ ซึ่งการบันทึกสัญญาณแต่ละครั้งจะต้องทำงานร่วมกับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านโรคหัวใจเพื่อความแม่นยำในตำแหน่งในการบันทึกสัญญาณของผู้ป่วยและอาการของโรคที่ผู้ป่วยเป็น ซึ่งได้ทำการบันทึกผู้ป่วยเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน โดยสามารถแจกแจงรายละเอียดของโรคตามอาการที่ผู้ป่วยเป็นได้ดังนี้

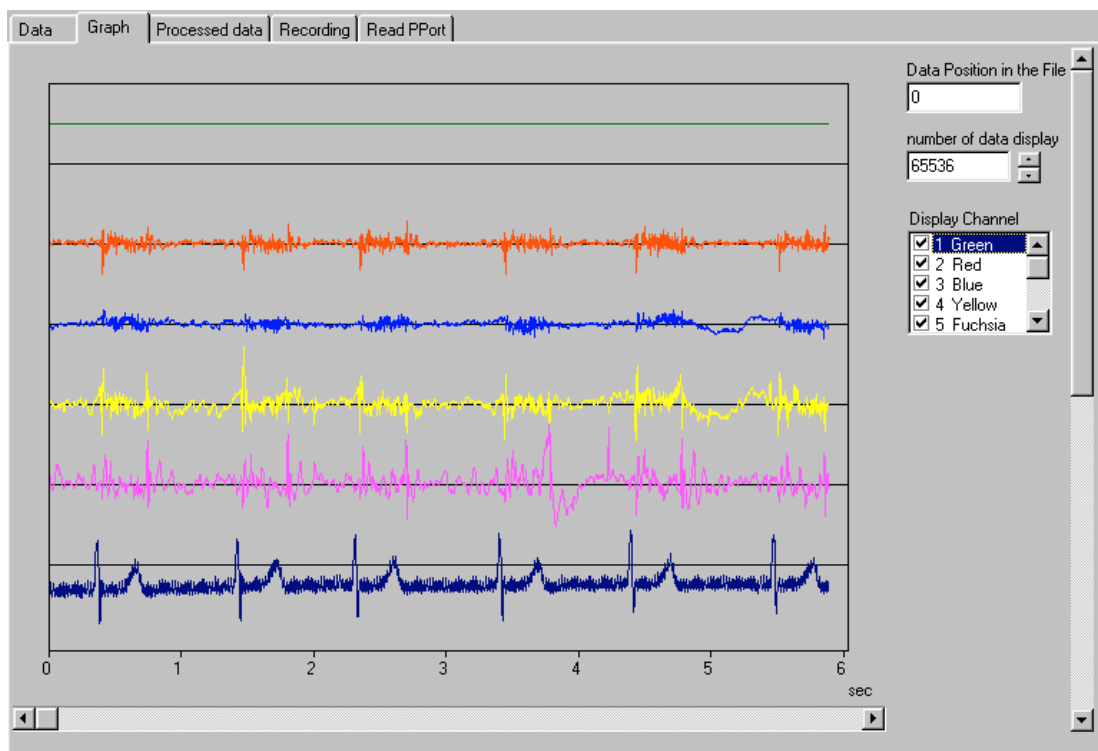
- Tetralogy of Fallot (TOF)

- Tetralogy of Fallot with BT shunt
- Atrial septal defect 2^o (ASD 2^o)
- Ventricular septal defect (VSD) outlet type
- Single S₂ positive shunt murmur (DORV, PS)
- Postop Rastelli operation
- Postop ASD, PDA
- Rheumatic MR
- Hypertrophic cardiomyopathy (HCM)
- Atrial septal defect 2^o (Holt-Oram Syn)
- Ventricular septal defect (VSD) inlet
- Ventricular septal defect (VSD) outlet murmur
- Patent ductus arteriosus (PDA)
- Ventricular septal defect (VSD) outlet
- TOF Post Rt MBT shunt
- L-TGA TR at LLSB S₂ split
- VAS post balloon valvuloplasty ที่มีเสียงชนิด to+fro murmur at ULSB, URSB
- ASD 2^o+ PDA
- VSD closing



ภาพประกอบ 4-1 ตำแหน่งของช่องสัญญาณที่ใช้ในการบันทึก

จากการทดลองต้องบันทึกภาพถ่ายเพื่ออ้างอิงตำแหน่งของการบันทึกซึ่งในที่นี้จะแสดงภาพตัวอย่างของผู้ป่วยอาการ Tetralogy of Fallot (TOF) Post Rt MBT shunt ดังภาพประกอบ 4-1 แสดงตำแหน่งของช่องสัญญาณที่ใช้ในการบันทึก และภาพประกอบ 4-2 แสดงกราฟที่ได้จากการบันทึกจากอุปกรณ์บันทึกเสียงต้นหัวใจและสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจชนิด 8 ช่องสัญญาณ



ภาพประกอบ 4-2 กราฟที่ได้จากการบันทึกจากอุปกรณ์บันทึกเสียงต้นหัวใจและสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจชนิด 8 ช่องสัญญาณ

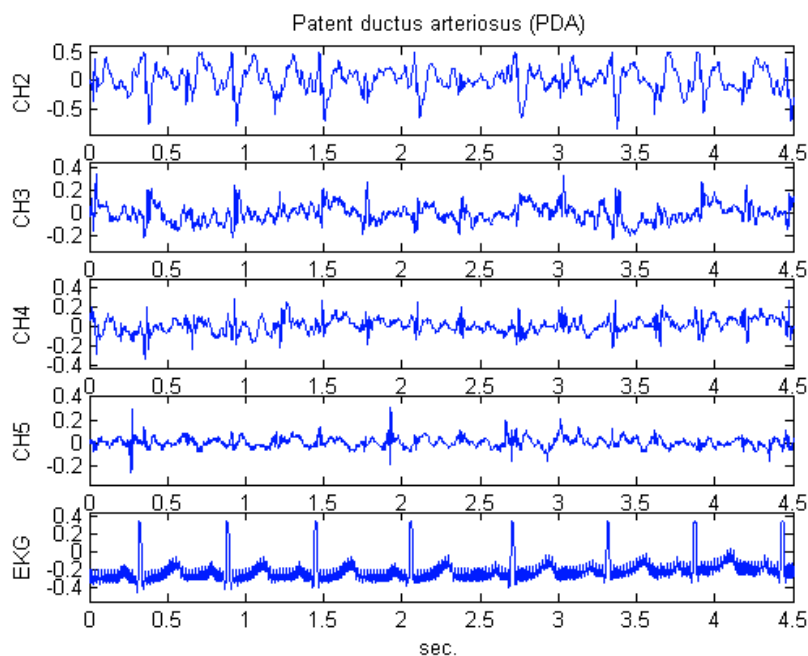
4.3 การประมวลผลข้อมูล

การประมวลผลข้อมูลเป็นการนำข้อมูลที่บันทึกได้จากอุปกรณ์บันทึกเสียงต้นหัวใจและสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจชนิด 8 ช่องสัญญาณ ทำการตีความข้อมูลด้วยการนำข้อมูลมาประมวลผลวิเคราะห์เพื่อแยกสัญญาณและบ่งบอกคุณลักษณะต่าง ๆ โดยวิธีการประมวลผลข้อมูล มีดังนี้

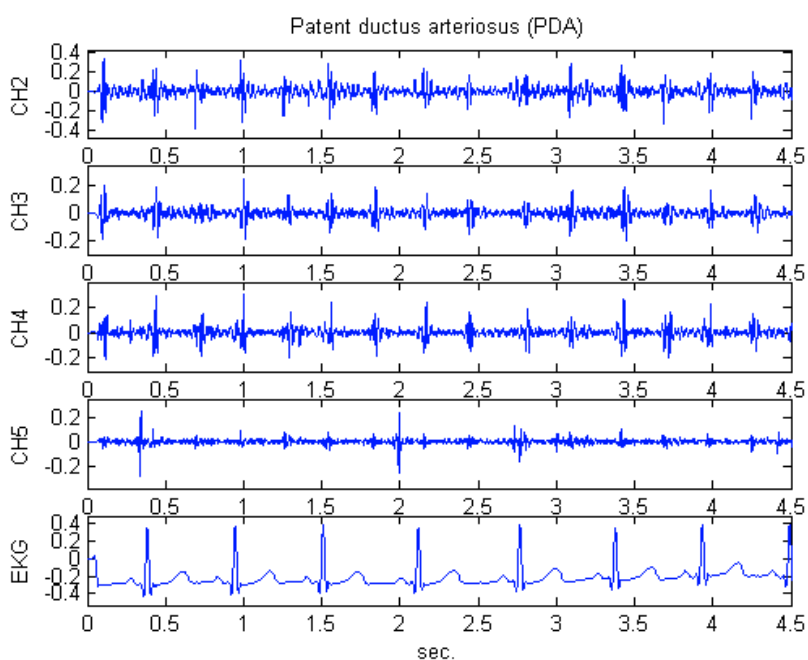
4.3.1 การกรองความถี่เสียงต้นหัวใจและสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

เนื่องจากกราฟของสัญญาณที่บันทึกได้จะมีความถี่รบกวนปะปนอยู่ ดังนั้นจึงนำเสียงต้นหัวใจกรองผ่านความถี่สูงและให้มี cutoff frequency : f_c ที่ 20 เฮิรตซ์ ส่วนสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

ได้กรองผ่านความถี่ต่ำและให้มี cutoff frequency : f_c ที่ 50 เฮิร์ตซ์ ซึ่งการกรองความถี่ได้ใช้โปรแกรม MATLAB version 6.5.0 ในการกรองสัญญาณทั้งหมด



