

Comparison of Radiotherapy Plans for Esophageal and Lung Tumors Using 3DCRT and IMRT Technology

Dr. Ayham Khalid Mahmoud*
Dr. Shujaa Adib Shaboul**

(Received 13 / 5 / 2020. Accepted 28 / 6 / 2020)

□ ABSTRACT □

Treatment plans were studied for patients with lung and esophageal tumors, patients were imaged using CT-Scan (PHILIP TYPE) and the images were sent to the Treatment Planning System-TPS (ECLIPS type), the system in which the doctor identified the tumor and at-risk organs. Conventional 3D-Conformal Radiotherapy (3DCRT) and Intensity-Modulated Radiotherapy (IMRT) plans were created for the same patients. Treatment plans were compared according to the Dose Volume Histogram (DVH). It was observed that the radiation dose distribution of radiotherapy plans using IMRT technique better suited to tumor size (CTV) and protecting more organs surrounding the tumor, but it takes longer than 3DCRT technology.

Therefore it is necessary to determine which patients should be treated with one technique (3DCRT or IMRT) or another technique depending on the full dose given to CTV and the time it generally takes.

Keywords: Treatment Planning System, Radiation Dose, DVH, Lung Cancer.

* Researcher - Radiotherapy Division - Oncology Center - Tishreen University Hospital, Lattakia, Syria.

** Researcher - Radiotherapy Division - Oncology Center - Tishreen University Hospital, Lattakia, Syria.

مقارنة خطتي المعالجة الإشعاعية لأورام المري والرئة بتقنيتي 3DCRT و IMRT

د. أيهم خالد المحمود*

د. شجاع أديب شبول**

(تاريخ الإيداع 13 / 5 / 2020. قُبل للنشر في 28 / 6 / 2020)

□ ملخص □

جرت دراسة خطط معالجة لمرضى أورام الرئة والمري، تم تصويرهم بتقنية التصوير المقطعي المحوري المحوسب (PHILIP TYPE) وأرسلت صورهم إلى نظام تخطيط العلاج Treatment Planning System – TPS (ECLIPS type)، الذي يحدد فيه الطبيب الأورام والأعضاء المعرضة للخطر. تم إنشاء خطتي المعالجة الإشعاعية التقليدية ثلاثية الأبعاد 3D-Conformal Radiotherapy (3DCRT) والمعالجة الإشعاعية بالحزمة المعدلة الشدة Intensity-modulated radiation therapy (IMRT) لنفس المرضى. تمت مقارنة خطتي العلاج برسم بياني جرعة - حجم Dose Volume Histogram (DVH). لوحظ أن توزيع الجرعة الإشعاعية لخطة المعالجة الإشعاعية بتقنية IMRT أكثر ملاءمة لحجم الورم السريري clinical target volume – CTV وتوفر المزيد من الحماية للأعضاء المحيطة بالورم، لكنها تستغرق زمناً أطول منه في حالة تقنية 3DCRT. لذلك من الضروري تحديد المرضى الذين يجب معالجتهم بإحدى التقنيتين (3DCRT or IMRT) أو تقنية أخرى اعتماداً على الجرعة الكاملة الممنوحة لـ CTV والزمن الذي تستغرقه عموماً.

الكلمات المفتاحية: نظام تخطيط الجرعة، الجرعة الإشعاعية، المنحني البياني جرعة، حجم، سرطان الرئة.

* باحث - شعبة المعالجة الشعاعية - مركز الأورام - مستشفى تشرين الجامعي - اللاذقية - سورية.

** باحث - شعبة المعالجة الشعاعية - مركز الأورام - مستشفى تشرين الجامعي - اللاذقية - سورية.

مقدمة:

