ร่างขอบเขตของงาน (Terms of Reference : TOR)

เครื่องถ่ายและวิเคราะห์ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง

.....

1. ความเป็นมา

เครื่องถ่ายและวิเคราะห์ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ Microtomography (Micro-CT) คือ เครื่องถ่ายและวิเคราะห์ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของตัวอย่างในหลอดทดลอง มีความสามารถในการศึกษาโครงสร้างภายในของตัวอย่าง ที่มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความสามารถของการบังลำแสงเอกซเรย์ ของแต่ละองค์ประกอบของตัวอย่างโดยไม่ทำให้ตัวอย่างเสียหาย ที่มีความละเอียดของภาพระดับไมครอนหรือละเอียดกว่า พร้อมการประมวลภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง ดังนั้นเครื่องมือนี้จึงมีความสามารถในการวิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่างเพื่อการศึกษา และพัฒนางานวิจัยได้หลากหลายอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งงานด้านชีววิทยา และด้านวัสดุศาสตร์ สำหรับในงานด้านทันตกรรมในปัจจุบัน เครื่องมือนี้สามารถรองรับงานวิจัยได้เป็นอย่างดี เช่น การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของวัสดุอุดฟัน การศึกษารอยผุของฟันที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ การวิเคราะห์อัตราการสร้างกระดูกและฟันในหลอดทดลอง นอกจากนี้ยังมีการศึกษารากฟันเทียมเพื่อการปรับปรุงการรักษาทางคลินิกอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งนับเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนางานวิจัยสู่การสร้างนวัตกรรมทางทันตกรรมได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้งานวิจัยต่าง ๆ ได้มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ได้แก่ ผลงานวิจัยของนิสิตในระดับปริญญาบัณฑิต มหาบัณฑิต ดุษฎีบัณฑิต ทั้งที่ได้รับรางวัลในระดับชาติและนานาชาติ และงานวิจัยของคณาจารย์ ที่ได้รับการตีพิมพ์จากวารสารทางทันตกรรมต่าง ๆ ซึ่งผลงานเหล่านี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนางานทางด้านทันตกรรมและงานชีววัสดุศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อส่งเสริมงานวิจัยทางด้านทันตกรรมให้เกิดความต่อเนื่อง ตลอดจนการริเริ่มงานวิจัยในสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.2 เพื่อสนับสนุนนิสิต อาจารย์ นักวิจัย และบุคลากรให้มีเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพเพื่อสร้างสรรค์งานวิจัยที่มีคุณค่า

2.3 เพื่อพัฒนางานวิจัยสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมทางทันตกรรม

3. คุณลักษณะเฉพาะ :-

**เครื่องถ่ายและวิเคราะห์ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง**

เป็นเครื่องถ่ายภาพเอกเรย์ความละเอียดสูง เป็นนวัตกรรมใหม่ที่ใช้เทคโนโลยีการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Micro-CT) พร้อมตัวรับสัญญาณและตำแหน่งของวัตถุ ซึ่งช่วยให้การถ่ายภาพตัวอย่างได้อย่างละเอียดสูง และมีโปรแกรมประมวลผล ที่สามารถใช้วิเคราะห์โครงสร้างและความหนาแน่นของตัวอย่าง และการสร้างภาพตัวอย่างให้เป็นรูปแบบ 3 มิติ ใช้สแกนชิ้นงานได้หลากหลาย ทั้งด้านวัสดุศาสตร์และด้านชีววิทยา โดยไม่ทำลายชิ้นงาน ซึ่งเครื่องประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ ( X-ray source) มีความต่างศักย์ไม่น้อยกว่า 100 กิโลโวลต์ ที่กำลังไม่น้อยกว่า 10 วัตต์
    1.1 สามารถใช้แรงดันไฟฟ้าได้ในช่วง 40 กิโลโวลต์ ถึง 100 กิโลโวลต์หรือกว้างกว่า
    1.2 แหล่งกำเนิดเอกซเรย์มีขนาดลำแสง (Spot size) ไม่มากกว่า 5 ไมโครเมตร
    1.3 มีช่องสำหรับใส่ตัวกรอง (Filter) จำนวนไม่น้อยกว่า 6 ช่อง โดยสามารถเปลี่ยนแบบอัตโนมัติ สามารถเลือกชนิดของตัวกรอง (Filter) ได้ไม่น้อยกว่า 6 ชนิด โดยมี 1 ช่อง ที่เป็นช่องที่ไม่มีตัวกรอง (No Filter) และอีก 5 ช่องที่มีความแตกต่างกันของวัสดุและความหนา ได้แก่
        1.3.1 ตัวกรอง Al มีความหนาอยู่ในช่วง 0.23-0.27 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น
        1.3.2 ตัวกรอง Al มีความหนาอยู่ในช่วง 0.48-0.52 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น
        1.3.3 ตัวกรอง Al มีความหนาอยู่ในช่วง 0.98-1.02 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น
        1.3.4 ตัวกรอง Cu มีความหนาอยู่ในช่วง 0.20-0.30 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น
        1.3.5 ตัวกรอง Al และ Cu ซึ่ง Al มีความหนาอยู่ในช่วง 0.48-0.52 มิลลิเมตร และ Cu มีความหนาอยู่ในช่วง 0.036-0.040 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น
    1.4 เครื่องมีการปล่อยรังสีเอกซ์ ออกมาสู่ภายนอก น้อยกว่า 1 μSv/h ที่ระยะ 10 เซนติเมตร จากผิวภายนอกเครื่อง
2. ตัวรับสัญญาณแบบกล้อง CMOS มีคุณลักษณะ ดังนี้
    2.1 ตัวกล้องรับสัญญาณแบบ CMOS มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 16 Megapixels (4096x4096) และมีตำแหน่งออฟเซ็ตของกล้องอย่างน้อย 3 ตำแหน่ง
    2.2 ความละเอียดแบบนอมินอล (Nominal resolution) ไม่เกิน 0.45 ไมโครเมตร
    2.3 สไลซ์ที่สร้างใหม่ (Reconstructed slice) รูปแบบสูงสุด ไม่น้อยกว่า 11200x11200x4000 พิกเซล ในการสแกนเพียงครั้งเดียว
    2.4 สามารถเปลี่ยนแปลงในรูปแบบการสแกนแบบอัตโนมัติของรูปทรงเรขาคณิตเพื่อให้ใช้ระยะเวลาการสแกนที่สั้นที่สุดที่กำลังขยายทุก ๆ ขนาด
    2.5 ขนาดของตัวอย่างสูงสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 75 มิลลิเมตร และยาวไม่น้อยกว่า 80 มิลลิเมตร
3. ภายในตัวเครื่องมีแท่นวางตัวอย่างที่มีความละเอียดในการเคลื่อนที่ละเอียดระดับไมโครเมตร เพื่อการควบคุมตัวอย่างที่ความแม่นยำสูง
4. การติดตั้งแท่นวางชนิดอื่นๆ เพิ่มเติมสามารถติดตั้งกับเครื่องได้ โดยไม่ต้องมีสายเคเบิ้ลอื่นๆ เพิ่มเติม
5. ซอฟท์แวร์ในการควบคุมเครื่องในการประมวลผล
    5.1 ซอฟท์แวร์ในการควบคุมและเก็บภาพ (Acquisition)
        5.1.1 สามารถควบคุมแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์และกล้องสำหรับการรับภาพเงาและชุดของการฉายภาพเชิงมุมสำหรับการสร้างภาพใหม่ (Reconstruction)
        5.1.2 สามารถควบคุมพารามิเตอร์ในการวัดรวมถึงตั้งค่าชุดโปรโตคอลการวัดที่แตกต่างกันได้

5.1.3 อินเทอร์เฟซผู้ใช้งานแบบ Windows กราฟฟิกที่ใช้งานแบบง่าย

5.1.4 มีโหมดการเลือกอัตโนมัติสำหรับค่ากำลังขยาย พลังงาน ฟิลเตอร์ เวลาเปิดรับแสง และการแก้ไขพื้นหลัง (Background correction)

5.2 โปรแกรมสร้างภาพใหม่ (Reconstruction software)

5.2.1 สามารถใช้อัลกอริธึมที่ปรับปรุงในการสร้างภาพใหม่เชิงปริมาตร แบบหลายสไลซ์ของ Feldkamp (Cone-beam)