ภาพประกอบ 4-3 กราฟตัวอย่างก่อนผ่านกระบวนการกรองความถี่

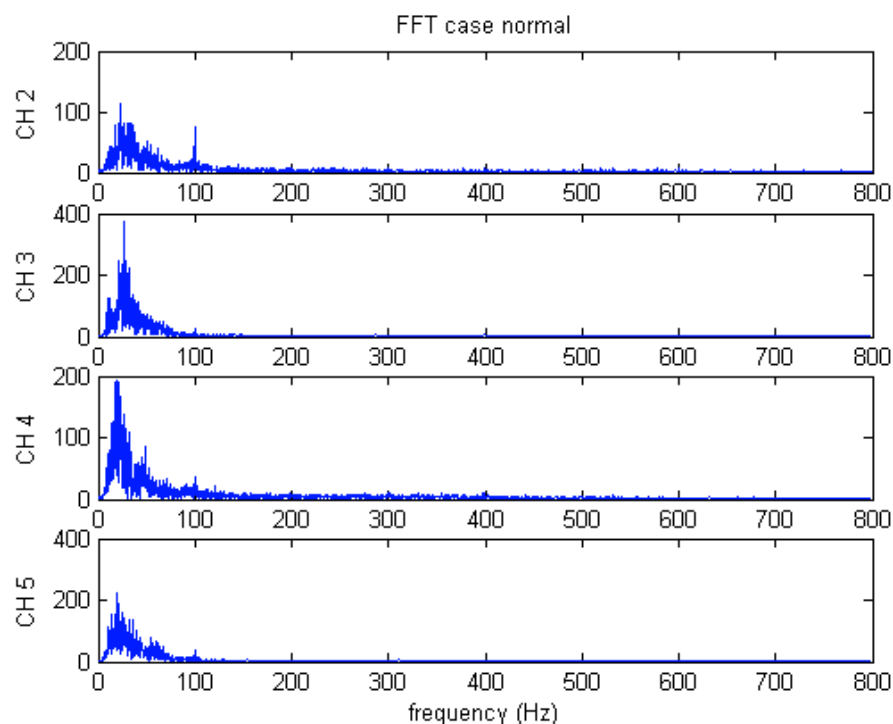


ภาพประกอบ 4-4 กราฟตัวอย่างหลังผ่านกระบวนการกรองความถี่

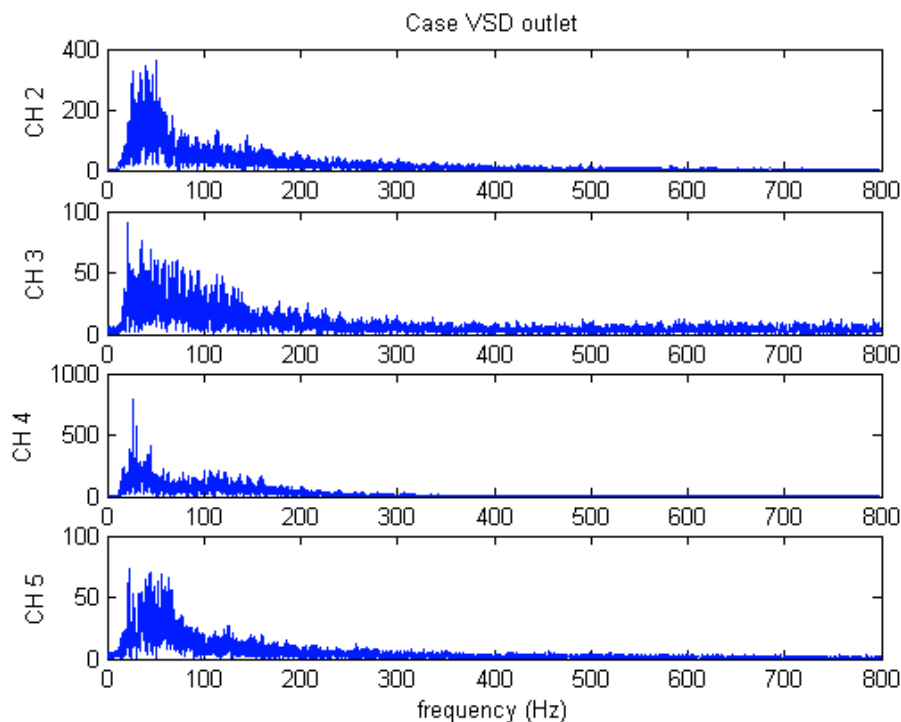
โดยการกรองความถี่ของสัญญาณเสียงต้นหัวใจและสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจของคนปกติ จำนวน 3 คนและกรองความถี่ของสัญญาณเสียงต้นหัวใจและสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจของผู้ป่วย จำนวน 20 คนอาการของโรค 19 อาการ จากนั้นทำการเขียนข้อมูลของสัญญาณทั้งหมดที่ผ่านกระบวนการกรองความถี่ลงในฮาร์ดดิสก์ เพื่อนำสัญญาณที่ผ่านกระบวนการกรองความถี่ไปประมวลผล วิเคราะห์ผล ซึ่งผลการประมวลผลโดยการกรองความถี่ได้แสดงกราฟตัวอย่างของผู้ป่วยอาการ Patent ductus arteriosus (PDA) ดังภาพประกอบ 4-3 แสดงกราฟก่อนผ่านกระบวนการกรองความถี่ และสัญญาณทั้งหมดเมื่อผ่านกระบวนการกรองความถี่แล้วทำให้รูปกราฟเสียงต้นหัวใจและสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจสามารถสังเกตเห็นได้ง่ายขึ้น ดังภาพประกอบ 4-4

4.3.2 การแปลงฟูรีเยร์แบบเร็ว (Fast Fourier Transform : FFT)

การใช้การแปลงฟูรีเยร์แบบเร็ว (Fast Fourier Transform : FFT) เป็นการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงความถี่ของสัญญาณ ดังนั้นจึงนำสัญญาณที่บันทึกได้จากคนปกติและสัญญาณที่บันทึกได้จากผู้ป่วยที่ได้มาผ่านกระบวนการ FFT เพื่อสังเกตความแตกต่างของสัญญาณแต่ละอาการแต่ละช่องสัญญาณว่ามีองค์ประกอบเชิงความถี่แตกต่างกันอย่างไร



ภาพประกอบ 4-5 กราฟตัวอย่างการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่คนปกติ



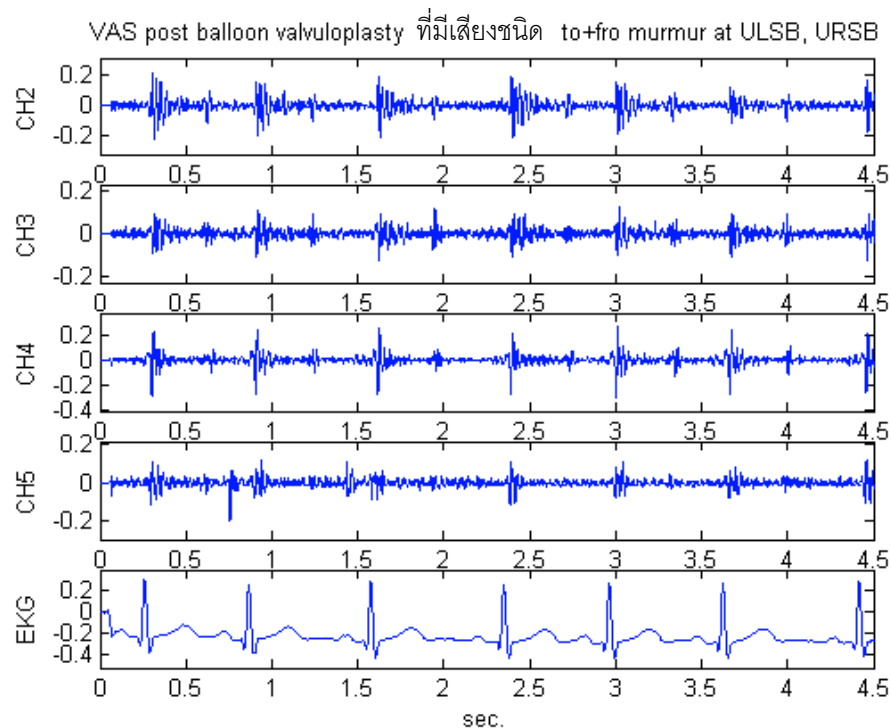
ภาพประกอบ 4-6 กราฟตัวอย่างการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบเชิงความถี่ผู้ป่วยอาการ VSD closing

สัญญาณที่บันทึกได้จากคนปกติและสัญญาณที่บันทึกได้จากจากผู้ป่วยทุกคนมาผ่านกระบวนการ FFT ดังภาพประกอบ 4-5 แสดงกราฟตัวอย่างสัญญาณคนปกติที่ผ่านกระบวนการ FFT เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ป่วยอาการ VSD closing ดังภาพประกอบ 4-6 โดยตำแหน่งของไมโครโฟนที่ทำการบันทึกเสียงต้นหัวใจจะมีตำแหน่งเดียวกันกับผู้ป่วยอาการ VSD closing เพื่อความง่ายต่อการเปรียบเทียบของสัญญาณแต่ละช่องสัญญาณ และสัญญาณของผู้ป่วยและสัญญาณของคนปกตินี้จะไม่นำสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจมาผ่านกระบวนการ FFT เพราะสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจมีความต้องการเพื่อนำมาอ้างอิงรอบการทำงานของหัวใจเท่านั้น จากการสังเกตกราฟที่แสดงดังภาพประกอบ 4-5 ซึ่งเป็นของคนปกติ กับกราฟที่แสดงดังภาพประกอบ 4-6 ซึ่งเป็นของผู้ป่วยอาการ VSD closing พบว่าองค์ประกอบเชิงความถี่ของคนปกติอยู่ที่ประมาณ 20 เฮิร์ต ถึง 100 เฮิร์ต แต่ถ้าสังเกตองค์ประกอบเชิงความถี่ของผู้ป่วยอาการ จะเห็นได้ว่าจะมีความถี่ที่กว้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับคนปกติ เนื่องจากผู้ป่วยจะมี murmur ซึ่งมีความถี่สูงปนอยู่ในกราฟเสียงต้นหัวใจ

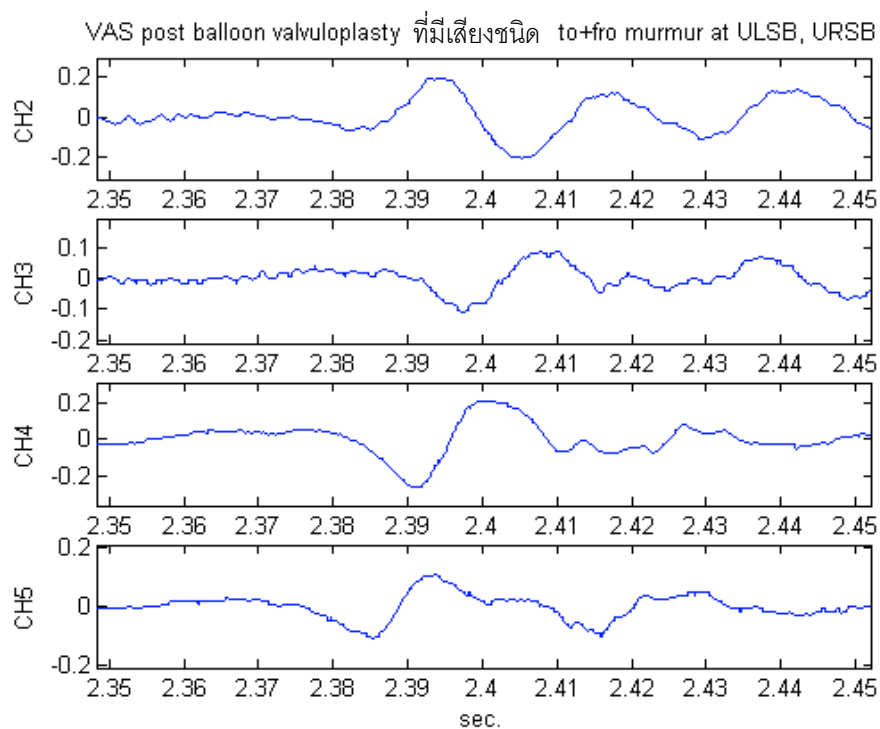
4.3.3 Cross correlation

หัวใจไมโครโฟนที่บันทึกสัญญาณแต่ละตำแหน่งจะบันทึกเสียงที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงเดียวกัน ดังนั้นการประมวลผลสัญญาณด้วยวิธีการ Cross correlation จึงจะสามารถบอกความแตก

