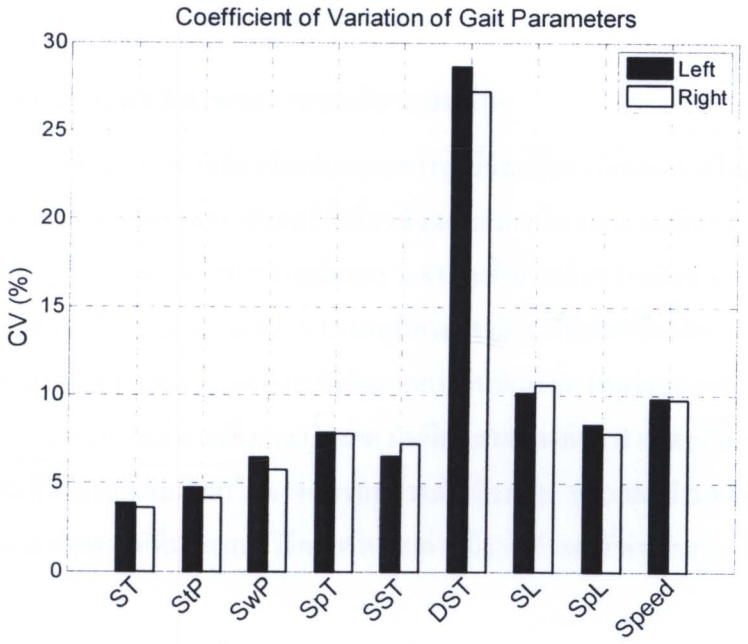
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

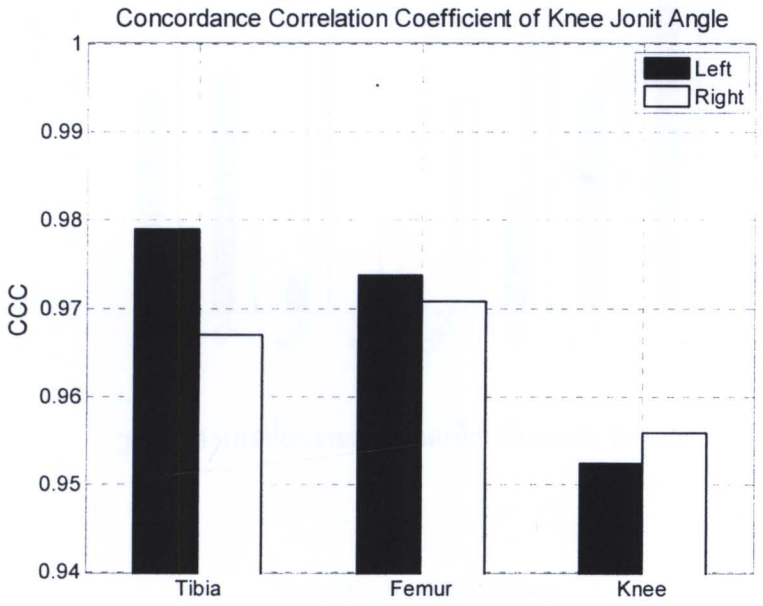
6.1.1 สภาวะการทำซ้ำของระบบ

รูปที่ 6.1 แสดงให้เห็นค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของพารามิเตอร์ส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 10 ซึ่งสามารถพิจารณาย่อยออกเป็นสองส่วนได้แก่ ส่วนพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเวลา และส่วนของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับระยะทาง โดยในส่วนของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเวลานั้นจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนอยู่ระหว่างร้อยละ 4-8 ซึ่งจะมีแนวโน้มใกล้เคียงกันเนื่องจากวิธีการคำนวณมีความสัมพันธ์กัน และในส่วนของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกันระยะทางจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนอยู่ระหว่างร้อยละ 8-10 ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากเป็นค่าที่คำนวณมาจากการอินทิเกรตในลักษณะเดียวกัน แต่สำหรับพารามิเตอร์ DST นั้นที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูงต่างจากพารามิเตอร์อื่นๆ ด้วยเนื่องมาจากค่าของ DST มีค่าเฉลี่ยที่เข้าใกล้ศูนย์ ทำให้เมื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจึงเกิดค่าสูงที่มากเพราะค่าเฉลี่ยถูกให้เป็นตัวหารในการคำนวณ ซึ่งในกรณีดังกล่าวเป็นข้อจำกัดของการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการเปรียบเทียบค่าโดยทั่วไป สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของทุกพารามิเตอร์นั้น จะประกอบไปด้วยค่าที่เกิดจากค่าปกติของมนุษย์ซึ่งมีค่าอยู่ประมาณร้อยละ 2-4 รวมอยู่ด้วย



