االجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية :الرياضيات وعلوم المادة

قسم :الفـــــيزياء

مذكرة ماستر أكاديمي

الميدان:علوم المادة

الشعبة:فيزياء

التخصص: فيزياء طبية

عنوان المذكرة:

دراسة تأثير شدة ومدة التعرض للأشعة المرئية على الخلايا الحية في بيئة مخبرية

تاريخ المناقشة: 2026/06/04

من أعداد:

بن الصديق حورية . عبيد أحلام

امام اللجنة الاساتذة المتكونة من:

نعام أمال	**أستاذ تعليم عالي**	**مشرفا**
الداوي حفصة	**أستاذ محاضر أ**	**مناقشا**
بن مبروك لزهر	**أستاذ تعليم عالي**	**رئيسا**

السنة الجامعية:2026/2025

الاهداء

من قال أنا لها وإن أبت رغماً عنها اتيت بها لم تكن الرحلة قصيرة ولا ينبغي لها أن تكون لم يكن الحلم قريباً ولا الطريق كان محفوفا بالتسهيلات لكنني فعلتها ونلتها

إلي الذي زين إسمي بأجمل الألقاب ، من دعمني بلا حدود وأعطاني بلا مقابل إلي من علمني أن الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة إلي من غرس في روحي مكارم الأخلاق داعمي الأول في مسيرتي وسندي وقوتي وملاذي بعد الله ... إلي فخري واعتزازي (والدي)

إلي من جعل الله الجنة تحت أقدامها واحتضنني قلبها قبل يدها وسهلت لي الشدائد بدعائها إلي القلب الحنون والشمعة التي كانت في الليالي الظالمة سر قوتي ، ونجاحي ، ومصباح دربي ... إلي وهج حياتي (والدتي)

إلي أمان أيامي إلى خيرة أيامي وصفوتها ، إلي الذين كانو النور حين تعتم الدروب... إلي قرة عيني إخواتي(خالد . مهدي . ايوب . نوح . كوثر ز فداء) ثم الشكر لصديقاتي (مينة . احلام . ايمان . اميمة . خديجة . نهال . انتصار . اكرام . منال . اية . فطيمة)لضحكاتنا التي خففت كل هم ، ولتفاصيلنا التي لا تنسي والى جدتي (حورية)ربي يطول في عمرها والي اعمامي وعماتي واخوالي وخالتي والي رفيق دربي (عيسى)

وأخيرا الشكر موصول لنفسي علي الصبر والتي كانت أهلا للمصاعب ها أنا أختم كل ما مررت به الحمد لله من قبل ومن بعد (اجية من الله تعالي أن ينفعني بما علمني وأن يعلمني ما أجهل ويجعله حجة لي لا علي .

حورية

الاهداء

من قال أنا لها "نالها " وأنا لها إن ابت رغما عنها أتيتُ بها.

لم تكن الرحلة قصيرة ولا ينبغي لها أن تكون لم يكن الحلم قريبا ولا الطريق كان محفوفا بالتسهيلات لكني فعلتها ونلتها .

إلى الذي زين اسمي بأجمل الألقاب، من دعمني بلا حدود وأعطاني بلا مقابل من علمني أن الدنيا كفاح وسلاحه العلم والمعرفة داعمي الاول في مسيرتي وسندي وقوتي وملاذي بعد الله .... إلى فخري واعتزازي....ابي ...

إلى من جعل الله الجنة تحت أقدامها واحتضنني قلبا قبل يدها وسهلت لي الشدائد بدعائها إلى القلب الحنون والشمعة التي كانت لي في الليالي المظلمات

سر قوتي ونجاحي ... امي....

إلى ضلعي الثابت وأمان ايامي الى من شددت عضدي بهم فكانوا لي ينابيع ارتوي منها إلى خيرة أيامي وصوفتها إلى قرة عيني إخوتي (مروة . مصطفى . دعاء . سيد احمد)والى زوج اختي وبناتها (عبد العالي . ميار . ليان)والي اعمامي وعماتي واخوالي وخالاتي

لكل من كان عوناً وسنداً في هذا الطريق.... للأصدقاء الأوفياء (حورية . مينة . انتصار , اكرام)

لأصحاب الشدائد والأزمات إلى من أفاضني بمشاعره ونصائحه المخلصة .... اليكم عائلتي..... الى

أهديكم هذا الإنجاز وثمرة نجاحي الذي لطالما تمنيته ها أنا اليوم أكملت وأتممت أول ثمراته بفضله سبحانه وتعالى فالحمد لله على ما وهبني

احلام

الشكر والعرفان

حمد الله تعالى وأشكره بتوفيقة لي على إتمام هذا العمل، وأصلي وأسلم على أشرف الأنبياء والمرسلين وعلى آله وصحبه أجمعين

عن أبي هريرة عن النبي صلى الله عليه وسلم قال: " لا يشكر الله من لا يشكر الناس. " وإقتداء بهذا الهدي النبوي أتوجه بخالص الشكر والتقدير والعرفان " إلى ادكتور لزهر بن مبروك" على ما أسدته لي من نصح وتوجيه وإرشاد خلال إعداد هذه الدراسة، منك تعلمت أن للنجاح قيمة ومعنى، ومنك تعلمت كيف يكون التفاني والإخلاص في العمل.

أشكر الذين كانوا عونا لي في بحثي هذا، والدي حفضهما لي الله ورعاهما، زرعوا التفاؤل في دربي، وقدموا لي المساعدات والتسهيلات والأفكار، والمعلومات، ربما دون أن يشعروا بدورهم بذلك لهم مني كل الشكر.

كما أتقدم بالشكر والاحترام والتقدير للسادة الأفاضل أعضاء لجنة المناقشة الموقرين على ما بذلوه من جهد في قراءة رسالتي المتواضعة.

أتقدم بجزيل الشكر والامتنان إلى كل من أمدني بيد العون والمساعدة من قريب أو بعيد. إلى كل أساتذة وإداريين كلية الرياضيات وعلوم المادة

الفهرس

الاهداء.....I

شكر والعرفان.....П

قائمة الأشكال..... IIIV

قائمة الجداول..... VIII

قائمة الاختصارات X

المقدمة العامة:..... 1

الفصل الاول:الأشعة وأنواعها

مقدمة..... 3

I-1 تعريف الاشعاع..... 3

I-2أنواع الاشعة..... 3

I-2-1الاشعة المؤينة..... 3

I-2-2الأشعة الغير مؤينة..... 6

I-3 خواص الأشعة..... 8

I-3-1خواص الأشعة المؤينة..... 8

I-3-2خواص الأشعة الغير مؤينة..... 10

I-4 مصادر الاشعة..... 10

I-4-1مصدر الأشعة المؤينة..... 10

I-4-2 مصادر الإشعاع الغير مؤين..... 11

I-5استخدامات الاشعة 11

I–5–1استخدامات الأشعة المؤينة..... 11

I–5–2استخدامات الأشعة الغير مؤينة..... 12

I-6 تفاعل الإشعاع مع المادة 12

I–7 الآثار الصحية للإشعاع..... 13

I-8الوقاية من الإشعاع 14

I-8-1 الوقاية من التعرض الخارجي..... 14

I–8–2الوقاية من التعرض الداخلي 16

I–8–3الملابس الوقائية من الاشعاع..... 17

خاتمة..... 18

المراجع والمصادر 18

الفصل الثاني:تطبيقات الأشعة في الطب

مقدمة..... **Erreur ! Signet non défini.**

∏–1 التشخيص الإشعاعي الطبي..... 20

∏-2 تقنيات التشخيص الإشعاعي الطبي 20

∏–2–1الأشعة السينية..... 20

∏-2-1-1مراحل التصوير بالأشعة السينية..... 21

∏-2-1-2فحص الصدر بالأشعة السينية..... 22

∏-2-1-3فحص الأطراف بالأشعة السينية..... 23

∏–2–1–4 قيود التصوير بالأشعة السينية ومحدوديتها..... 24

∏-2-2 التصوير المقطعي المحسوبCT.....24

∏-2-2-1مراحل الحصول على الصور المقطعية.....25

∏-2-2-2 تصوير المقطعي الحلزوني.....26

∏-2-3التصوير بالرنين المغناطيسيMRI.....27

∏-2-3-1إجراء التصوير بالرنين المغناطيسي 27

∏-2-3-2التصوير بالرنين لبعض الأعضاء.....28

∏-2-3-3المخاطر التصوير بالرنين المغناطيسيMRI 28

∏-2-4 تصوير بالموجات فوق الصوتية.....29

∏-2-4-1اجراء التصوير بالموجات فوق الصوتية 29

∏-2-4-2 صور التصوير بالموجات فوق الصوتية 31

∏-2-4-3مخاطر التصوير بالموجات الفوق صوتية.....31

∏-2-5-1المواد المشعة المستخدمة في الطب النووي 32

∏-2-5-2 كاميرا جاما.....32

∏-2-5-3التصوير المقطعي المحسوب المفرد (SPECT).....32

∏-2-5-4 التصوير بالإصدار البوزيترونيي (PET) 33

∏-2-5-5المخاطر الطب النووي.....34

∏-3العلاج الإشعاعي.....35

∏-4أنواع العلاج الإشعاعي.....35

∏-4-1 العلاج الإشعاعي الخارجي.....35

∏-4-1-1 الأجهزة المستخدمة في العلاج الإشعاعي الخارجي.....36

∏-4-1-2 أنواع العلاج الإشعاعي بالحزمة الخارجية.....37

∏-4-2 العلاج الإشعاعي الداخلي.....38

∏-4-2-1 أنواع العلاج الإشعاعي الداخلي 39

خاتمة.....41

المراجع والمصادر 43

الفصل الثالث: الدراسة المخبرية لعينة الدم(تحليل ومناقشة النتائج)

III-1الادوات والأجهزة.....47

III-2تحضير العينة.....48

III-2-1جهاز الاشعة المرئية.....48

III-3 بروتوكول التجربة 49

III-3-1التحاليل المخبرية الطبية.....49

III-3-2 التحاليل المخبرية (FTIR) 51

III-3-2-1جهاز الأشعة تحت الحمراء (FTIR).....51

III-4تحليل النتائج الطبية.....54

III-4-1ملاحظة.....55

III-4-2الاستنتاج.....55

III-5 تحليل النتائج المخبرية 56

III-5-1ملاحظة.....57

III-5-2الاستنتاج.....57

III-6التفسير 58

III-7الاستنتاج العام.....59

خاتمة..... 59

المراجع والمصادر 62

الخاتمة العامة..... 62

الملخص 63

Abstract..... 64

قائمة الأشكال

الشكل	العنوان	الصفحة
	الفصل الأول: الأشعة وأنواعها	
1-I	أنواع الأشعة	07
2-I	قدرة اختراق أنواع الأشعة	09
3-I	مصادر الطبيعية والاصطناعية للأشعة المؤينة	11
4-I	علامات الاصابة الاشعاعية	14
5-I	مبادئ الحماية الاشعاعية	17
6-I	ملابس الوقائية الاشعاعية	18
	الفصل الثاني:تطبيقات الأشعة في الطب	
1-П	مراحل الأربعة الرئيسية للتصوير التشخيصي بالأشعة السينية.	22
2-П	صورة اشعاعية لمنطقة الصدر	23

3-П	صور اشعاعية لمجموعة من الأطراف الجسم	24
4-П	المراحل المختلفة لانتاج صورة الأشعة مقطعية	26
5-П	فحص بالتصوير المقطعي المحسوب	27
6-П	التصوير بالرنين مغناطيسي	28
7-П	التصوير الدماغ والاوعية الدموية	29
8-П	جهاز تصوير بالموجات فوق صوتية	31
9-П	تصوير بالموجات فوق الصوتية للكلى والجنين	31
10-П	تصوير المقطعي المحسوب(SPECT)للدماغ	34
11-П	عملية حقن FDG في الوريد	35
12-П	التصويربالاصدار البوزيتروني	35
13-П	عملية العلاج بالاشعاع الخارجي للدماغ	37
14-П	الية عمل المسرعات الخطية	37
15-П	الية انتاج وتتحلل نظير الكوبالت60	38
16-П	العلاج الاشعاعي الداخلي	40
17-П	كيفية زرع البذور داخل عنق الرحم	41

الفصل الثالث : الدراسة المخبرية لعينة الدم

(تحليل ومناقشة النتائج)

1-III	جهاز إصدار الاشعة المرئية	49
2-III	جهاز الاشعة تحت الحمراء FTIR	51

3-III	أجزاءمن جهاز FTIRمع هصدر ومقياس التداخل والكاشف	52
4-III	طيف الأشعة تحت الحمراء(FTIR) لعينة ID8	53
5-III	طيف الأشعة تحت الحمراء(FTIR) لعينة ID10	53
6-III	طيف الأشعة تحت الحمراء(FTIR) لعينة ID11	54
7-III	طيف الأشعة تحت الحمراء(FTIR) لعينة ID 12	54

قائمة الجداول

الجدول	العنوان	الصفحة
1-III	نتائج التحاليل(FNS)للعينات الاربعة.	50

قائمة الاختصارات:

المصطلح الكامل (English Name)	الاختصار (Abbreviation)	المعنى بالعربية
Deoxyribonucleic Acid	DNA	الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين
Reactive Oxygen Species	ROS	أنواع الأكسجين التفاعلية (جذور حرة)
Mega Electron Volt	MeV	ميجا إلكترون فولت (وحدة طاقة)
Kilo Electron Volt	KeV	كيلو إلكترون فولت (وحدة طاقة)
Extremely Low Frequency	ELF	الترددات المنخفضة جداً
Light Emitting Diode	LED	الصمامات الثنائية الباعثة للضوء
Acute Radiation Syndrome	ARS	متلازمة الإشعاع الحادة
Cutaneous Radiation Injury	CRI	الإصابة الجلدية الإشعاعية
International Commission on Radiological Protection	ICRP	اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع
Magnetic Resonance Imaging	MRI	التصوير بالرنين المغناطيسي

المصطلح الكامل (English Name)	الاختصار (Abbreviation)	المعنى بالعربية
Single Photon Emission Computed Tomography	SPECT	التصوير المقطعي المحوسب بإصدار فوتون واحد
Positron Emission Tomography	PET	التصوير المقطعي بالإصدارالبوزيتروني
Fluorodeoxyglucose	FDG	فلورودیوکسي غلوكوز (مادة مشعة)
Linear Accelerator	LINAC	المسرع الخطي
Intensity Modulated Radiation Therapy	IMRT	العلاج الإشعاعي المعدل الشدة
Image Guided Radiation Therapy	IGRT	العلاج الإشعاعي الموجه بالصور
Stereotactic Body Radiation Therapy	SBRT/SPRT	العلاج الإشعاعي التجسيمي للجسم
Intraoperative Radiation Therapy	IORT	العلاج الإشعاعي أثناء الجراحة
Volumetric Modulated Arc Therapy	VMAT	العلاج الإشعاعي القوسي المعدل
Low Dose Rate	LDR	المعالجة الموضعية منخفضة الجرعة
High Dose Rate	HDR	المعالجة الداخلية بمعدل جرعة عالٍ
Selective Internal Radiation Therapy	SIRT	العلاج الإشعاعي الداخلي الانتقائي

المصطلح الكامل (English Name)	الاختصار (Abbreviation)	المعنى بالعربية
Fourier Transform Infrared Spectroscopy	FTIR	مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فوريه
Full Number Sanguine(Complete Blood Count)	FNS / CBC	تعداد الدم الكامل
Red Blood Cells	RBC	كريات الدم الحمراء
Hemoglobin	HGB	هيموجلوبين
Hematocrit	HCT	الهيماتوكريت
Mean Corpuscular Volume	MCV	متوسط حجم الكرية
White Blood Cells	WBC	كريات الدم البيضاء
Lymphocytes	LYM	الخلايا اللمفاوية
Granulocytes	GRAN	الخلايا الحبيبية
Platelets	PLT	الصفائح الدموية
Mean Platelet Volume	MPV	حجم الصفيحة المتوسط
Platelet Large Cell Ratio	P-LCR	نسبة الصفائح الكبيرة
Ribonucleic Acid	RNA	الحمض النووي الريبوزي

مقدمة عامة

مقدمة عامة:

يُشكل الطيف الكهرومغناطيسي أحد الركائز الأساسية التي يقوم عليها فهمنا للكون والتفاعلات المادية والحيوية من حولنا. فالأشعة بمختلف أطيافها ،بدءاً من الموجات الراديوية وصولاً إلى أشعة غاما، ليست مجرد ظواهر فيزيائية مجردة، بل هي طاقات فاعلة تمتلك القدرة على اختراق المادة وتعديل خصائصها. ومنذ الاكتشافات الأولى للأشعة السينية ومروراً بتطوير تقنيات الليزر ،أصبح الإشعاع أداة لا غنى عنها في دفع عجلة التقدم العلمي والتقني، وبشكل أخص في العلوم الطبية التي شهدت نقلة نوعية في تشخيص الأمراض وعلاجها.

ومع هذا الاعتماد المتزايد على التقنيات الإشعاعية،برزت الحاجة الملحة لدراسة "الفيزياءالإحيائية" أو الراديوبيولوجيا، وهو العلم الذي يبحث في كيفية استجابة المادة الحية لهذه الطاقات. فبينما تُستخدم الأشعة في الطب لتصوير أدق تفاصيل الجسم البشري أو لتدمير الخلايا السرطانية ، تظل هنا كفجوة معرفية تتعلق بالتأثيرات الدقيقة للأشعة غير المؤينة ، وتحديداً الأشعة المرئية ،عند تعرض النظم الخلوية لها بكثافات أو مدد زمنية معينة. فالخلية ، باعتبارها الوحدة الوظيفية الأساسية للكائن الحي ، تتأثر بشكل مباشر بالمحيط الإشعاعي، حيث يمكن للضوء أن يحفز عمليات حيوية أو يؤدي إلى إجهاد تأكسدي يغير من سلوك الخلية و نموها.

عندما تخترق الأشعة الأنسجة الحية ،فإنها تبدأ سلسلة من التفاعلات الكيميائية والحيوية المعقدة تبدأ من المستوى الجزيئي (DNA) لتصل إلى مستوى الوظيفة الخلوية الشاملة. ولايقتصر هذا التأثير على الأشعة عالية الطاقة فحسب ، بل إن الأشعة المرئية ، عند تعرض الخلايا لها بشدة عالية أو لمدد زمنية طويلة ،قد تحفز إنتاج "الجذور الحرة" (Reactive Oxygen Species) ،مما يؤدي إلى إجهاد تأكسدي يؤثر على حيوية الخلية و قدرتها على الانقسام ، وهو مايفتح الباب أمام دراسات معمقة حول "السمية الضوئية" في البيئات المخبرية [1].

تأسيساً على ماسبق ،تأتي هذه المذكر ة تحت عنوان "دراسة تأثير شدة ومدة التعرض للأشعة المرئية على الخلايا الحية في البيئة المخبرية " لتسد ثغرة في فهم التأثيرات غيرالحرارية للأشعة المرئية. تهدف الدراسة إلى مراقبة السلوك الخلوي تحت متغيرين أساس بينهما "الشدة" و "الزمن"، وذلك لمحاولة تحديد العتبات التي تتحول فيها الأشعة من محفز حيوي إلى عامل مثبط أومخرب للنشاط الخلوي ، مما يساهم في تعزيز معايير السلامة المهنية والمخبرية.

تتمحور اشكالية هذه الدراسة حول التساؤل التالي:كيف تؤثر تغيرات شدة ومدة تعرض للأشعة المرئية على حيوية ونشاط الخلايا الحية ضمن بيئة مخبرية محكومة ؟

للاجابة على هذا التساؤل وفهم أبعاد الظاهرة,تم تقسيم هذه المذكرة الى ثلاثة فصول متكاملة .

الفصل الاول(الأشعة وأنواعها): يتناول الاطار النظري للفيزياء الاشعاعية, حيث نستعرض فيه ماهية الأشعة, تصنيفاتها بين مؤينة وغير مؤينة,وخصائص الطيف الكهرومغناطيسي, مع تركيز على سلوك الأشعة المرئية.

الفصل الثاني(تطبيقات الأشعة في الطب):يسلط الضوء على الجانب النفعي للأشعة, من خلال استعراض التقنيات الطبية الحديثة التي تعتمد على الاشعاع في التشخيص(مثل الأشعة السينية والرنين المغناطيسي) والعلاج .

الفصل الثالث(الجانب التجريبي): يمثل صلب الدراسة الميدانية, حيث يتضمن عرض للمنهجية المتبعة في التجربة المخبرية, يليه تحليل ومناقشة النتائج المستخلصة حول تأثير شدة ومدة تعرض على العينات الخلوية المدروسة.

الفصل الاول

الاشعة وأنواعها

مقدمة:

تعتبر الأشعة طاقة منتشرة في حيز معين، ويكون انتشارها على شكل موجات، ولها عدة مصادر، مثل الشمس وبعض أنواع الأجهزة، كما أن الأشعة هي إحدى الطرق الطبية المستخدمة في الكشف عن إصابة الفرد بمرض من الأمراض، وبذلك هناك عدد من الأشعة. ولكل نوع من هذه الأشعة وظيفة معينة.

I-1 تعريف الاشعاع:

الإشعاع،هي طاقة تنطلق على شكل موجات كهرومغناطيسية أو على شكل جسيمات (دقيقة من مكونات النواة) أو أي جسيمات مماثلة ذات طاقة عالية أو هي عملية إنتقال الطاقة بواسطة جسيمات دقيقة من مكونات النواة أو جسيمات مشابهة لها،(حاملة كتلة) أو بواسطة موجات كهرومغناطيسية (حاملة طاقة) [2].

I-2 أنواع الاشعة:

I-2-1الاشعة المؤينة:

هي التي لها القدرة على تفكيك المكونات الكهربائية لذرات أو جزئيات المادة التي تمر من خلالها وهي[3] :

1-جسيمات الفا:

هي جسيمات لها كتلة عاليةً نسبيا وتتكون من بروتونين و نيوترونين . وتكون قدرة اختراقها للمواد منخفضة جدا ،ولها قابلية كبيرة على إحداث التأين،أما مدى هذه الجسيمات في المواد الصلبة والسائلة فهو قصير جدا بحيث لا تستطيع المرور خلال بضع صفحات من الورق أو صفيحة خفيفة من الألمنيوم .و بسبب قلة اختراقها للمواد فأن خطورتها على الإنسان محدودة وتكفي الملابس الاعتيادية التي يلبسها الإنسان لحمايته منها في معظم الأحيان عند التعرض الخارجي ،وتوجد مصادر طبيعية وصناعية لأشعة ألفا وهنالك حوالي 25 مصدرا طبيعيا معروفا ومصدرًا صناعيا لها ، إن مصادر أشعة ألفا تكون على درجة عالية من الخطورة عند وجودها داخل الجسم إذ تسبب تأيّنا لجزيئات الخلاياً الحية المحيطة بها

وتلفًا شديد لهذه الخلايا ولذلك يجب الحذر عند التعامل مع النظائر المشعة الباعثة لأشعة ألفا ومنع تراكمها في الجسم [3].

2-جسيمات بيتا:

هي عبارة عن الكترونات سالبة أو موجبة (بوزترونات) . وبسبب الشحنة التي تحملها هذه الجسيمات فأنها تكون سريعة التفاعل مع الوسط الذي تمر خلاله ولاتخترق الأوساط المادية لمسافة طويلة . ولكن بسبب قلة كتلتها فأنها تسير مسافات أطول من تلك التي تسيرها أشعة ألفا ،وبسبب صغر كتلتها تنحرف جسيمات بيتا عند اصطدامها بذرات الهواء أو الوسط الذي تمر فيه ويسمى هذا بالتأين الأولي ، أما باقي الأيونات فتتكون من عملية التأين الثانوي الناتج عن تصادم الأيونات مع الذرات الأخرى [3].

إن معظم مصادر أشعة بيتا هي مصادر صناعية ولا يوجد فيها إلاعددًا قليلا من المصادر الطبيعية الباعثة لها .وتتراوح طاقة جسيمات بيتا بين بضع مئات ألاف الإلكترون فولت وعدة ملايين إلكترون فولت . وعند تواجد مصدر لأشعة بيتا خارج جسم حي يمكنها اختراق الطبقات الخارجية للجلد مسببة أضراره في طبقاته الداخلية ، مع أن أشعة بيتا تتسبب في تأيين المواد بصورة أقل من جسيمات ألفا فأنها تمثل مصدرًا خطرًا شديدًا داخل الجسم وتتسبب في إحداث أضرار متعددة ومعقدة خاصة بسبب التأين الثانوي الذي تحدثه داخل الخلايا الحية.

3- اشعة جاما:

هي أشعةً كهرومغناطيسية بطول موجة قصير جد،تنبعث خلال العمليات النووية كالتفاعلات النووية عند انحلال الذرات أو فناء الجسيمة مع ضديدها كما يحدث عند تصادم الإلكترون مع البوزترون وتحولهما الى أشعة جاما . تنبعث أشعة جاما على شكل سيل من الفوتونات سرعتها سرعة الضوء في الفراغ وليس لها شحنة أو كتلة سكونية وهي تصدر من النواة مقارنة بالأشعة السينية التي هي أيضا فوتونات لكنها تصدر من الالكترونات خارج النواة أو بطرائق أخرى .تبدأ طاقة الفوتون بعدة ألاف إلكترون فولط حتى تصل ملايين الإلكترون فولط.إن لهذه الأشعة القدرة على اختراق الأجسام أعلى بكثير من جسيمات ألفا وبيتا .ولكن قابليتها على إحداث التأيين أقل منهما بكثير. وقد يصحب

انبعاث جسيمات ألفا أو بيتا انبعاث أشعة جاما. وأشعة جاما تنبعث من جميع النظائر الصناعية المشعة تقريبا ومن بعض النظائر المشعة الطبيعية [4].

4-النيوترونات :

النيوترون جسيم يصدر عن نوى الذرات وهو متعادل الشحنة ،لذا بإمكانه اختراق المواد بسهولة كبيرة وخاصة المواد التي تستعمل للوقاية من أنواع أخرى من الإشعاع كالرصاص مثلا. لذا تتخذ إجراءات حماية خاصة للوقاية من هذه الجسيماتً لأنها تشكل خطرًا كبير على الأجسام الحية ،فهي لاتحدث تلفا للخلايا عند مرورها فحسب وإنما تسبب تحول جزء من الكائن الحي الىً مصدر مشع مسببة تلفًا وأضرار شديدة ودائمة ،فمثلا عند مرورها في جسم الإنسان تحول جزء من الكالسيوم وكذلك البوتاسيوم الى نظائر مشعة تقوم بدورها بإشعاع جسيمة بيتا وأشعة جاما داخل الجسم الحي ، إنُه الضرر الذي تحدثه أشعة السيل النيوتروني يقدر بحوالي أربع الى عشر مرات أكثر من الضرر الذي تحدثه كميات مماثلة من أشعة جاما أو الأشعة السينية ، وهذا يعني إن كمية الضرر الناتجة من النيوترونات هي اخطر بكثير من أنواع الإشعاع الأخرى ، ويمكن حجب النيوترونات بوساطة مواد مثل الماء والخرسانة والمواد الهيدروكاربونية كالبارافين وأي مواد ذات وفرة عالية من الهيدروجين ،وأهم مصادر النيوترونات هي المفاعلات والمعجلات ، والأخيرة يتم فيها تعجيل دقائق مشحونة أو نوى عناصر خفيفة لتقصف نواة عنصر آخر (مادة الهدف عادة) ، إذ يؤدي هذا التفاعل الى الحصول على نيوترونات بطاقات مختلفة بحسب ظروف التشغيل ونوع التفاعل المستعمل [4].

5-الاشعة السينية:

تتولد الأشعةً السينية عند توقف الالكترونات المتحركة بسرعة عالية جدا فجأًة بوساطة مادة عددها الذري عالي ،ولهذا يحتاج مولد الأشعة السينية الى مصدر الكتروني ووسائل تعجيل الالكترونات الى سرع عالية وهدف يتم فيه توجيه الأشعة السينية إليه، وتتألف مجموعة الأشعة السينية من أنبوبة الأشعة السينية ودوائر كهربائية مختلفة تكون عادة في وحدة سيطرة منفصلة.تنتمي الأشعة السينية الى مجموعة الإشعاع الكهرومغناطيسي ، وهي تشابه الضوء والموجات الراديوية

وأشعة جاما ، وهي لا تمتلك كتلة سكونية أو شحنة، ولكن لها طول موجي يعتمد على طاقتها، وهي ذات طاقة عالية ، لذا فهي الأقرب الى أشعة جاما إلا أنها تختلف عنها بثلاث نقاط مهمة وهي [3]:

أولا:أنها تنشأ من التغييرات في مدار الالكترون (أي تنشا من الذرة) ، أما أشعة جاما فإنها تنشأ من نواة الذرة .

ثانيا: أن أشعة جاما الناتجة من مصدر معين لها طاقات منفصلة (مميزة) أو محدودة ، بينما تمتلك الأشعة السينية عادة مدى طفيفا واسعا من الطاقات (توزيع مستمر) لغاية بعض القيم القصوى المميزة .

ثالثا: بصورة عامة إن طاقات أشعة جاما هي عادة من مراتب (MeV) وهي اكبر بكثير من طاقات الأشعة السينية والتي هي عادة من مراتب (keV).

I-2-2 الأشعة الغير مؤينة:

ينتقل الإشعاع غير المؤين بسرعة تعادل سرعة الضوء، ويمكن أن يتسبب التعرض لهذا الإشعاع في مخاطر صحية كبيرة للناس الذين يتعرضون له، وخاصة داخل بيئات العمل التي يكثر تواجد الإشعاع غير المؤين فيها، وفيما يأتي أنواع الإشعاع غير المؤين [5] :

- إشعاع ذو تردد منخفض للغاية:

ينتج هذا الإشعاع عند تردد يعادل 60 هيرتز، ويمكن أن ينتج عن خطوط الطاقة، والأسلاك الكهربائية، والمعدات الكهربائية، وأفران الحث (ELF) [5].

- الترددات الراديوية وإشعاع الميكروويف:

تنتج هذه الإشعاعات عن عدة مصادر، مثل الهواتف المحمولة، إشعاع التردد اللاسلكي، وأجهزة الإرسال اللاسلكي، وعادةً ما يضر التعرض لهذه الإشعاعات الأنسجة عن طريق التسخين [5].

- الأشعة تحت الحمراء:

تنتج هذه الأشعة من عدة مصادر، مثل الأفران ومصابيح الحرارة، وليزر الأشعة تحت الحمراء، ويمكن أن يتسبب التعرض لهذه الأشعة إلى امتصاصها على شكل حرارة من قبل الجلد والعينين، مما يؤدي إلى الشعور بالحرارة والألم [5].

- **إشعاع الضوء المرئي:**

يعرف اشعاع الضوء المرئي بأنه جزء من اشعاع الكهرومغناطيسي الذي تستطيع العين البشرية رؤيته .وببساطة ,يطلق على هذا النطاق من الاطوال الموجية اسم الضوء المرئي ,وعادة تستطيع العين البشرية تمييز اطوال موجية تتراوح بين 380و700 نانومتر [6].

اطوال موجات الضوء المرئي:

جميع الاشعاعات الكهرومغناطيسية هي ضوء, لكننا لا نرى الا جزاءا صغيرا منها وهو مانسميه الضوء المرئي.تعمل الخلايا المخروطية الشكل في اعيننا كمستقبلات مضبوطة على الاطوال الموجية في هذا النطاق الضيق من الطيف.اما الاجزاء الاخرى من الطيف فلها اطوال موجية أكبر أو أصغر من أن تدركها قدرتنا البيولوجية المحدودة.عندما يمر الطيف الكامل لضوء المرئي عبر منشور تنفصل الاطوال الموجية الى الوان قوس قزح لان لكل لون طول موجي مختلف,يتميز اللون البنفسجي بأقصر طول موجي حوالي 380 نانومتر,بينما يتميز اللون الاحمر بأطول طول موجي حوالي 700 نانو متر [6] .

- **الأشعة فوق البنفسجية:**

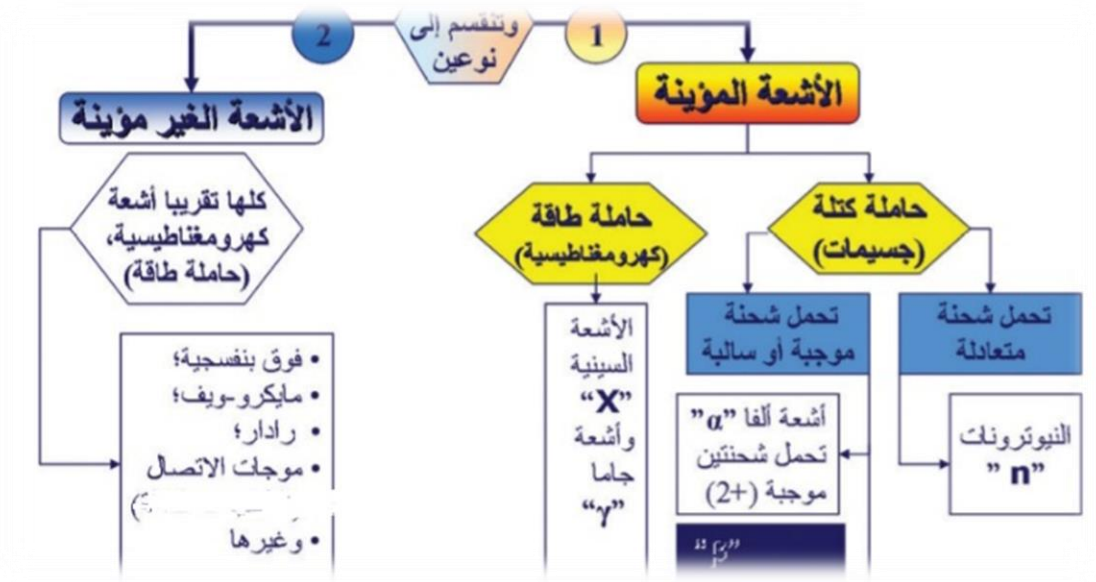
تنتج هذه الأشعة من عدة مصادر، مثل الشمس والأضواء السوداء، وعملية اللحام، وأشعة الليزر فوق البنفسجية، وهي من أخطر الأشعة لامتلاكها نطاق طاقة فوتوني [5].

- **الليزر:**

يعد الليزر من الأشعة الخطيرة عند تعريضها للجلد والعينين، وذلك لإصداره كل من الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية، والأشعة تحت الحمراء، وتشمل أنواع الليزر ليزر الهليوم – النيون، الليزر النيتروجيني فوق البنفسجي،

والليزر المرئي الياقوتي [5].

كما هو موضح في الشكل(I-1) التالي:



الشكل(ا_1): يوضح انواع الاشعة [3]

I-3 خواص الأشعة :

I -3-1 خواص الأشعة المؤينة:

كل الأشعة المؤينة تنطلق من النواة ونادرا من الذرة نفسها نتيجة عدم توازن القوى داخل النواة ولذلك تسمى غالبا الأشعة النووية. الأشعة السينية تنطلق أساسا من الذرة نتيجة عدم توازن القوى في مجالات دوران الالكترونات حول النواة وأحيانا تنطلق نتيجة تفاعل إلكترون ما مع مجال القوى حول النواة.

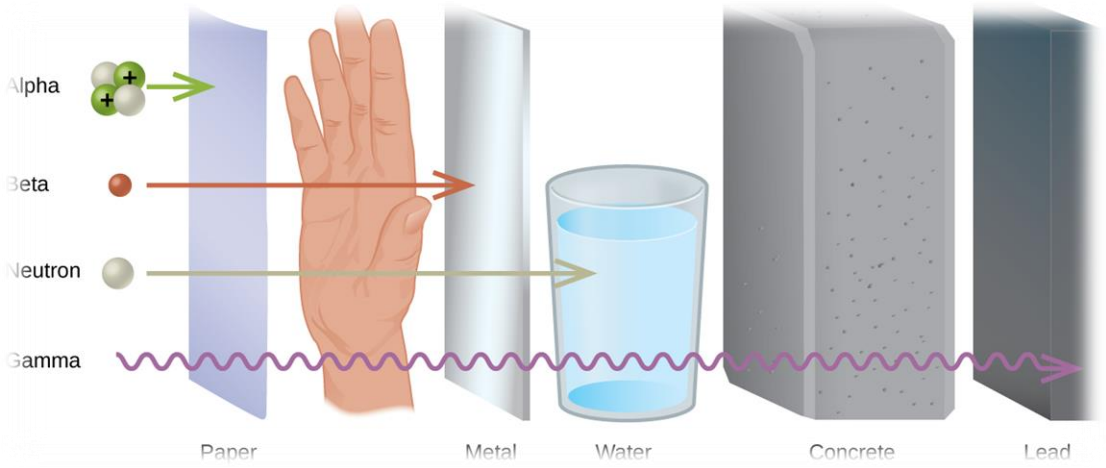
جسيم ألفا: ثقيل الكتلة (وحدة الكتلة الذرية) ولذلك فهو لا يستطيع اختراق الجلد وتعتبر غير مؤثرة على المتعرض لها تعرضا خارجيا ولكن خطورتها تفوق البيتا والجاما إذا كان التعرض داخليا.

جسيم بيتا: مشابها تماما للإلكترون من ناحية الكتلة، ولكنه ينطلق من النواة بسرعة كبيرة وشحنته إما سالبة مثل الإلكترون وهي الغالبة، وأحيانا موجبة بعضها له القدرة على اختراق الجلد لمسافات مختلفة، ويؤثر على المتعرض لها خارجيا وداخليا (بدرجات مختلفة).

النيوترون: جسيم شحنته متعادلة ينطلق من النواة (نتيجة تفككها أو تفاعل نووي معين)، لذلك له خاصية اختراق أي حائل أمامه لمسافات طويلة (تتوقف على نوع مادة الحائل) ويعتبر عالي الخطورة على الإنسان (وفقا لسرعته) سواء في حالة التعرض الخارجي أو الداخلي.

أشعة جاما: حاملة طاقة وتنطلق من النواة نتيجة خروج أو تحلل أي مكون من مكوناتها، أو تغير أخر في قوى النواة تؤدي لتغيرها، وهي غالبا تتبع خروج أو دخول جسيمات إلى النواة يؤدي لتغيير مكوناتها، مثل خروج أشعة بيتا وألفا من النواة.

أشعة جاما لها قدرة عالية على اختراق المواد (وفقا لطاقتها) ولذلك عادة تحفظ المصادر المشعة لها في أواني من الرصاص، ويستعمل المتعامل مع هذه المصادر بحذر من ناحية الوقاية منها، لما لها من تأثير سلبي كبير على من يتعرض لها خارجيا أو داخليا كما هو موضح في الشكل (I_2) [2].



الشكل(I-2): يوضح قدرة اختراق أنواع الأشعة[7]

I-3-2 خواص الأشعة الغير مؤينة :

هي نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي لا يمتلك طاقة كافية لنزع الالكترونات من الذرات أو الجزئيات، لذلك فهي لا تتسبب تأين المواد. من أهم خواصها أنها تنتقل على شكل موجات كهرومغناطيسية مثل موجات الراديو، المكرويف,الأشعة تحت الحمراء, الضوء المرئي. تتميز بطول موجي كبير نسبيا وتردد منخفض مقارنة بالأشعة المؤينة، كما

أن تأثيرها البيولوجي غالبا حراري, أي أنها قد تسبب تسخين دون إحداث تغيرات كيميائية مباشرة في الخلايا. وتستخدم الأشعة الغير مؤينة على نطاق واسع في الاتصالات، الطب, والصناعة لكونها أكثر أمانا عند الاستخدام الصحيح.

I-4 مصادر الاشعة:

I-4-1 مصدر الأشعة المؤينة:

يتم تقسيم هذه المصادر إلى صنفين رئيسيين كما هو موضح في الشكل(I-3):

الطبيعة والصناعية. فيما يتعلق بالمصادر الأرضية والكونية. المصادر الأرضية تشمل العناصر المشعة الطبيعة مثل البوتاسيوم40 والروبيديوم87 واللاندنيوم138 وبعض العناصر الأخرى أما المصادر الكونية، فتتمثل في الأشعة الكونية التي تأتي من الفضاء.

أما بالنسبة للمصادر الصناعية، فتشمل عدة مجالات مثل صناعة الأسلحة النووية، والمفاعلات النووية، وتقنيات الإشعاع في الطب والصناعة. بالإضافة إلى ذلك، يتضمن المخطط بعض العناصر المشعة التي تستخدم في التطبيقات الصناعية والطبية مثل الراديوم والايزوتوبات الأخرى [8].

الشكل(I-3): يوضح مصادر الطبيعية والاصطناعية للأشعة المؤينة[9]

I-4-2 مصادر الإشعاع الغير مؤين :

ينتج الإشعاع غير المؤين من مجموعة من المصادر الطبيعية والصناعية، وفيما يأتي أبرز هذه المصادر [5]:

المصادر الطبيعية: تشمل المصادر الطبيعية المنتجة للإشعاع غير المؤين ما يأتي:

ظاهرة البرق. الضوء والحرارة الصادرة عن الشمس. المجالات الكهربائية والمغناطيسية الطبيعية للأرض.

المصادر الصناعية:تشمل المصادر الصناعية المنتجة للإشعاع غير المؤين ما يأتي:

أفران الميكروويف. الهواتف الخلوية. أبراج الهواتف المحمولة. معدات الوأي فأي. هوائيات البث الإذاعي والتلفزيوني. مصابيح (LED). المصابيح المتوهجة. مصابيح الفلورسنت المدمجة. خطوط الكهرباء والأسلاك المنزلية. أجهزة الليزر المحمولة ومؤشرات الليزر.

I-5 استخدامات الاشعة:

I-5-1 استخدامات الأشعة المؤينة:

يستخدم الإشعاع المؤين في إجراء أنواع عديدة من الفحوص الطبية للتشخيص كما يستخدم في حالات أخرى للمعالجة وتسمى بالعلاج الإشعاعي. ومن أهم المواد التي تستخدم في إجراء هذه الفحوص التشخيصية والعلاج الإشعاعي مواد مشعة (اليود ـ 131)و(اليود ـ 125)،(السيزيوم ـ 137)،(التكنيشيوم ـ 99)بلاضافة لمواد أخرى تستخدم في فحوص أقل شيوعا.

تمتلك طاقة كافية لازاله الالكترونات من الذرات، مما يجعلها فعالة ولكنها تتطلب احتياطات أمان [3].

الاختبارات غير المتلفة: تستخدم أشعة جاما وسينية للكشف عن العيوب في الانابيب, لحامات المعادن وقطع غيار الطائرات دون أتلافها.

تشعيع الأغذية: تعقيم الأغذية لزيادة فترة صلاحيتها والقضاء على البكتريا والجراثيم.

الأبحاث النووية: دراسة خصائص الذرة والمواد باستخدام المعجلات النووية.

المفاعلات النووية: توليد الطاقة الكهربائية عبر الانشطار النووي، حيث تنتج المفاعلات اشعاعات نيوترونية ومؤينة.

I-5-2 استخدامات الأشعة الغير مؤينة:

طاقة منخفضة لا تسبب تأينا للذرات، وتستخدم في حياتنا اليومية.

*الميكروويف: تستخدم في أفران الميكروويف لتسخين الطعام، بالإضافة الى أنظمة الرادار والاتصالات اللاسلكية.

*العلاج بالأشعة تحت الحمراء: تستخدم في بعض العلاجات الفيزيائية وتسخين الانسجة.

*الضوء المرئي: الإضاءة العامة التى نراها .

* الترددات المنخفضة للغاية (ELF): الناتجة عن خطوط نقل الطاقة الكهربائية والاسلاك المنزلية.

I-6 تفاعل الإشعاع مع المادة:

يعتمد فهمنا لطبيعة الأشعة على معرفة كيفية تفاعل هذه الأشعة مع المادة. وتعتبر هذه المعرفة ضرورية في إنشاء واستخدام الكواشف الإشعاعية وأجهزة القياس وفي التطبيقات المتنوعة للأشعة في العلوم والطب والصناعة والزراعة وتنقسم الأشعة إلى أربعة أنواع هي [10]:

1- جسيمات مشحونة ثقيلة مثل: جسيمات ألفا والديوترونات H^{21} والبروتونات ونوى الذرات الخفيفة.

2- جسيمات مشحونة خفيفة وهي الإلكترونات -والبوزيترونات e^+ .

3- أجسام غير مشحونة مثل النيوترونات.

4- أشعة كهرومغناطيسية مثل أشعة جاما وأشعة السينية.

وجميع هذه الأشعة لها القدرة على إحداث تأين لذرات المادة التي تمر خلالها ولذلك تسمى بالأشعة المؤينة.

I-7 الآثار الصحية للإشعاع:

قد يؤدي التعرّض المفرط للإشعاع إلى تلف الأنسجة والأعضاء الحية، وفقاً لكمية الإشعاع التي تم التعرّض لها (أي الجرعة). ويتوقف مدى الضرر المحتمل على عوامل عديدة تشمل ما يلي [11]:

*نوع الإشعاع.

*مدى حساسية الأنسجة والأعضاء المتأثرة.

*مسار التعرض ومدته.

*النظائر المشعة المعنية.

*السمات الفردية للشخص المتعرض للإشعاع (من قبيل السن والجنس والحالة الصحية).

ويتوقف خطر الآثار الصحية الضارة على جرعة الإشعاع. فكلما كانت الجرعة أعلى تفاقم هذا الخطر، وكلما كانت الجرعة أقل أو كان التعرّض على مدى فترة زمنية أطول، تدّنى مستوى الخطر لأن الجسم كفيل بإصلاح الضرر الذي يلحق بالخلايا والجزيئات.

قد يؤدي التعرّض لجرعات عالية جداً من الإشعاع إلى تعطيل وظائف الأنسجة والأعضاء وحدوث آثار حادة مثل الغثيان والقيء واحمرار الجلد وتساقط الشعر ومتلازمة الإشعاع الحادة وإصابات الإشعاع الموضعية (المعروفة أيضاً باسم حروق الإشعاع) وحتى الوفاة.

وفي حالات الطوارئ الإشعاعية أو النووية، يكون أول المستجيبين أو العاملون في المنشأة المعنية (العاملون في محطة طاقة نووية مثلاً) هم الأشدّ عرضة لخطر التعرض لجرعات عالية من الإشعاع تكفي لإحداث الآثار الحادة كما موضح في الشكل (I-4). أما عامة السكان فلا يُرجح تعرضهم لجرعات عالية إلى الحد الذي يكفي لإحداث الآثار المذكورة أعلاه.

وفي حالات الطوارئ الإشعاعية، ينبغي للأفراد اتباع المعلومات الصادرة عن السلطات المحلية والامتثال لإجراءات الوقاية الطارئة للحدّ من خطر تعرّضهم للإشعاعات.

الشكل(I-4): يوضح علامات الاصابة الاشعاعية[12]

I-8 الوقاية من الإشعاع :

إن الإشعاع المؤين الناتج من المصادر المشعة يمكن أن يكون ذو تأثيرات جسدية أو وراثية ، وتعتمد هذه التأثيرات على نوع وشدة وطاقة ذلك الإشعاع ،وتكون الوقاية من الإشعاع من حيث التعرض على نوعين [13]:

I-8-1 الوقاية من التعرض الخارجي:

ينجم التعرض الخارجي عن التعرض لمصادر مشعة أو أجهزةإشعاعية موجودة خارج جسم الإنسان,ويعتمد التعرض الخارجي على اربعة عوامل مهمة كما هو موضح في الشكل (I_5) [14]:

الزمن:

إن تقليل زمن التعرض للإشعاعات يؤدي الى تقليل الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الأفراد ، فمن الثابت أن الجرعة المتراكمة في الإنسان تتناسب طرديا مع الزمن ، لذا فإن أبسط أساليب الوقاية من التعرض الخارجي هي

،هو قضاء اقل مدة زمنية ممكنة في الأماكن التي توجد فيها الإشعاعات ، وينبغي عدم تجاوز الجرعة الإشعاعية في الظروف الاعتيادية للعاملين عن الجرعة المقرة أوالحد المقر.

$$(d=d_0.t).....(1)$$

d:الجرعة المتراكمة

d_0:معدل الجرعة

t:زمن التعرض

المسافة:

يقل التعرض الإشعاعي بزيادة المسافة بين المصدر المشع والنقطة المعنية بحسب قانون التربيع العكسي .[14]

$$(Io\alpha\frac{1}{R^2}) .....(2)$$

Io:شدة الاشعاع

R^2:مربع المسافة بين المصدر المشع والنقطة المعنية

الدروع الوقائية:

يقل التعرض الإشعاعي بوضع الحواجز أوالدروع بين المصدر المشع والنقطة المعنية ، والدروع تعدُ من أهم وسائل الوقاية من التعرض الخارجي ، لان الاعتماد على عاملي المسافة والزمن يتطلب وجود مسؤول وقاية من الإشعاع متفرغ بصورة مستمرة على رأس العمل حتى لايتجاوز العاملون الجرعة المقرة ويتوقف نوع مادة الدرع وسمكه على نوع الإشعاعات وطاقتها وعلى النشاط الإشعاعي للمصدر ، كما ويتوقف على معدل الجرعة مالقرةخارج الدرع [14].

$$I=I_0e^{ux}.....(3)$$

I:يمثل شدة الاشعة النافذة

I_0:يمثل شدة الاشعة الساقطة

u:يمثل معامل التوهين الخطي

x:يمثل سمك الدرع (المادة الماصة)

الاحتواء:

وهو عملية تقييد المواد المشعة وحصرها في أقل حجم وإقصائها عن البيئة . وهو احد الوسائل الناجعة للوقاية من الاشعاع . النظائر المشعة المستعملة في المجال الطبي توزع في وسائل مخصصة . بينما تعمل المفاعلات النووية داخل انظمة مغلقة وحواجز متعددة وغرف عند ضغوط منخفضة حتى يبقى التسرب داخل الغرفة ولايخرج منها [14].

الشكل (I ــ5):يوضح مبادى الحماية الاشعاعية [15]

I-8-2 الوقاية من التعرض الداخلي:

يكون التعرض الداخلي للجسم من خلال دخول المواد المشعة إليه عن طريق [14]:

الجهاز الهضمي: تناول الأطعمة والمشروبات الملوثة إشعاعيا.

الجهاز التنفسي: استنشاق الغبار الملوث إشعاعيا و الغازات والأبخرة المشعة.

الامتصاص: المسامات الجلدية والجروح.

ولغرض الوقاية من التعرض الداخلي يتوجب استعمال الوسائل الوقائية اللازمة لوقاية الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي والجروح إذ أن التعرض الداخلي هو أكثر ضرر من التعرض الخارجي لكون النظائر المشعة تترسب في أعضاء معينة من جسم الإنسان تعرف بالأعضاء الحرجة .

I-8-3 الملابس الوقائية من الاشعاع :

إن أفضل طريقة للسيطرة على الاشعاع و المواد الخطرة هي بالسيطرة على مصدر الخطر نفسه.ومع ذلك ،فأن الملابس الواقية توفر مستوى جيد من الحمايةُ،ولكي تعد الملابس الواقية فعالة ،يجب أن ترتدى في كل الأوُقات ، وان ترتدى بالشكل الصحيح وأن تكون بوضعية جيدة و الشكل (I ـ6)يوضح نموذج من الملابس الواقية [16].

الشكل (I ــ6): يوضح ملابس الوقائية من الاشعاع [17]

خاتمة:

تعد الاشعة من الظواهر الفيزيائية الاساسية التي تلعب دورا مهما في حياتنا اليومية وفي مختلف المجالات العلمية والطبية والصناعية. وتنقسم الاشعة الي نوعين رئيسيين: الاشعة المؤينة التي تمتلك طاقة عالية قادة على أحداث تغيرات في المادة الحية وقد تسبب أضرار صحية عند التعرض لها بجرعات مرتفعة، والاشعة غير المؤينة التي تتميز بطاقة أُقل وتستخدم على نطاق واسع في الاتصالات والعلاج وبعض التطبيقات الطبية. ويعد الفهم الجيد لخواص هذه الأشعة ومصادرها وطرق الوقاية منها أمرا ضروريا للاستفادة منها بشكل امن وفعال، بما يخدم الانسان ويقلل من المخاطر المحتملة.

المراجع والمصادر:

[1] https://eprints.poltekkesadisutjipto.ac.id(17_04_2026)

[2] الإدارة العام للدفاع المدني سلسلة الإصدارات التوعوية، [ملفPDF].

[3] السريع أحمد بن محمد أحمد محمد فاروق ((مبادئ الاشعاعات المؤينة والوقاية منها)) اللجنة الدائمة للوقاية من الاشعاعات بجامعة الملك سعود المملكة العربية السعودية2007

[4] Guide to the safe handling of radioactive materials in research) ,USA ,Sep , 2010 .www.perkinelmer.com/safehandleguide

[5] https://mawdoo3.com17_04_2026

[6] https://www.nasa.gov 17_04_2026

[7] https://www.enec.ae/ar/discover/fueling-the-barakah-/-(plant/what-is-radiation) 17_04_2026

[8] https://www-osha-gov.translate.goog/ionizing-(radiation/background? 17_04_2026

[9] https://x.com/AMSSNuR/status/1457640280329527296 17_04_2026

[10] https://www.linkedin.com 17_04_2026

[11] https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/radiation-and-health/radiation-and-health-effects 17_04_2026

[12] https://arabic.cnn.com/amphtml/science-and-health/article/2025/06/24/radiation-exposure-emergency-health-tips-infographic 17_04_2026

[13] الوقاية من الاشعاع في الطب (الترجمة العربية) الهيئة العربية لطاقة الذرية ,تونس 2011 المنشور اللجنة الدولية للوقاية من الاشعاع (ICRP)رقم 105

[14] ألن مارتن صاموئيل هاريسون (ترجمة محمد ألبدري)"مقدمة في الوقائية من الاشعاع " الحكمة بغداد 1989

[15] https://www.epa.gov/lep/radiation-protection-arabic 17_04_2026

[16] معروف,د.بهاء الدين "الوقاية من الاشعاعات المؤينة" منشورات منظمة الطاقة الذرية العراقية 1989

[17] https://arabic.alibaba.com/g/x-ray-protective-clothing.html 17_04_2026

الفصل الثاني:

تطبيقات الأشعة في الطب

مقدمة:

عندما اكتشف رتنجن في العام 1895 الأشعة السينية، لم يكون على علم بمدى تاثير هذا الاستكشاف في مختلف نواحي الحياة واليوم لا يكاد يخلو مستشفى او مركز صحي من جهاز او عدة اجهزة للاشعة السينية ونتيجة هذا الانتشار الواسع لهذه الاجهزة والتي ساهمت بشكل كبير في مقدار الجرعات الاشعاعية التي يتلقاها المستخدمين والمرضى وكان من الضرورة ايجاد الوسائل والطرق المناسبة للسيطرة على هذه الجرعات بما يحقق الفائدة الموجودة والتقليل من الاضرار الناتجة عن هذا الاستخدام الواسع والكثيف لهذا النوع من الاشعاع لغايات التشخيص والعلاج والبحوث وفي المختبرات ايضا.من هذا فان الشرط الاساسي للممارسة الاشعاعية هو ترجيح الفوائد على الاضرار.

II-1 التشخيص الإشعاعي الطبي :

الاشعة التشخصية تعرف بان استخدام الاشعة لكافة اعضاء الجسم البشري للاطلاع على التركيبية الداخلية وادائه الوظيفي وتشخيص اعتلاله او سلامة ادائه والاشعة التشخصية قد تستخدم لعدة اغراض وبطرق متنوعة [1].

II-2 تقنيات التشخيص الإشعاعي الطبي :

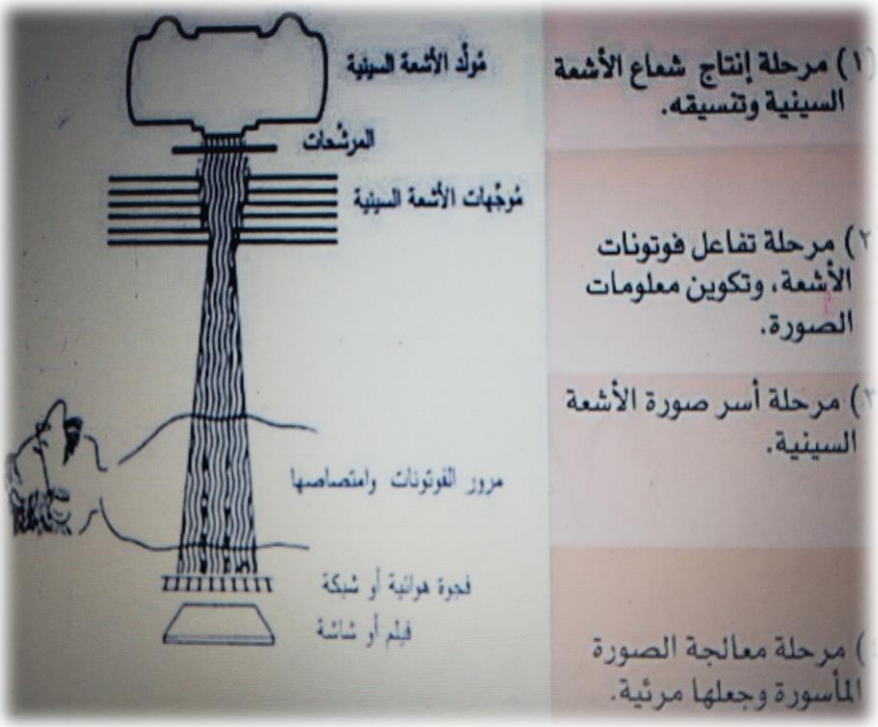
II-2-1 الأشعة السينية:

يعد التصوير بالأشعة السينية من أسرع الطرق وأسهلها على الطبيب لفحص أنسجة وأعضاء الجسم الداخلية لأنه يمثل أداة ممتازة تساعد على تقييم حالة العظام والأسنان والفكين. كما يستخدم في فحص منطقة التجويف الصدري بما في ذلك الرئتان، والقلب، والقناة الهضمية، والكلى، وذلك من خلال الحصول على صور درجة وضوحها عالية. ويستخدم أيضا في قياس كثافة العظام، والجراحة التجبيرية، ومعالجة إصابات الألعاب الرياضية المختلفة. كما يعد التصوير بالأشعة السينية ركنا أساسيا في الكشف عن السرطان وتشخيصه، ومن ثم علاجه. وما زال التصوير التشخيصي بالأشعة السينية يمثل أكثر الإجراءات التشخيصية استخداما سنويا على مستوى العالم ويتضمن التصوير التشخيصي بالأشعة السينية مجموعة عريضة من التقنيات والتطبيقات. وهناك أربع مراحل رئيسية في نظام التصوير بالأشعة السينية، حيث صممت؛ لتحسين جودة الصورة، وخفض تعرض المريض للأشعة.ويتضمن التصوير التشخيصي بالأشعة السينية مجموعة

عريضة من التقنيات والتطبيقات. وعلى الرغم من ذلك فإنه يمكن تقسيمه إلى فصيلتين رئيسيتين: التصوير الإشعاعي العادي، والتصوير المقطعي، حيث نحصل على «صورة ثابتة»للمنطقة المصورة وتعرض على فيلم، أو على شاشة حاسوب. التصويرالفلور وسكوبي(fluoroscopy)، حيث نحصل على صور متحركة آنية (فورية)للعضومباشرة على شاشة مراقبة، أو حاسوب؛ وذلك لفحص الوظائف الداخلية في الجسم [2].

II-2-1-1مراحل التصوير بالأشعة السينية:

يرتكز علم التصوير بالأشعة السينية في المجال الطبي على تجهيز الأشعة السينية الصادرة عن مصدر مناسب، ثم إسقاطها على المنطقة المطلوب تصويرها من الجسم،ثم استقبال الأشعة التي نفذت من الجسم ثم تسجيلها بواسطة وسيلة مناسبة قد تكون فيلما أو جهازا لعد الفوتونات ثم معالجة الفيلم بوسائل كيميائية أو فيزيائية للحصول في النهاية على الصورة الإشعاعية. وهناك أربع مراحل رئيسية في نظام التصوير بالأشعة السينية، حيث صممت, لتحسين جودة الصورة، وخفض تعرض المريض للأشعة الشكل(II-1) [3].



الشكل(II-1) :رسم تخطيطي يوضح مراحل الأربعة الرئيسية للتصوير التشخيصي بالأشعة السينية[3]

1_مرحلة إنتاج شعاع الأشعة السينية وتنسيقه: وتتضمن أنبوب الأشعة السينية والمرشحات، والمحرمات (موجهات الأشعة collimators) التي صممت لتوجيه شعاع فوتونات الأشعة السينية ذات النوعية والكمية الكافيتين إلى المريض لتصوير جزء الجسم الخاضع للدراسة.

2_مرحلة تفاعلات الأشعة السينية التي تصطدم بجسم المريض لإنتاج نمطيا لامتصاص والتوهين اللذين سينتجان المعلومات المرئية على فيلم التصوير.

3_مرحلة نظامي أسر الصورة والتسجيل (فيلم، أو وسيلة إلكترونية)؛ لأسر نمط الفوتونات التي مرت خلال جسم المريض لإنتاج الصورة التشخيصية.

4_مرحلة معالجة التفاعلات التي نتجت عن الفوتونات المأسورة لجعل المعلومات التي تحتوي عليها الصورة مرئية، سواء أكان ذلك بالوسائل الإلكترونية أو معالجة الفيلم.

II-2-1-2 فحص الصدر بالأشعة السينية:

يمثل فحص الصدر بالأشعة السينية أكثر الفحوصات المتممة بالتصوير الإشعاعي في المجال الطبي، حيث تقدر بحوالي 45٪ من العدد الإجمالي لكل الفحوصات المستخدمة في هذا المجال. ولا تستغرق عملية التصوير سوى ثوان معدودات, ولذلك قد يعتقد أن القيام بهذه المهمة أمر يسير. بيد أن الأمر على نقيض ذلك، حيث أن تصوير الصدر بالأشعة يتطلب خبرة ودقة في الأداء, لكي نحصل على صورة بالمواصفات التي تلبي الغرض منها, لأن الصدر يحتوي على أنسجة مختلفة التكوين، مثل: الرئتين، بجانب أنسجة ناعمة، وعظام صلبة سميكة. والرئتان تتألفان من ملايين الحويصلات الهوائية ذات جدران رفيعة جدا، مملوءة تقريبا بالهواء, لذلك فإن إنتاج صورة تزودنا بكافة التفاصيل الدقيقة لكل التراكيب الموجودة في الصدر يتطلب تقنية وخبرة[4]كما هو موضح في الشكل (II ـ2)

الشكل (II ــ2):صورة إشعاعية لمنطقة الصدر ,تظهر فيها الرئتان أكثر سوادا من مناطق العظام[5]

II-2-1-3 فحص الأطراف بالأشعة السينية:

ستخدم الصورة الإشعاعية غالبا عند فحص مصابي الحوادث للوقوف على الأضرار التي حدثت في الهيكل العظمي، وكذلك قبل إجراء العمليات التجبيرية على الأطراف، أو بعد عمليات تثبيت المسامير الداعمة أيضا؛ للتأكد من موضعها الصحيح[6]. الشكل (II ـ3)

الشكل (II ــ3):يوضح صور إشعاعية لمجموعة من الأطراف في الجسم[6]

II-2-1-4 قيود التصوير بالأشعة السينية ومحدوديتها:

1_الحصول على صورة في بعدين فقط لجسم ثلاثي الأبعاد يعني أن التفاصيل الداخلية للجسم ستظهر متراكمة فوق بعضها بعضا، ومن ثم فلا توجد معلومات يمكن استنتاجها من الصورة حول تفاصيل عمق الجسم، والتوزيع الفراغي لمكوناته.

2_التصوير العادي بالأشعة السينية غير قادر على التفريق بين الأنسجة الناعمة (soft،tissues)وخاصة عندما تكون متقاربة في الكثافة والموضع.

3_لاتوجد قياسات مطلقة حول درجة شفافية واسوداد الأفلام، بل تتم على نحو نسبي. وهذه القيود وغيرها شجعت على البحث عن بدائل جديدة تساعد على الكشف عن عللا لجسم الداخلية باستخدام التصوير بالأشعة السينية أيضا، مع الإسراع في معالجة البيانات باستخدام الحاسوب.وأثمر البحث في النهاية عن ظهور التصوير المقطعي [3].

II-2-2 التصوير المقطعي المحسوبCT:

التصوير المقطعي يعني الحصول على صور لشرائح مستعرضة من جسم الإنسان أو جسم ثلاثي الأبعاد. واعتمد التصوير المقطعي في البداية على تحريك أنبوب الأشعة السينية تحريكًا خطيا في اتجاه واحد ، وفي الوقت نفسه يتحرك فيلم الأشعة السينية في الاتجاه المعاكس؛لذلك، تصور نقاط مستوى مركز الدوران، وتظهر الصورة بتفاصيل واضحة وحادة. وأما كل النقاط الموجودة فوق هذه المنطقة وتحتها فتكون غير واضحة، وتظهر كخلفية رمادية مشوهة على الفيلم. وقد تطورت هذه التقنية فيما بعد، حيث ظهرت أجيال عدة من أجهزة التصوير المقطعي والنجاح الهائل لتقنية التصوير المقطعي بالأشعة السينية يرجع إلى التباين العالي في صور الأنسجة الرخوة, وذلك لعدم التداخل بين صورة المستوى المطلوب وبين باقي أجزاء الجسم. بالإضافة إلى عدم معاناة المريض من أي ألم ناتج عن عملية التصوير المقطعي، كما يمكنه معرفة نتيجة الفحص عند مناقشة الطبيب المختص .وبعد دخول التصوير المقطعي في المجال الطبي التطبيقي عام 1973م، تطور إلى استعمال الأشعة السينية في التصوير ذي الأبعاد الثلاثية متعدد الاستعمال، مثل: علم الأورام، والمعالجة الإشعاعية الوعائية، وطب القلب، وعلم الجروح والصدمات، وحتى في المعالجة الإشعاعية التداخلية، بالإضافة إلى دراسات متابعة عوامل الخطر وفحصها [7].

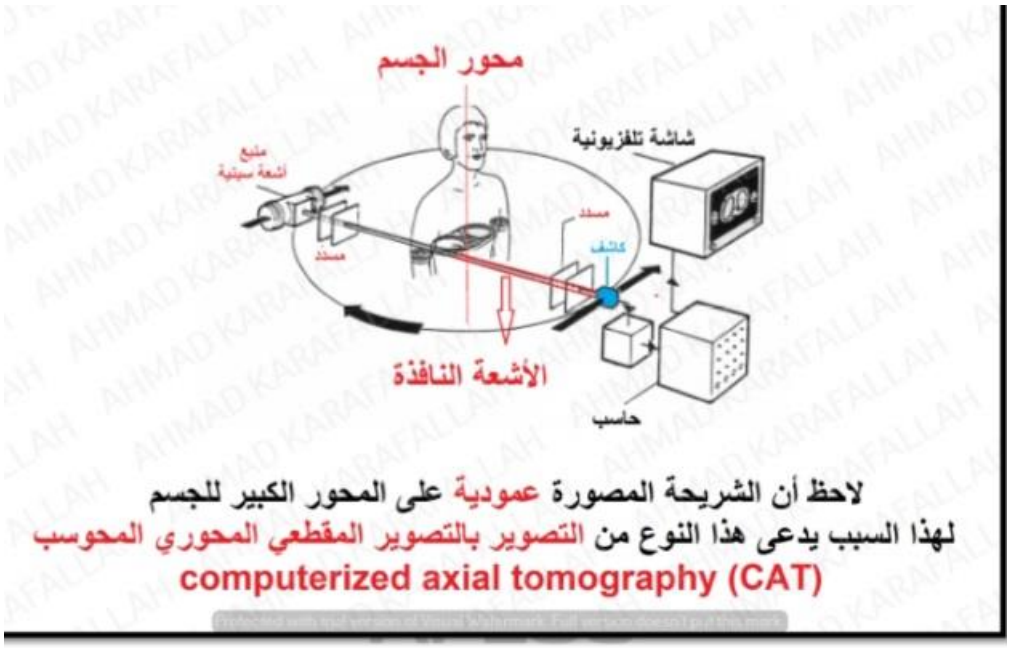
II-2-2-1 مراحل الحصول على الصور المقطعية:

1_توليد الأشعة السينية بالمواصفات المطلوبة وتنسيقها بواسطة محرمات (موجهات)الأشعة،حتى تصير على هيئة حزم متوازية.

2_تحديد الموضع المطلوب تصويره من المريض وتوجيه الأشعة المتوازية إليه.

3_تجميع الأشعة المارة من جسم المريض بواسطة الكواشف.

4_معالجة البيانات بواسطة الحاسوب؛ لإعادة تركيب الصورة ثم عرضها على شاشة عرض مناسبة [8].كما موضح في الشكل (II ـ4)



الشكل (II-4):المراحل المختلفة لإنتاج صورة الأشعة المقطعية[8]

II-2-2-2 تصوير المقطعي الحلزوني:

يمثل هذا النوع من التصوير الجيل السادس من تطوير التصوير المقطعي، وفيه تكتسب البيانات بواسطة مواسح التصوير (scanners)، وذلك أثناء تحرك المنضدة التي يستلقي عليها المريض إلى الأمام بسرعة ثابتة في حين يتحرك مصدر الأشعة حركة دائرية [8]انظر: الشكل (II-5)ويتميز التصوير المقطعي الحلزوني بصور عالية الجودة، مع درجة أقل من الجرعة الإشعاعية المكتسبة في التصوير المقطعي العادي [9].وسرعة تنفيذ عملية لفحص تتراوح ما بين 8إلى 10مرات، وهي أسرع من التصوير المقطعي العادي لدرجة أنه يمكن تنفيذها أثناء . حبس نفس واحد فقط. وهذه السرعة مفيدة لكل المرضى على وجه العموم، والمسنين، والأطفال، ومرضى الحالات الحرجة، والمرضى المصابين بالهلع والخوف أو الاضطراب عندما تطول فترة الفحص على وجه الخصوص.

الشكل (II-5):فحص بالتصوير المقطعي المحسوب[10]

II-2-3 التصوير بالرنين المغناطيسيMRI :

هو فحص تصويري يستخدم المجال المغناطيسي وموجات الراديو المولدة بمساعدة الحاسوب لتكوين صور مفصلة للأعضاء والأنسجة داخل الجسم ,تكون معظم أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي في شكل مغناطيسات اسطوانية كبيرة وعند الاستلقاء داخل جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي يعمل المجال المغناطيسي داخل الجهاز مع موجات الراديو وذرات الهيدروجين في الجسم على إنشاء صور مقطعية كما يمكن أن ينشئ جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي صورا ثلاثية الأبعاد يمكن استعراضها من زوايا مختلفة [11].

II-2-3-1إجراء التصوير بالرنين المغناطيسي:

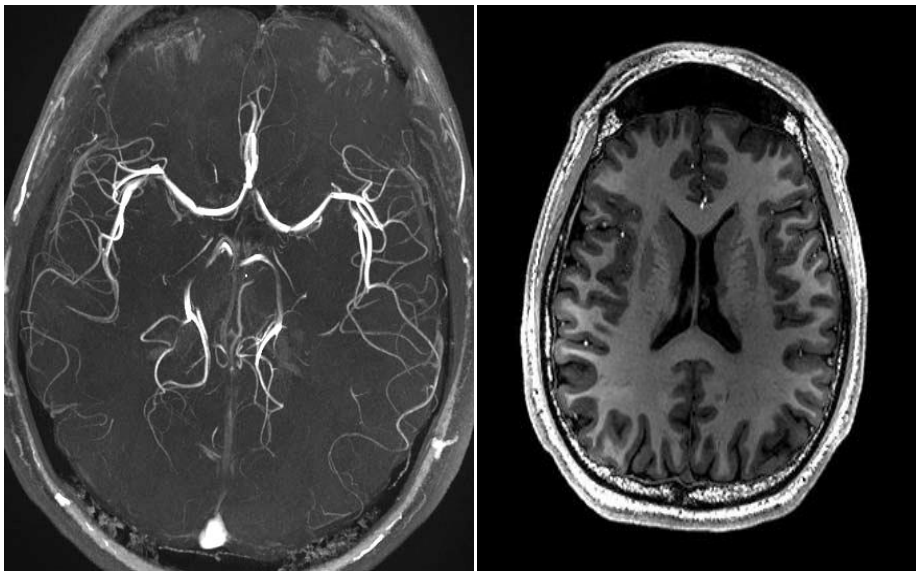
بالنسبة إلى التصويرِ بالرنين المغناطيسي ،يستلقي الشخصُ على طاولة متحرِّكة يَجرِي تحريكُها نحوَ الداخل الضيّق لماسِح أنبوبي كبير ينتج مجالاً مغناطيسيًا قويًّا.لاتكون البروتونات (أجزاء ذات شحنة موجبة في الذرة)في الأنسجة في أي ترتيب معيَّن عادة.ولكن،عندماتُحاط البروتونات بمجال مغناطيسي قوي،كما هي الحالُ في الماسح بالرنين المغناطيسي،فإنها تتطابق أوتتراصف مع المجال المغناطيسي.وبعد ذلك،يصدر الماسح نبضة من الموجات الراديوية،والتي تفرِّق البروتونات مؤقتًا.وباستطاف البروتونات مع المجال المغناطيسي مَرَّةً أخرى،فإنها تطلق الطاقة(تُدعى الإشارات)وتختلف قوةُ الإشارة حسب الأنسجة.يسجِّل ماسح الرنين المغناطيسي هذه الإشارات ويستخدم الكمبيوتر لتحليل الإشارات وإنتاج الصور كما هو موضح في الشكل (II-6) [12].

الشكل (II-6):يوضح التصوير بالرنين المغناطيسي[13]

II-2-3-2 التصوير بالرنين لبعض الأعضاء:

هو اختبار التصوير الأكثر استخداما للدماغ والحبل النخاعي غالبا يجرى للمساعدة في تشخيص [11] :كما موضح في الشكل (II-7)

- تمدد الأوعية الدموية الدماغية.
- أمراض العين والأذن الداخلية .
- التصلب المتعدد.
- أمراض الحبل النخاعي.
- السكتة الدماغية .
- الأورام.



الشكل (II-7):يوضح تصوير الدماغ والأوعية الدموية[11]

II-2-3-3 المخاطر التصوير بالرنين المغناطيسيMRI:

لأن التصوير بالرنين المغناطيسي يستخدم مغناطيسات قوية،يمكن أن يشكل وجود معادن في جسمك خطرًا على سلامتك إذا جذبه المغناطيس . حتى إذا لم تُجذب المعادن للمغناطيس،فيمكن أن تشوه الأجسام المعدنية الصور

الناتجة عن التصوير بالرنين المغناطيسي .قبل الخضوع لفحص التصوير بالرنين المغناطيسي،ستكمل على الأرجح استبيانًا يتضمن أسئلة عن وجود أي معادن أجهزة إلكترونية في جسمك. قد لا يمكنك إجراء التصوير بالرنين المغناطيسي مالم يكن الجهاز المتاح لديك معتمدًا باعتباره آمنًا لتصوير الرنين المغناطيسي .ومن أمثلة هذه الأجهزة مايلي [11]:

- الأطراف الاصطناعية المعدنية.
- صمامات القلب الاصطناعية.
- منبهات الأعصاب المزروعة.
- منظم ضربات القلب.
- المشابك المعدنية.
- الإبر أو المسامير أو الشرائح أو الدعامات أو الدبابيس الجراحية المعدنية.
- لولب الرحم .

II-2-4 تصوير بالموجات فوق الصوتية:

يستخدم التصوير بالموجات فوق الصوتية التشخيصي الموجات الصوتية لالتقاط صور للجسم .يُظهر التصويرب الموجات فوق الصوتية،المعروف أيضًا بالتخطيط الصوتي،الأجزاء الداخلية للجسم .يمكن أن تساعد الصور على توجيها لتشخيص والعلاج للعديد من الأمراض والحالات الصحية.تُجرى معظم فحوصات التصوير بالموجات فوق الصوتية باستخدام جهاز خارج الجسم .ومع ذلك،تتطلب بعض الحالات وضع جهاز صغير داخل الجسم [14].

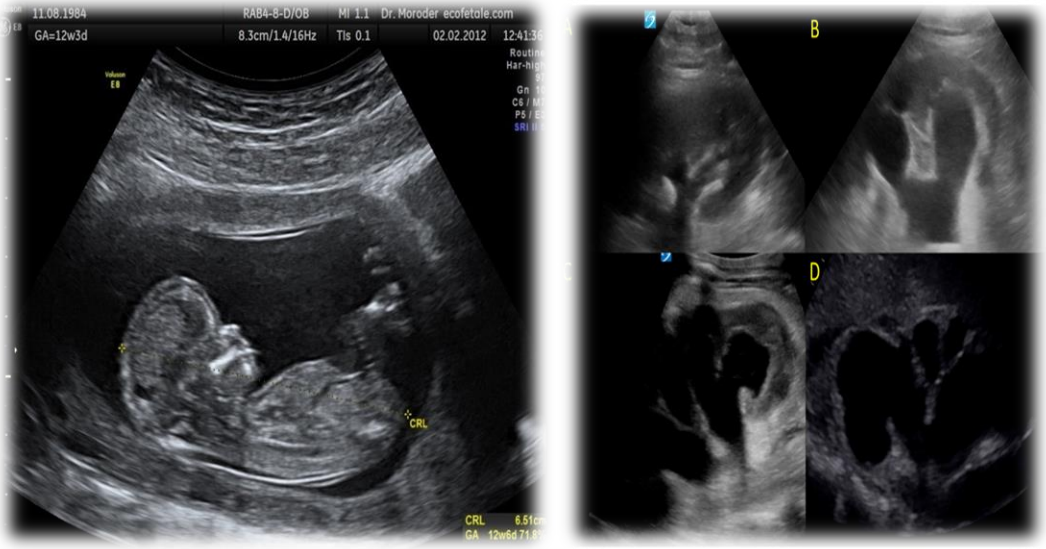
II-2-4-1 اجراء التصوير بالموجات فوق الصوتية:

إذا كان سيجري فحصُ أجزاء معينة من البطن في أثناء التصويرب الأمواج فوق الصوتية،فقد يُطلب من الشخص الامتناع عن الأكل والشرب لعدَّة ساعات قبلَ الاختبار.يمكن للغاز الطبيعي الذي يتراكم في الأمعاء بسبب الطعام أو الشراب أن يجعل الحصول على صور الأمواج فوق الصوتية صعبًا في بعض الأحيان.في حالات أخرى،مثل تصوير الأعضاء التناسلية الأنثوية بالأمواج فوق الصوتية،قد يُطلب من النساء شرب كمية كبيرة من السوائل لملء المثانة

يضع الفاحصُ عادة هلامًا سميكًا على جلد المنطقة لفحصها،وذلك لضمان انتقال الصوت جيّدًا.يُوضَع محوِّل ترجام محمول على الجلد ويُنقَّل فوق المنطقة لتقييمها, ولتقييم بعض أجزاء الجسم،يُدخِل الشخص الذي يقوم بالفحص جهاز التراجم في الجسم،على سبيل المثال في المهبل،لتحسين صورة الرحم والمبيضين،أو في فتحة الشرج لتصويرغُدَّة البروستات كما يوضح الشكل (II_8) [15].

الشكل (II_8):يوضح جهاز التصوير بالموجات فوق الصوتية[15]

II-2-4-2 صور التصوير بالموجات فوق الصوتية:



الشكل (II-9):يوضح تصوير بالموجات فوق الصوتية للكلى والجنين[14]

II-2-4-3 مخاطر التصوير بالموجات الفوق صوتية:

تتعطل الموجات فوق الصوتية بسبب الهواء أو الغاز .لذلك،فإن الموجات فوق الصوتية ليست تقنية تصوير مثالية للأمعاء المملوءة بالهواء أو الأعضاء التي تحجبها الأمعاء .الموجات فوق الصوتية ليست مفيدة للتصوير بالرئتين المليئة بالهواء،ولكن يمكن استخدامها للكشف عن السوائل حول الرئتين أو داخلها .وبالمثل،لايمكن للموجات فوق الصوتية اختراق العظام،ولكن يمكن استخدامها لتصوير كسور العظام أوللعدوى المحيطة بالعظم .يصعب تصوير المرضى الكبار عن طريق الموجات فوق الصوتية لأن كميات أكبر من الأنسجة تضعف الموجات الصوتية لأنها تمر في عمق الجسم .[14]

II-2-5 الطب النووي:

يشمل الطب النووي نوعين من الاستخدام للمواد المشعة النوع الاول هو استخدام المواد المشعة لغايات التشخيص لدراسة الوظائف الحيوية للجسم ,والنوع الثاني هو الاستخدام لاغراض علاجية والمواد المشعة المنتجة لغايات الاستخدام في الطب النووي تندرج بالعادة تحت مسمى العقاقير المشعة فاعند تصنيعها ياخذ بعين الاعتبار شكلها الكيمياوي وبالتالي طريقة تفاعلها الحيوي في الجسم من خلال تحديد العضو او النسيج الذي تذهب اليه وهذا هو

الاساس في الطب النووي اما الاعتبار الثاني فهو الخصائص الفيزيائية للمادة المشعة مثل الطاقة ونوع الاشعاع المنبعث من المادة وعمر النصف الاشعاعي وتحديد الطريقة الافضل لقياسها وتعقبها ومعرفة المدة الزمنية اللازمة للتخلص منها خارج الجسم او اضمحلالها فيه بالاضافة لمعرفة المخاطر المصاحبة للمادة ومدى تاثيرها على المريض [16].

II-2-5-1 المواد المشعة المستخدمة في الطب النووي:

ان الطب النووي مجال يستخدم النظائر المشعة. وقد سمي بهذا الاسم نظرا لان النظائر المشعة المستخدمة تصدر عند اضمحلالها أشعة نووية، أي إن مصدرها نواة الذرة. والنظائر هي عناصر متشابهة في السلوك الكيميائي، وتختلف في الصفات الفيزيائية. ولهذا يدلل عليها بنفس الرمز الكيميائي، ولكن باستخدام أرقام مختلفة، مثال على ذلك عناصر اليود التي يوجد منها العديد من النظائر، منها غير المشع (.يود ـ 127)ومنها المشع (يود .131). عند استخدام الأشعة النووية لدواعي التشخيص، يتناول المريض ـ إما عن طريق الفم أو بالحقن الوريدي ـ مادة مشعة يتم اختيارها بحيث تناسب صفاتها الكيميائية والحيوية وظيفة العضو المراد دراسته، وتحدد جرعتها حسب طبيعة المسح الإشعاعي ووزن المريض وعمره. وعند دخولها إلى الجسم تنتشر المادة بالجسم وتتركز في العضو بتوزيع وكثافة، وتمثل الحالة الوظيفية له.أثناء بقائها في العضو تصدر المادة أشعة جاما النووية التي يتم التقاطها بواسطة أجهزة [16].

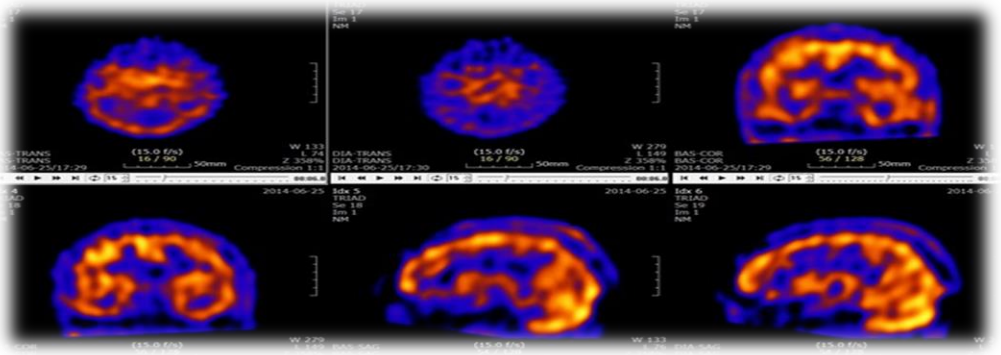
II-2-5-2 كاميرا جاما :

تحول هذه الكاميرات الأشعة الصادرة من جسم المريض إلى صور، يمكن التقاط صور متعددة دون الحاجة إلى إعطاء مادة مشعة إضافية ، كما أن من الممكن تتبع المادة المشعة في العضو المراد فحصه، مما يسهل تقييم وظيفته أو القصور في وظيفته إن وجدت. وبعد الانتهاء من التقاط الصور، يتم تجميعها وتحليلها بواسطة حواسيب وبرمجيات خاصة، يتم من بعدها حساب وظيفة العضو بدقة. هناك نوعان من التصوير في فحوص الطب النووي، الساكن والمتحرك [16].

II-2-5-3 التصوير المقطعي المحسوب المفرد (SPECT):

التصوير المقطعي المحسوب بانبعاث فوتون واحد (SPECT) هو شكل من أشكال التصوير النووي غير الجراحي يُستخدم لتحديد كيفية عمل الأعضاء داخل الجسم .يمكن استخدام الفحص لتوضيح كيفية تدفق الدم إلى القلب،على سبيل المثال،و التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الجسم يشبه مسح(SPECT) التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني(PET) ،حيث يستخدم كلاهما حقن مادة مشعة؛فيمسح(SPECT) ،تبقى المادة المشعة في

مجرى دم المريض .هناك ثلاث مواد مشعة رئيسية تُستخدم في تصوير(SPECT): التكنيتيوم 99،واليود 123،واليود 131ثم تُصدر المادة المشعةأشعة جاما(شكل من أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي)من المريض؛وهو ما يتناقض مع فحوصات (PET) التي تُصدر بوزيترونات.ثم يتم الكشف عن هذه الأشعة بواسطةكاميرا جاما التي تدور 360 درجة حول المريض .يُمكّن هذا الدوران حول المريض من تجميع الصور المقطعية ثلاثية الأبعاد كما هو الحال في التصوير المقطعي المحسوب .هذا يعني أنه يمكن عرض الصور الناتجة إماككيان ثلاثي الأبعاد أو كسلسلة من الشرائح الرقيقة عبر الجسم كما موضح في الشكل (II_10) [17].

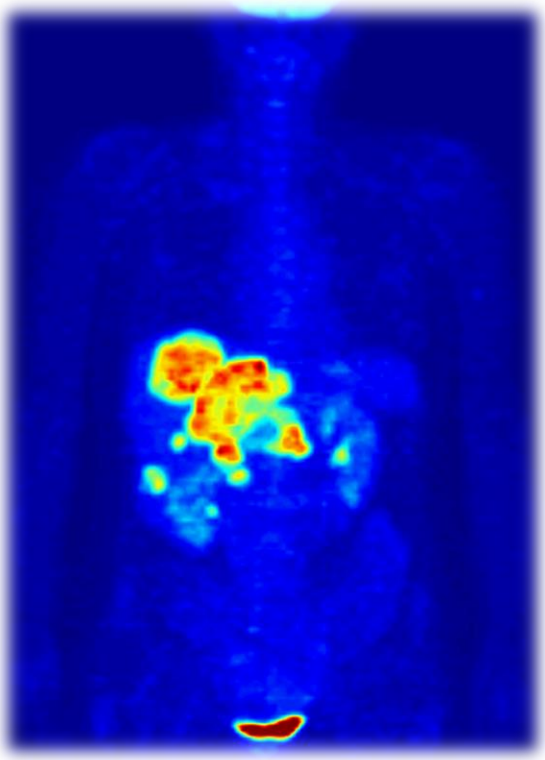


الشكل (II_10):يوضح تصوير المقطعي المحسوب(SPECT) للدماغ[18]

II-2-5-4 التصوير بالإصدار البوزيتروني (PET) :

التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني (PET) وهي تقنية طبية نووية تستخدم مادة مشعة للنظر إلى أجزاء مختلفة من الجسم بطريقة فريدة .يمكن إجراء فحوصات التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني لمجموعة متنوعة من الحالات المختلفة يُعد فحص التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني باستخدام (FDG) النوع الأكثر شيوعًا .ويتضمن حقن مادة (FDG)وهي مادة مشابهة للجلوكوز في الوريد في ذراعك شكل (II-11)ثم يكشف الجهاز المناطق ذات تركيز عال من الجلوكوز في الجسم كما هو موضح في الشكل[17].(II-12)

الشكل (II_11):يوضح عملية حقن FDG في الوريد



الشكل (II_12):يوضح التصوير بالإصدار البوزيتروني[19]

II-2-5-5 المخاطر الطب النووي:

إن إجمالي جرعة الإشعاع التي يتعرض لها المرضى من معظم المستحضرات الصيدلانية المشعة المستخدمة في معظم فحوصات الطب النووي التشخيصية لاتتجاوز مايتعرضون له خلال فحوصات الأشعة السينية أو التصوير المقطعي المحسوب الروتينية للصدر .توجد مخاوف مشروعة بشأن احتمالية الإصابة بالسرطان حتى مع التعرض لمستويات منخفضة من الإشعاع نتيجة فحوصات التصوير الطبي التراكمية،ولكن يُعتبر هذا الخطر ضئيلاً للغاية مقارنةً بالفائدة المتوقعة من فحص التصوير التشخيصي الضروري طبيًا .تجدر الإشارة إلى أن إجراءات العلاج الإشعاعي التشخيصي تُدخل عمدًا جرعات أكبر من المستحضرات الصيدلانية المشعة الموجهة إلى المناطق المستهدفة لمكافحة المرض أوالحالة المرضية. ومثل أخصائيي الأشعة،يلتزم أطباء الطب النووي التزاماً شديداً بالحفاظ على تعرض المرضى للإشعاع عند أدنى مستوى ممكن،وإعطاء أقل كمية من المستحضرات الصيدلانية المشعة اللازمة لإجراء فحص مفيد تشخيصياً [17].

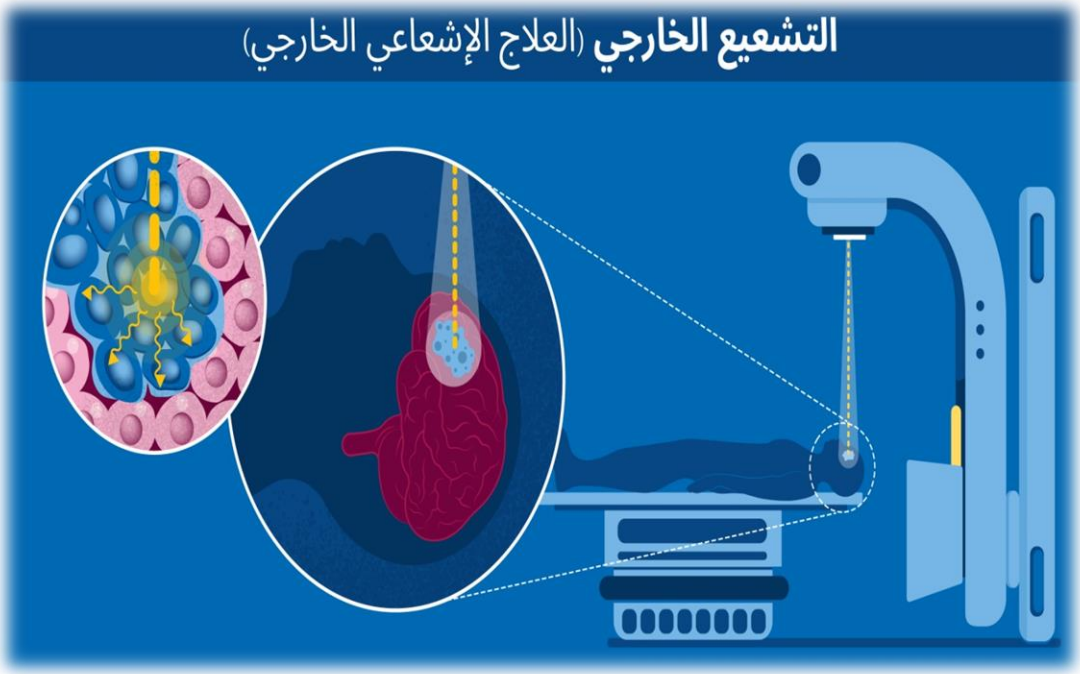
II-4 العلاج الإشعاعي:

العلاج الإشعاعي،ويُسمى أيضًا المعالجة الإشعاعية،هو نوع من أنواع علاج السرطان .وفيه تُستخدم حزم طاقة مكثفة للقضاء على الخلايا السرطانية ويستخدم العلاج الإشعاعي غالبًا الأشعة السينية ولكن توجد أنواع أخرى من العلاج الإشعاعي،ومنها العلاج بالإشعاع البروتوني.تتميز أساليب العلاج الإشعاعي الحديثة بالدقة،فهي توجِّه حزم الأشعة مباشرةً نحو موضع السرطان بدقة مع حماية الأنسجة الصحية من جرعات الإشعاع العالية [18].

II-4 أنواع العلاج الإشعاعي :

II-4-1 العلاج الإشعاعي الخارجي:

التشيع الخارجي هو النوع الأشيع من العلاج الإشعاعي وينطوي على تعريض المنطقة التي يوجد فيها الورم للإشعاع في شكل حزمة عالية الطاقة. وينبعث الإشعاع من جهاز يوضع على مسافة من الجسم، مثل وحدة كوبلت أو معجل خطي وأثناء العلاج، يرقد المريض بلا حراك على طاولة ريثما يتحرك الجهاز حول الجسم لتوجيه جرعات دقيقة من الإشعاع للورم من زوايا متعددة كما هو موضح في الشكل(II ـ13). ويُضبط حجم الحزمة الإشعاعية وشكلها بعناية بحيث يُعرَّض الورم للجرعة المطلوبة مع المحافظة على الأنسجة السليمة [20].

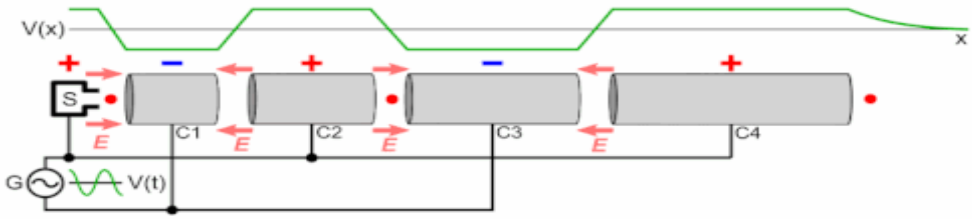


الشكل(II –13):يوضح عملية العلاج بالإشعاع الخارجي للدماغ[20]

II-4-1-1 الأجهزة المستخدمة في العلاج الإشعاعي الخارجي:

المسرعات الخطيةLINAC:

يعرَّف المسرّع الخطي،أوLINAC ،بأنه جهاز يُسرّع الجسيمات المشحونة،مثل الإلكترونات أو الأيونات،عبر سلسلة من الأنابيب ذات الجهود الكهربائية المتناوبة،ممايسمح بتسارعات صغيرة متتالية بدلاً من تسارع كبير واحد .ويعمل هذا الجهاز عن طريق تمكين الجسيمات من اكتساب الطاقة في الفجوات بين الأنابيب أثناء انجرافها بسرعة ثابتة داخل الأنابيب حيث يكون المجال الكهربائي شبه معدوم كما هو موضح في الشكل(II ـ14) [21] .

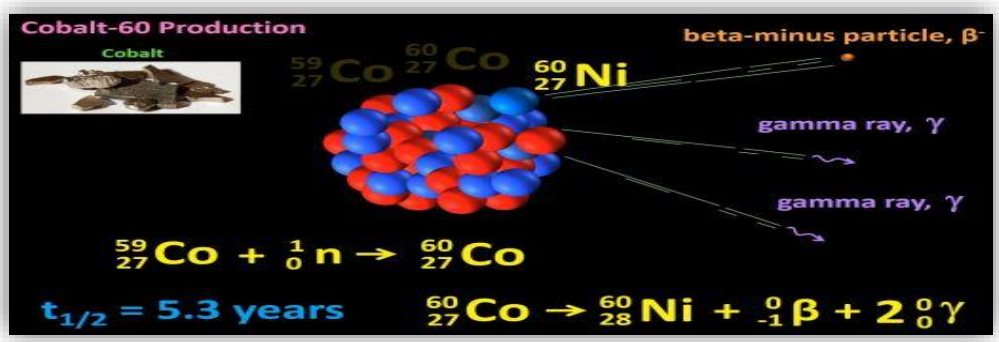


الشكل (II ـ14):يوضح آلية عمل المسرعات الخطية[21]

كوبالت60 :

وهو النظير المشع لعنصر الكوبالت وله فترة عمر النصف 5.3 سنة وهو نظير اصطناعي غير موجود في الطبيعة ويتم إنتاجه بشكل اصطناعي عن طريق التنشيط النيتروني من نظير كوبالت 59 بقذفه في مفاعل نووي بالنيوترونات.

كوبالت 60 يتحلل عن طريق اضمحلال بيتا إلى نظير مستقر للنيكل 60,وينتج من اضمحلاله انبعاث أشعة جاما كما هو موضح في الشكل (II_15)وطاقتان قياسهما 1.17و1.33 ميغا إلكترون فولط [22] .



الشكل (II_15): يوضح آلية إنتاج وتحلل نظير الكوبالت 60[22]

II-4-1-2 أنواع العلاج الإشعاعي بالحزمة الخارجية:

تختلف تقنيات العلاج الإشعاعي بالحزمة الخارجية بناءًs على كيفية تشكيل الحزم وتوصيلها وتوجيهها [23]:

العلاج الإشعاعي ثلاثي الأبعاد المطابق:

هذا الإجراء يستخدم التصوير المقطعي المحسوب وتقنيات تصويراً خرى لإنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد للورم.يتم تشكيل حزم إشعاعية متعددة(عادةًمن حزمتين إلى أربع حزم)لتتناسب مع حجم الورم من اتجاهات هذه الحزم.

العلاج الإشعاعي المعدل الشدةIMRT :

هذا علاج متقدم يستخدم حزمًا محسّنة بواسطة الكمبيوتر ذات شدة متفاوتة لتوصيل جرعات إشعاعية أعلى إلى الأورام مع حماية الأنسجة السليمة.

العلاج الإشعاعي الموجه بالصورIGRT :

يستخدم هذا العلاج التصوير أثناء العلاج لتحديد موقع الورم وتتبعه.

العلاج الإشعاعي التجسيميSPRT :

للجسم يشبه الجراحة الإشعاعية،ولكنه يُستخدم للأورام خارج الدماغ،مثل تلك الموجودة في الرئتين أو الكبد أو العمود الفقري،غالبًا عندما لاتكون الجراحة ممكنة.

العلاج الإشعاعي أثناء الجراحةIORT :

يُعطى هذا العلاج أثناء الجراحة لعلاج المناطق التي لايمكن فيها إزالة الأورام بالكامل .يتم حماية الأنسجة السليمة أثناء التخدير.

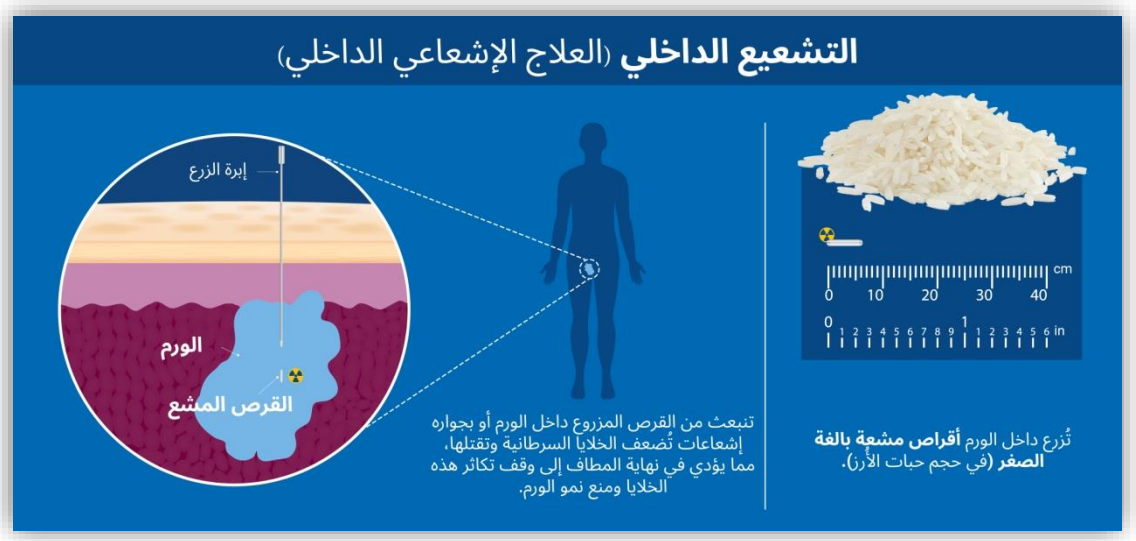
العلاج الإشعاعي القوسي المعدلVMAT :

شكل متطور من (IMRT)،الجهاز يدور حول المريض أثناء إعطاء الجرعة وهو سريع في وقت الجلسة ولديه دقة عالية جدا.

II-4-2 العلاج الإشعاعي الداخلي:

العلاج بالتشعيع الداخلي هو شكل من أشكال العلاج الإشعاعي،حيث يوضع مصدر مشع بالقرب من الورم،بجواره مباشرة أو داخل الورم نفسه كما هو موضح في الشكل (II_16),وهذا الإجراء يوصل جرعة عالية من

الإشعاع إلى الجزء المستهدف بالحد الأدنى فقط من الجرعة التي تؤثر على الأنسجة المحيطة بها [24] .



الشكل (II -16): يوضح عملية العلاج الإشعاعي الداخلي[25]

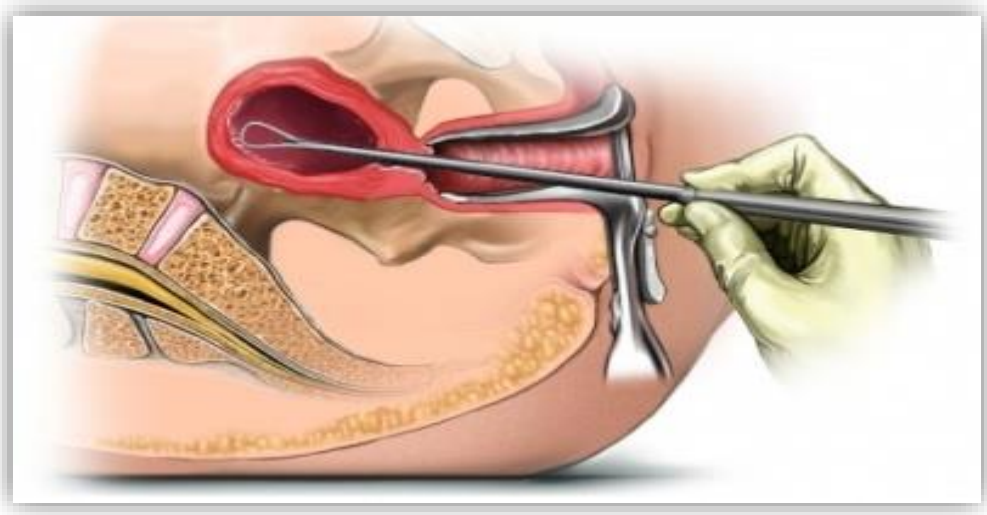
II-4-2-1 أنواع العلاج الإشعاعي الداخلي:

المعالجة الإشعاعية الموضعية منخفضة الجرعة(LDR) :

تُزرع" بذور "مشعة صغيرة بشكل دائم بالقرب من الورم أو داخله .تبقى هذه البذور في مكانها،مطلقةً كميات ضئيلة من الإشعاع على مدى عدة أسابيع أو أشهر .يُستخدم هذا العلاج في الغالب لعلاج سرطان البروستات الموضعي،أي عندما لايكون السرطان قد انتشر خارج غدة البروستاتا أو إلى أي جزءآخرمن الجسم .يستطيع المرضى عادةً العودةإلى أنشطتهم المعتادة بعد يوم أويومين من زرع هذه" البذور".في بعض الحالات،قد تحتاجين للبقاء في المستشفى لتلقي العلاج الإشعاعي الموضعي .في حالات سرطان عنق الرحم(كما هو موضح في الشكل (II_17)،يُستخدم جهاز خاص لتوجيه مصدر الإشعاع .يتطلب الأمر منكِ البقاء ثابتة و مستلقية،لذا فإن البقاء في المستشفى يُسهّل هذه العملية.

تصبح الغرسات الدائمةأقل إشعاعًا يومًا بعديوم .ولاينتشر الإشعاع عادةً إلى ماهو أبعد من منطقة الغرسة .قد يُطلب

منك اتخاذ بعض احتياطات السلامة مباشرةً بعد العملية .سيخبرونك بمايجب عليك فعله [26] .



الشكل(II -17): يوضح كيفية زرع البذور داخل عنق الرحم[27]

المعالجة الإشعاعية الداخلية بمعدل جرعة عالٍ(HDR) :

تعتمد المعالجة الإشعاعية الموضعية عالية الجرعة على مبادئ مشابهة للمعالجة الإشعاعية الموضعية منخفضة الجرعة،ولكن طريقة إيصالها تختلف قليلاً .أولاً،تُزال الغرسات المشعة في نهاية كل جلسة علاج.ثانيًا،يكون الإشعاع المعطى أكثر كثافة ولكنه قصير الأمد .عادةً مايحضر المرضى مابين جلسة علاجية واحدة وثلاث جلسات غالبًا مايُعطى العلاج الإشعاعي الموضعي عاليا لجرعة بالتزامن مع العلاج الإشعاعي الخارجي [26].

العلاج بالنظائر المشعة أوالعلاج بالنويدات المشعة:

النظائر المشعة هي عناصر تشع طاقة يمكن استخدامها العلاج الأمراض .يعتمد هذا العلاج على استخدام مادة مشعة لاستهداف الخلايا السرطانية بدقة أينما وجدت في الجسم .ويمكن إدخالها إلى الجسم بطرق مختلفة كحبوب أو مشروب،أو حقنها في منطقة الورم مثل الكبد أو في مجرى الدم،حيث تنتشر في جميع أنحاء الجسم.تربط المادة المشعة بناقل يرتبط بالخلايا السرطانية .يلحق الإشعاع ضررًا بالغا بالحمض النووي للخلايا السرطانية،مايؤدي إلى موتها .يختلف هذا عن العلاج الكيميائي،إذ يستهدف العلاج الإشعاعي الخلايا السرطانية فقط .وهذا يقلل من الآثار الجانبية المحتملة

الناتجة عن تلف الخلايا السليمة بفعل الإشعاع،ويسمح بتوجيه جرعات عالية من الإشعاع إلى مواقع السرطان فقط [26].

العلاج الإشعاعي الداخلي الانتقائي(SIRT) :

ويُسمى أيضاً " الانصمام الإشعاعي .(RE) "وهوأسلوب لعلاج أورام الكبد فهو يوفر جرعات عالية من الإشعاع على مدى فترات طويلة من الزمن ويختلف عن الإشعاع الخارجي تحقن ملايين من" الخرزات "الدقيقة في الشرايين داخل الكبد .هذه الكريات المجهرية صغيرة جدا بحيث لاترى بالعين المجردة،إذ يقل قطر كل كرياتها عن قطر شعرة الإنسان تحتوي هذه الكريات المجهرية على مادة نظيرية مشعة .تحقن هذه الكريات في الكبد،حيث تستقر في الأوعية الدموية المغذية للورم،وتُطلق إشعاعًا يقضي على خلايا الورم .يؤثر هذا الإشعاع على منطقة صغيرة فقط،إذ يستهدف ورم الكبد مباشرةً،مُلحقًا ضررًا طفيفا بالكبد السليم المحيط به.تساعد الكريات المجهرية أيضًا على قطع إمداد الدم عن الأورام،مما يمنع وصول الأكسجين والمغذيات الأساسية إلى الخلايا السرطانية .يستمر تأثير الإشعاع على الورم لمدة أسبوعين تقريبا،وبعدها لايتبقى سوى 3% من الإشعاع الأولي،وبعد شهر يختفي تماما .مع ذلك،فإن آثار العلاج الإشعاعي والضرر الذي يلحق بالسرطان تستمر لفترة أطول بكثير [26].

خاتمة:

تعد الأشعة من الوسائل الأساسية في المجال الطبي ،لما لها من دور مهم في تشخيص الامراض وعلاجها بدقة، الى جانب مساهمتها الفاعلة في تعقيم الأدوات الطبية والقضاء على الكائنات الدقيقة. وقد ساهم ذلك في تحسين جودة الرعاية الصحية والحد من أنشار العدوى ورغم هذه الفوائد يبقى الالتزام بقواعد الوقاية الاشعاعية أمرا ضروريا لضمان سلامة المرضى والعاملين وتحقيق الاستخدام الأمن للأشعة.

المراجع والمصادر:

[1] IAEA,Radiation protection in diagnostic radiology. Basic .(2001) ,medical radiation safety training package, Vienna

[2] P. Suetens, Fundamentals of Medical Imaging, 2nd edition, (2009) Cambridge University Press

[3] J.E. Martin, Physics for Radiation Protection, Chapter 11: X-rays, 2nd edition, WILEY-VCH, (2006), page 675

[4] N.B. Smith and A. Webb, Introduction to Medical Imaging: Physics, Engineering and Clinical Applications, Chapter 2

[5] https://altibbi.com **18_04_2026**

[6] R. Riardera and N. Crundwell, Chest X-Ray in Clinical Practice, Chapter

[7] K. Iniewski, Medical Imaging: Principles, Detectors, and .(2009) Electronics, Wiley-Interscience

[8] ICRU Publications, Report 74: Patient Dosimetry for X-Rays used in Medical Imaging, Oxford University Press, .(2005) Journal of the ICRU, Vol 5

[9] https://www.radiologyinfo.org/ 18_04_2026

[10] https://www.mayoclinic.org 18_04_2026

[11] https://www.mayoclinic.org 18_04_2026

[12] /https://www.msdmanuals.com 18_04_2026

[13] https://yasserelnahas.org

[14] https://www.mayoclinic.org/ar/tests-procedures/ultrasound/about/pac-20395177

[15] https://www.msdmanuals.com

[16] Groenewald W, Wasserman H. Constants for calculating ambient and directional dose equivalents from radionuclide point sources. Health Physics; 58: 655-658 .(1990),

[17] https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/nuclear-medicine 18_04_2026

[18] https://upload.wikimedia.org/

[19] https://upload.wikimedia.org/

[20] https://www.iaea.org/ar/newscenter/news/ma-aleilaj-al-iisheaeiu 18_04_2026

[21] https://www.sciencedirect.com/topics/physics-and-astronomy/linear-accelerator **18_04_2026**

[22] https://www.britannica.com/science/cobalt-60 **18_04_2026**

[23] **https**://my-clevelandclinic-org. **18_04_2026**

[24] https://www.iaea.org/ar/almawadie/eilaj-alsrtan-aleilaj-bialtasheie-alddakhilii **18_04_2026**

[25] https://www.iaea.org/ar/newscenter/news/ma-aleilaj-al-iisheaeiu **18_04_2026**

[26] https://oncodaily.com/oncolibrary/ **18_04_2026**

[27] https://bi-maristan.com/radiology/radiation-therapy-for-cancer/ **18_04_2026**

الفصل الثالث

الدراسة المخبرية لعينة الدم

(تحليل ومناقشة النتائج)

III_مقدمة:

يهدف هذا العمل الى دراسة تأثير شدة الاشعة المرئية على الخلايا الحية في بيئة مخبرية,من خلال تحليل دور شدة الاشعاع ومدة التعرض في احداث تغيرات على النشاط الحيوي للخلايا.حيث تعد الاشعة المرئية من العوامل الفيزيائية التي يمكن ان تؤثر على الخلايا الحية نتيجة تأثيرها الحراري,و قد يؤدي الى تغير في معدل النمو او النشاط الخلوي,كما تهدف التجربة الى تحديد العلاقة بين شدة الاشعة المرئية ومدة تعرض من جهة ,واستجابة الخلايا الحية من جهة اخرى سواء من حيث زيادة النشاط الخلوي عند التعرض المعتدل اوحدوث تأثيرات سلبية عند التعرض المفرط مثل انخفاض حيوية الخلايا أو تلفها..

III-1 الادوات والأجهزة:

➢ الأدوات:

- عينات دم (4انابيب اختبار من عينات الدم).
- قفازات طبية.
- كمامة طبية.
- انابيب اختبار.
- مئزر.

➢ الأجهزة:

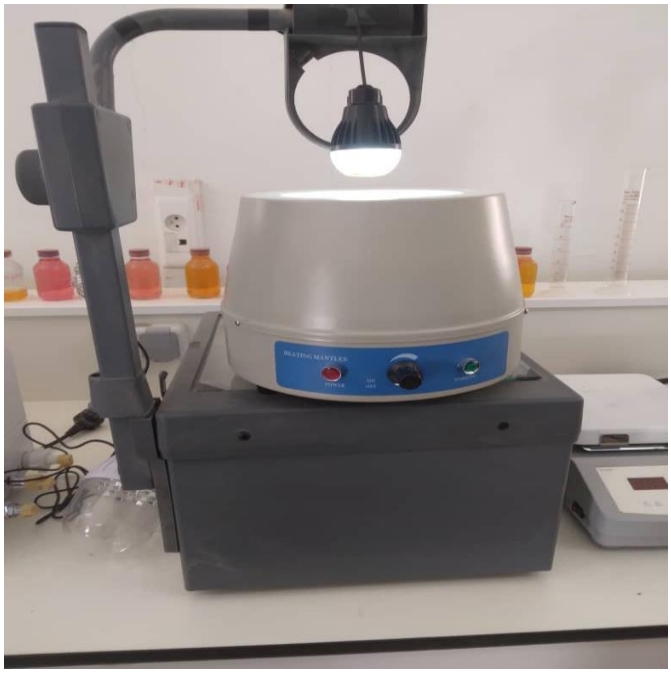
- جهاز إصدار الأشعة المرئية.
- جهاز الأشعة تحت الحمراء من نوع (A TR-FTIR).
- ساعة توقيت(Chronometre) لضبط مدة التعرض.

2.IIIتحضير العينة:

تم أخذ العينات على مستوى مصحة عادة الطبية,حيث قمنا بأخذ أربع عينات دم من الطالبة (أحلام عبيد).تم الاحتفاظ بعينة واحدة في المصحة من أجل اجراء تحليل (FNS)عليها ,بيمنا نقلت العينات الثلاث الاخرى الى مختبر الجامعة (LRPPS).بعد ذلك,تم تعريض هذه العينات للأشعة المرئية باستخدام جهاز مخصص لذلك,ومع تغيرات التي تطرأ عليها بمرور الزمن .حيث كنا نقوم كل عشر دقائق بأخذ عينة صغيرة من كل نموذج ,ثم وضع قطرات منها على جهاز الأشعة تحت الحمراء من اجل دراسة تأثير مدة التعرض للأشعة المرئية على الخلايا الحية وتحليل التغيرات الناتجة بدقة.

III ـ2ـ 1 جهاز إصدار الاشعة المرئية:

هي أداة مخبرية مصممة لتوليد طاقة إشعاعية(كهرومغناطيسية)ضمن النطاق المرئي (380 – 750 نانومتر) بترددHZ 100 . تعمل هذه المنظومة على إحداث تفاعلات كيميائية ضوئية داخل الخلايا الحية من خلال استهداف الجزيئات الحساسة للضوء (Photoreceptors). يُستخدم هذا الجهاز في الدراسات البيولوجية لتقييم مدى استجابة الأغشية الخلوية والبروتينات للجرعات الضوئية المختلفة، ولتحديد عتبة الإجهاد التأكسدي الذي قد يؤدي إلى تغيرات وظيفية أو هيكلية في الخلية.كما هو موضح في الشكل(III–1)



الشكل(III –1):يوضح جهاز إصدار الاشعة المرئية

III –3 بروتوكول التجربة:

III –3–1التحاليل المخبرية الطبية:

قمنا باجراء تحليل (FNS)للعينات على مستوى مخبر التحاليل الطبية حيث شملت الدراسة العينة الشاهدة التي لم يتم تعريضها للأشعة المرئية,بالأضافة الى ثلاث عينات أخرى تم تعريضها للأشعة المرئية في المخبر الجامعي لفترات زمنية مختلفة.بعد ذلك تم نقل جميع العينات الى مخبر التحاليل الطبية لاجراء الفحوصات اللازمة ومقارنة النتائج بين العينة الشاهدة والعينات المعرضة للأشعة المرئية .

حيث تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول(III –1): يبين نتائج التحاليل(FNS)للعينات الاربعة.

تصنيفات	ID:8(الشاهدة)	ID:10(بعد 10min)	ID:11 (بعد 20min)	ID:12(بعد 30min)
WBC	6.35	6.24	5.99	6.01
Lym	2.15	2.09	2.17	1.96
Mid	0.52	0.62	0.55	0.64
Gran	3.68	3.53	3.27	3.41
Lym%	33.8	33.5	36.2	32.6
Mid%	8.2	10.0	9.1	10.7
Gran%	58.0	56.5	54.7	56.7
RBS	3.79	3.86	3.76	3.70
HGB	11.0	11.0	10.8	10.7
HCT	32.4	32.7	31.9	31.4
MCV	85.5	84.7	84.9	84.9
MCH	29.1	28.5	28.8	28.9
MCHC	34.1	33.6	33.9	34.1
RDW-CV	13.3	13.3	13.3	13.3
RDW-SD	38.4	38.2	38.3	38.3
PLT	265	287	270	265
MPV	10.3	11.8	12.0	12.1
PDW	16.4	16.4	16.5	16.4
PCT	0.274	0.340	0.323	0.321
P-LCC	74	117	111	112
P-LCR	28.1	40.7	41.0	42.4

III-3-1-1 التحاليل المخبرية (FTIR):

تم اجراء هذا التحليل على مستوى مخبر الاشعاع والبلازما وفيزياء السطوح بالجامعة,حيث تم استخدام جهاز (FTIR)(مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه) لدراسة وتحليل نتائج العينات .وقد سمح هذا التحليل بتحديد الخصائص الطيفية والتغيرات الحاصلة في العينات بعد تعريضها للظروف التجريبية المختلفة.

III-3-1-2 جهاز الأشعة تحت الحمراء (FTIR):

يعتمد الجهاز على فكرة أن الجزئيات الكيميائية في حالة حركة مستمرة (اهتزاز ودوران).عندما تتعرض المادة للأشعة تحت الحمراء,تمتص الروابط الكيميائية ترددات محددة تتوافق مع طاقة اهتزازها [1].كما هو موضوح في الشكل(III ـ 2)

الشكل(III-2):يوضح جهاز الاشعة تحت الحمراء(FTIR)

البصمة الجزيئية:

كل مادة لها (بصمة) فريدة في طيف الاشعة تحت الحمراء ,مما يسمح للعلماء بتحديد نوع الروابط الموجودة (مثل روابط C=O أو O-H) وبالتالي تحديد هوية المادة.[1]

مكونات الجهاز الاساسية:

يتكون الجهاز الأشعة تحت الحمراء من ثلاث مكونات أساسية [2].كما هو موضح في الشكل(III ـ3)

مصدر الاشعاع:

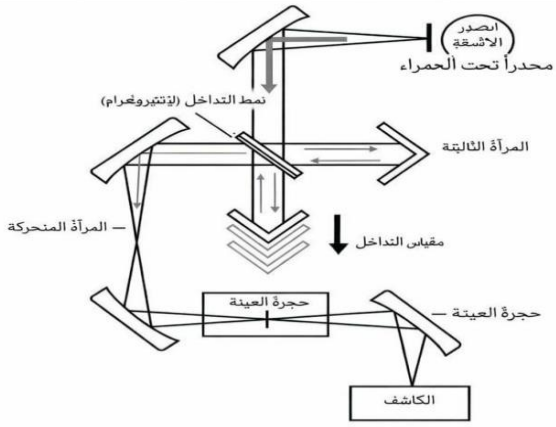
يتكون مصدر الاشعاع في جهاز الأشعة تحت الحمراء من مواد صلبة خاملة كهربائيا لانتاج انبعاث حراري في منطقة الأشعة تحت الحمراء للطيف الكهرومغناطيسي.

المونوكروماتور(Monochromater) أو مستوحد اللون:

هو جهاز صغير يعمل على تحليل أو فصل الأشعة تحت الحمراء ذات الطيف الواسع الى ترددات تحت الحمراء فردية ضيقة.

الكاشف(Detector):

في جهاز الأشعة تحت الحمراء هناك نوعان من الكواشف,وهي:الكواشف الحرارية ,والكواشف الكمية أو الكواشف الفوتون,وتعمل هذه الكواشف على تحويل الطيف التناظري الى اشارات كهربائية,وهذه الاشارة الكهربائية ستدخل الى الكبيوتر وتحلل ايضا باستخدام الخورزميات الرياضيات للوصول الى الطيف النهائي [2].

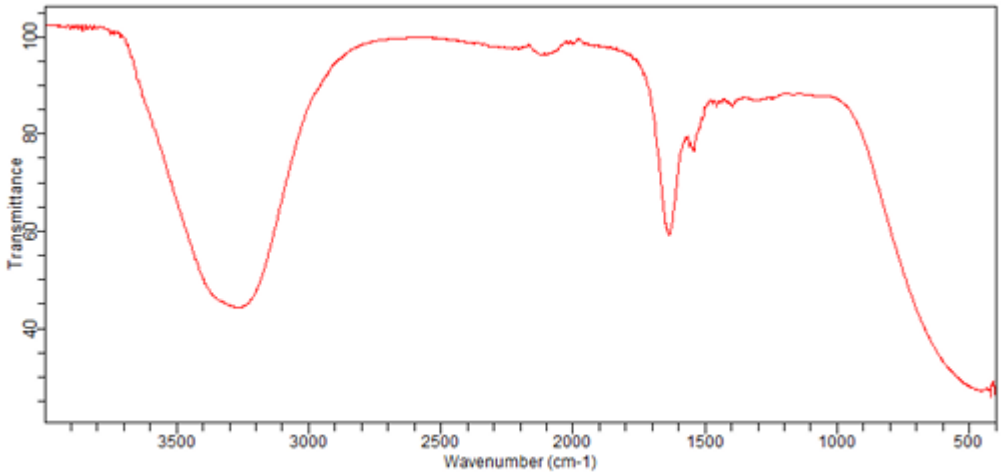


الشكل(III-3):يوضح أجزاء من جهاز (FTIR) مع مصدر ومقياس التداخل والكاشف[3]

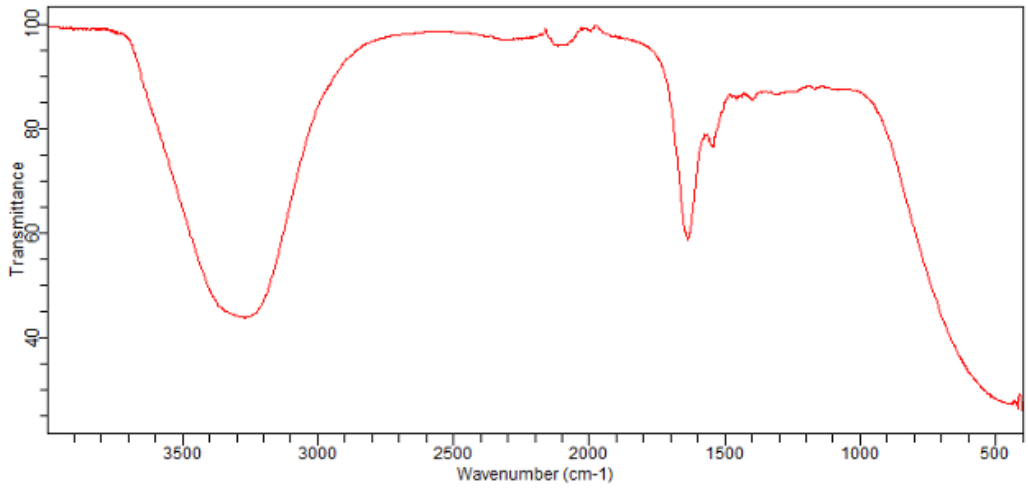
أهمية استخدام جهاز الأشعة تحت الحمراء:

هو جهاز يستخدم أساسا للتعرف على المجموعات الوظيفية بالمواد المختلفة منها البوليمرات العضوية مثلا ,فهو يسجل كمية الطاقة التقريبية بناء على الطول الموجي وتردد الاشعة تحت الحمراء التى تمر عبر العينة التى يتم مسحها في الجهاز ,ولذلك فإن الجهاز سيساعد على التعرف على ماهية المادة, ومابنيتها الكيميائية ,فالبنية الكيميائية للعينات المختلفة ستختلف فيما بينها من حيت امتصاصها للأشعة تحت الحمراء التي تمر عبرها ,وهذا سيساعد على تحديدها [2].

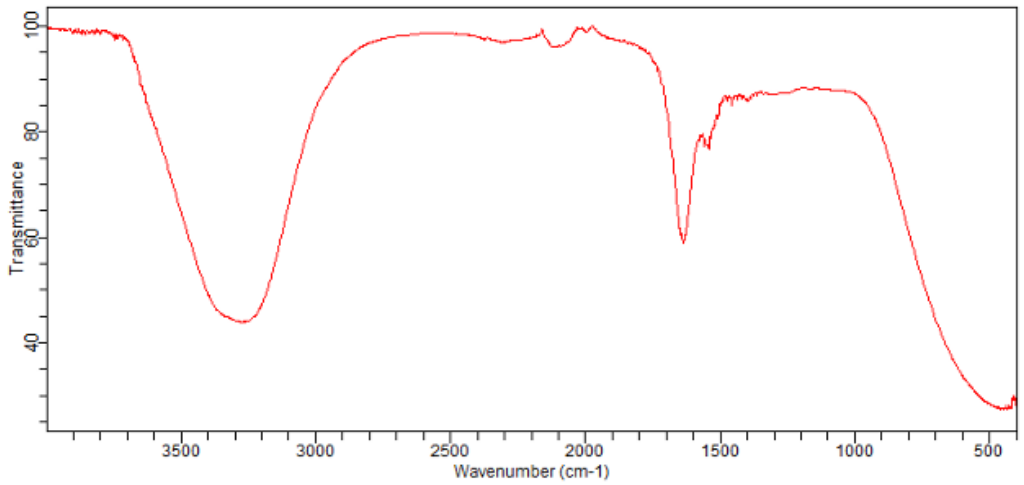
وتم الحصول على نتائج التالية:الموضح في الاشكال(III ـ4)و(III ـ5)و(III ـ6)و(III ـ7)



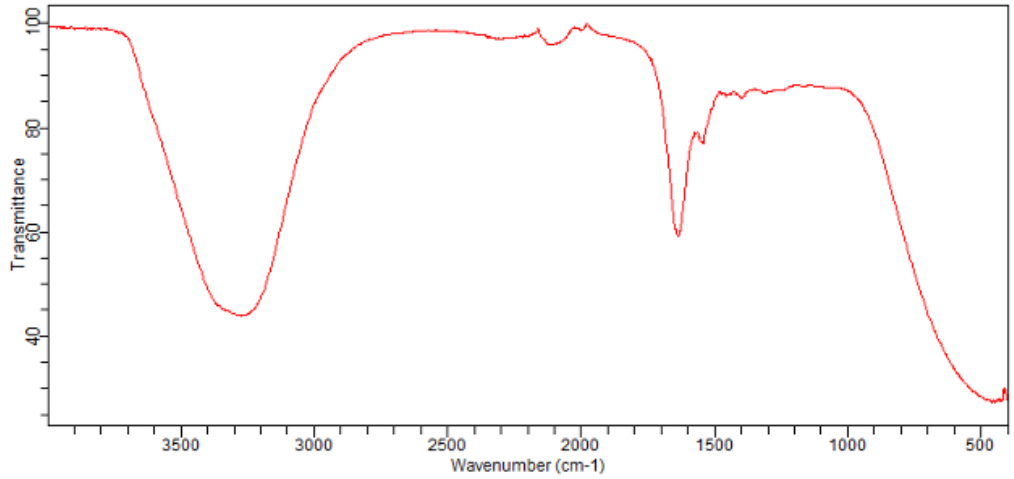
الشكل (III-4): طيف الأشعة تحت الحمراء(FTIR) لعينة ID :8 (الشاهدة)



الشكل (III-5): طيف الأشعة تحت الحمراء(FTIR) لعينة ID :10 (بعد10min)



الشكل (III-6): طيف الأشعة تحت الحمراء(FTIR) لعينة ID :11(بعد 20min)



الشكل (III-7): طيف الأشعة تحت الحمراء(FTIR) لعينة ID :12 (بعد 30min)

III-4تحليل النتائج الطبية :

1. تحليل كريات الدم الحمراء ومعاملاتها (RBCs&Hemoglobin)نلاحظ في العينات التي تعرضت للأشعة المرئية ما يلي مقارنة بالعينة الشاهدة:

عدد كريات الدم الحمراء (RBC): هناك انخفاض طفيف وتدريجي. العينة الشاهدة كانت 3.79 بينما وصلت في العينة الأخيرة (ID:12) إلى 3.70.وهذا ما أثبتته الدراسة رغم أن الدراسة على الجلد ,ألا أنها المرجع الاساسي الذي أثبت أن الضوء المرئي يولد جذورا حرة(ROS)تتطابق مع تحلل خلايا الدم(RBC)ونقص عددها [4].

الهيموجلوبين (HGB) والهرتماتوكريت (HCT): يظهر انخفاض طفيف ولكنه مستمر. الهيموجلوبين انخفض من 11.0 إلى 10.7 غ/دل.

المعاملات (MCV, MCH, MCHC): بقيت مستقرة نسبياً مع تغيرات طفيفة جداً لا تكاد تذكر، مما يشير إلى أن التأثير لم يغير من حجم الكرية أو تركيز الهيموجلوبين داخلها بشكل جذري في هذه المدة الزمنية، بل أثر على العدد الإجمالي.

2. تحليل كريات الدم البيضاء (WBC) والتركيبة النوعية تعتبر الكريات البيضاء حساسة جداً للمؤثرات الخارجية:

العدد الإجمالي (WBC): نلاحظ اتجاهاً نحو الانخفاض التدريجي مع زيادة مدة التعرض

(6.35 —> 6.01 —> 5.99 —> 6.24). هذا قد يشير إلى بداية تأثير سلبي للأشعة على حيوية هذه الخلايا.

الخلايا اللمفاوية (Lym) والجرانولوسيت (Gran): نلاحظ انخفاضاً في العدد المطلق والنسبة المئوية للخلايا اللمفاوية في العينة الأخيرة (ID:12) مقارنة بالشاهدة، مما قد يوحي بتأثر الجهاز المناعي الخلوي بطول مدة التعرض.

3. تحليل الصفائح الدموية (Platelets)هنا تظهر النتائج منحنى مثيراً للاهتمام:

عدد الصفائح (PLT): نلاحظ ارتفاعاً في العينات المعرضة للأشعة مقارنة بالشاهدة (من 265 إلى 287 ثم استقرار حول 265-270).

حجم الصفيحة المتوسط (MPV): هناك زيادة واضحة وملحوظة مرتبطة بمدة التعرض، حيث ارتفع من 10.3 في العينة الشاهدة ليصل إلى 12.1 في العينة الأخيرة.

III-4-1 ملاحظة :

النتائج تشير إلى أن التأثير يزداد طردياً مع مدة التعرض. فكلما زادت الفترة الزمنية (من 10 إلى 30 دقيقة)، كانت الفوارق عن العينة الشاهدة أكثر وضوحاً، خاصة في معاملات الصفائح وكريات الدم البيضاء.

الاستنتاج: زيادة حجم الصفيحة (MPV) مع استقرار عددها قد يشير إلى حالة من "التنشيط" أو رد فعل فيزيولوجي للخلايا تجاه الإجهاد الناتج عن الأشعة المرئية.

III-4-2الاستنتاج:

من خلال مقارنة العينة الشاهدة بالعينات المعرضة للأشعة (10، 20، 30 دقيقة)، يمكن استنتاج الآتي:

تأثير سلبي طفيف على كريات الدم الحمراء: زيادة مدة التعرض للأشعة المرئية في بيئة مخبرية أدت إلى تراجع طفيف في عدد الكريات الحمراء والهيموجلوبين، مما قد يشير إلى حدوث تحلل جزئي أو تثبيط بسيط.

تأثر المناعة: انخفاض عدد الكريات البيضاء واللمفاويات يشير إلى أن الأشعة المرئية، رغم أنها غير مؤينة، إلا أن التعرض المستمر لها بتركيز معين يؤثر على بقاء الخلايا الحية (CellViability).

رد فعل الصفائح: التغير الواضح في قيم الصفائح (خاصة MPVوP-LCR) يعكس استجابة حيوية للخلايا تجاه "الإجهاد الضوئي" (Photo-stress).

III-5 تحليل النتائج المخبرية :

تحليل ومقارنة المنحنيات بناءً على مبدأ "بصمة الإصبع" الكيميائية:

1. القمم الرئيسية المشتركة (تحديدالمجموعات الوظيفية)

في جميع المنحنيات (من ID:8 إلى ID:12)، نلاحظ وجود حزم امتصاص رئيسية تميز الخلايا الحية:

الحزمة الواسعة (3600 cm^{-1}- 3000): تعود لروابط الهيدروكسيل (O-H) الخاصة بالماء والروابط الأميدية (N-H) في البروتينات.

القمة الحادة عند (1700cm^{-1} - 1600): تمثل حزمة Amide I، وهي تعبر بشكل أساسي عن طي البروتينات (الروابط C=O).

القمة المجاورة عند (1550 cm^{-1}- 1500): تمثل حزمة Amide II (روابط N-Hو C-N).

2. تحليل التأثير (مقارنة العينة الشاهدة ID:8 بالبقية)

من خلال ملاحظة التغيرات الطفيفة في شكل وشدة القمم بين العينة الشاهدة والعينات التي تعرضت للأشعة المرئية (10، 20، 30 دقيقة)، يمكن استنتاج الآتي:

أ. التغير في شدة الامتصاص (Transmittance) نلاحظ أن النسبة المئوية للنفاذية (Transmittance) تتغير طفيفاً مع زيادة مدة التعرض. في العينة الشاهدة (ID:8)، كانت القمم أكثر عمقاً (امتصاص أكبر)، بينما في العينات ID:10و ID:11 و ID:12، نلاحظ ميلاً نحو صعود القمم قليلاً (نفاذية أعلى / امتصاص أقل).

ب. منطقة البروتينات(Amide I & II) عند مقارنة القمة الموجودة حول $1650cm^{-1}$ بين العينة الشاهدة (ID:8) والعينة (ID:12):نلاحظ تغيراً طفيفاً في "حدة" القمة (Sharpness).

ج. منطقة "بصمة الإصبع" (تحت $1200cm^{-1}$) هذه المنطقة حساسة جداً للأحماض النووية (DNA/RNA) والكربوهيدرات. نلاحظ وجود تذبذبات واضحة في العينة الشاهدة، بينما تصبح أكثر "تسطحاً" أو أقل وضوحاً في العينة ID:12.

III_5_1ملاحظة:

من خلال القراءة الأولية للمنحنيات، نلاحظ وجود قمم امتصاص واضحة في جميع العينات، تتركز أساساً في المنطقة ما بين 3000 و$3600\ cm^{-1}$ (التي تعبر عن روابط O-Hو N-H) والمنطقة ما بين 1500 و $1700cm^{-1}$ (التي تمثل بروتينات الخلية "Amide I & II"). بالنظر إلى العينة الشاهدة (ID:8) ومقارنتها بالعينات المعرضة للأشعة (ID:10, 11, 12)، نلاحظ وجود ثبات في "مواضع" القمم (أي لم تظهر مجموعات كيميائية جديدة كلياً)، لكن هناك اختلاف تدريجي ملحوظ في "شدة" وعرض هذه القمم، خاصة مع زيادة مدة التعرض لتصل إلى ذروتها في العينة ID:12.

III_5_2الاستنتاج:

نستنتج من خلال هذه المنحنيات أن الأشعة المرئية تمتلك تأثيراً "تراكمياً" على البنية الكيميائية الحيوية للخلايا الحية في البيئة المخبرية. فبالرغم من أنها أشعة غير مؤينة، إلا أن استمرار التعرض لها يؤدي إلى إحداث تغيرات هيكلية طفيفة في الروابط الكيميائية للبروتينات والدهون الخلوية. هذا التغير الذي أظهره جهاز FTIR يثبت أن "مدة التعرض"

هي عامل حاسم في تحديد درجة الضرر الخلوي؛ حيث أدت المدة الأطول (30 دقيقة) إلى أكبر انزياح في قيم الامتصاص، مما يعزز فرضية أن الضوء المرئي بتركيز ومدة معينة يمكن أن يسبب إجهاداً تأكسدياً يغير من بصمة الخلية الكيميائية.

III-6التفسير:

تظهر النتائج وجود علاقة طردية واضحة بين مدة التعرض للأشعة المرئية وبين حجم التغير الحاصل في الخلايا.

يمكن تقسيم التفسير إلى ثلاثة محاور أساسية:

1. التأثير على حيوية واستقرار الخلايا (كريات الدم الحمراء والبيضاء):

في التحاليل: لاحظنا انخفاضاً تدريجياً في عددالكريات الحمراء (RBC) والهيموجلوبين، مع تراجع في عدد الكريات البيضاء (WBC).

التفسير: هذا يشير إلى أن الأشعة المرئية تسببت في نوع من "الإجهادالخلوي". هذا الإجهاد قد يؤدي إلى إضعاف الغشاء الخلوي أو التأثير على الميتابوليزم الخاص بالخلية، مما يقلل من عمرها الافتراضي في البيئة المخبرية

2. التغير الهيكلي في الجزيئات الحيوية (منحنيات FTIR):

في المنحنيات: أظهرت منحنياتFTIR تغيراً في شدة امتصاص الروابط الأميدية (البروتينات) وروابط الهيدروكسيل.

التفسير: البروتينات هي المكون الأساسي للهيموجلوبين ولأغشية الخلايا. التغير في قمم البروتينات (Amide I & II) يعني أن الأشعة المرئية بدأت في تغيير "الشكل الفراغي" أو "الترابط الكيميائي" لهذه البروتينات. هذا التغيير الكيميائي الملحوظ في FTIR هو التفسير الجزيئي لما رأيناه في التحاليل من نقص في كفاءة وعدد الخلايا,وهذا ماأثبتته دراسة تأثير الضوء المرئي على البروتنات على أن جهاز (FTIR)حساس جدا للتغيرات في البينة الثانوية للبروتينات,أن التغير في قمم (Amide I & II) يعكس تأثر الخلايا بالاجهاد الخارجي [5].

3. استجابة الصفائح الدموية (رد الفعل الدفاعي):

في التحاليل: لوحظ ارتفاع في حجم الصفيحة المتوسط (MPV) واتجاه في معامل (P-LCR).

التفسير: عادة ما تعبر زيادة حجم الصفائح عن استجابة "نشطة" من الخلايا تجاه محفز خارجي أو إجهاد. يبدو أن الأشعة المرئية حفزت الصفائح بشكل فيزيولوجي، وهو ما يفسر حدوث تغيرات في كيمياء الخلية الحيوية التي رصدها جهاز FTIR.

III ـ7 الاستنتاج العام:

تثبت الدراسة أن التعرض المستمر للأشعة المرئية في بيئة مخبرية يؤدي إلى تأثيرات سلبية تراكمية على الخلايا الحية. هذا التأثير يظهر على مستويين: مستوى فيزيولوجي يتمثل في نقص كفاءة وعدد الخلايا الدموية، ومستوى كيميائي حيوي يتمثل في حدوث تغييرات في الروابط الهيكلية للبروتينات والجزئيات الحيوية. وتعتبر مدة التعرض هي المتغير الأكثر حزماً؛ فكلما زادت المدة، زاد الخلل في التوازن الكيميائي والوظيفي للخلية، مما يؤكد أن الضوء المرئي بجرعات زمنية محددة يمتلك القدرة على إحداث إجهاد تأكسدي يغير من خصائص المادة الحية.

خاتمة:

أثبتت الدراسة أن للتعرض المستمر للأشعة المرئية تأثيراً سلبياً تراكمياً على الخلايا الحية في البيئة مخبرية، حيث أدى طول مدة التعرض إلى تراجع تدريجي في حيوية الخلايا الدموية (نقص RBC وHGB) واضطراب في البنية الكيميائية الحيوية للبروتينات (كما أظهرت نتائج FTIR). نستنتج من ذلك أن الضوء المرئي يحفز حالة من الإجهاد التأكسدي داخل الخلية، مما يغير من خصائصها الفيزيولوجية والهيكلية، وهو ما يؤكد أن "الزمن" عامل حاسم في تحديد درجة الضرر الناتج عن الإشعاع الضوئي غير المؤين.

المراجع والمصادر:

[1] https://microbenotes.com/infrared-ir-spectroscopy

18/04/2026

[2] https://mawdoo3.com **18/04/2026**

[3] **h**ttps://jascoinc-com.translate.goog/

[4] Walski, T., et al. (2014). The effect of red-to-near-infrared low-level laser therapy on .red blood cell structure and function

[5] Dumas, P., & Miller, L. M. (2003) The use of infrared microspectroscopy in biological and .biomedical studies

الخاتمة العامة:

توجت هذه الدراسة بتقديم رؤية شاملة حول تأثير الأشعة المرئية على الأنظمة الحيوية,حيث تبين أن التفاعل بين الضوء والخلايا الحية ليس مجرد ظاهرة فيزيائية عابرة,بل هو عملية بيولوجية معقدة تحكمها معايير دقيقة.فمن خلال فصول المذكرة اتضح أن فهم الخصائص الطيفية للأشعة وتصنيفاتها يعد الركيزة الأساسية للتنبؤ بسلوكها عند اختراق الأنسجة,وهو ماسمح بتطوير تطبيقات طبية رائدة تعتمد على استغلال الطاقة الضوئية في التشخيص والعلاج.ومع ذلك أثبتت النتائج المخبرية والتحليلية أن الفائدة الطبية مرتبطة ارتباطا وثيقا بضبط"الجرعة الاشعاعية" اذ أن تجاوز العتبات المسموح بيها سواء من حيث شدة الاضاءة أو مدة التعرض يؤدي الى اختلال التوازن الخلوي وظهور أثار سلبية ناتجة عن الاجهاد الضوئي .وبناء على ذلك,يمكن القول أن الأشعة المرئية سلاح ذو حدين,تتوقف كفاءتها في البيئات المخبرية والطبية على التحكم الصارم في معايير التعرض,مما يفتح الباب أمام دراسات مستقبلية أعمق تهدف الى تحسين بروتوكولات السلامة الاشعاعيةونأمل ايضا بأخذالهواء معرضة اليه التجربة وتطوير تقنيات العلاج الضوئي لضمان أقصى استفادة بأقل أضرار خلوية ممكنة.

الملخص:

توصلنا خلال هذه الدراسة، إلى أن العلاقة بين الأشعة المرئية والنظم البيولوجية هي علاقة معقدة تحكمها قوانين فيزيائية دقيقة. فقد أثبتت التجارب المخبرية والتحليلات التي قمنا بيها أن شدة الإشعاع ومدة التعرض ليسا مجرد متغيرين ثانويين ،بل هما المحددان الأساسيان لطبيعة الاستجابة الخلوية،حيث يمكن للضوء المرئي أن يتحول من عامل محفز للنشاط الحيوي إلى عامل مجهد للخلية عند تجاوز عتبات معينة.

بينت النتائج التي توصلنا إليها في هذه البحث تفتح باب أمام فهم أعمق لآليات "السمات الضوئية" وضرورة ضبط المعايير الإشعاعية في التطبيقات الطبية والمخبرية. ونوصي في نهاية هذا البحث بضرورة التوسع في دراسة تأثير الأطوال الموجية المختلفة للأشعة المرئية على أنواع متنوعة من الأنسجة ،لتعزيز بروتوكولات السلامة الإحيائية وتطوير التقنيات العلاجية القائمة على الضوء.

الكلمات المفتاحية: الأشعة المرئية,الخلايا الحية,شدة التعرض,الفيزياء الطبية,البيئة المخبرية.

Abstract:

During this study, we found that the relationship between visible radiation and biological systems is a complex interplay governed by precise physical laws. Laboratory experiments and conducted analyses have proven that radiation intensity and exposure duration are not merely secondary variables; rather, they are the primary determinants of cellular response. Visible light can transition from a .biological stimulant to a cellular stressor once specific thresholds are exceeded

The resulte reached in this thesis pave the way for a deeper understanding of "phototoxicity" mechanisms and emphasize the necessity of regulating radiation standards in both medical and laboratory applications. At the end of this research, we recommend expanding the study of different wavelengths of visible light on various tissue types to enhance biosafety protocols and develop light-based therapeutic technologie.

Keywords: Visible Light, Living Cells, Exposure Intensity, Exposure Duration, Medical Physics, Laboratory Environment