الجمهورية الجزائرية الديموقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء

مذكرة لنيل شهادة الماستر أكاديمي.

الشعبة: علوم المادة. **التخصص: فيزياء طبية.**

من اعداد الطلبة:

- حدبولي عبلة.

- خميس منال.

تحت عنوان:

تقييم وتحسين العلاج الإشعاعي في الجنوب الشرقي الجزائري: دراسة قياس الجرعات وجوانب الوقاية من الإشعاع في مركز مكافحة السرطان (CAC) بولاية ورقلة.

نوقشت علناً بتاريخ: 02 / 06 /2026 م.

لجنة المناقشة		
د. نعام أمال	جامعة ورقلة	رئيساً
د. محمد حسين تجيني	جامعة ورقلة	مشرف ومقرر
د. عياط زهية	جامعة ورقلة	مناقشاً

السنة الجامعية: 2025 م/2026 م.

بسم الله الرحمن الرحيم

{ ٱلۡحَمۡدُ لِلَّهِ ٱلَّذِيٓ أَنزَلَ عَلَىٰ عَبۡدِهِ ٱلۡكِتَٰبَ وَلَمۡ يَجۡعَل لَّهُۥ عِوَجَاۜ (1) قَيِّمٗا لِّيُنذِرَ بَأۡسٗا شَدِيدٗا مِّن لَّدُنۡهُ وَيُبَشِّرَ ٱلۡمُؤۡمِنِينَ ٱلَّذِينَ يَعۡمَلُونَ ٱلصَّٰلِحَٰتِ أَنَّ لَهُمۡ أَجۡرًا حَسَنٗا (2) }

[صدق الله العظيم. سورة الكهف الأيتين: 1-2]

الإهداء:

الحمد لله الذي وفّقنا للوصول إلى هذه المرحلة، وجعل العلم لنا نوراً وطريقاً. نُهدي ثمرة هذا الجهد المتواضع إلى من نبضت قلوبهم بالدعاء لنا، وكانوا سنداً لنا في كل خطوة:

إلى أرواح والدينا العزيزين (رحمهما الله)...

إلى من غابا عن دنيانا ولم يغيبا عن قلوبنا ودعائنا، إلى من تمنيا لو أنهما يقاسماننا فرحة هذا التخرج اليوم...

اللهم ارحمهما واغفر لهما، واجعل قبريهما روضة من رياض الجنة، واجزهما عنا خير الجزاء، واجمعنا بهما في جنات النعيم.

إلى والدتينا الغاليتين (حفظهما الله)...

منبع الحنان والصفاء، وسندنا المتين في هذه الحياة، من رافقنا دعاؤهنّ في كل خطوة، أطال الله في أعمارهم وصحتهما.

إلى إخوتنا، وأخواتنا، وكل عائلتينا الكريمتين...

على الدعم والمساندة الدائمة طوال مسيرتنا الدراسية.

إلى أزواجنا المستقبليين سائلين الله أن يجمعنا بهم على المودة والخير لتكتمل معهم النجاح، وإلى أستاذنا المشرف الفاضل جزيل الشكر والتقدير على توجيهه دروبه ودعمه.

إلى كل من ساندنا بدعاء أو كلمة طيبة.

الشكر والتقدير:

نحمد الله العلي القدير الذي أنار لنا درب العلم ومنحنا القوة والصبر لإتمام هذا البحث، ونتوجه بخالص الشكر وعظيم الامتنان إلى أستاذنا المشرف الفاضل الدكتور محمد حسين تجيني على توجيهاته السديدة ونصائحه القيّمة التي كانت سنداً لنا طوال مسيرتنا. كما نتقدم ببالغ التقدير والاحترام إلى أعضاء لجنة المناقشة الموقرة الدكتورة نعام أمال "رئيساً" و الدكتورة عياط زهية "مناقشاً" و الدكتور المشرف لتفضلهم بقراءة وتقييم هذا العمل المتواضع وتصويبه .ولا يفوتنا أن نخص بالشكر الجزيل كافة الطاقم الطبي والإداري بمركز مكافحة السرطان (CAC) بورقلة على حسن استقبالهم وتسهيلاتهم المقّدمة لنا لإنجاز الجانب التطبيقي من هذه المذكرة، وإلى كل من مدّ لنا يد العون من قريب أو من بعيد، جزاكم الله عنا كل خير.

الملخص:

تتناول هذه الدراسة التطبيقية، المقدمة لنيل شهادة الماستر في الفيزياء الطبية (Medical Physics)بجامعة قاصدي مرباح ورقلة للموسم الجامعي 2025-2026م، تقييم وتحسين منظومة العلاج الإشعاعي (Radiotherapy) في الجنوب الشرقي الجزائري، بالتركيز على مركز مكافحة السرطان (CAC) بولاية ورقلة كنموذج دراسي. يستعرض العمل الإطار النظري لتقنيات العلاج الإشعاعي الخارجي (EBRT) والعلاج الداخلي (Brachytherapy) الحديثة، مبرزاً الأهمية البالغة لتطبيق بروتوكولات الحماية من الإشعاع (Radiation Protection) ونظم ضمان الجودة (Quality Assurance)وفق المعايير الدولية للوكالة الدولية للطاقة الذرية والجمعية الأمريكية لفيزيائيي الطب مثل (TRS-398) و (TG-142).وتهدف هذه المعايير إلى حماية المرضى والعاملين عبر التحصينات الهيكلية (Structural Shielding) واستخدام أدوات التثبيت المتطورة (Advanced Immobilization Devices).ومن خلال التحليل الإحصائي الدقيق لبيانات المركز (2023-2025م)، أظهرت الدراسة استقراراً في معدل الحالات الجديدة (Incidence) بـ 360 حالة سنوياً، مع تصاعد في الجلسات العلاجية (Treatment Fractions). وتصدرت ولايتا ورقلة وغرداية قائمة الطلب، مع تسجيل عبء تشغيلي (Operational Workload) لافت في علاج سرطان الثدي (Breast Cancer). وتخلص الدراسة إلى توصية صارمة بالرصد المباشر للجرعات الممتصة (Absorbed Doses) لضمان سلامة الأعضاء الحساسة (Organs at Risk) وتحسين جودة الرعاية الصحية.

This applied study, submitted for a Master's degree in Medical Physics at Kasdi Merbah University, Ouargla, for the academic year 2025–2026, evaluates and optimizes the radiotherapy system in Southeastern Algeria, using the Cancer Control Center (CAC) of Ouargla as a case study. The work reviews the theoretical framework of modern External Beam Radiotherapy (EBRT) and Brachytherapy techniques, highlighting the critical importance of implementing Radiation Protection protocols and Quality Assurance (QA) systems according to international standards (such as IAEA TRS-398 and AAPM TG-142). These standards aim to protect patients and staff through structural shielding and advanced immobilization devices. Through a rigorous statistical analysis of the center's data (2023–2025), the study demonstrates a stable incidence of approximately 360 new cases annually, alongside an increase in treatment fractions (sessions). Ouargla and Ghardaïa provinces ranked highest in service demand, with a significant operational workload recorded for breast cancer treatment. The study concludes with a strict recommendation for the

direct monitoring of absorbed doses to guarantee the safety of organs at risk (OAR) and improve healthcare quality.

Cette étude appliquée, présentée en vue de l'obtention du diplôme de Master en Physique Médicale à l'Université Kasdi Merbah d'Ouargla pour l'année universitaire 2025-2026, évalue et optimise le système de radiothérapie dans le Sud-Est algérien, en prenant le Centre Anti-Cancer (CAC) d'Ouargla comme modèle d'étude. Ce travail examine le cadre théorique des techniques modernes de Radiothérapie Externe (RTE) et de Curiethérapie, mettant en évidence l'importance cruciale de la mise en œuvre des protocoles de Radioprotection et des systèmes d'Assurance Qualité (AQ) conformément aux normes internationales (telles que l'AIEA TRS-398 et l'AAPM TG-142). Ces normes visent à protéger les patients et le personnel grâce au blindage structural et à l'utilisation de dispositifs d'immobilisation avancés. À travers une analyse statistique rigoureuse des données du centre (2023-2025), l'étude montre une stabilité de l'incidence avec environ 360 nouveaux cas par an, accompagnée d'une augmentation des séances de traitement (fractions). Les wilayas d'Ouargla et de Ghardaïa sont en tête de la demande de services, avec une charge opérationnelle notable enregistrée pour le traitement du cancer du sein. L'étude se conclut par une recommandation stricte concernant la surveillance directe des doses absorbées afin de garantir la sécurité des organes à risque (OAR) et d'améliorer la qualité des soins de santé.

المحتوى:

المقدمة عامة:.....XI

الفصل الأول: 1

معلومات حول العلاج الإشعاعي. 1

(Information about Radiation Therapy).....1

1.1 العلاج الإشعاعي (Radiotherapy):.....2

1.1.1 مقدمة:.....2

1.1.2 أنواع العلاج الاشعاعي (Types of Radiation therapy):.....2

1.2 الإشعاعات المؤينة (Ionizing Radiation): 12

1.2.1 تعريف الذرة(Atome):.....12

1.2.2 تعريف الإشعاعات المؤينة (Ionizing Radiation):.....14

1.3 تفاعلات المادة مع الإشعاع (Interaction of Radiation with Matter):.....15

1.3.1 خصائص الإشعاع المنبعث (Emission Characteristics):.....16

1.3.2 الأليات الأساسية لتفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية مع المادة:.....16

1.4 السرطان (Cancer):.....17

1.4.1 تعريف السرطان:.....17

1.4.2 أنواع السرطانات الأكثر انتشارا (Most Common Types of Cancer): 18

1.5 التقنيات المستعملة في العلاج الإشعاعي (Techeniques Used in Radiotherapy): 19

1.6 الأجهزة المستعملة في العلاج الإشعاعي (Equipment Used in Radiotherapy):.....20

1.7 الخاتمة:.....23

الفصل الثاني: 24

الحماية من الإشعاع وضمان الجودة 24

. (Radiation Protection and Quality Assurance) 24

2.1 مقدمة:.....25

2.2 الحماية من الإشعاع (Radiation Protection):.....25

2.2.1 تعريف:.....25

2.2.2 المبادئ الأساسية للحماية من الإشعاع في مجالات التعرض الطبي (Basic Principales of Radiation Protection):.....25

2.2.3 فئات التعرض (Categories of Exposure): تنقسم فئات التعرض الى ثلاث حالات: 26

2.2.4الطرق الأساسية للحماية من الإشعاع (Basic Radiation Protection Methods): 26

2.3 الكميات ومقاييس الجرعات الإشعاعية (Radiation Quantities and Dosimetry): 27

2.3.1التعرض (Exposure):.....27

2.3.2 النشاط الإشعاعي (Radioactivity):.....27

2.3.3 قانون الامتصاص الخطي (Linear Absorption Law):..... 28
2.3.4 الجرعة الممتصة (Absorbed Dose):..... 28
2.3.5 الجرعة الفعالة (Effictive Dose):..... 28
2.3.6 الجرعة المكافئة (Equivalent Dose):..... 29
2.4 التأثيرات البيولوجية للإشعاع (Biological Effects of Radiation): 29
2.4.1 العوامل التي يتعلق بها الخطر البيولوجي للإشعاع (Factors Affecting Biological Risk of Radiation): 29
2.5 مكونات الخلية (Cell components): 30
2.6 تأثير الإشعاع على عموم الخلية (Radiation Effects on The Cell): 31
2.6.1 التأثيرات المباشرة (Direct Effects):..... 31
2.6.2 التأثيرات غير مباشرة (Indirect Effects):..... 32
2.7 ضمان ومراقبة الجودة (Quality Assurance and Quality Control): 32
2.7.1 مفهوم الجودة:..... 32
2.7.2 ضمان الجودة (Quality Assurance):..... 32
2.7.3 مراقبة الجودة (Quality control):..... 34
2.7.4 أهمية ضمان ومراقبة الجودة في قسم الأشعة (Importance of QA and QC in Radiology Departments):..... 35
2.7.5 دور أخصائي الأشعة في تحقيق معايير الجودة (The Role of the Radiographer in Achiving Quality Standars):..... 35
2.7.6 اختبارات ضمان الجودة في قسم العلاج بالأشعة (QA Tests in The Radiology Department):..... 36
2.7.7 المنظمات الدولية للحماية الإشعاعية (International Organizations for Radiation Protection): 36
2.7.8 التحقق من دقة بروتوكولات ضمان الجودة وقياس الجرعات في مراكز العلاج الإشعاعي: 37
2.8 الخاتمة:..... 37
الفصل الثالث: 39
دراسة الجرعات في مركز مكافحة السرطان بولاية ورقلة..... 39
(Dosage Study at The Cancer Control Center in Ouargla). 39
3.1 المقدمة:..... 40
3.1.1 التعريف بمستشفى محمد بوضياف - بولاية ورقلة:..... 40
3.1.2 الهيكل التنظيمي للمؤسسة العمومية الاستشفائية:..... 40
3.2 تعريف مركز مكافحة السرطان:..... 40
3.3 مصلحة العلاج الإشعاعي:..... 41
3.3.1 إجراءات تنفيذ جلسات العلاج الإشعاعي الخارجي:..... 41
3.3.2 التقنيات العلاجية المستخدمة في المركز:..... 45
3.4 تنظيم بيانات تقرير عام 2025 م:..... 48
3.5 تنظيم بيانات تقرير عام 2024 م:..... 56
3.5.1 تحليل نتائج تقارير سنة 2024 م:..... 61
3.6 تنظيم بيانات تقرير عام 2023 م:..... 62

3.6.1 تحليل نتائج تقرير عام 2023 م:.....68
3.7 ملخص حول البيانات الإحصائية لتقارير المركز خلال الفترة (2023 م-2025 م):.....68
3.8 مناقشة نتائج الدراسة:.....69
3.9 التوصيات والاقتراحات:.....69
3.10 الخاتمة:.....70
الخاتمة العامة:.....
IX
قائمة المراجع: XIX
قائمة الأشكال:.....XX
قائمة الجداول:.....
IX

قائمة الكلمات المختصرة:

1- تقنيات العلاج والأجهزة الطبية الإشعاعية:

الاختصار	المعنى باللغة الإنجليزية	المعنى باللغة العربية
EBRT	External Beam Radiotherapy	علاج حزمة الأشعة الخارجي
IMRT	Intensity-Modulated Radiotherapy	تقنية العلاج الإشعاعي ذو الشدة المعدلة
LINAC	Linear Accelerator	المسرع الخطي
IGRT	Image Guided Radiathio Therapy	العلاج الإشعاعي الموجه بالصورة

2- المصطلحات الأساسية لتخطيط وتحديد حجوم الأورام وحماية الأنسجة:

الاختصار	المعنى باللغة الإنجليزية	المعنى باللغة العربية
PTV	Planning Target Volume	حجم هدف التخطيط
CTV	Clinical Target Volume	حجم الهدف الإكلينيكي
OAR	Organs At Risk	الأعضاء المعرضة لخطر الإشعاع
GTV	Gross Tumor Volume	حجم الورم الظاهري

3- مبادئ الوقاية الإشعاعية والمنظمات والهيئات الدولية:

الاختصار	المعنى باللغة الإنجليزية	المعنى باللغة العربية
ALARA	As Low As Reasonably Achievable	أقل ما يمكن عملياً
ICRP	International Commission on Radiological Protection	اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع
IAEA	International Atomic Energy Agency	الوكالة الدولية للطاقة الذرية
UNSCEAR	United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation	اللجنة العلمية للأمم المتحدة المعنية بأثار الإشعاع الذري
EC	European Commission	المفوضية الأوروبية
FAO	Food and Agriculture Organization	منظمة الأمم المتحدة للتغذية والزراعة
SOPA	Standard Operating Procedures	إجراءات التشغيل القياسية
CAPA	Corrective and Preventive Actions	الإجراءات التصحيحية والوقائية لضمان سلامة الأجهزة

المقدمة عامة:

يقف العلم الحديث اليوم أمام مواجهة مستمرة مع أعقد الأزمات الصحية التي تهدد البشرية، وعلى رأسها مرض السرطان، الذي بات يشكل تعقيدات ديموغرافية وطبية نظراً لتسارع وتيرة الإصابة به وتعدد أنماطه البيولوجية الخبيثة. وتكمن خطورة هذا المرض في قدرة خلاياه على التمرد التام على قوانين النمو الحيوي، وميله لغزو الأنسجة السليمة والانتشار المستمر. وفي سبيل كبح هذا التمدد، تظافرت جهود الطب الإكلينيكي والفيزياء التطبيقية لابتكار حلول علاجية حاسمة، يبرز من بينها العلاج الإشعاعي كركيزة سيادية ومحورية لا غنى عنها؛ حيث يمثل الخيار الاستراتيجي الأنسب لإحداث دمار بيولوجي في الحمض النووي للأورام، سواء كان ذلك بنية الشفاء التام واستئصال المرض، أو كأداة تلطيفية للتحكم فيه وتحسين جودة حياة المريض.

إن الجوهر الحقيقي للفيزياء الطبية في هذا المضمار لا يقتصر على توجيه الحزم الإشعاعية عالية الطاقة نحو الجسد، بل يكمن في إدارة صراع فيزيائي وحيوي معقد؛ يتلخص في الموازنة الحرجة والخطيرة بين إيصال جرعة قاتلة للكتلة الورمية، وفي الوقت ذاته، إحاطة الأنسجة السليمة والأعضاء الحيوية المحيطة بأقصى درجات الحماية. هذا التحدي المفصلي هو الذي دفع بالمنظومات التكنولوجية الطبية والبرمجيات الحسابية إلى التطور المتسارع عبر الأجيال، انتقاداً من الأنماط التقليدية البسيطة نحو هندسة إشعاعية متطورة تسعى لمحاكاة الحجم الورمي بدقة فراغية تامة لتجنب أي تعرض غير مبرر للإشعاع.

ومع هذا التعاظم التقني والتعقيد الميكانيكي لأجهزة المعجلات الخطية، غدت برامج ضمان ومراقبة الجودة وثقافة الوقاية من الإشعاع بمثابة الصمام المنهجي الذي يمارسه الفيزيائي الطبي. فالإشعاع المؤين أداة بالغة الدقة بقدر ما هي بالغة الخطورة، وأي انحراف طفيف في الحسابات الجرعية أو الأداء الميكانيكي قد يؤدي إلى عواقب بيولوجية وخيمة أو يتسبب في حوادث إشعاعية لا تحمد عقباها. من هنا، تبرز الحاجة الملحة لإخضاع كافة المنظومات العلاجية والقياسات الميدانية لاختبارات دورية صارمة ومقارنتها بشكل مستمر باللوائح والتوصيات التي تصيغها الهيئات والمنظمات الدولية المتخصصة في هذا المجال.

وتكتسي هذه الدراسة بعداً عيادياً وجغرافياً بالغ الأهمية عند إسقاطها على مركز مكافحة السرطان (CAC) بولاية ورقلة، بوصفه منشأة صحية استراتيجية ومحورية تقع على عاتقها مسؤولية رعاية شريحة واسعة من المرضى الوافدين من مختلف مناطق الجنوب الشرقي الجزائري. إن هذا الموقع الريادي يفرض ضرورة علمية لمواكبة مؤشراته الإحصائية وتقييم بيئته العلاجية والفيزيائية بصفة دورية، لضمان تقديم خدمة علاجية آمنة ومطابقة للمقاييس العلمية.

إشكالية الدراسة:

من خلال هذه الدراسة والاعتماد على النتائج المقدمة هل يحقق مركز مكافحة السرطان بولاية ورقلة مستوى الجرعة ومعايير ضمان الجودة دولياً في العلاج الإشعاعي؟ وكيف يمكن تحسين خطط العلاج الإشعاعي وضمان حماية العاملين والمرضى من خطر الإصابة الإشعاعية؟

أهداف الدراسة:

الجانب المفاهيمي والفيزيائي: التعرف على مبادئ وتصنيفات العلاج الإشعاعي، ودراسة المبادئ الفيزيائية للأشعة المؤينة وأليات تفاعلها مع المادة الحية.

كفاءة الحماية الإشعاعية: تقييم بروتوكولات الحماية من الإشعاع في المناطق المعنية بها (المرضى، العاملين، والجمهور) لضمان بيئة عمل أمنة وفق تطبيق المعايير الدولية المعترف بها.

ضمان وتحسين الجودة: مراجعة وتطبيق برامج ضمان الجودة ومراقبة جودة الأجهزة الخاصة بالمسرعات الخطية وأنظمة التخطيط.

تقييم وحساب الجرعات: دراسة دقة الجرعات الإشعاعية الواصلة للمرضى ومقارنتها بالجرعات الموصوفة والمعايير الدولية المعتمدة.

الهدف الميداني(التطبيقي): دراسة إحصائية وتحليلية للبيانات والخطط العلاجية لمرضى السرطان بمركز مكافحة السرطان بولاية ورقلة (CAC) للفترة الممتدة بين (2023 م – 2025 م).

الفصل الأول:

معلومات حول العلاج الإشعاعي.

(*Information about Radiation Therapy*)

1 الفصل الأول: معلومات عامة حول العلاج الإشعاعي.

1.1 العلاج الإشعاعي (Radiotherapy):

1.1.1 مقدمة:

هو استخدام قدرة الأشعة في تأين الخلايا السرطانية لقتلها أو لتقليص أعدادها، يتم تطبيقه على الجسم المريض من الخارج ويسمى بعلاج حزمة الأشعة الخارجي (**radiotherapy)(External beam EBRT)**أو يتم تطبيقه داخل جسم المريض عن طريق العلاج المتفرع **(Brachytherapy)** [1].

تأثير العلاج الإشعاعي تأثير موضعي ومقتصر على المنطقة المراد علاجها. العلاج الإشعاعي يؤذي ويدمر المادة المورثة في الخلايا، مما يؤثر على انقسام تلك الخلايا، على الرغم من أن هذا العلاج يؤثر على الخلايا السرطانية والسليمة، لكن معظم الخلايا السليمة تستطيع أن تتعافى من الأثر الإشعاعي، يهدف العلاج الإشعاعي إلى تدمير معظم الخلايا السرطانية مع تقليل الأثر على الخلايا السليمة، لذا فيكون العلاج الإشعاعي مجزأً إلى عدة جرعات، لإعطاء الخلايا السليمة الوقت لاسترجاع عافيتها بين الجرعات الإشعاعية [1].

يستخدم العلاج الإشعاعي لجميع أنواع السرطانات الصلبة، كما يمكن استخدامه في حالة سرطان الدم أو اللوكيميا. جرعة الأشعة تحدد حسب مكان السرطان وحساسية السرطان للإشعاع **(Radio sensitivity)** وإذا كان هناك جزء سليم مجاور للسرطان يمكن تأثره بالإشعاع، ويعتبر تأثيره على الأنسجة المجاورة هو أهم أثر جانبي لهذا النوع من العلاجات [1].

تعريفات أخرى للعلاج الإشعاعي:

تتمثل الغاية من العلاج الإشعاعي في إيصال جرعة من الإشعاع عالية الشدة الى الورم لتدميره، مع تقليل الجرعة التي تصل إلى الانسجة السليمة المجاورة قدر الإمكان للحد من الأثار الجانبية، واستجابةً لهذا الهدف المتمثل في الاستهداف الدقيق، شهد العلاج الإشعاعي على مدار العقدين الماضيين تقدماً ملحوظاً، تضافرت التطورات في مجالي المعلوماتية وتكنولوجيا المسرعات، مما أدى إلى ظهور تقنيات إشعاع متطابقة تماماً مع حجم الورم **(Conformal)**، تعتمد بشكل خاص على تعديل شدة الجرعة **(IMRT)**، وهو ما أفضى في نهاية المطاف إلى تحسين النتائج العلاجية [2] .

العلاج الإشعاعي هو الاستعمال الطبي للأشعة المؤينة كجزء من علاج مرض السرطان ويستخدم هذا العلاج بهدف الشفاء من المرض واحياناً يستخدم كعلاج مسكن عندما يكون الشفاء غير ممكن والهدف منه هو التحكم في انتشار المرض أو الحد منه [3].

يستخدم الأطباء العلاج الإشعاعي لعلاج كل نوع من أنواع السرطان، وهو مفيد أيضاً في علاج بعض الأورام غير السرطانية (الحميدة)، وقد يستعمل كعلاج أساسي للسرطان أو يضم مع الجراحة أو العلاج الكيماوي أو العلاج الهرموني [3].

1.1.2 أنواع العلاج الاشعاعي (Types of Radiation therapy):

1.1.2.1العلاج الاشعاعي الداخلي (العلاج الاشعاعي عن قرب)*(Brachytherapy):*

العلاج الإشعاعي الداخلي أو القريب، يتم بوضع المصدر المشع ضمن أنسجة أو تجاويف الجسم بشكل مؤقت أو دائم، والذي يسمى العلاج الإشعاعي الداخلي أو العلاج بزرع المصادر المشعة. العلاج القريب يؤدي إلى التأثير بجرعة عالية من الإشعاع إلى منطقة صغيرة بحيث لا يشع النسيج الطبيعي المحيط

1 الفصل الأول: معلومات عامة حول العلاج الإشعاعي.

بالسرطان، المادة المشعة توضع في كبسولة أو تصنع بشكل صلب وتغلق بشكل دائم. الكبسولة أو المصدر المشع المغلق سيكونان قويان بما فيه الكفاية لإبقاء كمية التسرب أقل ما يمكن أي أن المادة الصلبة المشعة أو الكبسولة الحاوية مادةً مشعةً غير قابلة للانتشار، مصادر المعالجة القريبة **(Brachytherapy)** المثالية تمتاز بما يلي [4]:

- مصدر باعث لأشعة جاما بمفردها بطاقة مناسبة لموقع المعالجة المقصود.
- ذات نشاط إشعاعي عالٍ؛ ومناسب لتطبيقات معدل الجرعة العالية.
- صغير الحجم.
- يستخدم للزرع المؤقت.
- عمره طويل نسبياً إما في حالة الزرع الدائم فيكون نصف العمر متوسط.
- من المصادر الاقتصادية وتعتمد المعالجة على مهارة وتجربة المشغل.

الطرق الأكثر شيوعاً والمستعمَلة لتسليم الجرعة الضرورية في العلاج الإشعاعي الداخلي تتضمّن زرع المصدر المشع في النسيج أو تجاويف الجسم.