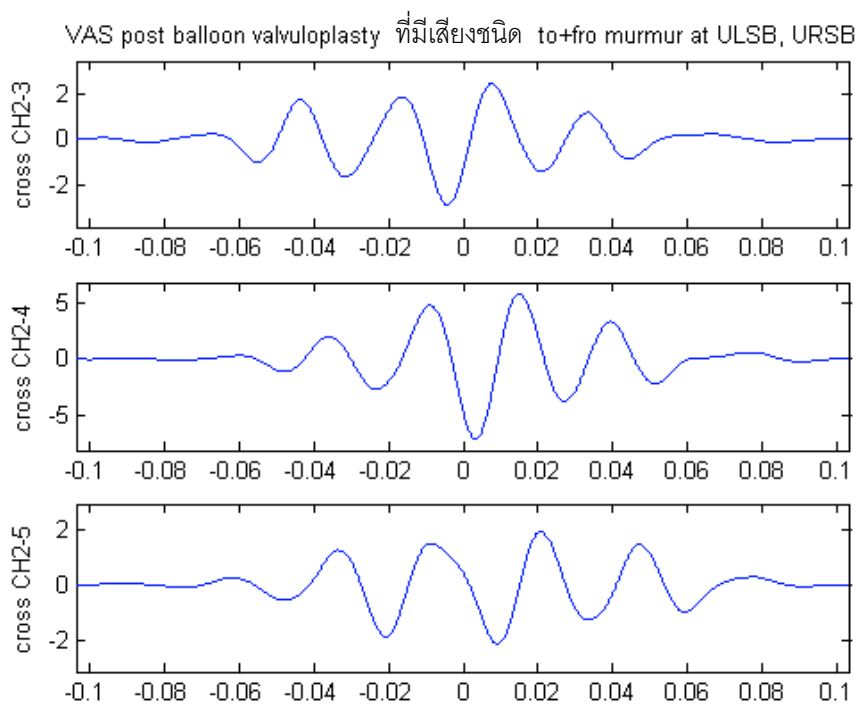
ต่างทางเวลาของแหล่งกำเนิดมาสู่หัวใจไมโครโฟนโดยได้ทำการเลือกกราฟของผู้ป่วยในตัวอย่างนี้ เลือกผู้ป่วยอาการ VAS post balloon valvuloplasty ที่มีเสียงชนิด to+fro murmur at ULSB, URSB ดังภาพประกอบ 4-7 จากนั้นทำการเลือกช่วงสัญญาณ โดยจะเลือกช่วงสัญญาณเสียงต้นหัวใจซึ่งสามารถสังเกตได้จากการอ้างอิงกับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ในที่นี้เลือกสัญญาณกราฟเสียง S₁ และแสดงตัวอย่างช่วงเวลา 2.35 วินาที ถึงช่วงเวลา 2.45 วินาที ดังภาพประกอบ 4-8 ซึ่งจะแสดงกราฟเสียงต้นหัวใจจำนวน 4 ช่องสัญญาณโดยจะไม่แสดงสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และนำช่วงสัญญาณที่เลือกคือช่วงเวลา 2.35 วินาที ถึงช่วงเวลา 2.45 วินาที ไปประมวลผลโดยใช้วิธีการ Cross correlation แต่ละช่องสัญญาณดังภาพประกอบ 4-9 แสดงการ Cross correlation โดยให้ช่องสัญญาณ 2 เป็นช่องสัญญาณหลักในการประมวลผล, ภาพประกอบ 4-10 แสดงการ Cross correlation โดยให้ช่องสัญญาณ 3 เป็นช่องสัญญาณหลักในการประมวลผล, ภาพประกอบ 4-11 แสดงการ Cross correlation โดยให้ช่องสัญญาณ 4 เป็นช่องสัญญาณหลักในการประมวลผล และภาพประกอบ 4-12 แสดงการ Cross correlation โดยให้ช่องสัญญาณ 5 เป็นช่องสัญญาณหลักในการประมวลผลโดยวิธีการ Cross correlation จะทำเพียงกราฟเสียงต้นหัวใจเท่านั้น เนื่องจากใช้สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจในการอ้างอิงรอบการทำงานของหัวใจเท่านั้น



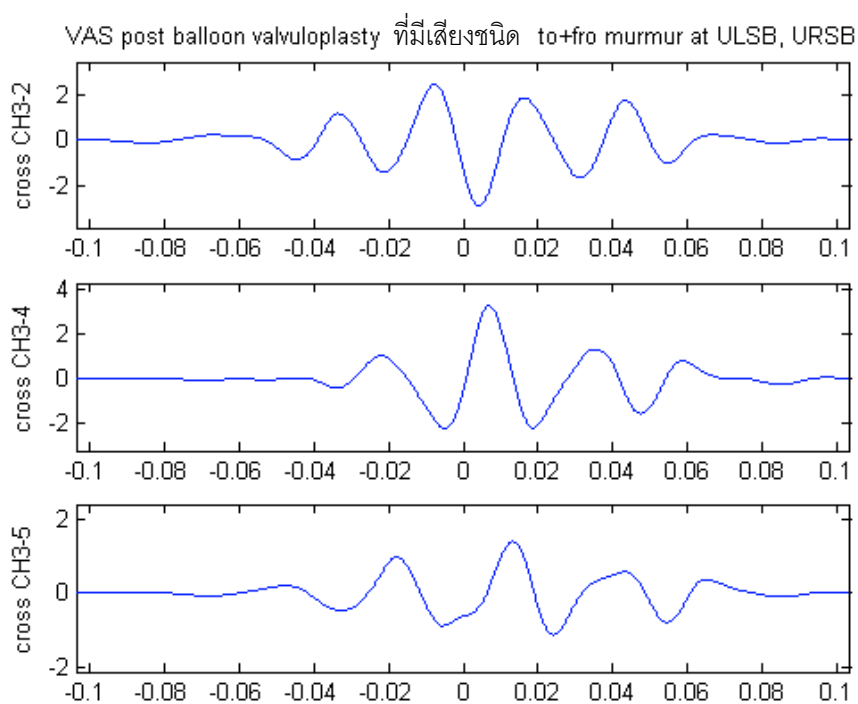
ภาพประกอบ 4-7 กราฟของผู้ป่วยอาการ VAS post balloon valvuloplasty ที่มีเสียงชนิด to+fro murmur at ULSB, URSB



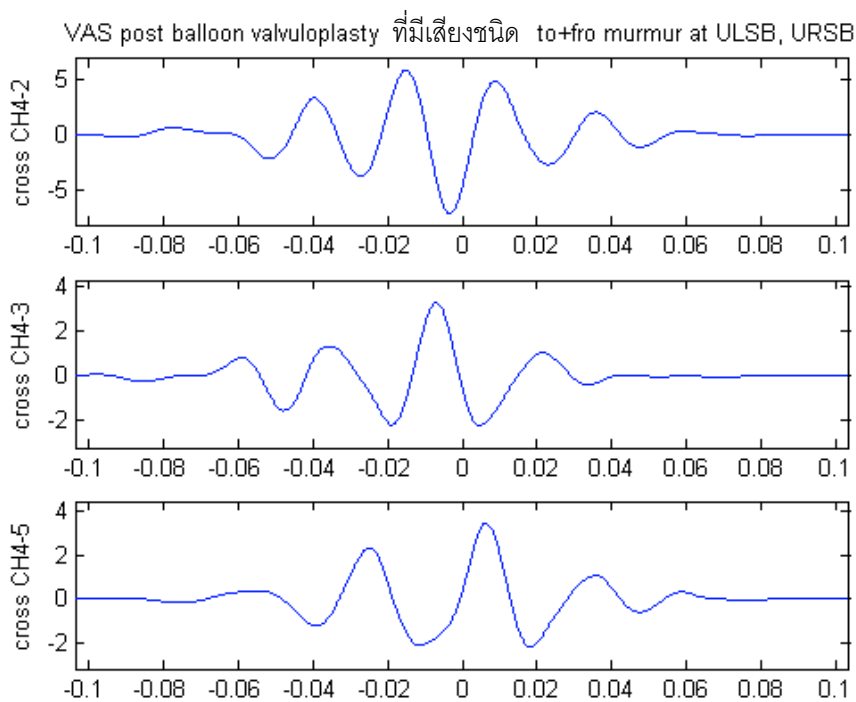
ภาพประกอบ 4-8 เลือกสัญญาณกราฟเสียง S₁ ช่วงเวลา 2.35 วินาที ถึงช่วงเวลา 2.45 วินาที



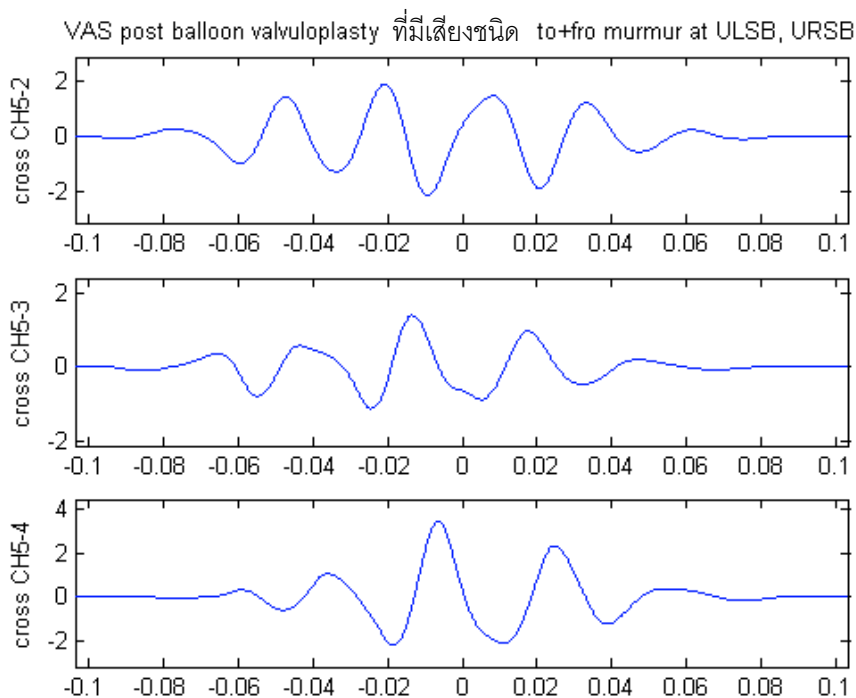
ภาพประกอบ 4-9 Cross correlation โดยให้ช่องสัญญาณ 2 เป็นช่องสัญญาณหลัก



ภาพประกอบ 4-10 Cross correlation โดยให้ช่องสัญญาณ 3 เป็นช่องสัญญาณหลัก



ภาพประกอบ 4-11 Cross correlation โดยให้ช่องสัญญาณ 4 เป็นช่องสัญญาณหลัก



ภาพประกอบ 4-12 Cross correlation โดยให้ช่องสัญญาณ 5 เป็นช่องสัญญาณหลัก

โดยผลของการประมวลผลด้วยวิธีการ Cross correlation แต่ละช่องสัญญาณให้ผลค่าตัวเลขที่แสดงผลความแตกต่างทางเวลาของแต่ละช่องสัญญาณที่ทำการเปรียบเทียบได้ดังตาราง 4-1

Cross correlation ระหว่างช่องสัญญาณ	ผลความแตกต่างทางเวลา
ช่องสัญญาณ 2 กับช่องสัญญาณ 3	0.0077 วินาที
ช่องสัญญาณ 2 กับช่องสัญญาณ 4	0.0151 วินาที
ช่องสัญญาณ 2 กับช่องสัญญาณ 5	0.0210 วินาที
ช่องสัญญาณ 3 กับช่องสัญญาณ 2	-0.0075 วินาที
ช่องสัญญาณ 3 กับช่องสัญญาณ 4	0.0070 วินาที
ช่องสัญญาณ 3 กับช่องสัญญาณ 5	0.0134 วินาที
ช่องสัญญาณ 4 กับช่องสัญญาณ 2	-0.0149 วินาที
ช่องสัญญาณ 4 กับช่องสัญญาณ 3	-0.0068 วินาที
ช่องสัญญาณ 4 กับช่องสัญญาณ 5	0.0064 วินาที