يهدف العلاج الإشعاعي إلى إعطاء الجرعة الموصوفة للورم وحماية أكبر قدر ممكن من الأعضاء المعرضة للخطر والأنسجة السليمة المحيطة بالورم. يعتبر العلاج الإشعاعي في الوقت الحاضر، طريقة لعلاج المرضى الذين يعانون من أنواع مختلفة من الأورام السرطانية إلى جانب العلاج الكيميائي والجراحة. تعتبر تقنية المعالجة الإشعاعية بالحزمة المعدلة الشدة (IMRT) من التقنيات المتقدمة للعلاج الإشعاعي عالي الدقة بالمسرّع الخطي الطبي الذي يتم التحكم فيه بالحاسوب لتقديم جرعات إشعاعية دقيقة للأورام الخبيثة. تسمح تقنية IMRT بتقديم جرعة إشعاعية بدقة أعلى ويتوزع ثلاثي الأبعاد (3-D) في الورم عن طريق تعديل أو التحكم في شدة حزمة الإشعاع في أحجام صغيرة متعددة، كما أنها تسمح بتركيز الجرعات الإشعاعية الأعلى على مناطق داخل الورم مع تخفيض الجرعة إلى الأعضاء الحرجة الطبيعية المحيطة [1].

تبدأ عملية العلاج الإشعاعي بتصوير المرضى وتحديد الطبيب المعالج لمنطقة الورم ووضع الفيزيائي الطبي لخطط العلاج وإرسال جميع البيانات إلى الجهاز من خلال نظام التحقق. يجدر بالذكر أن أهم ما في البيانات الخطة التي تم إنشاؤها في نظام تخطيط العلاج (TPS)، الذي يمكنه إنشاء خطط وفق كل من 3DCRT و IMRT، ولو أن جميع عمليات هاتين التقنيتين متشابهة باستثناء تصميم الخطة.

تم تحسين خطط العلاج التقليدي ثلاثي الأبعاد 3DCRT يدوياً [2]. هذا يعني أن مخطط العلاج يختار جميع بارامترات الحزم، مثل عدد الحزم، واتجاهاتها، وشدة كل منها وما إلى ذلك، ويعمل الحاسوب على حساب توزع الجرعة الناتج [3]. يتم تنفيذ خطط IMRT بشكل عكسي، مما يعني أنه يجب على مخطط العلاج أن يقرر قبل دراسة توزع الجرعة الذي يريده ثم يقوم الحاسوب بحساب مجموعة من شدة الحزم التي سيتم إنتاجها للحصول على توزع الجرعة المطلوب [4].

من الضروري مقارنة ومعرفة مزايا وعيوب هاتين الطريقتين، وبالتالي اختيار الطريقة الصحيحة لكل مريض.

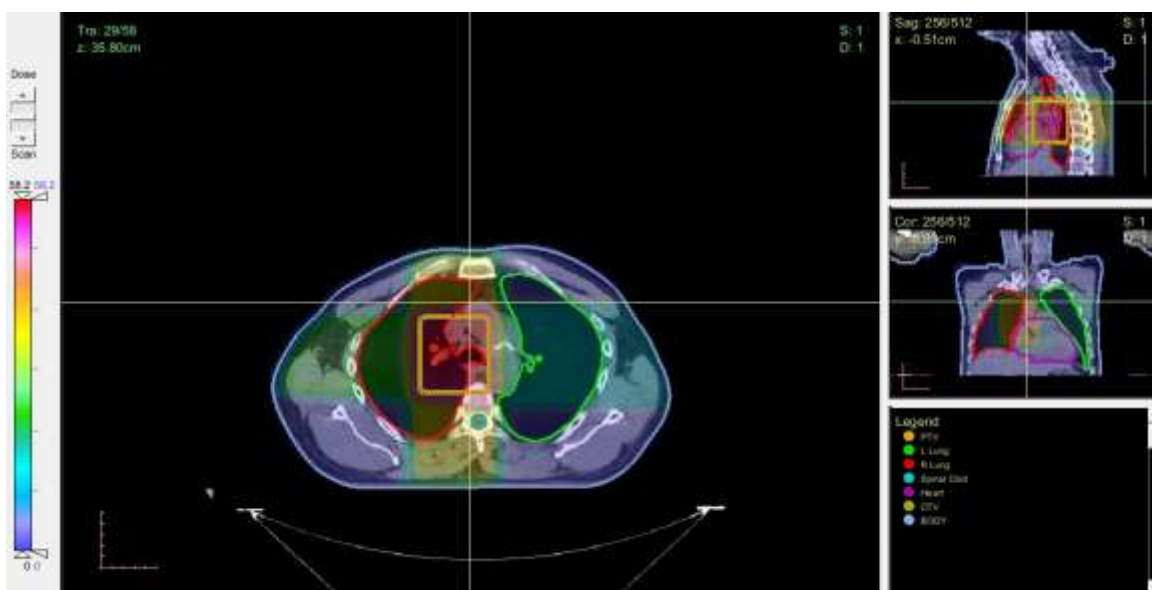
أهمية البحث وأهدافه:

إجراء تقييم لتقنيتي المعالجة الإشعاعية (IMRT و 3DCRT) من خلال مقارنة منحنيات الـ DVH لأورام الرئة والمري، وبالتالي تحديد مزايا وعيوب كل منهما.