توجد عدة أنواع من المعالجة اليدوية أهمها- [4]:

- **المعالجة الفراغية للسرطان (Stereotactic Cancer Therapy):** والتي تستعمل المصادر التالية في المعالجة الفراغية:

1) **السيزيوم-137 والكوبالت-60 كمصادر مغلقة في الإبر.**
2) **الإراديوم-192 كبذور أو أسلاك مغلفة في أشرطة من النايلون.**
3) **الذهب-198، واليود-125، والرصاص-103 كمصادر مغلقة في البذور.**

- **المعالجة داخل تجويف السرطان (Intracavitary Brachytherapy):** المصادر التالية تستعمل بشكل دوري للمعالجة داخل التجويف:

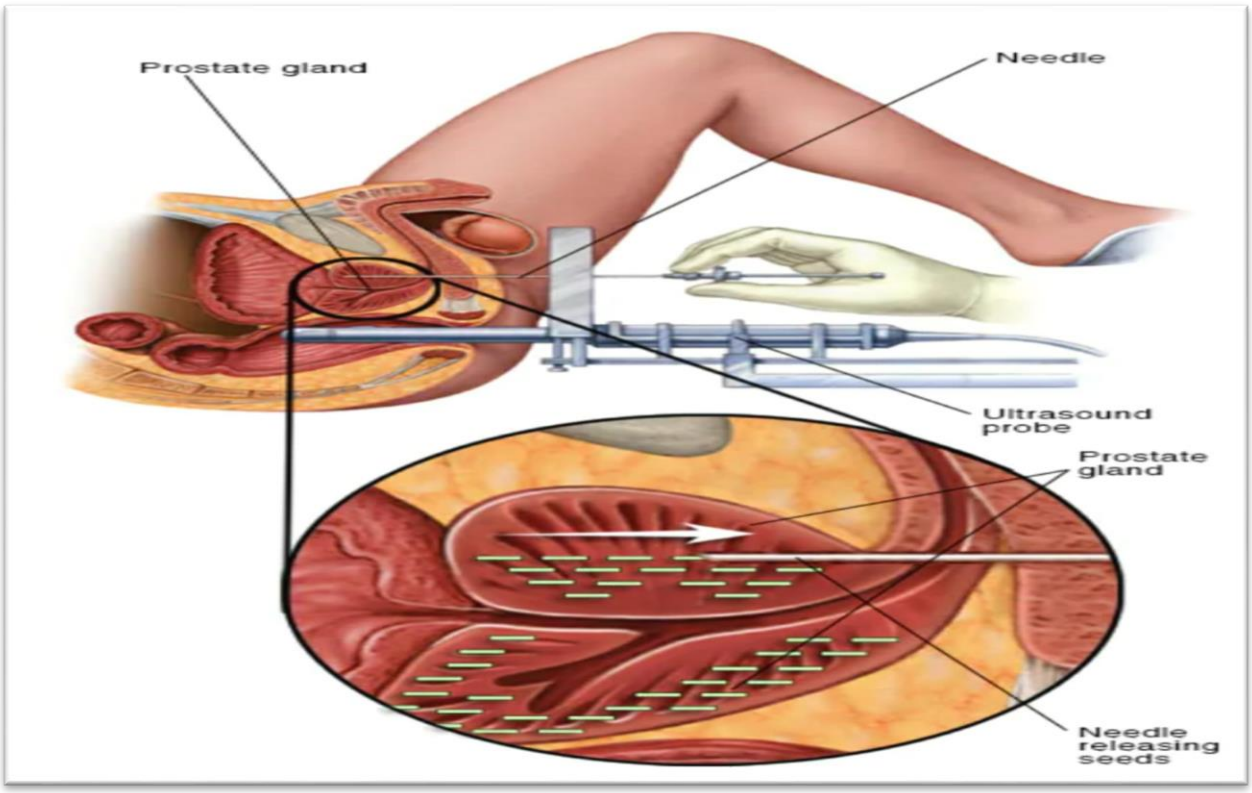
1) **السيزيوم-137 والكوبلت-60 كمصادر مغلقة توضع داخل أسلاك صغيرة تشبه الإبر أو في قضبان.**
2) **السترونتيوم-90 كمصدر مغلق مثبت في قضبان لمعالجة حالات أورام العين السطحية.**

لوحة العين تحتوي على ملحق بلاستيكي ناعم مقوس له سلسلة من الأخاديد صبت إلى السطح المحدب الخلفي لحمل البذور المشعة. لأن اللوحة توضع في مدار العين على موقع الورم وتخيط بغشاء العين الخارجي تعتبر هذه المعالجة فراغية، وليس المعالجة سطحية. [4]

زرع المصدر المشع المُحتوى ضمن إبرة، بذرة، سلك، أو قسطرة والذي يوضع مباشرة على الورم قد يكون مؤقتاً أو دائماً. الزرع المؤقت يمكن أن يكون بمصادر عالية النشاط الإشعاعي تزرع على الورم لدقائق **(معدل جرعة عالي HDR)**، أو بمصادر معتدلة النشاط الإشعاعي تزرع ضمن الورم لساعات أو أيام **(معدل جرعة واطئ LDR)**. أو تزرع بشكل دائم وتعرف **"المعالجة القريبة"** التي تستعمل المواد المشعة التي تزرع بشكل دائم ضمن الورم لزيادة الإشعاع الموقعي [4].

في معالجة التجاويف توضع المادة المشعة مباشرة في تجويف الجسم (مثل علاج البروستاتا (***الشكل 1-1***) ويُحمّل المصدر بحاوية تُزرْعُ بشكل مؤقت ويُستعملُ في أغلب الأحيان في معالجة

أمراض سرطان: عنق الرحم، بطانة الرحم، البروستاتا ومنطقة الرقبة. قبل الزرع، يقوم طبيب الأورام بمناقشة الإجراء مع المريض بالتفصيل، بشكل تعليمات شفوية ومكتوبة توضح كيفية إجراء العلاج [4].



الشكل 1-1: علاج البروستاتا بالعلاج الإشعاعي الداخلي.

A. **أنواع العلاج الإشعاعي الداخلي (Types of Brachytherapy):** ينقسم العلاج الاشعاعي عن قرب إلى خمسة أنواع رئيسية:

1) **العلاج الاشعاعي الداخلي باستخدام القالب (Mould Brachytherapy):** يستخدم هذا النوع لمعالجة الأورام السطحية باستعمال مصادر مشعة مُغلقة توضع قريبة من الجلد. طريقة تحديد خارطة الجرعة تكون حسب **"نظام مانجستر"** في أغلب الأحيان ويستند النظام لقاعدة صُمّمت بحيث أن جرعة جميع أجزاء حجم الهدف تكون بحدود **10%** من الجرعة التي يحددها الطبيب [4].

2) **الحاوية للعلاج السطحي (Surface Applicator):** يستخدم هذا النوع من العلاج للأورام السطحية والتي يُمكن أن تُعالج باستعمال المصادر المُغلقة التي توضع قريباً من الجلد. حيث أن موضعها يصمم لضمان وصول الجرعة إلى كُلّ أجزاء حجم الهدف وبنسبة لا تقل عن **10%** من الجرعة الموصفة. حاوية العلاج السطحي تتكون من حاوية المصدر المشع والتي تسمى **لوحة السترونتيوم** والتي تستعمل لعلاج الأورام السطحية جداً والتي سمكها أقل من مليمتر واحد. تتكون اللوحة من تجويف ذات غلاف فضي رقيق يحتوي على دقائق من **السترونتيوم المشع-90** والذي

ينحل ببعث **جسيمات بيتا** (إلكترون) ذات الاختراق القليل ويؤثر بجرعة تتراوح بين **10-12 Gy**. بينما تَخترق الالكترونات بضعة مليمتر من الهواء، يَعُودُ السترونتيوم إلى نفس الصنف الكيميائي **للكالسيوم (من المعادن القلوية)**، لذلك فإن العضو الذي يتجمع فيه **السترونتيوم (العضو الحرج)** هو العظم. لوقاية العاملين من الإشعاع فإن حاوية **السترونتيوم** يجب أن تكون بعيدة عن أجسامهم [4].

3) **المعالجة الداخلية (Brachytherapy)**: يوضع المصدر المشع في داخل الأنسجة الداخلية. أول نوع من هذه المعالجة هي الإبر التي تحتوي على **الراديوم-226**، والتي ترتب طبقاً **"النظام مانجستر"**، لكن الطريقة الحديثة للعلاج تستعمل سلك **الإيراديوم-192**. يُمكن أن يُرتّب سلك الإيراديوم-192 طبقاً **"لنظام مانجستر"** أو **"نظام باريس"**؛ والنظام الأخير يستخدم لعلاج سرطان البروستاتا باستخدام عنصر اليود المشع **(اليود-125)** والذي يكون بشكل بذور والتي تُصنف بالمعالجة الداخلية [4].

4) **العلاج داخل تجاويف الجسم (Intracavitary Therapy)**: يوضع أسلاك المصدر المشع داخل تجويف يصمم مسبقاً حسب النسيج المعالج. إن التطبيقات الأكثر شيوعاً لهذه الطريقة هو الأورام النسائية [4].

5) **العلاج للأوعية الداخلية الدقيقة (Intravascular Brachytherapy)**: تدخل أسلاك القسطرة للمصادر المشعة إلى داخل الأوعية الدقيقة**(vasculature)**. إن التطبيق الأكثر شيوعاً لهذه الطريقة هو معالجة الشرايين التاجية [4].

المصادر المستعملة في العلاج الإشعاعي الداخلي: كما هو موضح في الجدول (**جدول 1-1**):

المصدر	طاقة اشعة غاما (MeV)	عمر النصف	سمك النصف HVL من Pb (mm)
Rn-222	0.047 – 2.45	3.83 يوم	8.0
Co-60	1.17 – 1.33	5.26 سنة	11.0
Cs-137	0.662	30 سنة	5.5
Ir-192	0.136 – 1.06	74.2 يوم	2.5
Au-198	0.412	2.7 يوم	2.5
I-125	0.028	60.2 يوم	0.025
Pb-103	0.021	17 يوم	0.008
Ra-226	0.047 - 2.45	1600 سنة	8.0

جدول 1-1: مصادر العلاج الإشعاعي.

1.1.2.2 العلاج الإشعاعي الخارجي (عن بعد) (*Teletherapy*):

يتضمن العلاج الإشعاعي عن بعد سلسلة يومية من العلاج تقدم للمريض دون الحاجة إلى بقائه في المستشفى لغرض توضيح السرطان بدقة، العلاج غير مؤلم يُعطى عادة في سلسلة جلسات يومية كل جلسة أقل من نصف ساعة، مدة خمسة إلى ستة أسابيع ; هو العلاج الشائع الاستخدام بالأشعة وفيها يَجلسُ المريض أو يستند على أريكة ويوجه مصدر خارجي من الإشعاع إلى جزء معين من الجسم. وهذا العلاج إما أن يكون سطحياً أو عميقاً. حيث تستخدم الكترونات بشكل رئيسي لمعالجة الأورام السطحية مثل سرطان الجلد والتراكيب السطحية، وتستخدم الأشعة السينية ذات الطاقة العالية **Megavoltage** لمعالجة أورام داخلية مثل سرطان المثانة، الأمعاء، وسرطان الرئة، تنتج حزم الأشعة السينية والالكترونات من اجهزة خاصة هي المعجلات وخصوصاً المعجلات الخطية والتي سوف تشرح بالتفصيل لاحقاً [4].

❖ **المعجّلات الخطية (linacs) :**إن المعجّلات الخطية الحديثة لها تطبيقات علاجية مختلفة هي:

أشعة سينية أو إلكترونات وتنتج طاقتين من الأشعة السينية، و**5** طاقات للإلكترونات.

هذه الأجهزة تولد أشعة سينية ذات طاقة عالية جداً، أو تنتج إلكترونات وهي متوفر بمدى طاقة يتراوح بين **4-25 MeV**. تصنع بشكل تجاري للاستعمال طبي [4].

تتم السيطرة على التعرض الإشعاعي بطريقتين، الأولى استعمال منظومة غرفة تأين إرسال متكاملة والتي يُنهي التعرض الإشعاعي في الزمن والجرعة المحدد لها مسبقاً [4].

أكثر المعجلات الحديثة لها مؤقت يقوم بإنهاء التعرض إذا فشلت أنظمة غرف التأين في عملها. يستعمل العلاج بالأشعة حقول إشعاع صغيرة نسبيا **(قطرها أقل من 4 سنتيمتر)** لمعالجة الأورام في الرأس. الدقة المكانية ضرورية من أجل لا تتعرض الأنسجة السليمة للإشعاع وتنجز من خلال وجود إشارات خارجية على جسم المريض أو على قناع مصمم خصيصا للمريض والتي يمكنها أن تحدد الورم بدقة تصل الى أقل من ميليمتر واحد أثناء إجراءات العلاج [4].

يعمل المسرع الخطي عن طريق تسريع الجسيمات المشحونة، مثل الإلكترونات، الى سرعة قريبة من الضوء. ثم يتم توجيه هذه الجسيمات نحو الهدف، مما ينتج إشعاعا عالي الطاقة. تم تجهيز النظام بتقنية تصوير متطورة تسمح لأطباء الأورام بتصور الورم والتشريح المحيط به في الوقت الفعلي، مما يضمن دقة الاستهداف أثناء العلاج. هذه الدقة هي ما يميز المسرع الخطي عن طرق العلاج الإشعاعي التقليدية، مما يجعله الخيار المفضل للعديد من مقدمي الرعاية الصحية. الغرض الأساسي من المعجلات الخطية هو علاج أنواع مختلفة من السرطان عن طريق توجيه الإشعاع الى الأورام. هذه الطريقة مفيدة بشكل خاص للمرضى الذين يعانون من سرطانات موضعية، حيث يمكنها تقليص الأورام أو القضاء عليها بشكل فعال مع الحفاظ على الأنسجة السليمة [5] .

أنواع العلاج الإشعاعي الخارجي (Types of Teletherapy):

1) العلاج بفوتونات الاشعة السينية (X-ray Photon Therapy):

تقاس طاقة الاشعة جاما التشخيصية والعلاجية والاشعة السينية بشكل تقليدي ب **KV** أو**MV** ويمثل **الجهد الكهربائي** الأقصى المستعمل بين طرفي المعجل الخطي للإنتاج اشعاعات جاما ان الاشعاع يتكون من طيف من الطاقات، بينما طاقة الالكترون العلاجية تقاس ب **MeV**، الطاقة القصوى مساوية تقريبا الى الجهد الكهربائي الأقصى مضروبا بشحنة الالكترون، اما معدل الطاقة الاشعة السينية فيساوي ثلث الطاقات القصوى. يمكن السيطرة على نوعية وطاقة الاشعاع باستعمال المرشحات الخاصة، والتي تؤدي الى تجانس طيف الأشعة السينية. في الحقل الطبي، يتم الحصول على الاشعة السينية متى تعجلت الكترونات الى طاقة عالية وسقوطها على هدف وبعض الأمثلة على أنواع الاشعة السينية المستعملة في الطب [5]:

- الأشعة السينية التشخيصية: التي تتراوح طاقتها بين **20 – 50 KV.**

أما الأشعة السينية المستخدمة للعلاج فتنقسم الى أربعة أقسام حسب مقدار الطاقة وهي:

- الأشعة السينية للعلاج السطحي: التي طاقتها تتراوح بين **50 – 200 KV** في هذه الأجهزة تكون كمية الجرعة متناسبة تقريبا مع القوة **n** لجهد التعجيل **(KV^n)** حيث **3> n >2** ومعدل الجرعة يتناسب طرديا مع التيار، لذا من المهم أن تكون الفولطية والتيار والمؤقت دقيقة ومستقرة وأخيرا وجود أجهزة ثنائية للسيطرة على الجرعة.
- الأشعة السينية ذات الطاقة المعتدلة: والتي تتراوح طاقتها بين **200 -500 KV**.
- الأشعة السينية ذات الطاقة العالية: والتي طاقتها تتراوح بين **500 –1000 KV**.
- الأشعة السينية ذات الطاقة العالية جدا: و التي تتراوح طاقتها بين **1 - 25 MeV** وتنتج باستخدام معجلات خطية وتبعت هذه المعجلات كذلك الإلكترونات.

الفرق بين الطاقة المعتدلة والواطئة: كما هو موضح في (**جدول1-2**):

الطاقة المعتدلة	الطاقة الواطئة
ذروة الطاقة تتراوح بين 150 – 500	ذروة الطاقة تتراوح بين 50 – 200
تعالج امراض الجلد، العظام والأنسجة الداخلية لعمق cm20 تقريبا	تعالج أمراض الجلد الصغيرة والأنسجة السطحية لعمق cm 5 تقريبا
يستخدم مسدد بشكل ثقب	يستخدم مسدد عريض يصل قطرة الى cm7
المسافة بين المصدر والمريض تتراوح بين 30 – cm 60	المسافة بين المصدر والمريض أقل من cm30
نصف سمك المرشح يكافئ مرشح من النحاس سمكه يتراوح بين 0.2 – 5 mm	نصف سمك المرشح يكافئ مرشح من الالمنيوم سمكه يتراوح بين 0.5 – 8 mm

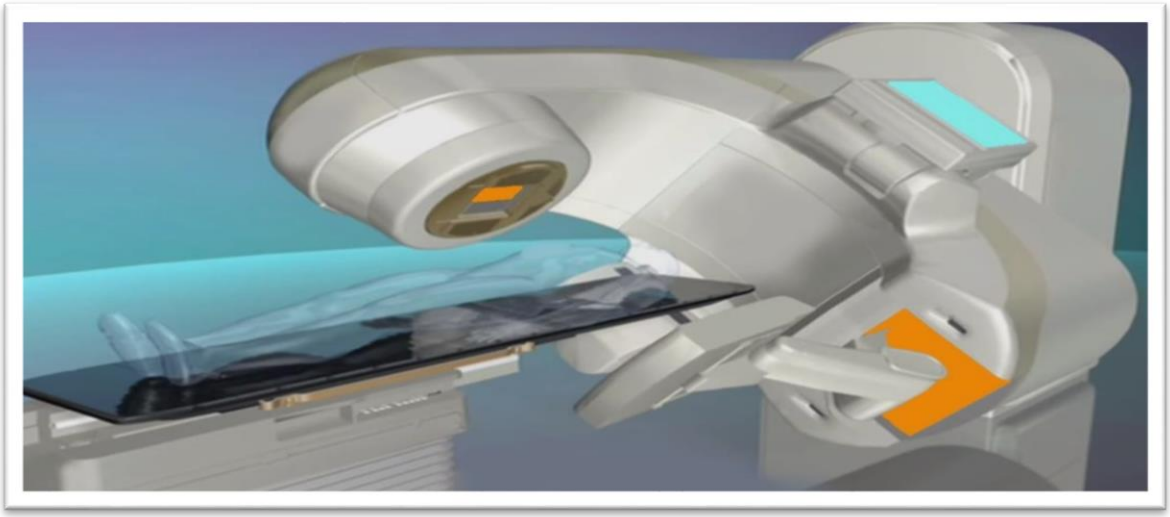
جدول1-2: يمثل الفرق بين الطاقة المعتدلة والواطئة.

تحميل الشبكة الكهربائية في الأوقات المختلفة من الاستعمال العرضي الكثير في النهار على مأخذ رئيسي واحد كاستعمال المصعد يسبب اختلاف الفولطية بمقدار **10 -/+** والذي يؤدي الى اختلاف في الجرعة بمقدار **40%** وهو اختلاف غير مقبول لذلك يجب استعمال مأخذ كهربائي رئيسي مستقر خاص بأجهزة العلاج. اما في حالة الأشعة السينية ذات الطاقة المعتدلة يتم قياس الجرعة الناتجة من هذه الأجهزة باستخدام غرفة تأين ارسال ونظام سيطرة لقياس الجرعة المتكاملة [4].

يجب توفر أجهزة لمنع أي اختيارات خاطئة للفولطية والتيار والمرشح. التسرب من وعاء الأنبوب يجب ان لا تتجاوز معدل الجرعة **10 (mGy /h)** على بعد متر من بؤرة حزمة الأشعة السينية أو **300 (mGy/h)** على بعد **cm5** من وعاء الأنبوب، وإذا كان الأنبوب مصمم للاشتعال في المدى **10 – 50 KV**فان التسرب الأقصى لا يتجاوز **1 (mGy/h).**

2) وحدات فوتونات الأشعة غاما الكوبالت-60 (Cobalt-60 Gamma-ray Units):

يستخدم الكوبالت-60 المشع بنشاط إشعاعي يصل الى **10000 Ci** والذي يبعث حزمتين من الإشعاع طاقتهما**1.17 – 1.33 MeV** أي ان متوسط طاقة الإشعاع تساوي **MeV1.25** كما يوضحه الشكلين التاليين (**الشكل 1-2**) و(**الشكل 1-3**):



الشكل 1-2: وحدات فوتونات الأشعة غاما كوبالت-60.

الشكل 1-3: يمثل وحدات العلاج بالأشعة غاما.

وحدة الكوبالت تستخدم حالياً بدلاً من المعجل الخطي، الذي يُمكن أن يُولّد طاقة إشعاع أعلى وما زال لها دور مفيد في بعض التطبيقات الطبية للمعالجة وهي واسعة الانتشار حول العالم، تمتاز ببساطتها ودقتها وسهولة عملها مُقارنة إلى المعجل الخطي الحديث. المصدر يجب أن يوضع في حاوية يُمكن أن تُقاوم درجات الحرارة التي من المحتمل أن تُحصَل في حالة الحريق [4].

اختبارات المسحة يَجِبُ أن تُنفَّذ حول حاوية المصدر للتأكد عن التلوُّث السطحي. ينفذ الاختبار مباشرة على سطح المصدر. يجب ان لا تتجاوز معدل جرعة الهواء **Kerma** (التسرب من المصدر الرئيس) المقدار **10 mGy/h** على بعد **متر 1** من المصدر او لا تتجاوز **200 mGy/h** على بعد **5 سنتيمتر** من الحاوية. عملية السيطرة على مصدر الاشعاع تكون مهمة ويعود المصدر الى الحاوية في نهاية التعرُّض الاشعاعي او في حالة توقف الطاقة الكهربائية. ولغرض التأكد من عدم التسرب يجب القيام باختبارات المسحة وفي فترات منتظمة هذا الاختبارات ليس من الضروري أن تُنفذ مباشرة على سطح المصدر ويُمكن أن ينفذ على السطوح التي تتصل بالمصدر أثناء عمل الأجهزة الاعتيادي [5].

السيطرة على الإشعاع النافذ في حالة الحوادث يجب ان يكون مضموناً. أي ان المصدر سَيَعُودُ إلى موقع الإغلاق (يعود إلى الدرع الواقي) في الحالات التالية:

- في نهاية الوضع الطبيعي في حالة حصول خلل وتوقف"**Off**" .
- فشل الطاقة الكهربائية أو منظومة تجهيز الضغط. يَجِبُ أن يعود المصدر إلى موقع الإغلاق **"Off"** باستعمال وسائل لإرجاع المصدر يدوياً إلى موقعة داخل الدرع.

3) العلاج بالبروتونات (Proton Beam Therapy):

الاقتراح الأول لاستخدام معالجة البروتونات كطريقة معالجة فعّالة استخدمها الباحث روبرت ويلسون في بحثه الذي نُشر **عام 1946م**. وتمت المعالجة الأولى باستخدام معجّل الجزيئات لبحوث الفيزياء في مختبر بيركلي في 1954 وفي السويد في **1957م** وفي **1961م**، حصل تعاون بين مختبر هارفارد ومستشفى

ماسوشوستس العام لمتابعة العلاج بالبروتون. وعلى مدى الـ **41 عاماً** التالية، تم **علاج 9,116 مريض** في هذا البرنامج قبل أن يغلق المعجل في **2002**م. بعد هذا العمل الرائد بُني **المستشفى الأول للمعالجة بالبروتون في الولايات المتحدة** في **1990**م في مركز **جامعة لوما ليندا الطبي** في **كاليفورنيا.** ومع ذلك ما زال استخدامه قليل جداً مقارنةً إلى الأنواع الأخرى من العلاج بالأشعة الخارجية [5].

فائدة هذا النوع من العلاج بالمقارنة مع الفوتونات، هو [5]:

الجسيمات المشحونة ترسب أغلب طاقتها في عمق معيّن داخل النسيج معتمداً على طاقة الجسيمات المشحونة ويحدث هذا الترسيب عند ما يسمى **قمّة براك (Bragg peak).**

فائدة هذا النوع من العلاج هو ترسيب أقل طاقة في النسيج الطبيعي المحيط بالورم بالإضافة إلى أن توزيع الطاقة على الورم يكون متجانساً.

في العلاج بالفوتونات فإن الجرعة تترسب على طول مسار الإشعاع وضمن مسافة قصيرة من سطح الجسم فتؤدي إلى تشعيع الأنسجة الحية كذلك.

4) العلاج بالأيونات الثقيلة (Hadron)(Heavy Ion Therapy) :

تتضمن علاج **Hadron** استعمال **البروتونات، النيوترونات، الأيونات الثقيلة**. علاج الأيونات الثقيلة يكون باستعمال جزيئات أثقل من البروتونات أو النيوترونات، مثل العلاج بنوى الكربون. أما علاج الجزيئات المشترك فيشير إلى مُعالجة الورم بأكثر من نوع واحد من علاج الجزيئات (يُستعمل كلا البروتون وأيون الكربون في العلاج). العلاج بالبروتونات والأيونات الثقيلة تمثل التقنية الواعدة لعلاج السرطان بسبب استهداف هذه الجزيئات الأورام بدقة تصل إلى أجزاء من الميليمتر. حيث يمكن استخدام حزمة نحيفة جداً من الجزيئات للمعالجة والتي يمكنها مسح الورم بشعاع الأيون الضيق في ثلاثة أبعاد [5].

بعض الأورام تقاوم علاج الفوتونات لذلك فإن الخواص الطبيعية للجزيئات يسمح لمعالجة الأورام العميقة في الجسم بجرعة تكاملية عالية إلى الورم وقليلة إلى النسيج السليم. العلاج بالجزيئات مناسب أيضاً لأورام على مقربة من الأعضاء الحساسة أو الحيوية بسبب الدقة الأعلى لطريقة المعالجة. كذلك فإن العلاج بالجزيئات يكون مفيداً لعلاج السرطان عند الأطفال. وتعتمد الجرعة النسبية التي يستلمها الورم على نوع الأيون وطاقته [5].

5) العلاج بالإلكترونات (Electron Beam Therapy):

الإلكترونات ذات الطاقة العالية في المدى **MeV 9-6** مفيدة لمعالجة الأورام السرطانية السطحية لأنها تولد جرعة منتظمة قُرب السطح، ثم تتناقص بسرعة عند النفوذ بالعمق، لذلك لا تتعرض الأنسجة الداخلية إلى الإشعاع. مدى الإلكترونات في الماء يتراوح بين **4.5-3 سنتيمتر**. طاقة الإلكترونات فوق **MeV 18** نادرة الاستعمال جداً [4].

تعريفات أخرى لأنواع العلاج الإشعاعي:

1. العلاج الإشعاعي الداخلي (Brachytherapy):

يتم العلاج الإشعاعي الداخلي بزراعة مادة مشعة بشكل دائم أو مؤقت في الورم مباشرة، أو بالقرب منه لقتل الخلايا السرطانية والذي يسمى المعالجة **الكثبية**، حيث يجرى وضع الإشعاع داخل جسم المريض [3].

تسمح المعالجة الكثبية للأطباء بتوفير جرعات أعلى من الإشعاع للمناطق الأكثر تحديدا بالجسم، مقارنة مع الشكل التقليدي للعلاج الإشعاعي (**العلاج الإشعاعي بالأشعة الخارجية**) الذي يعرض الإشعاع من جهاز خارج الجسم. ربما تتسبب المعالجة الكثبية في حدوث أثار جانبية أقل من العلاج الإشعاعي بالأشعة الخارجية، وقت العلاج بشكل أقل من المعالجة الكثبية.

تستخدم المعالجة الكثبية لعلاج أنواع عديدة من السرطان، بما في ذلك [3]:

- سرطان القناة الصفراوية
- سرطان الثدي
- سرطان عنق الرحم
- سرطان بطانة الرحم
- سرطان المريء
- سرطان العين
- سرطان الرأس والرقبة
- سرطان الرئة
- سرطان البنكرياس
- سرطان البروستاتا
- سرطان الجلد
- سرطان الأنسجة الرخوية
- سرطان المهبل

2. العلاج الإشعاعي الخارجي (Teletherapy):

في المعالجة الإشعاعية الخارجية، يجري توليد حزمة من الطاقة الإشعاعية الكهرومغناطيسية باستخدام المعجل الخطي، وتستهدف الخلايا الخبيثة في جسم المريض.
وفي أثناء هذا النوع من الإشعاع، تصدر الحزم ذات طاقة العالية من الة خارج الجسم حيث توجه الحزم إلى نقطة دقيقة من جسم المريض حيث يقوم العلاج بالإشعاع بالقضاء على الخلايا من خلال تدمير المواد الوراثية التي تتحكم في نمو وانقسام الخلايا. وبينما يجرى إتلاف الخلايا السليمة والمسرطنة على السواء، يكون هدف العلاج الإشعاعي تدمير أقل قدر ممكن من الخلايا السليمة الطبيعية. ويمكن للخلايا الطبيعية أن تقوم بعملية إصلاح بشكل أكثر للتلف الناتج عن الإشعاع، وهذا العلاج يتطلب دقة بالغة في وضع المريض على سرير العلاج الإشعاعي وذلك لتسليط الحزمة الإشعاعية بدقة متناهية على المنطقة المصابة من الجسم. وفي الغالب يتم تسليطها

من عدة اتجاهات وتستمر الجلسة الإشعاعية الواحدة لعدة دقائق ولن يشعر المريض بأي ألم على الإطلاق أثناء الجلسة من جراء الأشعة [3].