ตาราง 4-1 ผลของการประมวลผลด้วยวิธีการ Cross correlation แต่ละช่องสัญญาณ

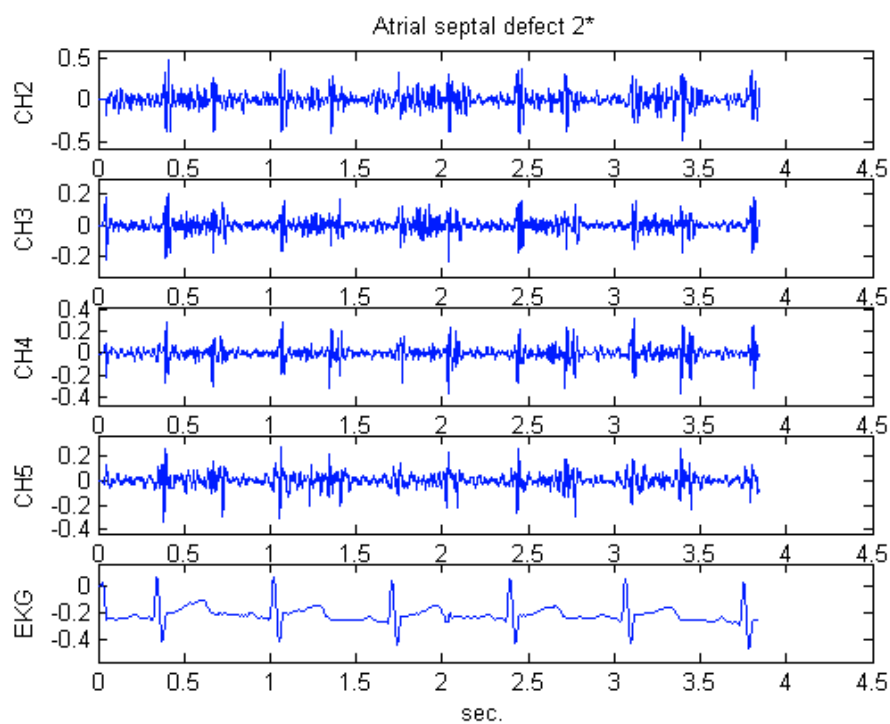
Cross correlation ระหว่างช่องสัญญาณ	ผลความแตกต่างทางเวลา
ช่องสัญญาณ 5 กับช่องสัญญาณ 2	-0.0208 วินาที
ช่องสัญญาณ 5 กับช่องสัญญาณ 3	-0.0132 วินาที
ช่องสัญญาณ 5 กับช่องสัญญาณ 4	-0.0063 วินาที

ตาราง 4-1(ต่อ) ผลของการประมวลผลด้วยวิธีการ Cross correlation แต่ละช่องสัญญาณ

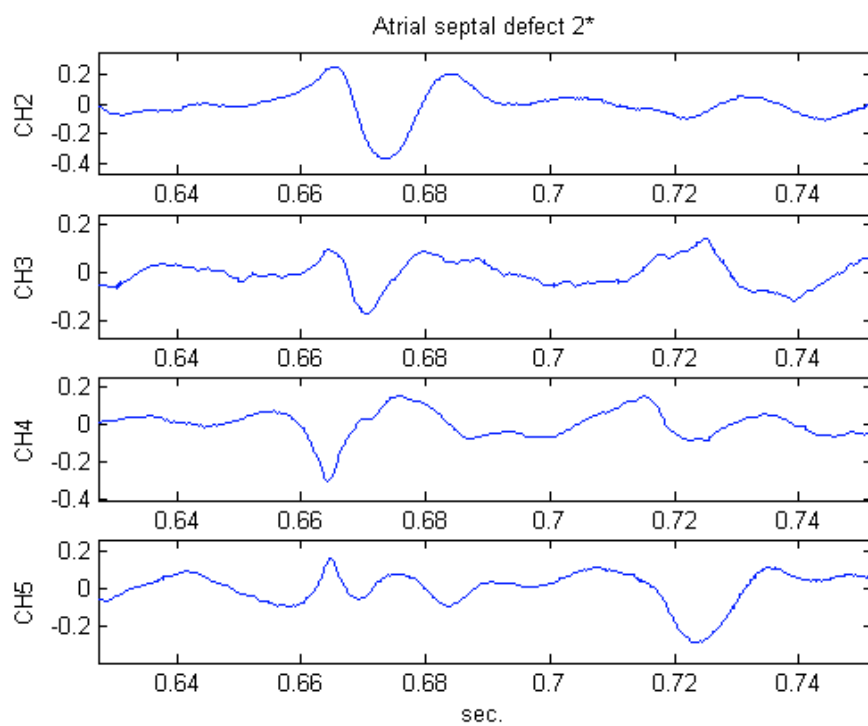
จากตาราง 4-1 แสดงผลของการประมวลผลข้อมูลด้วยวิธีการ Cross correlation ซึ่งผลความแตกต่างทางเวลาแสดงค่าตัวเลขมีหน่วยเป็นวินาที โดยถ้าผลความแตกต่างทางเวลามีค่าเป็นบวกแสดงว่าสัญญาณของช่องสัญญาณหลักที่นำมาประมวลผลข้อมูลด้วยวิธีการ Cross correlation นำหน้าสัญญาณของช่องสัญญาณที่นำมาประมวลผลด้วย ในทางตรงข้ามถ้าผลความแตกต่างทางเวลามีค่าเป็นลบแสดงว่าสัญญาณของช่องสัญญาณหลักที่นำมาประมวลผลข้อมูลด้วยวิธีการ Cross correlation ถ่าหลังสัญญาณของช่องสัญญาณที่นำมาประมวลผลด้วย ตัวอย่างเช่นทำการ Cross correlation ระหว่างช่องสัญญาณที่ 2 กับช่องสัญญาณที่ 3 โดยมีผลความแตกต่างทางเวลาเท่ากับ 0.0077 วินาที ดังนั้นสามารถอธิบายได้ว่าเสียง S_1 ในช่วงเวลา 2.35 วินาทีถึงช่วงเวลา 2.45 วินาที ของผู้ป่วยดังกล่าวอยู่ใกล้ช่องสัญญาณที่ 2 มากกว่าช่องสัญญาณที่ 3 เป็นเวลา 0.0077 วินาที หรือสามารถอธิบายอีกนัยหนึ่งคือเสียง S_1 ในช่วงเวลา 2.35 วินาทีถึงช่วงเวลา 2.45 วินาที เดินทางถึงไมโครโฟนของช่องสัญญาณที่ 2 ก่อนไมโครโฟนของช่องสัญญาณที่ 3 เป็นเวลา 0.0077 วินาที

4.3.4 Auto correlation

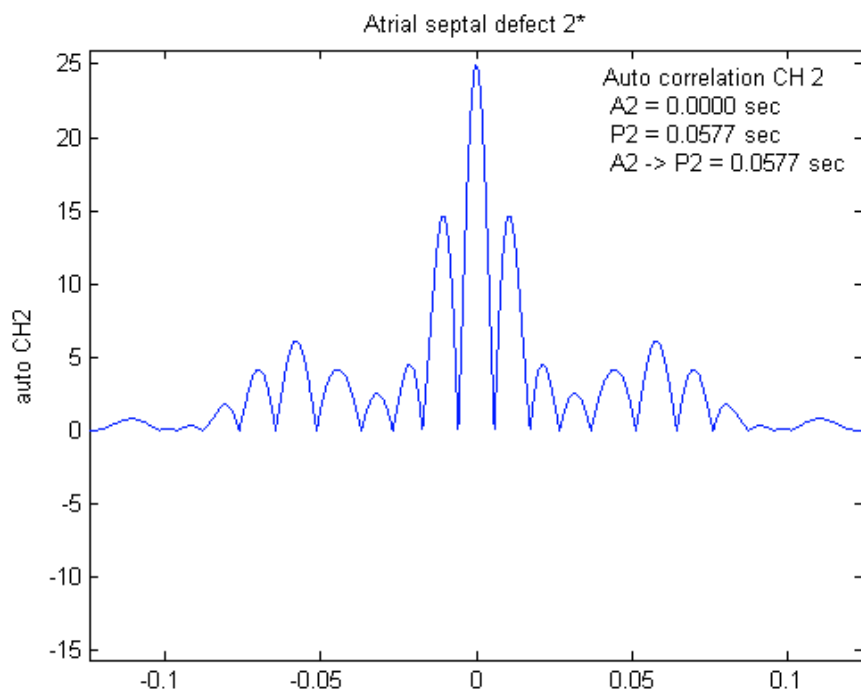
จากการปรึกษากับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญโรคหัวใจพบว่าผู้ป่วยอาการ Atrial septal defect หรือ ASD จะมีลักษณะเด่นของอาการที่ชัดเจนสามารถสังเกตได้คือ ขณะที่ผู้ป่วยหายใจเข้าหรือออกสามารถฟังเสียง S_2 2 เสียง กล่าวคือ A_2 จะห่างกับ P_2 ตลอด ซึ่งจะแตกต่างกับคนปกติที่จะมีระยะห่างกันของ A_2 กับ P_2 ในช่วงเวลาหายใจเข้าเท่านั้น ดังนั้นผู้ป่วยที่มีอาการเสียง S_2 2 เสียง ปัจจุบันแพทย์จะใช้ความชำนาญในการฟังเสียงเพื่อบอกระยะห่างกันของ A_2 กับ P_2 โดยค่าที่บอกออกมาจะเป็นค่าทศนิยมสองตำแหน่ง เช่น 0.02 วินาที 0.04 วินาที 0.06 วินาที และ 0.08 วินาที ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยจึงหาวิธีการที่จะสามารถบอกระยะห่างกันของ A_2 กับ P_2 โดยได้ใช้วิธีการ Auto correlation โดยทำการเลือกกราฟของผู้ป่วยที่มีอาการเสียง S_2 2 เสียง ในที่นี้ได้เลือกกราฟของผู้ป่วยอาการ Atrial septal defect 2° (ASD 2°) ดังภาพประกอบ 4-13 จากนั้นเลือกช่วงสัญญาณเสียง S_2 ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการอ้างอิงกับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ซึ่งจะเลือกสัญญาณ S_2 ทุกช่วงเพื่อแสดงให้เห็นทราบว่าเสียง S_2 ของผู้ป่วยอาการ Atrial septal defect 2° (ASD 2°) มี 2 เสียงจริง



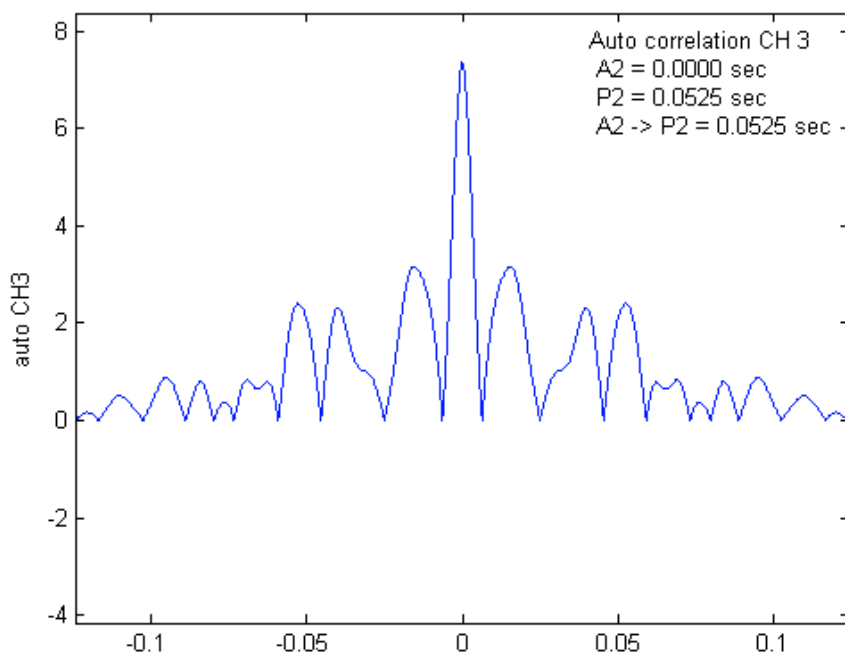
ภาพประกอบ 4-13 กราฟของผู้ป่วยอาการ Atrial septal defect 2° (ASD 2°)



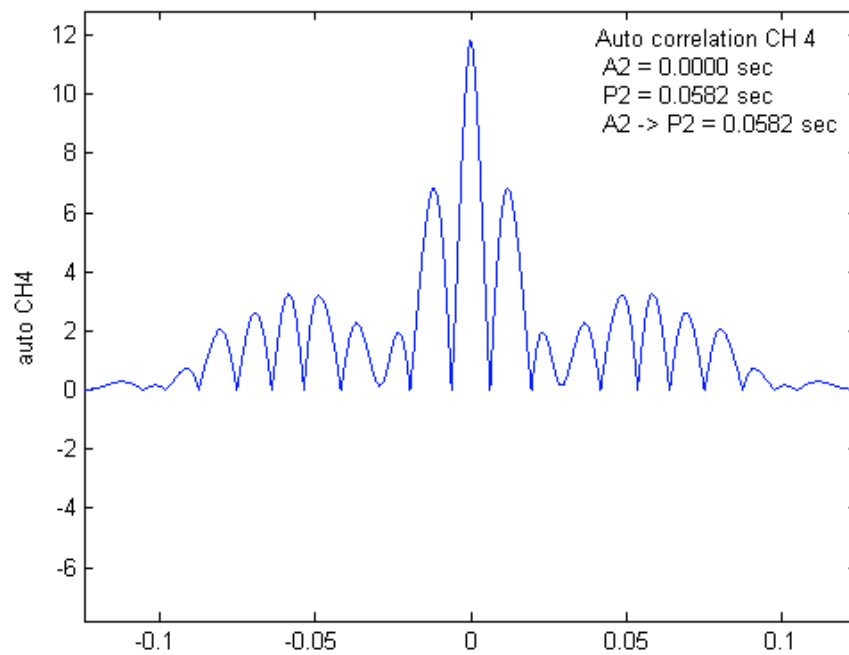
ภาพประกอบ 4-14 กราฟเสียงเต้านหัวใจเสียง S₂ รอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 1



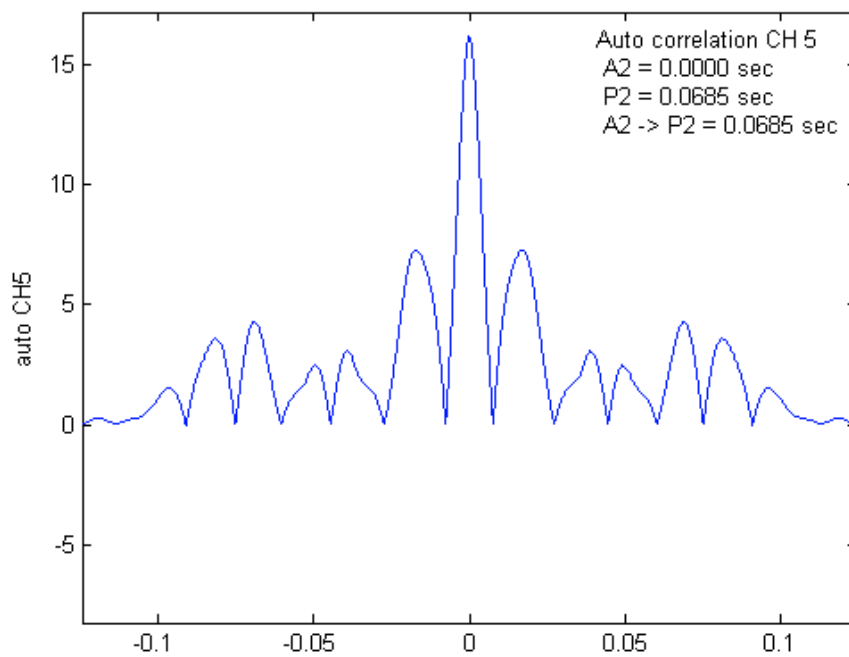
ภาพประกอบ 4-15 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 2 (ช่วงที่ 1)



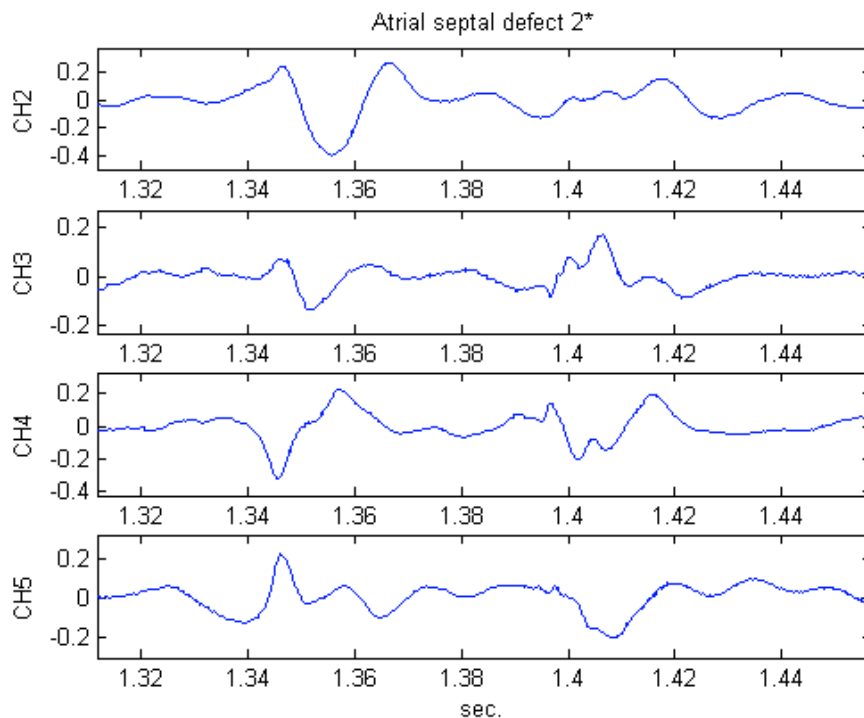
ภาพประกอบ 4-16 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 3 (ช่วงที่ 1)



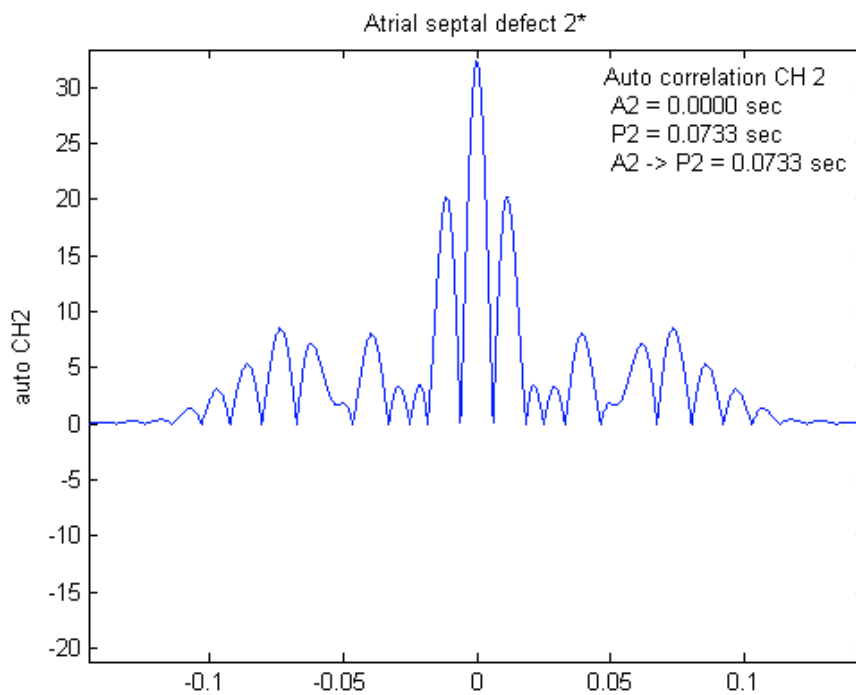
ภาพประกอบ 4-17 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 4 (ช่วงที่ 1)



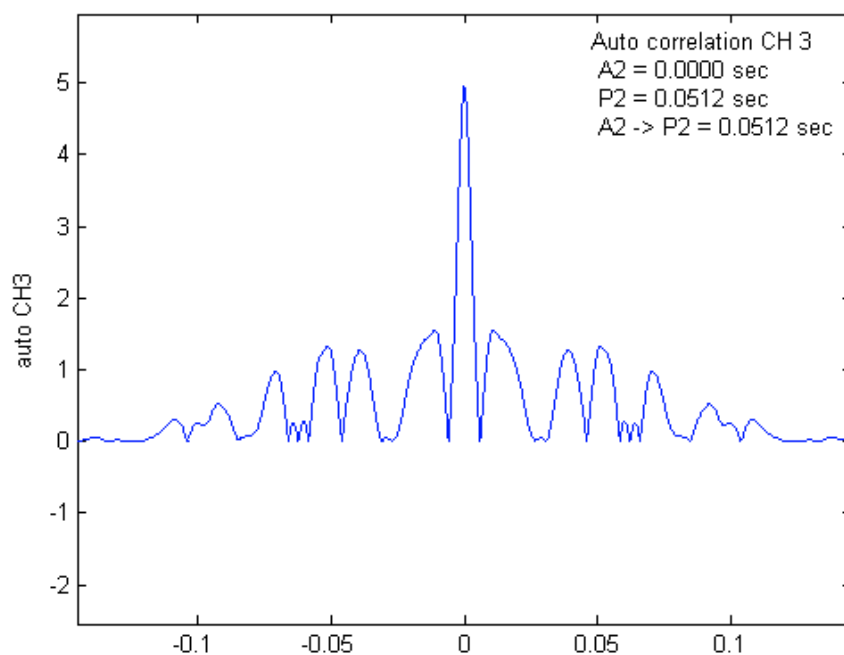
ภาพประกอบ 4-18 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 5 (ช่วงที่ 1)



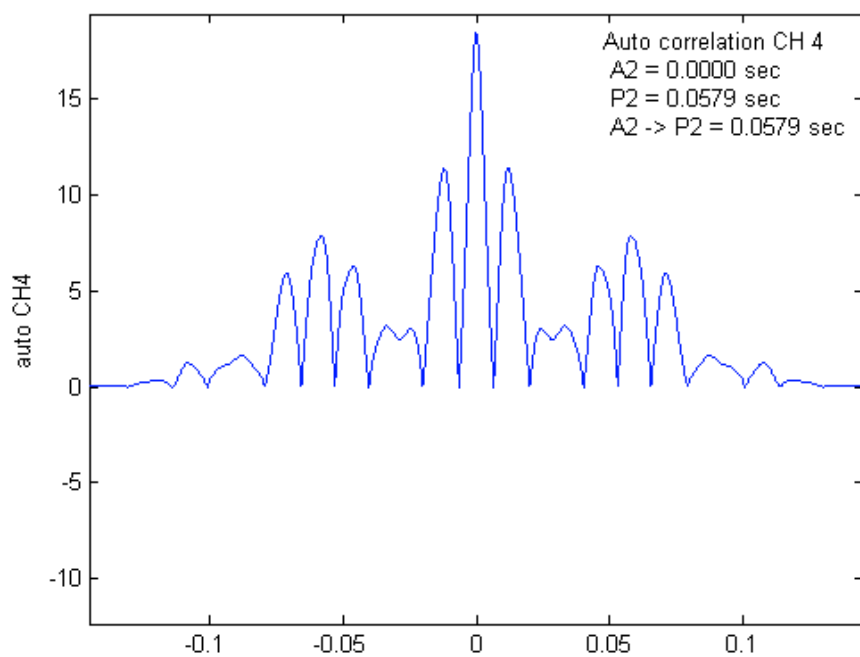
ภาพประกอบ 4-19 กราฟเสียงเต้นหัวใจเสียง S₂ รอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 2