5.2.2 สามารถใช้อัลกอริธึมการสร้างภาพใหม่ที่ถูกต้องตามสิทธิบัตร (Licensed) สำหรับการสแกนแบบเกลียวขดลวด (Spiral)

5.2.3 สามารถสร้างภาพใหม่ (Reconstruction) จากสไลซ์เดี่ยวหรือเลือกบางส่วนหรือบริเวณทั้งหมดได้ หลังจากการสแกนเพียงหนึ่งครั้ง

5.2.4 สามารถดูขนาดหน้าตัดเต็ม (โหมดภาพเต็ม) โหมดการสร้างภาพใหม่บางส่วน และสามารถสร้างภาพใหม่โดยละเอียดในวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่ามุม field of view ได้

5.2.5 การแก้ไขความไม่ตรงแนวอัตโนมัติ (Misalignment correction)

- การปรับให้เรียบ การแก้ไขการแข็งตัวของลำแสง (Beam hardening correction) Ring artefact correction
- การแก้ไขพิกเซลเสียหายของตัวรับสัญญาณ (Detector's defect pixel correction)
- การชดเชยการเคลื่อน (Drift compensation)
- การสร้างภาพใหม่จากการสแกนเป็นวงกลมหรือเกลียวขดลวด (Helical or spiral)
- การสร้างภาพใหม่โดยอัตโนมัติจากการสแกนพื้นที่บางส่วนของวัตถุยาว สามารถใส่ไม้บรรทัดในภาพ สามารถเลือกได้ทั้งแบบอัตโนมัติและด้วยตนเองที่หน้าต่างมาตราส่วนสีเทา (Grey-scale window)

5.2.6 สามารถบันทึกรูปแบบข้อมูลแบบต่างๆ ที่สร้างได้ อย่างน้อย ได้แก่ แบบ 16 bit TIFF 8bit (Greyscale) JPG และ 8-bit BMP PNG และรูปแบบข้อความได้

5.2.7 สามารถสลับเครื่องมือการสร้างภาพใหม่ตามการสร้างภาพใหม่แบบมัลติเธรด (Switchable reconstruction engines based on multithread reconstruction) โดยใช้ CPU และการสร้างใหม่ที่รวดเร็วโดย NVidia GPU

5.3 โปรแกรมแสดงภาพ (Visualization software)

5.3.1 ปริมาตรข้อมูล 3 มิติที่สร้างขึ้นใหม่สามารถดูเป็นภาพยนตร์ทีละชิ้น หรือดูในโหมดการรับชม 3 มิติที่แสดงชิ้นส่วนมุมฉากที่ตัดกันสามชิ้น ซึ่งอยู่กึ่งกลางที่จุดใดก็ได้ที่เลือกไว้ภายในปริมาตรที่สร้างขึ้นใหม่ซึ่งสามารถหมุนได้และแต่ละชิ้นที่ตัดกันจะเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระโดยการควบคุมเมาส์แบบง่าย

5.3.2 ปริมาตรข้อมูล 3 มิติที่สร้างขึ้นใหม่สามารถหมุนรอบแกนใดก็ได้และทำการสุ่มตัวอย่างและบันทึกในทิศทางอื่น ๆ

5.3.3 สามารถแสดงภาพเชิง 4 มิติ ในลักษณะที่กำหนดจากเวลา (Time-resolved manner) สำหรับการแสดงพฤติกรรมของวัตถุแบบไดนามิกภายใต้การใช้แรง หรือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

5.3.4 สามารถปรับให้เรียบ (Variable smoothing kernels) บันทึกชุดข้อมูลที่สอดแทรกในทิศทางแซจิททอลและโคโรนอล (Sagittal or coronal direction) การวัด และการบันทึกระยะทางและ โปรไฟล์ความเข้ม

5.3.5 สามารถให้ลงทะเบียนร่วม (co-registration) โดยอัตโนมัติของชุดข้อมูลพร้อมการดึงข้อมูลส่วนต่าง ๆ ไปยังชุดข้อมูลใหม่

5.4 โปรแกรมวิเคราะห์สัณฐานวิทยา (Morphological analysis software)

5.4.1 สามารถวัดค่าพารามิเตอร์เชิงสัณฐานวิทยาภาพเชิง 2 มิติ และ 3 มิติ อย่างครอบคลุม