รูปที่ 6.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของพารามิเตอร์การเดิน

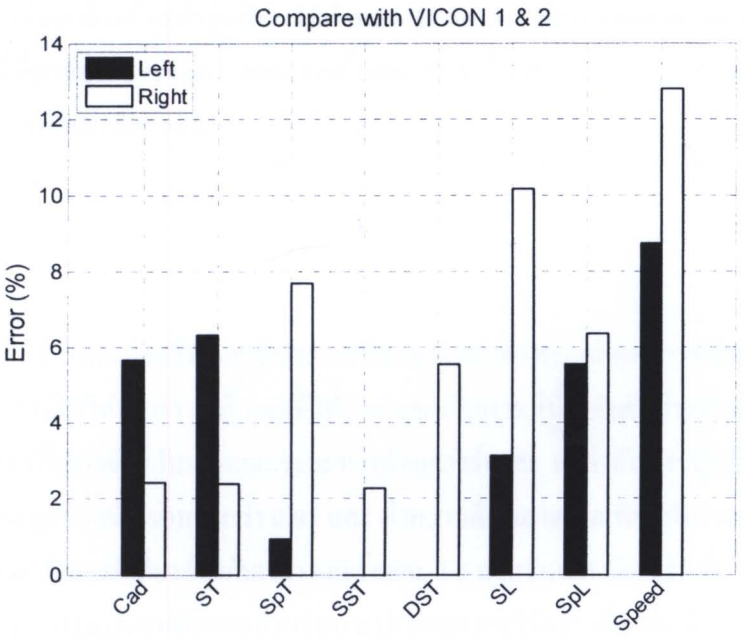
พิจารณารูปที่ 6.2 จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความสอดคล้องของมุมต่างๆที่ได้จากระบบมีค่ามากกว่า 0.95 ซึ่งเมื่อค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความสอดคล้องมีค่าใกล้หนึ่งแล้วนั้นเป็นการแสดงถึงสภาวะการทำซ้ำของระบบที่มีประสิทธิภาพ



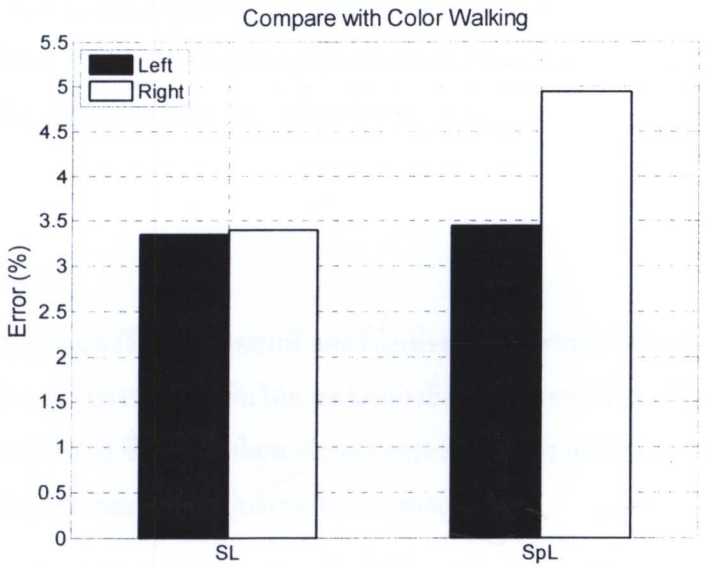
รูปที่ 6.2 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความสอดคล้องของมุมข้อเข่า

6.1.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบกับระบบอื่นๆ

พิจารณารูปที่ 6.3 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับระยะทางจะมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดโดยรวมมากกว่าค่าค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเวลา โดยค่าค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของพารามิเตอร์ที่ขึ้นอยู่กับเวลาจะมีค่าประมาณร้อยละ 0-8 และค่าค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของพารามิเตอร์ที่ขึ้นอยู่กับระยะทางมีค่าประมาณร้อยละ 3-13 เหตุที่ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับระยะทางมีค่าความผิดพลาดมากเพราะการคำนวณค่าระยะทางนั้นเกิดจากการอินทิเกรตความเร่งสองครั้ง ซึ่งส่งผลให้เกิดค่าความผิดพลาดสะสมที่เพิ่มขึ้น แต่ถึงกระนั้นค่าความผิดพลาดของค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดนั้นอาจเกิดจากรอบการเดินที่นำมาเปรียบเทียบไม่ตรงกับรอบการเดินที่ระบบ VICON นำมาคำนวณค่า จำนวนรอบการเดินที่นำมาวิเคราะห์ที่น้อย และวิธีการคำนวณค่าที่มีแบบจำลองที่ต่างกันออกไป