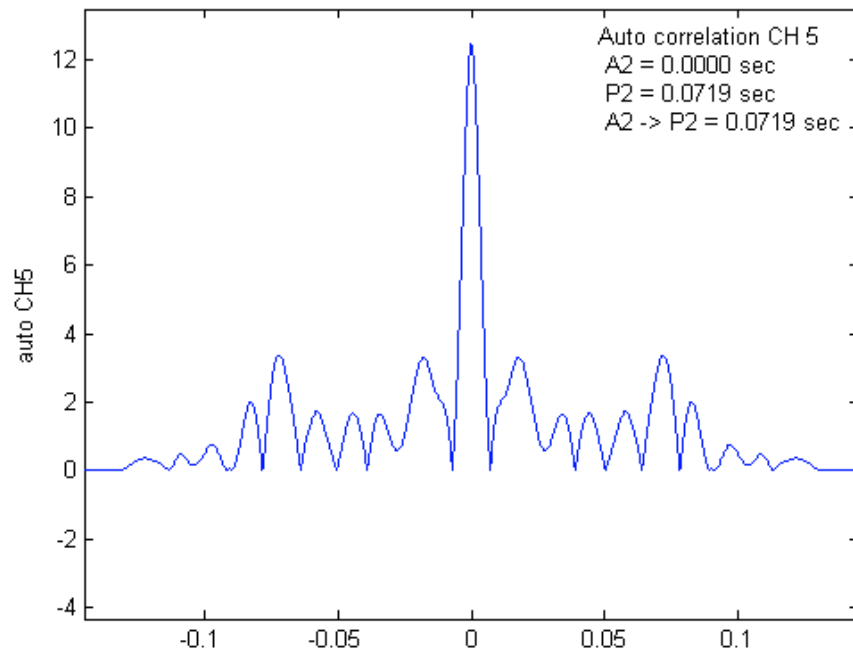
ภาพประกอบ 4-20 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S₂ ช่องสัญญาณที่ 2 (ช่วงที่ 2)



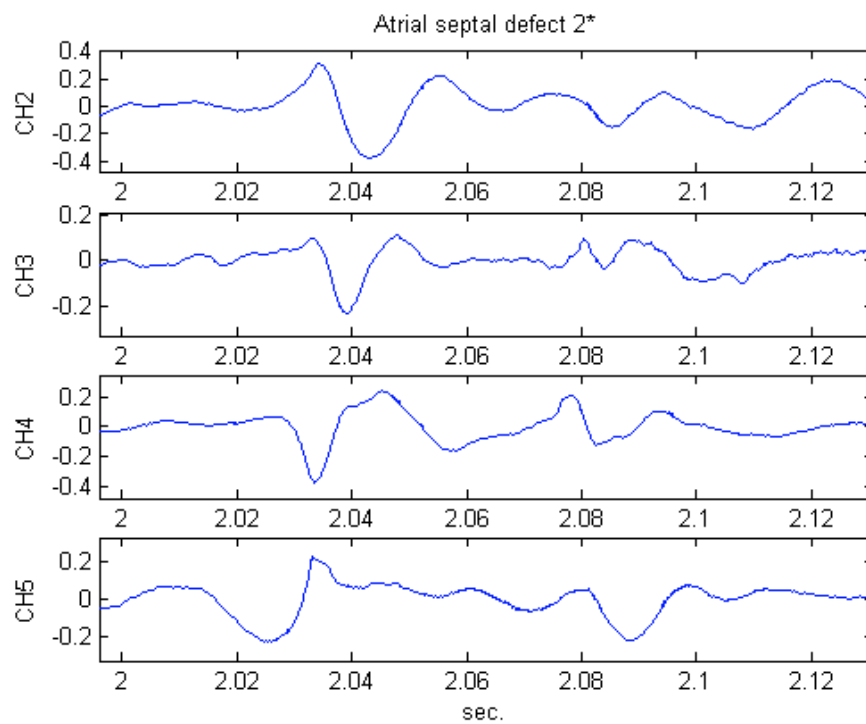
ภาพประกอบ 4-21 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 3 (ช่วงที่ 2)



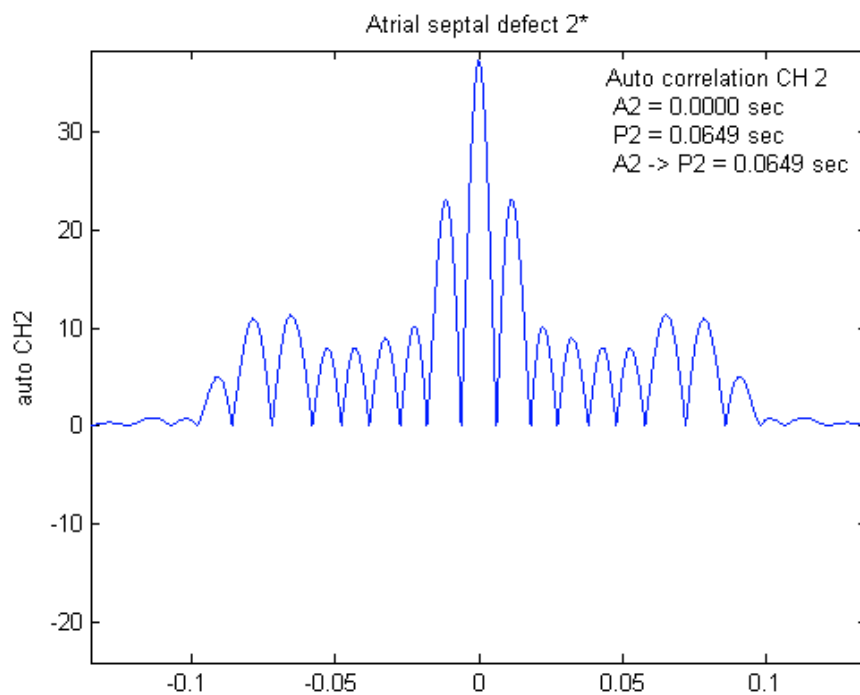
ภาพประกอบ 4-22 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 4 (ช่วงที่ 2)



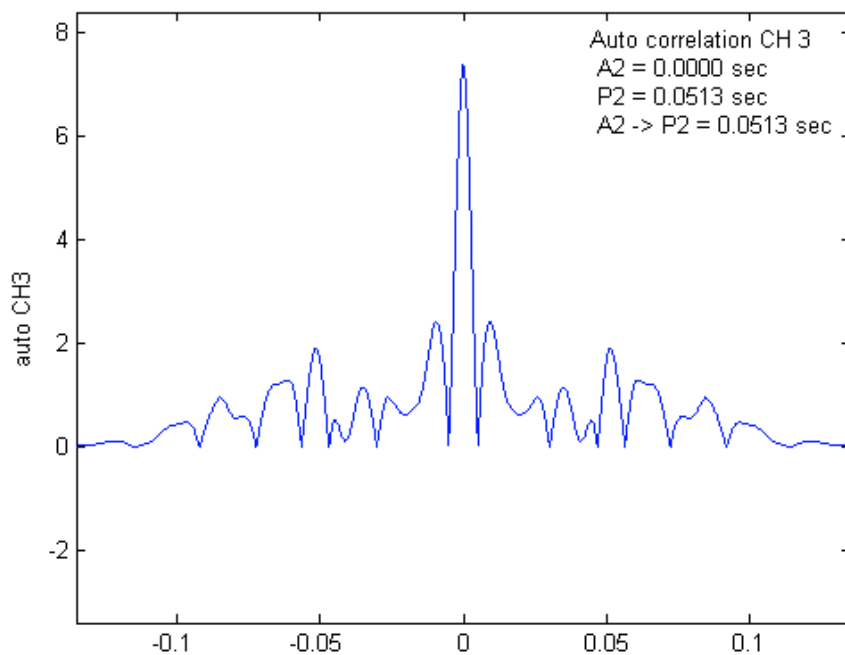
ภาพประกอบ 4-23 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S₂ ช่องสัญญาณที่ 5 (ช่วงที่ 2)



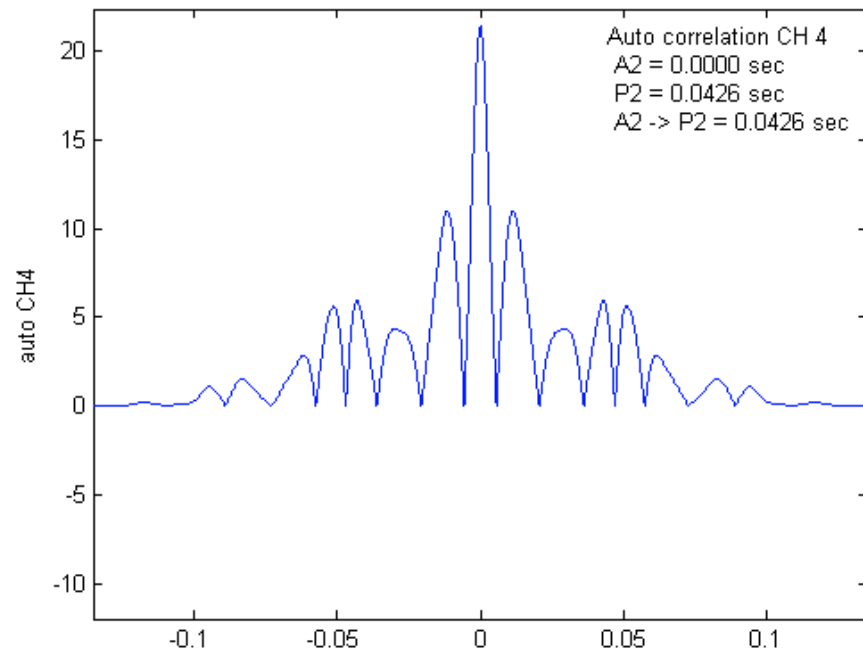
ภาพประกอบ 4-24 กราฟเสียงเต้นหัวใจเสียง S₂ รอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 3



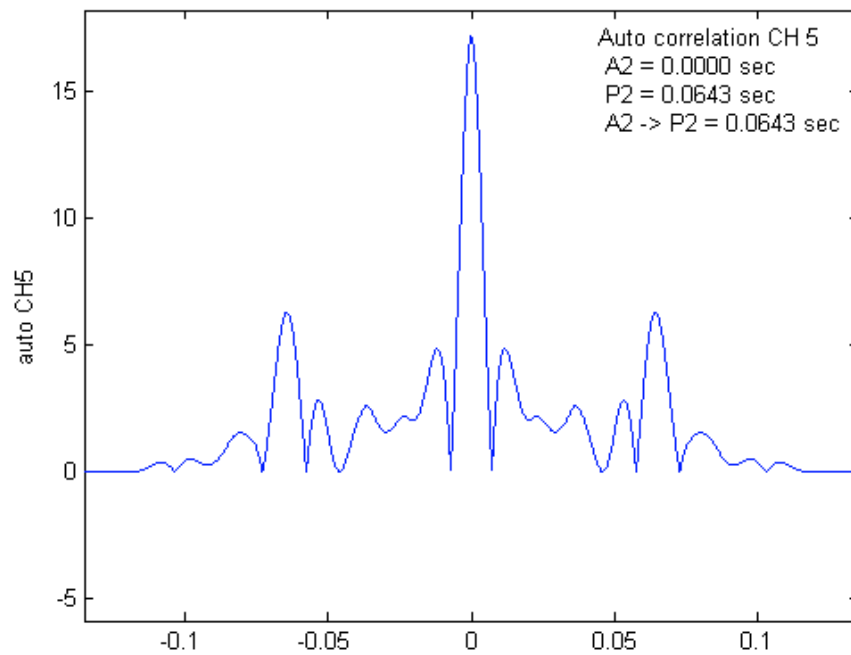
ภาพประกอบ 4-25 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 2 (ช่วงที่ 3)