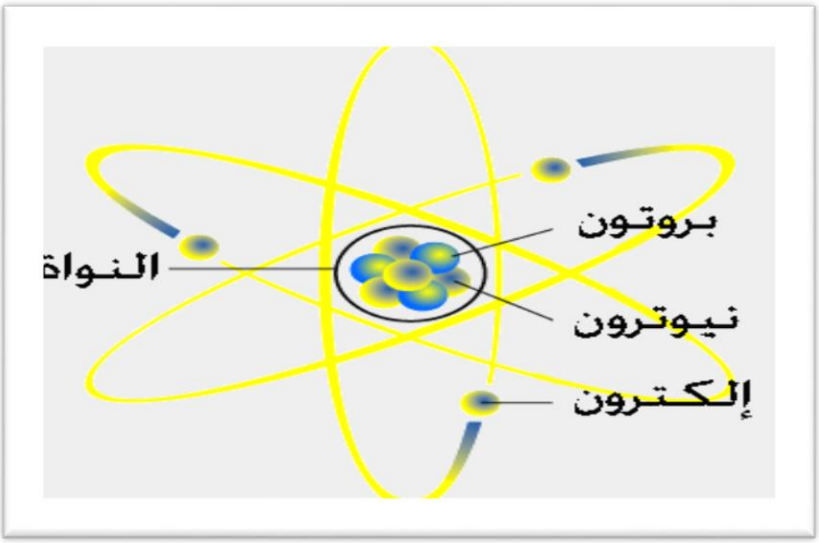
1.2 الإشعاعات المؤينة (Ionizing Radiation):

قبل تعريف الإشعاع المؤين، من المفيد أولاً وصف الذرة. فالذرات هي وحدات البناء الأساسية لجميع العناصر. ولدينا نماذج للذرة مدعومة بالقياسات العلمية [7].

1.2.1 تعريف الذرة(Atome):

يتكون العنصر من وحدات متشابهة ومتناهيه الصغر تسمى الذرات وتختلف العناصر باختلاف ذراتها. وتتركب ذرة العنصر من جسم مركزي صغير الحجم يعرف بالنواة، يدور حولها عدد من الإلكترونات وتتمركز كتلة الذرة في النواة الصغيرة التي يبلغ نصف قطرها حوالي ($10^{-13}\ cm$) [7].

تتكون الذرة من نواة واحدة، مكونة من بروتونات ونيوترونات، والعديد من الجسيمات الأصغر التي تسمى الإلكترونات. وتدور الإلكترونات عادةً حول النواة تماماً كما تدور الكواكب أو المذنبات حول الشمس. ويحدد عدد البروتونات الموجودة في نواة الذرة نوع العنصر الذي تمثله كما يوضحه الشكل التالي (**الشكل 4-1**) [8] :



الشكل 1-4: ذرة تمثيلية لذرة الليثيوم.

1.2.1.1 الإلكترون(*electron*):

عبارة عن جسيم صغير جدا تبلغ كتلته ($9.11 \times 10^{-28} g$) **غرام**، ويحمل شحنة كهربائية سالبة مقدارها ($1.6 \times 10^{-19}\ C$) **كولوم**.

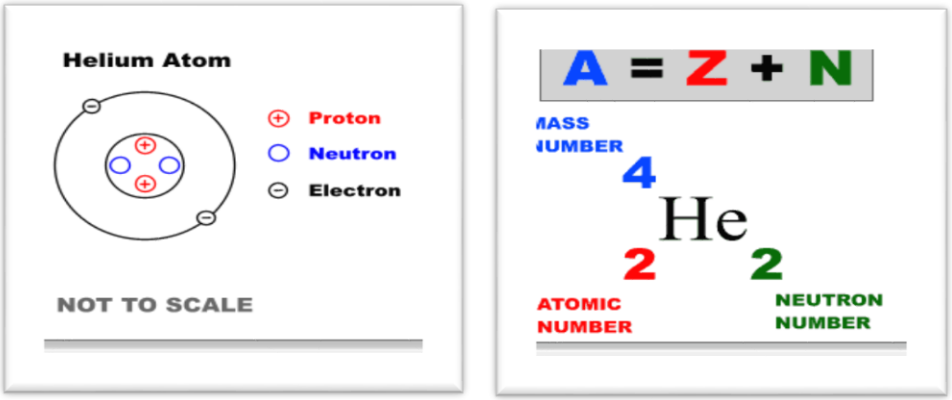
1.2.1.2 البروتون *(Proton)*:

جسم صغير تبلغ كتلته ($1.67 \times 10^{-24} g$) **غرام**، وتعتبر كتلته أكبر من كتلة الإلكترون بحوالي **1839 مرة** ويحمل شحنة كهربائية مساوية تماما لشحنة الإلكترون ولكنها موجبة.

1.2.1.3 النيترون(*Neutron*):

عبارة عن جسم متعادل الشحنة (أي لا يحمل شحنة كهربائية) وكتلته متساوية تقريباً الساكنة لكتلة البروتون والإلكترون، حيث أن النيترون **15.2 دقيقة** ثم يتفكك تلقائياً الى البروتون وإلكترون.

يُطلق على عدد البروتونات في النواة اسم **العدد الذري (Z)**، والعدد الذري هو الذي يحدد نوع العنصر. ويُرمز **لعدد النيوترونات** في النواة بالرمز **N**. أما **العدد الكتلي (A)** للنواة فيساوي مجموع العدد الذري وعدد النيوترونات **(A = Z + N)** كما هو موضح في (*الشكل1-5*). وعادةً ما تختلف كتلة النواة مقدرةً **بوحدات الكتلة الذرية (amu)** اختلافاً طفيفاً عن العدد الكتلي.



الشكل1-5: يمثل كل من العدد الذري Z، والعدد الكتلي A و عدد النيوترونات N لذرة الهيليوم.

1.2.1.4 النظائر(*Isotopes*):

تحتوي نواة العنصر الواحد على **نفس العدد من البروتونات**، إلا انها يمكن أن تحتوي على **أعداد مختلفة من النيوترونات**، ويعني هذا أن العدد الذري للعنصر الواحد **لا يتغير في حين يتغير عدده الكتلي**، ويقال في هذه الحالة أن للعنصر الواحد عدة نظائر. مثل ذرة الهيدروجين لها ثلاثة نظائر [7]:

1. **هيدروجين H** وتتكون نواته من بروتون واحد ولا تحتوي على نيوترونات ***(A=1) ، (Z=1)*** و يدور حول النواة إلكترون واحد.
2. **ديتيريوم H** وتتكون نواته من بروتون ونيوترون ***(A=2)، (Z=1)*** ويدور حول النواة إلكترون واحد.
3. **تريتيوم H** وتتكون نواته من بروتون ونيوترون ***(Z=1) ، (A=3)*** ويدور حول النواة إلكترون واحد.

1.2.1.5 طاقة الربط النووية (*Nuclear Thering Power*):

هي طاقة التي تتحرر عندما تتجمع النيكليوتيدات لتكوين النواة، أو هي الطاقة اللازمة لفصل جميع نيكليوتيدات النواة بعضها عن بعض، وعليه فإن طاقة الربط $B(^A_Z X)$ النووية لنواة عددها الكتلي A وعددها الذري Z هي [9]:

وتعطى بالمعادلة كالتالي:

$$B(^A_Z X) = [Z_{mp} + N_{mp} + M_X] \cdot C^2 \quad \text{..... (المعادلة 1)}$$

$$B(^A_Z X) = \Delta m \cdot C^2 \quad \text{..... (المعادلة 2)}$$

حيث: M_x هي الكتلة الفعلية للنواة، m_p ; m_nكتلتا البروتون والنيترون على الترتيب Nعدد النيوترونات وZ عدد البروتونات C^2 **هي سرعة الضوء في الفراغ** وتعطى وحدة طاقة الربط النووية ب: (**MeV** أو **Joule**) [9].

1.2.1.6 وحدة الكتل الذرية(*amu*) :

تُعرَّف وحدات الكتلة الذرية **(amu)** على أنها وحدة كتلة تستند إلى كتلة ذرة الكربون-12، حيث تساوي **amu 1/12** من كتلة ذرة **الكربون-12**، أي ما يقرب من $(1.66 \times 10^{-24}\ g)$ [10].

الكتلة			
الجسيم	بالكيلوجرام	بوحدة الكتل الذرية	ما يكافئها من طاقة
البروتون	1.67262×10^{-27}	1.007276	938.28
النيوترون	1.67493×10^{-27}	1.008665	939.57
الإلكترون	9.10939×10^{-31}	5.48579×10^{-4}	0.510999
ذرة هيدروجين	1.67353×10^{-27}	1.007825	938.783
نواة هليوم	6.64466×10^{-27}	4.001506	3727.38
ذرة كربون	1.99265×10^{-26}	12	11177.9

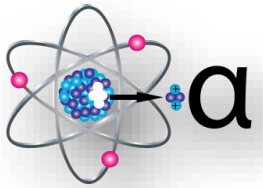
جدول1-3: يمثل وحدات الكتل لبعض الجسيمات.

1.2.2 تعريف الإشعاعات المؤينة (Ionizing Radiation):

الإشعاعات المؤينة للوسط الذي تمر فيه، هي إشعاعات ذات طاقة عالية تعمل على تأيين الوسط الذي تمر فيه بسبب اصطدام الشعاع بذرات الوسط مما يؤدي إلى طرد بعض إلكترونات الذرات وتكّون الأيونات في الوسط. من هذه الأشعة الجسيمات الأولية مثل الالكترونات والبروتونات والنيوترونات وأشعة ألفا التي هي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم. كما توجد بين الأشعة الكهرومغناطيسية أنواع تتميز بطاقة عالية، فوق عدة (eV) مثل الأشعة السينية وأشعة غاما تتسبب في تأين الوسط الذي تمر فيه مثل الغازات والسوائل والمواد الصلبة، وأجسام الكائنات الحية. ولهذا فان الإشعاعات المؤينة ضارة بالصحة إذا تعدت كميتها حدودا معينة. وهذا يحتم عدم الإسراف في الكشف الطبي بالأشعة السينية [7].

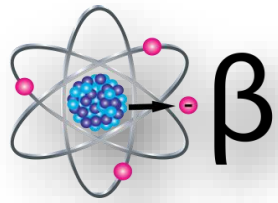
الإشعاع المؤين هو طاقة تُحمل بواسطة عدة أنواع من الجسيمات والأشعة المنبعثة من المواد المشعة، وأجهزة الأشعة السينية، وعناصر الوقود في المفاعلات النووية. ويشمل الإشعاع المؤين جسيمات ألفا، وجسيمات بيتا، والأشعة السينية، وأشعة غاما [11].

1. **جسيمات ألفا (α):** يتكون جسيم ألفا من بروتينين ونيوترونين مرتبطين بإحكام، ينبعث هذا الجسيم من نواة بعض النويات المشعة من خلال أحد أشكال الاضمحلال الإشعاعي، يطلق عليه اضمحلال ألفا، ويعد جسيم ألفا مطابقا لذرة الهيليوم (**الشكل 1-6**) [12].



الشكل 1-6: يمثل اضمحلال ألفا.

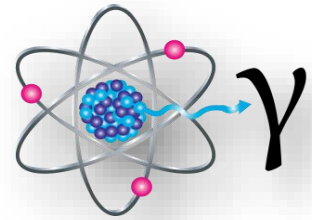
2. **جسيمات بيتا (β):** هو عبارة عن إلكترون ذات سرعة عالية ينبعث بواسطة نواة عنصر مشع أثناء عملية اضمحلال بيتا .)



الشكل 1-7) [12].

الشكل 1-7: يمثل اضمحلال بيتا.

3. **جسيم غاما (γ):** هي عبارة عن أشعة غاما والتي تكون عبارة عن فوتونات ذات طاقة عالية تنبعث نواة بنت للمادة المشعة (**الشكل 1-8**) [13].



الشكل 1-8: يمثل اضمحلال غاما.

4. **النيوترونات (Neutrons):** تعد النيوترونات من المكونات الأساسية للنواة في الذرة وهي جسيمات متعادلة كهربائيا ما يمكنها من المرور عبر مجالات كهربائية دون عوائق داخل الذرة، ما يمكنها كذلك من التفاعل مع المادة باصطدامات نادرة من النوى الذرية ولا تتأين بطريقة غير مباشرة مع المادة [14].

5. **الأشعة السينية (X-Rays):** تعد نوعا من الإشعاع الكهرومغناطيسي، وهي تنتج صوراً تتراوح بين الأسود والأبيض والرمادي، وذلك لأن أنسجة الجسم المختلفة تمتص الإشعاع بدرجات متفاوتة [15] .

كما هو موضح في الشكل المقابل (**الشكل 1-9**):

الشكل 1-9: يمثل تصوير مقطعي بالأشعة السينية.

1.3 تفاعلات المادة مع الإشعاع (Interaction of Radiation with Matter):

تتفاعل الإشعاعات المؤينة وغير المؤينة مع المواد؛ أي أن الإشعاع يفقد طاقته الحركية لأي مادة صلبة أو سائلة أو غازية يمر من خلالها عبر آليات متنوعة، وقد يكون انتقال الطاقة إلى الوسط بواسطة الإشعاع الكهرومغناطيسي أو الجسيمي كافياً للتسبب في تكوين الأيونات، وتسمى هذه العملية بـ التأين. وبالمقارنة

مع أنواع الإشعاع الأخرى التي قد تُمتص، مثل موجات الراديو أو إشعاع الميكروويف، فإن الإشعاع المؤين يودع كمية كبيرة نسبياً من الطاقة في حجم صغير [16].

1.3.1 خصائص الإشعاع المنبعث (Emission Characteristics):

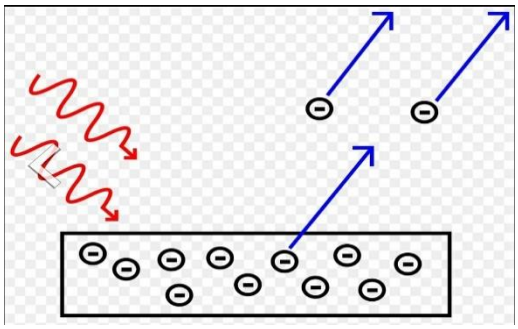
a) **انبعاث ألفا**: في انبعاث ألفا، **يُبعث جسيم ألفا المكون من بروتونين ونيوترونين**، مما يؤدي إلى انخفاض العدد الكتلي بمقدار أربعة وتقليل العدد الذري بمقدار اثنين، وبذلك تتحول الذرة الأم إلى عنصر مختلف. وجسيم ألفا مماثل لنواة **الهيليوم** التي تتكون من نيوترونين وبروتونين، وينتج عن التحلل الإشعاعي لبعض العناصر الثقيلة مثل **اليورانيوم، والبلوتونيوم، والراديوم، والثوريوم، والرادون**. وتتمتع جميع جسيمات ألفا المنبعثة من نظير مشع معين بنفس الطاقة، ومعظم جسيمات ألفا التي يُحتمل العثور عليها تمتلك طاقات تتراوح ما بين **4 إلى 8 ميجا إلكترون فولت(MeV)** ، اعتماداً على النظير الذي نشأت منه [16].

b) **انبعاث بيتا**: جسيم بيتا **(β)** هو **إلكترون** عالي السرعة يُقذف من نواة متفككة. قد يكون الجسيم إما إلكتروناً سالباً يُعرف باسم **"النيجاترون(-β) "**، أو إلكتروناً موجباً يُعرف باسم **"البوزيترون " (+β)**وعلى الرغم من أن التعريف الدقيق لـ **"انبعاث بيتا"** يشير إلى كل من **(-β)** و**(+β)**، إلا أن الاستخدام الشائع للمصطلح ينطبق عموماً على الجسيم السالب فقط، وذلك لتمييزه عن انبعاث **البوزيترون** الذي يشير إلى جسيم **(+β)** [16].

c) **انبعاث غاما**: غالباً ما يترك التحلل الإشعاعي عن طريق انبعاث **ألفا، أو بيتا، أو البوزيترون، أو التقاط الإلكترون**، بعض الطاقة الناتجة عن هذه التغيرات داخل النواة. ونتيجة لذلك، ترتفع النواة إلى مستوى **"مثار"**. ولا يمكن لأي من هذه النوى المثارة أن تبقى في حالة الطاقة العالية هذه، فتطلق النوى هذه الطاقة لتعود إلى الحالة الأرضية (**المستقرة**) أو إلى أدنى مستوى طاقة مستقر ممكن. وتكون الطاقة المنبعثة على شكل **أشعة غاما (فوتونات عالية الطاقة)**، وتكون طاقتها مساوية لمقدار التغير في حالة طاقة النواة [16].

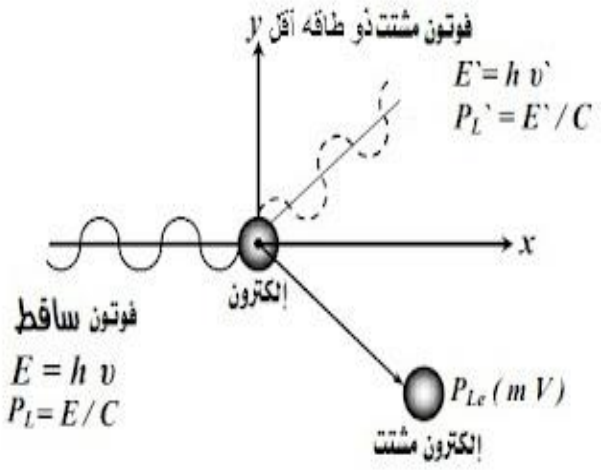
1.3.2 الأليات الأساسية لتفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية مع المادة:

a) **الظاهرة الكهروضوئية (Photoelectric Eff):** هي عملية يتم بها انبعاث الإلكترونات من الأجسام الصلبة عند امتصاص الطاقة من الضوء. ولما كان التيار الكهربائي عبارة عن سيل من الإلكترونات، سميت بظاهرة انتزاع الإلكترونات بواسطة الضوء بالظاهرة الكهروضوئية (الشكل *1-10*) [17].



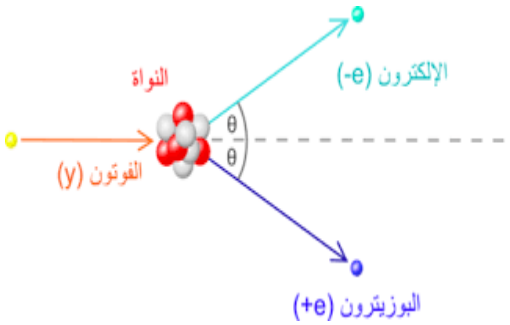
الشكل 1-10: يمثل الظاهرة الكهروضوئية.

b) **ظاهرة كومبتون (Compton Eff):** تحدث ظاهرة **كومبتون** عندما تقع طاقة الفوتون الابتدائية في المدى **(Mev0.1 – 10)** ميغا الكترون فولت، وعندما تكون طاقة ربط الالكترون بالذرة قليلة مقارنة بطاقة الفوتون الساقط فمن الممكن اعتبار ذلك الالكترون حراً. فعند تصادم فوتون بإلكترون حر أو غير مرتبط بإحكام بالذرة سوف ينتقل قسم من طاقة **الفوتون** إلى ذلك **الالكترون** المشتت، اما القسم الباقي من الطاقة فيحمله الفوتون المنحرف باتجاه مختلف، لذا فإن الطاقة الحركية للإلكترون المشتت تساوي طاقة الفوتون الساقط مطروحاً منها طاقة الفوتون المنحرف (**الشكل 1-11**) [18].



الشكل 1-11: يمثل ظاهرة كومبتون.

c) **ظاهرة إنتاج الأزواج (إلكترون-بوزيترون) (Pair prod):** عندما يقترب الفوتون من مجال النواة قد يختفي ويظهر بدلاً منه **الزوج الإلكتروني** (e^- ، e^+) وكي يحدث هذا التفاعل لا بد من توافر الطاقة اللازمة لخلق الزوج الإلكتروني على الأقل ومن ثم فإن شرط حدوث هذا التفاعل أن تكون طاقة أشعة γ أكبر من أو تساوي **الكتلة السكونية** للزوج معا ($2m_0c^2$ = **2.Mev1.02**) (**الشكل 1-12**) [19].



الشكل 1-12: ظاهرة إنتاج إلكترون-بوزيترون.

1.4 السرطان (Cancer):

1.4.1 تعريف السرطان:

ما هو السرطان: هو مصطلح طبي يشمل مجموعة واسعة من الأمراض التي تتميز بنمو غير طبيعي للخلايا التي تنقسم بدون رقابة، ولديها القدرة على اختراق الأنسجة وتدمير أنسجة سليمة في الجسم، وهو قادر على الانتشار في جميع أنحاء الجسم. [20]

ينجم السرطان عن خلل في المادة الوراثية الجينية **(DNA)** التي تعتبر الجزء المسؤول عن نمو الخلايا وتكاثرها، فخلايا جسم الإنسان تتكاثر بشكل منتظم وبطيء، لكن في حالة سرطان يحدث خلل في المادة الوراثية **(DNA)**، مما يؤدي إلى تسارع زائد في نموها وانتشارها، ومن المعروف أن الخلايا السرطانية بعكس خلايا الجسم الأخرى، وإنما تستنزف طاقاته وإمكاناته [21].

1.4.2 أنواع السرطانات الأكثر انتشارا (Most Common Types of Cancer):

- **سرطان الثدي:** يُعتبر سرطان الثدي أكثر أنواع السرطان انتشاراً ومن أكثرها خطورة، حيث يُقدر أن واحدة من كل **8** نساء سوف تعاني من سرطان الثدي، في أحد مراحل حياتها، وتتضمن بعض أعراضه ظهور كتلة قاسية أو زيادة في سمك الثدي أو أسفل الإبط وتغير في حجم وشكل الثدي، مع خروج إفرازات مفاجئة من حلمة الثدي تحتوي على الدم، أو تخرج من ثدي واحد فقط وألم مستمر في الثدي وغيرها.
- **سرطان الرئة:** يعد سرطان الرئة من أهم أسباب الوفاة على مستوى العالم، إذ يمثل **17** بالمئة من إجمالي الوفيات الناجمة عن الإصابة بالسرطان، ويبلغ عدد هؤلاء **1.2** مليون نسمة يتوفون نتيجة لهذا النوع، بحيث أنه مرض شديد الفتك فنجد أقل من **1** من بين **10** يشخص المرض لديهم، يعيشون خمس سنوات أخرى في معظم البلدان وفي الولايات المتحدة ذاتها والتي تمتلك أفضل النتائج العلاجية، وهناك علاقة تربط بين التدخين وسرطان الرئة، وفي أغلب الأحوال يشخص سرطان الرئة في مرحلة متأخرة نسبياً من العمر، فيعكس استهلاك أعداد كبيرة من السجائر على مدى ما يزيد عن نصف قرن في معظم الحالات.
- **سرطان الرحم:** يتكون السرطان في الخلايا **(CELLS)**، والخلايا هي الوحدات التركيبية التي تشكل الأنسجة هي التي تشكل أعضاء الجسد، تنمو الخلايا الطبيعية وتنقسم لتكون خلايا جديدة وفقاً لحاجة الجسم إليها، وعندما تشيخ الخلايا أو تدمر أو تموت تحل محلها الخلايا الجديدة، وفي بعض الأحيان يختل سير هذه العملية فتتكون خلايا جديدة رغم عدم حاجة الجسم إليها، ولا تموت الخلايا القديمة كما ينبغي لها، وهذه الخلايا الزائدة تشكل كتلة من النسيج تسمى بالورم **(TUMOR)**، ويمكن للورم أن يكون حميداً **(BENIGN)**، أو خبيثاً **(MALIGNANT)**، وهذه الأخيرة هي التي تشكل خطراً على الحياة عادة ما يتم إزالتها، ولكنها تعاود النمو أحياناً كما يمكنها إصابة الأنسجة والأعضاء القريبة منها، والتسبب في إتلافها مثل المهبل.
- **سرطان البروستاتا:** هذا المرض الخطير هو أكثر أنواع المرض الخبيثة حدوثاً للرجل، خصوصاً بعد سن الخامسة والأربعين كما نسبة حدوثه في ازدياد مطردة في السنوات الأخيرة، وقد يكون ذلك راجعاً إلى أن متوسط أعمار الرجل تنحوا الآن نحو الزيادة، وذلك للتقدم الملموس في العلوم الطبية وطرائق العلاج بالنسبة لأمراض الشيخوخة، إن الورم السرطاني في الفصوص الخلفية من البروستاتا، وما تزال الأسباب التي تؤدي إلى حدوث هذا الورم الخبيث بالبروستاتا مجهولة تماماً وغير واضحة، كما هو الحال في مسببات أغلب الأورام الحديثة الأخرى، إلا أن هذا النوع من
- السرطان يعتمد اعتماداً كلياً في وجوده وانتشاراته وتأثيراته المختلفة، على نسبة الهرمون الذكري **ANDROGENS** في جسم الإنسان.
- **سرطان الجلد:** هذا النوع من السرطان قابل للشفاء في أطواره الأولى ويتخذ أشكالاً متعددة بظهور على شكل أسود أو بني، وقد يظهر بمحل جرح غير ملتئم بعد مرور ثلاثة أسابيع. بعد الإصابة، أكثر أنواعه انتشاراً هو سرطان الخلايا القاعدية وسرطان خلايا البشرة، يكون العلاج إما بالتدخل الجراحي أو بالأشعة العميقة أو الراديو، وتكون الوقاية منه بالمحافظة على نظافة الجلد وعدم تعرضه للمواد المهيجة.
- **سرطان المبيض:** يصيب سرطان المبيض النساء عادة بعد سن اليأس وانقطاع الحيض، مع أنه يمكن أن يحصل في سن أبكر من ذلك. ومن خصائص هذا النوع من السرطان سرعة التطور والامتداد، وفي أدواره الأولى لا يحدث أي علامات أو عوارض.

- **سرطان الجهاز الهضمي:** الجهاز الهضمي **(digestive system)** هي الأعضاء التي تحصل على الأطعمة وتحولها إلى منتجات يمكن للجسم استخدامها ليحافظ على صحته، أما عن الفضلات التي لا يمكن للجسم استخدامها فإنها تغادر الجسم خلال حركة الأمعاء أو التغوط. ويشمل الجهاز الهضمي الفم، وقصبة المريء، والمعدة، والكبد، والبنكرياس، والمرارة، والأمعاء الدقيقة والغليظة والمستقيم [22].

1.5 التقنيات المستعملة في العلاج الإشعاعي (Techeniques Used in Radiotherapy):

- **العلاج الإشعاعي ثلاثي الأبعاد (3D-CRT):** لقد حل العلاج الإشعاعي ثلاثي الأبعاد **3D**المعتمد على **التصوير المقطعي (CT)** محل العلاج الإشعاعي ثنائي الأبعاد **2D** الذي كان يستخدم حقولاً مستطيلة بناءً على صور الأشعة السينية العادية بشكل كبير؛ حيث يتيح التصوير المقطعي تحديداً دقيقاً لموقع الورم وهياكل الأعضاء السليمة والحيوية، وذلك لضمان التوجيه الأمثل للحزمة الإشعاعية وتصميم الدروع الواقية يهدف هذا النوع من العلاج إلى إيصال الإشعاع إلى حجم الورم الظاهر**(GTV)** ، مع إضافة هامش للامتدادات الورمية المجهرية يُسمى حجم الهدف الإكلينيكي **(CTV)**، وهامش إضافي لتغطية حالات عدم اليقين الناتجة عن حركة الأعضاء واختلافات وضعية المريض أثناء التحضير، ويُسمى حجم هدف التخطيط **(PTV)**.
- **تقنية العلاج الإشعاعي ذو الشدة المعدلة (IMRT):** يتيح العلاج الإشعاعي ذو الشدة المعدلة **(IMRT)** لأخصائي أورام الإشعاع إنشاء جرعات إشعاعية غير منتظمة الشكل تتوافق مع شكل الورم، مع تجنب الأعضاء الحيوية في الوقت ذاته. أصبح هذا النوع من العلاج ممكناً من خلال:

  أ) برمجيات التخطيط العكسي (Inverse Planning).

  ب) التحكم الحاسوبي في تعديل شدة الحزم الإشعاعية المتعددة أثناء العلاج.

  تتوفر تقنية **(IMRT)** حالياً في العديد من الأقسام الإكلينيكية، ويمكن تقديمها عبر المسرعات الخطية المزودة بموازنات متعددة الوريقات **(Multi-leaf collimators)** الساكنة أو المتحركة، أو عبر أجهزة العلاج المقطعي **(Tomotherapy)**. وقد أدى ذلك إلى تحسين المؤشر العلاجي **(Therapeutic ratio)** لعدة أنواع من الأورام، مثل سرطانات الرأس والرقبة، وسرطان البروستاتا، والسرطانات النسائية.
- **تقنية العلاج الإشعاعي الموجه بالصور (IGRT):** بما أن هوامش العلاج أصبحت أكثر ضيقاً وتوافقاً مع حجم الورم، تزداد احتمالية عدم إصابة الورم بالإشعاع بسبب حركة الأعضاء واختلافات وضعية المريض عند التحضير. وعندما تكون الهياكل الحيوية قريبة من الورم، فإن أي خطأ طفيف في الوضعية قد يؤدي أيضاً إلى تشعيع غير مقصود للأعضاء السليمة.

  يتيح نظام **(IGRT)** الكشف عن مثل هذه الأخطاء من خلال المعلومات التي يتم الحصول عليها عبر تصوير ما قبل العلاج الإشعاعي، مما يسمح بإجراء التصحيحات اللازمة. أحد الأمثلة على ذلك هو استخدام الأشعة المقطعية بالحزمة المخروطية **(Cone-beam CT)** بشكل يومي قبل كل جلسة علاجية، لقد جعلت هذه الدقة المحسّنة من تصعيد الجرعة أمراً ممكناً، مما أدى إلى تحسين المؤشر العلاجي لعدة أنواع من الأورام، مثل سرطانات الرأس والرقبة وسرطان البروستاتا.

- **التقنية العلاج الإشعاعي التجسيمي للجسم (SBRT):** لقد مكنت التطورات التكنولوجية المذكورة أعلاه من تطبيق تقنية **(SBRT)**، التي تعمل على إيصال جرعات إشعاعية فردية عالية جداً بدقة متناهية خلال عدد قليل من الجلسات العلاجية فقط، وذلك لاستئصال **(Ablate)** الأورام الأولية الصغيرة والمحددة بوضوح، وكذلك الأورام النقلية المحدودة **(Oligometastatic)** في أي مكان بالجسم، ونظراً لجرعة الإشعاع العالية، فمن المحتمل أن تتعرض أي أنسجة ملاصقة للورم مباشرة للتلف؛ ومع ذلك، وبما أن كمية الأنسجة الطبيعية في منطقة الجرعة العالية صغيرة وغير حيوية، فإن السمية الإكلينيكية ذات الأهمية تظل منخفضة. وقد أظهرت تقنية **(SBRT)** نتائج ممتازة في علاج سرطان الرئة ذو الخلايا غير الصغيرة في مراحله المبكرة لدى المرضى غير المؤهلين للجراحة. وتشمل الأورام الأخرى التي تُعالج بها: البروستاتا، الرأس والرقبة، الكبد، الكلى، النقائل المحدودة، العمود الفقري، والبنكرياس [23] .

1.6 الأجهزة المستعملة في العلاج الإشعاعي (Equipment Used in Radiotherapy):

1- **المفراس-والتصوير بالإصدار البوزيتروني (PET-CT):** إنّ تقنية التصوير بالمفراس-الإصدار البوزيتروني هو فحص تشخيصي متطور يستخدم في تشخيص، وتحديد مراحل، وتقييم الاستجابة للعلاج (**الشكل 1-13**) [24].

الشكل 1-13: جهاز التصوير البوزيتروني.

2- جاما كاميرا (Gamma Kamera): تحوّل جاما كاميرا الفوتونات المنبعثة من النوكليدات المشعة في جسد المريض الى أثر وبالتالي اشارة فولتية. يتم استخدام هذه الاشارة لإنتاج صورة لتوزيع النوكليدات المشعة (**الشكل 1-14**) [24].

الشكل 1-14: جهاز غاما كاميرا.

3- جهاز تصوير الثدي الشعاعي الإلكتروني (التمثيل المقطعي): إن جهاز تصوير الثدي الشعاعي-التمثيل المقطعي المستخدم، هو أول نظام يقلل نسبة الاشعاع التي يتعرض لها المريض بنسبة **30%** دون التضحية بنوعية التصوير (**الشكل 1-15**) [24].

الشكل 1-15: يمثل جهاز تصوير الثدي الشعاعي الإلكتروني.

4- الرنين المغناطيسي (MRI): التصوير بالرنين المغناطيسي نوع من التصوير يتم استخدامه لفحص التراكيب التشريحية واكتشاف الاختلافات بين الأنسجة السليمة والمريضة باستخدام الموجات الراديوية في مناطق مغناطيسية معينة (**الشكل 1-16**) [24].

الشكل 1-16: جهاز الرنين المغناطيسي.

5- **المفراس (CT):** إنّ المفراس طريقة تشخيص شعاعية لإظهار التصوير المقطعي لمناطق الجسم المعنية باستخدام الأشعة السينية. وقد تخلصت هذه الطريقة من التراكب الموجود في التصوير الشعاعي التقليدي. تكون الصور الناتجة عن هذه الطريقة أوضح بكثير من صور الأشعة السينية (**الشكل 1-17**) [24].

الشكل 1-17: جهاز التصوير المقطعي المعنية باستخدام الأشعة السينية.

6- **تخطيط الصدى (السونار):** وهي طريقة تُستخدم في مراحل قبل التشخيص لأمراض كثيرة باستخدام الأشعة فوق السمعية؛ وعلى كل حال، فهي طريقة أكثر فاعلية في فحص الأعضاء الموجودة في مواضع يمكن للموجات الصوتية الوصول اليها بسهولة، كالأعضاء الواقعة في التجويف البطني.

يتم استخدام هذه الطريقة للكشف عن أمراض متنوعة في الجسم والكثافة المتباينة للأنسجة (**الشكل 1-18**) [24].

الشكل 1-18: جهاز السونار.

1.7 الخاتمة:

يُعد العلاج الاشعاعي من أكثر الوسائل العلاجية فاعلية في محاربة السرطان، سواء تم استخدامه بمفرده أو ضمن خطة علاجية تشمل الجراحة والعلاج الكيماوي. ومع التقدم المستمر في تقنيات العلاج الاشعاعي، أصبح من الممكن تحقيق نتائج أكثر دقة مع تقليل الأضرار على الأنسجة السليمة، مما يزيد من فرص الشفاء ويحسن جودة حياة المرضى. العلاج الاشعاعي هو أحد الطرق الفعالة في علاج الأورام السرطانية والحميدة، حيث يستخدم أشعة عالية الطاقة مثل الأشعة السينية أو البروتونات لتدمير الخلايا السرطانية أو تقليل حجم الورم. يعمل العلاج الاشعاعي عن طريق إتلاف الحمض النووي للخلايا السرطانية، مما يؤدي إلى توقفها عن النمو والانقسام. يتم استخدام هذا العلاج بشكل منفرد أو بالتزامن مع العلاج الكيماوي والجراحة لتحقيق أفضل النتائج الممكنة [25].

الفصل الثاني:

الحماية من الإشعاع وضمان الجودة

(*Radiation Protection and Quality Assurance*) .

2.1 مقدمة:

الوقاية من الإشعاع هو علم حماية الإشعاع من تأثير الأشعة المؤينة سواء كانت جسيمات أولية أو أشعة كهرومغناطيسية، وقد انصبت نتائج ذلك العلم الذي يجمع بين الفيزياء والطب في تعليمات ووصايا متفق عليها عالميا، وتقوم كل دولة بوضعها ضمن قوانينها بغرض الوقاية من الإشعاع. ويتحتم على العالمين في المجالات العلمية والصناعية وكذلك الأطباء المختصين بالتعامل مع المواد وضمان جودة الأجهزة المصدرة للأشعة المؤينة اتباع تلك الوصايا والقوانين، من أجل الحفاظ على صحتهم وسلامتهم، وكذلك سلامة المرضى الذي يعالجون بواسطة الإشعاع والنظائر المشعة [26].

يتمثل الغرض من تنظيم التكنولوجيا الطبية في ضمان جودة الأدوية وسلامتها وفعاليتها وفي حالة الأجهزة الطبية يتمثل في سلامة هذه الأجهزة وفعاليتها وادائها، وتوضع التدابير التنظيمية ويتم انفاذها لضمان أن تكون المنتجات التي يتم اعطاؤها للمرضى مأمونة وفعالة وذات جودة مقبولة [27].

2.2 الحماية من الإشعاع (Radiation Protection):

2.2.1 تعريف:

يشير مصطلح الحماية من الإشعاع الى تطبيق ممارسات للحد من تعرض المرضى والعاملين والجمهور للإشعاع، والهدف الأساسي من الحماية من الإشعاع هو تقليل مخاطر الضرر من خلال ضمان أن تكون أي جرعة يتم تلقيها مبررة وأن تكون **"أقل ما يمكن عملياً"(ALARAP)** [28].

2.2.2 المبادئ الأساسية للحماية من الإشعاع في مجالات التعرض الطبي (Principales of Basic Radiation Protection):

يوجد ثلاث مبادئ لنظام الوقاية الإشعاعية التي وضعتها اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع:

- **مبدأ التبرير (Justification Principale):** يجب أن يحقق أي قرار يغير وضع التعرض للإشعاع نفعاً أكبر من الضرر الذي قد يسببه، وهذا يعني أنه عند إدخال مصدر إشعاعي جديد، أو خفض التعرض الحالي، أو تقليل مخاطر التعرض المحتمل، لذلك ينبغي تحقيق فائدة كافية للأفراد أو المجتمع تعوض الضرر الذي قد ينجم عن ذلك [29].
- **مبدأ التحسين (Optimisation Principale):** يجب الإبقاء على احتمالية التعرض للإشعاع، وعدد الأشخاص المعرضين، وقيمة جرعاتهم الفردية مع مراعاة العوامل الاقتصادية والاجتماعية، وهذا يعني أن مستوى الحماية يجب أن يكون الأفضل في ظل الظروف السائدة، بما يضمن تحقيق أكبر قدر من النفع مقابل الضرر. ولتجنب النتائج غير العادلة لعملية التحسين هذه، يجب وضع قيود على الجرعات أو المخاطر التي يتعرض لها الأفراد من مصدر معين (قيود الجرعات أو المخاطر، والمستويات المرجعية) [29] .
- **مبدأ حدود الجرعة (Dose Limites):** يجب ألا يتجاوز إجمالي الجرعة التي يتلقاها أي فرد من المصادر الخاضعة للتنظيم في حالات التعرض المخطط لها (باستثناء التعرض الطبي للمرضى) الحدود المناسبة التي أوصت بها اللجنة[29] .

ما معنى مبدأ "ALARA"؟

تتطلب العديد من المهن في المجالات الطبية والصناعية والبحثية استخدام الإشعاع المؤين لإتمام المهام الأساسية بفعالية، ولكن التعرض لهذا الإشعاع قد يشكل خطراً على هؤلاء العاملين بمرور الوقت إذا لم يتم مراقبته. لذلك، وُضع مبدأ الوقاية من الإشعاع المعروف باسم **"ALARA"** للحفاظ على مستويات

الإشعاع عند أدنى حد ممكن لكل من الموظفين والمرضى على حد سواء. يُعد **ALARA** المبدأ التوجيهي للسلامة الإشعاعية، والغرض الأساسي منه هو حماية صحة الموظفين وإرساء بيئة عمل آمنة. ونظراً لأن الإشعاع غير مرئي للعين البشرية، ولكنه قد يكون ضاراً عند التعرض له بمستويات عالية، فمن الضروري إبقاء التعرض الإشعاعي عند أدنى مستوى ممكن. ولتحقيق ذلك، تنقسم بروتوكولات السلامة في **ALARA** إلى ثلاث خطوات بسيطة (الزمن، المسافة والوقت) (**الشكل 2-19**) [30].

2.2.3 فئات التعرض (Categories of Exposure): تنقسم فئات التعرض الى ثلاث حالات:

- **التعرض المهني (Occupationnel Exposure):** يُعرَّف التعرض المهني بأنه كل تعرض إشعاعي يتعرض له العاملون نتيجة عملهم. وتحصر اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع **(ICRP)** استخدام مصطلح "التعرض المهني" على حالات التعرض الإشعاعي التي تحدث أثناء العمل نتيجة مواقف يمكن اعتبارها منطقياً ضمن مسؤولية الإدارة التشغيلية، ويتحمل صاحب العمل المسؤولية الرئيسية عن حماية العاملين [31] .
- **تعرض الجمهور (Public Exposure):** يشمل تعرض الجمهور كافة أنواع التعرض الإشعاعي التي يتعرض لها الأفراد بخلاف التعرض المهني والتعرض الطبي للمرضى. يحدث هذا التعرض نتيجة مجموعة متنوعة من المصادر الإشعاعية. ويُعد المكون الناتج عن المصادر الطبيعية هو الأكبر على الإطلاق في تعرض الجمهور، ولكن هذا لا يبرر تقليل الاهتمام بالتعرضات الأصغر الناتجة عن المصادر الاصطناعية التي يسهل التحكم فيها بشكل أكبر. وتُعتبر التعرضات المضغة والجنين للعاملات الحوامل وتُنظم على أنها تعرضات للجمهور [31] .
- **التعرض الطبي للمرضى (Medical Exposure of Patients):** تحدث حالات تعرض المرضى للإشعاع في الإجراءات التشخيصية، والتداخلية، والعلاجية. وهناك عدة سمات للممارسات الإشعاعية في الطب تتطلب نهجاً يختلف عن الحماية الإشعاعية في حالات التعرض المخطط لها الأخرى؛ فالتعرض هنا يكون متعمداً وللفائدة المباشرة للمريض. لذا، فإن تطبيق هذه التوصيات على الاستخدامات الطبية للإشعاع يتطلب إرشادات منفصلة [31].

2.2.4 الطرق الأساسية للحماية من الإشعاع (Basic Radiation Protection Methods):

- **الوقت (Time):** بالنسبة للأشخاص الذين يتعرضون للإشعاع بالإضافة إلى إشعاع الخلفية الطبيعي، يؤدي الحد أو التقليل من وقت الإشعاع إلى تخفيف الجرعة من مصدر الإشعاع [32].
- **المسافة (Distance):** وتماماً كما تقل الحرارة من النار عندما تنتقل بعيداً عنها، تنخفض جرعة الإشعاع بشكل كبير مع زيادة المسافة بينك وبين المصدر [32].
- **التدريع (Shielding):** توفر حواجز الرصاص أو الباطون (الخرسانة) أو الماء الحماية من اختراق أشعة جاما والأشعة السينية. وهذا هو السبب الذي يؤدي إلى تخزين بعض المواد الإشعاعية تحت الماء أو في الباطون (الخرسانة) أو الغرف المبطنة بالرصاص، والسبب الذي يؤدي أطباء العلاج الإشعاعي إلى وضع قوالب ودروع من الرصاص على المرضى الذين يتلقون الأشعة السينية. ولذلك، سوف يؤدي وضع الدرع المناسب بينك وبين مصدر الإشعاع إلى تخفيف كبير للجرعة أو إزالتها تماماً [32].

الشكل 2-19: يمثل الطرق الأساسية للحماية من الإشعاع.

2.3 الكميات ومقاييس الجرعات الإشعاعية (Radiation Quantities and Dosimetry):

يقيس العلماء الإشعاع بطرق مختلفة. ففي بعض الأحيان، يقيسون الجرعة التي يتلقاها الشخص من مصدر مشع، وفي أحيان أخرى يقيسون كمية النشاط الإشعاعي في الماء أو التربة أو الهواء. وتُجرى هذه القياسات لتحديد ما إذا كانت هناك حاجة إلى اتخاذ إجراءات وقائية.

2.3.1 التعرض (Exposure):

يعتبر التعرض من وجهة النظر التاريخية هو أكثر الكميات أهمية، ويمكن قياسه فقط بالنسبة لأشعة جاما والأشعة السينية ويتم القياس غالباً في الهواء. في **عام 1896** وبعد اكتشاف **أشعة رونتجين (الأشعة السينية)** لاحظ **رونتجين** أن هذه الأشعة قادرة على إحداث تأين في الغازات. وقد كانت هذه الملاحظة هي بداية تصميم جهاز قياس يعتمد على القابلية لتوليد شحنات كهربائية في قياس شدة الإشعاع [33] .

- وحدة التعرض = **1 كولوم لكل كيلوجرام هواء.**
- وحدة التعرض= **1 الرونتجين واحد يعادل امتصاص طاقة مقدارها 87.7 إرج لكل جرام من الهواء.**

2.3.2 النشاط الإشعاعي (Radioactivity):

هو انبعاث الإشعاع المؤين الناتج عن تحلل نواة الذرة المشعة. ويُشير النشاط إلى معدل التحلل الإشعاعي (عدد التفككات في وحدة الزمن) الناتج عن كمية معينة من المادة المشعة. ويمكن أن يكون الإشعاع المؤين المنبعث على شكل جسيمات ألفا، أو جسيمات بيتا، أو أشعة غاما. وتختلف أنواع الإشعاع المؤين في قدرتها على إلحاق الضرر بالأنسجة البشرية. [34]

يُقاس النشاط الإشعاعي للمادة بوحدة **البيكريل (Bq، وحدة دولية)** ووحدة الكوري **(Ci، وحدة أمريكية)**. ولأن الكوري وحدة كبيرة، تُعرض نتائج النشاط الإشعاعي عادةً بوحدة **البيكوكوري (pCi)**. **البيكوكوري** هو جزء من **تريليون من الكوري**. وكلما زاد الرقم، زادت كمية الإشعاع المنبعث من المادة [34].

2.3.3 قانون الامتصاص الخطي (Linear Absorption Law):

ويعرف بـ**قانون بير-لامبرت** (المعروف أيضاً باسم قانون بير) هو علاقة تربط بين توهين الضوء أو الشعاع أثناء مروره عبر مادة ما. وتعطى هذه العلاقة كما يلي [35] :

$$I(x) = I_0 \cdot e^{-\mu x} \quad \text{.....(المعادلة 3)}$$

حيث:

$I(x)$: شدة الإشعاع النافذة من طرف المادة ووحدتها 1 واط لكل 1 مترمربع.

I_0: شدة الإشعاع الابتدائية (الساقطة على المادة) ووحدتها 1 واط لكل 1 متر مربع.

μ: معامل الامتصاص الخطي هو ثابت يصف (نسبة) الفوتونات الساقطة التي يتم توهينها في حزمة أحادية الطاقة لكل وحدة سمك من المادة.

x : سمك المادة.

2.3.4 الجرعة الممتصة (Absorbed Dose):

هي كمية الطاقة المترسبة لكل وحدة كتلة في جسم أو شخص. ووحدات قياس الجرعة الممتصة هي غراي (**Gy، وحدة دولية**) وراد (**rad، وحدة أمريكية**) [34] .

امثلة:

- تبلغ الجرعة التي تتعرض لها عدسة العين من فحص التصوير المقطعي المحوسب للدماغ حوالي **60 ملي غراي** (**mGy**) أو **6 راد** [34] .
- تبلغ جرعة الإشعاع التي تتعرض لها الغدة الدرقية من خلال التصوير المقطعي المحوسب للصدر حوالي **10 ملي غراي** (**mGy**) أو **1 راد** [34] .
- تعطى العلاقة لحساب الجرعة الممتصة كالتالي:

$$D = E/m \quad \text{.....(المعادلة 4)}$$

حيث:

D : تمثل الجرعة الممتصة.

E : الطاقة الممتصة من طرف المادة.

m : كتلة المادة.

2.3.5 الجرعة الفعالة (Effictive Dose):

الجرعة الفعالة بأخذ الجرعة الممتصة وتعديلها وفقًا لنوع الإشعاع وحساسية الأعضاء النسبية. والنتيجة هي مؤشر على احتمالية حدوث آثار صحية طويلة الأمد (مثل السرطان والآثار الوراثية) نتيجة التعرض للإشعاع. تُستخدم هذه الجرعة لوضع حدود تنظيمية تحمي من الآثار الصحية طويلة الأمد لدى الأفراد. كما تُمكّن الخبراء من مقارنة الآثار الصحية المتوقعة من حالات التعرض المختلفة. ولأن هذه القيمة تقريبية وليست كمية فيزيائية، فلا يمكن استخدامها للتنبؤ بالآثار الصحية الفردية. وحدات قياس الجرعة الفعالة هي سيفرت (**Sv، وحدة دولية**) وريم (**rem، وحدة أمريكية**) [34] .

امثلة:

- لحد الأقصى للجرعة الإشعاعية السنوية للعاملين هو 0.05 سيفرت (Sv) أو 5 ريم.
- أثناء حالات الطوارئ، يكون التوجيه بشأن وقت الإخلاء أو البقاء في المكان هو عندما تتجاوز الجرعة الإجمالية المتوقعة 10-50 ملي سيفرت (mSv) أو 1-5 ريم على مدار أربعة أيام.
- تعطى علاقة حساب الجرعة الفعالة كالتالي:

$$E(Sv) = \sum_T \omega_T \cdot H_T \quad \text{.....(المعادلة 5)}$$

حيث:

ω_T: عامل الترجيح النسيجي.

H_T : الجرعة المكافئة التي يتلقاها العضو أو النسيج.

$E(Sv)$: الجرعة الفعالة بالسيرفت أو الريم.

2.3.6 الجرعة المكافئة (Equivalent Dose):

تعرف الجرعة المكافئة بأنها مقياس للأثر البيولوجي للإشعاع على الإنسان، وتعبر عنها بوحدة (سيرفت). ويتم حسابها بضرب الجرعة الممتصة (بالغراي) في عامل ترجيح الإشعاع، الذي يأخذ في الاعتبار الضرر البيولوجي الفعال الناجم عن أنواع الإشعاع المختلفة [36] .

- تعطى علاقة حساب الجرعة المكافئة كالتالي:[33]

$$H(Sv) = \omega_R \,.D(Gy) \quad \text{.....(المعادلة 6)}$$

حيث:

ω_R: المعامل الوزني للإشعاع.

H_T : الجرعة المكافئة للإشعاع بالغراي.

الهدف الأساسي من قياس الجرعات الإشعاعية هو قياس مستويات الإشعاع المؤين وقراءتها. ومع ذلك، فإن الطريقة الرئيسية التي يستخدم بها الناس قياس الجرعات الإشعاعية هي تتبع التعرض للإشعاع وتأثيره على الإنسان والبيئة [37].

2.4 التأثيرات البيولوجية للإشعاع (Biological Effects of Radiation):

2.4.1 العوامل التي يتعلق بها الخطر البيولوجي للإشعاع (Factors Affecting Biological Risk of Radiation):

تتحدّد كمية الخطر البيولوجي للإشعاع بالجرعة المُمْتصة في الأعضاء والنُّسج الحية، والتي تتمّثل بكمية الطاقة المودعة في الجسم البشري، وتتعلق بعدّة عوامل [38] :

2.4.1.1 حساسية الأعضاء والنُّسج للإشعاع (*Radiosensitivity of Organs and Tissuses*):

حساسية الخلايا للإشعاع تمثُّل سرعة تأثُّر هذه الخلايا بالإشعاع المُؤّين، فقد وجد أن الخلايا الأكثر حساسيةً للإشعاع هي الخلايا سريعة الانقسام والتجدّد. تُصّنف الأعضاء والنسج وفق حساسيتها للإشعاع على الشكل التالي [38]:

- **أعضاءٌ حساسة جداً:** نخاع العظم، الدم، الأمعاء الدقيقة، العقد اللمفاوية، الخلايا التناسلية، بصلة الشعر.
- **أعضاء عالية الحساسية:** الجلد، العين، المعدة، المثانة.
- **أعضاء متوسطة الحساسية:** الأوعية الدموية.
- **أعضاء ضعيفة الحساسية:** الرئة، الغدة الدرقية، الكبد.
- **أعضاء ضعيفة الحساسية جداً:** العضلات، الدماغ.

2.4.1.2 زمن التعرُّض للإشعاع (*Radiation Exposure Time*):

كلما ازداد زمن التعرُّض للإشعاع كلما ازدادت الجرعة، أي تزداد الطاقة المترسّبة في العضو المُعرّض للإشعاع [38].

2.4.1.3 كمية الجرعة (*Dose Amount*):

يتعلق الخطر الإشعاعي بمقدار الجرعة الإشعاعية، فالجرعات العالية تُسبّب أخطاراً بيولوجيةً كبيرة، بينما إذا كانت الجرعة منخفضةً، فإن الخطر الإشعاعي يكون صغيراً حيث تستطيع خلايا الجسم إصلاح الضرر الذي سبّبه الإشعاع [38].

2.4.1.4 نوع الإشعاع (*Type of Radiation*):

في حالة التعرُّض الخارجي للإشعاع، فإن النيترونات وأشعة غاما أخطر من جسيمات ألفا وبيتا حيث إن أشعة غاما نفوذيتها واختراقها للنُّسج كبيرٌ جداً، والنيترونات جسيمات غير مشحونة، فقد تخترق سماكاتٍ كبيرة دون أن تفقد طاقتها بينما في حالة التعرُّض الداخلي للإشعاع، فتعتبر جسيمات ألفا الأشدَّ خطورةً نظراً لعمرها النصف الكبير أي (الزمن اللازم حتى تضمحلّ نصف النوى المُشِعّة)، وبالتالي تبقى فترةً طويلةً داخل جسم الإنسان [38].

2.4.1.5النظير المُشِعّ (*Radioactive Isotope*):

من النظائر المُشِعّة: مثلاً: **(اليود-131)**، **(الكوبالت-60)**، **(التكنيشيوم -m99)**، وغيرها. وكلما كانت الطاقة الصادرة عن النظير المُشِعّ أكبر، كلما ازدادت الجرعة المُمْتصة في العضو، وازداد الخطر الإشعاعي [38].

2.4.1.6عمر الشخص المُتعرِّض للإشعاع (*Age of The Exposed Person*):

يُعتبر الجنين في مختلف مراحل نموه شديد الحساسية للإشعاع، وكذلك الأطفال، والبالغين الشباب [38].

2.5 مكونات الخلية (Cell components):

تتكون جميع أعضاء الكائنات الحية من وحداتٍ دقيقة تُعرف بالخلية، وأهمُّ مكونات الخلية هي [38]:

- النواة.
- السائل المحيط بالنواة المعروف بالسيتوبلازم **(Cytoplasm)**.
- جدار الخلية.

تتوسط **السيتوبلازم** النواة المحتوية على مادة **الكروماتين (Chromatin)** التي تظهر على شكل كتلةٍ غير واضحة من الجدائل قبل انقسام الخلية، وتُسمّى بالحمض النووي DNA مع البروتينات، ويقوم **الكروماتين** في هذه المرحلة بالسيطرة على عملية تكوين البروتين الذي يكسب الخلية صفاتها المحددة، وخلال عملية الانقسام المباشر للخلية تنفصل الجدائل عن بعضها متخذةً شكلاً حلزونياً مُكوّناً عدداً محدداً من الحزم

تُسمّى **الكروموسومات (Chromosomes)**، والتي تُعتبر تراكيب تسلسلية طويلة من الجينات **(Genes)** [38].

تتألف خلية جسم الإنسان من مكونات أساسها الذرات، والتي هي بدورها عنصر التفاعل الأساسي مع الإشعاع **(ذرات الهيدروجين، والأكسجين، والكربون والآزوت)** كما تحتوي خلايا الجسم على خمس مركبات جزيئية أساسية، وهي [38]:

- **الماء:** الذي يُشكّل **80 بالمئة** من مكونات الخلية.
- **البروتينات، والدهون، والكربوهيدرات، والأحماض الأمينية:** والتي تتكون من عددٍ كبيرٍ من الذرات، وهي جميعاً مركبات عضوية، ويتركز الحمض النووي في نوى الخلايا، والتي تُعتبر أكثر الأهداف حساسيةً للإشعاع داخل الخلايا.

2.6 تأثير الإشعاع على عموم الخلية (Radiation Effects on The Cell):

تنقل الأشعة المؤيّنة عند سقوطها على المادة جزءاً من طاقتها إلى الذرات والجزيئات، ويؤدي هذا الفعل الفيزيائي الأولي إلى إثارة الذرات، أو تأيينها، ويكون تصادم الأشعة مع ذرات المادة (مع الإلكترونات أو مع النوى) عشوائياً، وإذا وقعت الأشعة على المادة الحية، فإنها ستؤدي إلى إثارة الخلية، ويؤثر الإشعاع على الخلية بطريقتين [38]:

2.6.1 التأثيرات المباشرة (Direct Effects):

يتفاعل الإشعاع مع ذرات جزيء الحمض النووي **DNA** أو الأهداف الحرجة الأخرى في خلايا الجسم، مثل: الكروموسومات، وقد يُسبّب ضرراً للخلية أو موتها، وهذا مرتبطٌ بكمية التعرّض الإشعاعي، وقد يؤثر الإشعاع على الجينات، فيحدث طفراتٍ وراثية. ومن التأثيرات المباشرة [38]:

1. **التأثيرات الجسدية (Somatic Effects):** يعتمد هذا النوع من التأثيرات على عدة عوامل منها: كمية الإشعاع ونوعه، الجزء المشع من المريض وعمر المريض. فهناك علاقة عكسية بين عمر المريض والخطر الناتج عن التعرض للأشعة، فكلما زاد عمر المريض قل الخطر الناتج إلا في مراحل العمر المتأخرة فإن الخطر الناتج يزداد، وأخطر مراحل التعرض للإشعاع من حياة الإنسان هي المرحلة الجينية لأن الأجنة في هذه المرحلة أكثر حساسية للإشعاع مما يؤدي إلى التشوهات الجينية [39].
2. **التأثيرات المتأخرة (Late Effects):** من أشهر هذه التأثيرات هو عتمة عدسة العين والتي تعرف بالماء الأبيض وهو ليس خطراً على الحياة ولكنه غير مريح للمريض حيث أنه يسبب له ألماً وعدم وضوح في الرؤية. وعادة يبدأ في الظهور بعد مضي عدة سنوات من التعرض للأشعة [39].
3. **التأثيرات المناعية (Immunological Effects):** حيث تكمن أهمية الجهاز المناعي في مهاجمته للأجسام الغريبة التي تدخل الجسم، فقد لوحظ أن للإشعاع تأثيراً على الجهاز المناعي فهو يثبط عمل هذا الجهاز ويقلل من استجابته، مما يؤدي ضعف المصاب أمام أبسط الأمراض مثل البرد والزكام. ولقد وجد أن المرضى الذين فقدوا مناعتهم بسبب التعرض للجرعات الإشعاعية يستعيدونها فيما بعد [39].
4. **التأثيرات الوراثية (Genitic Effects):** وهي التأثيرات التي تؤثر على الخلايا التناسلية والتي بدورها تؤدي الى شذوذ في النشؤ، يعمل الإشعاع على احداث تشوهات على مستوى الكروموسومات (المسؤولة عن انتقال الصفات الوراثية بشكل رئيسي من خلية إلى خلية ومن جبل

إلى جيل)، التي بدورها تؤدي إلى تشوهات جسمانية أو عقلية لدى الأطفال منذ الولادة ناتجة عن تعرض أحد الوالدين أو كلاهما للإشعاع المؤين أو ربما أثناء الحمل بالنسبة للأم [39].

2.6.2 التأثيرات غير مباشرة (Indirect Effects):

يتفاعل الإشعاع مع جزيئات الماء التي تُعتبر المكوّن الرئيسي للخلية، فيعمل على تأيينها، لتدخل هذه الأيونات في تفاعلاتٍ جديدةٍ منتجةً الأيونات **H+** و**OH–**، والجذور الحرة لتكوّن فيما بعد الماء الأوكسيجيني **H_2O_2** الذي يُعتبر مؤكسداً قوياً يعمل على تخريب الخلايا والإضرار بها أو قد يحدث تفاعل مع الجزيئات العملاقة في الخلية، كالبروتينات، والأحماض الأمينية [38].

2.7 ضمان ومراقبة الجودة (Quality Assurance and Quality Control):

2.7.1 مفهوم الجودة:

الجودة هي درجة التميز الذي يمكن التنبؤ به من خلال استعمال معايير أكثر ملائمة [40]. أما الجمعية الأمريكية لضبط الجودة عرفتها على أنها مجموعة من المزايا وخصائص المنتج أو الخدمة القادرة على تلبية حاجات المستهلكين [41].

2.7.2 ضمان الجودة (Quality Assurance):

2.7.2.1 تعريف:

إن تأكيد الجودة (QA) هو نهج منهجي تستخدمه مختلف القطاعات لضمان تلبية وتحقيق متطلبات الجودة المحددة مسبقاً. ويتكون هذا النهج من المبادئ، والأساليب، والبروتوكولات، والإجراءات التي تضعها الشركة وتحافظ عليها لضمان أن تظل جودة منتجاتها وخدماتها عالية باستمرار، ومتوافقة مع المعايير التنظيمية والرقابية. كما يساعد تأكيد الجودة العاملين على تحقيق أهداف الجودة لكل منتج أو خدمة يتم تقديمها [42] .

2.7.2.2 المبادئ الأساسية لضمان الجودة (*Major Principles of QA*):

- **الامتثال للمعايير التنظيمية (Compliance with Regulatory Standards):** يضمن توكيد الجودة **(QA)** أن جميع المنتجات والعمليات تلتزم بالمتطلبات التنظيمية التي تحددها الجهات والوكالات الرقابية [43].
- **ضبط الوثائق (Document Control):** يضمن توكيد الجودة توثيق كافة الإجراءات بشكل صحيح في **"إجراءات التشغيل القياسية" (SOPs)**، والتي يجب اعتمادها، ومراجعتها بانتظام، وأرشفتها [43].
- **ضبط التغيير (Change Control):** يجب أن تخضع أي تغييرات مقترحة على المواد، أو الأساليب، أو المعدات لعملية ضبط تغيير رسمية، تتضمن تقييم المخاطر وتقديم مبررات لهذا التغيير [43].
- **التدريب والتأهيل (Training and Qualification):** يتولى توكيد الجودة مسؤولية ضمان تدريب جميع الموظفين بشكل صحيح وفقاً للوائح الداخلية والخارجية (مثل الصحة والسلامة المهنية)، وتوثيق تدريبهم وتحديثه بانتظام [43].

- **التدقيق والتفتيش الذاتي (Auditing and Self_Inspection):** يتولى توكيد الجودة مسؤولية إجراء عمليات التدقيق الداخلي والخارجي التي تساعد في التحقق من الامتثال للمعايير والمواصفات، والكشف عن فرص التحسين.
- **الإجراءات التصحيحية والوقائية (Corrective and Preventive Actions) (CAPA):** يشرف توكيد الجودة على أنظمة الإجراءات التصحيحية والوقائية التي تبحث في الأسباب الجذرية للانحرافات عن المعايير والمواصفات، وتطبق الإجراءات اللازمة لمنع تكرار هذه الانحرافات.

2.7.2.3 أنواع ضمان الجودة (*Types of QA*):

- **توكيد جودة المنتج (Product QA):** يركز على ضمان أن المنتج النهائي يلبي المتطلبات والمعايير المحددة [43].
- **توكيد جودة العمليات (Process QA):** يركز على ضمان أن العمليات المستخدمة لإنشاء المنتج أو الخدمة تتسم بالكفاءة والفعالية والاتساق [43].
- **توكيد الجودة الوظيفي (Functional QA):** يركز على ضمان أن المنتج يعمل كما هو مخطط له ويلبي جميع المتطلبات الوظيفية [43].
- **توكيد جودة الموردين (Supplier QA):** يركز على ضمان أن موردي المواد أو المكونات يلتزمون بمعايير الجودة المطلوبة [43].

2.7.2.4 محاور ضمان الجودة في قسم الأشعة (*Quality Assurance (QA) Pillars in Radiology Department*):

- تدقيق سجلات مراقبة الجودة، وسجلات تقييم الأداء، وغيرها من السجلات للتأكد من التزامها بمعايير التشغيل الداخلي [44].
- مساعدة موظفي مراقبة الجودة في إصلاح الأخطاء التي يتمّ اكتشافها وتجنب حصولها مستقبلا [44].
- تحسين مقاييس الجودة، وتقييم عملية سير العمل ورضى المرضى بشكل مستمر [44].
- الاحتفاظ بسجلات أداء المعدات وحفظ السجلات في ملف أو دفاتر سجلات فردية أو في قاعدة بيانات محوسبة [44].
- تقييم جاهزية مرافق القسم المختلفة حسب المعايير والتأكد من سلامة بيئة العمل لكل من العاملين والمرضى [44].
- إيجاد طرق لتوفير الوقت والمال دون الإضرار بجودة الرعاية المقدمة للمرضى [44].
- فحص الأجهزة دوريا، واكتشاف أي أعطال، وتحديد أسبابها الرئيسية، وتطوير أساليب تصحيحية ووقائية فعالة [44].
- التعاون مع المرضى والهيئات التنظيمية في عملية التدقيق والاستماع إلى شكاويهم وتحليلها [44].

2.7.3 مراقبة الجودة (Quality control):

2.7.3.1 تعريف:

إن مراقبة الجودة (QC) هي إجراء منهجي يُستخدم لضمان تلبية المنتج أو الخدمة لمتطلبات ومعايير محددة. وتتضمن إجراءات وتدابير منظمة للتحقق من أن المنتج أو الخدمة التي يتم تطويرها تستوفي معايير الجودة المحددة مسبقاً من قبل المنشأة [42].

في مجال الأشعة تتضمن مراقبة الجودة سلسلة من الاختبارات المعيارية التي تم تطويرها للكشف عن التغييرات في وظيفة معدات التصوير الطبي من مستواها الأصلي في الأداء للحفاظ على جودة الصور الإشعاعية وفقا للمعايير واللوائح المعتمدة [44].

2.7.3.2 المبادئ الأساسية لمراقبة الجودة (*Major Principles of QC*):

1- اختبار المواد الخام (Raw Material Testing):

- يجب التحقق من هوية جميع المواد الخام ونقائها وقوتها قبل استخدامها في الإنتاج [43].

2- الرقابة أثناء التصنيع (In-Process Control-IPC):

تتطلب مراقبة الجودة متابعة العمليات أثناء تنفيذها (أي المراقبة في الوقت الفعلي) لضمان بقاء المعايير الحرجة ضمن النطاقات المقبولة [43].

- تمنع العيوب والأخطاء من خلال الحفاظ على ظروف التشغيل ضمن حدود محددة مسبقاً.

مثال: ظروف المفاعل الحيوي أثناء عمليات التخمير.

3- أخذ عينات القبول (Acceptance Sampling):

فحص عينة عشوائية مأخوذة من دفعة إنتاجية لتحديد ما إذا كانت الدفعة بأكملها تستوفي معايير الجودة [43].

- تحدد العيوب في المنتجات أثناء تصنيعها.
- يتم إما قبول العينات (والدفعة بأكملها) أو رفضها.

مثال: استخراج عينة من مفاعل حيوي.

4- اختبار المنتج النهائي (Final Product Testing):

تقوم مراقبة الجودة بإجراء اختبارات لهوية المادة، وقوتها، ونقائها، وعقامتها، واستقرارها [43].

- الهدف هو اكتشاف المواد المعيبة وإزالتها قبل وصولها إلى العميل.

مثال: التحليل المخبري للدواء.

5- التحقق من صحة الطرق التحليلية (Analytical Method Validation):

يجب التحقق من صحة جميع الطرق التحليلية المستخدمة في مراقبة الجودة لإثبات الدقة والضبط والحساسية وقابلية التكرار [43].

- يعد التحقق من صحة الطريقة إلزامياً لاستيفاء المعايير التي تضعها السلطات الرقابية مثل هيئة الغذاء والدواء **(FDA)**.

مثال: التحقق من صحة الطرق الكمية المستخدمة لتقييم نقاء الدواء وسلامته.

6- اختبار الاستقرار (Stability Testing):

- يجب أن تضمن مراقبة الجودة بقاء المنتجات فعالة وآمنة طوال مدة صلاحيتها من خلال إجراء دراسات استقرار قصيرة وطويلة المدى [43].

7- إفراج التشغيلية وشهادة التحليل (Batch Release and COA):

- تقدم مراقبة الجودة التقييم النهائي لجودة المنتج قبل "الإفراج" عن دفعة المنتج **(Batch)** [43].
- يتضمن ذلك شهادة تحليل **(COA)** موقعة تحتوي على نتائج الاختبارات الرئيسية [43].

2.7.4 أهمية ضمان ومراقبة الجودة في قسم الأشعة (Importance of QA and QC in Radiology Departments):

يجب على العاملين بقسم الأشعة إدراك أهمية برامج إدارة الجودة لكي يستشعروا مدى تأثيرها على عملية سير العمل وجودة الرعاية المقدمة للمرضى.

ستكون برامج إدارة الجودة بلا قيمة ملموسة إذا لم يستوعب العاملين أهميتها ودورها في تحسين جودة عملهم، في قسم الأشعة يتمحور الهدف الأساسي حول الحفاظ على جودة الصورة التشخيصية المثلى مع الحد الأدنى من المخاطر، وبالتالي فان الهدف الأساسي من برنامج ضمان جودة في قسم الأشعة هو ضمان توفير تشخيص فوري ودقيق بأقل الأضرار المحتملة للمرضى والعاملين بتكلفة فعالة نسبيا بالإضافة إلى تحقيق رضى المرضى والمستفيدين [44].

2.7.5 دور أخصائي الأشعة في تحقيق معايير الجودة (The Role of the Radiographer in Achiving Quality Standars):

- إدراك أهداف برامج الجودة ومناقشتها مع مسؤول الجودة بالقسم والتأكد من أنها تتناسب مع المهام المطلوبة في الوصف الوظيفي والعمل مع الزملاء كفريق واحد لتحقيق النتائج المرجوة [44].
- وضع خط أساس يمكن من خلاله مقارنة القياسات المستقبلية للحفاظ على المستوى الأصلي للأداء.
- المساعدة في اكتشاف وتشخيص سبب أي تدهور في أداء الأجهزة التي قد تؤثر سلبًا على جودة الصورة أو جرعة المريض [44].
- تصحيح أي تدهور في أداء الأجهزة على الفور عندما يكون السبب معروفًا والتبليغ بذلك للمختص [44].
- إدراك أهمية اختبارات مراقبة الجودة وتحديد وقت للقيام بها بمساعدة العاملين المختصين كأخصائي الفيزياء الطبية [44].
- الاطلاع على نتائج تقييم الجودة دوريا وتحليلها واقتراح الإجراءات المناسبة للتحسين المستمر [44].
- التواصل الفعال واللائق مع المرضى وجميع العاملين بالقسم [44].

2.7.6 اختبارات ضمان الجودة في قسم العلاج بالأشعة (QA Tests in The Radiology Department):

وتتمثل هذه الاختبارات في [45]:

- يجب فحص جميع بيانات التخطيط بشكل مستقل، بما في ذلك سلامة الخطة، وحسابات وحدات المراقبة **(MU)**، ومعايير الإشعاع، وغيرها. كما يجب فحص جميع البيانات المدخلة في الربط بين عملية التخطيط وعملية تقديم العلاج بشكل مستقل.
- يجب إجراء مراجعات دورية للسجلات طوال فترة العلاج، بحيث لا تقل وتيرة المراجعة عن مرة أسبوعياً، على أن تبدأ قبل الجلسة الثالثة بعد بدء علاج جديد أو بعد تعديل الخطة العلاجية.
- يتم فحص السجلات بواسطة فريق يتكون من طبيب أورام بالإشعاع، وفيزيائي، وفنيي أشعة، مع ضرورة توقيع المراجع (أو المراجعين) وتاريخ المراجعة.
- يجب إيلاء عناية خاصة لضمان صحة عناصر مثل اتجاه الوتد **(Wedge)** وموقع الكتل **(Blocks)**، حيث قد لا يتم ضبطها بشكل صحيح على جهاز المحاكاة **(Simulator).**
- يجب أيضاً التحقق من البيانات المنقولة تلقائياً، مثل تلك المنقولة من نظام تخطيط العلاج، للتأكد من عدم حدوث أي فساد في البيانات.
- ينبغي التحقيق في جميع الأخطاء المكتشفة أثناء فحص السجلات وتقييمها بدقة من قبل فريق ضمان الجودة، والذي يجب أن يضم مدير نظام ضمان الجودة (ممثل إدارة الجودة) إن وُجد. كما يجب استئصال الأسباب الجذرية لهذه الأخطاء، مما قد يتطلب إجراء تغييرات (مكتوبة) في إجراءات عملية العلاج المختلفة.
- تُطبق السجلات العلاجية الإلكترونية في بعض المؤسسات لتحل محل أجزاء من سجل المريض، وهي تتيح الإدخال المباشر لبيانات العلاج من جهاز المحاكاة أو من نظام تخطيط العلاج.

2.7.7 المنظمات الدولية للحماية الإشعاعية (International Organizations for Radiation Protection):

- **اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع (ICRP):** تأسست في **1928م**، وحسب التقرير **111** تنص على تطبيق توصيات اللجنة في حماية الناس الذين يعيشون لسنوات طويلة في المناطق الملوثة إشعاعياً بعد وقوع حادث نووي أو عقب حالة طوارئ إشعاعية [46].
- **اللجنة العلمية للأمم المتحدة المعنية بأثار الإشعاع الذري (UNSCEAR):** أنشأت في **1955م**، تنص على تقسيم مستويات وأثار التعرض للإشعاع المؤين على صحة الإنسان والبيئة [46].
- **المفوضية الأوروبية (EC):** تهدف قواعد الحماية من الإشعاع في الاتحاد الأوروبي إلى الحفاظ على مستوى عالٍ من حماية الفراد [46].
- **الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA): منذ 1953م-1954م** [46].
- **منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة سنة1942م (FAO)** [46].
- **المعاهدة السوفيتية الأمريكية المتعلقة بتحديد التجارب النووية تحت باطن الأرض سنة 1974م.**
- **معاهدة الحظر الشامل للأسلحة النووية سنة 1996م** [46].

2.7.8 التحقق من دقة بروتوكولات ضمان الجودة وقياس الجرعات في مراكز العلاج الإشعاعي:

- تُعد **الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA)** المنظمة الدولية المركزية للتعاون في المجال النووي، وهي تعمل تحت مظلة الأمم المتحدة لتعزيز الاستخدامات الآمنة والسلمية للعلوم والتكنولوجيا النووية. وفي سياق الطب الإشعاعي، تلعب الوكالة دوراً محورياً في وضع المعايير الدولية والبروتوكولات الفنية التي تضمن دقة القياسات الإشعاعية وسلامة المرضى في مراكز علاج السرطان حول العالم، وتقوم الوكالة بإصدار تقارير فنية تخصيصية ومن هذه التقارير [47] :
  - ✓ يُمثّل **التقرير الفني رقم 398 (TRS-398)** الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية **(IAEA)** المرجع الدولي الأبرز ومدونة قواعد الممارسة **(Code of Practice)** المعتمدة عالمياً لتحديد الجرعة الممتصة في العلاج الإشعاعي الخارجي. تكمن الأهمية الجوهرية لهذا البروتوكول في اعتماده على معايير قياس الجرعة الممتصة في الماء، مما أحدث تحولاً نوعياً في دقة القياسات السريرية مقارنة بالبروتوكولات السابقة التي كانت تعتمد على الكيرما في الهواء. ويهدف هذا الدليل المرجعي إلى توحيد إجراءات المعايرة لغرف التأين **(Ionization Chambers)** وتوفير أطر عمل فيزيائية دقيقة لحساب الجرعات لمختلف أنواع الحزم الإشعاعية، بما في ذلك الفوتونات والإلكترونات عالية الطاقة، وصولاً إلى البروتونات والأيونات الثقيلة. وبموجب هذا التقرير، يتم تقليل نسب عدم اليقين **(Uncertainty)** في القياسات الإشعاعية، مما يضمن مطابقة الجرعة الإشعاعية المعطاة للمريض مع المعايير الدولية بدقة عالية [47] .
- قامت **الجمعية الأمريكية للفزيائيين في الطب (AAPM)** بإصدار تقارير ومراجع عملية موجبة على الفيزيائي الطبي تطبيقها في مجال العلاج الإشعاعي خاصة عند حول إعداد برامج ضمان الجودة للمسرعات الخطية ومن أهم هذه القرارات [48] :
  - ✓ يُعد **تقرير مجموعة العمل رقم 142 (TG-142)** التحديث المعياري **لتقرير TG-40**، حيث يضع إطاراً شاملاً لبرامج ضمان الجودة **(QA)** للمسرعات الطبية الحديثة، يتميز هذا التقرير عن سابقيه بكونه يربط مستويات السماح **(Tolerances)** بنوع التقنيات العلاجية المستخدمة، مثل العلاج الإشعاعي ذو الشدة المعدلة **(IMRT)** والجراحة الإشعاعية التجسيمية **(SRS/SBRT)**، حيث تزداد صرامة المعايير مع تعقيد التقنية المستخدمة. ويغطي التقرير بشكل تفصيلي بروتوكولات فحص الأنظمة الفرعية، بما في ذلك المصادمات متعددة الأوراق **(MLC)**، وأنظمة التصوير المدمجة كـ **(Portal Imaging)** و **(CBCT)**، والأوتاد الديناميكية. كما ينظم التقرير إجراءات الرقابة الدورية عبر جداول زمنية **(يومية، شهرية، وسنوية)** تهدف في مجملها إلى ضمان استقرار الأداء الميكانيكي والإشعاعي للجهاز، مما يضمن دقة توصيل الجرعة الإشعاعية المخطط لها وفقاً للمعايير الدولية [48] .

2.8 الخاتمة:

تكمن أهمية الصحة العامة في مجال الحماية من الإشعاع في قدرتها على التذكير بأهمية السلامة الإشعاعية، ومراقبة جرعة الإشعاع التي يتعرض لها المرضى وتحليلها. كما يمكنها المساعدة في تحسين أساليب

التصوير الفردية، وتقليل الجرعة الإجمالية، والحد من المخاطر الناجمة عن تعرض المرضى للإشعاع المؤين. وينبغي لها أيضًا توعية العاملين في المجال الطبي بكيفية حماية أنفسهم بشكل أفضل من التعرض للإشعاع، والمساعدة في تقليل الجرعة التراكمية ومخاطر الإشعاع التي يتعرض لها الطاقم الطبي الذي يتعامل مع مصادر الإشعاع. وأخيرًا، يمكن للصحة العامة تثقيف العاملين في المجال الطبي حول السلامة الإشعاعية، واطلاعهم على أحدث التوجيهات المتعلقة بالحماية من الإشعاع في الطب والتشريعات الجديدة، وغيرها [49].

يتكون ضمان الجودة من إجراءات وعمليات منظَّمة تهدف إلى الحفاظ على مستوى عال من التشخيص أو العلاج الجيد للمرضى، وتتطلب زيادة تعقد التكنولوجيا الطبية عمليات تحقق متخصصة ومنهجية لضمان الجودة والفعالية ولتجنب الحوادث [50].

الفصل الثالث:

دراسة الجرعات في مركز مكافحة السرطان بولاية ورقلة

Dosage Study at The Cancer Control Center) .(in Ouargla

3.1 المقدمة:

3.1.1 التعريف بمستشفى محمد بوضياف - بولاية ورقلة:

أنشئ في 22 مارس 1982م الموافق لـ 14 شعبان 1409 هـ، فتح ابوابه في شهر جانفي 1988م وتم تدشينه من طرف رئيس الحكومة السابق قاصدي مرباح بتاريخ 22-03-1989م.يعتبر مستشفى محمد بوضياف ورقلة مؤسسة عمومية ذات طابع صحي استشفائي تابع لوزارة الصحة والسكان يقع في وسط المدينة بنهج سي الحواس يحده من الناحية الشرقية معهد اللغات الأجنبية سابقاً، ومن الشمال منطقة زراعية أما جنوباً فهو مقابل مقهى الشباب العام أو الصندوق الضمان الاجتماعي ومن الناحية الغربية حضانة الأطفال والمركز الشبه طبي.

3.1.2 الهيكل التنظيمي للمؤسسة العمومية الاستشفائية:

وفق القرار الوزاري المؤرخ في 20 ديسمبر 2009م:

I. يتكون مكتب الإدارة من:

1) **مكتب التنظيم**: يتشكل من:

✓ **المديرية الفرعية للمصالح الصحية**:

- مكتب القبول.
- مكتب التقاعد وحساب التكلفة.
- مكتب تنظيم ومتابعة النشاطات الصحية وتقييمها.

✓ **المديرية الفرعية لصيانة التجهيزات الطبية والتجهيزات المرافقة**:

- مكتب صيانة التجهيزات الطبية.
- مكتب صيانة التجهيزات المرافقة.

2) **مكتب الاتصالات**:

✓ **المديرية الفرعية للمالية والوسائل**:

- مكتب الميزانية والمحاسبة.
- مكتب الصفقات العمومية.
- مكتب الوسائل العامة والهياكل.

✓ **المديرية الفرعية للموارد البشرية**:

- مكتب تسيير الموارد البشرية والمنازعات.
- مكتب التكوين.

3.2 تعريف مركز مكافحة السرطان:

هو مصلحة استشفائية تخص بمكافحة أمراض السرطان بمختلف أنواعه وفي جميع مراحله، وهي مصلحة تضمن تسييرها الإداري المؤسسة العمومية الاستشفائية بولاية ورقلة يتشكل هذا المركز من ثلاث مصلحات:

- مصلحة العلاج بالأشعة.
- المصلحة الاستشفائية الكيميائية.
- مصلحة الاستشفاء للأورام السرطانية.
- غرفة العمليات ومصلحة التشريح للأمراض الباطنية.

كما يتضمن عدة خدمات طبية متخصصة كم خلال طاقم طبي جزائري متعدد التخصصات عبر عدة وحدات.

- وحدة جراحة الأورام
- وحدة التشريح الباطني
- وحدة العلاج بالأشعة.
- وحدة الإقامة من أجل الاستشفاء.
- وحدة العمليات.

يتشكل مركز مكافحة السرطان من:

1- مصلحة العلاج بالأشعة:

✓ الطابق السفلي يضم: مكتب الاستقبال، 6 قاعات للفحص الطبي، 1 قاعة العلاج، مكتب السكرتيرة، مكتب طبيب رئيس المصلحة، قاعة الاجتماعات، قسم الفيزيائي الطبي، قاعة السكانار.

2- مصلحة استشفاء الأورام السرطانية:

✓ **الطابق العلوي يضم**: جناح خاص بالنساء، جناح خاص بالرجال.

3.3 مصلحة العلاج الإشعاعي:

تم إنشاء هذه المصلحة في 27 أكتوبر 2010م، وتتكون من: 35 عامل، 04 أطباء مختصون، 05 أطباء فيزيائيين، 03 ممرضين، 01 عمال في قسم الأرشيف، ويوجد 02 أجهزة للعلاج والتشخيص.

3.3.1 إجراءات تنفيذ جلسات العلاج الإشعاعي الخارجي:

تعتمد فعالية العلاج الإشعاعي الخارجي بشكل جوهري على دقة التموضع واستمرارية تكرار هذا التموضع طوال فترة الخطة العلاجية وتتمثل هذه العملية في النقاط التالية:

3.3.1.1 الإجراءات الأولية لتنفيذ العلاج للمريض:

- استشارة الطبيب.
- اجراء عملية محاكاة للصور الإشعاعية.
- وضع خطة علاج من طرف الطبيب الفيزيائي الطبي لدراسة الجرعات وتحديدها وتطبيق البروتوكولات الحماية الإشعاعية و تحقيق معايير الجودة.

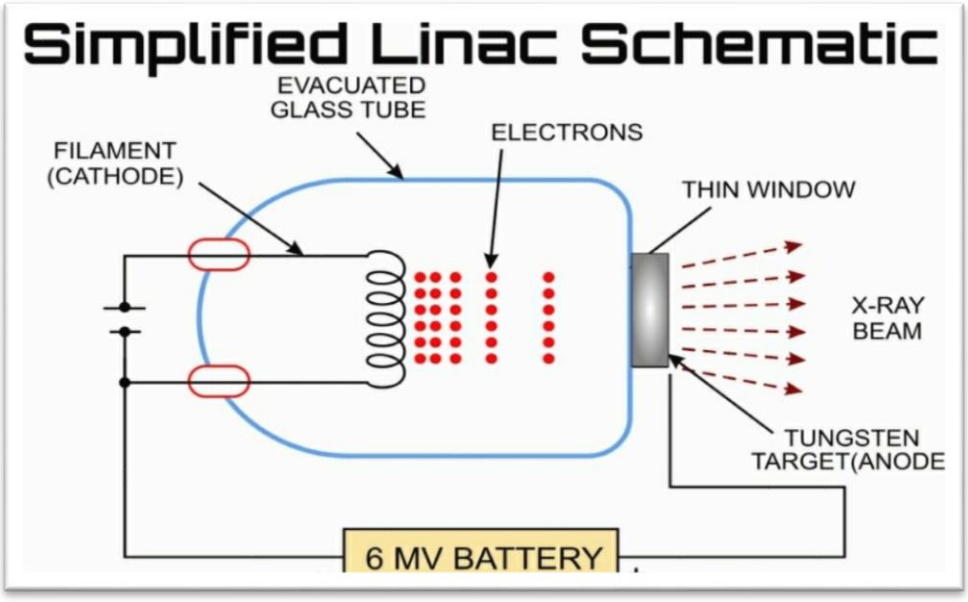
3.3.1.2 تقنيات تثبيت المريض وتوجيه الحزم:

تتم عملية إعطاء الجرعة الإشعاعية والمريض في وضعية استلقاء ثابتة تماماً، وهي نفس الوضعية التي تم اعتمادها مسبقاً في مرحلة التخطيط لضمان عدم حدوث أي انزياح قد يؤدي الى خطأ في توزيع الجرعة.

يقوم المعجل الخطي **(LINAC)** بالدوران حول المريض لتوصيل الإشعاع من زوايا متعددة **(MLCs)**، مما يسمح بتركيز الجرعة القصوى في حجم الهدف **(PTV)** مع تقليل تعرض الأنسجة السليمة المحيطة (**الشكل 3-20**).

في التصميم البسيط للمُسرِّع كما هو في (**الشكل 3-21**)، يُسخَّن فتيلٌ مُنتِجٌ سحابةً من الإلكترونات. تُسرَّع هذه الإلكترونات بعد ذلك بواسطة مجال كهربائي مُطبَّق بين الفتيل **(الكاثود)** ونافذة معدنية رقيقة **(الأنود)**. تتطلب المُسرِّعات الخطية السريرية التي تعمل في نطاق الميغا إلكترون فولت دليلًا موجّهًا مُسرِّعًا لتحقيق التسارع المطلوب على مسافة معقولة. ثم تصطدم الإلكترونات بهدف **(حيث تُنتج أشعة سينية كبحية)** أو رقاقة مُشتِّتة **(لتوزيع حزمة الإلكترونات)**. أخيرًا، يُمكن تشكيل الحزمة بشكل إضافي في رأس المعالجة [51].

الشكل 3-20: جهاز المسرع الخطي من نوع variane لمركز مكافحة السرطان-العلاج الإشعاعي-مستشفى محمد بوضياف ورقلة.



الشكل 3-21: يوضح طريقة مبسطة لسير المسرعات الخطية.

3.3.1.3الجدولة الزمنية وتجزئة الجرعة:

يعد العلاج الإشعاعي إجراءً خارجياً لا يتطلب مبيت المريض في المستشفى، وتعتمد الاستراتيجية العلاجية غالبا على مبدأ التجزئة كما هو موضح في الجدول التالي (**جدول 3-4**)، حيث يتم توزيع الجرعة الكلية على جلسات يومية تمتد لعدة أسابيع. يهدف هذا التوزيع الزمني الى منح الخلايا السليمة فرصة للتعافي من الأثار الإشعاعية بين الجلسات، بينما يستمر تراكم الضرر في الخلايا السرطانية. وفي حالات خاصة أو تلطيفية، قد يكتفي الفريق الطبي بجلسة واحدة أو عدد محدود من الجلسات لتخفيف الأعراض.
جدول التجزئة المختلفة المتبعة في ممارسة العلاج الإشعاعي وتأثيرها:

نوع التجزئة	المبرر المنطقي للتجزئة	وصف الجدول
1) التجزئة التقليدية.	محاولة قتل خلايا الورم والسماح للأنسجة الطبيعية بإصلاح الضرر بين الجرعات.	1.8-2 غراي مرة واحدة يومياً، 5 أيام في الأسبوع لمدة 5-7 أسابيع.
2) التجزئة المفرطة.	الأورام هي الأنسجة ذات معدل دوران للخلايا عالٍ، لذا نحتاج لجرعات يومية متعددة أصغر لمراعاة إعادة التوزيع.	2-3 تجزأت يومية من 1.2-1.6 غراي، زيادة في الجرعة الكلية، نفس وقت العلاج.
3) التجزئة المتسارعة.	جرعة التجزئة مماثلة للتقليدية، لكن يتم تقليل وقت العلاج (6 أيام في الأسبوع) لمواجهة إعادة تكاثر الخلايا.	1.8-2 غراي يومياً، 6 أيام في الأسبوع.
4) التجزئة المفرطة المتسارعة المستمرة.	أحجام التجزئة صغيرة مع علاج مستمر، يراعي إعادة التوزيع وإعادة تكاثر الخلايا.	1.2 غراي لكل تجزئة، 3 مرات يومياً لمدة 12 يوماً متواصلة، الإجمالي (54 غراي، 36 تجزئة، 12 يوم)
5) التعزيز المصاحب.	علاج تقليدي للأول 4 أسابيع، يليه إضافة تجزئة يومية ثانية بجرعة أقل لمراعاة لإعادة التكاثر وتقليل وقت العلاج الإجمالي.	1.8 غراي تجزئة ل 5 أيام في الأسبوع لأربعة أسابيع الأولى من بداية العلاج، ثم يضاف 1.5 غراي لكل تجزئة للأسبوعين التاليين كفترة ثانية بعد كل 6 ساعات (الإجمالي 72 غراي).

6) التجزئة الناقصة.	في الأنسجة الأقل حساسية للإشعاع، أو حالات التلطيف أو أحجام الأورام الصغيرة، الهدف هو استئصال خلايا الورم.	الغرض التلطيفي: 30 غراي لكل 10 تجزأت أو 8 غراي جرعة واحدة. في العلاج الداخلي: 15 غراي لكل 4 تجزأت. في الميلانوما: 30 غراي لكل 6 تجزأت مرتين في الأسبوع.
7) الدورة المنقسمة.	الأورام الضخمة التي تحتوي على نسبة كبيرة من المناطق ناقصة الأكسجين تستفيد من تقليل حجم الورم، وإذا استجاب الورم، يتم إعطاء الجزء الثاني من العلاج باستخدام التجزئة المنتظمة.	الأورام الكبيرة لمنطقة الحنجرة: 35 غراي لكل 15 تجزئة، تليها فجوة 2-3 أسابيع، إذا استجاب الورم نكمل ب 20 غراي لكل 10 تجزأت.
8) التعزيز المتكامل والتزامن.	تجزأت مفرطة، ناقصة، متزامنة الأحجام ومختلفة في نفس الوقت، لتقليل وقت العلاج الإجمالي.	تقسيم حجم الهدف (PTV) لمنطقتين أو أكثر، كل منها بجعة وتجزئة مختلفة في نفس الوقت مثلاً: 2.2 غراي للمناطق عالية الخطورة، 2 غراي للمناطق منخفضة الخطورة.
9) الجرعات الاستئصالية.	جداول تجزئة ناقصة لأحجام مستهدفة محددة بدقة مع توصيل جرعة دقيقة جداً.	21-14 غراي كجرعة واحدة أو 12-4 غراي من 10-3 تجزأت

تأثيراتها:

رقم التجزئة	التفاعلات الحادة	التفاعلات المتأخرة	التأثير على الورم
1)	/	/	/
2)	تزداد.	قد تزداد.	زيادة قتل الخلايا.
3)	تزداد.	قد تزداد أو لا تزداد.	زيادة قتل خلايا الورم.
4)	تزداد.	تقل.	زيادة قتل خلايا الورم.
5)	قد تزداد.	تقل.	زيادة قتل خلايا الورم.

6)	قد تزداد.	تزداد إذا زادت الجرعة الكلية.	قد تزداد أو لا.
7)	قد تزداد.	قد تزداد.	قتل خلايا أقل كفاءة.
8)	تزداد.	قد تزداد أو لا.	زيادة قتل خلايا الورم.
9)	تزداد.	تجنب الأنسجة الطبيعية تماماً.	زيادة قتل الخلايا (استئصال كامل للورم)

جدول 3-4: يمثل الجدولة الزمنية وتجزئة الجرعات وتأثيرها على خلايا الورم.

3.3.1.4 سير الجلسة العلاجية والرقابة:

تستغرق الجلسة الواحدة ما بين 10 الى 30 دقيقة، حيث يستهلك ضبط الوضعية والتحقق من المطابقة الجزء الأكبر من الوقت. ويتم توصيل الإشعاع بشكل غير محسوس للمريض مشابهة للألية التصوير بالأشعة السينية.أثناء تشغيل المعجل الخطي يصدر أصواتاً ميكانيكية ناتجة عن حركة الرأس والأنظمة الداخلية، بينما يخضع المريض لمراقبة مستمرة من قبل فريق العلاج عبر أنظمة سمعية وبصرية من غرفة التحكم المجاورة، وذلك لضمان سلامة المريض والتدخل الفوري في حال حدوث أي أمر طارئ أو عدم ارتياح المريض.

3.3.2 التقنيات العلاجية المستخدمة في المركز:

يعتمد المركز حالياً على تقنية العلاج الإشعاعي **(3D-CRT)** كخيار أساسي للعلاج وتعتبر هذه التقنية كافية لتلبية الاحتياجات العلاجية الحالية للمرضى دون الحاجة لتقنيات أخرى، ولسبب عدم وجود التقنيات الأخرى **(VMAT ; IRMT)** بسبب تطورها وعدم توفر نظام وجهاز خاص لتطبيق التقنية.

يتطلب تشغيل هذه التقنية تكاملاً بين النظام المركزي والأجهزة الملحقة لضمان دقة الاستهداف الإشعاعي.

1- **تقييم خطة العلاج عبر مدرج تكرار الجرعة والحجم (DVH):** يعد منحنى **(DVH)** الأداة الأساسية لتقييم جودة خطة العلاج، حيث يربط بين الجرعة الإشعاعية الممتصة وحجم العضو المستهدف **(PTV)** والأعضاء الحساسة **(OAR)**.

ويتم التقييم بناءاً على المعايير الدولية مثل تقارير **(ICRU)** لضمان حماية الأعضاء السليمة مثل:

- **في حالة سرطان الثدي:** يتم وضع حدود للجرعة الواصلة للقلب يجب أن لاتتجاوز **50 غراي** لضمان سلامة الأنسجة القلبية.
- **في حالة سرطان البروستات:** عند إعطاء جرعة اجمالية يجب مراعاة سلامة المثانة بحيث لا يتلقى أكثر من **50%** من حجمها جرعة تتجاوز **60 غراي.**

2- **بروتوكولات الحماية من الإشعاع:** تخضع عملية العلاج بروتوكولات صارمة لضمان السلامة الإشعاعية لكل من الطاقم الطبي والمرضى:

a. **حماية العاملين (Workers Protection):**

- **المراقبة الإشعاعية:** إلزامية ارتداء أجهزة قياس الجرعات التشخيصية **(Dosimeters)** لمراقبة التعرض الإشعاعي (**الشكل 3-22**):

الشكل 3-22: يمثل جهاز قياس الجرعات التشخيصية.

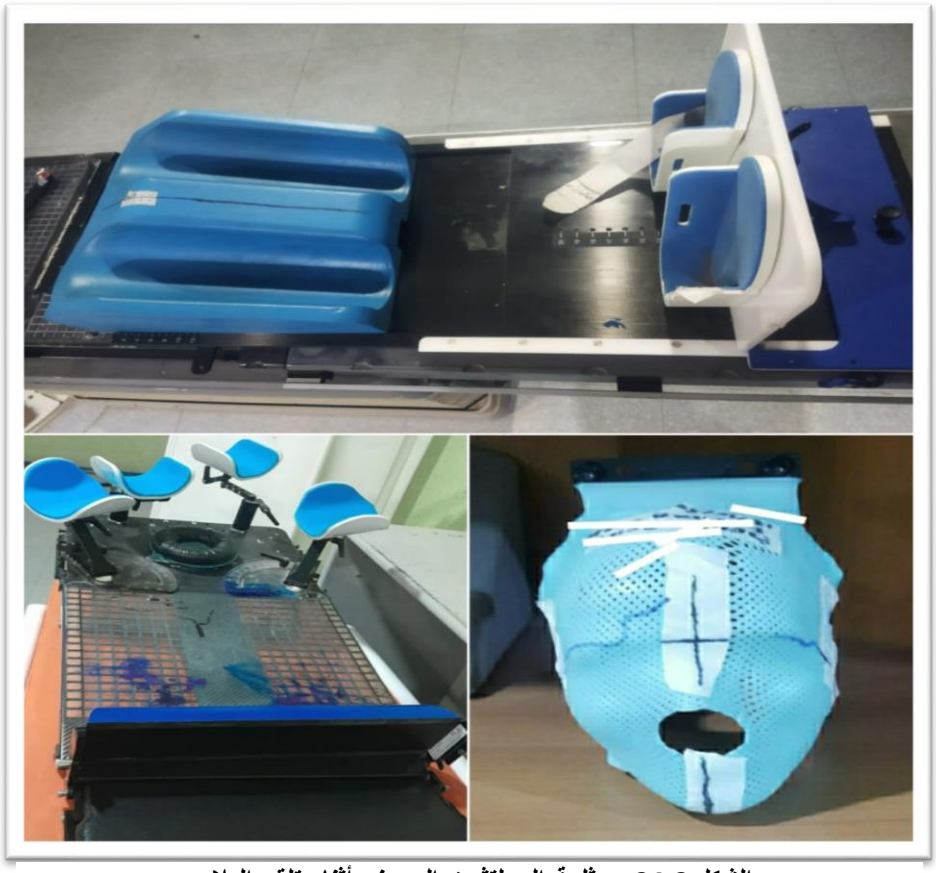
- **إجراءات السلامة:** الالتزام التام بالإشارات التحذيرية، ومنع دخول الأفراد غير المصرح لهم أثناء تشغيل الجهاز (**الشكل 3-23**):

الشكل 3-23: يمثل الإشارات التحذيرية لقسم العلاج الإشعاعي.

- **الحواجز الواقية:** تصميم الجدران بمواصفات خاصة حيث يتم استخدام خرسانة مسلحة أو رصاص بسمك محدد مثل: يقدر **سمك** جدران غرفة العلاج ب **2.5 متر** لتقليل التسرب الإشعاعي.

b. حماية وتثبيت المريض (Patient Immobilization): يوضح الشكل (**الشكل 3-24**):

- في حالة سرطان البروستاتا وسرطانات الرحم: يستعمل مسند للركبتين والساقين **(Cale-genoux ; Knee Fix)** لرفع الركبتين وتثبيت الساقين في وضعية مريحة وقابلة للتكرار.
- في حالة سرطان الثدي: يستعمل لوح مائل **(Breast Board)** يستلقى عليه المريض، وميله يساعد في عزل أنسجة الثدي المستهدفة وتقليل الجرعة الواصلة للأعضاء الحساسة مثل القلب والرئة.
- **في حالة سرطانات الرأس والرقبة:** توضع أقنعة بلاستيكية حرارية **(Masques Themoplastiques)** على المريض أثناء تلقي العلاج ومنها نوعين: أقنعة ذات **3 نقاط التثبيت** تستعمل لتغطية الوجه والجمجمة، وأقنعة للرأس والرقبة والكتفين ذات **5 نقاط التثبيت** تستعمل لحماية الأكتاف ولضمان عدم حركة القسم العلوي من الصدر والرقبة تماماً.



الشكل 3-24: يمثل قوالب لتثبيت المريض أثناء تلقي العلاج.

3.4 تنظيم بيانات تقرير عام 2025 م:

1. التصنيف الولايات:

التوزيع من قبل الولاية	استشارة التخدير	بدء العلاج	عدد الحصص	استشارات الحالات الجديدة	إيداع الملفات	الولايات
02	01	01	01	03		أدرار
		01			01	شلف
	02	05	**70**	09	15	*الاغواط*
		01	01	01	06	ام بواقي
01		01	01	02		باتنة
02		02		01	06	بجاية
01		03	03	04	06	بسكر
						بشار
		02	04	03	09	البليدة

البويرة		01				
تمنراست	16	10	24	06	08	09
تبسة	05	05	07	03	01	01
تلمسان			04			
تيارت	14	06	04	04	01	01
تيزي وزو			01			01
الجزائر	14	02	06	01		
جلفة	41	08	30	01		
جيجل	09	02	16			02
سطيف	04		03			
سعيدة						
سكيكدة	07	04	07	03		01
سيدي بلعباس	02				01	
عنابة	07					
قالمة	07	02		02		
قسنطينة	03	02		01		
مدية	05		01			
مستغانم						
مسيلة	07	02		02		01
معسكر						
ورقلة	**157**	**130**	**653**	**67**	**266**	**1550**
وهران		01				
البيض						
اليزي	02	03	05	01	01	01
برج بوعريريج	04	01			01	
بومرداس			01			
الطارف	02		02	01		
تندوف						
تسمسيلت	07					
الوادي	08	07	11	07	01	03
خنشلة	01	02		01		
سوق أهراس	05	01	01			
تيبازة	07	03	07	01		

ميلة	01	01	03			01
عين الدفلى	03	02	04			01
النعامة						
عين تيموشنت						
غرداية	103	77	278	33	10	16
غليزان					07	
تقورت	05		39	05	02	12
العدد الإجمالي	**489**	**295**	**1187**	**155**	**302**	**1606**

جدول 3-5: يمثل تصنيف الولايات لتقرير سنة 2025 م.

تحليل نتائج جدول الولايات:

- ✓ **التوزيع من قبل الولاية:** عدد الحالات المحولة أو المسجلة رسمياً.
- ✓ **استشارة التخدير:** مرحلة ما قبل الجراحة أو الإجراءات التداخلية.
- ✓ **بدء العلاج:** الحالات التي بدأت فعلياً في تلقي الخدمة العلاجية.
- ✓ **عدد الحصص:** اجمالي عدد الجلسات العلاجية المقدمة.
- ✓ **استشارة الحالات الجديدة:** تقييم المرضى للأول مرة.
- ✓ **إيداع الملفات:** إكمال الإجراءات الإدارية والطبية للمرضى.

2. الولايات الأكثر نشاطاً: نلاحظ تفاوتاً كبيراً بين الولايات وتبرز كل من ولاية ورقلة، الجلفة، الأغواط وتمنراست كأهم مراكز النشاط:

- ولاية ورقلة: سجلت أرقاماً استثنائية (653 حصة، 157 إيداع ملفات، 130 استشارة جديدة) مما يدل على أن ولاية ورقلة مركز ثقل رئيسي في هذا النشاط الطبي وقد تعكس هذه الأرقام تراكمات أو نشاطاً مكثفاً لمركز العلاج الإشعاعي.
- ولاية غرداية: سجلت نشاطاً مرتفع في إيداع الملفات (103) وعدد الحصص (278).
- ولاية الجلفة: نشاط مرتفع في إيداع الملفات (41 ملف) وعدد الحصص (30 حصة).
- ولاية الأغواط: سجلت نشاط كبير في عدد الحصص (70 حصة) رغم أن عدد الحالات الجديدة المسجلة 9 حالات فقط مما يشير إلى وجود عدد قليل من المرضى الذين يتلقون بروتوكولات العلاج المكثف.
- ولاية تمنراست: تظهر نشاطاً متوازناً وجيداً 24 حصة و16 ملف.

3. تحليل المسار العلاجي:

- الفرق بين التوزيع وبدء العلاج: من أصل 1606 حالة بدأ 155 مريض فقط العلاج فعلياً حوالي 9.6 وهذا يشير إلى أن قائمة الانتظار طويلة أو أن معظم الحالات الموزعة مازالت في مرحلة الفحص الأولي.

- معدل الحصص لكل مريض: معدل الحصص: بلغ متوسط الحصص للمريض الواحد حوالي 7.6 حصة (بناءً على 1187 حصة لـ 155 مريضاً بدأوا العلاج).

بعض الاستنتاجات:

- الضغط العالي في الجنوب: ولايات مثل ورقلة تمنراست والوادي (11 حصة) تظهر نشاطا مستمر يتطلب دعم طاقم الطبي هناك.
- ولاية ورقلة: الأرقام في ورقلة 1550 في خانة التوزيع تشير الى انها نقطة الجدب الرئيسية للمرضى في هذا الإقليم.
- تطوير نظام المواعيد: يوصى ببحث أسباب الفجوة بين إيداع الملفات 489 وبدء العلاج 155 لتسريع وتيرة التكفل بالمرضى.

4. الاستشارة السنوية لسنة 2025 م:

العدد الإجمالي	العدد الفرعي	الجنس	نوع النشاط	التخصص
295	00	E	انشاء الملفات حالة جديدة	العلاج الاشعاعي
	93	H		
	202	F		
1187	314	H	المتابعة العلاجية	
	873	F		
/	/	F	استشارات تخصيصية	طب الأورام النسائية
1606		E	ORL	جراحة الاورام
	577	H	الجراحة	
	1029	F	T .T.P	
			جراحة المسالك البولية	
60	60	H	استشارات ما قبل الجراحة	التخدير
	00	F		

جدول 3 -6: يمثل نتائج الإستشارة السنوية سنة 2025 م.

جلسات العلاج الإشعاعي (العلاج المكثف):

العدد الإجمالي	العدد الفرعي	الجنس	عدد جلسات العلاج	العلاج الاشعاعي
293	00	E	4701	
	90	H		
	203	F		

جدول 3 -7: يمثل جلسات العلاج الإشعاعي.

تحليل نتائج الاستشارة السنوية لسنة 2025 م:

1- بالنسبة للعلاج الإشعاعي:

- **أنشطة التشاور (المدخلات الجديدة):** تم تسجيل **295** حالة جديدة، حيث يلاحظ أن عدد النساء (202) يمثل أكثر من الضعف مقارنة بالرجال (93)، وذلك من واقع إنشاء ملفات حالة جديدة.

- **المتابعة العلاجية:** بلغ إجمالي حالات المتابعة **1187** حالة، مع هيمنة واضحة للنساء بـ 873 حالة مقابل 314 حالة للرجال.

2- الجراحة والتخصصات الأخرى:

- **جراحة الأورام**: يمثل هذا القسم الكتلة الأكبر من حيث عدد العمليات أو الاستشارات بـ **1606** نشاط.
- **التخصصات المشمولة:** تشمل التخصصات كلاً من: (الأنف والأذن والحنجرة **ORL**، الجراحة العامة، **T.T.P**، وجراحة المسالك البولية). **التوزيع الجنسي:** يظهر التوزيع تفوقاً عددياً للنساء بـ **1029** حالة مقابل **577** للرجال.
- **التخدير:** تم تسجيل **60** حالة للرجال في هذا القسم، بينما البيانات الخاصة بالنساء لم تسجل في هذه الخانة.

5. التوزيع العمري:

جراحة الاورام	حالات التخدير	عدد الحصص	استشارة العلاج الاشعاعي للحالات الجديدة	العمر
00	00	00	00	0-15
30	05	02	05	15-25
98	25	11	16	25-35
245	39	154	63	35-45
403	84	298	49	45-55
389	69	353	52	55-59
441	80	369	110	60-PLUS
1606	302	1187	295	TOTAL

جدول 3-8: يمثل التوزيع العمري سنة 2025 م.

تحليل نتائج التوزيع العمري:

1- نلاحظ أن اجمالي الحالات تم تسجيل في قسم جراحة الأورام أعلى عدد من النشاطات بـ **1606** حالة، يليه عدد حصص العلاج الإشعاعي بـ **1187** حصة، وفي حالات التخدير بلغت **302** حالة وهو رقم منطقي مقارنة بعدد العمليات الجراحية، حيث لا تتطلب كل حالة جراحية بالضرورة استشارة تخدير جديدة في نفس الفترة المرصودة، أو قد تكون الاستشارات خاصة بالعمليات الكبرى فقط .

2- **التحليل حسب الفئات العمرية :**يظهر الجدول علاقة طردية واضحة بين التقدم في السن وزيادة الحاجة للخدمة الطبية الخاصة بالأورام.

3- الفئة الأكثر عرضة (60 سنة فما فوق) تمثل هذه الفئة الذروة في جميع المؤشرات خاصة في جراحة الأورام (441 حالة) والعلاج الإشعاعي (110استشارة جديدة و369 حصة) .هذا يعكس طبيعة أمراض الأورام التي تزداد معدلات الإصابة بها مع تقدم السن، وبالنسبة لفئة منتصف العمر (35-55 سنة)

نلاحظ قفزة كبيرة في عدد الحصص للعلاج الإشعاعي في الفئة العمرية (45-55 سنة) حيث بلغت **298** حصة، ووصلت في الفئة (55-59) إلى **353** حصة .هذا يشير إلى أن هذه الفئات تخضع لبروتوكولات علاجية مكثفة وطويلة الأمد .الفئات الشابة والأطفال (0-25 سنة) : سجلت أقل معدلات نشاط حيث كانت الأرقام شبه منعدمة في فئة الأطفال (0-15) بـ **30** حالة جراحية فقط .مؤشرات العلاج الإشعاعي الاستشارات الجديدة مقابل الحصص: هناك **295** استشارة جديدة للعلاج الإشعاعي أدت إلى **1187** حصة علاجية.

6. تصنيف المناطق المصابة:

جراحة الأورام حسب الموقع CAS	أنشطة المركز حسب الموقع CAS	العلاج حسب الموقع CAS	عدد الحالات الجديدة حسب الموقع CAS	تصنيف المناطق المصابة		
03	28	04	26	إصابة دماغية اولية		
04	05	00	01	الانف		إصابة الانف والاذن والحنجرة
	03	00	05	الحنجرة		
23	15	02	03	الى اخره		
02	03	01	07	الرئة		إصابة الصدرية
425	117	97	151	الثدي		
	01		01		المريء	
	01	12	01		معدة	
250		09	14	الى اخره		
27	14	00	12	مستقيم		إصابة الحوض
11	00	00	00	القناة الشرجية		منطقة الحوض
210	01	00	02	الى اخره		
32	12	06	11	عنق الرحم		إصابة منطقة الحوض النساء
119	20	03	05	بطانة الرحم		
169	02		01	الى اخره		
35	24	15	41	البروستات		إصابة الحوض في الجهاز البولي
	01		02	المثانة		
288	09	01		الى اخره		
	01					إصابة الانسجة الرخوة
	15	02	02			إصابة العظام

إصابات الدموية	HDK	05	00	00	
	LM.N .H				
	الى اخره	05	02		08
المجموع الاجمالي	-	**295**	**155**	**21**	**1606**

جدول 3-9: يمثل تصنيف المناطق المصابة.

تحليل نتائج تصنيف المناطق المصابة: تقرير تحليل نتائج تصنيف المناطق المصابة والنشاط الطبي توضح الجداول المسجلة توزيع الحالات وفقاً لنوع الإصابة والتدخل الطبي: المؤشرات العامة للمركز الحالات الجديدة: 295 حالة .العلاج حسب الموقع: 155 حالة .أنشطة المتابعة: 21 حالة .جراحة الأورام: 1606 إجراء جراحي (الرقم الأكبر، مما يؤكد التوجه الجراحي القوي للمركز) .تحليل الإصابات حسب المناطق (الأكثر شيوعاً) تتصدر إصابات الصدر والحوض المشهد الإحصائي كالتالي :سرطان الثدي (الصدر) : يمثل 151 حالة جديدة من أصل 295 (أكثر من 50% من الحالات الجديدة) .سجل 425 إجراءً جراحياً، مما يجعله النشاط الرئيسي للمركز . إصابات الحوض (الهضمي والنسائي) :الجهاز الهضمي السفلي: نشاط جراحي ملحوظ في المستقيم والقناة الشرجية (27 و11 حالة جراحية تواليا) .الجهاز التناسلي الأنثوي: 320 إجراءً جراحياً لحالات عنق الرحم وبطانة الرحم، مع تسجيل 17 حالة جديدة . الجهاز البولي (البروستات) :تحليل 41 حالة جديدة لسرطان البروستات مع 35 عملية جراحية، ليحتل المرتبة الثانية بعد سرطان الثدي من حيث عدد الحالات الجديدة . وكذلك في تحليل الأنشطة الطبية والجراحية عند الكثافة الجراحية يُلاحظ ارتفاع عدد الجراحات (1606) مقارنة بالحالات الجديدة (295)، مما يشير إلى أن المركز يستقبل حالات محولة من مراكز أخرى للجراحة فقط، أو أن المرضى يخضعون لعدة تدخلات ومتابعات دقيقة .وفي الإصابة الدماغية: سجلت 26 حالة جديدة و28 نشاطاً مركزياً، لكن التدخل الجراحي فيها محدود جداً (3 حالات فقط)، مما يدل على أن أغلبها يعالج كيميائياً .إصابات الأنف والأذن والحنجرة: نشاط جراحي جيد مقارنة بعدد الحالات، بواقع 23 عملية .الحالات الدموية: سجلت أكثر من 10 حالات جديدة، مع انعدام النشاط الجراحي تقريباً (8 فقط)، حيث يعتمد علاجها بشكل أساسي على البروتوكول الطبي والكيميائي .ويعتبر سرطان الثدي العبء الأكبر على المركز من حيث التشخيص (الحالات الجديدة)، بينما تمثل جراحة أورام الثدي والجهاز التناسلي والبولي الكتلة الأكبر من العمليات المنفذة.

7. نشاط مركز مكافحة السرطان_العلاج الإشعاعي:

استشارة العلاج الاشعاعي	**1187**
عدد المرضى الذين تم علاجهم	**295**
عدد الجلسات التي تم اجراؤها – العلاج الاشعاعي	**4701**
عدد المرضى الذين تم تسريع حالتهم في وحدة التسريع	**155**

جدول 3-10: نشاط مركز مكافحة السرطان سنة 2025 م.

تحليل نتائج نشاط مركز مكافحة السرطان:

- متوسط العلاج :تم إجراء**4701** جلسة لـ **295**مريضاً، بمعدل **16**جلسة لكل مريض، وهو معدل طبيعي ضمن المعايير الدولية **(5-35 جلسة)** .
- تحويل الاستشارات :تم استقبال **1187**استشارة، انتقل **25%**منهم فقط للعلاج الفعلي بالمركز، بينما وُجِّه البقية لمراكز أخرى أو لم ينطبق عليهم شروط العلاج الإشعاعي .
- كفاءة "وحدة التسريع :"تم التعامل مع **52.5%** من المرضى **(155 مريضاً)** كحالات عاجلة أو ذات أولوية، مما يعكس سياسة نشطة لتقليل قوائم الانتظار .
- الاستنتاج العام :يُظهر المركز سرعة استجابة طبية عالية، وقدرة متميزة على استيعاب الحالات الجديدة مع الحفاظ على معايير الدقة والحماية الإشعاعية رغم ضغط العمل.

8. حصص العلاج الإشعاعي (مؤتمر 2025 م):

طبيب	الانسجة الرخوة	الصدر	الثدي	منطقة الحوض	الأنف والأذن والحنجرة	حالات مستعجلة	اخرى	الاجمالي
DR T	-	-	35	06	-	04	04	49
DR D	-	06	43	34	02	09	25	120
DR S	-	01	14	07	-	05	01	28
DR B	-	-	21	07	-	-	01	29
DR BE	-	01	04	02	-	01	-	08
DR OS	-	-	25	15	01	05	15	61
الاجمالي	**295**							

جدول 3-11: يمثل حصص العلاج الإشعاعي سنة 2025 م.

تحليل أداء وتوزيع الأطباء (حجم العمل) يظهر التقرير تفاوتاً كبيراً في توزيع الحالات بين الأطباء، حيث:

- المشهد التشغيلي :الأكثر نشاطاً :الدكتور DR D بمعدل 120 حالة، ما يمثل 40.6% من إجمالي العمل في المركز
- المركز الثاني :الدكتورDR OS بإجمالي 61 حالة .
- الأقل نشاطاً :سجل الدكتور DR BEأدنى معدل بـ 8حالات فقط.

التوزيع حسب التخصص الطبي ونوع الحالات: تم تحليل الحالات بناءً على نوع المرض، وجاءت النتائج كالتالي:

- سرطان الثدي :يمثل الكتلة الأكبر بـ **142**حالة، وهو التخصص الأكثر طلباً للعلاج الإشعاعي في المركز .
- الحالات الطارئة (المستعجلة) :تم التعامل مع 24حالة، كان نصيب DR D هو الأكبر بـ 9حالات .
- منطقة الحوض :جاءت في المرتبة الثانية من حيث الأهمية النوعية بإجمالي 71حالة.

الملاحظات الاستنتاجية والتوصيات:

- التركيز التخصصي :يعتمد نشاط المركز بشكل أساسي على حالات الثدي والحوض، حيث تشكل هذه الفئات الغالبية العظمى من العمل .
- الضغط التشغيلي :هناك ضغط واضح وغير متوازن على **DR D**، حيث يعادل حجم عمله تقريباً عمل بقية الأطباء.

9. أنشطة فنيي العلاج الإشعاعي:

الجهاز Machine	عدد المرضى	الجهاز Machine	عدد المرضى	اسم الفني Manipulateurs
المسرع الخطي	-	جهاز المحاكاة	269	**H T**
المسرع الخطي	-	جهاز المحاكاة	24	**F H**
المسرع الخطي	-	جهاز المحاكاة	-	**M K**

جدول 3-12: أنشطة فنيي العلاج الإشعاعي سنة 2025 م.

تحليل نتائج فنيي العلاج الإشعاعي: يقارن هذا الجدول بين أداء ثلاثة فنيين (يرمز لهم بـ KM، TH،HF) على جهازين أساسيين:

المسرع الخطي :(Accélérateur Linéaire) مخصص للعلاج .

جهاز المحاكاة :(Simulateur) مخصص للتخطيط وتحديد الجرعات.

تفاوت كبير في الإنتاجية :الفني (TH) هو الأكثر نشاطاً بفارق شاسع، حيث تعامل مع **269**مريضاً، مما يجعله العمود الفقري لهذا القسم خلال عام 2025، والفني (HF) قام بنشاط محدود جداً مقارنة بزميله، حيث تعامل مع **24**مريضاً فقط، والفني (KM) لم يسجل أي نشاط في الخانات الظاهرة.

3.5 تنظيم بيانات تقرير عام 2024 م:

1. تصنيف الولايات:

المتابعة	حالات التخذير	التوزيع حسب الولاية	عدد الحصص	أنشطة العلاج الاشعاعي	إيداع الملفات	الولايات

ادرار	01	05	09	02		01
شلف	05		03	01		
الاغواط	19	12	**32**	04		02
ام بواقي	04	03	01	02		01
باتنة	02	01	01	01		01
بجاية	01	02	07			
بسكرة	07	03	12		03	
بشار	01					
البليدة	02					
البويرة	01		29			
تمنراست	16	08	16	02	04	02
تبسة	01		13		02	02
تلمسان		01	15	01		
تيارت	06	10	01	06		
تيزي وزو		01	05		01	
الجزائر	05	06	21	01	02	
جلفة	25	10	06	06	01	
جيجل	08	04	10	02		01
سطيف	16	07		04		
سعيدة			01			
سكيكدة	03	01		01		
سيدي بلعباس			02			
عنابة		02		01		01
قالمة	03	02	03	01		
قسنطينة	01	04	01	02		
مدية	02	01	01			
مستغانم	02	01	03			
مسيلة	07	01	02		**01**	
معسكر			561			
ورقلة	**168**	**115**	**01**	**65**	**287**	**1585**
وهران		02	10	01		
البيض	01	07	08			
اليزي	04	02	01	02	01	05

برج بوعريريج	07		08	01		01
بومرداس						
الطارف	01		15			
تندوف		02	02			
تيسمسيلت	02		02	01		
الوادي	10	09		06	01	05
خنشلة	01	01	02			
سوق هراس	01	01				
تيبازة	07	04		04		
ميلة	03			01		
عين الدفلى	01					
النعامة			**205**			
عين تموشنت						
غرداية	**120**	**72**	**25**	**38**	**20**	**30**
غليزان	02					
تقورت	06		25			
العدد الاجمالي	**472**	**300**	**1026**	**156**	**323**	**1637**

جدول 3-13: تصنيف الولايات سنة 2024 م.

2. أنشطة الاستشارات لعام 2024 م:

العدد الإجمالي	العدد	الجنس	نشاط الاستشارة	التخصص
300		E	انشاء الملفات حالة جديدة	العلاج الإشعاعي
	82	**H**		
	218	**F**		
1026	**289**	**H**	حالات المراجعة	
	737	**F**		
/	/	F	استشارات تخصيصية	طب الأورام النسائية
1637		E	الانف والاذن والحنجرة	جراحة الاورام
	356	H		
	1281	F	الجراحة	
			T .T.P	

			المسالك البولية	
323	46	H		التخدير
	277	F		
العدد الإجمالي	العدد الفرعي	الجنس	عدد الجلسات العلاج	العلاج الاشعاعي
357		E	4834	
	105	H		
	252	F		

جدول3-14: أنشطة الإستشارات سنة 2024 م.

3. جدول توزيع الفئات حسب الفئات العمرية:

فحص المتابعة (جراحة الأورام)	حالات التخدير	التقرير السنوي لعام 2024	فحوصات المتابعة	استشارة العلاج الاشعاعي للحالات الجديدة – انشاء ملف	العمر
00	00	01	02	01	**سنة 0-15**
29	06	00	11	02	**سنة15-25**
135	18	01	21	23	**سنة25-35**
271	47	18	152	52	**سنة35-45**
463	86	39	228	56	**سنة45-55**
386	81	38	232	57	**سنة55-59**
353	85	59	380	109	**60 سنة فما فوق**
1637	**323**	**156**	**1026**	**300**	**العدد الإجمالي**

جدول 3-15: يمثل عدد الإصابات حسب الفئات العمرية سنة 2024 م.

4. تصنيف المناطق المصابة:

حالات التخدير	استشارة جراحة الأورام	أنشطة المركز	توزيع الحالات حسب الموقع	بيانات المسرع الخطي	توزيع الحالات الجديدة	تصنيف المناطق المصابة

							حسب الموقع	
-	01	09	03	01	29		إصابة دماغية اولية	
-	02	07	-	41	06	الانف		إصابة الانف والاذن والحنجرة
-	-	03	06	01	01	الحنجرة		
03	16	12	-	04	07	الى اخره		
-	-	08	01	03	09	الرئة		إصابة الصدرية
76	547	159	103	497	160	الثدي		
-	-	02	-	-		هضمي	المريء	
02	02	02	01	-			معدة	
125	298	02	10	138		الى اخره		
09	32	15	01	21	11	مستقيم		إصابة الحوض
-	03	03	-	-	-	القناة الشرجية		
70	339	03	02	96	02	الى اخره		
12	45	22	06	31	14	عنق الرحم		إصابة الحوض النسائية
16	96	01	02	04	07	بطانة الرحم		
05	171	01	-	56	02	الى اخره		
02	33	27	16	105	34	البروستات		إصابة الحوض في الجهاز البولي
-	-	02	-	-	03	المثانة		
02	51	01	-	26		الى اخره		
-	-	02	02	-	01			إصابة الانسجة الرخوة
-	01	05	03	02	02			إصابة العظام
-	-	-	-	-	03	HDK		إصابات الدموية
01	-	-	-	-	-	LM.N .H		
-	-	-	-	-	90	الى اخره		
323	**1637**	**357**	**156**	**1026**	**300**	**-**		**المجموع الاجمالي**

جدول 3-16: تصنيف المناطق المصابة سنة 2024 م.

نشاط مكافحة السرطان:

1026	فحوصات العلاج الاشعاعي

عدد المرضى المتكفل بهم	**300**
عدد الجلسات المنجرة – علاج اشعاعي	**4834**
عدد المرضى المتكفل بهم – المسرع (Accélérateur)	**156**

جدول 3-17: يمثل نشاط مكافحة السرطان سنة 2024 م.

5. نتائج جدول البيانات الإحصائية للفنيين:

اسم الفني Manipulateurs	عدد المرضى	الجهاز Machine	عدد المرضى	الجهاز Machine
T H	189	جهاز المحاكاة	-	المسرع الخطي
HF	171	جهاز المحاكاة	-	المسرع الخطي
KM	98	جهاز المحاكاة	-	المسرع الخطي

جدول 3-18: نتائج البيانات الإحصائية للفيين سنة 2024 م.

6. جدول احصائي سنوي لعام 2024 م خاص بمركز مكافحة السرطان:

الطبيب	الانسجة الرخوة	الصدر	الثدي	الحوض	الانف والاذن والحنجرة
DR T	-	-	06	01	
DR D	-	02	48	39	08
DR S	-	04	47	23	03
DR B	-	01	27	05	
DR BE	-	-	15	04	
المجموع الكلي	**300**				

جدول 3-19: يمثل احصائيات سنة 2024 م خاص بمركز مكافحة السرطان.

3.5.1 تحليل نتائج تقارير سنة 2024 م:

1. **المؤشرات التشغيلية الكلية لعام 2024:** يعكس المركز نشاطاً مكثفاً، خاصة في خدمات المتابعة والعلاج الإشعاعي:
   - **إجمالي الملفات الجديدة: 300** حالة .
   - **إجمالي جلسات العلاج الإشعاعي:** 4834 جلسة .
   - **استشارات جراحة الأورام:** 1637 استشارة (النشاط الأعلى عدداً).

- **حالات التخدير:** 323 استشارة
- **متوسط الحصص للمريض:** تلقى كل مريض تقريباً 16 حصة علاجية.

2. **التوزيع الجغرافي والديموغرافي:**

- **المناطق الأكثر نشاطاً:** تصدرت **غرداية (120 ملفاً)، تليها الجلفة (25 ملفاً) والأغواط (19 ملفاً) .**
- **التوزيع حسب الجنس: هيمنة واضحة للإناث،** حيث يمثلن **78%** من حالات جراحة الأورام و**72%** من الحالات الجديدة للعلاج الإشعاعي .
- **التوزيع العمري:** تزداد الحاجة للخدمات مع التقدم في السن، حيث تمثل **الفئة أكبر من 60 سنة** الكتلة الأكبر من المرضى (380 فحص متابعة).

3. **تصنيف الإصابات والنشاط التقني:** أظهرت البيانات تركيزاً علاجياً على أنواع محددة من الأورام:

- **سرطان الثدي:** هو المحرك الرئيسي للمركز بنسبة **53%** من الحالات الجديدة **(160 حالة)** وأعلى استهلاك لموارد المسرع الخطي (497 نقطة).
- اصابات الحوض: تأتي في المرتبة الثانية، مع بروز **حالات البروستات (34 حالة جديدة) وعنق الرحم .**
- **الاستخدام التقني:** تم علاج **52%** من المرضى (156 مريضاً) باستخدام تقنية المسرع الخطي **(Accélérateur).**

4. **تحليل أداء الطاقم الطبي والفني:**

- **الأطباء:** برز Dr. D كأكثر الأطباء نشاطاً بـ 169 حالة في الاستشارات و97 حالة في العلاج الإشعاعي .
- **الفنيون(Manipulateurs) :** تركز نشاط الفنيين المسجلين في التقرير على جهاز المحاكاة **(Simulator)** بإجمالي **458** مريضاً، وكان **الفني H.T الأكثر إنتاجية (189 مريضاً).**

3.6 تنظيم بيانات تقرير عام 2023 م:

1. جدول تصنيف الولايات:

استشارة الرقابة (جراحة الأورام)	التوزيع حسب الولاية	استشارة التخدير	وضع تحت العلاج	استشارات الرقابة	استشارات الحالات الجديدة	إيداع الملفات	الولايات
01	-	01	03	12	06	04	ادرار
-	-	-	04	11	06	02	شلف
04	-	01	12	**121**	21	15	*الاغواط*
-	-	-	01	-	-	08	ام بواقي
03	-	-	-	02	03	-	باتنة

بجاية	-	-	-	-	-	01	-
بسكرة	04	04	02	01	-	04	01
بشار	01	-	09	-	-	-	-
البليدة	01	-	05	-	-	-	-
البويرة	-	-	-	-	-	-	-
تمنراست	17	15	32	09	04	04	24
تبسة	06	05	12	03	05	-	04
تلمسان	04	-	01	-	-	-	-
تيارت	13	08	19	06	01	02	02
تيزي وزو	05	-	-	-	-	02	03
الجزائر	06	08	01	05	-	-	-
جلفة	01	08	57	05	01	**01**	-
جيجل	11	01	10	02	-	-	-
سطيف	03	03	04	02	-	**01**	-
سعيدة	-	-	-	-	-	-	-
سكيكدة	02	05	01	01	-	01	01
سيدي بلعباس	-	-	-	-	-	-	-
عنابة	01	01	02	01	-	-	01
قالمة	-	-	02	-	-	-	-
قسنطينة	02	03	04	-	-	-	-
مدية	03	01	-	-	-	-	-
مستغانم	-	01	-	-	-	-	-
مسيلة	01	02	-	-	-	-	-
معسكر	-	-	-	-	-	-	-

ورقلة	**117**	**105**	**632**	**180**	**748**	**574**	**1680**
وهران	01	01	01	-	-	-	-
البيض	02	01	-	-	-	-	-
اليزي	03	02	03	01	-	01	03
برج بوعريريج	-	-	-	-	-	-	-
بومرداس	-	01	-	01	-	-	-
الطارف	02	01	-	-	-	-	-
تندوف	-	-	-	-	-	-	-
تيسمسيلت	-	01	-	-	-	-	-
الوادي	04	03	08	04	04	-	04
خنشلة	-	-	-	-	-	-	**01**
سوق هراس	01	04	06	02	-	-	-
تيبازة	01	03	19	02	**02**	**01**	-
ميلة	02	04	03	01	-	-	-
عين الدفلى	02	01	-	01	-	-	-
النعامة	-	-	-	-	-	-	-
عين تموشنت	-	-	-	-	-	-	-
غرداية	**84**	**75**	**251**	**47**	**21**	**06**	**09**
غليزان	04	-	-	-	04	**03**	**10**
تقورت	-	-	-	-	-	-	-
العدد الاجمالي	**333**	**303**	**1230**	**294**	**792**	**600**	**1754**

جدول 3-20: يمثل تصنيف الولايات سنة 2023 م.

2. الاستشارات السنوية لعام 2023 م:

العدد الإجمالي	العدد	الجنس	نشاط الاستشارة	التخصص
303		E	انشاء الملفات حالة جديدة	العلاج الإشعاعي
	118	H		
	185	F		
1230	317	H	حالات المراجعة	
	931	F		
591	591	F	استشارات تخصيصية	طب الأورام النسائية
1754		E	الانف والاذن والحنجرةORL	جراحة الاورام
	503	H	الجراحة	
	1251	F	T .T.P	
			المسالك البولية	
792	275	H	استشارات ما قبل الجراحة	التخدير
	517	F		

جدول 3-21: الإستشارات السنوية لسنة 2023 م.

القسم	النشاط	Hرجال	Fنساء	المجموع الفرعي	المجموع الكلي للقسم
العلاج الإشعاعي	ملفات جديدة	118	185	303	**1533**
	حالات المتابعة	317	913	1230	**-**
أورام النساء	استشارات تخصيصية	-	591	591	**591**
جراحة الأورام	المسالك، T.T.P، الجراحة، ORL البولية	503	1251	1754	**1754**
التخدير	استشارات ما قبل الجراحة	275	517	792	**792**

جدول 3-22: يمثل المناطق المصابة لسنة 2023 م.

3. جدول توزيع الفئات العمرية:

طب النساء	استشارة المتابعة (جراحة الأورام)	استشارة التخدير	المسرع CLINAC2100	فحوصات المتابعة	استشارة العلاج الاشعاعي للحالات الجديدة – انشاء ملف	العمر
00	02	00	00	02	00	سنة 0-15

سنة15-25	00	01	00	08	14	01
سنة25-35	12	35	05	50	141	24
سنة35-45	45	137	47	107	286	117
سنة45-55	67	351	69	162	407	191
سنة55-59	66	307	85	207	418	152
60سنة فما فوق	111	397	88	258	486	115
المجموع الكلي	**303**	**1230**	**294**	**792**	**1754**	**600**

جدول 3-23: يمثل توزيع الفئات العمرية لسنة 2023 م.

4. جدول تصنيف المناطق المصابة:

تصنيف المناطق المصابة			توزيع الحالات الجديدة حسب الموقع	استشارة المتابعة العلاج الاشعاعي	التوزيع حسب الموقع	نشاطات التمركز	استشارات التخدير	استشارات جراحة الاورام	استشارات طب النساء
إصابة دماغية اولية			30	18	04	20	21	09	-
إصابة الانف والاذن والحنجرة	الانف		04	29	02	05	26	70	-
	الحنجرة		04	28	07	05	03	38	-
	الى اخره		03	11	-	12	31	92	-
الاصابة الصدرية	الرئة		06	01	01	08	02		-
	الثدي		156	726	132	137	240	648	05
	هضمي	المريء	-	-	-	-	-		-
		معدة	-	-	-	-	04	16	
	الى اخره		04	42	64	11	129	267	-
إصابات الحوض	مستقيم		26	53	14	33	18	19	-
	القناة الشرجية		01	09	-	01	-	-	-
	الى اخره		04	20	18	08	112	214	-
إصابات الحوض للنساء	عنق الرحم		06	65	03	17	61	69	288
	بطانة الرحم		02	30	05	01	52	46	208
	الى اخره		-	18	10	02	32	97	99
إصابة الحوض في الجهاز البولي	البروستات		48	128	23	32	06	63	-
	المثانة		01	-	05	04	-		-
	الى اخره		03	15	-	02	52	101	-
إصابة الانسجة الرخوة			03	-	-	04	-	-	-
إصابة العظام			02	34	01	15	03	01	-
الإصابات الدموية	HDK		-	03	02	02	-		-
	LM.N .H		-	-	01	-	-		-
	الى اخره		-	-	02	-	-	04	-
حالات الطوارئ	-		-	-	-	44	-	-	-

المجموع الاجمالي	-	303	1230	294	633	792	1754	600

جدول 3-24: يمثل تصنيف المناطق المصابة 2023 م.

5. استشارات مركز مكافحة السرطان:

طبيب	الانسجة الرخوة	الصدر	الثدي	الحوض	الانف والاذن والحنجرة	الحالات المستعجلة	حالات أخرى	الإجمالي
DR T	-	01	19	02	-	01	03	26
DR D	04	01	13	13	01	-	13	45
DR S	01	01	10	10	-	02	10	35
DR BE	-	-	04	02	-	06	15	47
الاجمالي	153							

جدول 3-25: يمثل استشارات مركز مكافحة السرطان لسنة 2023 م.

6. أنشطة فنيي العلاج الإشعاعي:

الجهاز Machine	عدد المرضى	الجهاز Machine	عدد المرضى	اسم الفني Manipulateurs
المسرع الخطي	-	جهاز المحاكاة	213	T H
المسرع الخطي	-	جهاز المحاكاة	210	HF
المسرع الخطي	-	جهاز المحاكاة	208	KM

اسم الفني	الجهاز	عدد المرضى	نسبة الإنجاز من الإجمالي
TH	جهاز المحاكاة	213	33.8%
HF	جهاز المحاكاة	210	33.3%
KM	جهاز المحاكاة	208	32 .9%
المجموع		631	100%

جدول 3-26: يمثل أنشطة فنيي العلاج الإشعاعي لسنة 2023 م.

7. جدول احصائي سنوي لعام 2023 م خاص بمركز مكافحة السرطان:

الطبيب	الانسجة الرخوة	الصدر	الثدي	الحوض	الانف والاذن والحنجرة	الحالات المستعجلة	أخرى	المجموع
DR T	-	-	22	06	01	01	-	30
DR D	-	01	10	15	04	07	06	43
DR S	02	04	11	05	03	05	12	42

DR BE	-	02	30	04	-	02	06	44
المجموع الكلي	-	-	-	-	-	-	-	159

جدول 3-27: يمثل احصائيات سنوية خاصة بمركز مكافحة السرطان لسنة 2023 م.

3.6.1 تحليل نتائج تقرير عام 2023 م:

يشير التقرير الإحصائي السنوي لمركز مكافحة السرطان **لعام 2023** إلى نشاط طبي مكثف يعكس دور المركز كقطب جهوي رئيسي في منطقة الجنوب الجزائري، حيث سجلت ولاية ورقلة أعلى معدلات النشاط بـ **117 ملفاً** مودعاً و**105 حالة جديدة**، تليها ولاية غرداية بـ **84 ملفاً** و**75 حالة جديدة**. وقد بلغ إجمالي الحالات الجديدة المسجلة خلال السنة **303** حالة، في حين وصلت استشارات الرقابة والمتابعة إلى **1230 استشارة**، مما يعكس نظام متابعة دوري فعال يفوق عدد الحالات الجديدة بأربعة أضعاف. كما شهد قسم جراحة الأورام الضغط التشغيلي الأكبر بإجمالي 1754 استشارة، وهو الرقم الأعلى في المركز، ترافق مع **792 استشارة تخدير و600 استشارة في طب النساء**. وعلى صعيد التحليل النوعي، يبرز سرطان الثدي كالمحرك الأساسي للنشاط بـ **156 حالة جديدة**، وهو ما يمثل أكثر من **50%** من إجمالي الحالات الجديدة، مع الأمراض النسائية واضحة في مختلف الأقسام، حيث تمثل النساء حوالي **71%** من حالات الجراحة و**74%** من حالات المتابعة. ومن الناحية التقنية، أظهر المركز كفاءة عالية في استخدام المسرع الخطي (CLINAC2100) الذي استقبل **294 مريضاً** من أصل **303** (بنسبة اعتماد بلغت **97%**)، مع تنفيذ **6022** جلسة علاجية بمعدل **20 جلسة لكل مريض**، كما تم إجراء **371** عملية تمركز لتحديد مسارات العلاج. أخيراً، كشفت البيانات العمرية عن علاقة طردية بين التقدم في السن وزيادة الطلب على الخدمات، حيث كانت الفئة العمرية **فوق 60 سنة** هي الأكثر استهلاكاً للموارد الطبية بـ **486 حالة متابعة جراحية** و**397 فحص متابعة**.

3.7 ملخص حول البيانات الإحصائية لتقارير المركز خلال الفترة (2023 م-2025 م):

تُظهر البيانات الإحصائية للمركز خلال الفترة الممتدة بين عامي **2023 م** و**2025 م** حالة من الاستقرار النسبي في معدل استقبال الحالات الجديدة بمتوسط سنوي يقدر بنحو **300 حالة**، في مقابل تصاعد ملحوظ في حجم النشاط الإداري والتقني؛ حيث ارتفع عدد الملفات المودعة ليصل إلى **489 ملفاً** بحلول **عام 2025 م**. ويعكس هذا التباين بين الحالات الجديدة ونشاط المتابعة كفاءة نظام الرقابة الدوري للمرضى، لا سيما في قسم جراحة الأورام الذي سجل أعلى مستويات الاستشارة بمتوسط يتجاوز **1600 استشارة سنوياً**. أما على الصعيد التقني، فقد شهدت جلسات العلاج الإشعاعي ضغطاً تشغيلياً كبيراً، حيث ارتفعت من **3515 إجراءً** في **2023 م** إلى قرابة **4701 جلسة في 2025**. وجغرافياً، استمرت ولاية **ورقلة** في صدارة المناطق الأكثر طلباً للخدمات، تليها ولاية **غرداية**، مع تسجيل نشاط متزايد لولايتي **الجلفة** و**الأغواط**. ومن الناحية الديموغرافية، كشفت الإحصائيات عن هيمنة مستمرة **لفئة النساء** في مختلف الأقسام، خاصة في حالات **سرطان الثدي** التي مثلت الثقل الأكبر في تخصص العلاج الإشعاعي بنسبة وصلت إلى **47.6%** من إجمالي الحالات في عام **2024 م**.

3.8 مناقشة نتائج الدراسة:

1. تحليل التوزيع الجغرافي والديموغرافي للمرضى:

تبيّن من خلال إحصائيات الولايات أن ولاية ورقلة تستقطب النسبة الأكبر من الحالات، تليها ولايات غرداية، الجلفة، والأغواط. هذا التوزيع يؤكد أن مركز مكافحة السرطان **(CAC)** بورقلة يلعب دوراً محورياً كقطب صحي جهوي وحيد في الجنوب الشرقي الجزائري، مما يفسر حجم التدفق المستمر والضغط العملي الكبير على المصلحة.

كشفت النتائج المتعلقة بتصنيف المناطق المصابة عن تسجيل نسب عالية لسرطان الثدي (تتجاوز **41%**). وتتوافق هذه النتيجة مع المؤشرات الوبائية الوطنية، وتفرض على الفيزيائي الطبي توجيه اهتمام خاص ببروتوكولات التخطيط والعلاج الإشعاعي لحالات الثدي، نظراً للحاجة الملحة لحماية الأعضاء الحساسة المجاورة **(Organ at Risk)** مثل الرئتين والقلب.

2. تقييم الكفاءة التشغيلية والسريرية للمركز:

أظهرت البيانات الاعتماد شبه الكلي (بنسبة تقارب **91%**) على المسرع الخطي (**CLINAC 2100C**) في تقديم العلاج، مع استقرار في عدد المرضى وتزايد ملحوظ في عدد الجلسات الإجمالية سنويًا. هذا يدل على الاستغلال الأمثل والتنسيق العالي بين الطاقم الطبي والفيزيائي وفنيي الأشعة لاستيعاب الحالات المتزايدة.

يلاحظ من النتائج أن عدد استشارات المراقبة والمتابعة تفوق الحالات الجديدة بأربعة أضعاف. تعكس هذه النسبة نجاح نظام الرعاية البعدية بالمركز، وهو أمر بالغ الأهمية في الفيزياء الطبية لمراقبة الاستجابة الورمية للعلاج ورصد أي آثار جانبية أو سمية إشعاعية متأخرة على الأنسجة السليمة.

إن هذا الحجم المكثف من الجلسات العلاجية (الذي يتجاوز **4000** جلسة في بعض الفترات) يتطلب تطبيقاً صارماً لبروتوكولات ضمان الجودة (**Quality Assurance**) والمعايرة الدورية لغرف التأين وفقاً للمراجع الدولية (مثل **IAEA TRS-398**). يساهم هذا الالتزام في تقليل نسب عدم اليقين في قياس الجرعة الممتصة وتفادي أي انحرافات قد تؤثر على سلامة المريض أو دقة توجيه الحزمة الإشعاعية نحو الحجم الورمي المستهدف.

3.9 التوصيات والاقتراحات:

1. الجانب التقني والعلاجي:

الإسراع في الانتقال من تقنيات العلاج التقليدي ثنائي وثلاثي الأبعاد إلى التقنيات المتقدمة والأكثر دقة مثل العلاج الإشعاعي ذو الشدة المعدلة **(IMRT)** والعلاج الموجه بالصور **(IGRT)**، لرفع الجرعة الممتصة داخل الأورام وحماية الأعضاء السليمة المجاورة.

تحديث برمجيات أنظمة التخطيط الحسابي **(TPS)** لتبني خوارزميات حسابية حديثة تضمن دقة توزيع الجرعات في الأوساط غير المتجانسة.

2. الجانب الرقابي وضمان الجودة:

التطبيق الصارم والدوري لبروتوكولات ضمان الجودة للمسرعات الخطية وغرف التأين وفقاً للمراجع الدولية **(IAEA TRS-398 وAAPM TG-142)**.

إدخال أنظمة قياس الجرعات داخل جسم المريض **(In Vivo Dosimetry)** للتحقق الفعلي والآني من تطابق الجرعة المعطاة مع الجرعة المخططة أثناء الجلسات.

الاستمرار في أعمال المراقبة الإشعاعية البيئية حول حوائط الغرف المحصنة لضمان سلامة الطاقم والبيئة الخارجية.

3. الجانب التشغيلي والإداري:

تدعيم المصلحة بمسرع خطي ثانٍ لاستيعاب التدفق المتزايد للمرضى الوافدين من ولايات الجنوب الشرقي، وتقليص قوائم الانتظار وتفادي توقف العلاج أثناء الصيانة.

توفير برامج تكوين تدريبية مستمرة للفيزيائيين الطبيين وفنيي الأشعة لمواكبة الأنظمة البرمجية والعلاجية الحديثة.

3.10 الخاتمة:

يمثل **مستشفى محمد بوضياف بولاية ورقلة** صرحًا طبيًا ومحورًا استراتيجيًا ضمن منظومة مكافحة السرطان. ويتميز المركز بعدة مقومات جعلت منه وجهة أساسية للمرضى، ومنها:

- **التجهيزات المتقدمة** :توفر مصالح متخصصة كالعلاج الإشعاعي والتصوير الطبي المزودة بأحدث التقنيات .
- **الكفاءة البشرية** :وجود طاقم طبي مؤهل وواسع الخبرة للتعامل مع التوافد الكبير للمرضى .
- **التميز التنظيمي** :جودة الخدمات المقدمة والجانب الإداري المنظم .
- **الرعاية المتكاملة** :يشكل المركز نقطة تحول إيجابية في رحلة المريض العلاجية، من خلال التركيز على توفير الراحة النفسية وحسن التعامل الإنساني أثناء فترة العلاج.

وتكمن أهمية بروتوكولات العلاج الإشعاعي في ضمان إيصال الجرعات الإشعاعية للمرضى بأعلى معايير الدقة والأمان، وذلك عبر الرصد المباشر لمعايير الجرعة أثناء الجلسة العلاجية .ويبرز الدور الجوهري لهذا القياس في تطبيقات متنوعة تشمل :**العلاج الإشعاعي الخارجي(EBRT) ، العلاج الإشعاعي الموضعي(Brachytherapy) .**[52]

الخاتمة العامة:

وإشرافاً على نهاية هذه الدراسة الموسومة بـ "تقييم وتحسين العلاج الإشعاعي في الجنوب الشرقي الجزائري: دراسة قياس الجرعات وجوانب الوقاية من الإشعاع في مركز مكافحة السرطان **(CAC)** بولاية ورقلة"، وفي ضوء ما تم التطرق إليه في الشقين النظري والتطبيقي، يتبين لنا جلياً أن مركز مكافحة السرطان بمستشفى محمد بوضياف بولاية ورقلة يمثل ركيزة استراتيجية وصرحاً صحياً لا غنى عنه في المنظومة العلاجية لمواجهة الأورام بالجنوب الجزائري، حيث أبانت النتائج عن كفاءة تشغيلية واضحة للمسرع الخطي والالتزام ببروتوكولات المعايرة وقياس الجرعات الدقيقة لضمان سلامة المرضى، وبناءً على التحديات المرصودة كارتفاع نسب سرطان الثدي وحجم التدفق الإقليمي من الولايات المجاورة، فإننا نوصي بضرورة دعم المركز بمسرعات خطية إضافية لتخفيف الضغط، مع السعي نحو إدماج التقنيات العلاجية الحديثة مثل العلاج الإشعاعي ذو الشدة المعدلة **(IMRT)** لما له من دور حاسم في رفع الجرعة العلاجية بدقة وتفادي إشعاع الأنسجة السليمة المحيطة بالورم، صوناً للصحة العامة والارتقاء بجودة الخدمات الطبية بالمنطقة.

قائمة المراجع:

[1]	د. م. أ. ا. د. ف. قاسم، العلاج الكيميائي والنباتي لمرضى السرطان، عمان: دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، 2019 م. https://www.google.dz/books/edition/_/hRFhDwAAQBAJ?hl=ar&gbpv=1
[2]	D. U.C.Houessou, «la radiothérapie guidée par l'imagerie, mémioare de doctora,Radiothérapie_Oncologie,» Université de Mohammed 5 rabat, Rabat_Maroc, 2021.
[3]	د. ا. م. ا. ، ا. ا. ل. البيئية، "الدليل الإستشادي الخاص بممارسة العلاج الإشعاعي،" هيئة البيئة، عمان، 2022. https://share.google/lKYnvXhtCMCYVAhWK
[4]	ا. ع. ط. الكناني، الفيزياء النووية والطبية، القاهرة_مصر: دار الفجر للنشر و التوزيع، 2009م .
[5]	أ. ع. ط. الكناني، الفيزياء النووية والطبية، القاهرة_مصر: دار الفجر للنشر و التوزيع، 2009م. https://lib.univ-soukahras.dz/bib/47493
[6]	" 18 02 2025. []. Available: ،"Apollo hospitals ،Apollo hospitals https://www.apollohospitals.com/ar/health-library/technology/linac-linear-accelerator-radiation-therapy-system. 2025 02 18
[7]	ا. ع. م. ع. ا. ا. ع. ح. ج. ا. غ. س. هادي، "الأشعة المؤينة (مصادرها_ تطبيقاتها الطبية)،" جامعة القادسية كلية التربية قسم الفيزياء، الفرات الأوسط_العراق، 2018م. https://repository.qu.edu.iq/wp-content/uploads/sites/31/2018/06/%D8%A7%D9%84%D8%A3%D8%B4%D8%B9%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%A4%D9%8A%D9%86%D8%A9-%D8%B9%D9%84%D9%8A-%D8%AD%D8%B3%D9%8A%D9%86-%D8%B9%D9%84%D9%8A-%D9%85%D8%AD%D9%85%D8%AF-%D8%BA%D8%B3%D8%A7%D9%86-%D8%B3%D9%84%D9%8A%D9%85-%D9%85.-%D8%B9%D8%A8%D8%A7%D8%B3-%D8%B9%D8%A8%D8%AF-.pdf
[8]	E. Middegley, "IAEA Office (What is an Atom)," 05 01 2026. [Online]. Available: https://www.iaea.org/newscenter/news/what-is-an-atom.
[9]	م. أ. ف. م. أ، "كلية التربية للعلوم الصرفة_ إبن الهيثم _الفيزياء النووية نظري_ جامعة بغداد،" Available: . https://ihcoedu.uobaghdad.edu.iq/wp-content/uploads/sites/27/2020/03/%D8%A7%D9%84%D9%81%D9%8A%D8%B2%D9%8A%D8%A7%D8%A1-1920-4-%D8%A7%D9%84%D9%81%D9%8A%D8%B2%D9%8A%D8%A7%D8%A1-%D8%A7%D9%84%D9%86%D9%88%D9%88%D9%8A%D8%A9-%D9%86%D8%B8%D8%B1%D9%8A.pdf.
[10]	و. ا. الذرية «ScienceDirect,» تخصص هندسة, [En ligne]. Available: https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/atomic-mass-unit.
[11]	"ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) [،بيان الصحة العامة بشأن الاشعاع المؤين، وكالة تسجيل المواد السامة و الأمراض، ماهو الإشعاع؟]. Available: متصل" https://wwwn.cdc.gov/TSP/PHS/PHS.aspx?phsid=482&toxid=86.
[12]	ا. ع. ع. ا. ع. ب. العراق)، تأثير أشعة ألفا على جسم الإنسان الصفحة3، مدينة الحلة_العراق: جامعة بابل كلية التربية للعلوم الصرفة قسم الفيزياء، 2023 .

https://cdnx.uobabylon.edu.iq/undergrad_projs/NMYIi23rz0yF5kFFSAfNw.pdf	
ي. مصطفى، موسوعة الفيزياء و الفلك، الإسكندرية_مصر: النوارس للدعاية و النشر، 16_10_2016 . https://fr.scribd.com/document/821882196/Noor-Book-com-%D9%85%D9%88%D8%B3%D9%88%D8%B9%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D9%81%D9%8A%D8%B2%D9%8A%D8%A7%D8%A1-%D9%88%D8%A7%D9%84%D9%81%D9%84%D9%83-2	[13]
د. كناني، "موضوع"، 23 يوليو 2023. Available: https://mawdoo3.com/%D8%AE%D8%B5%D8%A7%D8%A6%D8%B5_%D8%A7%D9%84%D9%86%D9%8A%D9%88%D8%AA%D8%B1%D9%88%D9%86%D8%A7%D8%AA.	[14]
"MidlinePlus what is an X-Ray?"، Nathional Library of Medicine، Available: https://medlineplus.gov/xrays.html.	[15]
"National Center for Biotechnology information_ Bookshelf_APPENDIX، National Library of Medcine، BOVERVIEW OF BASIC RADIATION PHYSICS, CHEMISTRY AND BIOLOGY"، Available: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK596001/#appb.rl.r1.	[16]
م. ع. ا. ح. الجنابي، فيزياء التطبيقات، مصر: الجامعة المستنصرية_ كلية العلوم .	[17]
ي. ق. س. ا. ي. العزاوي، "المرجع الإلكتروني للمعلوماتية_تأثير أشعة غاما على الأحماض الأمينية الكلوتامين و البرولين في محاليلها المائية_ص5،" 17 04 2024.. Available: https://ns1.almerja.com/more.php?idm=228088 .	[18]
م. ش. ا. أ. ع. م. ج. ا. ا. ص55، "المرجع الإلكتروني للمعلوماتية،" 09 12 2021. Available: https://ns1.almerja.com/more.php?idm=228088.	[19]
ا. سويلم، "مرض السرطان النوع ساركوما العظام الجزء الأول،.FoulaBook " https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://foulabook.com/storage/book/%D9%85%D8%B1%D8%B6+%D8%A7%D9%84%D8%B3%D8%B1%D8%B7%D8%A7%D9%86+-+%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%B2%D8%A1+%D8%A7%D9%84%D8%A3%D9%88%D9%84_75321_Foulabook.com_.pdf&hl=ar	[20]
ب. ق. عاتكة، "مستوى الإكتئاب لمرضى السرطان،" جامعة قاصدي مرباح كلية العلوم الإنسانية ، ورقلة_الجزائر، 2017_2018 . https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/18250	[21]
ز. نبيلة، "التمثلات الثقافية لمرضى السرطان و طرق غلاجه دراسة انثروبولوجية بمدينة بسكرة،" جامعة محمد حضير_ بسكرة، بسكرة_الجزائر، 2022_2023 . https://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/26832/1/%D8%B2%D8%B1%D9%8A%D9%82%D8%B7_%D9%86%D8%A8%D9%8A%D9%84%D8%A9.pdf	[22]
"PubMed Central;Cancer and Radiation Therapy: Current، international journal of medical sciences، Advances and Future Directions]، Available: متصل" [https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3298009/.	[23]

[24]	NeoLife(الأجهزة التكنولوجية(، NeoLife, "تركيا، باشيكداش،" 07 02 2022. [متصل] Available: https://www.neolife.com.tr/ar/%D8%A7%D9%84%D8%A3%D8%AC%D9%87%D8%B2%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%AA%D9%83%D9%86%D9%88%D9%84%D9%88%D8%AC%D9%8A%D8%A9/#:~:text=%D8%A5%D9%86%D9%91%20%D9%86%D8%B8%D8%A7%D9%85%20%D8%AA%D8%B1%D9%88%D8%A8%D9%8A%D9%85%20%D8%A5%D8%B3%20%D8%.
[25]	مؤسسة وارث الدولية لعلاج الأورام، "العلاج الإشعاعي،" مؤسسة وارث الدولية، 2024. https://warith-ici.net/services/%D8%A7%D9%84%D8%B9%D9%84%D8%A7%D8%AC-%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B4%D8%B9%D8%A7%D8%B9%D9%8A . [تاريخ الوصول 20 04 2026].
[26]	د. ا. الخطيب، مبادئ الإشعاع والوقاية الإشعاعية، الأردن: دار اليازوري للنشر والتوزيع، 2019. https://books.google.dz/books/about/%D9%85%D8%A8%D8%A7%D8%AF%D8%A6_%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B4%D8%B9%D8%A7%D8%B9_%D9%88%D8%A7%D9%84%D9%88%D9%82%D8%A7%D9%8A.html?id=LbAREAAAQBAJ&redir_esc=y
[27]	w. i. p. ب.ن organization، تعزي النفاذ الى التكنولوجيا والإبتكارات الطبية، لندن، 2013، p. 259. https://www.wipo.int/publications/ar/details.jsp?id=305
[28]	B. Team، "BDJ Team, Vital guide to radiography and radiation protection." 2015 01 20 [متصل]. Available: https://doi.org/10.1038/bdjteam.2015.10.
[29]	IRCP Peadia، IRCP Peadia، "IRCP Fundamental Principles of Radiological Protection." Available: https://icrpaedia.org/Fundamental_Principles_of_Radiological_Protection.
[30]	w. i. A. m. a. w. i. i. s. important?, "LANDAUER," 22 07 2024.. Available: https://www.landauer.com/blog/what-does-alara-mean-and-why-it-so-important.
[31]	K.-h. Do, «General prancipales of Radiation Protection,» JKMS journal of Korean medical sciences, 31 02 2016 https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4756345/.
[32]	u. s. goverment، "An official website of the United States government. حالات الطوارئ الإشعاعية،" 19. 01 2021. [متصل] Available: https://www.epa.gov/lep/radiation-protection-arabic#a.
[33]	H. ABDELRAOUF، "scribd,Radiation protection and units of measurement for ionizing radiation." [متصل]. Available: https://fr.scribd.com/document/655123725/%D8%A7%D9%84%D9%88%D9%82%D8%A7%D9%8A%D8%A9-%D9%85%D9%86-%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B4%D8%B9%D8%A7%D8%B9.
[34]	E. E. p. agency، "EPA Environment protection agency، Radioactivity, absorbed dose, effictive dose." [متصل]. Available: https://www.epa.gov/radiation/radiation-terms-and-units.
[35]	"EDINBURGH INSTRUMENTS، 08 08 2021. [متصل]. Available: https://www.edinst.com/resource/the-beer-lambert-law/.
[36]	R. M. P. T. Shah Sweni، The Heart and Toxins: Cardiovascular Toxicity as a Result of Radiological Imaging، chapter 17، Academic Press / Elsevier، المحرر، 2015. https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/equivalent-dose?hl=ar-EG

[37]	"landauer"، https://www.landauer.com/blog/what-dosimetry-facts-and-fundamentals-radiation-dosimetry. 09 04 2024. Available:
[38]	ه. وتار، "الكاف، التأثيرات البيولوجية للإشعاع، مكونات الخلية وتأثير الإشعاع عليها،" 18 10 2023. [متصل]. Available: https://www.cappasande.de/%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%A3%D8%AB%D9%8A%D8%B1%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%8A%D9%88%D9%84%D9%88%D8%AC%D9%8A%D8%A9-%D9%84%D9%84%D8%A5%D8%B4%D8%B9%D8%A7%D8%B9/.
[39]	ح. ك. ساهي، تأثيرات الإشعاع على الخلايا الحية، العراق، 2023، pp. 13-16.
[40]	م. عجال، علوم الإنسان والمجتمع، الجزائر، مبادئ ومعايير التعليم العالي، 2018 https://asjp.cerist.dz/en/article/64224 .
[41]	ن. شاكر، جودة الخدمات الصحية من وجهة نظر مرافقي مرضى السرطان، الجزائر، 2019، p. 31. https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/27675
[42]	"safety culture, what is quality assurance? whate is quality control? ،j. tarlengco" [متصل]. Available: https://safetyculture.com/topics/quality-assurance-and-quality-control#what-is-quality-control-s1-n0.
[43]	"Principles of Quality Assurance (QA) and Quality Control (QC)" bio.libretexts.، https://bio.libretexts.org/Courses/West_Los_Angeles_College/Biotechnology/12%3A_Quality_Assurance_and_Quality_Control_in_Biotechnology/12.01%3A_Principles_of_Quality_Assurance_(QA)_and_Quality_Control_(QC)
[44]	ي. هادي، "أهمية ضمان ومراقبة الجودة في أقسام الاشعة التشخيصية،" مجلة الجودة الصحية، 04 09 2020 https://m-quality.net/?p=35104 .
[45]	Review of Radiation Oncology Physics: A Handbook for ، J. A. MILLSوB. J. MIJNHEER ،D. I. THWAITES Teachers and Students، 12 c. R. B. E. o. A. Q.، المحرر، United Kingdom، pp. 347-348. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2266863/
[46]	و. ف. ، ع. ا. عقاب، النظام القانوني الدولي لحماية البيئة من الإشعاعات النووية، مجلة صوت القانون، الجزائر، 2022، pp. 172-191. https://asjp.cerist.dz/en/article/204183
[47]	ABSORBED DOSE ;DETERMINATION IN EXTERNAL;BEAM ،International Atomic Energy Agency p. 302. ،RADIOTHERAPY;TECHNICAL REPORTS SERIES No. 398 (Rev. 1) https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TRS398_scr.pdf
[48]	"American Association of Physicists in medicine"، https://aapm.org/pubs/reports/detail.asp?docid=125&utm_source=chatgpt.com. Available: [متصل].
[49]	ك. ب. ه. ز. ب. د. بودوسوفا، "اهمية الصحة العامة في علم الأشعة و الحماية من الإشعاع، PubMed Central"، 2021. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33709644/
[50]	"ضمان الجودة في الإشعاع،" https://www.iaea.org/ar/almawadie/daman-aljawdat-fi-aliisheae. Available: .
[51]	oncologymedicalphysics، oncologymedicalphysics.com "Introduction to Clinical Linear Accelerators"، Available: https://oncologymedicalphysics.com/introduction-to-clinical-linear-accelerators/.

"In Vivo Dosimetry in Radiotherapy: Techniques, Applications, and Future Directions،" H. E. james C.L.Chow ،[متصل]. Available: https://www.mdpi.com/2673-8392/5/1/40. [متصل]. 31 01 2025.	[52]

قائمة الأشكال:

الشكل 1-1: علاج البروستاتا بالعلاج الإشعاعي الداخلي. 4
الشكل 1-2: وحدات فوتونات الأشعة غاما كوبالت-60. 8
الشكل 1-3: يمثل وحدات العلاج بالأشعة غاما. 9
الشكل 1-4: ذرة تمثيلية لذرة الليثيوم. 12
الشكل1-5: يمثل كل من العدد الذري Z، والعدد الكتلي A و عدد النيوترونات N لذرة الهيليوم. 13
الشكل 1-6: يمثل اضمحلال ألفا. 14
الشكل 1-7: يمثل اضمحلال بيتا. 15
الشكل 1-8: يمثل اضمحلال غاما. 15
الشكل 1-9: يمثل تصوير مقطعي بالأشعة السينية. 15
الشكل 1-10: يمثل الظاهرة الكهروضوئية. 16
الشكل 1-11: يمثل ظاهرة كومبتون. 17
الشكل 1-12: ظاهرة إنتاج إلكترون-بوزيترون. 17
الشكل 1-13: جهاز التصوير البوزيتروني. 20
الشكل 1-14: جهاز غاما كاميرا. 21
الشكل 1-15: يمثل جهاز تصوير الثدي الشعاعي الإلكتروني. 21
الشكل 1-16: جهاز الرنين المغناطيسي. 22
الشكل 1-17: جهاز التصوير المقطعي المعنية باستخدام الأشعة السينية. 22
الشكل 1-18: جهاز السونار. 23
الشكل 2-19: يمثل الطرق الأساسية للحماية من الإشعاع. 27
الشكل 3-20: جهاز المسرع الخطي من نوع variane لمركز مكافحة السرطان-العلاج الإشعاعي-مستشفى محمد بوضياف.... 42
الشكل 3-21: يوضح طريقة مبسطة لسير المسرعات الخطية. 43
الشكل 3-22: يمثل جهاز قياس الجرعات التشخيصية. 46
الشكل 3-23: يمثل الإشارات التحذيرية لقسم العلاج الإشعاعي. 47
الشكل 3-24: يمثل قوالب لتثبيت المريض أثناء تلقي العلاج. 48

قائمة الجداول:

جدول 1-1: مصادر العلاج الإشعاعي. 5
جدول1-2: يمثل الفرق بين الطاقة المعتدلة والواطئة. 7
جدول1-3: يمثل وحدات الكتل لبعض الجسيمات. 14
جدول 3-4: يمثل الجدولة الزمنية وتجزئة الجرعات وتأثيرها على خلايا الورم..... 45
جدول 3-5: يمثل تصنيف الولايات لتقرير سنة 2025 م..... 50
جدول 3 -6: يمثل نتائج الإستشارة السنوية سنة 2025 م. 51
جدول 3 -7: يمثل جلسات العلاج الإشعاعي. 51
جدول 3-8: يمثل التوزيع العمري سنة 2025 م. 52
جدول 3-9: يمثل تصنيف المناطق المصابة. 54
جدول 3-10: نشاط مركز مكافحة السرطان سنة 2025 م..... 54
جدول 3-11: يمثل حصص العلاج الإشعاعي سنة 2025 م. 55
جدول 3-12: أنشطة فنيي العلاج الإشعاعي سنة 2025 م. 56
جدول 3-13: تصنيف الولايات سنة 2024 م. 58
جدول3-14: أنشطة الإستشارات سنة 2024 م. 59
جدول 3-15: يمثل عدد الإصابات حسب الفئات العمرية سنة 2024 م..... 59
جدول 3-16: تصنيف المناطق المصابة سنة 2024 م. 60
جدول 3-17: يمثل نشاط مكافحة السرطان سنة 2024 م. 61
جدول 3-18: نتائج البيانات الإحصائية للفيين سنة 2024 م..... 61
جدول 3-19: يمثل احصائيات سنة 2024 م خاص بمركز مكافحة السرطان. 61
جدول 3-20: يمثل تصنيف الولايات سنة 2023 م. 64
جدول 3-21: الإستشارات السنوية لسنة 2023 م..... 65
جدول 3-22: يمثل المناطق المصابة لسنة 2023 م..... 65
جدول 3-23: يمثل توزيع الفئات العمرية لسنة 2023 م. 66
جدول 3-24: يمثل تصنيف المناطق المصابة 2023 م..... 67
جدول 3-25: يمثل استشارات مركز مكافحة السرطان لسنة 2023 م. 67
جدول 3-26: يمثل أنشطة فنيي العلاج الإشعاعي لسنة 2023 م. 67
جدول 3-27: يمثل احصائيات سنوية خاصة بمركز مكافحة السرطان لسنة 2023 م. 68