รูปที่ 6.3 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดเทียบกับระบบ VICON



รูปที่ 6.4 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของระบบเทียบกับการเดินด้วยเท้าจุ่มสี

ในส่วนของค่าความผิดพลาดของค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเวลาเมื่อเทียบกับการเดินด้วยเท้าจุ่มสี ตามรูปที่ 6.4นั้น จะสังเกตได้ว่าเมื่อมีการทดลองเก็บค่าที่มีตัวอย่างรอบการเดินที่เพิ่มมากขึ้น ค่าความผิดพลาดของระบบจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน (การเปรียบเทียบกับ VICON ใช้รอบการเดินทั้งหมด 7

รอบการเดินแต่การเดินด้วยเท้าจุ่มสีนั้นใช้ทั้งหมด 33 รอบการเดิน) โดยค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับระยะทางลดลงจากร้อยละ 3-13 เมื่อเทียบกับระบบ VICON เป็นร้อยละ 3-5 เมื่อเทียบกับการเดินด้วยเท่าจุ่มสี

6.2 สรุป

ระบบวิเคราะห์การเดินด้วยวีรีโมตเป็นระบบที่สามารถหาค่าพารามิเตอร์การเดินทั้งพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเดินได้อย่างรวดเร็ว ผลที่ได้จากระบบวิเคราะห์นี้ มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเวลาและระยะทางน้อยกว่าร้อยละ 10 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความสอดคล้องของมุมของข้อเข่ามากกว่า 0.95 และ ค่าความผิดพลาดเมื่อเทียบกับระบบอื่นอยู่ที่ร้อยละ 0-8 สำหรับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเวลา และร้อยละ 3-5 สำหรับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับระยะทาง ซึ่งผลที่ได้นั้นมีความแม่นยำเพียงพอสำหรับการประกอบการวินิจฉัยเบื้องต้น อีกทั้งยังสามารถหาซื้ออุปกรณ์ได้ง่ายมีราคาถูก (วีรีโมตพร้อมวีโมชั้นพลัส 4 ชุดราคาประมาณ 8000บาท ราคา ณ วันที่ 1 มกราคม 2554) มีการติดตั้งที่สะดวกต่างจากระบบอื่นๆที่มีราคาแพงและมีการใช้งานที่ยุ่งยาก ระบบวิเคราะห์การเดินด้วยวีรีโมตสามารถนำไปใช้งานได้ทั่วไปเพียงมีอุปกรณ์วีรีโมต คอมพิวเตอร์ที่สามารถติดต่อไร้สายผ่านบูลทูธได้ และซอฟต์แวร์ ในอนาคตสามารถพัฒนาต่อยอดระบบวิเคราะห์การเดินด้วยวีรีโมตได้ โดยการเพิ่มหรือเปลี่ยนตำแหน่งที่ติดตั้งวีรีโมต ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ค่าทางการแพทย์อื่นๆได้ นอกเหนือจากพารามิเตอร์ทางการเดิน

6.3 ข้อเสนอแนะ

ระยะการส่งสัญญาณของวีรีโมตกับคอมพิวเตอร์นั้นมีระยะที่ไม่มากนักซึ่งมักทำให้เกิดการขาดหายของสัญญาณข้อมูลในบางช่วงการเดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัญญาณจากวีรีโมตที่ถูกติดตั้งอยู่บริเวณขาด้านที่ถูกขาของผู้เดินบัง ซึ่งเพื่อลดปัญหาดังกล่าวควรวางคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ตัวรับสัญญาณบูลทูธไว้ใกล้กับลู่ทางเดินและควรอยู่บริเวณกึ่งกลางของลู่ทางเดิน

การติดตั้งวีรีโมตโดยใช้ผ้ายืดกระชับกล้ามเนื้อนั้นหากผ้ายืดมีขนาดที่ไม่เหมาะสมกับผู้ใช้งานแล้วอาจจะทำให้ค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ผิดพลาดได้ เช่นหากมีผ้ายืดหลวมเกินไปอาจจะทำให้วีรีโมตมีการเคลื่อนที่ไปมาในผ้ายืด หรือหากผ้ายืดแน่นจนเกิดไปอาจทำให้ผู้ใช้งานเดินไม่เป็นปกติได้ ซึ่งการติดตั้งวีรีโมตนั้นไม่จำเป็นต้องใช้ผ้ายืดกระชับกล้ามเนื้อ เพียงแต่หากสามารถยึดติดวีรีโมตไว้กับขาในตำที่ระบุไว้ได้และวีรีโมตสามารถเคลื่อนที่ไปพร้อมๆกับขาได้โดยไม่เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างการเดิน

ปริมาณแบตเตอรี่ของวีรีโมตนั้นมีผลโดยตรงกับค่าจากเซ็นเซอร์ที่ตรวจวัด เนื่องจากหากแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงจะทำให้อัตราส่วนของค่าจากเซ็นเซอร์ภายในลดลงตามไปด้วย ซึ่งตามปกติแล้วหากมีการใช้งานระบบเป็นเวลานานนั้นควรมีการเทียบมาตรฐานเซ็นเซอร์หรือตรวจวัดประมาณแบตเตอรี่อยู่เสมอเพื่อความแม่นยำของระบบ นอกจากนี้ในการใช้งานระบบวีรีโมตไม่ควรมีค่าแบตเตอรี่ที่ต่ำกว่าร้อยละ 30

ประสิทธิภาพของระบบวิเคราะห์การเดินด้วยวีรีโมตนั้นถูกจำกัดไว้ด้วยคุณลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์วีรีโมต เช่นความละเอียดของเซ็นเซอร์ ระยะของการส่งสัญญาณ และน้ำหนักของตัวอุปกรณ์ ซึ่งหากต้องการผลวิเคราะห์การเดินที่ละเอียดและแม่นยำขึ้นอาจเปลี่ยนอุปกรณ์วีรีโมตเป็นอุปกรณ์ IMU ที่สร้างขึ้นเฉพาะเพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว แต่กระนั้นระบบจะมีความแพร่หลายในการใช้งานลดน้อยลง และมีต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น เนื่องจากสร้างอุปกรณ์ขึ้นมาใหม่

6.4 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานจริง

ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.นพ. ภาริส วงศ์แพทย์ และโรงพยาบาลสำโรงการแพทย์ สำหรับทดลองระบบจริงทางคลินิกและทดสอบระบบกับผู้ป่วยหลอดเลือดในสมองแตกที่มีปัญหาทางด้านการเดิน ได้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากแพทย์ผู้ใช้งานจริงดังต่อไปนี้

6.4.1 การติดตั้ง

การใช้เทปพันยืดหยุ่นได้สำหรับการติดตั้งวีรีโมตให้ความสะดวกมากกว่าผ้ายืดกระชับกล้ามเนื้อ เนื่องจากไม่ต้องคำนึงถึงขนาดของขาผู้สวมใส่ว่าพอดีกับผ้ายืดกระชับกล้ามเนื้อหรือไม่ แต่หากมีอุปกรณ์ที่ออกแบบเฉพาะสำหรับติดตั้งวีรีโมตจะสามารถเพิ่มความสะดวกในการติดตั้งมากขึ้น

6.4.2 การใช้งานโปรแกรม

การใช้งานโปรแกรมจำเป็นที่ผู้ใช้งานต้องผ่านการอบรมการใช้งานก่อนจึงจะสามารถใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งหากสามารถลดจำนวนหน้าต่างของโปรแกรมลง หรือเปลี่ยนส่วนติดต่อกับผู้ใช้เป็นลักษณะแสดงขั้นตอนการใช้งานทีละขั้นตอนต่อหนึ่งหน้าต่างของโปรแกรม จะทำให้โปรแกรมใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

6.4.3 ประสิทธิภาพของโปรแกรม

การเก็บข้อมูลหรือการแสดงผลค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเดินทั้งในรูปแบบสถิติและแผนภูมิ มีข้อมูลที่ครบถ้วนเพียงพอต่อการใช้งานจริง การประมวลผลมีความรวดเร็ว

6.4.4 การทดลองในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองแตก

พบว่าในการเดินบางลักษณะของผู้ป่วยที่มีลักษณะแตกต่างจากเดินแบบปกติไปมาก โปรแกรมไม่สามารถตรวจจับเหตุการณ์ HS บางเหตุการณ์ได้ ซึ่งจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการตรวจจับเหตุการณ์การเดินแบบใหม่โดยอาจจะใช้ผลรวมความเร่งสามแกนของขาส่วนล่างเข้ามาใช้ในการคำนวณด้วย