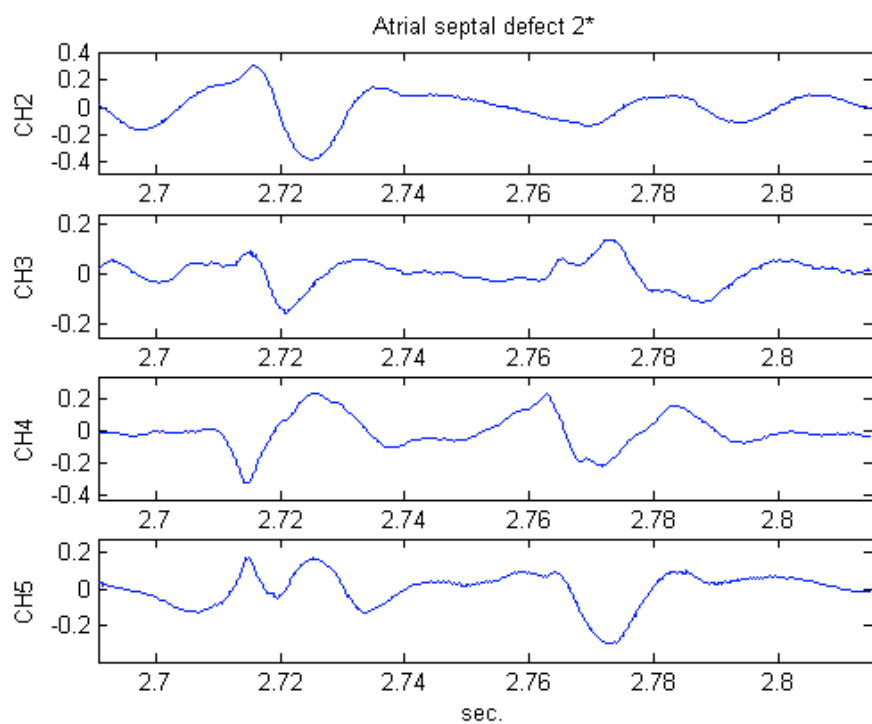
ภาพประกอบ 4-26 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 3 (ช่วงที่ 3)



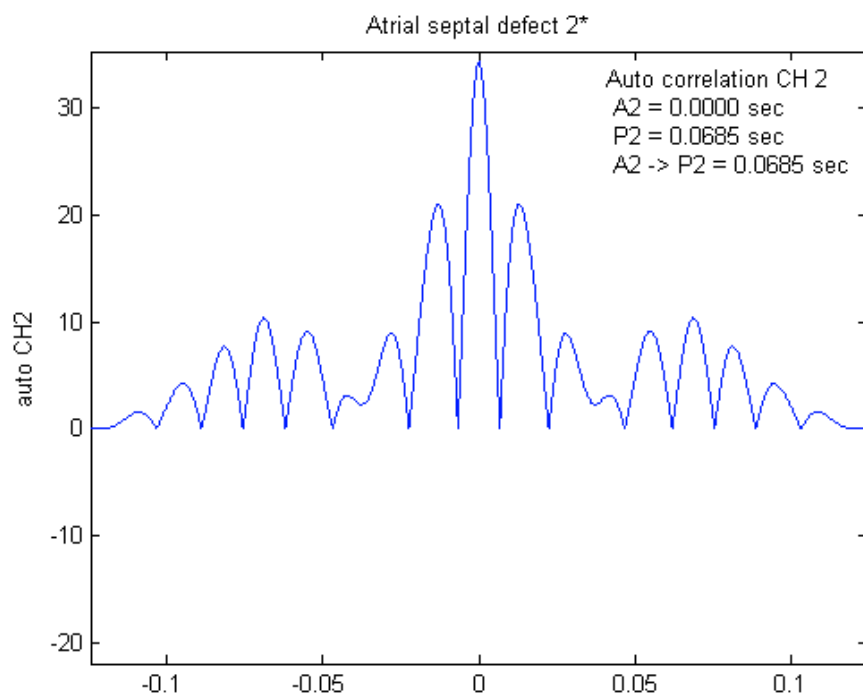
ภาพประกอบ 4-27 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 4 (ช่วงที่ 3)



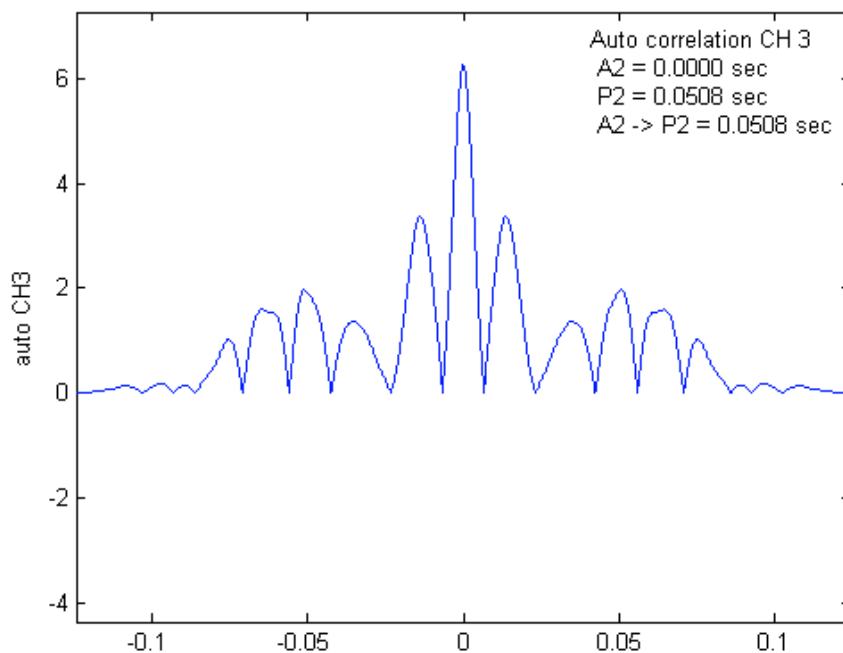
ภาพประกอบ 4-28 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 5 (ช่วงที่ 3)



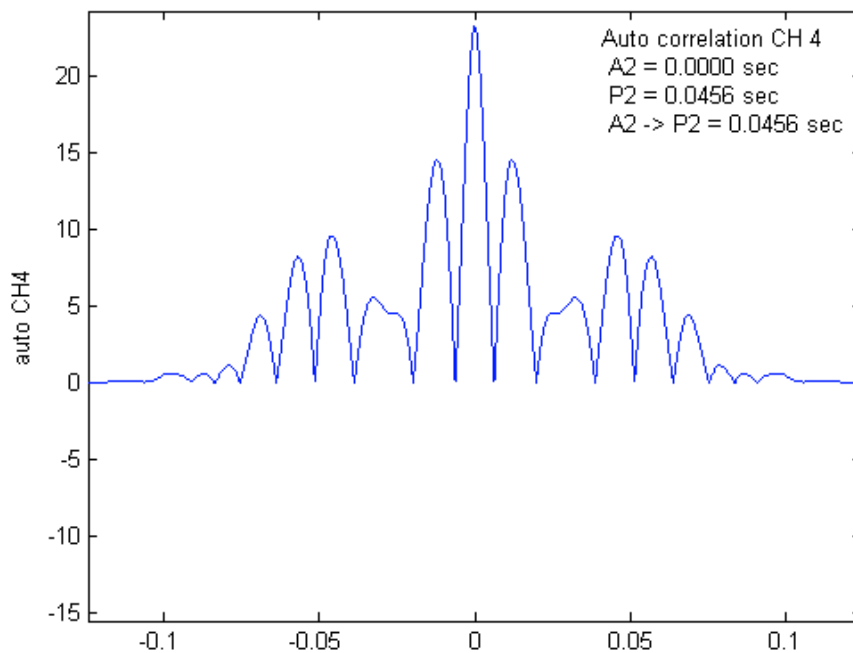
ภาพประกอบ 4-29 กราฟเสียงเต้นหัวใจเสียง S_2 รอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 4



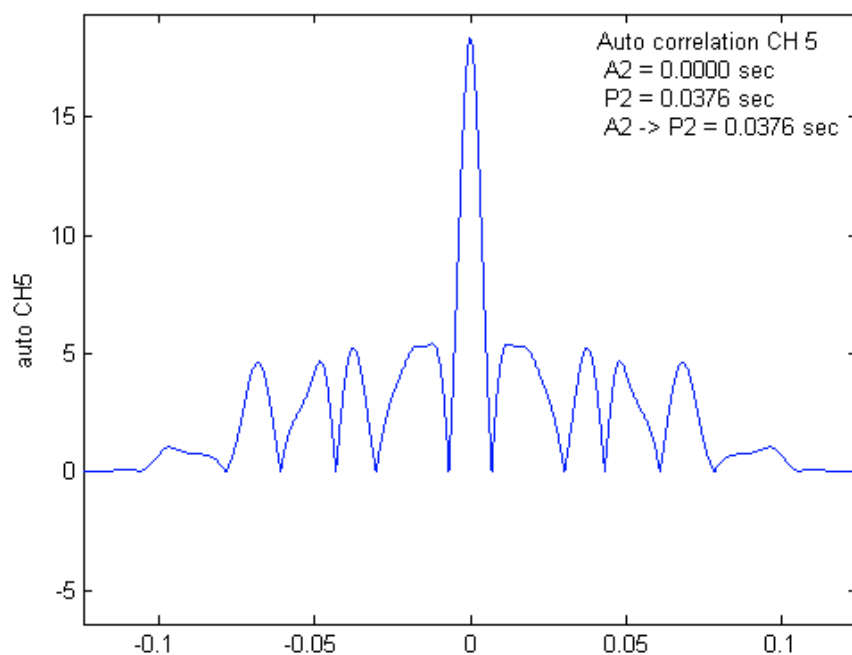
ภาพประกอบ 4-30 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 2 (ช่วงที่ 4)



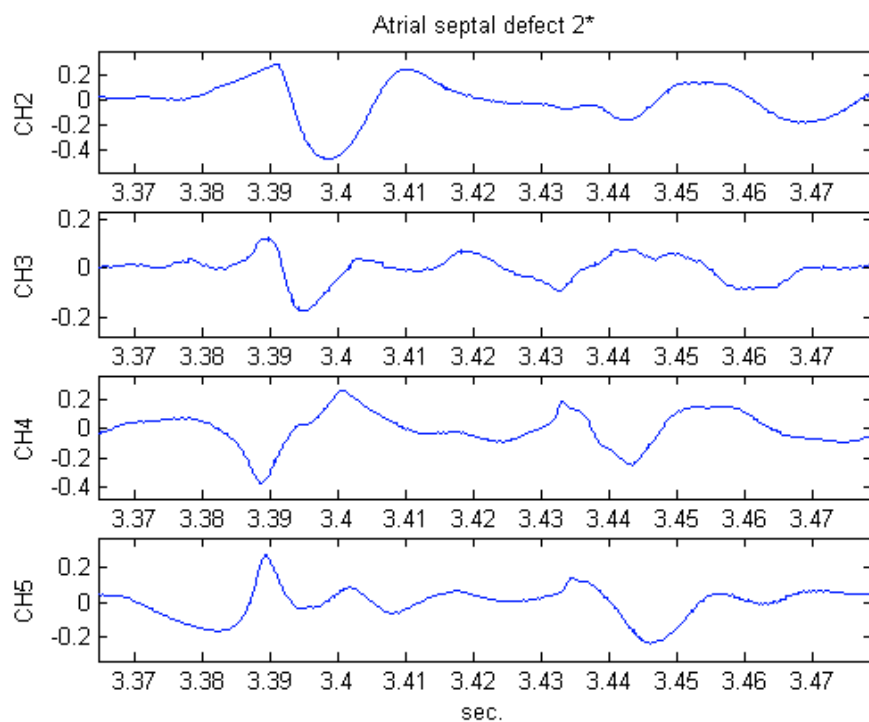
ภาพประกอบ 4-31 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S₂ ช่องสัญญาณที่ 3 (ช่วงที่ 4)