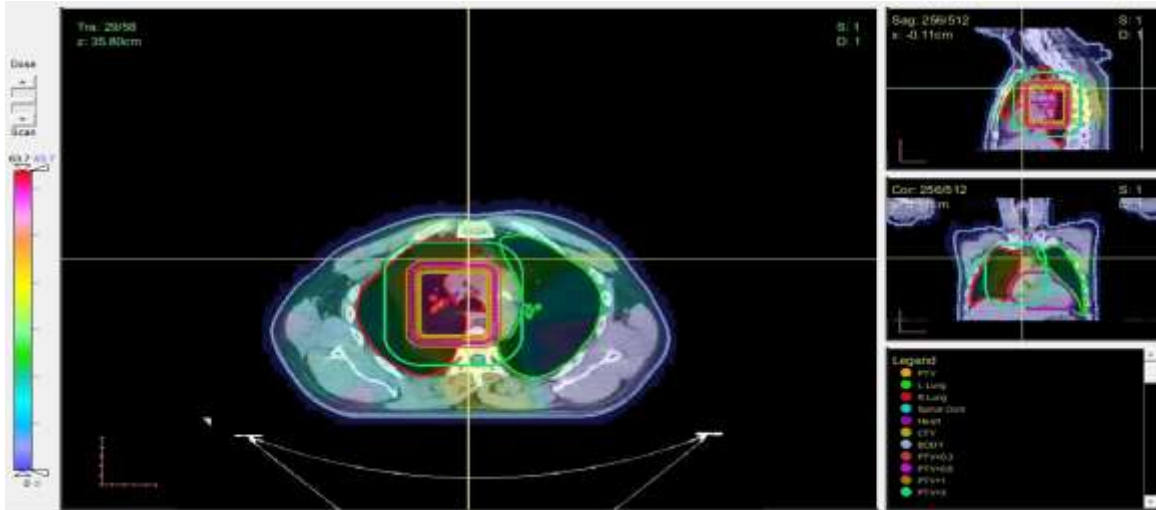
طرائق البحث ومواده:

في هذه الدراسة تؤخذ في الحسبان حالتان لأورام المري والرئة. تم تصوير جميع المرضى بتقنية التصوير المقطعي المحوري المحوسب المتوفر في مستشفى تشرين الجامعي - شعبة المعالجة الشعاعية. تم اختيار الوضعية المناسبة للمرضى بالاعتماد على أدوات التثبيت (بورده الصدر، وسادة تثبيت الرأس والعنق). تم وضع ثلاثة نقاط لتقاطع ليزرات غرفة التصوير (علامات) على جسم المريض، كنوع من الوشم. تم تحديد سماكة الشريحة 5mm وأرسلت الصور إلى نظام تحديد حواف منطقة الورم والأعضاء المعرضة للخطر. ثم تم نقل الصور إلى نظام تخطيط العلاج TPS (نظام تخطيط العلاج المعتمد هو ECLIPS -Version 10.0.28 وهو عبارة عن عائلة مكونة