5.4.2 การเปิดชุดข้อมูลที่ยืดหยุ่น รวมถึงการปรับขนาดตัวแปร และการแปลงจากรูปแบบของผู้ผลิต Micro-CT ต่างๆ ได้

5.4.3 มีเครื่องมือ Slice สำหรับโปรไฟล์ความหนาแน่นและส่วนตามยาวจากส่วนตามขวาง (Longitudinal section from transverse sections)

5.4.4 สามารถปรับขนาดของรูปทรงมาตรฐานได้ตามบริเวณที่ต้องการ (ROI) อย่างรวดเร็ว และเป็นมิตรกับผู้ใช้แบบขั้นสูง หรือมีเครื่องมือการเลือกด้วยผู้ใช้ รวมทั้งสามารถสอดแทรกโดยอัตโนมัติ (auto-interpolated) ระหว่างเลเยอร์ เพื่อให้ได้ปริมาตรที่ต้องการ (VOI)

5.4.5 บันทึกการเลือกปริมาตรที่ต้องการ (VOI) และ และชุดข้อมูลตัวอย่าง VOI ได้

5.4.6 มีเครื่องมือการทำภาพขาว ดำสองระดับ (Binarization) ที่ยืดหยุ่นพร้อมฮิสโตแกรมสีเทาเชิงเส้นหรือลอการิทึม

5.4.7 แสดงฮิสโตแกรมสีเทาจาก ปริมาตรที่ต้องการ (VOI) ที่เลือกสำหรับการวัดความหนาแน่น (HU, BMD)

5.4.8 ลามารถสร้างการแสดงผลพื้นผิวสามเหลี่ยม 3 มิติ (Triangularized surface rendering) เพื่อการรับชมเชิง 3 มิติที่แม่นยำ

5.4.9 สามารถแสดงผลในพื้นที่ที่สร้างขึ้นใหม่ทั้งหมดหรือตามปริมาตรที่ต้องการ (VOI)

5.4.10 สามารถสร้างแบบจำลอง STL ที่เหมาะสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ และการพิมพ์ 3 มิติ

5.4.11 สามารถปรับแต่งรายงานการวิเคราะห์ได้

5.4.12 รองรับรายการ โหมดการทำงานแบบแบตช์และปลั๊กอินผู้ใช้

5.5 โปรแกรมแสดงภาพพื้นผิวที่เสมือนจริง (Realistic surface rendering visualization software)

5.5.1 สามารถโหลดแบบจำลองสามเหลี่ยม (Triangulated models) ที่สร้างโดยซอฟต์แวร์การวิเคราะห์ในรูปแบบ เช่น STL ได้

5.5.2 สามารถเลือกพื้นหลังรวมถึงแบบทิวทัศน์ (Scenery) ได้

5.5.3 สามารถเคลื่อนย้าย หมุนแบบจำลองเดียวหรือหลายแบบโมเดลพร้อมกันหรือแยกกันได้

5.5.4 สามารถควบคุมขั้นสูงพื้นผิวของวัตถุ สี แสง และความโปร่งใสได้

5.5.5 สามารถดูภายในแบบจำลองโมเดลได้โดยการตัดส่วนหนึ่งออกหรือทำให้โปร่งใส

5.5.6 การบันทึกอย่างต่อเนื่อง (Flight recorder) สำหรับการสร้างภาพยนตร์ที่ยืดหยุ่น และรวดเร็ว สำหรับการนำเสนอภาพเคลื่อนไหวของวัตถุที่ผู้ใช้สแกนในสภาพแวดล้อม เสมือน 3 มิติโดยการแก้ไขสอดแทรก (Interpolation) อัตโนมัติระหว่างคีย์เฟรมที่เลือกหลาย ๆ เฟรม

5.5.7 สามารถถ่ายภาพสเตอริโอโดยใช้สีแดงเขียวหรือสีแดงฟ้า (Red-green or red-blue glasses)

5.6 โปรแกรมแสดงปริมาตรที่เสมือนจริง (Realistic volume rendering software)

5.6.1 นำเสนอการแสดงภาพ 3 มิติ ขึ้นอยู่กับการแสดงผลเชิงปริมาตร (ตรงข้ามกับการแสดงผลแบบพื้นผิว) และทำงานโดยตรงบนส่วนตัดขวางที่สร้างขึ้นใหม่