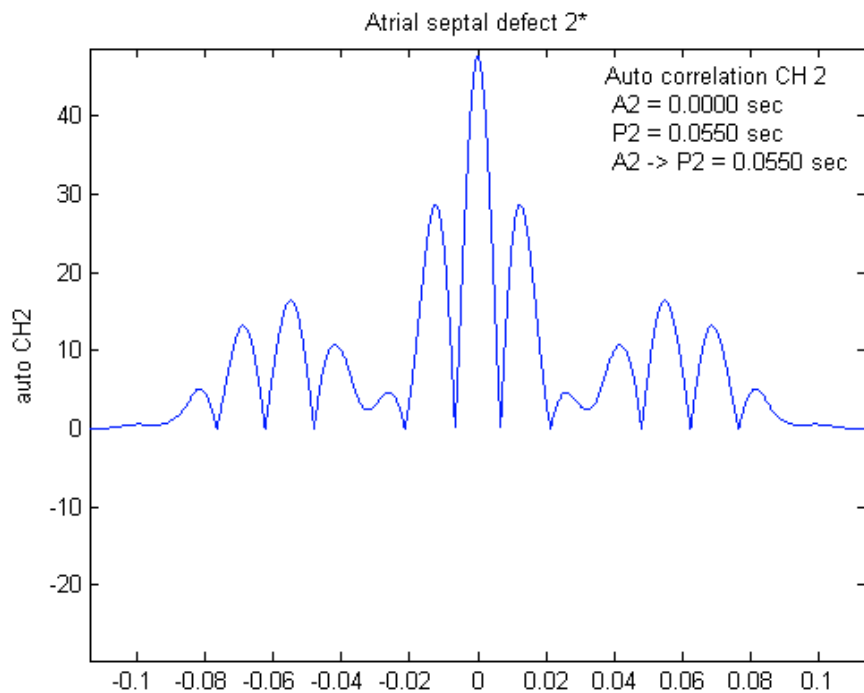
ภาพประกอบ 4-32 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S₂ ช่องสัญญาณที่ 4 (ช่วงที่ 4)



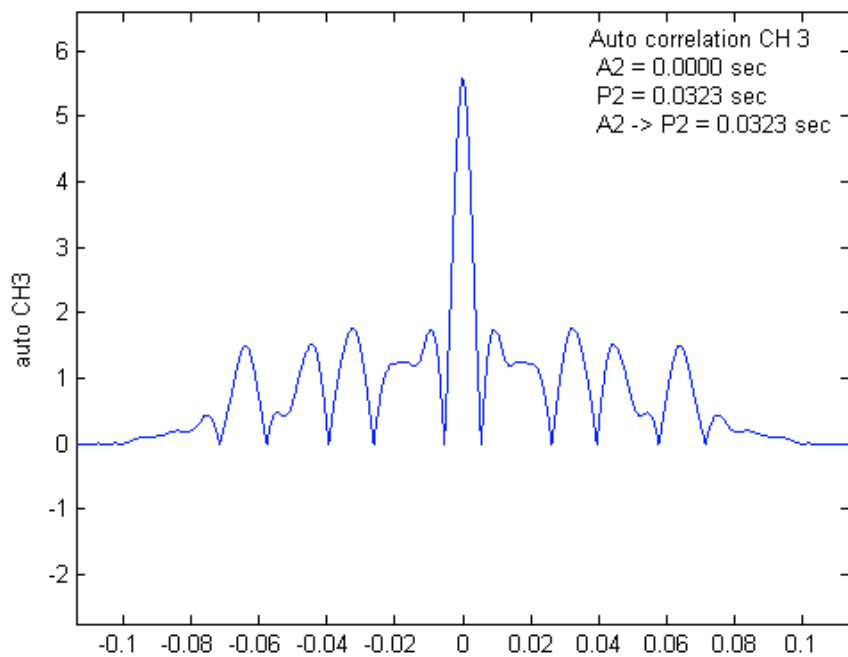
ภาพประกอบ 4-33 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 5 (ช่วงที่ 4)



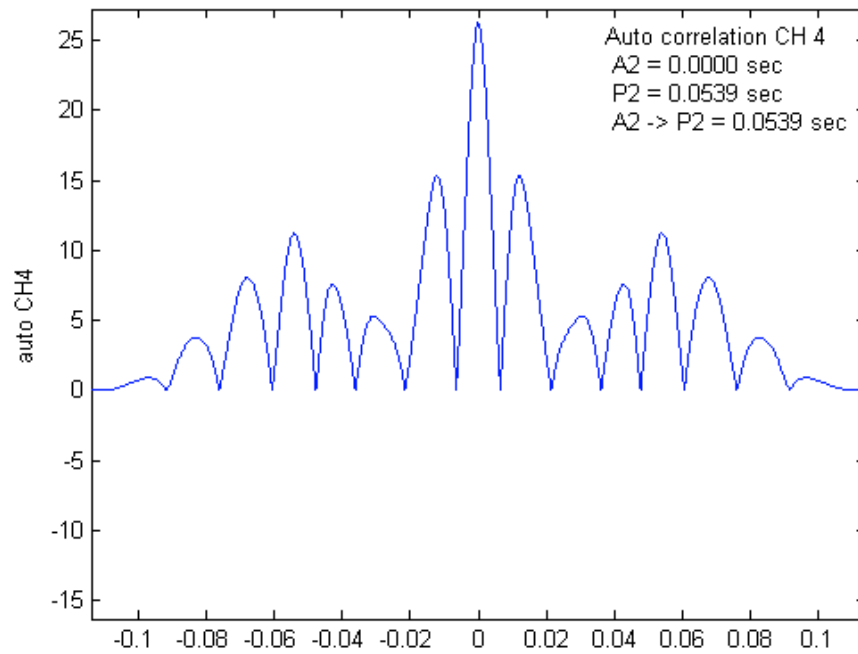
ภาพประกอบ 4-34 กราฟเสียงเต้นหัวใจเสียง S_2 รอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 5



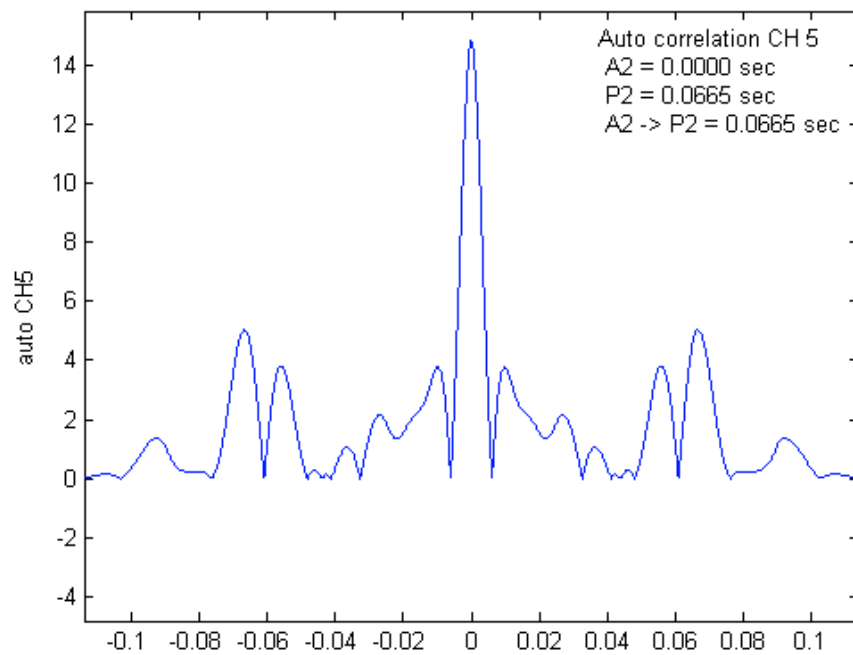
ภาพประกอบ 4-35 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 2 (ช่วงที่ 5)



ภาพประกอบ 4-36 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 3 (ช่วงที่ 5)



ภาพประกอบ 4-37 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 4 (ช่วงที่ 5)



ภาพประกอบ 4-38 กราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S_2 ช่องสัญญาณที่ 5 (ช่วงที่ 5)

จากภาพประกอบ 4-13 สัญญาณกราฟของผู้ป่วยอาการ Atrial septal defect 2° (ASD 2°) ที่ทำการบันทึกนี้มีรอบการทำงานของหัวใจทั้งสิ้น 5 รอบ ดังนั้นการวิเคราะห์สัญญาณกราฟด้วยวิธีการ Auto correlation ทั้งหมด 5 รอบ โดยแต่ละรอบจะทำการวิเคราะห์กราฟเสียงเดินหัวใจทุกช่องสัญญาณ จากภาพประกอบ 4-14 แสดงกราฟเสียงเดินหัวใจเสียง S₂ รอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 1 โดยจะสังเกตได้ว่าถ้าสังเกตกราฟนี้โดยไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ จะไม่สามารถสังเกตได้ชัดเจนว่าเสียง S₂ 2 เสียงห่างกันเท่าใด ดังนั้นจากภาพประกอบ 4-15 แสดงกราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S₂ ช่องสัญญาณที่ 2 (รอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 1) ซึ่งจะสามารถบอกระยะห่างกันของ A₂ กับ P₂ สังเกตจากกราฟ และภาพประกอบ 4-16 ถึงภาพประกอบ 4-18 แสดงกราฟ Auto correlation วิเคราะห์เสียง S₂ ช่องสัญญาณที่ 3, ช่องสัญญาณที่ 4 และช่องสัญญาณที่ 5 ตามลำดับโดยเป็นรอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 1 ซึ่งผลการบอกระยะห่างกันของ A₂ กับ P₂ พบว่าสามารถบอกระยะห่างได้ และภาพประกอบ 4-19 ถึงภาพประกอบ 4-38 แสดงกราฟที่วิเคราะห์ในรอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 2 ถึงรอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 5

จากผลการทดลองการวิเคราะห์สัญญาณกราฟด้วยวิธีการ Auto correlation ทั้งหมด 5 ช่วงรอบการทำงานหัวใจ โดยแต่ละรอบการทำงานหัวใจจะทำการวิเคราะห์กราฟเสียงเดินหัวใจทุกช่องสัญญาณ สามารถแสดงผลของระยะห่างกันของ A₂ กับ P₂ ได้ดังตารางที่ 4-2

รอบการทำงานหัวใจผู้ป่วยอาการ Atrial septal defect 2° (ASD 2°)	ระยะห่างกันของ A ₂ กับ P ₂ (วินาที)			
	CH 2	CH 3	CH 4	CH 5
รอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 1	0.0577	0.0525	0.0582	0.0685
รอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 2	0.0733	0.0512	0.0579	0.0719
รอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 3	0.0649	0.0513	0.0426	0.0643
รอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 4	0.0685	0.0508	0.0456	-
รอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 5	0.0550	-	0.0539	0.0665

ตาราง 4-2 ระยะห่างกันของ A₂ กับ P₂ 5 ช่วงรอบการทำงานหัวใจทุกช่องสัญญาณ

สำหรับหูของมนุษย์ทั่วไปแล้วจะไม่สามารถแยกระยะห่างของเสียง S₂ ที่มีระยะห่างน้อยกว่า 0.04 วินาทีได้ ในการวิเคราะห์สัญญาณกราฟด้วยวิธีการ Auto correlation จะเห็นได้ว่า fixed split S₂ ในผู้ป่วยจริง ๆ แล้วไม่ได้ fixed split S₂ จริง แต่สาเหตุที่ฟังได้เช่นนี้เพราะความจำกัดของการได้ยินของมนุษย์ จากตาราง 4-2 แสดงผลของระยะห่างของเสียง S₂ 2 เสียง ซึ่งการหาระยะห่าง

ของเสียง S_2 2 เสียงได้แก่ระยะห่างกันของ A_2 กับ P_2 ถ้ากราฟของผู้ป่วยในช่วงที่เลือกมาประมวลผลข้อมูลมี murmur มากจะทำให้การประมวลผลข้อมูลด้วยวิธีการ Auto correlation ในช่วงนั้นช่องสัญญาณนั้นไม่สามารถตีความข้อมูลได้ หรือตีความได้ยาก ดังเช่นผลของระยะห่างกันของ A_2 กับ P_2 ของช่องสัญญาณที่ 5 ในช่วงรอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 4 และของช่องสัญญาณที่ 3 ในช่วงรอบการทำงานหัวใจช่วงที่ 5 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลการประมวลผลข้อมูลทั้งหมดพบว่าการประมวลผลด้วยวิธีการ Auto correlation สามารถบอกระยะห่างของเสียง S_2 2 เสียงได้อย่างละเอียด