เดอา เอาเลีย คารตินิ : การตรวจสอบการทดลองทางชีววิทยารังสีโดยใช้หุ่นจำลองทางชีววิทยาแบบสามมิติสำหรับการรักษาด้วยรังสีคาร์บอนไอออน (RADIOBIOLOGY EXPERIMENTAL VERIFICATION USING 3D BIO-PHANTOM FOR CARBON ION RADIOTHERAPY). อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิโนรัตน์ กอบเดช, 96 หน้า.

คำสำคัญ: การเพาะเลี้ยงเซลล์แบบสามมิติ/ การตรวจสอบทางกัมมันตภาพรังสี/ การวางผนการรักษา/ การใช้รังสีรักษาด้วยลำแสงไอออน

การตรวจสอบ 3D bio-phantom ประกอบด้วย การเพาะเลี้ยงเซลล์ใน Matrigel matrix ภายในไมโครเวลเพลทเป็นเครื่องมือทางเลือกสำหรับการตรวจสอบปริมาณทางชีวภาพได้ถูกดำเนินการในการศึกษาครั้งนี้ โดยเซลล์ CHO-K1 ที่เลี้ยงใน Matrigel ภายในจานเพาะเลี้ยง 96 หลุมแสดงให้เห็นถึงเซลล์จำนวนมากกว่าซึ่งมีรูปร่างเซลล์เหมือนเซลล์จริงเมื่อเทียบกับการเพาะเลี้ยงเซลล์แบบชั้นเดียว และมีระบบที่สะดวกเป็นอย่างมากสำหรับการศึกษาการอยู่รอดของเซลล์ที่ร้อยละ 1 หรือต่ำกว่าร้อยละ 1 ของเศษส่วนการอยู่รอด การทดลองการวัดปริมาณรังสีของแผ่นฟิล์มถูกดำเนินการเพื่อแยกแยะการมีอยู่ของสนามใดๆ ที่ไม่สม่ำเสมอซึ่งเกิดจากโครงสร้างโพลีสไตรีน ของจานหลุม ความไวต่อรังสีของเซลล์ CHO ใน Matrigel หลังจากการฉายรังสีด้วยรังสีเอ็กซ์และคาร์บอนไอออนที่มีค่าพลังงานเดียวถูกพบว่ามีความไวต่อรังสีน้อยกว่าการเลี้ยงเซลล์แบบชั้นเดียวมาตรฐาน ในลำดับถัดมา การวางแผนการรักษาได้ถูกปรับให้เหมาะสมกับปริมาณรังสีชีวภาพแบบระนาบในปริมาตรสี่เหลี่ยมใน TRiP98 โดยใช้ตารางใช้ตาราง RBE ของเซลล์ CHO เฉพาะสำหรับ Matrigel การกระจายการอยู่รอดของเซลล์ในสามมิติถูกวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับการอยู่รอดของเซลล์ที่ได้จาก stack phantom มาตรฐาน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าพึงพอใจและใกล้เคียงตามการทำนายของ TRiP98 เป็นอย่างมาก การปรับแผ่นหลุมให้มีขนาดเล็กลงได้ดำเนินการโดยการเพาะเลี้ยงเซลล์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมใน Matrigel matrix ภายในจานเพาะเลี้ยง 384 หลุม ชนิด V-bottom เส้นโค้งการตอบสนองปริมาณรังสีของเซลล์ใน Matrigel ต่อการฉายรังสีด้วยรังสีเอ็กซ์และคาร์บอนไอออนที่มีค่าพลังงานเดียวได้รับการวัดและเซลล์ xrs-5 แสดงความไวต่อรังสีสูงกว่าเมื่อเทียบกับเซลล์ CHO ดังนั้นจึงทำให้เซลล์ xrs-5 เหมาะสำหรับการตรวจสอบการอยู่รอดของเซลล์ในบริเวณที่มีปริมาณรังสีต่ำ ลำดับสุดท้าย การตรวจสอบแผนการรักษาในบริเวณที่มีปริมาณรังสีต่ำจึงได้ดำเนินการโดยใช้ 3D bio-phantom การกระจายการอยู่รอดของเซลล์ในการตัดด้านข้างถูกวิเคราะห์และการอยู่รอดของเซลล์ที่วัดได้เป็นที่น่าพึงพอใจกับผลการอยู่รอดที่คาดหวัง กล่าวโดยสรุปคือ 3D bio-phantom นั้นเป็นเครื่องมือที่ใช้งานได้จริงสำหรับการตรวจสอบผลกระทบทางชีวภาพ

โดยคำนวณจากระบบการวางแผนการรักษาและสามารถใช้เป็นเครื่องมือการตรวจสอบสำหรับการวางแผนการรักษาที่เกี่ยวข้องกับรูปทรงที่ซับซ้อนหรือกลยุทธ์การเพิ่มประสิทธิภาพได้อย่างแปลกใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

DEA AULIA KARTINI : RADIOBIOLOGY EXPERIMENTAL VERIFICATION USING 3D BIO-PHANTOM FOR CARBON ION RADIOTHERAPY. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. CHINORAT KOBDAJ, Ph.D. 96 PP.

Keyword: 3D cell culture/ Radiobiological verification/ Treatment planning/ Ion beam radiotherapy

The investigation of 3D bio-phantom consisting of cells cultured in Matrigel matrix inside micro-well plates as an alternative tool for biological dose verification have been performed in this study. CHO-K1 cells cultured in Matrigel inside 96-well plate yielded a high cell number with a realistic cell shape, compared to cells cultured in monolayer, and present a very convenient system for studying the cell survival at and below 1% of survival fraction. Film dosimetric experiments were conducted to rule out the presence of any field inhomogeneities caused by the well plate polystyrene structure. The radio-sensitivity of CHO cells in Matrigel after irradiation with X-rays and monoenergetic carbon ions was found to be lower than for standard monolayer culture. Next, a treatment plan was optimized for a flat biological dose in a rectangular volume in TRiP98 employing a dedicated CHO RBE table for Matrigel. The cell survival distribution in three dimensions was analyzed and compared to the cell survival obtained from the reference stack phantom. The result showed very good agreement and follow the TRIP98 prediction closely. Adaptation to smaller well plate has been conducted by culturing mammalian cells in Matrigel matrix inside V-bottom 384-well plate. Dose response curves of cells in Matrigel to irradiation with X-rays and monoenergetic carbon ions have been measured and xrs-5 cells show a higher radio-sensitivity compared to CHO cells thus making xrs-5 cells suitable for investigating cell survival at low-dose region. Finally, the treatment plan verification in low-dose region has been performed using refined 3D bio-phantom. Cell survival distribution in lateral cuts was analyzed and the measured cell survivals were in a good agreement with the expected survival.

In conclusion, the 3D bio-phantom is a practical tool for verifying the biological effect calculated by treatment planning systems and could be used as verification tool for treatment planning involving a complex geometries or unconventional optimization strategies.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Physics
Academic Year 2021

Student's Signature _____
Advisor's Signature _____
Co-Advisor's Signature _____
Co-Advisor's Signature _____