5.6.2 การควบคุมการนำทางแบบ 3 มิติช่วยให้สามารถจัดการทั้งวัตถุและกล้องได้

5.6.3 สามารถตัดภาพแบบยืดหยุ่นช่วยให้สามารถสร้างมุมมองแบบตัดออกไปได้

5.6.4 รองรับโหมดการแสดงผลที่แตกต่างกัน 3 โหมด ได้แก่ การแสดงผลปริมาตร (Volume render) การฉายภาพความเข้มสูงสุด (Maximum intensity projection, MIP) และแผนที่การลดทอน (Attenuation maps)

5.6.5 Transfer Function Editor ใช้เพื่อควบคุมลักษณะที่ปรากฏของการแสดงผล

5.6.6 สามารถเลือกพื้นหลังรวมถึงทิวทัศน์ที่กำหนดเอง (Custom scenery)

5.6.7 การบันทึกอย่างต่อเนื่อง (Flight recorder) สำหรับการสร้างภาพเคลื่อนไหวของการบันทึกรอบๆ (Fly around ) และการบันทึกแบบผ่าน (Fly through) อย่างรวดเร็วโดยอาศัยการเลือกคีย์เฟรมหลายๆ เฟรม พร้อมการแก้ไขสอดแทรกอัตโนมัติ (Automatic interpolation) ระหว่างกัน

5.6.8 สามารถถ่ายภาพรวมถึงรับชมในมุมมองสเตอริโอ 3 มิติได้

5.6.9 สามารถส่งออกไปยังอุปกรณ์มือถือได้

5.7 ตัวแปลงรูปแบบ (Format converter) ได้แก่

5.7.1 สามารถแปลงไฟล์ระหว่างรูปแบบ TIFF BMP และ JPEG โดยมีการปรับสี การผกผัน การเปลี่ยนชื่อ การปรับขนาด และการรวมชุดข้อมูล

5.7.2 มีตัวแปลง DICOM สำหรับการแปลงสไลซ์ที่สร้างขึ้นใหม่เป็นรูปแบบ DICOM

5.8 โปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ มีลิขสิทธิ์ที่ผู้ใช้งานสามารถใช้งานโดยพร้อมกันได้จำนวนอย่างน้อย 25 ผู้ใช้งาน

6. ชุดคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลเป็นชนิด Workstation โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 หน่วยประมวลผล (CPU) ชนิด Intel อย่างน้อย รุ่น Intel Xeon รองรับหน่วยความจำ (Ram) ที่ความเร็วหน่วยความจำสูงสุดไม่น้อยกว่า 2666 เมกกะเฮิรตซ์ มีความถี่ในการประมวลผล (Processor frequency) อย่างน้อย 3.4 กิกะเฮิรตซ์

6.2 หน่วยความจำ (Ram) ชนิด DDR4 ความจุ 128 กิกะไบต์ หรือดีกว่า

6.3 การ์ดประมวลผลกราฟิก มีหน่วยความจำ (Ram) ความจุไม่น้อยกว่า 16 กิกะไบต์

6.4 ฮาร์ดดิสค์สำหรับเก็บข้อมูล มีความจุไม่น้อยกว่า 8 เทราไบต์ และฮาร์ดดิสค์สำหรับเก็บข้อมูลภายนอก (External hard disk) มีความจุไม่น้อยกว่า 16 เทราไบต์

6.5 ฮาร์ดดิสค์สำหรับทำงานซอร์ฟแวร์เป็นชนิด Solid State Drive ความจุไม่น้อยกว่า 512 กิกะไบต์

6.6 หน้าจอแสดงผลชนิด LED หรือ LCD ขนาดไม่ต่ำกว่า 24 นิ้ว ความละเอียดของภาพไม่น้อยกว่า 1920x1200 พิกเซล

6.7 มีระบบปฏิบัติการ Windows 10 Professional และไม่น้อยกว่า 64 Bit มีโปรแกรมติดตั้งสมบูรณ์พร้อมลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมาย

6.8 มีอุปกรณ์อ่านเขียนข้อมูลชนิด DVD+/- RW drive

6.9 แป้นพิมพ์และเมาส์แบบออปติคอล

6.10 รับประกันชุดคอมพิวเตอร์แบบ Onsite service 3 ปี โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย

7. ชุดคอมพิวเตอร์สำหรับใช้วิเคราะห์โดยมีรายละเอียดดังนี้

7.1 หน่วยประมวลผล (CPU) มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่า Microprocessor แบบ Core i7 ความเร็วไม่ต่ำกว่า 2.0 GHz

7.2 หน่วยความจำ (Ram) ความจุ 16 กิกะไบต์ หรือดีกว่า

7.3 ฮาร์ดดิสค์สำหรับเก็บข้อมูล มีความจุไม่น้อยกว่า 1 เทราไบต์

7.4 หน้าจอแสดงผลชนิด LED หรือ LCD ขนาดไม่ต่ำกว่า 23 นิ้ว

7.5 USB Port มากกว่าหรือเท่ากับ 4 Ports, DVD-Rom Drive

7.6 แป้นพิมพ์และเมาส์แบบออปติคอล

7.7 มีระบบปฏิบัติการ Windows 10 Professional และไม่น้อยกว่า 64 Bit มีโปรแกรมติดตั้งสมบูรณ์พร้อมลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมาย

7.8 รับประกันชุดคอมพิวเตอร์แบบ Onsite service 3 ปี โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย

7.9 เครื่องสำรองไฟฟ้าสำหรับคอมพิวเตอร์ ขนาด 1 kVa จำนวน 1 เครื่อง

8. เครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS) ชนิด True online มีขนาดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 3 kVA จำนวน 1 เครื่อง

9. อุปกรณ์ประกอบ

9.1 มีอุปกรณ์เปลี่ยนตัวอย่าง (Automatic sample changer)

9.1.1 มีช่องสำหรับใส่ตัวอย่างไม่น้อยกว่า 16 ช่องที่มีขนาดและวัสดุแตกต่างกัน (เส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุไม่เกิน 25 มม. และความยาววัตถุ 40 มม.หรือมากกว่า)

9.1.2 มีที่ยึดตัวอย่างอย่างน้อย 4 ขนาดเพื่อให้สามารถสแกนตัวอย่างขนาดเล็กที่กำลังขยายสูงและตัวอย่างขนาดใหญ่ที่มุมมองขนาดใหญ่

9.1.3 อุปกรณ์เปลี่ยนตัวอย่างติดตั้งอยู่ด้านนอกพื้นที่ป้องกันรังสีเอกซ์ (Positioned outside x-ray shielded area) ทำให้สามารถถอดหรือเปลี่ยนตัวอย่างได้โดยไม่ขัดขวางกระบวนการสแกน

9.1.4 มีไฟ LED อย่างน้อย 3 สี ในการแสดงสถานะสำหรับการสแกนทุกครั้ง ได้แก่ สถานะพร้อม สถานะกำลังทำงาน และสถานะเสร็จสิ้น

9.2 แท่นวางตัวอย่างมีอุปกรณ์ประกอบที่สามารถทำความเย็นให้กับตัวอย่างได้ โดยสามารถทำอุณหภูมิได้ในช่วงตั้งแต่ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง 40 °C (RT - 40°C) จนถึง ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง 10 °C (RT - 10°C) หรือกว้างกว่า มีความแม่นยำ (accuracy) ในการควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 1°C หรือดีกว่า

9.3 แท่นวางตัวอย่างมีอุปกรณ์ประกอบที่สามารถทำความร้อนให้กับตัวอย่างได้ โดยสามารถทำอุณหภูมิได้ในช่วงตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึงเหนืออุณหภูมิห้อง 40 °C (RT + 40°C) หรือกว้างกว่า มีความแม่นยำ (accuracy) ในการควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 1°C หรือดีกว่า

9.4 ชิ้นงานมาตรฐาน Bone-mineral density calibration phantom

9.4.1 มีชิ้นงานมาตรฐานขนาดในช่วง 1-33 มิลลิเมตร จำนวนอย่างน้อย 5 ชิ้น โดยแต่ละชิ้นมีขนาดแตกต่างกัน

9.4.2 มีก้านที่มีความเข้มข้นของ CaHA ที่แตกต่างกัน (Rod pair with multiple concentration of CaHA)