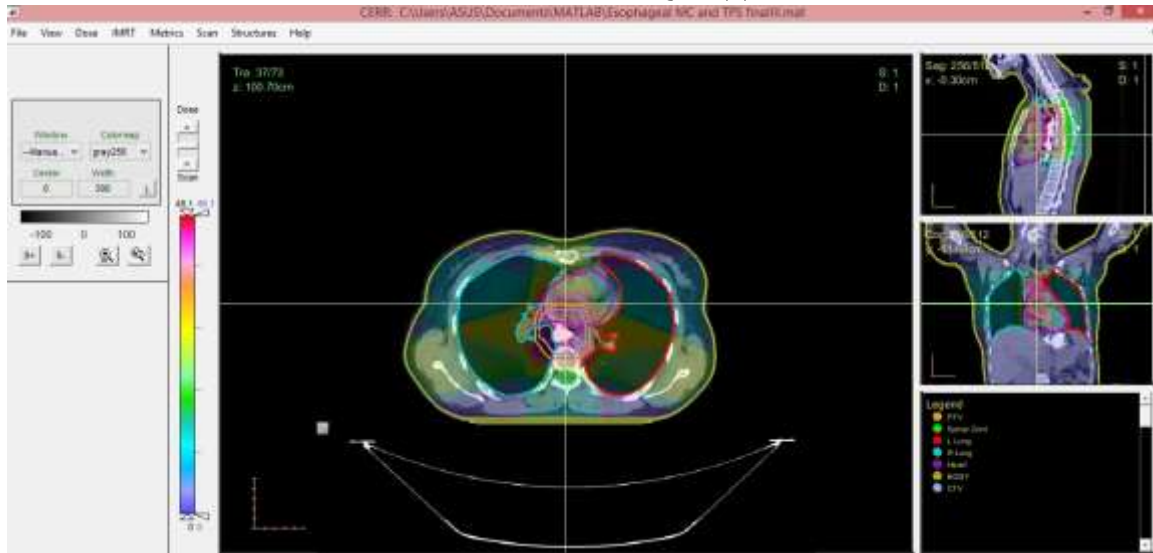
من أنظمة تخطيط العلاج في بعدين وفي ثلاثة أبعاد). [5] تتكون من عدة وحدات، أهمها وحدة بيانات المرضى، بما في ذلك البيانات الديموغرافية والتشريحية للمريض ووحدة تخطيط العلاج عن بعد. يمكن لنظام تخطيط العلاج TPS إنشاء خطط باستخدام كلتا التقنيتين (3DCRT و IMRT). تم تنفيذ خطة الرئة بتقنية 3DCRT واعتماد أربع حزم فوتونية بزوايا مختلفة (0° , 90° , 180° , 270°) وبطاقة 6MV. تم تنفيذ خطة المري بتقنية 3DCRT واعتماد ثلاث حزم فوتونية بزوايا مختلفة (0° , 255° , 110°) وبطاقة 6MV تم اختيار الحزم لتكون ملائمة لحجم الورم CTV بالاعتماد على المحدد متعدد الوريقات (Multi-leaf Collimator-MLC) وتقلل تعرض الأعضاء المحيطة بالورم [6]. أرسلت جميع الخطط إلى مركز (Spizhenko Clinic Oncology Center) في أوكرانيا لإعادة حسابها بتقنية IMRT (وهذه التقنية قيد التفعيل في مستشفى تشرين الجامعي باللاذقية). بعد الانتهاء من تنفيذ الخطط، أجريت مقارنة بين التقنيتين 3DCRT و IMRT باستخدام البيئة الحاسوبية لأبحاث العلاج الإشعاعي CERR (تضم مجموعة برمجيات متكاملة مكتوبة بلغات متعددة MATLAB، و FORTRAN، و C/C++، و JAVA تخدم لصالح العلاج الشعاعي، وتقدم معلومات لخطة المعالجة وتوزعات الجرعة الإشعاعية، إلخ...) [7] وبالاعتماد على منحنيات توزيع جرعة-حجم (DVH). يتم التحقق من توافق وضعية المريض مع خطة المعالجة باستعمال جهاز محاكاة Simulator متصل بنظام تخطيط العلاج TPS. تبين الأشكال (1-5) توزيع الجرعة الإشعاعية لأورام الرئة والمري بالاعتماد على التقنيات السابقة.



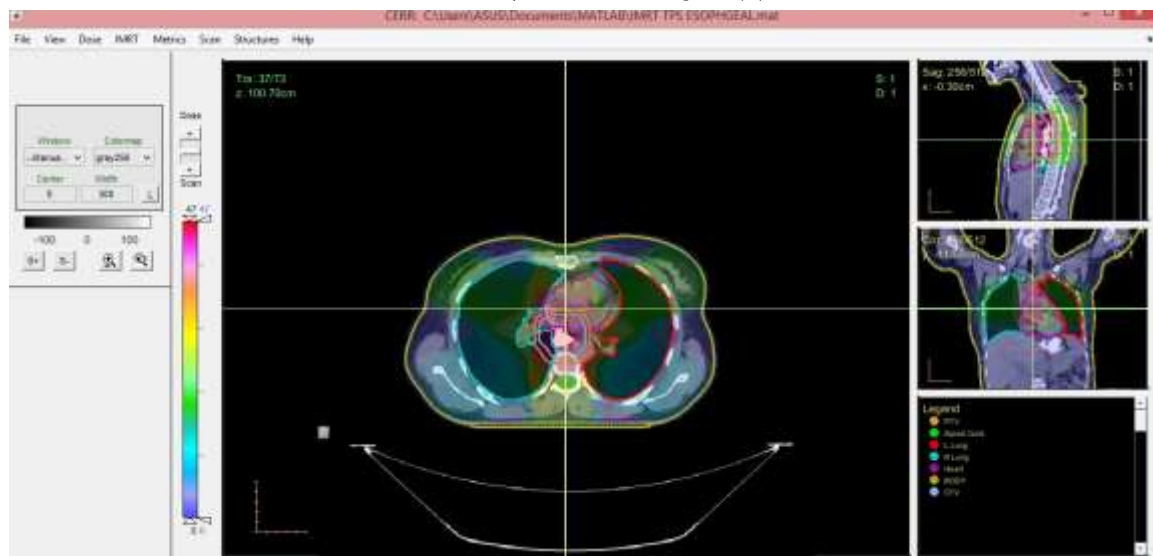
الشكل (1): توزيع الجرعة لحالة الرئة بتقنية 3DCRT



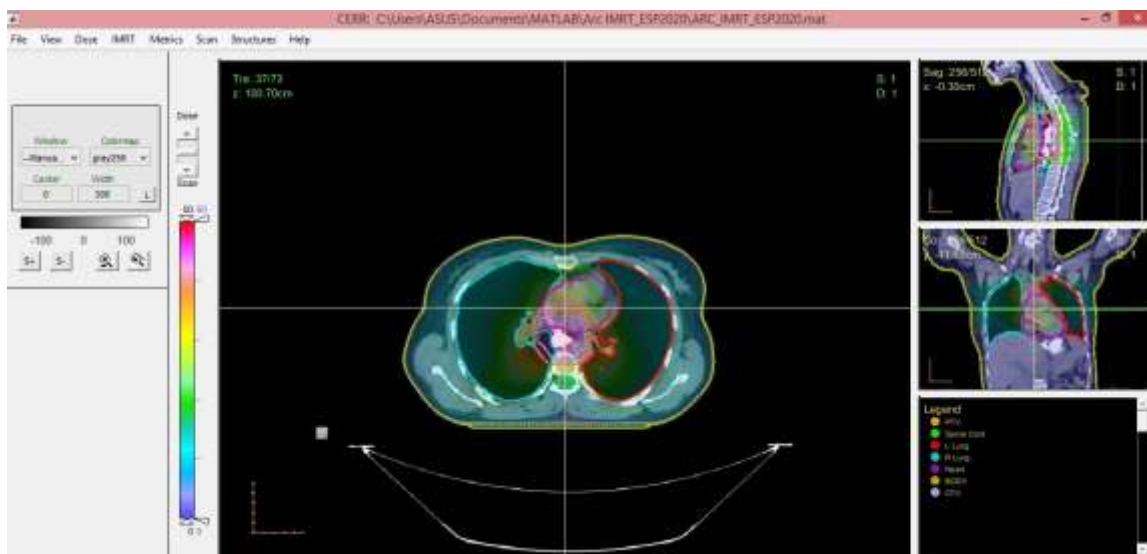
الشكل (2): توزيع الجرعة لحالة الرئة بتقنية IMRT



الشكل (3): توزيع الجرعة لحالة المري بتقنية 3DCRT



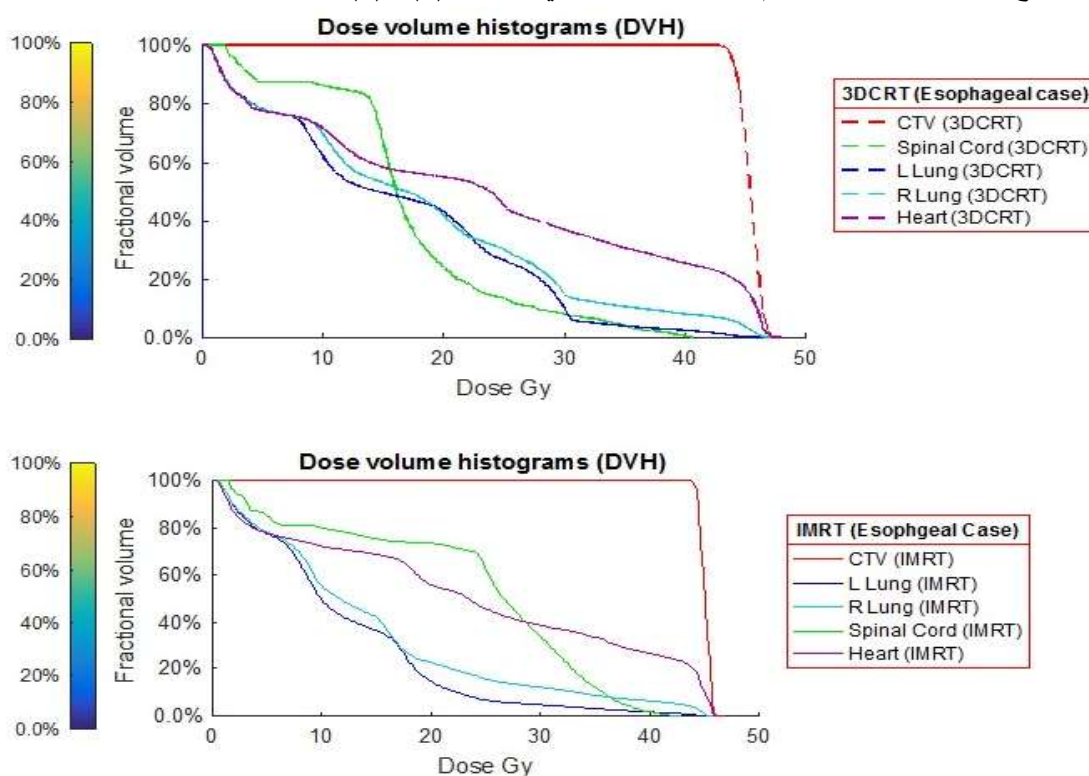
الشكل (4): توزيع الجرعة لحالة المري بتقنية IMRT



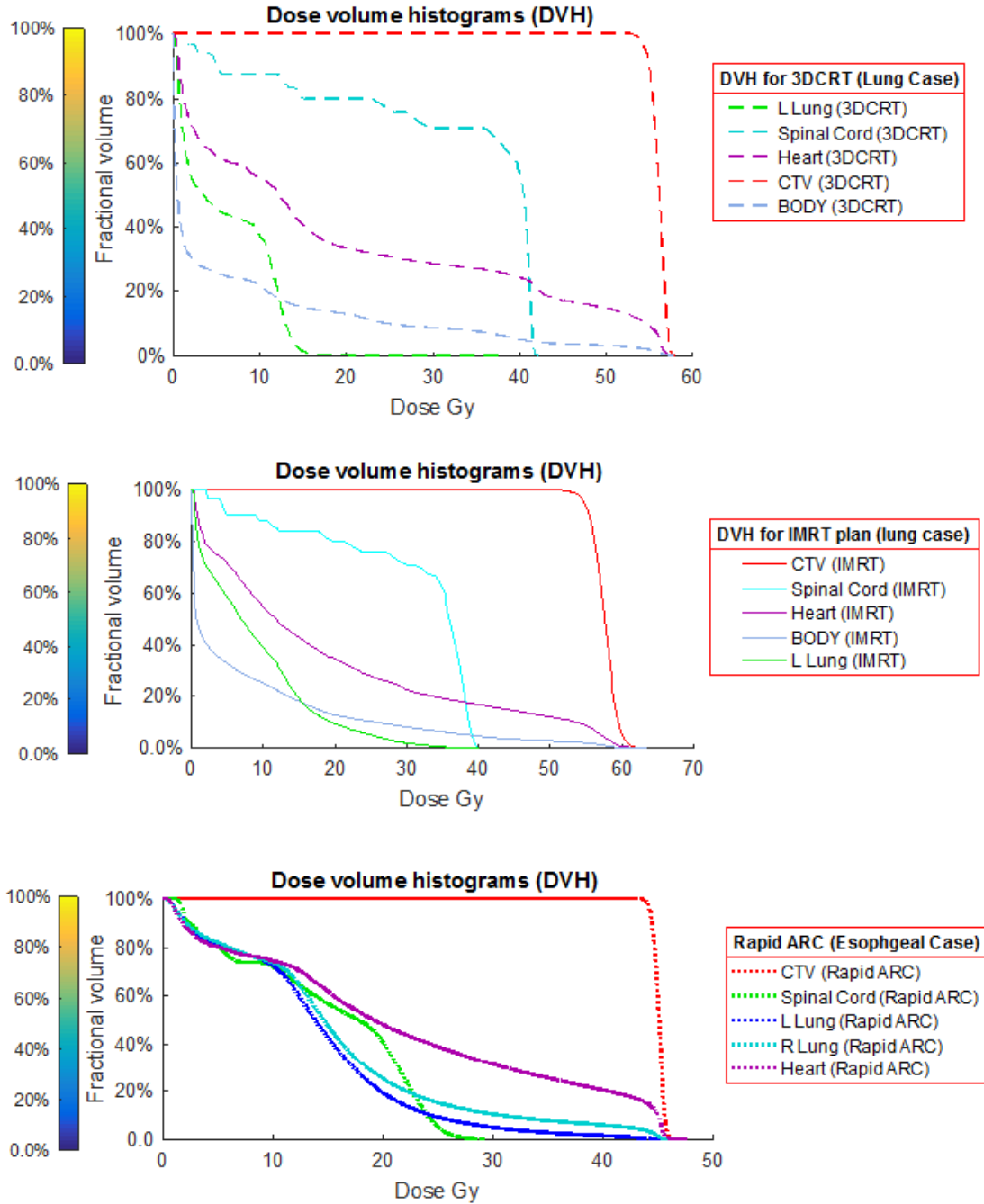
الشكل (5): توزيع الجرعة لحالة المري بتقنية Rapidarc

النتائج والمناقشة:

تم إجراء خطط معالجة لأورام الرئة باستخدام التقنيتين IMRT و 3DCRT، والمري باستخدام التقنيات 3DCRT، تمت المقارنة بين خطط المعالجة المذكورة وفقاً للرسم البياني DVH، بالنسبة لحجم الورم CTV وجميع الأعضاء المحيطة بالورم والمعرضة للخطر في الشكلين (1) و (2) [8].



الشكل (6): يوضح منحنيات توزيع جرعة - حجم (DVH) لحالة الرئة بالتقنيتين 3DCRT و IMRT



الشكل (7): يوضح منحنيات توزيع جرعة - حجم (DVH) لحالة الرئة بالتقنيات 3DCRT و IMRT و Rapidarc

تم إجراء مقارنة للجرعة الوسطية والجرعة العظمى ($D_{2\%}$). يلاحظ أن الجرعة الوسطية لجميع المرضى في كل من IMRT و Rapidarc أقل بكثير منها في حالة 3DCRT وخصوصاً بالنسبة للأعضاء المحيطة بالورم (كالنخاع الشوكي)، يقدم الجدول (1) صورة لهذه النتائج ويوضح مقارنة بين تقنية IMRT و 3DCRT لحالة ورم الرئة بينما يوضح الجدول (2) حالة ورم المريء.

الجدول (1): يوضح المعاملات جرعة - حجم للورم والأعضاء المحيطة لحالة الرئة بكل من التقنيتين 3DCRT و IMRT

Volume Dose%	Technique	CTV	L Lung	Spinal Cord	Heart
D_{mean}	3DCRT	56.2	6.1	32.7	19.4
	IMRT	57.6	8.8	30.3	18.6
$D_{2\%}$	3DCRT	57.5	14.7	41.8	56.7
	IMRT	60.8	29.5	39.5	58.8

الجدول (2): يوضح المعاملات جرعة - حجم للورم والأعضاء المحيطة لحالة المري بالتقنيات 3DCRT و IMRT و Rapidarc

Volume Dose%	Technique	CTV	L Lung	Spinal Cord	Heart	R Lung
D_{mean}	3DCRT	45.5	16.4	17.1	23.3	18
	IMRT	45.2	12.3	23.7	24	14.6
	IMRT_ARC	45.2	14.2	15.3	22	16
$D_{2\%}$	3DCRT	46.9	41.3	38	46.7	45.8
	IMRT	45.9	38.5	39.5	45.7	44.6
	IMRT_ARC	45.9	37.3	26.2	45.6	44.8

نلاحظ من الجدولين (1) و(2) أن التوافق مع حجم الورم CTV لا يختلف كثيراً ويبدو أفضل بالنسبة للتقنية IMRT. فيما يتعلق بالجرعة الإشعاعية للأعضاء المعرضة للخطر، هنالك فرق كبير بين الجرعات التي تتلقاها الأعضاء المعرضة للخطر في تقنيتي IMRT و 3DCRT، لذلك وفقاً للرسم البياني يمكننا القول أن تقنية IMRT أفضل لحماية الأعضاء المعرضة للخطر وتغطية أفضل لحجم الورم CTV، لأنه بالنسبة لتقنية 3DCRT وبسبب حدود الجرعة للأعضاء المحيطة بالورم والمعرضة للخطر يجب أن يتم تشييع حجم الورم CTV أولاً ثم حجم أصغر للورم يدعى BOOST. أما في تقنية IMRT يتم تشييع حجم الورم CTV للتخطيط المناسب مع أقصى حماية للأعضاء المعرضة للخطر وليس فقط جزء منه، ولكن وفقاً للوقت الذي يستغرقه التحكم في الجودة هنالك الحاجة إلى المزيد من الوقت لفحص خطط IMRT، لذلك لا بد أن يكون المسرع الخطي مشغولاً لفترة أطول خلال فترة المعالجة بتقنية IMRT.

الاستنتاجات والتوصيات:

يؤكد العمل الذي تم إنجازه في هذا البحث على مزايا وعيوب تقنيتي المعالجة IMRT و 3DCRT في معالجة أورام الرئة والمري. يتوجب معرفة خصائص كل مريض على حدة لاختيار إحدى التقنيتين، من المهم جداً تحديد الجرعة الكلية التي يجب إعطاؤها للورم، عندما يقرر الطبيب تقديم جرعة كاملة للورم CTV، مما يخلق إمكانية الحصول على جرعة للأعضاء المعرضة للخطر تحت حدود الجرعة، سيكون من الأفضل استخدام تقنية 3DCRT إذا حققت ذلك؛ لأنها تستغرق زمناً أقصر في ضبط الجودة (Quality Control-QC) وأكثر راحة للمريض الذي يجب عليه البقاء لفترة أقل أثناء العلاج. بالنسبة للحالات التي تكون فيها الجرعات التي يجب إعطاؤها للورم كبيرة

(حوالي 70Gy)، يتوجب استخدام تقنية IMRT أو Rapidarc كأفضل حل للحفاظ على الجرعات للأعضاء المحيطة بالورم والمعرضة للخطر ضمن الحد المسموح به.

References:

1. Chui CS., Chan MF., Yorke E., Spirou E., Ling CC. Delivery of Intensity-modulated radiation therapy with a conventional multileaf collimator: Comparison of dynamic and segmental methods. *Med Phys.*, 2001; 28(Dec): 2441-2449.
2. Langer M., Leong J. Optimization of beam weight under dose-volume restrictions. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1987; 13(Aug): 1255-1260.
3. Ezzell GA. Genetic and geometric optimization of three-dimensional radiation therapy treatment planning. *Med Phys.* 1996; 23(Mar): 293-305.
4. Spirou SV., Chui CS. A gradient inverse planning algorithm with dose volume constrains. *Med Phys.* 1998; 25(Mar): 321-333.
5. MA; C. M., PAWLICKI; T., LEE; M. C., JIANG; S. B., LI; J. S., DENG; J., YI; B., MOK; E. and BOYER; A. L., "Energy- and intensity-modulated electron beams for radiotherapy". *Phys. Med. Biol.* 2000, 45, pp. 2293-2311.
6. Jackson A, Skwarchuk M, Leibel SA. Clinical experience with intensity modulated radiation therapy in prostate cancer. *Radiother Oncol.* 2000; 55(Mar): 241-249.
7. Galvin JM, Chen XG, Smith RM. Combining multileaf fields to modulate fluence distribution. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1993; 27(Mar): 697705.
8. Verhey LJ. Comparison of three-dimensional conformal radiation therapy and intensity-modulated radiation therapy systems. *Semin Radiat Oncol.* 1999; 9(Jan): 78-98.