10. มีโต๊ะสำหรับวางเครื่องและคอมพิวเตอร์ ขนาดโต๊ะต้องไม่น้อยกว่า 220 x 95 x 75 เซนติเมตร (กว้าง x ลึก x สูง) พร้อมเก้าอี้ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด พร้อมติดตั้ง

11. การฝึกอบรมการใช้งานเครื่อง ไม่น้อยกว่า ดังนี้

11.1 ฝึกอบรมการใช้งานเครื่องขั้นพื้นฐาน (Basic operation training) ให้แก่ผู้ใช้งานเครื่องและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง เมื่อติดตั้งเครื่องเสร็จสมบูรณ์และการใช้งานสมบูรณ์ ณ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวนไม่น้อยกว่า 3 วัน ภายในช่วงการติดตั้ง

11.2 ฝึกอบรมการใช้งานเครื่องและการวิเคราะห์ขั้นสูง (Advance training) ให้แก่บุคลากรที่เกี่ยวข้อง ณ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวนไม่น้อยกว่า 3 วัน ภาย 1 ปีนับจากติดตั้ง

11.3 มีการฝึกอบรมเพื่อทบทวนการใช้งานเมื่อคณะฯ ร้องขอ โดยบริษัทผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่าย

12. มีคู่มือการใช้งานเครื่อง ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ อย่างละ 1 ชุด

13. มีคู่มือการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ อย่างละ 1 ชุด พร้อมวิดีโอแสดงขั้นตอนการใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ต่างๆ

14. บริษัทผู้ขายต้องมีเอกสารแสดงการเป็นตัวแทนจำหน่ายโดยตรงจากบริษัทผู้ผลิต พร้อมมีเอกสารยื่นขณะเข้าเสนอราคา

15. บริษัทผู้ขายต้องมีเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงเครื่อง ที่ผ่านการอบรมจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องโดยตรง พร้อมมีเอกสารรับรองยื่นขณะเข้าเสนอราคา

16. โรงงานผู้ผลิตจะต้องได้รับมาตรฐาน ISO9001:2015 เพื่อการบริการที่ได้มาตรฐาน

17. การบริการหลังการขายจะดำเนินการจากบริษัทผู้ผลิตโดยตรงซึ่งมีสาขาตั้งอยู่ในประเทศไทยซึ่งเปิดดำเนินการมาแล้วไม่น้อยกว่า 10 ปีเพื่อความมั่นใจในการได้รับบริการหลังการขายที่ดีของเครื่องที่มีความซับซ้อนทางเทคโนโลยีนี้
18. มีใบรับรองการให้บริการอะไหล่จากบริษัทผู้ผลิต เพื่อใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องอย่างน้อย 10 ปี
19. ใช้ได้กับ ไฟฟ้า 220 โวลต์ ความถี่ 50/60 เฮิร์ต
20. รับประกันสินค้าไม่น้อยกว่า 2 ปี

**4. ระยะเวลาส่งมอบของ**

กำหนดวันส่งมอบ.....210..... วัน..... ยืนราคา.....90.....วัน

**5. วงเงินในการจัดซื้อ**

จำนวนเงิน....14,275,700.-บาท (..-สิบสี่ล้านสองแสนเจ็ดหมื่นห้าพันเจ็ดร้อยบาทถ้วน-..)

ราคากลาง.... 14,275,700.-บาท (..-สิบสี่ล้านสองแสนเจ็ดหมื่นห้าพันเจ็ดร้อยบาทถ้วน-..)

**6. ผู้กำหนดร่างขอบเขตของงาน (TOR)**

**คณะกรรมการกำหนดขอบเขตของงาน**

1. รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.รัชนี อัมพรอร่ามเวทย์ ประธานกรรมการ .....
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.สุปรีดา ศรีธัญรัตน์ กรรมการ .....
3. นางสาวสุรีรัตน์ เหลืองวรคุณ กรรมการ .....
4. นายบุญส่ง บุตรพันธ์ กรรมการ .....
5. นางสาวละออง ศรีสูงเนิน กรรมการ .....
6. นางสาวศิริกัลยา อรรถศิริ กรรมการ .....
7. นางสาวอุไรวรรณ ดีประเสริฐ เลขานุการ .....
8. นางสาวนารี อยู่สุข ผู้ช่วยเลขานุการ .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย