

مقارنة تراخيص العناصر في القولون بين الأجزاء المصابة  
بالسرطان والأجزاء المجاورة السليمة باستخدام تقنية تالف الأشعة  
السينية

قام بها

حامد سليمان حامد حمادة

12- تموز-1999

II

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ

مقارنة تراخيص العناصر في القولون بين الأجزاء المصابة  
بالسرطان والأجزاء المجاورة السليمة باستخدام تقنية تألق الأشعة  
السينية

قام بها

حامد سليمان حامد حمادة

بإشراف

الدكتور نضال محمد الرشيدات

قدّمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة  
الماجستير في العلوم من جامعة اليرموك تخصص فيزياء

الدكتور نضال محمد الرشيدات (رئيساً ومشرفاً)  
الأستاذ الدكتور سامي حسين محمود (عضواً)  
الدكتور عدنان عثمان إسماعيل (عضواً)  
الدكتور عماد إبراهيم الخطيب (عضواً)

١٢- تموز- ١٩٩٩

الأهداء

إلى

أبي وأمي وأخي وأختي

## شكر وتقدير

أود أن أتقدم بالشكر الجزيل إلى أستاذي ومشرفي الدكتور نضال الرشيدات على ما قدمه من إرشاد ورعاية مما كان له أكبر الأثر في إغناء هذا العمل وإخراجه بالصورة التي هو عليها. كما وأشكر الدكتور عماد الخطيب على ما قدمه من مساعدة للحصول على عينات البحث. كما أتقدم بالشكر والتقدير إلى الأستاذ الدكتور سامي محمود والدكتور عدنان عثمان للجهود التي قدماها لإخراج العمل بصورته الحالية. لقد كان لمساعدة طاقم مختبر الباثولوجي في مستشفى البشير والمستشفى الاسلامي والسيدة سهيلة من مختبرات عنتاوي أثر كبير في تحضير العينات وتجزئتها، فلهم مني كل الشكر والامتنان. والشكر كذلك للدكتور جانتني قار من قسم العلوم الحياتية في جامعة اليرموك لمناقشاته المفيدة في بداية الدراسة وإعارته جهاز التجفيف lyophilizer وللاستاذ عدلي حجازي من قسم الكيمياء لإعارته جهاز الطرد المركزي وللأستاذ حسين كيوان وجميع العاملين في قسم الكيمياء. كما أتقدم بالشكر الجزيل للسيد صالح عبيدات والسيد محمد العمري والسيد خالد بدارنة ولجميع العاملين في قسم الفيزياء لكافة أنواع المساعدة التي قدموها ولزملائي في قسم الفيزياء.

## الملخص

استخدمت تقنية تألق الأشعة السينية المفرقة للطاقة (EDXRF)<sup>1</sup> لمقارنة تراكيز العناصر في القولون بين الأجزاء المصابة بالسرطان والأجزاء المجاورة السليمة باستخدام ثماني عينات من القولون لأشخاص مصابين بسرطان القولون ومن أعمار مختلفة. قسمت كلُ من العينات الثماني إلى جزأين: مصاب وجزء مجاور سليم وخضرت بطريقة ثلاثم التحليل باستخدام مطياف ED<sup>2000</sup> الموجود في قسم الفيزياء في جامعة اليرموك. ومن ثم عملت المقارنة بين تراكيز العناصر الموجودة في الجزأين المصاب والمجاور السليم.

تبين من هذا البحث ما يلي:

1. يسلك عنصر الصوديوم والكلور سلوكاً متشابهاً في جميع العينات مع ميل كل منهما إلى النقص في جزء العينة المصاب.
2. نسبة تركيز الصوديوم إلى الكلور في جزأي العينات المصاب والسليم تتغير ضمن المدى (36-52)%.
3. تسلك عناصر الحديد والكوبالت والمنغنيز سلوكاً متشابهاً في جميع العينات مع ميل كل منها إلى الزيادة في الجزء المصاب من العينات.
4. نسبة تركيز الكوبالت إلى تركيز الحديد تقريباً ثابتة (3%≈).

<sup>1</sup> Energy Dispersive X-ray Fluorescence

## الفهرس

رقم الصفحة	
1	الفصل الأول: المقدمة
8	الفصل الثاني
8	1-2 الأشعة السينية
8	1-2-1 خواص الأشعة السينية
11	1-2-2 إنتاج الأشعة السينية
12	1-2-3 طيف الأشعة السينية
12	الطيف المتصل
15	الطيف المنفصل
16	1-2-2 تألق الأشعة السينية
16	1-2-2-1 انبعاث طيف الأشعة السينية المميز (التألق)
18	1-2-2-2 المستويات الإلكترونية وقواعد الاختيار
20	1-2-2-3 شروط تحرير الإلكترونات من مداراتها
21	1-2-2-4 المتسلسلات الطيفية
22	1-2-2-5 قانون موزلي
23	1-2-2-6 العوامل التي تعتمد عليها شدة الطيف المتألق
25	1-2-3 تفاعل الفوتونات مع المادة
27	1-2-3-1 الامتصاص الكهرضوئي وحدود الامتصاص
30	1-2-3-2 تشتت الأشعة السينية
32	1-2-3-4 أنواع التألق
32	1-2-3-4-1 التألق الابتدائي
34	1-2-3-4-2 التألق الثانوي
36	1-2-3-4-3 التألق الثالثي
36	1-2-3-4-5 تأثير ما بين العناصر
37	1-2-3-4-6 تحليل الأشعة السينية
37	تألق الأشعة السينية المفرق للأطوال الموجية
38	تألق الأشعة السينية المفرق للطاقة
40	الجزء الثاني السرطان:

40	2ب-1 تمهيد
40	2ب-2 الخلية
43	2ب-3 الخلية السرطانية
45	2ب-4 مقارنة الأنسجة السرطانية بالطبيعية
47	2ب-5 تصنيف الأورام
49	2ب-6 أسباب السرطان
51	2ب-7 تاريخ السرطان
52	2ب-8 تكون السرطان
53	2ب-9 النظريات الجديدة "الأنكوجينات" السرطان مرض نائم في كل جسم من المسؤول عن إيقافه؟
54	2ب-10 هل بدأت هزيمة السرطان؟
55	2ب-11 سرطان القولون
55	2ب-11-1 الجهاز الهضمي
57	2ب-11-2 الأمعاء الغليظة
59	2ب-11-3 أسباب سرطان القولون
64	2ب-12 سرطان القولون وتقنية تألق الأشعة السينية (هذه الدراسة)
65	الفصل الثالث ( عملي )
66	3-1 تحضير العينات
70	3-2 منظومة تألق الأشعة السينية <sup>2000</sup> ED
70	3-2-1 مكونات المطياف
73	3-2-2 مبدأ عمل المطياف
76	3-2-2-1 كفاءة المكشاف
77	3-2-2-2 ميز الطاقة
78	3-3 تحليل العينات
78	3-3-1 أوضاع التشيع
79	وضع العناصر الجيولوجية
80	وضع العناصر الصلبة
81	وضع العناصر الفولاذية
82	وضع العناصر متوسطة الثقل



83	وضع العناصر الثقيلة جداً
84	2-3-3 خطوات التحليل باستخدام منظومة نالغ الأشعة السينية ED2000.
84	1-2-3-3 معايرة الطاقة
85	2-2-3-3 معايرة الحساسية
87	3-2-3-3 التحليل النوعي
89	قمم الهروب
90	القمم المتراكمة
91	قمم الحيود
91	4-2-3-3 التحلل شبه الكمي.
94	الفصل الرابع: تحليل النتائج
95	1-4 وصف العينات
95	2-4 نتائج التحليل شبه الكمي ومناقشتها.
108	1-3-4 مقارنة تراكيز العناصر عالية التركيز في القولون بين الأجزاء المصابة بالسرطان والأجزاء المجاورة السليمة.
108	الصوديوم
109	الكبريت
110	الكلور
112	الكالسيوم
115	2-3-4 مقارنة تراكيز العناصر متوسطة التركيز في القولون بين الأجزاء المصابة بالسرطان والأجزاء المجاورة السليمة.
115	المغنيسيوم
116	السليكون
117	الفسفور
118	البوتاسيوم
119	الحديد
121	الزنك
122	3-3-4 مقارنة تراكيز العناصر الأثرية في القولون بين الأجزاء المصابة بالسرطان والأجزاء المجاورة السليمة.
122	الفناديوم
123	الكوبالت

125	التيتانيوم
126	الكروم
127	المغنيز
128	النيكل
129	النحاس
130	السيلينيوم
130	البروم
131	القصدير
132	الباريوم
133	4-3-4 نظرة أخرى للمقارنة
138	الفصل الخامس: الخاتمة.
142	ملحق (1)
146	المراجع
150	Abstract

# الفصل الأول

## المقدمة

# المقدمة

قال تعالى " وإذا مرضت فهو يشفين " صدق الله العظيم

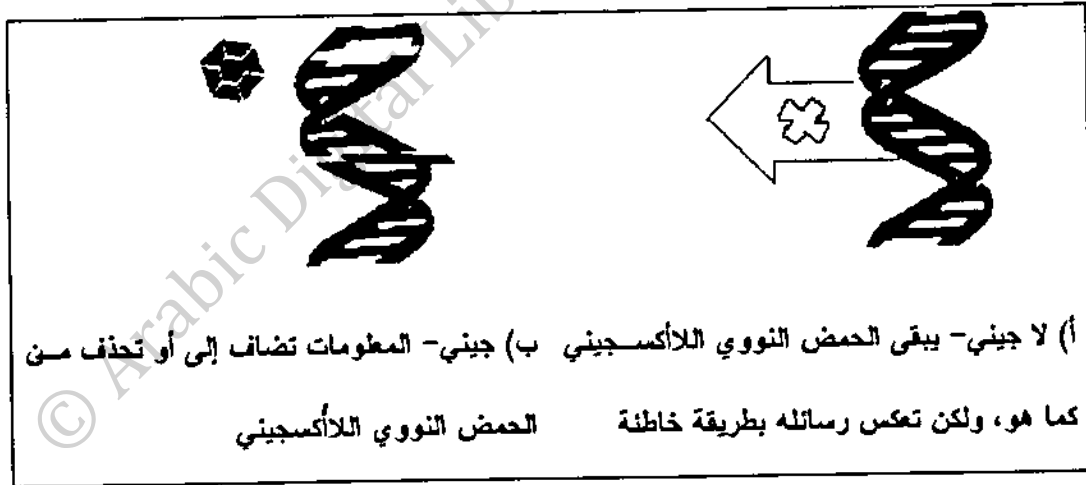
سورة الشعراء ( آية 80 )

عانى الإنسان من الأمراض في كل حقبة من حقبة تاريخه الطويل، ففي القديم تركّزت مخاوف الإنسان حول مرض الجذام. وانتقلت الشكوى في العصور الوسطى وعصر النهضة في أوروبا إلى وباء الطاعون أو الموت الأسود. أمّا في القرن التاسع عشر فقد اشتد هلع الإنسان من الآلام المبرحة والموت الذي لازم الإصابة بالسل أو الموت الأبيض. وحديثاً أصبح السرطان مشكلة تكاد تكون أهم مشاكل الإنسان الأساسية، حيث يبلغ عدد سكان العالم الآن حوالي 5.97 بليون إنسان، يُصاب منهم (8) ملايين شخص بالسرطان سنوياً. في كل سنة يولد حوالي 133 مليون إنسان وفي المقابل يموت حوالي 52 مليون إنسان، منهم 6.3 مليون يموتون بالسرطان أي أن السرطان هو سبب 12% من وفيات العالم [1].

إن تعدد وتنوع العوامل التي تسبب الأورام السرطانية في الحيوانات والنباتات من أكثر الأمور إثارة للحيرة والتساؤل. والغريب في الأمر أنه على الرغم من تنوع مسببات فإن العلم الحديث لا يستطيع حتى الآن أن يحدد العامل المسرطن الذي يؤدي إلى نمو الأورام. ولكن الاعتقاد السائد هو أن هناك عاملاً مسرطناً وأن هذا العامل يقوم بمهاجمة الخلية فيفسد نظامها الطبيعي ممّا يؤدي إلى نمو غير طبيعي.

تنقسم نظريات تكون السرطان اليوم إلى مجموعتين (الشكل (1-1)): جينية ولا جينية [2]. تؤيد الغالبية العظمى من الأدلة النظرية الأولى والتي تذهب إلى أن الورم السرطاني يبدأ بتحول في المعلومات الجينية المخزنة في الخلية إمّا بالإضافة أو الحذف. لقد تمّ قبل سنوات

اكتشاف جينات خاصة بالسرطان<sup>1</sup> تسمى الأتوجينات<sup>2</sup> [3]. إن هذه الجينات السرطانية هي على ما يبدو، جزء طبيعي من المادة الوراثية الأساسية اللازمة لنمو الخلايا. فهي ليست جينات غريبة عن الخلايا كأن تكون قد غزتها من الخارج ولكنها صورة متحولة أو متغيرة من الجينات الطبيعية الموجودة في الخلايا، تكون خاملة أو كامنة لا تستطيع أن تخرج من حالتها إلا إذا تمت إثارتها بواحد أو أكثر من مسببات السرطانية. وقد أصبح من المعروف الآن بفضل التجارب على الحيوانات المختبرية أن ثلاثة عوامل تتسبب في الإصابة بالسرطان هي: الفيروسات، الأشعة، والمواد الكيميائية [2]. ومعروف أيضاً أن هذه العوامل تتفاعل مع الحمض النووي للأكسجيني (DNA) الموجود في نواة الخلية. أما كيف تتسبب هذه التفاعلات في الإصابة بالسرطان فذاك حقل يعج بالتخمين والتكهنات والبحث الجاد.



الشكل (1-1): نظريات تكون السرطان

سرطان القولون أحد أشهر السرطانات على مستوى العالم، حيث يموت 525000 إنسان بسرطان القولون سنوياً، وهذا يجعله ثالث أنواع السرطانات المسببة للوفاة على مستوى العالم بعد سرطان الرئة (1100000 وفاة)، وسرطان المعدة (765000 وفاة) [1]. إن تعيين سبب

<sup>1</sup> Cancer Genes  
<sup>2</sup> Oncogenes

المرض يظل تحدياً قائماً إلى الآن، فهي عوامل جينية وغذائية وبيئية ؟ أم عوامل أخرى لم تُعرف بعد هي عوامل مساعدة لظهور المرض؟. تحتل الأسباب الغذائية الصف الأول من العوامل المسببة لسرطان القولون، ويعتقد أن أحد المسببات الغذائية هو غياب الليف النباتي من الغذاء، والسبب الآخر هو الأغذية البروتينية والدهنية التي تسبب إفرازاً كبيراً من الصفراء التي تُحوّل البكتيريا المعوية بعض مركباتها إلى مواد سرطانية [3].

في سعينا لاستجلاء حقيقة السرطان لا بُدَّ أن نقارن على الدوام بين الخلايا السرطانية والخلايا الطبيعية. إن أنسجة السرطان مثل كل الأنسجة الأخرى تمثل مجموعة من الخلايا تنمو من خلية واحدة، ولكن خلايا السرطان يُميّزها اختلاف ما. ولذا يُعتبر السرطان مرضاً خاصاً بالخلايا وليس بالأعضاء. تتركز الجهود المبذولة عالمياً لفهم حقيقة السرطان على ثلاثة محاور: المعالجة، والوقاية، واكتشاف أصل الداء. والمحور الثالث يهدف في غايته إلى كشف أسرار هذا المرض ونقاط ضعفه للتمكن من التعامل معه وتسهيل تحقيق الوقاية والعلاج. وجاءت هذه الدراسة بعمل مقارنة تراكيز العناصر في القولون بين الأجزاء المصابة بالسرطان والأجزاء المجاورة لها وغير المصابة باستخدام تقنية تألق الأشعة السينية محاولة لاستجلاء إحدى حقائق سرطان القولون والسرطان بشكل عام. ويهدف البحث في غايته إلى تحقيق هدفين من الأهداف التي تدور أبحاث السرطان حولها وهما اكتشاف أصل الداء والوقاية منه.

لقد ركّزت الدراسة على سرطان القولون بالذات دون الأنواع الأخرى من السرطانات لأسباب أربعة: أولها ترتيبه من حيثُ الخطورة على حياة الإنسان، وثانيها الاعتقاد السائد بارتباط هذا النوع من السرطان بنظام الإنسان الغذائي. وثالثها أن طريقة تحضير العينات البيولوجية لغرض التحليل باستخدام الأشعة السينية تتطلب أن تكون العينة كبيرة نسبياً، فالعينة البيولوجية تحتوي على نسبة عالية من الدهون والماء التي يجب التخلص منها أثناء التحضير،

وهذا يعني ضياع كمية كبيرة من العينة الأصلية. إن إمكانية الحصول على كتلة مناسبة أفضل في حالة سرطان القولون منها في حالة السرطانات الأخرى، إذ أن أهم وسيلة لمعالجة سرطان القولون ومنع انتشاره هي استئصاله. ولذا فإن العينات التي يمكن دراستها عبارة عن قولون كامل يزن عادة بين 100 gm إلى 200 gm . وآخر هذه الأسباب وهو أهمها أن هناك اعتقاداً بوجود اختلاف بين الخلايا السرطانية والخلايا السليمة من حيث امتصاص الأملاح.

ترتكز الأبحاث العديدة التي أجريت على سرطان القولون من حيث تأثير زيادة بعض العناصر أو نقصها على الإصابة به أو الوقاية منه على معطيات سريرية إحصائية. تُعتبر هذه الدراسة الأولى من نوعها والتي يتم فيها مقارنة تراكيز العناصر في القولون بين الأجزاء المصابة بالسرطان والأجزاء المجاورة السليمة سواء باستخدام تقنية تسالقي الأشعة السينية (X-ray Fluorescence (XRF)) أو أي تقنية أخرى، وتُعَدُ النتائج التي توصلت إليها، على حد علمنا، فريدة في هذا الموضوع.

من الدراسات المنشورة على سرطان القولون وعلاقة العناصر المعدنية به تلك التي قام بها الدكتور جون أ. بارون (Dr. John A. Baron) وفريقه من مركز دارتماوث هيتشكوك الطبي<sup>3</sup> في أمريكا بدراسة أجريت على أكثر من 800 شخص وعلى مدار أربع سنوات وقد تبين أن تناول كميات من الكالسيوم يومياً يساعد على تفادي عودة سرطان القولون، ولا تذكر هذه الدراسة الآلية المسؤولة عن ذلك [4].

إن تقنيات التحليل الفيزيائية والكيميائية التي يمكن استخدامها لإيجاد تراكيز العناصر في العينات عديدة ومنها مطيافية الانبعاث الضوئي<sup>4</sup>، ومطيافية الامتصاص الذري<sup>5</sup>، ومطيافية

<sup>3</sup> Dartmouth-Hitchcock Medical Center

<sup>4</sup> Optical Emission Spectrometry

<sup>5</sup> Atomic Absorption Spectrometry

الأشعة تحت الحمراء<sup>6</sup>، والنشّات الخلفي للجسيمات المشحونة<sup>7</sup>، ومطيافية تآلق الأشعة السينية<sup>8</sup>. ولكلّ تقنية من هذه التقنيات ميزات وصعوباتها.

إنّ لتآلق الأشعة السينية المفرق للطاقة ميزات تجعلها ملائمة لأغراض إيجاد تراكيز العناصر في العينات البيولوجية أكثر من غيرها أهمّها:

□ قدرتها على الكشف عن معظم عناصر الجدول الدوري من الصوديوم (Na) إلى اليورانيوم (U) في تحليل واحد.

□ سهولة التحليل وسرعة الحصول على النتائج.

□ دقتها العالية في التحليل حيث يمكن إيجاد التراكيز لمختلف العناصر بدقة تصل إلى عدة "أجزاء من المليون" (part per million (ppm))، ولا يتجاوز الخطأ 10% في أغلب الأحيان.

□ أنها لا اتلافية، وبالتالي يمكن استخدام العينة الواحدة أكثر من مرة للتحليل وعند الحاجة.

إنّ فكرة تآلق الأشعة السينية هي التعرف على العناصر المكونة للعينة من خلال طيف الأشعة السينية المميّز لعناصر العينة. تقوم حزمة أشعة سينية ابتدائية أو حزمة من الجسيمات المشحونة مثلاً بتهييج العناصر الموجودة في العينة وحثّها على انبعاث أشعة سينية مميّزة لكل عنصر فيها. بعد ذلك يقوم مكشاف حالة صلبة مثل مكشاف السيليكون المُتَبَلّ بالليثيوم<sup>9</sup> بتجميع أطيايف الطاقة لهذه الأشعة المميّزة، حيث يُستفاد من طاقة القمم في طيف الطاقة في تحليل العينة

<sup>6</sup> Infra-red Absorption Spectrometry

<sup>7</sup> Charged Particle Backscattering

<sup>8</sup> X-ray Fluorescence Spectrometry

<sup>9</sup> Si(Li) detector



نوعياً لتعريف العناصر المكونة لها، ثم كمياً باستخدام طريقة المعاملات الأساسية (FPT)<sup>10</sup>

لإيجاد تراكيز هذه العناصر [5، 6].

تم في هذا البحث دراسة (8) عينات مختلفة من القولون لأشخاص مصابين بسرطان القولون ومن أعمار مختلفة. بالتعاون مع الأطباء المتخصصين في علم الأمراض في مستشفى أردنيين ومختبر من القطاع الخاص، تم الحصول على القولونات المستأصلة. وبإشراف هؤلاء الأطباء قسمت كل عينة إلى جزأين الأول هو الجزء المصاب بالسرطان والثاني جزء مجاور للأول وغير مصاب. ومن ثم عملت المقارنة بين تراكيز العناصر الموجودة في الجزأين المصاب وغير المصاب.

جاءت هذه الرسالة في خمسة فصول، حيث يلي هذه المقدمة الفصل الثاني الذي يغطي الجانب النظري من الموضوع، في حين يفصل الفصل الثالث الجانب العملي منه، وعرضت النتائج في الفصل الرابع مع مناقشة وافية لها، وختمت الرسالة بالاستنتاجات والتوصيات في الفصل الخامس.

# الفصل الثاني

## نظري

## نظري

قُسِّمَ هذا الفصل إلى جزأين: يُناقش الجزء الأول منهما مجموعة من المواضيع الأساسية والضرورية لتوضيح مفهوم تآلق الأشعة السينية واستخدامها كوسيلة لتحليل العينات مجهولة التركيب قصد التعرف على العناصر المكونة لها وتراكيز هذه العناصر، فيما يُناقش الجزء الثاني السرطان، حيثُ يتطرق إلى بعض النظريات والفرضيات التي حاولت تفسير مسببات هذا المرض الخبيث، ويناقش كذلك سرطان القولون (موضوع البحث)، أسبابه وأعراضه.

### الجزء الأول : تآلق الأشعة السينية [5، 6، 7، 8، 9]

#### 1-1-2 الأشعة السينية.

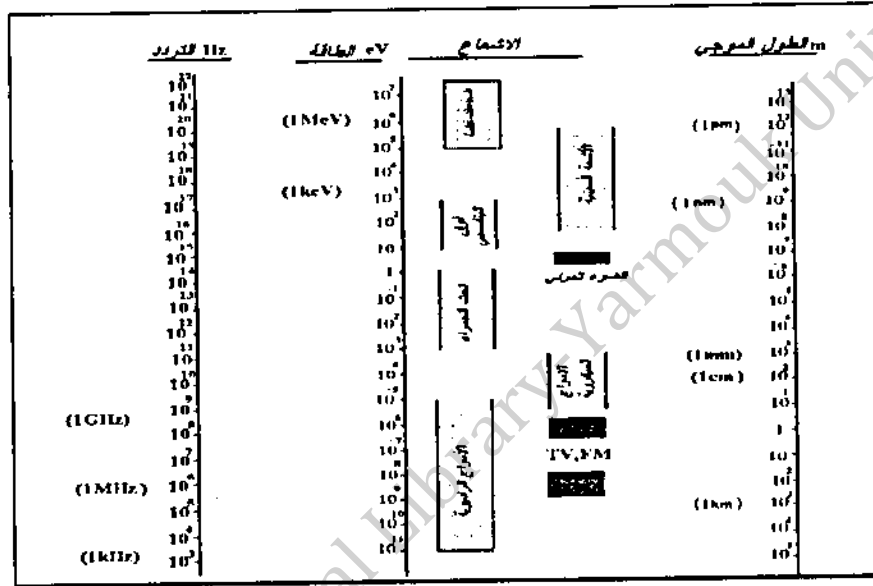
#### 1-1-1 خواص الأشعة السينية.

سُميت الأشعة السينية بهذا الاسم لأنها في بداية اكتشافها كانت ذات طبيعة مجهولة. تُسمى الأشعة السينية بأشعة رونتجن<sup>1</sup> تكريماً للعالم الألماني رونتجن والذي اكتشفها عام 1895، حيثُ لاحظ أن بعض بلورات عنصر الباريوم (Ba) الموجودة بالقرب من أنبوب مفرغ أصبحت مشعة عند حصول تفريغ كهربائي في الأنبوب. ومنذ ذلك الحين بدأ عهد جديد في مجال العلوم الحديثة وهو مجال الأشعة السينية وتطبيقاتها المتعددة، وتوالت الدراسات حول طبيعة وخصائص هذه الأشعة.

---

<sup>1</sup> Roentgen

على الرغم من احتفاظ الأشعة السينية بهذا الاسم وهو السينية أي المجهولة إلا أن خصائصها معروفة تماماً فهي أمواج كهرومغناطيسية تقع في الجزء من الطيف الذي يمتد من حوالي 0.01 إلى 100 أنجستروم حيث تتداخل عند الأمواج الطويلة لها مع الأمواج فوق البنفسجية وعند الأطوال الموجية القصيرة لها مع أشعة جاما، الشكل (1-2).

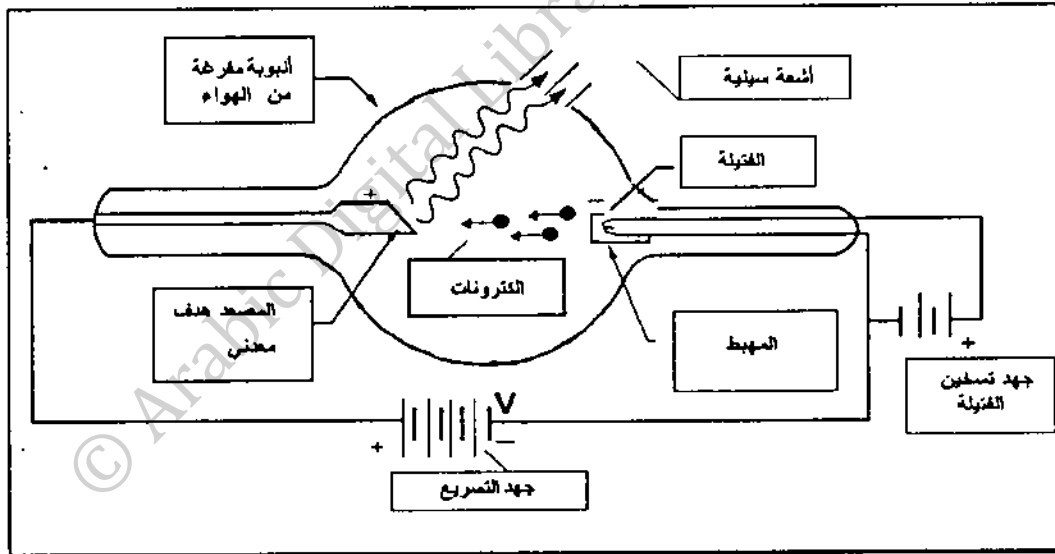


الشكل (1-2): موقع الأشعة السينية في الطيف الكهرومغناطيسي

الأشعة السينية أشعة غير مرئية وتسير بسرعة الضوء وقابلة للانعكاس والانكسار والحيود، ويتم امتصاص جزء منها عند مرورها بالمادة. يتكوّن طيف الأشعة السينية من تراكب طيفين: أحدهما متصل (كلاسيكي) وآخر مكون من قمم منفصلة ذات أصل كمي. تملك الأشعة السينية القدرة على تأيين الذرات والغازات، وهي بالتالي قادرة على إحداث تأثيرات بيولوجية كقتل الخلايا الحية وتدميرها لذلك يجب التعامل معها بحذر.

## 2-1-12 إنتاج الأشعة السينية.

يتم الحصول على الأشعة السينية بواسطة أنابيب خاصة مفرغة من الهواء تحتوي على صفيحتين فلزيتين تسميان المصعد<sup>2</sup> والمهبط<sup>3</sup>، انظر الشكل (2-أ2) والذي يُبين أنبوبة الأشعة السينية. هناك فتيلة قرب المهبط يتم تسخينها بإمرار تيار كهربائي فيها فتتحرر إلكترونات من المهبط بفعل الانبعاث الأيوني الحراري<sup>4</sup>. يعمل فرق جهد عالٍ وثابت (V) على تسريع الإلكترونات المنطلقة من المهبط وإكسابها طاقة حركية عالية حيث تعتمد طاقة الإلكترونات الحركية على فرق الجهد بين المصعد والمهبط. تتجه هذه الإلكترونات نحو المصعد فتتصادم مع ذرات مادة المصعد مهيجة جزءاً من هذه الذرات، وعند عودة هذه الذرات إلى وضع الاستقرار فإنها تطلق فوتونات الأشعة السينية المميزة لذرات مادة الهدف.



الشكل (2-أ2): أنبوبة الأشعة السينية

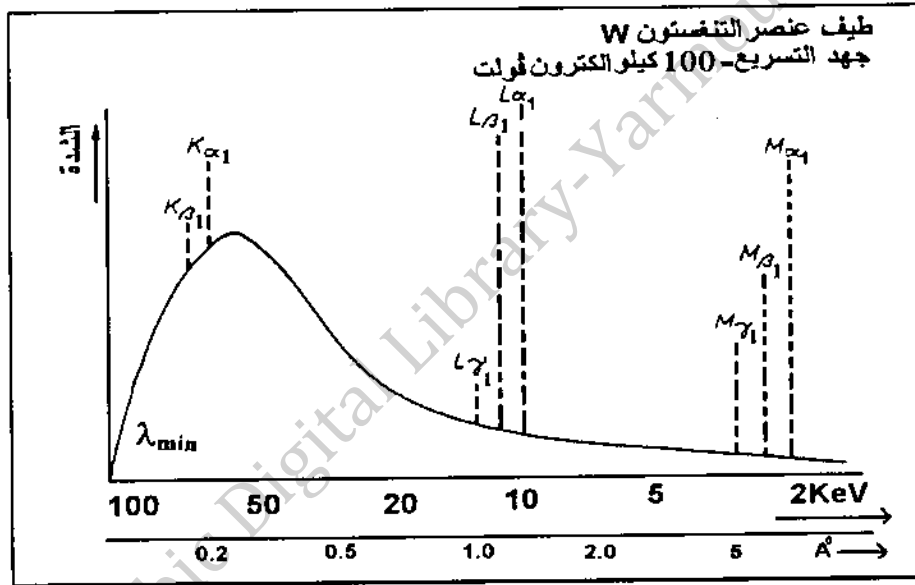
Anode<sup>2</sup>

Cathode<sup>3</sup>

Thermionic Emission<sup>4</sup>

## 12-1-3 طيف الأشعة السينية

يُبين الشكل (2-3) توزيع الشدة الناتج عن أنبوبة أشعة سينية قطبها الموجب من التنغستون W وجهد التسريع فيها 100 kV بدلالة طول الموجة وهو ما يُسمى بالطيف الطيف المتصل: ينتج الطيف المتصل عندما تفقد الإلكترونات المُسارعة طاقة خلال عبورها مجال النواة الكولومي، وفقدان الطاقة هذا يكون على شكل إشعاع وهو الطيف المتصل للأشعة السينية ويُسمى الطيف المتصل أيضاً بأشعة الكبح<sup>5</sup>، وأحياناً بالأشعة البيضاء<sup>6</sup>.



الشكل (2-3): توزيع الشدة الناتج عن أنبوبة أشعة سينية (المهبط من التنغستون) تُعطي النظرية الكهرومغناطيسية الكلاسيكية تفسيراً بسيطاً للطيف المتصل إذ أن إشعاعاً يرافق كل جسيم مشحون ومتسارع. تتباطأ الإلكترونات ذات الطاقة العالية التي تضرب الهدف أثناء اختراقها للمادة، وهذا التسارع السالب والعالي القيمة ينتج نبضة إشعاع. وتزداد احتمالية انبعاث الطيف المتصل للأشعة السينية بزيادة العدد الذري لمادة الهدف حسب العلاقة:

<sup>5</sup> Bremsstrahlung

<sup>6</sup> White Radiation

$$\text{probability} \propto \frac{q^2 Z^2 T}{M_0^2} \quad (1-12)$$

حيثُ:

$q$ : شحنة الجسيم المستخدم لقذف مادة الهدف بوحدات شحنة الإلكترون  $e$ .

$Z$ : العدد الذري لمادة الهدف.

$T$ : طاقة الجسيم الحركية.

$M_0$ : كتلة السكون للجسيم المشحون.

وكما هو واضح من المعادلة (1-12) فإن شدة الطيف المتصل تكون أكبر ما يمكن في حالة استخدام الإلكترونات كمصدر لتهييج مادة الهدف، وذلك لصغر كتلتها بالنسبة للجسيمات المشحونة الأخرى. ولنفس السبب فإن تسريع الإلكترونات إلى سرعات كبيرة لا يحتاج لجهد كهربائية عالية نسبياً. وتجدر الإشارة هنا إلى أن جزءاً من طاقة الجسيمات الساقطة يضيع في التأين حيث تعطى النسبة بين الطاقة الضائعة في إشعاع الكبح  $E_{br}$  إلى الطاقة الضائعة بالتأين بالعلاقة:

$$\frac{E_{br}}{E_{ion}} = \left( \frac{m_0}{M_0} \right)^2 \frac{Z T}{1600 m_0 c^2} \quad (2-12)$$

حيثُ  $m_0$ : كتلة السكون للإلكترون.

ويمتاز الطيف المتصل بالخصائص التالية:

(أ) يكون توزيع الشدة لهذا الطيف مميزاً بحد الطول الموجي الأدنى  $\lambda_0$ ، الممثل لأكبر طاقة حركية للإلكترونات المهيجة، ويُعطى هذا الطول الموجي بالعلاقة المعروفة باسم ديون وهنت التالية:

$$\lambda_0 = \frac{hc}{eV} \quad (3-12)$$

حيث:

V: فرق الجهد المسلط بين طرفي الأنبوب.

c: سرعة الضوء.

h: ثابت بلانك.

وعند التعويض عن قيم الثوابت c, h, e فان العلاقة بين  $\lambda_0$  و V تصبح:

$$\lambda_0(\text{\AA}) = \frac{12.398}{V(\text{kV})} \quad (4-12)$$

والملاحظ هنا أن أقصر طول موجي  $\lambda_0$  لا يعتمد على مادة الهدف، وإنما يعتمد بشكل مباشر ورئيس على جهد التسريع حيث تقل  $\lambda_0$  بزيادة جهد التسريع. انظر الشكل (4-12).

ب) الشدة الكلية اقتران لجهد التسريع (V) والعدد الذري (Z) لمادة الهدف. وجد أولري<sup>7</sup> علاقة تجريبية للشدة الكلية (I) هي:

$$I = K Z V^2 \quad (5-12)$$

حيث K ثابت يحتوي تيار الأنبوب. انظر الشكل (5-12) وفيه نرى أنه بزيادة الجهد إلى الضعف تزداد الشدة إلى أربعة أضعاف وذلك لنفس مادة الهدف.

ج) العلاقة بين الشدة  $I(\lambda)$  وطول موجة الأشعة المنبعثة  $\lambda$  عبارة عن علاقة تجريبية أوجدها كولن كامب<sup>8</sup> على النحو الآتي:

$$I(\lambda) = CZ \frac{1}{\lambda^2} \left( \frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda} \right) \quad (6-12)$$

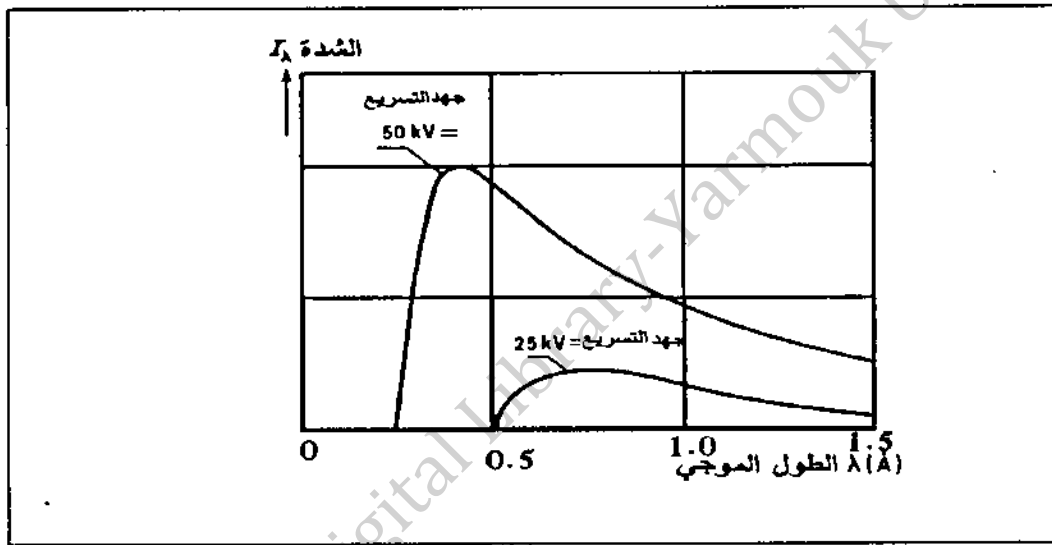
<sup>7</sup> Ulrey

<sup>8</sup> Cullen Kampff



حيث  $C$  ثابت تتناسب و  $Z$  العدد الذري لمادة المصعد. ومن علاقة كولن كامب السابقة نجد أن قيمة الطول الموجي الذي تكون عنده شدة الإشعاع أكبر ما يمكن  $\lambda_{\max}$  تحدث عندما تكون  $(\lambda = 1.5 \lambda_0)$  أي أن:

$$\lambda_{\max} (A^\circ) = 1.5 \left( \frac{12.398}{V(kV)} \right) \quad (7-12)$$



الشكل (2-4): تأثير جهد التسريع  $V$  على الطيف

الطيف المنفصل: عند قذف ذرات مادة الهدف بجسيمات مشحونة ذات طاقة كافية، يتم تهيج الإلكترونات من مستويات الطاقة الداخلية إلى مستويات طاقة أعلى محدثة مكانها فجوات، مما يترك الذرة في حالة متهيجة. وخلال فترة زمنية قصيرة تنتقل إلكترونات من مستويات الطاقة الخارجية لتعبئة الفجوات في المدارات الداخلية. يُصاحب انتقال الإلكترونات من مستويات الطاقة العليا إلى المستويات الدنيا المسموح بها انبعاث فوتونات أو خطوط طيفية مميزة لذرات مادة الهدف. ويتراكب هذا الطيف على الطيف المتصل على شكل قمم ذات أطوال موجية مميزة ومحددة لتلك الفوتونات الناتجة عن إعادة الاستقرار.

## أ2-2 تَأَلَّقِ الأشعة السينية (XRF):

تُستخدم الأشعة السينية في التعرف على مكونات العينات المختلفة، حيث تسقط حزمة من الأشعة السينية والتي تعرف بالأشعة السينية الابتدائية على العينة. تتفاعل الأشعة السينية مع العينة ويكون الناتج طيف أشعة سينية جديداً مميزاً لذرات العناصر المكونة للعينة، وهذا الطيف هو ما يُسمى بطيف الأشعة السينية المتألق.

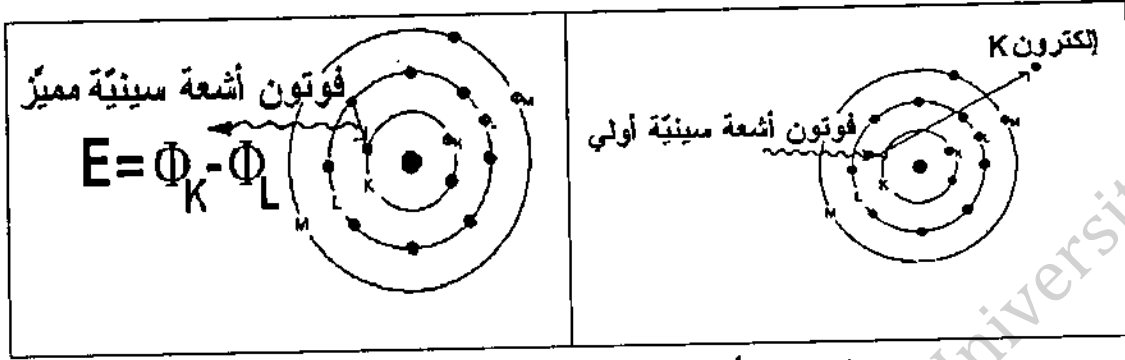
هناك طرق أخرى يتم فيها قذف العينة للحصول على الطيف المميز (المتألق) بالإضافة للأشعة السينية ومن هذه الطرق:

- قذف العينة بجسيمات متسارعة كالإلكترونات أو البروتونات أو الأيونات.
- قذف العينة بإشعاعات ذات طاقة عالية من أحد النظائر المشعة.

### أ2-2-1 انبعاث طيف الأشعة السينية المميز (المتألق):

يُنتج الإشعاع المميز عندما تحاول مادة الهدف المتهيجة نتيجة تعرضها لفوتونات الأشعة السينية أو أي جسيم مشحون الوصول إلى حالة الاستقرار وذلك بأن تقوم الإلكترونات المتواجدة في المدارات الخارجية لذراتها "بالنزول" لتعبئة الفراغات في المدارات الداخلية الناتجة عن التهيج، و يظهر فرق الطاقة بين المدار الخارجي والداخلي على شكل فوتون أشعة سينية مميز لمادة الهدف ويتراكب هذا الطيف على الطيف المتصل على شكل قمم ذات أطوال موجية مميزة ومحددة لتلك الفوتونات الناتجة عن العودة إلى حالة الاستقرار في مادة الهدف. فالخط  $K_{\alpha}$  مثلاً يمثل الخط الطيفي الناتج عن انتقال إلكترون موجود في المدار الثاني (L) إلى المدار الأول (K) كما في الشكل (أ2-5). سوف يتعرض الفوتون المتألق والناتج عن انتقال الإلكترون من المدارات الخارجية إلى المدارات الداخلية لأحد الاحتمالين التاليين:

1. الهروب من الذرة ليساهم في تمييز الإشعاع الناتج عن الذرة.



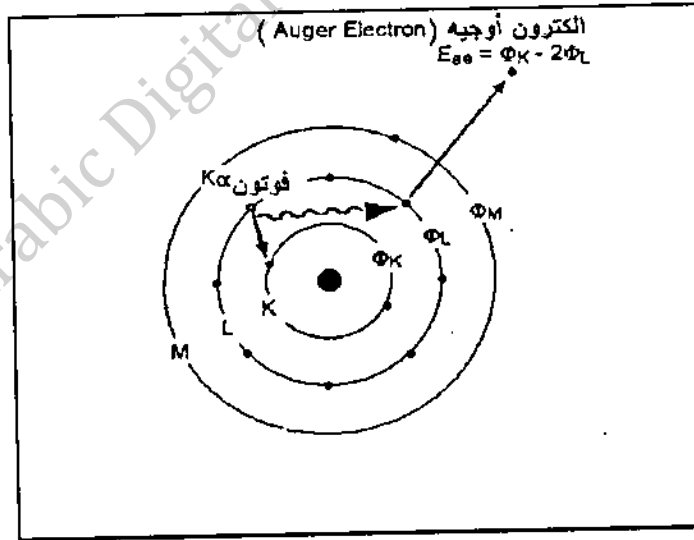
الشكل (2-أ5): فوتون الأشعة السينية المتألق

2. الامتصاص داخل الذرة فيتفاعل مع الإلكترونات الموجودة في المدارات الخارجية (M, L)

، (N, ...). إذا كانت طاقة هذا الفوتون كافية لتحرير أحد إلكترونات المدارات الخارجية فلن الإلكترونات المتحررة تعرف باسم إلكترونات أوجيه<sup>9</sup> وتسمى هذه الظاهرة بتأثير أوجيه<sup>10</sup>،

الشكل (2-أ6). وهذا يعني أن جزءا مهما من فوتونات الأشعة السينية يفقد أثناء مروره

داخل المادة ويظهر بدلا منه إلكترونات أوجيه.



الشكل (2-أ6): رسم توضيحي لإلكترون أوجيه

<sup>9</sup> Auger electrons

<sup>10</sup> Auger effect

## 2-2-2 المستويات الإلكترونية وقواعد الاختيار.

بالرجوع إلى النظرية الكمية<sup>11</sup> فإن كل إلكترون في الذرة يتحرك في مدار يوصف

بأربعة أعداد كمية:

1. العدد الكمي الرئيس ( عدد بور )  $n$ : حيث  $n$  عدد صحيح موجب يأخذ القيم 1، 2، 3، ... ويستخدم المطيافيون الأحرف K ، L ، M ، ... كرموز للمستويات ذات العدد الكمي الرئيس 1، 2، 3، ... على الترتيب. تعتمد طاقة المدار E على هذا العدد حيث تتناسب عكسياً مع  $n^2$ . الإلكترونات في نفس المدار لها نفس العدد الكمي  $n$ ، وسعة كل مدار من الإلكترونات تُعطى بالقيمة  $2n^2$ .
  2. العدد الكمي الزاوي المداري ( $\ell$ ): وهو مقياس للزخم الزاوي المداري، يأخذ ( $\ell$ ) كل الأعداد الصحيحة الموجبة من (0) إلى ( $n-1$ ) وتستخدم الأحرف s، p، d، ... كرموز للمدارات الفرعية 0، 1، 2، ... على الترتيب. وتحدد قيم هذا العدد شكل المدار فمثلاً المدار s دائري الشكل. تُعطى سعة المدار الفرعي ( $\ell$ ) من الإلكترونات بالقيمة  $2(2\ell + 1)$ .
  3. العدد الكمي المغناطيسي ( $m$ ): تأخذ  $m$  القيم الصحيحة من ( $-\ell$ ) إلى ( $+\ell$ ) مروراً بالصفر.
  4. العدد الكمي البرمي ( $m_s$ ): تأخذ ( $m_s$ ) إحدى القيمتين  $-\frac{1}{2}$  أو  $+\frac{1}{2}$  ويحدد هذا العدد الكمي اتجاه دوران الإلكترون حول نفسه أثناء حركته في مداره.
- يحدد كل تركيب من الأعداد الكمية السابقة ( $n, \ell, m, m_s$ ) مستوى إلكترونيّاً خاصاً بالإلكترون واحد فقط، أي أنه لا يوجد أكثر من إلكترون في نفس المستوى الإلكتروني (مبدأ باولي للاستبعاد).

لا تمتلك الإلكترونات في نفس المدار نفس الطاقة تماماً وذلك لأن الطاقة تعتمد

الأعداد الكمية  $(j, \ell, n)$ <sup>12</sup> وليس على  $n$  فقط، يُعبر عن طاقات الإلكترونات في نفس

المدار بمستويات الانتقال<sup>13</sup> في مخطط الطاقة. يُبين الجدول (1-2) مستويات الانتقال

للمدارات  $(N, M, L, K)$ .

Principal quantum number	$\ell$	$j$	Quantum notation
K	0	1/2	1s <sub>1/2</sub>
L <sub>I</sub>	0	1/2	2s <sub>1/2</sub>
L <sub>II</sub>	1	1/2	2p <sub>1/2</sub>
L <sub>III</sub>	1	3/2	2p <sub>3/2</sub>
M <sub>I</sub>	0	1/2	3s <sub>1/2</sub>
M <sub>II</sub>	1	1/2	3p <sub>1/2</sub>
M <sub>III</sub>	1	3/2	3p <sub>3/2</sub>
M <sub>IV</sub>	2	3/2	3d <sub>3/2</sub>
M <sub>V</sub>	2	5/2	3d <sub>5/2</sub>
N <sub>I</sub>	0	1/2	4s <sub>1/2</sub>
N <sub>II</sub>	1	1/2	4p <sub>1/2</sub>
N <sub>III</sub>	1	3/2	4p <sub>3/2</sub>
N <sub>IV</sub>	2	3/2	4d <sub>3/2</sub>
N <sub>V</sub>	2	5/2	4d <sub>5/2</sub>
N <sub>VI</sub>	3	5/2	4f <sub>5/2</sub>
N <sub>VII</sub>	3	7/2	4f <sub>7/2</sub>

الجدول (1-2): مستويات الانتقال

لنعتبر المستويين التاليين: الأول المميز بالأعداد الكمية  $(n_1, \ell_1, j_1)$  والثاني المميز بالأعداد

الكمية  $(n_2, \ell_2, j_2)$ .



إن الانتقال من المستوى الثاني إلى المستوى الأول مسموح إذا تحققت الشروط التالية معاً:

Quantum Theory<sup>11</sup>

<sup>12</sup>  $(j)$  العدد الكمي الزاوي الكلي وبأخذ القيم  $\ell + \frac{1}{2}$  و  $\ell - \frac{1}{2}$  مع وجود قيد على  $(j)$  حيث لا يمكن أن تأخذ قيمة

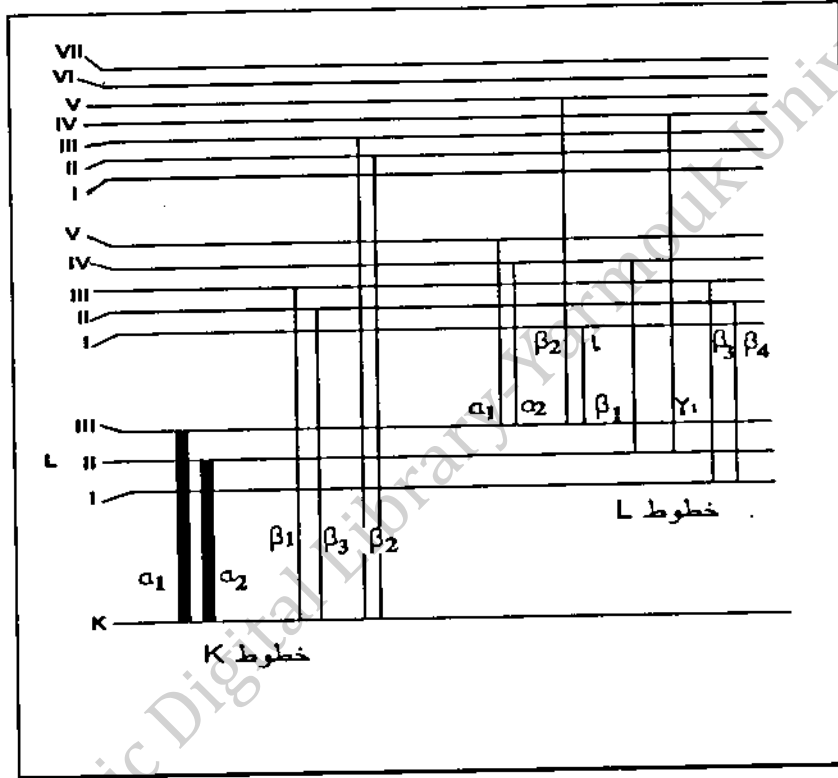
سالبة. وبالتالي عندما تكون  $\ell = 0$  فإن  $(j)$  تأخذ القيمة  $+\frac{1}{2}$  فقط. ويكون عدد قيم  $(j)$  في المدار  $(n)$  هو  $(2n-1)$

وأعلى قيمة تأخذها  $(j)$  هي  $\frac{2n-1}{2}$ .

Transition Levels<sup>13</sup>

$$\begin{cases} n_2 - n_1 \geq 1 \\ \ell_2 - \ell_1 = \pm 1 \\ j_2 - j_1 = \pm 1 \text{ or } 0 \end{cases} \quad (8-12)$$

ويُوضَّح الشكل (7-12) الانتقالات المسموح بها ضمن قواعد الاختيار السابقة.



الشكل (7-12): مستويات الانتقال والخطوط المسموح بها

### 12-2-3 شروط تحرير الإلكترونات من مداراتها:

ليس كل فوتون أو أي جسيم مُسرَّع ساقط على الذرة قادراً على تحرير إلكترون منها. وحتى يتم تحرير إلكترون من المدار الذري الذي يتواجد فيه يجب أن تتجاوز طاقة الجسيم أو الفوتون الساقط طاقة الربط بين الإلكترون والنواة.

إذا سقط فوتون طاقته  $(h\nu)$  وكانت طاقة الربط بين الإلكترون والنواة تساوي  $(E)$  فإن

الشرط لتحرير الإلكترون هو:

$$h\nu \geq E \quad (9-12)$$

وإذا استخدمنا إلكتروناتاً تم تسريعه بفرق جهد  $V$  يصبح شرط تحرير الإلكترون:

$$eV \geq E$$

$$(10-12)$$

تزيد شحنة النواة بازدياد العدد الذري فتزيد طاقة ربط الإلكترونات بالنواة فتزيد الطاقة

اللازمة لتحرير الإلكترونات من المدارات الداخلية، وبالتالي فإن طاقات التهييج الحرجة

للمستويين K و L تزيد بازدياد العدد الذري، كما أن طاقة التهييج الحرجة للمستوى K أكبر من

طاقة التهييج الحرجة للمستوى L في نفس العنصر. انظر الجدول (2-12).

Table 1.4. Critical excitation energies (keV) of the K and L levels<sup>a</sup>

Element	K	L <sub>I</sub>	L <sub>II</sub>	L <sub>III</sub>	Element	K	L <sub>I</sub>	L <sub>II</sub>	L <sub>III</sub>
Li	0.055				Pd	24.348	3.607	3.330	3.173
Be	0.111				Ag	25.517	3.807	3.526	3.351
B	0.192				Cd	26.716	4.019	3.728	3.538
C	0.284				In	27.942	4.237	3.939	3.730
O	0.400				Sn	29.195	4.465	4.157	3.929
F	0.532				Sb	30.486	4.698	4.382	4.132
Ne	0.687				Te	31.811	4.940	4.613	4.342
Na	0.867				I	33.167	5.192	4.854	4.559
Mg	1.072		0.0306		Xe	34.59	5.453	5.104	4.782
Al	1.303	0.063	0.050	0.049	Cs	35.987	5.721	5.358	5.011
Si	1.560	0.087	0.073		Ba	37.452	5.996	5.623	5.247
P	1.840		0.101		La	38.934	6.268	5.889	5.484
S	2.144		0.132		Ce	40.453	6.548	6.161	5.723
Cl	2.470				Pr	42.002	6.834	6.439	5.963
Ar	2.820				Nd	43.574	7.129	6.723	6.209
K	3.203				Pm	45.198	7.436	7.014	6.461
Ca	3.608		0.295		Sm	46.849	7.748	7.313	6.717
Sc	4.038	0.353	0.349		Eu	48.519	8.061	7.620	6.981
Ti	4.489		0.454		Gd	50.233	8.386	7.931	7.243
V	4.965				Tb	52.002	8.717	8.253	7.515
Cr	5.464	0.742	0.693	0.599	Dy	53.793	9.055	8.583	7.790
Mn	5.989				Ho	55.619	9.399	8.916	8.068
Fe	6.538		0.721	0.707	Er	57.487	9.757	9.262	8.358
Co	7.111		0.794	0.779	Tm	59.38	10.121	9.617	8.650
Ni	7.710		0.871	0.854	Yb	61.30	10.490	9.976	8.944
Cu	8.332		0.953	0.933	Lu	63.31	10.874	10.345	9.249
Zn	8.980	1.198	1.045	1.022	Hf	65.31	11.274	10.736	9.558
Ga	9.661	1.303	1.145	1.117	Ta	67.403	11.682	11.132	9.877
Ge	10.368	1.413	1.249	1.217	W	69.508	12.100	11.538	10.200
As	11.104	1.529	1.359	1.324	Re	71.658	12.530	11.954	10.531
Se	11.865	1.653	1.474	1.434	Os	73.856	12.972	12.381	10.868
Br	12.655	1.781	1.599	1.553	Ir	76.101	13.423	12.820	11.212
Kr	13.470	1.915	1.730	1.677	Pt	78.381	13.883	13.272	11.562
Rb	14.324	2.063	1.866	1.807	Au	80.720	14.324	13.736	11.921
Sr	15.202	2.217	2.009	1.941	Hg	83.109	14.842	14.213	12.286
Y	16.107	2.377	2.154	2.079	Tl	85.533	15.343	14.699	12.660
Zr	17.038	2.541	2.305	2.222	Pb	88.005	15.855	15.205	13.041
Nb	17.999	2.710	2.464	2.371	Bi	90.534	16.376	15.719	13.426
Mo	18.987	2.881	2.627	2.523	Rn		19.236	18.486	15.444
Tc	20.002	3.055	2.795	2.678	Th	109.646	20.464	19.683	16.299
Ru	21.047	3.233	2.966	2.838	Pa		21.168	20.358	16.765
Rh	22.119	3.417	3.145	3.002	U	115.62	21.771	20.945	17.165
					Pu		23.109	22.253	18.054

الجدول (2-12): طاقات التهييج الحرجة

4-2-12 المتسلسلات الطيفية<sup>14</sup>

تُعرف المتسلسلات الطيفية بأنها مجموعة من الخطوط المتجانسة لكل العناصر كخطوط

K $\alpha$  مثلاً. تُسمى الخطوط بأحرف كبيرة<sup>15</sup> تُعبّر عن المستوى النهائي للانتقال الحاصل. وقد

Spectral Series<sup>16</sup>  
Capital Letters<sup>17</sup>

تمّ التمييز بين هذه الخطوط من قبل سيجبان<sup>16</sup> وذلك بإضافة حرف يوناني وحرف سلفي بعد الحرف الكبير مثل  $\alpha_1$  ،  $\beta_1$  ،... الخ. حيث تُشير هذه الرموز إلى الشدة النسبية لهذه الخطوط، ويُعتبر الخط  $\alpha_1$  الأقوى بينها، أنظر الشكل (12-7).  
يملك كل خط من هذه الخطوط طاقة مساوية لفرق الطاقة بين المستويين الابتدائي والنهائي، فمثلاً طاقة الخط  $K_\alpha$  تساوي:

$$E_{K_\alpha} = E_K - E_L \quad (11-12)$$

ويمكن إيجاد طول موجة الفوتون الناتج من العلاقة:

$$\lambda_{K_\alpha}(A^0) = \frac{12.398}{\Delta E(\text{KeV})} \quad (12-12)$$

12-2-5 قانون موزلي<sup>17</sup>:

في عام 1913 قام موزلي بوضع علاقة تجريبية تربط بين تردد الأشعة المنبعثة ( $\nu$ ) والعدد الذري ( $Z$ ) للعنصر المُولد للأشعة السينية، وذلك بالصيغة التالية:

$$\nu = Q (Z - \sigma)^2 \quad (13-12)$$

حيث:

$\sigma$ : ثابت اثر الحجب<sup>18</sup>.

$Q$ : ثابت التناسب.

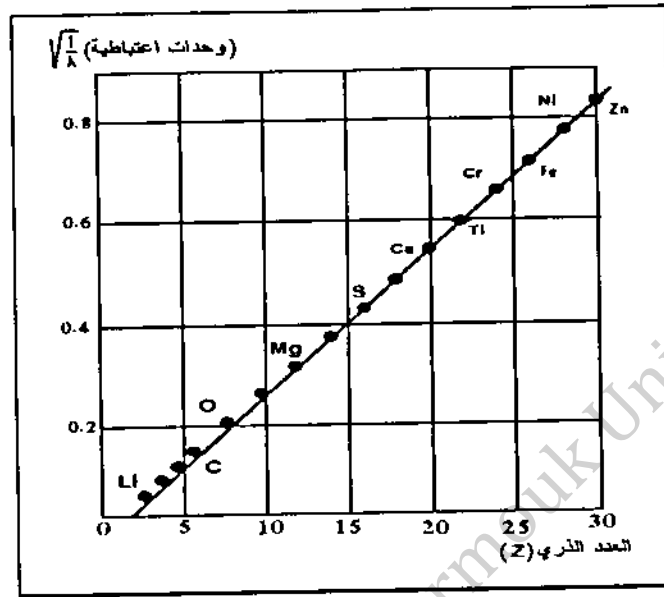
ويُعبر  $\sigma$  عن قدرة إلكترونات الذرة ( $Z-1$ ) على التناثر مع الإلكترون الواحد موضع الاهتمام بحيث تحجبه عن النواة التي تحاول جذبه إليها بفعل شحنتها الموجبة.

<sup>16</sup> Siegbahn

<sup>17</sup> Mosely's Law

<sup>18</sup> Screening effect





الشكل (2-8): توضيح لقانون موزلي لخط الطيف  $K_{\alpha_1}$

تُستخدم المعادلة (2-13) لتحديد العدد الذري لعنصر مجهول، وبفضلها أمكن تصحيح وضع الأرجون (Ar) والبوتاسيوم (K) والكوبالت (Co) والنيكل (Ni) واليود (I) في الجدول الدوري. كما تستخدم المعادلة السابقة في تحديد أماكن الفراغات في الجدول الدوري، فمثلاً وُجد أن الأعداد الذرية للموليبدينوم والروثينيوم هي 42، 44 على التوالي، وبذلك لا بُدَّ من وجود عنصر ما بينهما عدده الذري 43 وقد اكتشف هذا العنصر فيما بعد وسُمي "تكنيسيوم". كما أفادت الأشعة المميزة (قانون موزلي) في تحديد أماكن عناصر لا يمكن تحديدها بالطرق الكيميائية لأنها متشابهة تقريباً، ولكن من تردد الأشعة السينية وجد أنها للباريوم 56 والهافنيوم 72 وبالتالي لا بُدَّ من وجود 15 عنصراً بينهما وهي العناصر النادرة والتي يوجد منها 14 في الطبيعة.

## 2-6 العوامل التي تعتمد عليها شدة الطيف المنبعث

لنأخذ الخط الطيفي السيني  $L_{\alpha_1}$  الناتج عن انتقال الإلكترون من المستوى  $M_V$  إلى

المستوى  $L_{III}$ ، إن احتمالية ظهور هذا الخط تعتمد على العوامل التالية:

1. احتمالية أن الفوتون الساقط سوف يهيج الذرة من الإلكترون الموجود في المستوى

$L_{III}$  وهذا العامل مرتبط بامتصاص الفوتونات في الذرة.

2. احتمالية أن الفراغ الذي تشكل في  $L_{III}$  سوف يُمَلأ بالإلكترون من المستوى  $M_V$ . وهذه

الاحتمالية (احتمالية الانتقال) تخضع لقوانين ميكانيكا الكم وقواعد الاختيار.

3. ناتج التآلق وهو احتمالية أن الفوتون المميز المعبر عن الخط  $L_{\alpha_1}$  سوف يترك الذرة

دون أن يحدث له امتصاص داخل الذرة نفسها، ويُعتبر ناتج التآلق من أهم العناصر الداخلة

في حساب طيف الأشعة السينية المتألقة. يُعرف ناتج التآلق<sup>19</sup> بالعلاقة:

$$w = n_f / n \quad (14-12)$$

حيث:

$n$ : عدد الفوتونات الابتدائية التي سببت تهيج المستويات داخل الذرة.

$n_f$ : عدد الفوتونات الثانوية " المتألقة " التي استطاعت مغادرة الذرة فعلياً.

$n - n_f$ : عدد الفوتونات الممتصة داخل الذرة.

ويمكن التعبير عن احتمالية حدوث ظاهرة أوجيه بالمقدار  $(1-w)$ . وقد حددت قيم  $w$

نظرياً وعملياً ولوحظ ما يلي:

♦ تزداد  $w$  بازدياد العدد الذري. والعكس بالنسبة لتأثير أوجيه حيث يزداد للعناصر الخفيفة

لأن إلكتروناتها ضعيفة الارتباط بالنواة وأشعتها السينية المميزة سهلة الامتصاص.

♦ هناك فرق بين قيم ناتج التآلق بين مدار وآخر حيث أن  $w_K$  أكبر بكثير من  $w_L$ ، انظر

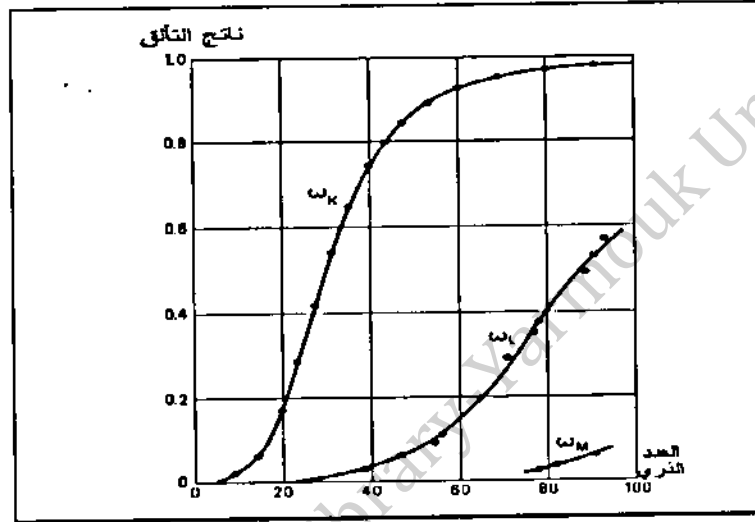
الشكل (10-12)، وكذلك  $w_L$  أكبر بكثير من  $w_M$ .

<sup>19</sup> Fluorescence Yield

♦ هناك صعوبة في إيجاد ناتج التآلق للمدارات الأعلى من المدار (K)، وذلك لأن

$W_K$  هي لمدار ذي مستوى واحد بينما  $W_L$  قيمة متوسطة للمستويات  $L_I$ ،  $L_{II}$ ،  $L_{III}$ ، ويبلغ

الخطأ في حساب  $W_K$  حوالي 3-5%. أما الخطأ في حساب  $W_L$  فيتراوح بين 10-15%.



الشكل (2-9): العلاقة بين ناتج التآلق والعدد الذري

### 2-3 تفاعل الفوتونات مع المادة

تُعاني فوتونات الأشعة السينية التي تدخل إلى العينة الهدف توهيناً نتيجة تفاعلها مع ذرات العينة. لنفرض أن لدينا حزمة من الأشعة أحادية الطول الموجي والطاقة، لها شدة ابتدائية  $I_0$  ومقطع عرضي<sup>20</sup> مساحته وحدة واحدة تمر خلال المادة الهدف. بعد أن تقطع الحزمة مسافة  $x$  من المادة تقل شدتها إلى  $I_x$  التي تعطى بالعلاقة:

$$I_x = I_0 e^{-\mu_{Lin} x} \quad (2-15)$$

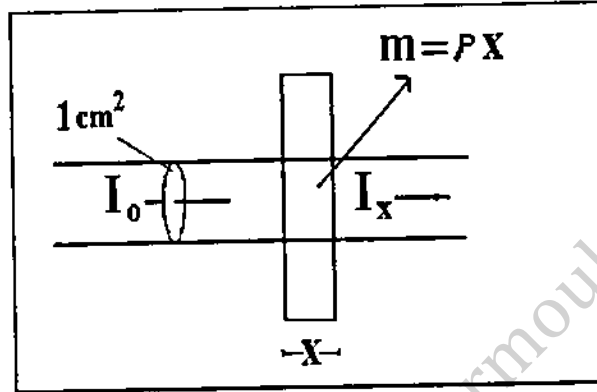
يمكن كتابة المعادلة السابقة بدلالة معامل التوهين الكتلي ( $\mu = \mu_{Lin}/\rho$ ) حيث أن  $\rho$  هي

كثافة المادة على النحو التالي:

$$I_x = I_0 e^{-\mu x} \quad (2-16)$$

<sup>20</sup> Cross Section

حيث  $m = \rho \times$  هي الكثافة السطحية للمادة، فإذا كانت وحدة هذه الكثافة هي  $(\text{cm}^{-2} \cdot \text{g})$  فإن وحدة  $\mu$  هي  $(\text{cm}^{-2} \cdot \text{g}^{-1})$ .



الشكل (2-10): اختراق الأشعة السينية لصفحة رقيقة.

يعتمد معامل التوهين الكتلي على طبيعة المادة غازية أم سائلة أم صلبة. ويفضل استخدام  $\mu$  بدلاً من  $\mu_{\text{lin}}$  لأن قياس كثافة وكتلة المادة أسهل وأدق من قياس المسافات، لذلك فهي الأكثر شيوعاً واعتماداً في الجداول الخاصة بمعاملات التوهين.

إذا كان لدينا مركب مكون من عدة ذرات مختلفة فإن معامل التوهين الكتلي  $\mu$  يخضع لقانون التجميع، فمثلاً لو كان المركب مكوناً من العناصر  $(i, j, k, \dots)$  والتي كتلتها  $(M_i, M_j, M_k, \dots)$  على الترتيب فإن معامل التوهين الكتلي لهذا المركب هو:

$$\mu = \frac{\sum_i M_i \mu_i}{\sum_i M_i} \quad (2-17)$$

بالنسبة للشدة  $I_0 - I_x$  والتي لم تتغير بنفس اتجاه الفوتونات الساقطة فإنها تضيع أساساً في

عمليتين:

1. امتصاص عدد من فوتونات الأشعة السينية والتي تُعَد في سبيل إخراج عدد مساوٍ من الإلكترونات المدارية من الذرة وهذه تُسمى ظاهرة التأثير الكهروضوئي.

2. تنشئت الفوتونات الساقطة في جميع الاتجاهات بعد التصادم مع الذرات، وتنشئت

على نوعين تنشئت مترابط (تنشئت رايلي<sup>21</sup>) وتنشئت غير مترابط (تنشئت كومبتون<sup>22</sup>)

ويكون معامل التوهين الكتلي بالتالي هو حاصل جمع حدين:

$$\mu = \sigma + \tau \quad (18-أ2)$$

حيث:

$\tau$ : معامل الامتصاص الكهروضوئي.

$\sigma$ : معامل التنشئت الكلي.

إذا اعتبرنا أن تنشئت رايلي وتنشئت كومبتون مستقلان تماماً عن بعضهما فإننا نكتب

معامل التنشئت الكلي  $\sigma$  كما يلي:

$$\sigma = \sigma_{coh.} + \sigma_{incoh.} \quad (19-أ2)$$

حيث:

$\sigma_{coh.}$ : معامل التنشئت المترابط (الرايلي).

$\sigma_{incoh.}$ : معامل التنشئت غير المترابط (الكومبتوني).

وعليه فإن معامل التوهين الكلي يكون:

$$\mu_{total} = \tau + \sigma_{coh.} + \sigma_{incoh.} \quad (20-أ2)$$

### أ2-3-1 الامتصاص الكهروضوئي وحدود الامتصاص

ترتبط إلكترونات الذرة مع نواتها بقيم محددة من الطاقة تعتمد على المستوى المتواجدة فيه

تسمى بطاقة الربط<sup>23</sup>، فإذا أتاحت فرصة التصادم بين فوتون يمتلك طاقة عالية وإلكترون مادة

<sup>21</sup> Rayleigh Scattering

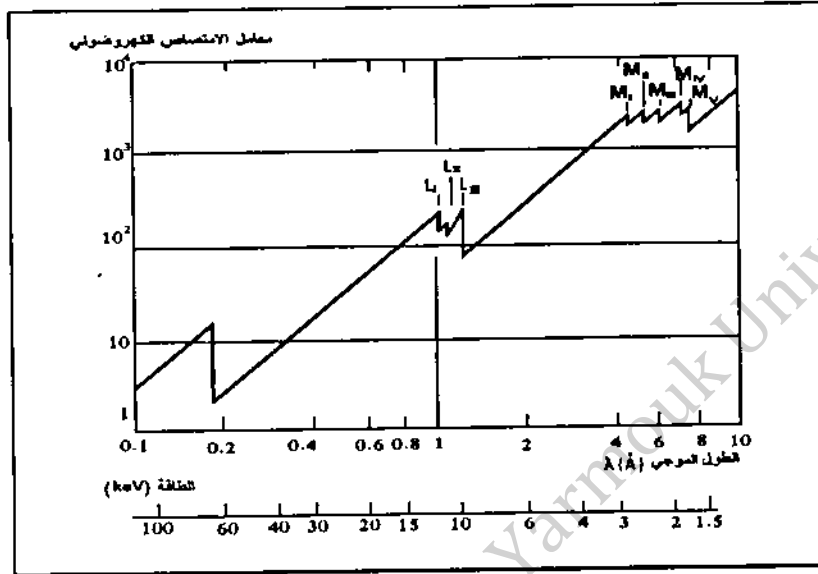
<sup>22</sup> Compton Scattering

الهدف، يُمكن أن تنتقل طاقة الفوتون إلى الإلكترون وتحرره من الذرة تماماً مع اختفاء الفوتون الساقط، ويُطلق على الإلكترون المتحرر اسم الإلكترون الكهروضوئي<sup>24</sup> وعلى العملية اسم التأثير الكهروضوئي<sup>25</sup>. ويلعب الامتصاص الكهروضوئي دوراً أساسياً في توهين الأشعة السينية، حيث يتضح من جداول معاملات الامتصاص ومعاملات التوهين الكتلية أن قيم معامل الامتصاص الكهروضوئي تتجاوز (95%) من قيم معامل التوهين الكتلي  $\mu$ . يُوضح الشكل (11-12) معامل الامتصاص الكهروضوئي لعنصر التنغستون (W) كاقتران مع الطول الموجي وطاقة الفوتونات الساقطة. و يلاحظ من الشكل أن قيم  $\tau$  تزداد بسرعة بزيادة الطول الموجي للفوتونات الساقطة، أي أن فرصة الفوتون الساقط في تحرير إلكترون تزداد كلما كانت طاقة ارتباط الإلكترون أقل ضمن حدود معينة. تظهر هذه الحدود على شكل انفصالات حادة في الشدة عند قيم مُحَدَّدة للطاقة، والتي تُمَثِّل طاقات الربط للمستويات K و L و M. يظهر انقطاع واحد للمستوى K لأنه يحتوي مستوى واحداً للطاقة عند القيمة (69.5keV)، وتظهر ثلاثة انقطاعات حادة للمستوى L عند قيم الطاقات التي تتراوح بين (0.2-12.1keV) لكون L يحتوي ثلاثة مستويات فرعية. ولأن المستوى M عبارة عن خمسة مستويات فرعية، فإن خمسة انقطاعات حادة تظهر في الشكل عند قيم الطاقات التي تتراوح بين (1.8 – 2.8keV). تظهر خطوط الانفصال الحادة عندما يسقط فوتون يمتلك طاقة مساوية تماماً لطاقة ربط الإلكترون في المستوى (K و L و M و N و O و...)، حيث تقوم الذرة بامتصاص طاقة الفوتون الساقط ويتحرر من الذرة أحد إلكتروناتها حسب مقدار الطاقة الممتصة.

<sup>23</sup> Binding Energy

<sup>24</sup> photoelectron

<sup>25</sup> photoelectric effect



الشكل (2-11): معامل الامتصاص الكهروضوئي عنصر التنغستون W.

بالنظر إلى الشكل من اليمين إلى اليسار باتجاه زيادة الطاقة، تكون  $\tau$  عالية عند الطاقة

$E = 1.5 \text{ keV}$  ، أي أن الإشعاع يكون عالي الامتصاص ومؤيئاً للمدارات الخارجية N، O، P

في ذرة W. ولا يوجد أي احتمال للتفاعل مع إلكترونات المدارات الداخلية. وبزيادة الطاقة يقل

الامتصاص، وعند الطاقة ( $E = 1.8 \text{ keV}$ ) نكون قد وصلنا إلى طاقة التهييج الحرجة للمستوى

$M_V$  والتأين في هذا المستوى أصبح الآن ممكناً ونلاحظ زيادة حادة في شدة الامتصاص لما

يُسمى حد الامتصاص  $M_V$ . ويُلاحظ نفس الشيء بالنسبة لحدود الامتصاص  $M_{IV}$  إلى  $M_I$  عند

الطاقات ما بين 1.8 إلى 2.8 keV. وبناء على ذلك فانه ما بين 3 إلى 10 keV يكون

التأين للمستويات أو المدارات M، N، O، P ممكن الحدوث.

الطاقات 10.2 و 11.5 و 12.1 keV هي الطاقات اللازمة لتهييج المستويات  $L_I$  و  $L_{II}$

و  $L_{III}$  على الترتيب. ولذلك تظهر لهذه المستويات حدود امتصاص للطاقة في منحنى الامتصاص

عند قيم طاقات التهييج المقابلة على الترتيب.

يقع حد الامتصاص للمستوى (K) عند قيمة الطاقة ( $E = 69.5 \text{ keV}$ ) وهذه هي طاقة

التهييج الحرجة للمستوى (K) في ذرة W. وكلما زادت الطاقة عن هذه القيمة فإن الامتصاص يتناقص إلى قيم متدنية جداً. إذا كانت طاقة الفوتون الساقط أكبر من طاقة الربط في المستوى K ( $E \geq \phi_K$ ) حيث E هي طاقة الفوتون الساقط و  $\phi_K$  هي طاقة ربط الإلكترون في المستوى K، فإنه كتابة معامل الامتصاص الكهرضوئي على النحو التالي:

$$\tau = \tau_K + (\tau_{L_I} + \tau_{L_{II}} + \tau_{L_{III}}) + (\tau_{M_I} + \tau_{M_{II}} + \dots \tau_{M_V}) + \dots \quad (21-12)$$

حيث  $\tau_K$ ،  $\tau_L$  و  $\tau_M$  هي معامل الامتصاص الكهرضوئي للمستويات K، L و M على

الترتيب. أما إذا كانت ( $\phi_L \leq E \leq \phi_K$ )، حيث  $\phi_L$  طاقة ربط المستوى L فإن:

$$\tau = (\tau_{L_I} + \tau_{L_{II}} + \tau_{L_{III}}) + (\tau_{M_I} + \tau_{M_{II}} + \dots \tau_{M_V}) + \dots \quad (22-12)$$

يرتبط تحديد قيمة معامل الامتصاص الكهرضوئي  $\tau$  بشكل مباشر بطاقة الفوتون الساقط

أو بطوله الموجي  $\lambda$  والعدد الذري لمادة الهدف وذلك وفقاً لقانون براغ بييرس<sup>26</sup>:

$$\tau = C Z^\beta \lambda^\alpha \quad (23-12)$$

حيث:  $\alpha$  ثابت تتراوح قيمته ما بين 2.2 إلى 3 و  $\beta$  ثابت تتراوح قيمته ما بين 2.5 إلى 3.5 و C ثابت التناسب.

## 2-3-12 تشتت الأشعة السينية

التشتت هو أحد أشكال تفاعل الأشعة الساقطة مع المادة الهدف وهو ناتج عن اصطدام

الفوتونات بالكترونات المادة، وبأخذ التشتت شكلين: مترابط وغير مترابط. والتشتت بنوعيه لا

يتضمن اختفاء الفوتونات الساقطة داخل مادة الهدف. ويساهم التشتت بنوعيه المترابط وغير

المترابط بنسبة لا تتعدى (5%) من معامل التوهين الكلي للأشعة السينية.

<sup>26</sup> Bragg-Piers Law

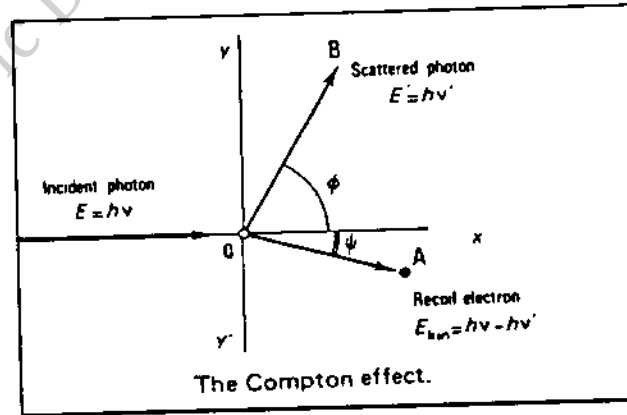


التشتت المترابط<sup>27</sup>: يسمى هذا النوع من التشتت بتشتت رايلي وينتج عن التصادم

المرن للفوتونات مع الإلكترونات المرتبطة بالذرة الهدف. حيث تنحرف الفوتونات عن مسارها الأصلي دون أية خسارة في طاقتها، ودون حدوث عمليات اقتلاع لإلكترونات مادة الهدف. ويعبر عن احتمالية حدوث هذا التشتت بمعامل التشتت المترابط  $\sigma_{coh}$ . وهذا النوع من التشتت يقل بزيادة طاقة الفوتون الساقط ويزيد بزيادة العدد الذري للمادة المشتتة.

التشتت غير المترابط<sup>28</sup>: ويسمى هذا النوع من التشتت بتشتت كومبتون<sup>29</sup>، ويحدث نتيجة

التصادم غير المرن بين الفوتونات الساقطة مع الإلكترونات الحرة أو ضعيفة الترابط مع النواة لذرة الهدف، وعليه فإن تفاعلا يتم داخل الذرة وينتج فوتون جديد وبطاقة أقل. وفرق الطاقة بين الفوتون الساقط والفوتون المشتت يكتسبه الإلكترون المشتت على شكل طاقة حركية. ويعبر عن احتمالية مثل هذا النوع من التشتت بمعامل التشتت غير المترابط  $\sigma_{incoh}$ . وتزداد احتمالية حدوث هذا التشتت بنقصان العدد الذري لمادة الهدف أو بزيادة طاقة الفوتون الساقط.



الشكل (2-12): تشتت كومبتون (زاوية التشتت =  $\phi$ )

Coherent Scattering<sup>27</sup>

Incoherent Scattering<sup>28</sup>

Compton Scattering<sup>29</sup>

وتمثل المعادلة (24-12) العلاقة بين طول الموجي للفوتونات المشتتة،  $\lambda'$ ، وبين طول

الموجي للفوتونات الساقطة،  $\lambda$ ، وتعرف هذه المعادلة بمعادلة كومبتون:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos(\phi)) \quad (24-1)$$

## 4-2 أنواع التآلق

### 1-4-2 التآلق الابتدائي<sup>30</sup>

ينتج التآلق الابتدائي من التفاعل للأشعة الساقطة<sup>31</sup> مع ذرات المادة الهدف وهو المساهم الأكبر في طيف الأشعة السينية الناتج من العينة الهدف. وفي العينة التي تحتوي على عنصر وحيد يكون التآلق الكلي في الطيف تآلقاً ابتدائياً. للتعبير عن التآلق الابتدائي رياضياً، افرض أن هناك عينة (s) متجانسة وملساء سمكها h وكثافتها (ρ) تحتوي على العنصر المتآلق i بتركيز نسبي  $C_i$  - الشكل (2-13).

لنعتبر أن شدة الإشعاع الأولي القادم من الأنبوبة التي تسقط على العينة هي ( $I_0$ ) وأن هذا الإشعاع يصنع مع سطح العينة زاوية مقدارها  $\psi_1$ . إذا كانت الزاوية المُرادفة التي تصنعها الأشعة المتآلفة من العينة هي  $\psi_2$  أنظر - الشكل (2-13) - فإن التآلق الابتدائي يُعطى بالعلاقة:

$$P_i = q E_i C_i \int_{\lambda_0}^{\lambda_{abs,i}} \left\{ 1 - \exp \left[ -\rho h \left( \frac{\mu_{s,\lambda}}{\sin \psi_1} + \frac{\mu_{s,\lambda_i}}{\sin \psi_2} \right) \right] \right\} \frac{\mu_{i,\lambda_i} I_0 d\lambda}{\mu_{s,\lambda} + \frac{\sin \psi_1}{\sin \psi_2} \mu_{s,\lambda_i}} \quad (25-12)$$

حيث:

$\mu_{s,\lambda}$ : معامل التوهين للعينة عند طول الموجي  $\lambda$ .

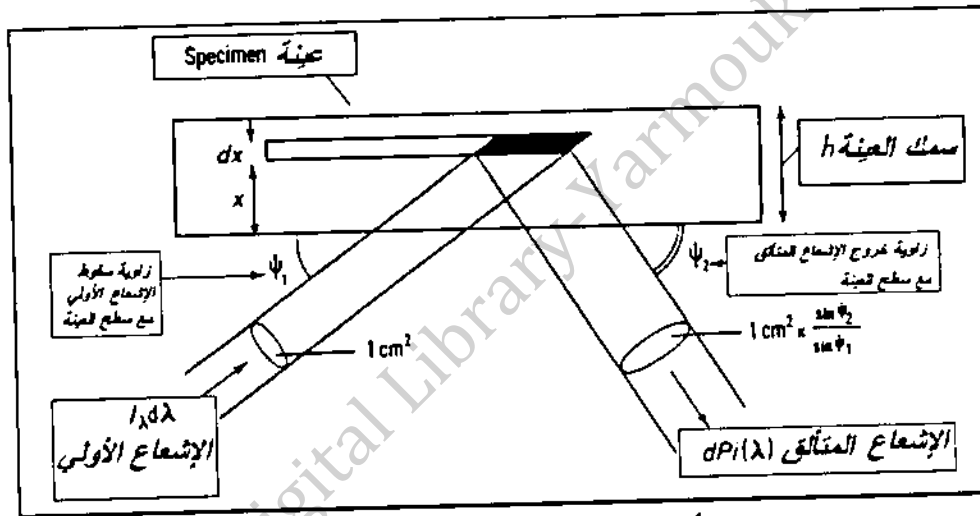
<sup>30</sup> Primary Fluorescence  
<sup>31</sup> Primary Radiation

$\mu_{s,\lambda_i}$ : معامل التوهين للعينة عند الطول الموجي المميز للعنصر  $i$ .

$\mu_{i,\lambda}$ : معامل التوهين للعنصر  $i$  عند الطول الموجي الابتدائي  $\lambda$ .

$E_i$ : معامل التهيج للعنصر  $i$ .

$$q: \text{معامل التجميع ويساوي } \frac{\sin \psi_1}{\sin \psi_2} \times \frac{d\Omega}{4\pi}$$



الشكل (2-13): الكميات الداخلة في حساب التألق

التألق الابتدائي لعينة سميكة<sup>32</sup>: تعتبر العينة سميكة إذا كانت  $h$  كبيرة بحيث يكون الحد

الأساسي في المعادلة السابقة مهملاً مقارنة بالواحد، وبتعريف المعامل الهندسي:

$$A = \frac{\sin \psi_1}{\sin \psi_2} \quad (26-12)$$

فإن المعادلة (26-12) تُصبح:

$$P_i = q E_i C_i \int_{\lambda_0}^{\lambda_{abs,i}} \frac{\mu_{i,\lambda_i} I_\lambda d\lambda}{\mu_{s,\lambda} + A \mu_{s,\lambda_i}} \quad (27-12)$$

<sup>32</sup> Thick Sample

وهذه المعادلة مهمة في التطبيقات العملية حيث يُمكن اعتبار  $h$  كبيرة إذا تجاوزت بضع مليمتترات. وفي بعض الحالات يُمكن اعتبار  $h$  كبيرة حتى وإن كانت  $h$  أقل من 1mm.

- التآلق الابتدائي لعينة رقيقة<sup>33</sup>: عندما تكون  $h$  صغيرة فإن الشدة الابتدائية تُعطى بالعلاقة:

$$P_i = \frac{qE_i}{\sin \psi_1} \rho h C_i \int_{\lambda_0}^{\lambda_{abs,i}} \mu_{i,\lambda} I_{\lambda} d\lambda \quad (28-12)$$

ويُمكن كتابة المعادلة السابقة على الصورة:

$$P_i = G_i m_i \quad (29-12)$$

وهذه المعادلة تُعطي علاقة مباشرة بين الشدة المتألفة وتركيز العنصر المتألق، وهي صحيحة فقط عندما تكون العينة رقيقة جداً (ميكرومترات). في المعادلة السابقة تمثل  $(m_i)$  كتلة العنصر المتألق لكل وحدة مساحة في العينة، و  $(G_i)$  ثابت يعتمد على العنصر المتألق وعلى الشروط التجريبية وتُعطى  $(m_i)$  و  $(G_i)$  بالعلاقين التاليين:

$$m_i = \rho h C_i \quad (30-12)$$

$$G_i = \frac{qE_i}{\sin \psi_1} \int_{\lambda_0}^{\lambda_{abs,i}} \mu_{i,\lambda} I_{\lambda} d\lambda \quad (31-12)$$

## 2-4-أ2 التآلق الثانوي<sup>34</sup>:

يُنتج التآلق الابتدائي لعنصر ما  $Z$  عدده الذري  $Z_i$  تآلقاً ثانوياً للعنصر  $i$ ، الذي عدده الذري هو  $Z_i$  والموجود مع العنصر  $Z$  في نفس العينة إذا كان  $Z_i < Z_j$ . فمثلاً إذا كانت العينة تحتوي على عنصرين  $A$  و  $B$  بحيث كان  $Z_i < Z_j$  وتعرضت هذه العينة لأشعة سينية فإن كلاً من العنصرين  $A$  و  $B$  يطلقان تآلقاً ابتدائياً، ولكن العنصر  $A$  يتعرض مرة أخرى للأشعة الابتدائية المنطلقة من تآلق العنصر  $B$  مطلقاً تآلقاً إضافياً يُعرف بالتآلق الثانوي.

<sup>33</sup> Thin Specimens

يُعطى التآلق الثانوي للعنصر  $i$  وعلى فرض أن  $h=\infty$  بالعلاقة:

$$S_{ij} = \frac{1}{2} q E_i C_i \int_{\lambda_0}^{\lambda_{abs,j}} E_j C_j \mu_{i,\lambda_j} L \frac{\mu_{j,\lambda} d\lambda}{\mu_{S,\lambda} + A \mu_{S,\lambda_i}} \quad (32-12)$$

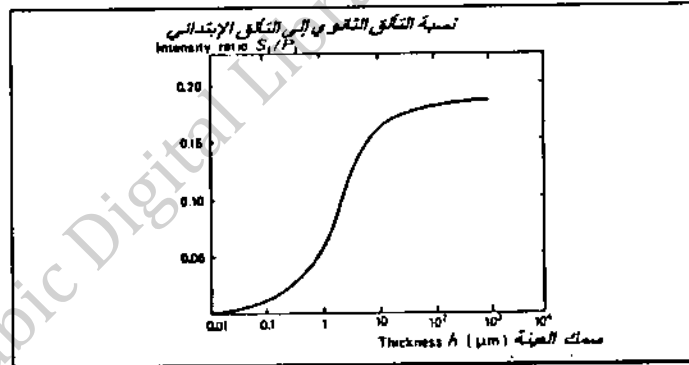
حيثُ :

$$L = \frac{\ln \left( 1 + \frac{\mu_{s,\lambda_j} \sin \psi_1}{\mu_{s,\lambda_j}} \right)}{\mu_{s,\lambda_j} / \sin \psi_1} + \frac{\ln \left( 1 + \frac{\mu_{s,\lambda_i} \sin \psi_2}{\mu_{s,\lambda_j}} \right)}{\mu_{s,\lambda_i} / \sin \psi_2} \quad (33-12)$$

وإذا كان هناك أكثر من عنصر يُسبب التآلق الثانوي للعنصر  $i$  فإن:

$$S_i = \sum_j S_{ij} \quad (34-12)$$

حيثُ :  $S_i$  مجموع التآلق الثانوي الناتج عن كل العناصر التي سببت هذا التآلق.



الشكل (2-14): نسبة التآلق الثانوي إلى التآلق الابتدائي بدلالة السمك لعنصر الكوبالت  $Co$  في عينة تحتوي (50%) كوبالت و (50%) نحاس.

إن نسبة التآلق الثانوي إلى التآلق الابتدائي علاقة على سمك العينة، حيث تبدأ النسبة

بالصفر وتزداد حتى تصل إلى قيمة ثابتة وعلى فترة قصيرة من  $h$ ، انظر الشكل (2-14). من

هذه العلاقة يُمكن استنتاج أن التآلق الثانوي يصبح مهماً للعينات الرقيقة جداً (Thin Films)

التي يصل سمكها إلى بضع مئات من الأنجسترومات كحد أعلى.

## أ2-4-3 التآلق الثالثي<sup>35</sup>

حتى ينتج هذا التآلق يجب أن تحتوي العينة على ثلاثة عناصر على الأقل. لنفرض أن لدينا عينة مكونة من ثلاثة عناصر  $i$ ،  $j$  و  $k$  والعنصر  $i$  له أقل عدد ذري، والعدد الذري للعنصر  $k$  أكبر من العدد الذري للعنصر  $j$ . إذا افترضنا أن الإشعاع الابتدائي للعنصر  $k$  قسام بتهييج العنصر  $j$  لينتج تآلقاً ثانوياً، فإن التآلق الإضافي للعنصر  $i$  الناتج عن التآلق الثانوي للعنصر  $j$  يُدعى بالتآلق الثالثي للعنصر  $i$ .

ومن الجدير ذكره أن التآلق الثانوي يمكن أن يساهم بحوالي 50% من الانبعاث الحاصل في حدوده العليا، ويُهمل التآلق الثالثي عادةً حيث أن أقصى مساهمة له لا تتعدى ما نسبته 2-3% من الانبعاث الكلي. [6]

تعتمد شدة التآلق على مجموعتين من العوامل:

1. عوامل تتعلق بالعينة نفسها: كتركيز العناصر الداخلة في تركيب العينة، ومعاملات الامتصاص لهذه العناصر.

2. عوامل تتعلق بالقياس: المعاملات  $(\Psi_1, \Psi_2)$  و  $q$  والتوزيع الابتدائي للإشعاع  $I_{\lambda} d\lambda$ .

## أ2-5 تأثير ما بين العناصر Interelement Effect

عند التركيز على تحليل عنصر معين في العينة، فإن نوعية العناصر الأخرى وتركيزها في العينة تلعب دوراً مهماً في التأثير على شدة خطوط طيف العنصر المعني، ويُعرف هذا التأثير باسم تأثير ما بين العناصر، والتي تشمل ظواهر الامتصاص<sup>36</sup>، والتعزيز<sup>37</sup>، وتأثير العنصر الثالث<sup>38</sup>.

<sup>35</sup> Tertiary Fluorescence  
<sup>36</sup> Absorption

لنعتبر عينة تحتوي على ثلاثة عناصر هي  $A_1$ ،  $A_2$  و  $A_3$  أعدادها الذرية هي على التوالي  $Z_1$ ،  $Z_2$  و  $Z_3$  بحيث كان  $Z_1 > Z_2 > Z_3$ . إن وجود العنصرين  $A_2$  و  $A_3$  مع العنصر  $A_1$  له تأثير على امتصاص جزء من التآلق الابتدائي الناتج من العنصر  $A_1$ ، وهذا التأثير يُسمى بتأثير الامتصاص<sup>37</sup>، ويعتبر هذا التأثير المساهم الأكبر في تأثير ما بين العناصر. كذلك فإن التآلق الناتج من العنصر  $A_3$  يتأثر بوجود العنصرين  $A_1$ ،  $A_2$  في العينة، حيث يساهم التآلق الناتج من هذه العناصر بتهييج العنصر  $A_3$  لينتج تآلقاً إضافياً، ويُسمى هذا التأثير بالتأثير التعزيزي.

هناك تأثير آخر في العينات المحتوية على أكثر من عنصرين يُسمى بتأثير العنصر الثالث ناتج عن تأثير الامتصاص والتعزيز على العنصر المُحلّل. التآلق الناتج عن العنصر  $A_2$  سوف يحدث له امتصاص من قبل العنصر  $A_3$  وبالمقابل يساهم التآلق الناتج من العنصر  $A_1$  في تعزيز تآلق العنصر  $A_2$ .

## 12-6 تحليل الأشعة السينية المتألفة:

هناك نوعان شائعان من طرق التحليل المستخدمة في قياس أو حساب الإشعاع المتآلق:

أ. تآلق الأشعة السينية المُفرّق للأطوال الموجية (WDXRF)<sup>40</sup>:

يتم في هذه الطريقة التعرف على مكونات العينة من خلال فصل خطوط طيف الأشعة المتألفة بواسطة بلورات الحيود اعتماداً على أطوالها الموجية حيث يتم تحديد هوية كل عنصر

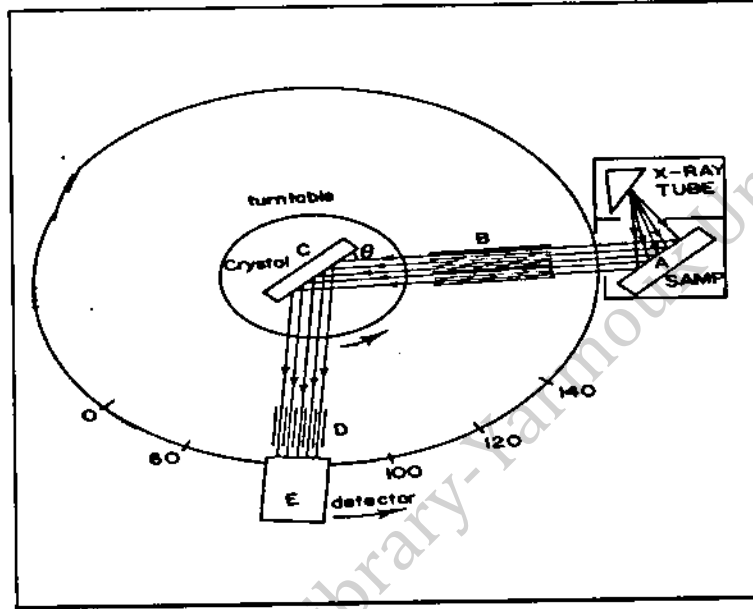
<sup>37</sup> Enhancement Effect

<sup>38</sup> Third Element Effect

<sup>39</sup> Absorption Effect

<sup>40</sup> Wave Length Dispersive X-ray Fluorescence (WDXRF)

من خلال الطول الموجي الممثل له حسب قانون براغ ( $n\lambda = 2d \sin\theta$ ) ويُبين الشكل (15-12) المطياف المُفرّق للأطوال الموجية.



الشكل (15-12): المطياف المُفرّق للأطوال الموجية

ب- تألق الأشعة السينية المُفرّق للطاقة (EDXRF) <sup>41</sup>:

يتم في هذه الطريقة التعرف على مكونات العينة من خلال طيف الطاقة للأشعة السينية المتألق، وتستخدم في هذه الطريقة كواشف الحالة الصلبة ذات القدرة العالية على التمييز بين طاقات فوتونات الأشعة السينية، ومن أشهر مكاشيف الحالة الصلبة مكشاف السيليكون المتألق بالليثيوم <sup>42</sup> وسيأتي شرح مكاشيف الحالة الصلبة في الفصل الثالث إن شاء الله.

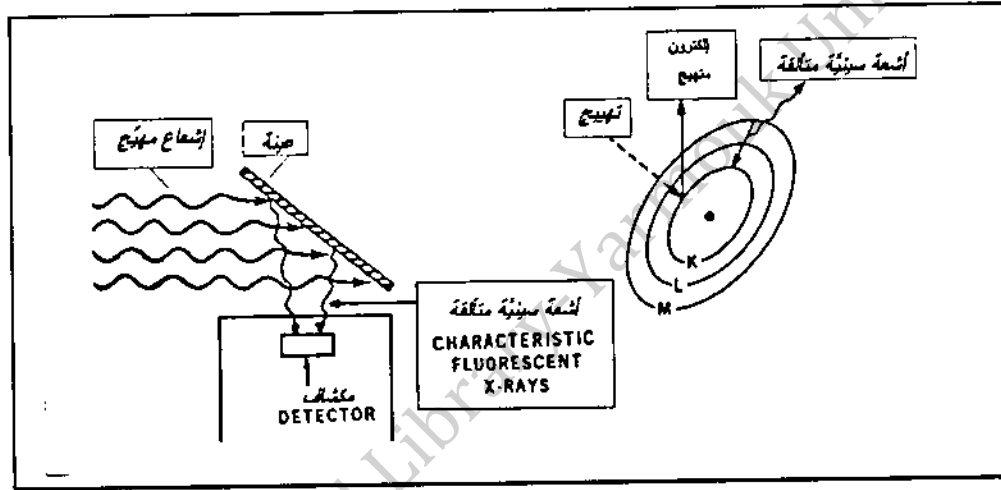
يُبين الشكل (16-12) الأجزاء الرئيسة للمطياف المُفرّق للطاقة، حيث يُسلط الإشعاع المهيج على العينة مسبباً انبعاث الإشعاع المتألق والمميز لذرات العناصر الداخلة في العينة. بعد ذلك يسقط الفوتون المتألق على المكشاف ويتحول طاقته إلى نبضة جهد كهربائية تتناسب مع

<sup>41</sup> Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDXRF)

<sup>42</sup> المعروف باسم Si (Li) Detector



طاقة الفوتون المتألق. تتجه هذه النبضة إلى محلل النبضات متعدد القنوات<sup>43</sup> (MCA) حيثُ يعمل على فصل هذه النبضات ووضع كل نبضة في قناة معينة تعتمد على طاقة هذه النبضة، بعد ذلك يقوم الحاسوب بجمع هذه النبضات بكل قناة وتوليد طيف الطاقة للأشعة السينية المميزة المنبعثة من العينة، ويعرض هذا الطيف على شاشة الحاسوب.



الشكل (2-16): المطياف المفرق للطاقة

من أهم ميزات التحليل باستخدام تألق الأشعة السينية المفرق للطاقة إمكانية الكشف اللحظي عن جميع الخطوط المميزة الناتجة عن معظم عناصر العينة، والميزة الأخرى في (EDXRF) هي عدم وجود بلورة تحليل وبالتالي ليس هناك داع لتحريك الكاشف مما يسهل عملية الكشف، وهي ليست الحالة في (WDXRF).

<sup>43</sup> Multi Channel pulse height Analyzer

## الجزء الثاني: السرطان

### 2-ب-1 تمهيد:

نظريات وفرضيات عديدة ظهرت في العالم يمكن استقاؤها بالمئات والآلاف تدور وتسعى لتفسير مسببات الورم الخبيث (السرطان)، بعضها وصل لمرحلة اليقين وأضحى حتمية علمية، وبعضها لا يزال يدور حوله النقاش. يناقش هذا الجزء مجموعة من المواضيع الأساسية والضرورية لتوضيح مفهوم السرطان، كما ويتطرق إلى بعض النظريات والفرضيات التي حاولت تفسير مسببات هذا الورم الخبيث، يناقش هذا الفصل كذلك سرطان القولون (موضوع البحث)، أسبابه وأعراضه.

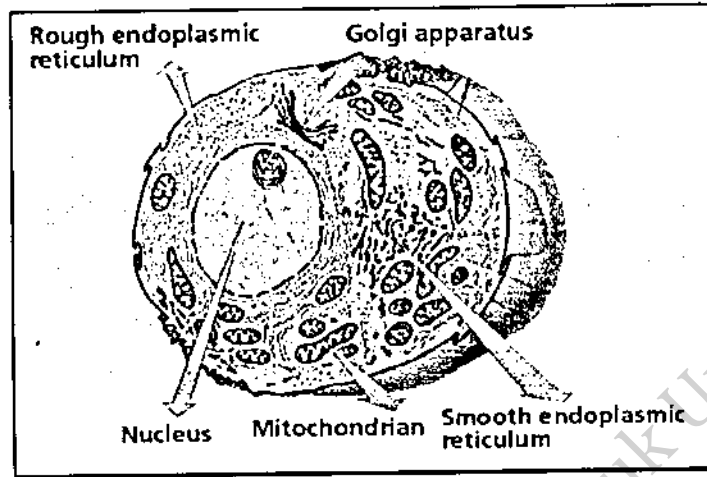
### 2-ب-2 الخلية<sup>45</sup> [1، 2، 3]

يتألف جسم الإنسان من وحدات تركيبية وظيفية صغيرة تسمى الخلايا (Cells) لها القدرة على القيام بجميع النشاطات الحيوية التي تتفرد بها الكائنات الحية عن الجمادات وذلك بفضل المادة الحية المسماة بالبروتوبلازم.

البروتوبلازم مادة حية كيميائية يتوافر فيها الشرطان الأساسيان للحياة وهما:

- القدرة على القيام بعملية الأيض<sup>46</sup> التي تتضمن عمليتي الهدم والبناء وما يترتب على ذلك من نشاطات حيوية أخرى كالحركة والإخراج والتكاثر.
- القدرة على الاستمرارية الذاتية<sup>47</sup> وذلك من خلال القيام بصنع مثيلها لاستمرارية الحياة وبقائها.

<sup>45</sup> The cell



الشكل (2ب-1): الخلية الحية

يدخل في تركيب البروتوبلازم حوالي (35) عنصرا ويمكن تقسيم هذه العناصر كما يلي:

1. العناصر الأربعة الكبرى الأساسية للحياة، وهي عناصر موجودة في جميع بروتوبلازم

الكائنات الحية بما فيها الإنسان وتشكل حوالي 96.6% من وزن الخلايا، وهذه العناصر

هي الأكسجين والكربون والهيدروجين والنيتروجين. ويعتبر عنصر الكربون من أهم

العناصر الأربعة لأنه يتصف بصفات كيميائية تساعده في تكوين الجزيئات والمركبات

المعقدة الموجودة في البروتوبلازم، ونسبة وجود هذه العناصر في البروتوبلازم كما يلي:

العنصر	الأكسجين (O)	الكربون (C)	الهيدروجين (H)	النيتروجين (N)
النسبة %	63	20.2	9.9	2.5

2. العناصر الأساسية: وتوجد في معظم بروتوبلازم الكائنات الحية، ويبلغ عددها ثلاثة عشر

(13) عنصرا تشكل أقل من 4% من وزن البروتوبلازم، وهذه العناصر هي:

العنصر	صوديوم	مغنيسيوم	فسفور	كبريت	كلور	بوتاسيوم	كالسيوم	حديد
النسبة %	0.10	0.07	1.14	0.14	0.16	0.11	2.50	0.01

Metabolism <sup>46</sup>

Self-perpetuation <sup>47</sup>

وتحتوي هذه المجموعة عناصر نادرة (منغنيز وكوبالت ونيكل وزنك) بنسبة (0.76%).

3. **عناصر نادرة:** وهي عناصر توجد في كائنات حية مختلفة وبتراكيز أقل من (0.001%)

وتتضمن عناصر الفناديوم (V) والموليبدونوم (Mo) الليثيوم (Li) والفلور (F) والسيليكون (Si) والزرنيخ (As) والبروم (Br) والتصدير (Sn) واليود (I) والباريوم (Ba).

تكون العناصر السابقة وبخاصة الكبرى والأساسية الداخلة في تركيب البروتوبلازم ما

يسمى بالمركبات<sup>48</sup>، ويتكون البروتوبلازم من المركبات التالية:

□ **المركبات غير العضوية:** وتضم الماء وهو العنصر الأساسي للحياة، فلا حياة من دون ماء، قال تعالى: "وجعلنا من الماء كل شيء حي" - سورة الأنبياء (آية 30). يشكل الماء بوجه عام حوالي (60-85%) من كتلة معظم أنواع الخلايا، وفي الإنسان يشكل الماء حوالي (60-70%) من برتوبلازم الخلايا. وتضم المركبات غير العضوية أيضا الأملاح المعدنية، والحوامض والقواعد وثاني أكسيد الكربون.

□ **المركبات العضوية:** وتضم المركبات الكربوهيدراتية والدهون والبروتينات والأحماض النووية.

تتألف الخلية من ثلاثة أجزاء رئيسية هي: الغشاء الخلوي، والهيولي (السييتوبلازم)،

والنواة.

- **الغشاء الخلوي:** غشاء رقيق يحيط ببعضيات الخلية، سمكه 100 أنجستروم ويتألف من الدهون والبروتينات والكربوهيدرات ويعطي الخلية شكلها ويحدد المساحات والحدود داخل وخارج الخلية.

- الهيليولي<sup>49</sup>: وهي المادة الحية داخل الخلية وهي لزجة وتحتوي على العضيات الداخلية: الميتوكوندريا (Mitochondrian)، الجسيمات الحالة (Lysosomes)، جهاز جولجي (Golgi apparatus)، الشبكة الداخلية (Endoplasmic reticulum) والرايبوزومات (Ribisomes).

- النواة : تحتوي كل خلية على نواة أو أكثر توجد وسط السيتوبلازم وهي تحتوي على ثلاثة عناصر: النوية، الحبيبات الضابطة، والسائل النووي.

## 2ب-3 الخلية السرطانية

يحتوي جسم الإنسان على ملايين الخلايا معظمها في نمو مستمر وتتقسم فيه هذه الخلايا لتنتج خلايا جديدة تنمو بدورها وتتكاثر. تحتوي الخلية الحية على مجموعة من الجزيئات والتي من ضمن مسؤولياتها توفير الطاقة والتحكم في الوراثة والصيانة والتركيب والقيام بوظائف أخرى متخصصة في الخلية. وتوجه كل هذه العمليات آلية تحكم طبيعي يدب فيها الخل أحيانا لأسباب لم يتوصل لها الباحثون بعد. ومن أنواع هذا الخل أو التمرد الذي يصيب الخلايا ما يعرف بالسرطان.

يعتقد أن الخلايا السرطانية تبدأ بتغير يصيب الـ (DNA) وهذا التغير قد يكون بتأثير عوامل بيئية أو قد يكون نتيجة خطأ ما حدث أثناء انقسام الخلية، ويصبح انقسامها بطريقة غير مسيطر عليها، وهذا يجعلها تبدو مختلفة في الشكل والحجم والتركيب الداخلي. يلاحظ على هذه الخلايا السرطانية أنها تنمو بسرعة وتغزو الأنسجة المحيطة ولها نمو إنبثائي. [1, 2]

<sup>48</sup> Compounds

<sup>49</sup> Cytoplasm

عند انقسام الخلية السرطانية فإن جميع الصفات الشاذة تورث للخلايا الجديدة<sup>50</sup> الناتجة عن الانقسام. وتشمل صفات الخلية السرطانية تغيرات في الحجم والنواة والسييتوبلازم ومن هذه التغيرات:

- ازدياد حجم الخلية وقد تصل من 2-20 مرة للحجم الطبيعي للخلية.
  - الاختلاف في أحجام الخلايا لنفس الورم (حجوم صغيرة، وكبيرة، وطبيعية) وهذا ما يسمى بالتباين الخلوي<sup>51</sup>.
  - تبدو النواة غير منتظمة.
  - تبدلات في شكل الكروموسوم، إذ أنها قد تتجزأ أو قد تلتصق ببعضها البعض أو تتوضع بشكل حلقي.
  - الغشاء الخلوي يصبح أكثر وضوحاً وتشاهد سماكة فيه.
- تعتبر الخلية السرطانية خلية فنية ونشطة حيث يلاحظ داخل هذه الخلايا:
- ازدياد في استهلاك الماء والبوتاسيوم.
  - نقص استهلاك المغنيسيوم والحديد.
  - ازدياد في تصنيع البروتين.
  - ازدياد في إنتاج الـ (DNA) والـ (RNA) . [21]

<sup>50</sup> Daughter cells

<sup>51</sup> Anizocytosis

## الانبثاث<sup>52</sup> [2]

الانبثاث هي العملية التي يتم فيها انسلال الخلايا السرطانية الخبيثة من مكان توضعها في الجسم إلى جدول الدم الجاري في كل أنحاء الجسم أو في قنوات الليمف<sup>53</sup>. وتنتبث هذه الخلايا السرطانية في كل أنحاء الجسم وفي كل مكان يصل إليه الدم. ويستمر الانبثاث السرطاني متوغلا ومنتشرا في أنحاء شتى من الجسم ليهلك أعضائه ومراكزه الحيوية الأخرى السليمة إلى أن يهلك المريض تماما.

هناك عوامل كثيرة يمكن أن تزيد من الانبثاث منها: الهرمونات، والإشعاع، والمسרטانات البيئية الأخرى، وهناك عوامل أخرى تقلل من انتشار الورم كالعقاقير المضادة للسرطان، والتي تؤثر مباشرة على خلايا الورم.

## 2ب-4 مقارنة الأنسجة السرطانية بالطبيعية [2]

إن أنسجة السرطان مثل كل الأنسجة الأخرى تمثل مجموعة من الخلايا تنمو من خلية واحدة، ولكن خلايا السرطان يميزها اختلاف ما، ولذا يعتبر السرطان مرضا خاصا بالخلايا وليس بالأعضاء. الخلية السرطانية والخلية الصحيحة العادية كلاهما تتألفان من مجموعة من الذرات، وتتغذيان بهدف التوالد من الأكسجين والمواد الكيميائية الموجودة في الدم. ولا بد من الإشارة هنا إلى أن أجهزة المناعة في الجسم لا تتعرف على النسيج السرطاني، ولا تستطيع تمييزه عن الأنسجة العادية الصحيحة، فلا تهاجمه كما تهاجم البكتيريا والجراثيم، ولا تحاول لفظه كما في حالة زرع الأعضاء (القلب، الكلى، ...)، وسبب هذا العجز يعود إلى التشابه الكبير

Metastasis<sup>52</sup>

Lymph<sup>53</sup>

بين الخلية السرطانية والخلية الصحيحة. من ناحية أخرى يلاحظ أن الخلايا السرطانية تتوالد وتتكاثر وتمتد خلاياها إلى أجهزة الجسم كافة، ذلك أن النظام الذي يوقف أنسجة الجسم عن النمو عند بلوغ سن معينة، لا يتدخل لوقف نمو الأنسجة السرطانية لسبب مازال مجهولاً. غير أن هذا النمو أو التكاثر لا يحصل بإيقاع واحد، فسرعة استئصال السرطان تختلف باختلاف حالاته وأنواعه، فهناك البطيء جداً، وهناك السريع جداً، وهناك الأنواع المتراوحة بين الطرفين. ولكن الثابت هو أن نزوع الخلايا السرطانية إلى النمو والتكاثر هو نزوع أكيد وشامل لا استثناء فيه.

يتكون جسم الإنسان من المئات من أنواع الخلايا المتباينة وكل منها ينمو بمعدل وبطريقة مختلفة، فخلايا الدماغ مثلاً عند من اكتمل نموه ينذر أو قد يستحيل انقسامها ولكن بالمقابل نجد أن هناك خلايا أخرى تنقسم باستمرار مثل خلايا الدم الحمراء. التي تعمر في الإنسان حوالي أربعة أشهر. وهناك خلايا تبقى في العادة ساكنة ولكنها تنقسم وتتكاثر كلما دعت الحاجة لذلك، فعندما يعلن الجسم عن حاجته إلى خلايا جديدة ينتج المزيد منها وخير مثال لهذا ما يحدث عندما نصاب بجرح. أما خلايا السرطان فلا تتجاوب كما ينبغي مع المؤثرات الموجودة في البيئة المحيطة بها كتلك التي تفرزها الخلايا المجاورة والعوامل الخارجية فخلايا السرطان تستمر بالتكاثر دون الاكتراث بهذه المؤثرات.

تمتاز خلايا السرطان بضعف ضوابط نموها، فهي تتجاهل التوجيهات التي تصاع لها الخلايا الطبيعية كالمؤثرات التي تطلقها الهرمونات والكيماويات التي تسري في الجسم، أو تلك التي تنتج عن الالتصاق بخلايا مجاورة. وتغزو خلايا السرطان في بعض الأحيان الأنسجة المجاورة وتربك بنيتها الطبيعية، كما تستطيع هذه الخلايا النمو بين الخلايا الطبيعية لتفصلها عن بعضها، بالإضافة لذلك فإن خلايا السرطان تستطيع الانفصال عن منشأها والانتقال بعيداً عبر الدم أو السائل الليمفاوي لتستقر بمكان آخر وتتمو على شكل أورام ثانوية (الانبثاث) وتمثل



أصعب جانب في علاج السرطان، وذلك لأنه حتى إذا أزيل الورم عن طريق الجراحة أو العلاج بالأشعة المؤينة ، فإن أورام الانبثاث الثانوية تبقى نشطة وتظهر في مكان آخر. وعلى العموم يظل الخطر الرئيسي للسرطان مرتبطا برفض خلاياه التوقف عن النمو.

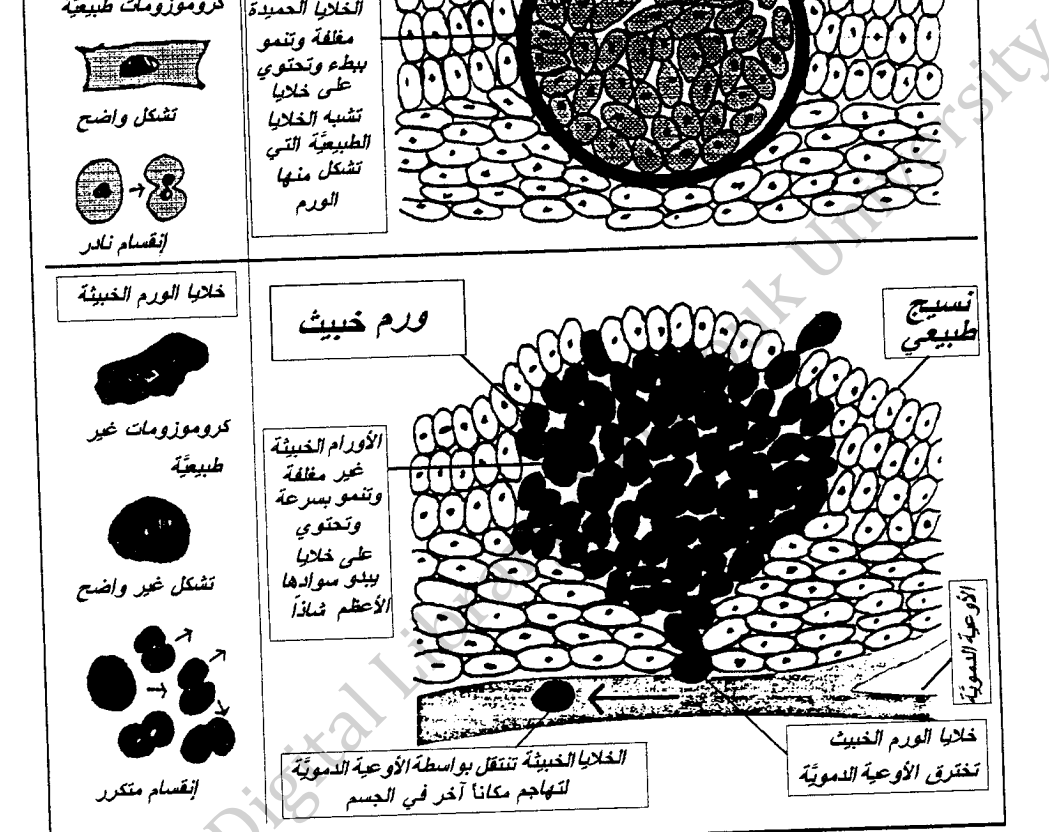
## 2ب-5 تصنيف الأورام: [21, 3, 2]

الورم عبارة عن نمو خلايا جديدة في مكان ما من العضوية الإنسانية، يؤدي لتشكيل كتلة غير طبيعية تشوه النسيج الذي هو فيه. إن أغلب الأورام -إن لم يكن جميعها- لا تظهر من دون سبب بل بتأثير عوامل خارجية محددة في البيئة المحيطة في الدرجة الأولى، وتأثير عوامل داخلية قد تكون حدثت بفعل تأثير عوامل بيئية. تنتشر الأورام عند الحيوان والنبات، وتظهر على أعضاء النبات كردة فعل خارجية بيئية، وإن كان بعض الأورام النباتية وراثيا على رأي بعض العلماء.

يقتصر استعمال عبارة "السرطان" أو الورم الخبيث بشكل عام على المرض الذي نسميه السرطان، أما المصطلح العلمي أو الطبي للمرض فهو النماء<sup>54</sup> وحقيقة يقتصر استعمال لفظ السرطان على النماء الخبيث<sup>55</sup> وتستعمل كلمة الأورام للإشارة إلى أي كتلة أو نمو غير طبيعي في النسيج.

<sup>54</sup> Neoplasm

<sup>55</sup> Malignant Neoplasm



الشكل (2ب-2): مقارنة بين الأورام الحميدة والخبيثة

تشكل الأورام نموا شاذا للخلايا، وتنقسم الأورام إلى مجموعتين حميدة وخبيثة. الأورام الحميدة تنمو ببطء ولا تنتشر غالبا حيث تبقى محصورة داخل غشاء ليفي، والخلايا التي تشكل الورم الحميد تشبه الخلايا الطبيعية التي تشكلت منها. كما أن التشخيص والعلاج السريع للأورام الحميدة يقود عادة للشفاء منها. من ناحية أخرى نجد أن الأورام الخبيثة تنمو بسرعة وتغزو الأنسجة الأخرى ويبقى معظمها غير مغلف. تحتوي هذه الأورام على خلايا شاذة بأحجام وأشكال مختلفة، انظر الشكل (2ب-2) والذي يبين مقارنة بين خلايا الأورام الحميدة وخلايا الأورام الخبيثة. تقسيم الأورام على أساس المظهر في حالات كثيرة غير دقيق، ويعطي صورة

تقريبية فقط للسلوك البيولوجي لهذه الأورام، والخصائص التي يمكن الاعتماد عليها في التعرف على أورام المجموعة الخبيثة تنحصر في خاصية الغزو أو الاجتياح<sup>56</sup> والانبثاث<sup>57</sup>.

#### • ما الذي يحول الخلية العادية إلى سرطانية؟ [3,2]

تفتقر الأفكار والنظريات التي تحاول إيجاد الرد المناسب على هذا السؤال إلى البرهان العلمي القاطع. ذلك أن أحدا لم يتمكن من مشاهدة المجهرية لخلية عادية في طريق التحول إلى خلية سرطانية، ومثل هذه الملاحظة غير عملية لأن الجسم البشري مكون من الملايين من الخلايا. فمن أين يبدأ النظر بالمجهر، وعلى من يبدأ لرؤية الخلية المعنية التي لا يستطيع أحد تعيينها. لكن الشيء الثابت تقريبا هو أن توازن الخلية العادية، وتحديد جيناتها تتأثر بعوامل خارجية فتتحول إلى خلية سرطانية، لكن المجهول هو سبب تأثير هذه العوامل على الخلايا وحقيقة ما يحصل للخلية أثناء عملية تحولها المذكور.

#### 2ب-6 أسباب السرطان. [3,2]

تدور المعركة ضد السرطان على ثلاثة محاور: المعالجة، الوقاية، واكتشاف أصل السداء. والمحور الثالث يهدف في غايته إلى كشف أسرار هذا المرض ونقاط ضعفه، لنتمكن من الانتصار عليه، وتسهيل تحقيق الشقين الأوليين: أي المعالجة والوقاية.

بعد اصطدام محاولة اكتشاف أصل السرطان من الوجهة العلمية بجدار الفشل النسبي، لجأ العلماء إلى الوسيلة الإحصائية. فراحوا يدرسون نسب الإصابة في المجتمعات المختلفة، وفي الطبقات المختلفة المتنوعة ضمن المجتمع الواحد، علمهم يستطيعون تحديد سبب كل نوع من أنواع

<sup>56</sup> Invasion  
<sup>57</sup> Metastasis

السرطان، كأن يجزم مرة أن التدخين في مجتمع ما يؤدي إلى سرطان الرئة، بينما تفضي زيادة استهلاك أطعمة معينة في مجتمع آخر إلى الإصابة بسرطان المعدة أو المعى.

من أبرز الأمثلة على وسيلة اعتماد الإحصاءات ظاهرة التدخين وعلاقتها بسرطان الرئة. فمثلا تشير السجلات البريطانية أن العلماء البريطانيين انقادوا إلى عقد مقابلة بين ارتفاع معدل التدخين، وارتفاع نسبة سرطان الرئة في بلادهم. وهكذا بدأ إجراء الحسابات على المرضى المصابين بهذا الداء مع الأخذ في الاعتبار عوامل السن والجنس وتوزع الانتماء الجغرافي فسي المدن والريف، فتبين أن معظم المصابين هم من المدخنين. لكن هذه النتيجة فقدت الكثير من أهميتها بعدما قوبلت بأرقام المدخنين عموما، التي تشير إلى أن تسعة من كل عشرة بريطانيين مصابين هم من المدخنين. فاضطر العلماء إلى الغوص في تفاصيل أكثر، من حيث الوقوف على عادات التدخين التي تشمل أنواع التبغ (سجائر، غليون، ...)، وكثافة التدخين، وطريقة التدخين (تنشق أو مجرد تنفيخ)، والسن التي بدأ فيها التدخين. عندها تأكد أنه من أصل 1357 مصابا بالسرطان كان هناك 7 فقط من غير المدخنين، وتجدر الإشارة هنا أن غير المدخن هو من كان يدخن أقل من سيجارة في اليوم الواحد على امتداد عام كامل، فتدخين سيجارة كاملة يوميا يجعلك من المدخنين. وتبين عجبا أن لا فارق البتة بين من يدخن بتنشق الدخان ومن يكتفي بالتنفيخ أو ينفث الدخان دون إدخاله إلى رئتيه. ويقول العلماء كذلك أن علاقة التدخين بسرطان الرئة علاقة كمية، فكلما ارتفع عدد السجائر المدخنة زاد الخطر وحل سرطان الرئة بسرعة على المدخن.

## 2ب-7 تاريخ السرطان:

هل السرطان مرض العصر أم أنه قديم قدم الإنسان ؟. [2,3,17]

الأورام قديمة قدم الإنسان، كتب عنها حكماء من مختلف أنحاء العالم القديم، وكان قدماء المصريين من أوائل من تنبه إلى سرطان الإنسان، وجاء في ورقة بردى إشارة واضحة إلى ورم إنساني خبيث. كما كشف تشريح عدد من المومياء إلى وجود إصابات بسرطان العظام بالإضافة إلى أورام سرطانية أخرى. كما أن بعض الكتب الهندية التي يعود تاريخها إلى 1500 سنة قبل الميلاد أشارت ليس فقط إلى وصف الأمراض بل لعلاجها بمادة القطران، وفي المخطوطات الصينية القديمة حديث حول تصنيف بعض الأورام ومسبباتها. أما الطب العربي الإسلامي فقد كان له دور بارز في محاولة تفسير هذا المرض وكيفية التعامل معه، فقد جاء في كتاب (قانون الطب) لابن سينا "بأن من الضروري أن تمنع إصابة الإنسان بهذا المرض وهو في مرحلته الأولى" واليوم تعتبر هذه المقولة أهم قواعد التشخيص المبكر. في القرن التاسع عشر عرضت نظريات لتفسير أصل السرطان وانتشاره ويمكن حصر هذه النظريات في ثلاث نظريات:

1. **نظرية السرطان التهيجي**<sup>58</sup>: تضم هذه النظرية ما هو معروف عن المواد الكيميائية

والإشعاع كمسببات للأمراض. [2]

2. **نظرية السرطان الجنيني**: ترجع هذه النظرية إلى الباحث كونهيم. وتقول هذه الفرضية بأن

السرطان ينشأ من خلايا أولية تبدأ مع الجنين وتبقى حية في الكبار. [2]

<sup>58</sup> Irritation Theory

3. نظرية السرطان المعدي<sup>59</sup>: تعتبر هذه النظرية أن السرطان مرض معد. وقد وجدت هذه

النظرية رواجاً علمياً واسعاً عند ظهورها في القرن التاسع عشر. [2]

## 2ب- 8 تكون السرطان [3,2]

الاستتار أو الكمون<sup>60</sup> من خواص تكون السرطان في الحيوانات طول المدة بين بدء الإصابة وظهور الورم. وقد أشار عدد من العاملين في هذا الحقل إلى إمكانية تقسيم تكون السرطان إلى مرحلتين على الأقل وهما:

- مرحلة الاستهلال أو بدء الإصابة بوضع الأذى مباشرة على الخلايا، ويصعب عادة عكس

مرحلة الاستهلال أو إرجاع العضو إلى حالته الطبيعية. [2]

- مرحلة تعزيز الإصابة بواسطة عامل سرطاني مساعد.

تدل التجارب على أن المواد المسرطنة قد لا تقود أوتوماتيكياً إلى الورم ما لم يلي ذلك استعمال عامل سرطاني مساعد وحتى إذا تأجل استعمال العامل المساعد لفترة، وتدل التجارب على أن عوامل كثيرة موجودة في البيئة (هي نفسها غير سرطانية) يمكن أن تعزز إصابات السرطان التي تنشأ عوامل أخرى مثل الإشعاع والمواد الكيميائية. إن الآلية التي تفسر تأثير العوامل السرطانية المساعدة لم تتبلور بعد، ولكن العلماء يعتقدون أن انقسام الخلية يلعب دوراً رئيساً.

مما سبق نستنتج أنه من الممكن تلاقي العديد من أمراض السرطان وربما معظمها إذا أمكن تجنب العوامل التي ترتبط بالسرطان بشكل أو بآخر كالتدخين، أو التعرض للمركبات

<sup>59</sup> Infectious Hypothesis

<sup>60</sup> Latency

المسرطنة التي يشتبه بارتباطها بالسرطان، أو التعرض للأشعة، وبعض أنواع الأغذية وخاصة المصنعة منها حيث راجت عملية إدخال المواد الصناعية ومختلف النكهات لتطبيب أنواع الطعام وتلوينها بشكل يغري المستهلك. ولم تكتمل الدراسات المتعلقة بخطورة المواد الصناعية على حياة الإنسان بعد، ولكن لا يخفى على أحد أن هذه المواد تسبب السرطان (مسرطنة).

## 2ب-9 النظرية الجديدة: الأنكوجينات،

### السرطان مرض نائم في كل جسم من المسؤول عن إيقاظه؟! [3]

قبل سنوات تم اكتشاف جينات خاصة بالسرطان<sup>61</sup> أو الأنكوجينات<sup>62</sup>. وهذه الجينات السرطانية على ما يبدو أنها جزء طبيعي من المادة الوراثية الأساسية اللازمة لنمو الخلايا، فهي ليست جينات غريبة عن الخلايا كأن تكون غزتها من الخارج مثلا، ولكنها صورة متحولة أو متغيرة من الجينات الطبيعية الموجودة بشكل طبيعي في الخلايا. ولكنها خاملة أو كامنة لا تستطيع أن تخرج من حالتها إلا إذا تمت إثارتها بواحد أو أكثر من المسببات السرطانية. ويجمع العلماء على أن طبيعة هذه المسببات غير معروفة على وجه التحديد، ولكن هناك ثلاث طوائف منها قد تكون سببا في هذا التحويل الذي يصيب الخلايا الطبيعية: الطائفة الأولى وتضم عددا صغيرا من أنواع الفيروسات مثل الفيروس المسبب لسرطان الدم (لوكيميا)، وتم عزل هذا الفيروس في جامعة (ديوك) الأمريكية [3]. والطائفة الثانية من المسببات بعض المواد الكيميائية التي يتعرض لها الإنسان في بيئته مثل دخان السجائر ومعظم المواد الكيميائية، فالتعرض لهذه المواد قد يتسبب في إحداث خلل في قدرة الجسم على ضبط نشاط خلاياه الطبيعي. أما الطائفة

<sup>61</sup> Cancers Genes

<sup>62</sup> Oncogenes

الثالثة فهي الإشعاعات التي يتعرض لها الإنسان في حياته مثل الأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية.

السرطان ليس نوعا واحدا، لذلك يعتقد أن لكل نوع من أنواعه جينات سرطانية خاصة به، وهذا ما أكدته بعض النتائج التي أثبتت أن هوية جينات سرطان الثدي مختلفة عن سرطان المثانة أو عن سرطان الرئة.

#### • والسؤال، لماذا لكل نوع من أنواع السرطان (أنكوجينات) خاصة به؟ [2, 3]

إن منشأ خلايا جسم الإنسان واحد، وكلها كانت متشابهة أصلا في المرحلة الجنينية، ولكن مع النمو يحدث تشكيل وتمييز لهذه الخلايا بحيث أن بعضها يكون نسيج الكبد مثلاً، والبعض الآخر يكون نسيج القلب أو الدماغ، وهكذا. عندما تتحدد هوية الخلية، فإن العملية التنظيمية التي تقوم بها (الجينات) الموجودة بداخلها سوف تختلف لاختلاف نوع الخلية\*. وعلى ذلك فإن إشارة الجينات الموجودة في الكبد مثلاً سوف يترتب عليها الإصابة بسرطان الكبد، وليس الإصابة بسرطان الرئة، وهكذا.

#### 2ب-10 هل بدأت هزيمة السرطان؟! [3]

عن هذا السؤال أجاب البروفسور (توبيانا) وهو أحد أشهر أطباء السرطان الفرنسيين: "من السابق لأوانه الحديث عن انتصار حاسم على السرطان، لكن إنجازات كبيرة تم تحقيقها، من ذلك اكتشاف مكونات الورم "الأنكوجينات (Oncogenes)" أو الجينات المتحكمة المرض

---

\* قبل تكون الأعضاء في الجنين تنتظم الخلايا في ثلاث طبقات هي: طبقة المصغرة انظاهرة حيث تكون الجلد والنسيج العصبي، طبقة المصغرة الوسطى وتكون العظام والعضلات والغضروف ما اتصل به من أنسجة، والطبقة الداخلية وتشكل الجهاز الهضمي والأعضاء المتصلة به.



وخصائصه. لقد بدأنا اليوم نفهم فعليا صيرورة تكون السرطان، أي بمعنى آخر كيفية تحول خلية عادية إلى خلية سرطانية ... هذا يعتبر تقدما كبيرا، لأننا حتى الآن لم نكن نستطيع أن نعالج إلا آثار السرطان لا أسبابه نفسها. غير أنه سيكون بإمكاننا من الآن فصاعدا أن نتصدى لأسباب السرطان ونأمل أن نتمكن خلال السنوات القادمة من أن نكسر آلية تكون السرطان". [3]

## 2ب-11 سرطان القولون.

يصيب هذا المرض الأمعاء الغليظة، ويصيب الجنسين على حد سواء ولكن هناك فروقا بسيطة بينهما من حيث أماكن تواضع المرض في أجزاء من المعى الغليظ. ولقد لوحظ لدى بعض الأسر ميل للإصابة بسرطان القولون في عمر يتراوح ما بين 40-50 سنة، بينما تكون الإصابة في معظم الحالات في عمر الستين أو السبعين عادة. إن تعيين سبب المرض يظل تحديا قائما إلى الآن، أهو عوامل جينية أم غذائية أم بيئية، وربما يكون هناك عوامل أخرى لم تعرف بعد تلعب دورا مساعدا في ظهور المرض؟! [3, 21]

## 2ب-11-1 الجهاز الهضمي [12, 14, 15, 16].

يتألف الجهاز الهضمي<sup>63</sup> في جسم الإنسان من القناة الهضمية ومن الغدد الملحقة بها، الشكل (2ب-3). وتتكون القناة الهضمية من الفم ومحتوياته والبلعوم<sup>64</sup> والمرئ<sup>65</sup> والمعدة<sup>66</sup>،

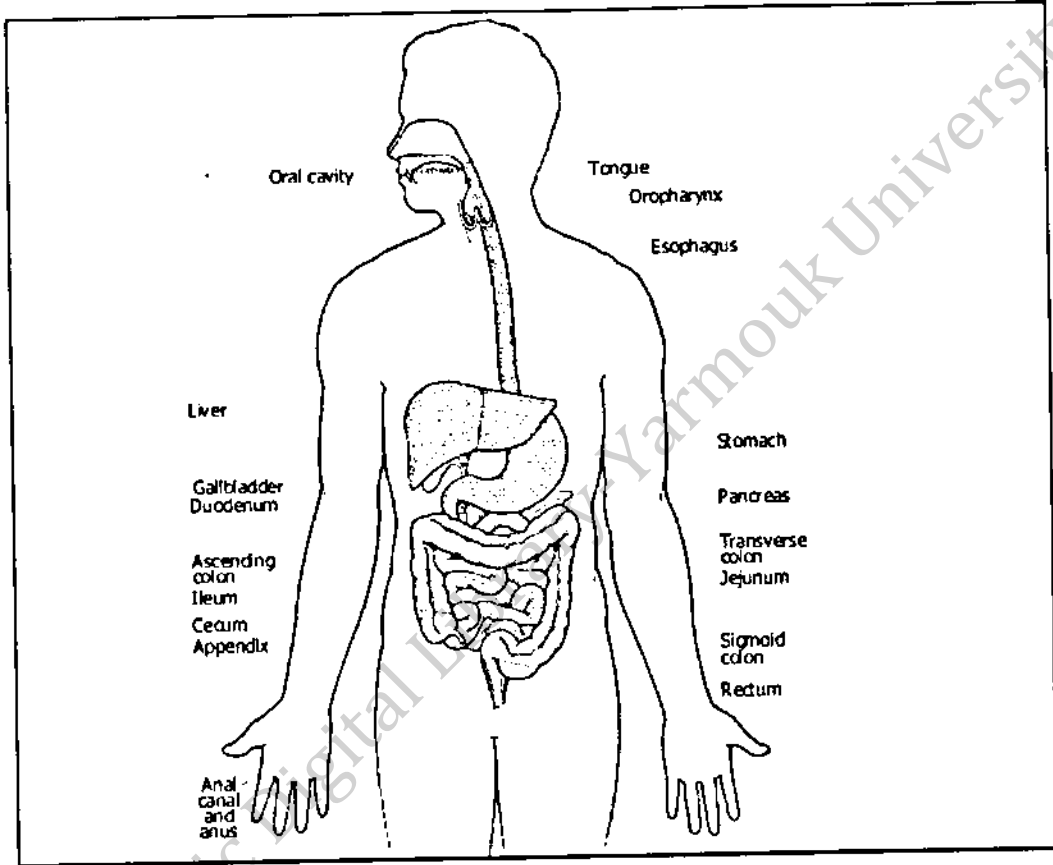
<sup>63</sup> The Digestive System

<sup>64</sup> Pharynx

<sup>65</sup> Esophagus

<sup>66</sup> Stomach

والأمعاء الدقيقة، والأمعاء الغليظة<sup>67</sup>. وتتكون الغدد الملحقة من الغدد اللعابية والكبد<sup>68</sup> والبنكرياس.



الشكل (2ب-3): الجهاز الهضمي

يمكن إجمال وظائف الجهاز الهضمي بما يلي:

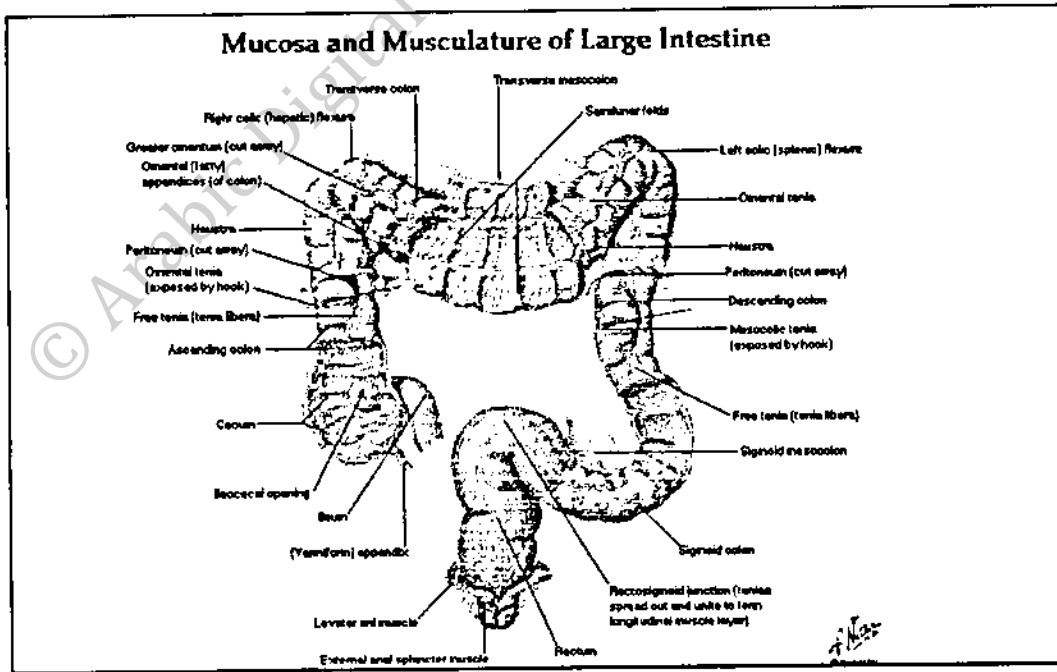
- مضغ الطعام وتقطيعه وذلك بوساطة الأسنان الموجودة في الفم ومساعدة اللسان الذي يعمل على تحريك اللقمة وتقليبها، ويعمل اللعاب على ترطيبها لتسهيل عملية التقطيع والهرس.
- تحريك ومزج الطعام وذلك من أجل دفعه للأمام باتجاه الأمعاء فالشرح، ومن أجل تعريض جميع أجزائه لأنزيمات العصارات الهاضمة.

<sup>67</sup> Large intestine

- هضم الطعام وذلك بتأثير العصارات الهضمية التي تحتوي على أنزيمات كثيرة متنوعة.
- امتصاص المواد الغذائية الذي يبدأ في الفم بالنسبة للسكريات الأحادية، ولكن عملية الامتصاص الحقيقية تتم في الأمعاء الدقيقة بفضل الخملات الكثيرة والانتشاءات على السطح المخاطي للأمعاء لتزيد من مساحة السطح المعرض للامتصاص.

## 2-11-2 ب- الأمعاء الغليظة:

الأمعاء الغليظة أنبوبة عضلية "قناة واسعة" يبلغ طولها حوالي (150 Cm)، وهي غير مبطنة بالخملات وتفرز موادًا مخاطية لتسهيل مرور الطعام، حيث تجتاز بقايا الطعام فيها المرحلة الأخيرة، حيث يقوم المستقيم وهو أحد أجزاء الأمعاء الغليظة بدفع الفضلات باتجاه فتحة الشرج التي تحاط بعضلات حلقة قوية ومن ثم تدفع للخارج.



الشكل (2-4): الأمعاء الغليظة

تتكون الأمعاء الغليظة من ثلاثة أجزاء رئيسة هي:

□ الأعور<sup>69</sup> : وهو كيس عضلي قصير وسميك طوله حوالي 6 cm يوجد تحت نقطة اتصال الأمعاء الدقيقة بالغليظة وتتصل به الزائدة الدودية<sup>70</sup>. الزائدة الدودية زائدة رفيعة تقع في الجهة اليمنى السفلى من التجويف البطني وطولها حوالي 12 cm، وتعتبر في الإنسان عضواً أثرياً لا وظيفة لها، تلتهب أحياناً وتزال، وهي مع الأعور لها أهمية كبيرة في هضم الغذاء وبخاصة عند الحيوانات آكلة العشب.

□ القولون<sup>71</sup>: يمتد القولون في البطن على شكل حرف n ، حيث يبدأ بالأعور ويمتد إلى أعلى في التجويف البطني فيما يسمى بالقولون الصاعد<sup>72</sup> حتى يصل إلى نقطة تحت الكبد<sup>73</sup> تسمى الانحراف الأيمن<sup>74</sup>. بعد ذلك ينحرف القولون باتجاه اليسار ويمتد بشكل عرضي في التجويف البطني حتى يصل إلى نقطة تقع تحت الطحال مباشرة في الجزء العلوي الأيسر من التجويف البطني ويسمى بالقولون المستعرض<sup>75</sup>. بعد ذلك ينحرف القولون للأسفل ويسمى بالقولون النازل<sup>76</sup>. ويمتد القولون النازل حتى يصل إلى نقطة في الجزء السفلي الأيسر من التجويف البطني حيث يأخذ القولون شكل الحرف S ويسمى بالقولون السيني أو الحوضي<sup>77</sup>.

<sup>69</sup> Cecum

<sup>70</sup> Vermiform Appendix

<sup>71</sup> Colon

<sup>72</sup> Ascending Colon

<sup>73</sup> Liver

<sup>74</sup> Right Flexure

<sup>75</sup> Transverse Colon

<sup>76</sup> Descending Colon

<sup>77</sup> Sigmoid Colon

□ المستقيم<sup>78</sup>: وهو الجزء الأخير من الأمعاء الغليظة ويبلغ طوله حوالي 13 cm فيه تتجمع الفضلات وتتغفن استعدادا لطردها خارج الجسم على شكل براز<sup>79</sup> من فتحة الشرج<sup>80</sup>. أنظر الشكل (2ب-4) والذي يبين أهم أجزاء الأمعاء الغليظة.

من أهم وظائف الأمعاء الغليظة امتصاص الماء والغازات وبعض الأملاح والفيتامينات، يمكن للطعام أن يمكث في الأمعاء الغليظة مدة سبع ساعات، وحتى بعد عملية الإخراج أو التغوط يبقى في الأمعاء الغليظة 25% من الغذاء ولمدة 72 ساعة، لذلك ينصح بتناول الألياف لأنها تساعد على التخلص من الفضلات بوقت أسرع، حيث أن مكوث الفضلات طويلا في الأمعاء يعني تماس العوامل المسببة للسرطان (خصوصا إذا كان الغذاء يحتوي على عوامل للسرطان) مدة أطول ببطانة الأمعاء.

## 2ب-11-3 أسباب سرطان القولون [1, 3, 22]

سرطان القولون أحد أشهر السرطانات في العالم. وتعيين سبب المرض يظل تحديا قائما إلى الآن. إتضح من الدراسات العديدة أن هناك ورما صغيرا يدعى "البوليب<sup>81</sup>" وهو غير خبيث في الأصل وينشأ عن الخلايا المبطنة للمعي الغليظ، يتحول هذا الورم فيما بعد إلى سرطان. وقد أثبت ذلك في دراسات عديدة وجدت فيها عدة "بوليبات" في الأمعاء الغليظة، أعتبرت بعد ذلك آفة سابقة لحدوث السرطان.

<sup>78</sup> Rectum

<sup>79</sup> Feces

<sup>80</sup> Anus

<sup>81</sup> Polyps

ثمة آفة أخرى يمكن اعتبارها سابقة لسرطان القولون وهي ما يدعى بالتهاب القولون القرحي، والتي تتمثل بالتهاب مزمن في بعض أجزاء القولون، وكثيرا ما يشمل القولون كله، بحيث يتحول التهاب القولون القرحي إلى سرطان للمرضى الذين أصيبوا به في سن البلوغ.

#### 2ب-11-4 ارتباط سرطان القولون بطبيعة الغذاء [22, 3, 1]

على الرغم من عدم وجود أسباب واضحة تجعل البعض عرضة للإصابة بسرطان القولون، إلا أن أحد الأسباب التي يمكن أن يعزى إليها سرطان القولون هو كثرة الدسم في الغذاء وفقره بالألياف النباتية.

#### 2ب-11-5 الألياف ومسؤوليتها في سرطان القولون

يعتقد الكثيرون أن سرطان القولون ينتج عن مواد تفرزها البكتيريا فالغذاء المرفه العالي قد يغير تركيب بكتيريا القولون مما يشجع البكتيريا التي كثيرا ما تختزل المواد الهاضمة إلى مواد تسبب السرطان. وحيث أن البراز الذي يحتوي أليفا أقل يستمر في القولون لفترة أطول، فإنه قد يعرض جدار القولون لتركيزات أكبر من هذه المسببات للسرطان.

لم يقنع الكثيرون بالقول بأن التركيز العالي لمسببات السرطان يؤثر على جدران القولون في هؤلاء الذين يتغذون على غذاء قليل الألياف، كما أن سرعة مرور البراز قد لا يعرض الجدران لتركيزات أقل من المسببات. ومقارنة نسبة الإصابة بالسرطان في الشعوب المختلفة تظهر بوضوح عدم دقة هذه النظرية. إذ لم تثبت الإحصائيات أي علاقة بين نسبة السرطان ونسبة الألياف في الغذاء [3].

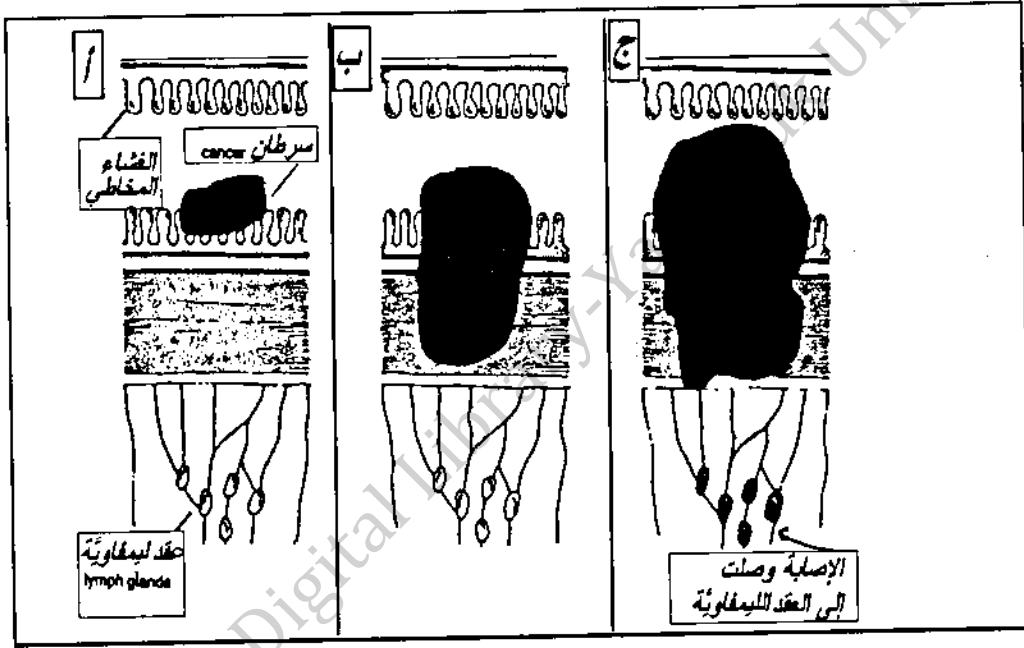
## 2ب-11-6 الدهون ومسؤوليتها في سرطان القولون؟ [3, 22]

تعتمد نظرية تسبب الغذاء المحتوي على نسبة عالية من الدهون بسرطان القولون على أسس قوية حيث أظهرت الدراسات في دول كثيرة أن استهلاك الدهون يرتبط أكثر من أي متغيرات أخرى في الإصابة بسرطان القولون. ويعتقد بعض العلماء أن الغذاء المحتوي على نسبة عالية من الدهون يغير من تركيب بكتيريا الأمعاء، ويساعد في تحويل أملاح العصارة الصفراوية إلى مسببات للسرطان داخل القولون. وعلى هامش هذا الاعتقاد، تقول بعض الآراء أن النشاط الجسدي الذي يؤدي إلى حرق السعرات الحرارية، يخلص الجسم بالتالي من الدهون ويسهم في التحصن ضد السرطان.

## 2ب-11-7 التحري المبكر عن سرطان القولون [22]

يمكن الكشف عن سرطان القولون في مرحلة مبكرة بإجراء اختبار بسيط. في هذا الاختبار يجب تحضير الشخص المراد فحصه بإعطائه غذاء مؤلفا من الخضروات والمكسرات والنشأ، والدجاج الأبيض وسمك التونة وذلك لمدة خمسة أيام. يجب عدم إعطاء اللحم الأحمر لاحتوائه على الدم وبذلك يؤدي إلى نتيجة إيجابية كاذبة لهذا الاختبار. بعد ثلاثة أيام من البدء في هذه الحمية يجب تقديم عينتين صغيرتين من الفضلات للمختبر كل صباح ولمدة ثلاثة أيام أيضا (أي اليوم الرابع والخامس والسادس) ، وتجرى عليها اختبارات كيميائية للتأكد من وجود دم أو عدم وجوده فيها، إن النزف الأحمر القاني الذي يمكن مشاهدته بالعين المجردة نادرا ما يحدث في المراحل المبكرة من الإصابة بسرطان القولون. وما يمكن ملاحظته فقط بعض الخلايا الحمراء وعلى فترات غير منتظمة، بحيث يمكن كشفها عن طريق الاختبار السابق ولمدة ثلاثة أيام على الأقل. إذا أعطى التفاعل نتيجة إيجابية، ثبت بها وجود كريات الدم الحمراء، يجب

القيام بالتنظير السيني إما للقولون بأكمله أو للسنتيمترات الخمس والعشرين الأخيرة من القولون، كما يمكن إجراء صورة ظليلة وذلك بإعطاء الشخص حقنة من الباريوم، حيث يملأ الباريوم الأبيض كل القولون عدا المنطقة المصابة، بعد ذلك يقوم الطبيب باستئصال هذه المنطقة المصابة من القولون<sup>82</sup>.



الشكل (2ب-5): مراحل انتشار سرطان القولون

يبين الشكل (2ب-5) المراحل المختلفة من اكتشاف الورم ففي الجزء (أ) نلاحظ أن السرطان مازال في مرحلة مبكرة فالإصابة لم تتعد الغشاء المخاطي، وبالإمكان التعامل مع الورم بالجراحة. في الجزء (ب) نلاحظ أن السرطان قد اجتاح الغشاء المخاطي إلى أنسجة أكثر عمقا في الأمعاء، وازدادت شدة السرطان. في الجزء (ج) غزا السرطان كامل أجزاء الأمعاء ووصل إلى العقد الليمفاوية، إذا استمرت المرحلة بالتقدم أكثر، فإن الخلايا السرطانية تنتقل إلى أجزاء أخرى عن طريق اللمف أو الدم، وهذا ما يدعى بالانبثاث .

<sup>82</sup> وهو ما يسمى بـ Barium Anema.



## 2ب-11-8 أعراض سرطان القولون [25, 24, 22, 1]

عند الإصابة بسرطان القولون فإن هناك أعراضا كثيرة تظهر، وأهم هذه الأعراض: تغير في سلوك الأمعاء الطبيعي، الإسهال<sup>83</sup>، ظهور الدم (بلون فاتح أو غامق) في البراز، البراز أرفع 84 من الوضع الطبيعي، تعب يصيب المعدة (انتفاخ<sup>85</sup>، امتلاء<sup>86</sup>، أو مغص<sup>87</sup>)، ألم غازات متكرر، تعب مستمر ونقص في الوزن دون معرفة السبب.

## 2ب-11-9 الوقاية من سرطان القولون [22, 3, 1]

لا يزال السرطان إلى الآن أحد أسرار الكون التي لا يعلمها إلا الله سبحانه وتعالى، بيد أن الأمل كبير والسعي حثيث لا يتوقف من أجل القضاء عليه. يعتقد أن عوامل كثيرة تتسبب في الإصابة بسرطان القولون وفهم هذه العوامل وحسن التعامل معها يؤدي إلى التقليل من خطر الإصابة في سرطان القولون. والشيء المهم هو عدم إهمال تهيجات الشرج ونزفه وعدم الخلط مع أعراض التهابات البواسير، وعند الشعور بأحد أعراض سرطان القولون السابقة يجب استشارة الطبيب. فالاكتشاف المبكر والعلاج السريع يمكن الطبيب من التدخل في الوقت المناسب أي قبل أن يجتاز السرطان الأغشية المخاطية والانتقال إلى الأعضاء القريبة وتكون حينها إمكانية الشفاء أكبر بإذن الله.

Diarrhea<sup>83</sup>

narrower<sup>84</sup>

Bloating<sup>85</sup>

Fullness<sup>86</sup>

Cramps<sup>87</sup>

## 2ب-12 سرطان القولون وتقنية تآلق الأشعة السينية (هذه الدراسة):

تتعدد النظريات والفرضيات التي تحاول الربط بين سرطان القولون والنظام الغذائي وبالتحديد علاقة الدهون والألياف والأملاح المعدنية المباشرة مع هذا النوع من السرطان. ولاستكشاف العلاقة المذكورة فلقد اخترنا في هذه الدراسة أن نقارن بين تراكيز العناصر بشكل فردي بين الأجزاء المصابة بالسرطان في القولون والأجزاء المجاورة لها. إن نقطة الانطلاق لهذا البحث تتلخص في أن المقارنة بين العينات المصابة والعينات السليمة المجاورة لها قد تسمح لنا بالكشف عن أية فروقات في تعامل الخلايا السرطانية والخلايا السليمة مع الأملاح بشكل خاص والعناصر بشكل عام. لا يوجد في أدبيات موضوع سرطان القولون أية دراسة من هذا النوع، وبفضل مطياف تآلق الأشعة السينية المتوفر في قسم الفيزياء في جامعة اليرموك نستطيع عمل مثل هذه المقارنة. إن الهدف الأساسي من وراء هذه الدراسة هو المساهمة في فهم طبيعة السرطان وطرق الوقاية منه.

تتميز تقنية تآلق الأشعة السينية المفرق للطاقة (EDXRF) بقدرتها على الكشف عن معظم عناصر الجدول الدوري من الصوديوم (Na) إلى اليورانيوم (U) في تحليل واحد، سهل ودقيق وسريع. لذا فهي ملائمة لأغراض هذا البحث.

# الفصل الثالث

محلي

## عملي

يُشكّل تحضير العينات بطريقة ثلاث التحليل باستخدام تقنية تألق الأشعة السينية المفرّق للطاقة (EDXRF) جزءاً هاماً من هذا البحث، ويكاد يكون أهم خطوات التحليل حيث أن النتائج النهائية تعتمد بشكل مباشر على طريقة تحضير العينة. نتعرف في هذا الفصل على الطريقة التي اتبعناها في تحضير العينات، بالإضافة إلى التعرف بالمطياف  $ED^{2000}$  المستخدم في التحليل، والخطوات المتبعة في التحليل واستخلاص النتائج بواسطة رزمة البرامج (XpertEase<sup>®</sup>) المستخدمة للتحكم بعمل المطياف.

### 3-1 تحضير العينات

تكمن الصعوبة في هذا الجزء من البحث في كيفية تحويل العينة الخام، والتي هي عبارة عن قوّلون مستأصل من مريض مصاب بالسرطان، إلى قرص صلب مستوٍ متماسك سمكه في المتوسط 2 mm<sup>1</sup>. إن الاختلاف بين الشدّة المتألّقة الناتجة من عيّنتين لهما نفس التركيب لكن الأولى متجانسة والثانية غير متجانسة، يعتمد اعتماداً أساسياً على طريقة تحضير العينة، لذلك يجب أن تكون العينة المحضرة مُمثّلة للعينة المراد تحليلها وأن تكون متجانسة (كل عنصر حجم في العينة له نفس التركيب).

<sup>1</sup> هذا السمك، الذي فرضته طبيعة العينات المستخدمة في هذا البحث، كافٍ حتى تحقّق العينات شرط السمك اللانهائي.

قمنا في هذا البحث بتحضير (8) عينات قُسمت كُلُّ منها إلى جزأين: جزء مصاب بالسرطان وجزء مجاور سليم، أي أن مجموع العينات المُحللة بجزأينها المصاب والسليم (16) عينة. تم الحصول على هذه العينات من مختبرات مستشفى البشير، ومختبرات المستشفى الإسلامي ومختبرات عنتاوي في عمان، وقام المتخصصون ( الأطباء الاختصاصيون في الباثولوجي) بفصل الجزء المصاب عن الجزء السليم. بعد إخراج العينات من مادة الفورمالين التي حفظت بها، تمرُّ العينة في أربع مراحل حتى تصبح جاهزة للتحليل، أي تحويلها من "عينة خام" إلى قرص صلب ومستو كما ذكرنا، وهذه المراحل هي:

- توضع العينات في النيتروجين السائل حتى تتجمد، ومن ثم تُطحن بواسطة خلاط كهربائي مع المحافظة على صلابة العينة وذلك بإضافة النيتروجين السائل للعينة أثناء الطحن.
- يتم التخلص من الدهون باستخدام البنزين النقي حيث توضع العينة في البنزين النقي ومن ثم يتم التخلص من البنزين باستخدام جهاز الطرد المركزي.
- توضع العينات في جهاز التجفيف (Lyophilizer)<sup>2</sup> ولمدة 24 ساعة للتخلص من الماء الموجود في العينة.
- يتم تجهيز العينات للتحليل على شكل أقراص دائرية باستخدام مكبس خلص (Pelletizer) مصنوع من الفولاذ. توضع العينة في اسطوانة مفرغة نصف قطرها الداخلي 30.1mm، وتضغط داخل الاسطوانة بين عمودين قطرها أقل قليلاً من 30.1mm تحت ضغط يتراوح بين 8 طن إلى 10 طن بالمتر المربع.

---

<sup>2</sup> تسمى الطريقة التي يتم فيها التخلص من الماء باستخدام التسامي من الحالة الصلبة إلى حالة البخار Lyophilization.

إن طريقة تحضير العينات البيولوجية لغرض التحليل باستخدام الأشعة السينية يتطلب أن تكون العينة كبيرة نسبياً، فالعينة البيولوجية تحتوي على نسبة عالية من الدهون والماء التي يجب التخلص منها أثناء التحضير، وهذا يعني ضياع كمية كبيرة من العينة الأصلية، انظر الجدول (1-3) الذي يبين تأثير عمليات التحضير على كتلة العينة. لم تضغط بعض العينات (ذات الأرقام الفردية) بسبب صغر كتلتها وهذا يفسر عدم وجود سمك لها. وكما ذكرنا في المقدمة فإن أحد الأسباب التي دفعت بنا لاختيار عينات سرطان القولون دون الأنواع الأخرى من السرطانات إمكانية الحصول على كتلة مناسبة أفضل في حالة سرطان القولون منها في حالة السرطانات الأخرى.

بعد ذلك تُلف الأقراص الناتجة بلدائن بلاستيكية رقيقة جداً من البولي كاربونيز<sup>3</sup> والغرض من لف هذه الأقراص هو وقاية نافذة المكشاف المستخدم من أي فتات من العينة. وهذه اللدائن رقيقة جداً وليس لها تأثير يذكر على الطيف لأنها تحتوي على عناصر خفيفة جداً لا يستطيع الجهاز الكشف عنها. في المرحلة الأخيرة تُوضع العينات في حجرة التحليل في مطياف تألق الأشعة السينية ED<sup>2000</sup>.

---

Ploy Carbonize<sup>3</sup>

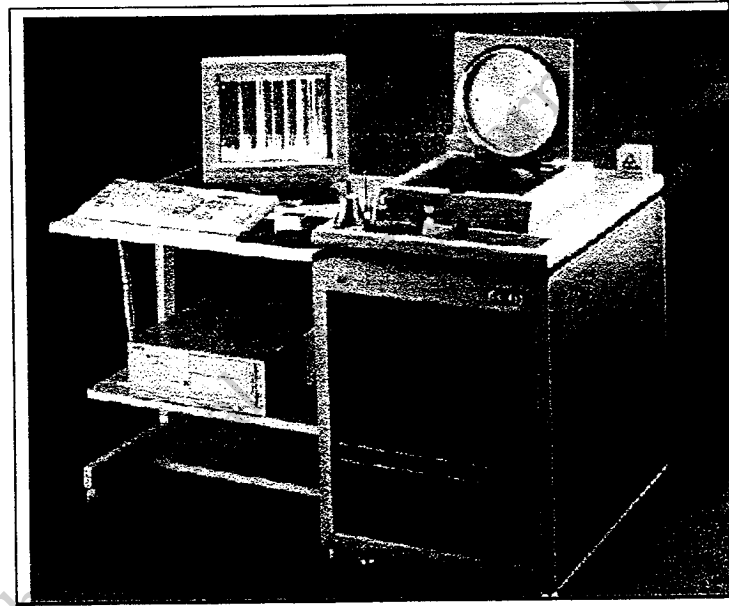
رقم العينة	المصدر	المصাব	كتلة العينة الأصلية (gm)	كتلة العينة بعد عمليات التحضير (gm)	نسبة الكتلة الضائعة في عمليات التحضير إلى نسب الكتلة الأصلية	كتلة العينة المستخدمة في التحليل (gm)	سمك العينة (mm)
1	الإسلامي	الجزء المصاب 1C	13.58	1.63	0.88	1	*
		الجزء السليم 1N	16.28	1.64	0.90	1	*
2	البشير	الجزء المصاب 2C	16	1.85	0.88	1.85	2.2
		الجزء السليم 2N	22	1.85	0.92	1.85	2.2
3	الإسلامي	الجزء المصاب 3C	16.49	1.72	0.90	1.3	*
		الجزء السليم 3N	25.83	1.3	0.95	1.3	*
4	مختبرات عنبتاوي	الجزء المصاب 4C	7	1.02	0.85	1	2.2
		الجزء السليم 4N	8.09	1.05	0.87	1	2.2
5	مختبرات عنبتاوي	الجزء المصاب 5C	2.57	2.37	0.1	1.15	**
		الجزء السليم 5N	2.51	1.32	0.5	1.15	**
6	البشير	الجزء المصاب 6C	20	2.47	0.88	2.4	3.7
		الجزء السليم 6N	17	2.46	0.86	2.4	3.7
7	الإسلامي	الجزء المصاب 7C	11	1.15	0.90	0.71	*
		الجزء السليم 7N	10	1	0.90	0.71	*
8	البشير	الجزء المصاب 8C	17	2.48	0.85	2.46	3.8
		الجزء السليم 8N	29	4.14	0.86	2.46	3.8

الجدول (1-3) : تأثير عمليات التحضير على كتلة العينة

\* حضرت هذه العينات باستخدام وعاء أسطواني خاص لصعوبة ضغطها الناتجة عن كتلتها الصغيرة .  
 \*\* أخذت العينتان 4 و 5 من نفس المريض وحضرتا كعينتين مختلفتين .

### 3-2 منظومة تألق الأشعة السينية ED<sup>2000</sup>:

تتكون منظومة تألق الأشعة السينية ED<sup>2000</sup>، من صنع شركة أكسفورد (Oxford Instruments) البريطانية من مطياف يعمل بمبدأ تألق الأشعة السينية المفرق للطاقة EDXRF متصل مع حاسوب شخصي (PC) من نوع (DELL)، الشكل (3-1). يقوم الحاسوب بالتحكم بكل أعمال المطياف ويقوم بتجميع الأطياف وتحليلها.



الشكل (3-1): منظومة تألق الأشعة السينية ED<sup>2000</sup>

### 3-2-1 مكونات المطياف [5, 10, 11, 31, 32, 33]

يتكون المطياف من:

1. حجرة يُمكن تفرغها من الهواء بواسطة مضخة موصولة معها يتم تشغيلها بواسطة الحاسوب، تحتوي هذه الحجرة على صينية (Tray) دائرية فيها ستة عشر تجويفاً دائرياً قطر كل منها 31 mm لوضع العينات المراد تحليلها، ويتم التحكم بدوران الصينية بواسطة محرك كهربائي باستخدام الحاسوب. ويمكن تدوير التجويف الحامل

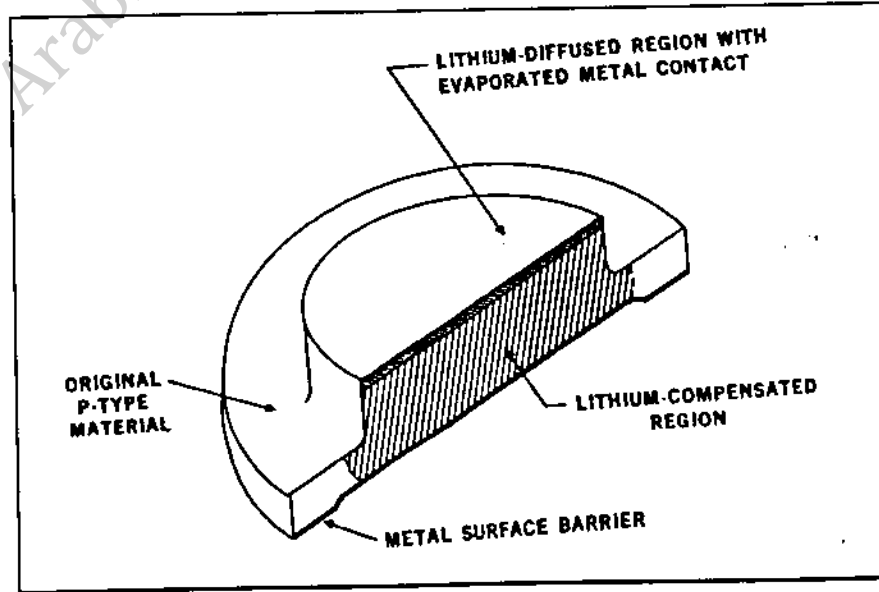


للعينات حول نفسه وذلك لضمان تشيع متجانس وشامل لكل سطح العينة بواسطة محرك

كهربائي آخر (Spinner).

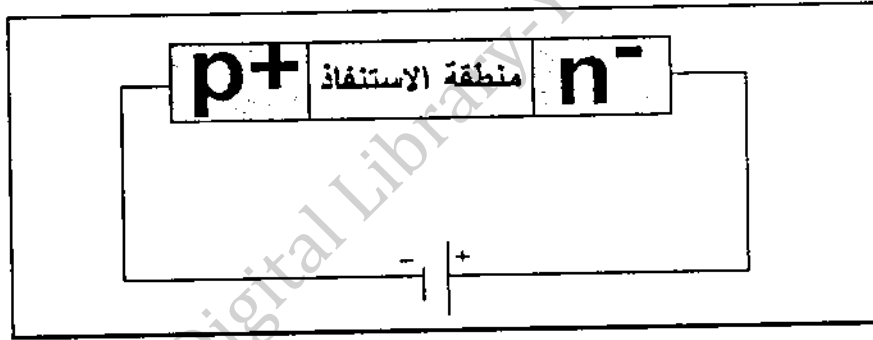
2. أنبوبة الأشعة السينية الابتدائية ذات هدف (Target) من عنصر الروديوم Rh. يُعطى مصدر الجهد العالي لأنبوبة الأشعة السينية فرق جهد يتراوح بين (4-50 kV) وتياراً شدته لغاية 1mA ويلحق بالأنبوب مجموعة من المرشحات (Filters) والمُسَدَّات (Collimators).

3. مكشاف السيليكون المتبل بالليثيوم (Si(Li) Detector): يمتاز هذا المكشاف بسرعة استجابته، حيث يُمكن استخدامه لعد أكثر من  $10^4$  cps، وبقدرته العالية على الكشف عن الأشعة السينية المميزة لمعظم العناصر في آن واحد، وعلى التفريق بين القمم المتجاورة في الطاقة. يتكون مكشاف السيليكون المتبل بالليثيوم من دايمود أسطواناني الشكل نصف قطره (1-2) cm وسمكه (3-5) mm موصول في حالة انحياز عكسي - أنظر الشكل (2-3) والذي يُبين مقطعاً عرضياً لمكشاف السيليكون المتبل بالليثيوم.



الشكل (2-3): مقطع عرضي لمكشاف السيليكون المتبل بالليثيوم (Si(Li) Detector)

كلما قل نصف قطر الدايمود ازدادت قدرة المكشاف على تمييز طاقة الفوتونات المنخفضة وكلما ازداد سمكه ازدادت قدرته على تمييز طاقات الفوتونات العالية التي تزيد عن 20 kV. يكون هذا المكشاف على هيئة وصلة م س (pn Junction) اسطوانية الشكل مكونة من السيليكون المُتَبَل بالليثيوم (Lithium drifted Silicon). يجب أن لا يحتوي جسم الوصلة على الكثير من حاملات الشحنة، وللتقليل من حاملات الشحنة هذه يُمكن استخدام تركيبة من معوض الشحنات (Charge Compensation) من نوع  $p^+$  مصنوعة من مادة السيليكون Si المُتَبَل بذرات مانحة من عنصر الليثيوم (Lithium Donor Atoms(Li)).



الشكل (3-3): دايمود مطبق عليه احياز عكسي

تعمل منطقة الليثيوم المنتشرة داخل السيليكون (Li-Diffused Region) عمل القطب السالب للدايمود (وصلة  $n^-$ ) بينما يعمل سطح الحاجز المعدني عمل القطب الموجب للدايمود (وصلة  $p^+$ ) وعند تسليط احياز عكسي Reverse Biased على الدايمود فإن ذلك سيؤدي إلى إنزياح حاملات الشحنة على أطراف الدايمود لتظهر منطقة نشطة بين القطبين تعرف بمنطقة الاستنفاد (Depletion Region)، وبهذه الظروف فإن التيار الوحيد الذي يسري بين قطبي الدايمود هو من حاملات الشحنة المتولدة حرارياً ويسمى بتيار الإشباع<sup>4</sup> وهو لا يعتمد على فرق

<sup>4</sup> Saturation Current

الجهد المسلط وإنما يعتمد على درجة الحرارة فقط. بالإضافة لتيار الإشباع هناك تيار آخر يسمى بتيار التسرب<sup>5</sup> وهو ناتج عن الشوائب والعيوب الموجودة في بلورة الدايمود نفسها.

تحتوي دائرة المكشاف على بلورة المكشاف وجهاز التبريد (Cryostat) حيث يساعد هذا الجهاز على تقليل تيار التسرب وذلك بتبريد بلورة المكشاف بالنيتروجين السائل تحت درجة حرارة 77 K (-196 C°)، وتحت هذه الظروف يصبح الدايمود صالحاً للعمل كمكشاف حيث يعمل مع باقي مكونات المطياف على التقاط فوتونات التألق وتفريقها حسب طاقتها وبناء الطيف المميز لعناصر العينة.

يتكون جهاز التبريد من اسطوانة معدنية موجودة داخل الجهاز ويوضع بها النيتروجين السائل، مرة كل ثلاثة أيام، ويتصل بهذه الاسطوانة إصبع معدني رفيع حساس وطرفه متصل مع المكشاف والمضخ الأولي. هناك نافذة من البريليوم Be سمكها بين 7.6 إلى 13  $\mu\text{m}$  تقوم بعزل بلورة المكشاف عن جو الغرفة، وتأثير هذه النافذة على طيف الأشعة مهم حيث أن العدد الذري للبريليوم يساوي 4.

4. لوحات إلكترونية لتجميع الإشارات الكهربائية الناتجة بفعل تأثير الفوتونات المنبعثة من العينة والساقطة على المكشاف ومعالجتها.

### 3-2-2 مبدأ عمل المطياف [33, 32, 31, 5]

يقوم مبدأ عمل المطياف على تجميع أطراف تألق الأشعة السينية المفروق للطاقة الناتجة من العينات المختلفة بعد قذفها بإشعاع أولي من أنبوبة الأشعة السينية. يتم إطلاق أشعة سينية أولية من أنبوبة الأشعة السينية لعنصر الراديوم باتجاه العينة حيث يتم تعديل طاقة هذه الأشعة

<sup>5</sup> Leakage Current

والتحكم بها باستخدام الحاسوب بواسطة برنامج اكسبرتيز (XpertEase<sup>®</sup>) بعد ذلك تهيئ

العينة التي تبعث فوتونات تألقها باتجاه نافذة البريليوم ومن ثم إلى المكشاف.

عندما يسقط الفوتون على منطقة الاستفاد داخل الداود فإنه يمتص وينتج بدلاً منه إلكترون بسبب ظاهرة التأثير الكهروضوئي<sup>6</sup> وبالتالي يتم إنتاج زوج (إلكترون-فجوة)، حيث يملك الإلكترون طاقة حركية كافية لتحرير إلكترونات إضافية من مداراتها الخارجية، وبعد ذلك يتم جمع هذه الإلكترونات بواسطة مجال كهربائي لتكوين نبضة كهربائية. يعتمد عدد الإلكترونات الناتجة على طاقة الفوتونات الساقطة ويُعطى بالعلاقة:

$$n = E/\varepsilon \quad (1-3)$$

حيث:

E: طاقة الفوتون الساقط،

$\varepsilon$ : متوسط الطاقة لكل زوج (إلكترون-فجوة) وتبلغ قيمتها لعنصر السيليكون 3.76 eV،

n: عدد الإلكترونات الناتجة

وبالتالي فإن الشحنة الكلية بين طرفي الداود Q هي:

$$Q = n \cdot e = (E/\varepsilon) \cdot e \quad (2-3)$$

حيث  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$  شحنة الإلكترون.

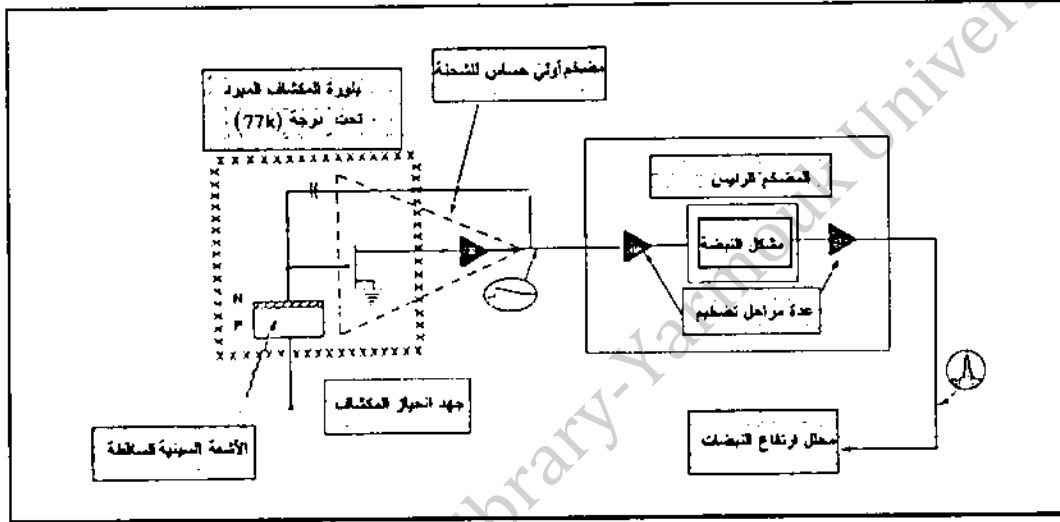
تتجه هذه الإشارات الكهربائية ذات الشحنة Q نحو المضخم الأولي حيث تخزن في مكثف

التغذية الراجعة (C<sub>f</sub>)<sup>7</sup> مما يؤدي إلى ظهور نبضات جهد V<sub>o</sub> حيث:

$$V_o = Q / C_f \quad (3-3)$$

<sup>6</sup> photoelectric effect  
<sup>7</sup> Feed Back Capacitance

والملاحظ في هذه العلاقة أن قيمة جهد النبضة يتناسب مع الشحنة الناتجة عن طاقة الفوتون الساقط. أنظر الشكل (3-4) والذي يبين رسماً توضيحياً لنظام معالج النبضات المستخدم في مكشاف الأشعة السينية المفروق للطاقة.



الشكل (3-4): معالج النبضات المستخدم في مكشاف الأشعة السينية المفروق للطاقة يحتوي المضخم الأولي على مقاومة تغذية راجعة  $(R_f)$ <sup>8</sup> تعمل على تفريغ شحنة المكثف  $(C_f)$  بعد كل نبضة لكي يستعد لاستقبال نبضة جديدة. بعد ذلك تتجه هذه النبضة الكهربائية الضعيفة من المضخم الأولي إلى المضخم الرئيس<sup>9</sup> الذي يعمل على تضخيمها وتشكيلها على شكل توزيع طبيعي وبعد ذلك تتجه هذه النبضة إلى محلل نبضات متعدد القنوات  $(MCA)$ <sup>10</sup>، حيث يعمل على فصل هذه النبضات ووضع كل نبضة بقناة معينة تعتمد على طاقة هذه النبضة. يقوم الحاسوب بعد ذلك بجمع هذه النبضات بكل قناة وتوليد طيف الطاقة للأشعة السينية المنبعثة من العينة، ويعرض هذا الطيف على شاشة الحاسوب.

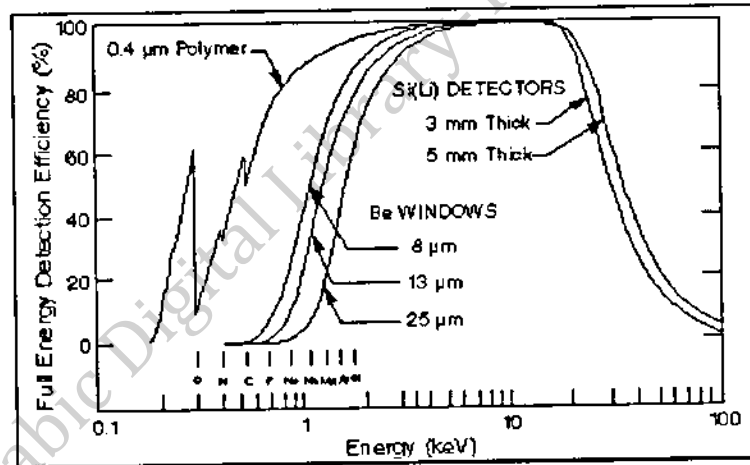
<sup>8</sup> Feed Back Resistance

<sup>9</sup> Main Amplifier

<sup>10</sup> Multi Channel Pulse Height Analyzer

### 3-2-2-1 كفاءة المكشاف<sup>11</sup> [32, 30, 27,5]

تُعرف كفاءة المكشاف بقدرته على الكشف عن وجود فوتونات الأشعة السينية المميزة وقياس طاقتها. وترتبط كفاءة المكشاف بشكل مباشر بالسمك مرة الامتصاص الكهربائي الناشئة من تأثير طاقة الفوتونات الساقطة على المنطقة الحساسة للمكشاف، كما تلعب الأبعاد الهندسية للمكشاف ونافاذة البريليوم التي تقوم بعزل المكشاف عن جو الغرفة دوراً في تحديد كفاءته، أنظر الشكل (3-5) والذي يُبين أثر تغير سمك مكشاف السليكون المُتَبَل بالليثيوم وسمك نافذة البريليوم على كفاءة المكشاف.



الشكل (3-5): أثر تغير سمك مكشاف السليكون المُتَبَل بالليثيوم وسمك نافذة البريليوم على كفاءة المكشاف

تلعب المنطقة المحصورة بين المكشاف والعينة دوراً في تحديد كفاءة المكشاف، إذ تعتمد الكفاءة على معامل امتصاص تلك المنطقة. ويُعبّر عن فعالية المكشاف عند طاقة معينة بالكمية  $\varepsilon(E)$  التي تُعطى بالمقدار:

$$\varepsilon(E) = \sigma^{-\mu t} (1 - e^{-\sigma d}) \quad (4-3)$$

حيث:

<sup>11</sup> Detector Efficiency

$\sigma$ : معامل امتصاص المنطقة المحصورة بين المكشاف والعينة.

$t$ : سمك المنطقة المحصورة بين المكشاف والعينة.

$d$ : سمك المكشاف.

$\mu$ : معامل الامتصاص الكهرضوئي لمادة المكشاف.

وحيث أن كفاءة المكشاف مرتبطة بمعامل الامتصاص للمنطقة المحصورة بين المكشاف والعينة فقد تم تحليل العينات في غرفة مفرغة من الهواء لتقليل امتصاص الفوتونات المميزة خلال مسارها إلى المكشاف.

### 3-2-2-2 ميز الطاقة<sup>12</sup>. [31, 30]

يُحدّد ميز الطاقة لنظام مطيافية أشباه الموصلات قدرة النظام على التفريق بين الأشعة السينية المميزة ذات الطاقات المتجاورة أو المتقاربة والناجمة من العناصر المكونة للعينة. ويُعرف ميز الطاقة لمكشاف ما عند طاقة معينة بالاتساع الكلي للقيمة المُعبّرة عن هذه الطاقة عند منتصف قيمتها العظمى (FWHM)<sup>13</sup>.

يُستخدم عادة العرض الكامل لقيمة  $K_{\alpha}$  عنصر المنغنيز Mn والتي طاقتها 5.9 keV الناتج من تحليل نظير الحديد المشع  $Fe^{55}$  كمرجع لقياس الميز في المطياف. إن ميز مكشاف السليكون المُبَيَّل بالليثيوم المستخدم في منظومة ED<sup>2000</sup> عند القيمة المعبرة عن المنغنيز عندما يكون معدل النبضات يقارب 3000 cps هو 150 eV.

يُمكن الحكم على جودة المكشاف من خلال ميز الطاقة له لكونها تُعبّر عن قدرته على الفصل بين طاقات خطوط الأشعة السينية المتجاورة للعينات المحتوية على عدة عناصر.

<sup>12</sup> Energy Resolution

### 3-3 تحليل العينات [11, 10, 5]

يَقصد بتحليل العينة معرفة ماهية العناصر التي تحتويها العينة وتراكيز هذه العناصر، وتتميز تقنية تألق الأشعة السينية المفارقة للطاقة بمقدرتها على تجميع طيف خطي يمثل جميع عناصر العينة وخلال فترات زمنية قليلة.

يُمكن أن تُشعّ العينات في مطياف  $ED^{2000}$  بعدة طرق تختلف عن بعضها من حيث شدة الأشعة السينية الابتدائية المستخدمة في تهيج ذرات العينة. ويتم ذلك باختيار نوعية المرشح (Filter) المستخدم بين العينة وأنبوبة الأشعة السينية واستخدام المسدّات (Collimators)، كما يُمكن التحكم بجهد أنبوبة الأشعة السينية المستخدمة لتسريع الإلكترونات.

#### 3-3-1 أوضاع التشعيع

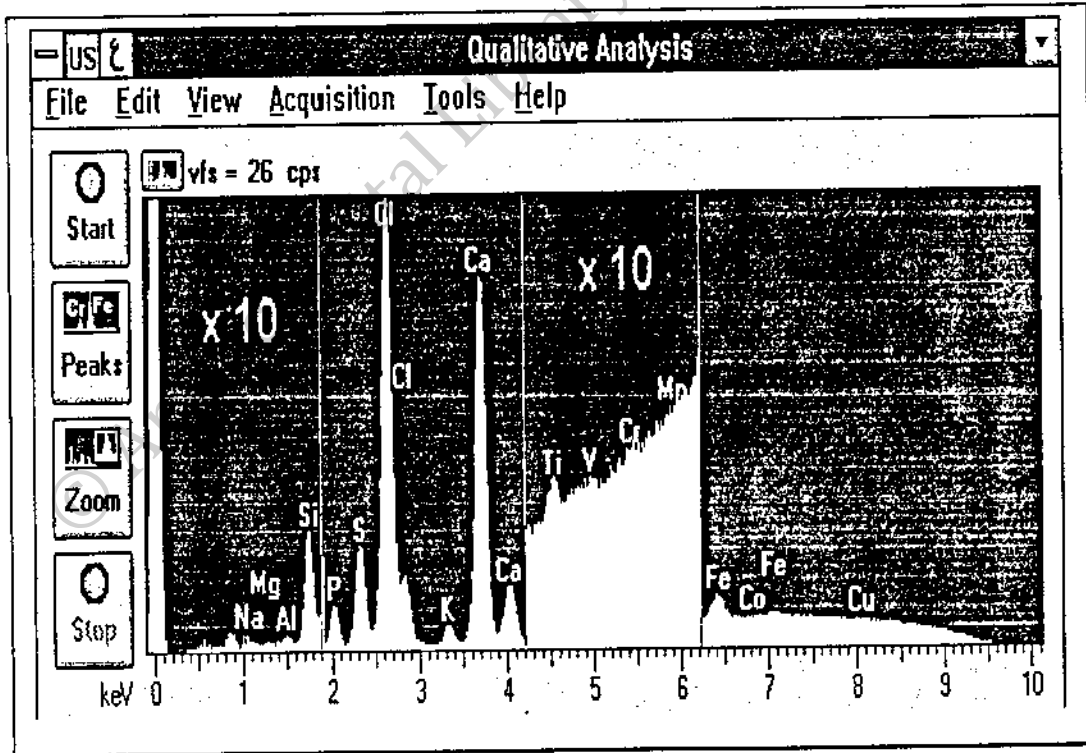
تمّ تشعيع عينات البحث باستخدام مجموعة من الأوضاع الثابتة<sup>14</sup> وقد استخدمت جميعها في حيز مفرغ من الهواء للحصول على أفضل حساسية للطاقة الضعيفة. يُمكن استخدام وضع التشعيع المعروف باسم وضع العناصر العامة<sup>15</sup> في الكشف عن نوعية وتراكيز العناصر في العينة من الصوديوم (Na) إلى اليورانيوم (U)، لكن ولضمان دقة أكبر في تحليل العينات تمّ استخدام مجموعة من الأوضاع يتميز كل منها بخصائص تجعله مناسباً لقياس تراكيز مجموعة محدّدة من العناصر في الجدول الدوري، والأوضاع الخمسة معاً تغطّي معظم عناصر الجدول الدوري. ومجموعة الأوضاع التي استخدمناها في تحليل العينات هي:

<sup>13</sup> Full Width at Half Maximum  
<sup>14</sup> Fixed Conditions



## وضع العناصر الجيولوجية<sup>16</sup>

يُستخدم وضع العناصر الجيولوجية لقياس التراكيز الرئيسية<sup>17</sup> للعناصر من الصوديوم (Na) وحتى الحديد (Fe)، وللتراكيز المتدنية (Traces) للعناصر من الفسفور وحتى الحديد. يحتاج هذا الوضع لأن تكون قيمة جهد التسريع في أنبوبة الأشعة السينية، V، مساوية لـ (10 kV)، ولا يُستخدم أي مرشح (Filter) بين مصدر الأشعة وبين العينة. تظهر في هذا الوضع خطوط (L) لعنصر الروديوم (Rh) المستخدم كهدف في أنبوبة الأشعة السينية لتوليد الإشعاع الأولي، أنظر الشكل (7-3) والذي يُبين طيف العينة 1C والمُحصل في هذا الوضع.

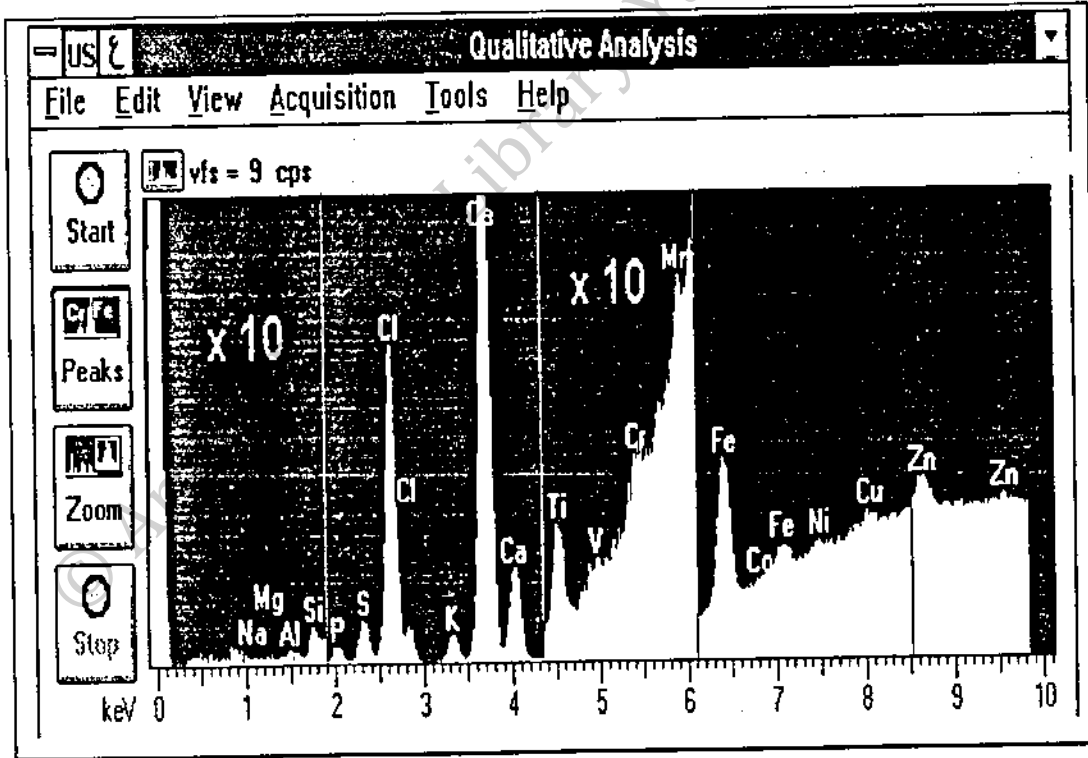


الشكل (7-3): طيف العينة 1C - وضع العناصر الجيولوجية

General Fixed Condition<sup>15</sup>  
Geological Majors<sup>16</sup>  
Majors Concentration<sup>17</sup>

وضع العناصر الصلبة من الكبريت وحتى الفناديوم<sup>18</sup>

في وضع العناصر الصلبة تكون  $V = 12 \text{ kV}$ ، ولتقليل مستوى الخلفية<sup>19</sup> في الطيف يستخدم في هذا الوضع مرشح رقيق من الألمنيوم. وضع العناصر الصلبة مناسب لقياس تراكيز العناصر من الكبريت (S) وحتى الفناديوم (V) باستخدام خطوط (K) المميزة والعناصر الثقيلة من القصدير (Sn) إلى الباريوم (Ba) باستخدام خطوط (L) المميزة. أنظر الشكل (8-3) والذي يبين طيف العينة 1N والمُحصل في هذا الوضع.

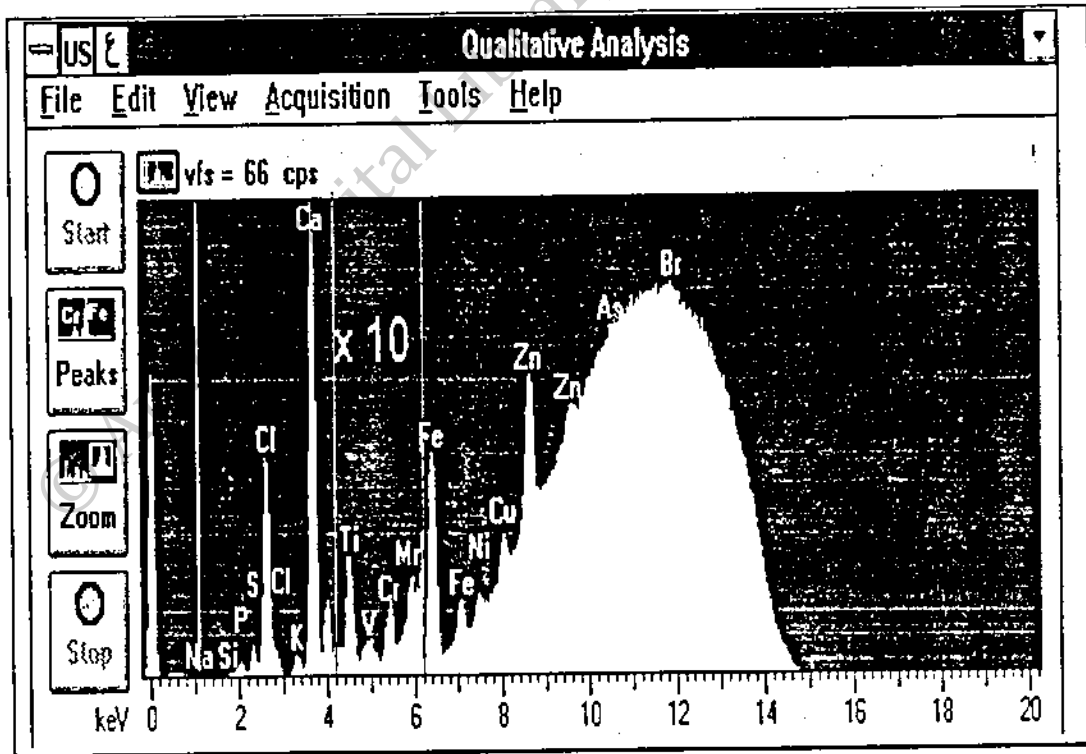


الشكل (8-3): طيف العينة 1C - وضع العناصر الصلبة

Solid(S-V) (vac)<sup>18</sup>  
Background Level<sup>19</sup>

## وضع العناصر الفولاذية<sup>20</sup>

وضع العناصر الفولاذية مناسب لقياس تراكيز العناصر بين الكالسيوم (Ca) وحتى النحاس (Cu) باستخدام خطوط (K) المميزة والعناصر الثقيلة بين الباريوم (Ba) وحتى القصدير (Sn) باستخدام خطوط (L) المميزة، وهذا يحتاج لأن يكون فرق الجهد بين طرفي أنبوبة الأشعة السينية (15kV). لا يوجد في هذا الوضع أي خط من أنبوبة الأشعة السينية، حيث يستخدم في هذا الوضع مرشح سميك من الألمنيوم. أنظر الشكل (9-3) والذي يبين طيف العينة 1N والمُحصّل في هذا الوضع.

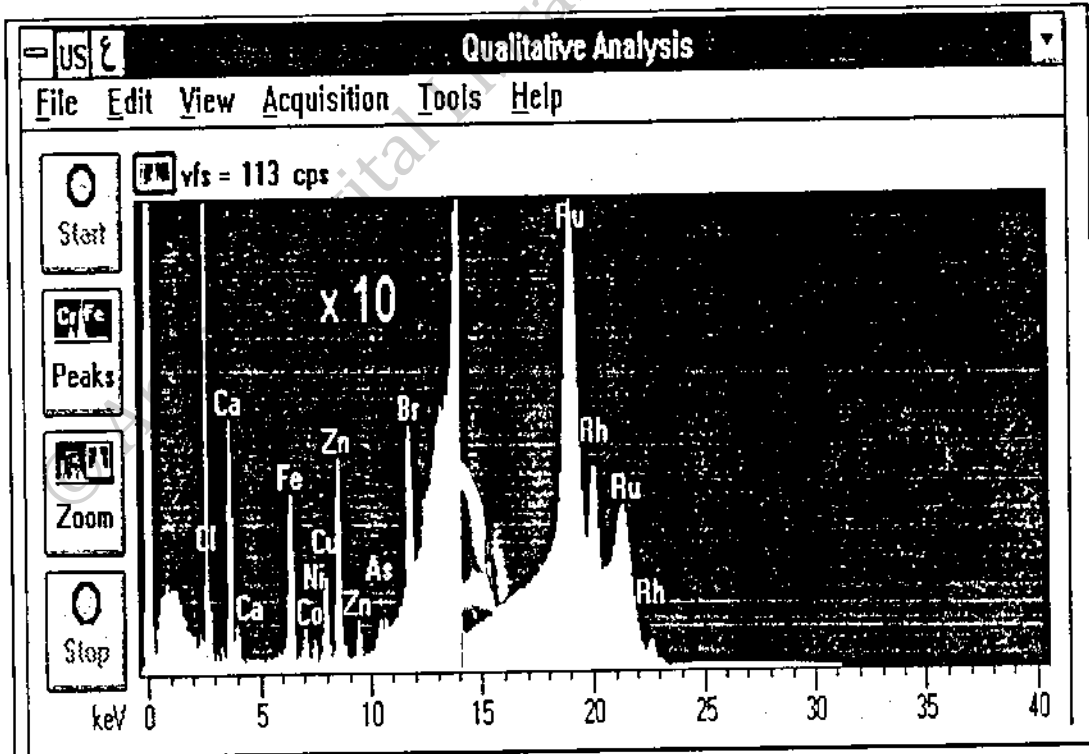


الشكل (9-3): طيف العينة 1C - وضع العناصر الفولاذية

Steels Fixed Condition (vac)<sup>20</sup>

## وضع العناصر متوسطة الثقل<sup>21</sup>

وضع العناصر متوسطة الثقل مناسب لقياس تراكيز العناصر بين الكالسيوم (Ca) وحتى المليونوم (Mo) باستخدام خطوط (K) وللعناصر بين الباريوم (Ba) وحتى اليورانيوم (U) باستخدام خطوط (L) المميزة، وهذا الوضع بحاجة لأن يكون فرق الجهد بين طرفي أنبوبة الأشعة السينية (35 kV). يُستخدم في هذا الوضع مرشح رقيق من عنصر الروديوم (Rh) وفائدة المرشح هنا لإزالة الطاقات العالية المنتشرة والتي طاقاتها أعلى من طاقات خطوط (K) للأنبوبة كما ويعمل المرشح على تخفيف خلفية الطيف للخطوط ذات الطاقة الأكبر من طاقة خط (L) للأنبوبة. أنظر الشكل (10-3) والذي يُبين طيف العينة 1N والمُحصل في هذا الوضع.

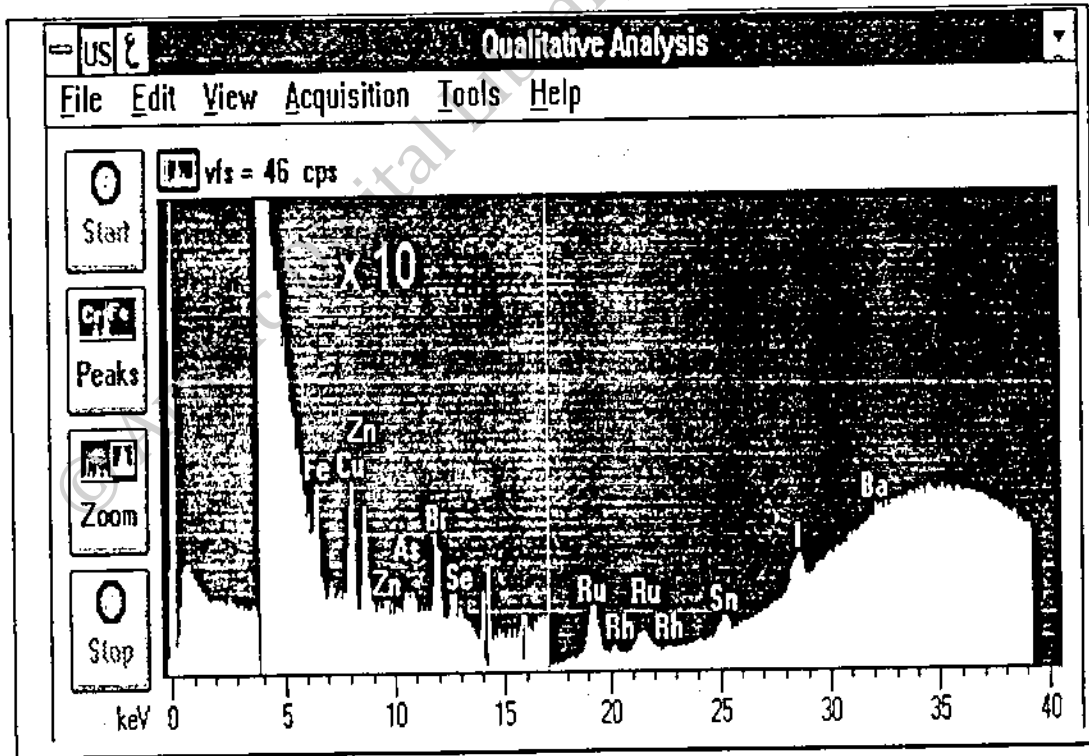


الشكل (10-3): طيف العينة 1C - وضع العناصر متوسطة الثقل

Medium Fixed Condition (vac)<sup>21</sup>

## وضع العناصر الثقيلة جداً<sup>22</sup>

وضع العناصر الثقيلة جداً مناسب لقياس تراكيز العناصر من النيوبيوم (Nb) وحتى النيوديم (Nd) باستخدام خطوط (K) المميزة، وللعناصر من الثوريوم (Th) وحتى اليورانيوم (U) باستخدام خطوط (L) المميزة، وهو مناسب لقياس التراكيز العالية والمنتدبة لهذه العناصر. هذا الوضع بحاجة لأن يكون جهد أنبوبة الأشعة السينية (50 kV)، ويستخدم في هذا الوضع قرص نحاسي سميك، ولا تحدث قمم الحيود في هذا الوضع بسبب القرص النحاسي السميك. أنظر الشكل (11-3) والذي يبين طيف العينة 1N والمُحصل في هذا الوضع.



الشكل (11-3): طيف العينة 1C - وضع العناصر الثقيلة.

Very Heavy Elements Fixed Condition (vac)<sup>22</sup>

هناك ما يزيد عن (20) وضع من الأوضاع الثابتة التي يُمكن برمجة المطياف  $ED^{2000}$  للعمل وفقاً لها في التحاليل المختلفة. يُمكن برنامج (XpertEase<sup>®</sup>) المستخدم من بناء أوضاع ثابتة أخرى عدا تلك الموجودة في مكتبة البرنامج، حيثُ يستطيع المستخدم اختيار جهد أنبوبة الأشعة السينية وضمن مدى يتراوح بين (4-50) كيلو فولت، بالإضافة إلى إمكانية اختيار قائمة من المرشحات وبناء وضع التشعيع المناسب. وقد حاولنا تفصيل بعض أوضاع التشعيع لكي نشعّع فيها العينات، ولكن مع التجربة وجدنا أن الأوضاع الثابتة المخزنة في برنامج (XpertEase<sup>®</sup>) قد أختيرت بعناية، لذلك استخدمناها في تشعيع العينات.

### 3-3-2 خطوات التحليل باستخدام منظومة تالقي الأشعة السينية $ED^{2000}$ :

يُقصد بتحليل العينة معرفة ماهية العناصر التي تحتويها العينة وتراكيز هذه العناصر، وتتميز تقنية تالقي الأشعة السينية المفروقة للطاقة بمقدرتها على تجميع طيف خطي يُمثل جميع عناصر العينة وخلال فترات زمنية قصيرة.

### 3-3-2-1 معايرة الطاقة<sup>23</sup>. [32, 31, 30, 10]

معايرة الطاقة للمطياف هي عملية يُقام بها للتعرف على العلاقة بين رقم القناة (Channel No.) والطاقة التي تمثلها هذه القناة. وتعتبر المعايرة من أهم مراحل التحليل. لذلك يلزم عادة معايرة المطياف  $ED^{2000}$  في جميع أوضاع التشعيع وبشكل دوري.

تستخدم في المطياف  $ED^{2000}$  عينة معيارية متعددة العناصر (MES)<sup>24</sup> تحتوي على

أربعة عناصر معروفة التركيز هي السيليكون Si (35wt%) والتيتانيوم Ti (27.5wt%)

<sup>23</sup> Energy Calibration  
<sup>24</sup> Multi-Elements Standard

والزنك Zn (25wt%) والموليبدونوم Mo (12.5wt%) لقياس وتسجيل مواقع قمم هذه العناصر بدقة ويطلق على هذه العملية اسم فحص مواقع القمم المعيارية (PPCS)<sup>25</sup>.

تتم عملية المعايرة بتجميع طيف عينة الـ (MES) في الوضع المراد عمل المعايرة فيه، حيث يتم اختيار خط  $K_{\alpha}$  للعنصر الملائم لوضع التشعيع حسب الجدول (2-3) ليكون موقعه محدداً للعلاقة بين الطاقة ورقم القناة في حساب (eV/Channel).

بعد المعايرة يقوم الحاسوب بتخزين منحنى المعايرة في قاعدة البيانات الموجودة على القرص الصلب مع معاملات التحليل الأخرى لحين الحاجة إليه أثناء التحليل شبه الكمي.

وضع التشعيع	الخط الملائم لعمل المعايرة
وضع العناصر الجيولوجية	$K_{\alpha}$ لعنصر التيتانيوم
وضع العناصر الصلبة	$K_{\alpha}$ لعنصر السليكون
وضع العناصر الفولاذية	$K_{\alpha}$ لعنصر التيتانيوم
وضع العناصر متوسطة الثقل	$K_{\alpha}$ لعنصر الزنك
وضع العناصر الثقيلة جداً	$K_{\alpha}$ لعنصر الموليبدونوم

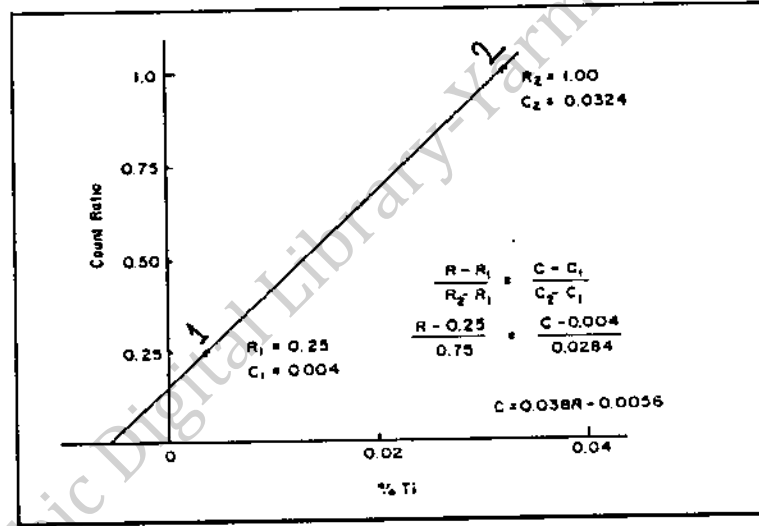
الجدول (2-3): خطوط معايرة الطاقة

2-2-3-3 معايرة الحساسية<sup>26</sup>. [30, 10]

بعد معايرة الطاقة لأوضاع التشعيع المختلفة فإنه يلزم معايرة الحساسية لكل وضع منها. والهدف من ذلك إيجاد منحنى الحساسية لكل وضع من أوضاع التشعيع وذلك لتمكين رزمة برامج اكسبرتيز (XpertEase<sup>®</sup>) من تحويل شدة القمم (العدادات الموجودة تحت القمم)

<sup>25</sup> Peak Position Check Standard

الموجودة في الطيف المراد تحليله الى تراكيز. ويستخدم لغرض المعايرة هذه عينة معيارية من التيتانيوم Ti (99.99wt%) لكل أوضاع التشعيع، ويتم المعايرة باستخدام الحاسوب عن طريق رزمة برامج اكسبرتيز (XpertEase®)، بعد تجميع طيف القرص العياري تقوم رزمة البرامج اكسبرتيز (XpertEase®) بحساب مجموع العدات (cps) لقمة  $K_{\alpha}$  لعنصر القرص، ويرسم الحاسوب منحنى الحساسية بناء على ذلك، ثم يخزن هذا المنحنى في القرص الصلب (Hard Disk) مع المعاملات الأخرى اللازمة للتحليل.



الشكل (12-3): اشتقاق معادلة معايرة الحساسية باستخدام عينة التيتانيوم  
يوضح الشكل (12-3) كيفية إجراء معايرة الحساسية باستخدام عينة من التيتانيوم معروفة التركيز، ومن خلال النقطتين 1 و 2 يُمكن إيجاد معادلة الخط المستقيم

$$y = m x + b \quad (5-3)$$

حيث:

y: تُعبّر عن شدة النبضات.

x: التركيز.



m: ثابت يمثل ميل محور الخط المستقيم مع محور التركيز.

b: ثابت يمثل مقطع الخط المستقيم مع محور الشدة.

بإيجاد ميل الخط المستقيم (m) ومقطعه (b) فإن المعادلة (3-5) تستخدم في حساب التراكيز المناظرة لقيم الشدة المقاسة.

### 3-2-3-3 التحليل النوعي<sup>27</sup>. [34, 32, 30, 10]

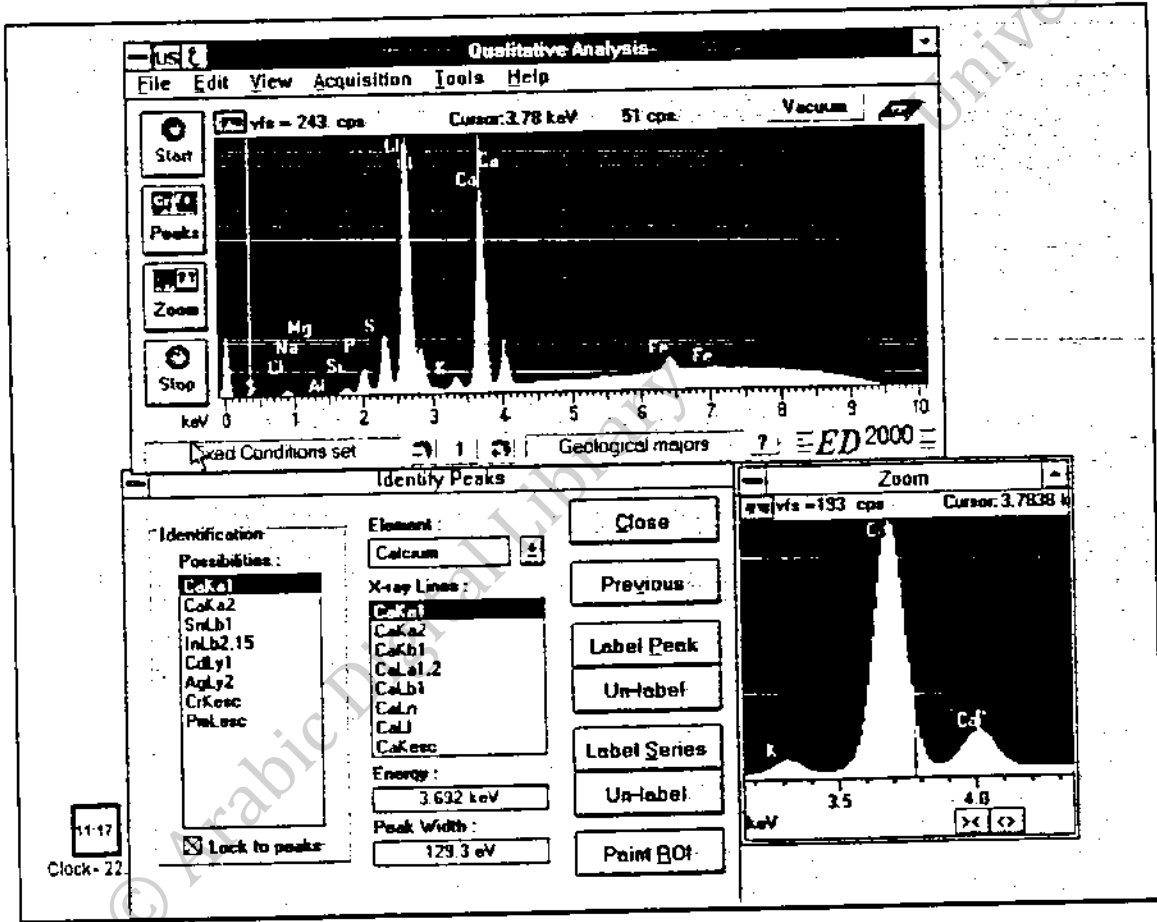
بعد إجراء المعايرة يمكن إجراء التحليل النوعي، والذي يهدف إلى التعرف على هوية العناصر الموجودة في العينة. يتم قذف العينة بالأشعة السينية الأولية من أنبوبة الروديوم ضمن شروط التشعيع والأوضاع الثابتة التي تحدثنا عنها سابقاً. في كل وضع تشعيع يلزم تحديد التيار المناسب لأنبوبة الأشعة السينية للوصول إلى معدل عد<sup>28</sup> ملائم. ويفضل أن يكون هذا المعدل حوالي  $10^4$  فوتون لكل ثانية ويكون هذا مقروناً بزمـن خمول<sup>29</sup> نسبته 45% من الزمن الكلي لتجميع الفوتونات الصادرة من العينة.

#### زمن الخمول: [10]

هو الوقت الذي يأخذه المكشاف<sup>30</sup> والمضخم<sup>31</sup> ومعالج النبضة<sup>32</sup> لقياس وتسجيل طاقة فوتون الأشعة السينية الساقط على المكشاف. وخلال هذا الوقت فإن أي فوتون ساقط يهمل ويفقد دون تسجيله. ويعبر عن زمن القياس الكلي مطروحاً منه زمن الخمول بزمـن الحياة<sup>33</sup> وهو الجزء من الزمن الكلي للقياس والذي يقيس فيه المكشاف فعلياً فوتونات الأشعة السينية.

Qualitative Analysis<sup>27</sup>  
Counting Rate<sup>28</sup>  
Dead Time<sup>29</sup>  
Detector<sup>30</sup>  
Amplifier<sup>31</sup>  
Pulse Processor<sup>32</sup>

بعد تحديد قيمة التيار المناسب يبدأ المطياف ED<sup>2000</sup> بتجميع طيف العينة وعرضه على شاشة الحاسوب أولاً بأول، ويتم الحصول على الطيف خلال فترات زمنية قليلة، وبعد تجميع الطيف يمكن تخزينه على القرص الصلب في الحاسوب. ومن خلال الطيف المجمع يمكن التعرف على هوية القمم الموجودة في الطيف وبالتالي تحديد هوية العناصر المكونة للعينة.



الشكل (3-13): شاشة التحليل النوعي

يوجد في برنامج اكسبرتيز (XpertEase<sup>®</sup>) مجموعة من الأوامر التي تسهل عمل التحليل النوعي، حيث يمكن التعرف على الاحتمالات الممكنة للقمم التي تظهر على الطيف مسن خلال الأمر (Peak). وبمنظرة شاملة إلى الطيف يتم إختيار الاحتمال الأقوى للعنصر الممثل لموقع القمة. ويوجد كذلك الأمر (Zoom) الذي يمكن من رؤية أكثر وضوحاً للقمم التي تكون

فيها الخلفية الإشعاعية<sup>34</sup>، أنظر الشكل (3-13) والذي يبين شاشة التحليل النوعي في برنامج اكسبرتيز (XpertEase®).

على الرغم من هذه الإمكانيات في برنامج اكسبرتيز (XpertEase®)، فإن هناك عددا من القمم التي قد تتواجد في الطيف ولكنها لا تكون ممثلة لأي عنصر من العناصر، لكن البرنامج يتعرف على بعض هذه القمم كقمم مميزة للعناصر. يجب الحذر من مثل هذه القمم عند تحليل الطيف ويجب إهمالها، وأهم هذه القمم:

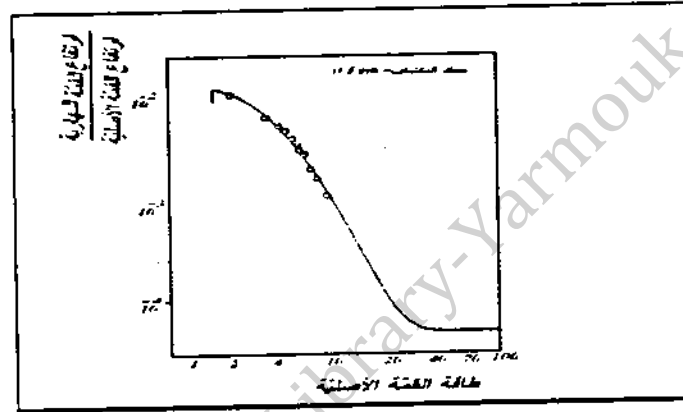
قمم الهروب<sup>35</sup> [32, 31, 30, 10, 5]

وهي القمم الناتجة عن تفاعل الأشعة السينية مع السيليكون Si الموجود في مكشاف السيليكون المتبل بالليثيوم، لذلك فهي تصحب كل قمة لها طاقة كافية لتوليد الخط K للسيليكون الداخل في تركيب المكشاف. علما بأن الطاقة اللازمة لتأيين إلكترون من المدار K في ذرة السيليكون هي 1.742keV. فمثلا في عينة تحتوي الحديد وتبعث الخط  $K_{\alpha}$  للحديد والذي طاقته 6.4keV وعندما يسقط ذلك الفوتون على المكشاف يمتص الفوتون ويتم إثارة السيليكون Si في المكشاف، ويظهر فوتون جديد بطاقة 4.66keV تساوي الفرق في الطاقة بين طاقة الفوتون  $K_{\alpha}$  للحديد وطاقة K للسيليكون تظهر في الموقع 4.66keV من الطيف المتكون وتكون هذه القمة قريبة من قمة الخط  $K_{\alpha}$  للتيتانيوم Ti (4.51keV) فيحدث بينها تراكم.

وتظهر أهمية معرفة هذه القمم في مدى محدد من الطيف وذلك عند الطاقات الضعيفة التي تتراوح بين 2 keV إلى 12 keV. أما بالنسبة للطاقة العالية فإن فوتوناتها تتفد من بلورة السيليكون Si دون أن يتولد الخط K من ذرة السيليكون. ويُعبر عن احتمالية حدوث قمم

<sup>34</sup> Background

الهروب عند طاقة معينة بالنسبة بين معدل العد لقمة الهروب ومعدل العد للقمة الأصلية كما هو موضح في الشكل (3-8) حيث يلاحظ من الشكل تناقص احتمالية حدوث قمم الهروب عند الطاقة العالية للفوتونات الساقطة. هناك إمكانية للتخلص من هذه القمم بسهولة وفي بداية التحليل باستخدام برنامج اكسبرتيز (XpertEase<sup>®</sup>) والذي يُصحح الطيف العملي بطرح قمم الهروب منه.



الشكل (3-14): احتمالية حدوث قمم الهروب

القمم المتراكمة<sup>36</sup>. [10, 34]

عندما يكون معالج النبضات يعمل في التفريغ بين كل نبضة ونبضة وهذا خلال زمن قصير لا يتعدى بضع الميكروثواني تظهر نبضة متراكمة من فوتونين وخلال نفس الوقت معا على المكشاف، ويكون موقعها في الطيف عند موقع يمثل حاصل جمع طاقتي الفوتونين الساقطين معا. تحدث مثل هذه القمم عادة إذا كان هنالك تركيز عال لأحد العناصر في العينة.

Escape Peaks<sup>35</sup>  
Pileup & Sum Peaks<sup>36</sup>

### قمم الحيود<sup>37</sup>. [32, 10]

تحدث قمم الحيود عندما تتوافق زاوية حزمة الأشعة السينية الابتدائية مع المسافات الداخلية بين الذرات<sup>38</sup> في العينة، مما يؤدي لحدوث ارتدادات للأشعة السينية عند قيمة محددة للطاقة، ويمكن التغلب على هذه القمم أثناء التحليل عن طريق تحريك العينة الموجودة في حجرة العينات أو استخدام مرشح للحزمة الأولية.

يجب عمل التحليل النوعي بدقة لأن له أثرا بالغا في نتائج التحليل شبه الكمي، وحتى يتم الحكم بدقة أكبر على نوعية العناصر الموجودة في العينة استخدمت أوضاع التشعيع الخمسة.

### 3-2-4 التحليل شبه الكمي<sup>39</sup>. [34, 10]

بعد إجراء التحليل النوعي للطيف ومعرفة العناصر المكونة لكل عينة من عينات الدراسة، نحن الآن بحاجة لإجراء التحليل شبه الكمي قصد التعرف على تراكيز العناصر المكون لهذه العينات. بالاستفادة من المعلومات التي حصلنا عليها من التحليل النوعي مثل العناصر التي ظهرت في العينة وخطوط هذه العناصر، وتحديد الوضع الملائم للتشعيع لكل من هذه العناصر، تم إجراء التحليل شبه الكمي بتفصيل طريقة<sup>40</sup> لتمكين الحاسوب من التحكم بالمطياف خلال برنامج (XpertEase®). تحتوي الطريقة على أوضاع التشعيع الثابتة والموضحة سابقا، لتمكين البرنامج من حساب تراكيز العناصر المكونة للعينة من خلال طيفها المكتسب في كل وضع تشعيع.

<sup>37</sup> Diffraction Peaks

<sup>38</sup> Inter-Atomic Spacing

<sup>39</sup> Semi-Quantitative Analysis

<sup>40</sup> Method Setup

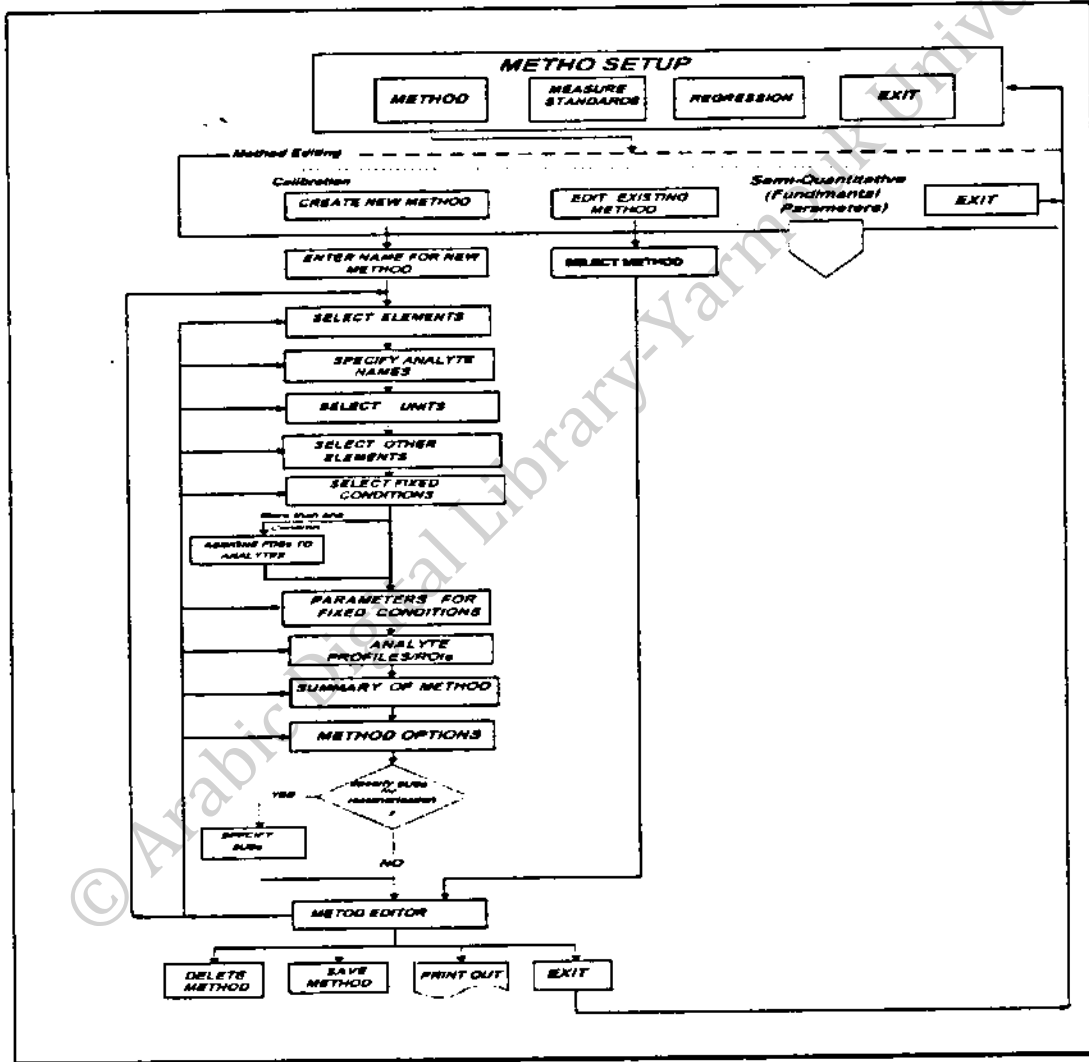
يُبين الشكل (3-15) مخططاً لكيفية بناء الطريقة المفصلة والتي تمكن من إجراء التحليل شبه الكمي. حيث يتم اختيار العناصر التي ظهرت في التحليل الكمي للعينة لتدخل في التحليل، ومن ثم اختيار أوضاع التشعيع التي شُعت بها العينات. في كل وضع من هذه الأوضاع نأخذ العناصر المناسب تحليلها ضمن حدود ذلك الوضع كمحولات<sup>41</sup> وباقي العناصر تؤخذ كعناصر أخرى<sup>42</sup>. ولأن عينات هذا البحث تحوي نسبة تتراوح بين (96% - 97%) من المواد العضوية (N,O,C,H) والتي لا يمكن الكشف عنها فإن التحليل معني بالنسبة المتبقية أي ما يتراوح بين (3% و 4%). يوجد في البرنامج خيار يسمح أثناء تفصيل طريقة التحليل بتحديد عنصر موازن<sup>43</sup> (وقد اخترنا الأكسجين) يفهم من خلاله إكسبرييز أن جميع العناصر التي لا يستطيع تحديدها تدخل في حساب الطيف.

تحتوي الطريقة المفصلة المعلومات الكافية لبناء طيف نظري لكل وضع تشعيع وهذا الطيف النظري مكون من العناصر المراد إيجاد تراكيزها ضمن هذا الوضع، وذلك عن طريق منحنيات نموذجية (Profiles) مخزنة في القرص الصلب للحاسوب وباستخدام المعاملات الملائمة. بعد أن يتم تجميع الطيف الحقيقي المعبر عن العينة يتم تحويل شدة قمم الطيف إلى تراكيز باستخدام طريقة المعاملات الأساسية (FPT)<sup>44</sup> وبالرجوع إلى منحنى الحساسية الذي أنشأ وخزن سابقاً خلال عملية معايرة الحساسية.

يُبين الملحق (1) الطريقة المفصلة للتحليل الكمي باستخدام أوضاع التشعيع الخمسة. ويظهر في الملحق معلومات عن التحليل وعن الزمن والتاريخ واسم الشخص الذي فصل الطريقة، كما

<sup>41</sup> Analytes  
<sup>42</sup> Others  
<sup>43</sup> Balance Element  
<sup>44</sup> Fundamental Parameters

تظهر أسماء أوضاع التشيع المختلفة والخطوط المختارة في كل وضع كمحطات أو خطوط أخرى أو متراكبة وأسماء المنحنيات النمونية (Profiles) المخزنة في القرص الصلب للحاسوب. ويظهر كذلك زمن التحليل والتيار حيث ترمز كلمة (Auto) إلى قيام البرنامج بتغيير قيمة التيار المار في أنبوبة الأشعة السينية إلى أن يصبح الزمن الميت 45%.



الشكل (3-15): مخطط لكيفية إنشاء الطريقة المفصلة لإجراء التحليل شبه الكمي

## الفصل الرابع

### تحليل النتائج والمناقشة



# تحليل النتائج

## 1-4 وصف العينات:

استخدمنا في هذا البحث (8) عينات بيولوجية لأشخاص مصابين بسرطان القولون، ومختلفين في العمر والجنس. قسمت كل عينة وبإشراف المتخصصين (الباثولوجي) إلى جزأين: الجزء المصاب، والجزء المجاور السليم. بعد ذلك تم تحضير هذه العينات بطريقة ثلاثية التحليل باستخدام مطياف الأشعة السينية المفروق للطاقات  $ED^{2000}$ ، ويبين الجدول (1-4) وصفا للعينات المستخدمة في هذا البحث.

## 2-4 نتائج التحليل شبه الكمي ومناقشتها:

سبق وفصلنا طريقة التحليل باستخدام مطياف تالقي الأشعة السينية  $ED^{2000}$ . لأغراض تحليل عيناتنا قمنا بتفصيل طريقة تمكن البرنامج من عمل التحليل شبه الكمي، أنظر الفصل الثالث. أضيف إلى تفصيل الطريقة كما ورد شرحه في الفصل الثالث الخيار الذي يسمح بعمل التحليل شبه الكمي خمس مرات لكل عينة وذلك لضمان نتائج أكثر دقة. تبين الجداول (2-4) إلى (9-4) نتائج التحليل الكمي لكل عينة على حدة بجزأئها المصاب والمجاور السليم. فيما يلخص الجدول (10-4) متوسط تراكيز العناصر للمحاولات الخمس ولجميع عينات البحث.

المصاب	المصدر	رقم العينة
أنثى 20 سنة	الإسلامي	الجزء المصاب 1C
		الجزء السليم 1N
أنثى 23 سنة	البشير	الجزء المصاب 2C
		الجزء السليم 2N
أنثى 50 سنة	الإسلامي	الجزء المصاب 3C
		الجزء السليم 3N
أنثى 57 سنة	مختبرات عنبتاوي	الجزء المصاب 4C
		الجزء السليم 4N
أنثى 57 سنة	مختبرات عنبتاوي	الجزء المصاب 5C
		الجزء السليم 5N
أنثى 58 سنة	البشير	الجزء المصاب 6C
		الجزء السليم 6N
ذكر 62 سنة	الإسلامي	الجزء المصاب 7C
		الجزء السليم 7N
ذكر 63 سنة	البشير	الجزء المصاب 8C
		الجزء السليم 8N

الجدول (1-4): وصف العينات المستخدمة في البحث

تراكيز العناصر في العينة رقم (1) علما بأن خطأ التحليل يساوي 10%										
تركيز العناصر في الجزء الصلب (ppm)					تركيز العناصر في الجزء المصايب (ppm)					العنصر
محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	
5400	7300	10100	10100	9600	6600	5500	9500	6800	9700	الصوديوم
74	337	367	126	517	179	231	164	185	227	المغنسيوم
572	584	594	579	594	637	668	640	679	679	السليكون
882	904	899	901	894	1000	1000	1000	1000	1100	الفوسفور
2100	2100	2100	2200	2100	1500	1500	1600	1600	1600	الكبريت
18600	18600	18800	18700	18700	16600	16900	17100	17000	17200	الحديد
543	547	560	546	551	536	545	546	555	559	البوتاسيوم
3200	3200	3300	3300	3300	7900	8000	8100	8100	8200	الكلور
0	0	1	0	3	5	6	5	4	5	الفلور
6	5	7	9	7	12	15	9	13	11	النيكل
10	8	7	8	8	55	54	55	57	55	الزنك
9	7	9	8	10	14	13	13	12	13	المanganese
4	4	4	4	5	7	7	8	7	8	المغنيسيوم
341	345	352	351	347	367	376	381	378	381	النيكل
11	11	9	10	9	25	26	27	24	25	النحاس
32	34	32	31	32	38	37	39	40	38	الزنك
127	129	132	127	129	147	146	148	149	148	السيلينيوم
1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	البروم
22	22	21	22	22	17	17	17	17	17	القصدير
7	6	6	6	7	6	6	5	5	6	الباريوم
4	2	2	1	5	4	3	2	1	3	

الجدول (4-2): نتائج تحليل العينة رقم 1

توزيع العناصر في العينة رقم (2) كلما كان خطأ التحليل يساوي 10%										
توزيع العناصر في الجزء الملبه (ppm)					توزيع العناصر في الجزء المصايبه (ppm)					العنصر
محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	
1300	1500	1900	0	338	450	0	456	0	738	الصوديوم
369	348	449	245	417	164	330	248	175	241	المغنيسيوم
572	608	594	592	595	752	731	747	738	742	الكلسيوم
1900	1900	1900	1900	1900	1100	1000	1000	1000	1000	المنغنيز
2400	2400	2400	2400	2400	2800	2800	2800	2800	2800	الحديد
2600	2600	2600	2500	2600	1400	1500	1500	1500	1500	الفلور
2100	2100	2100	2100	2100	1300	1300	1300	1200	1200	البوتاسيوم
3900	3800	3800	3800	3900	3900	3900	3900	3900	3900	الفسفور
0	0	2	2	4	1	0	2	2	2	الزنك
14	15	9	11	9	15	13	10	14	12	النيكل
6	6	6	4	4	9	8	7	7	7	البرومين
7	8	7	9	8	8	8	8	8	7	الكلور
3	3	3	4	3	4	5	6	4	5	الموليبدينوم
330	333	329	333	332	366	366	367	364	365	المنغنيز
19	19	18	20	18	40	39	39	40	39	النيكل
39	36	39	39	39	53	54	52	55	54	النيحاس
168	170	171	169	171	222	219	223	224	224	الزنك
1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	الموليبدينوم
7	7	7	7	6	7	7	6	6	7	البرومين
3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	الكلور
2	1	1	1	2	3	1	2	0	2	الموليبدينوم

الجدول (3-4): نتائج تحليل العينة رقم 2

تراخيص العناصر في العينة رقم (3) علما بأن خطأ التحليل يساوي 10%										
تراخيص العناصر في الجزء الصلب (ppm)					تراخيص العناصر في الجزء السائل (ppm)					العنصر
محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	
4200	4700	5100	7000	4600	10200	12300	9100	10500	10500	الحديد
230	199	318	324	480	516	452	208	494	248	المنغنيز
957	948	978	968	964	1000	1100	1000	1000	1000	النيكل
756	743	758	745	767	804	814	800	818	820	القصدير
2400	2400	2400	2400	2400	1900	1900	1900	1900	1900	الزئبق
10600	10600	10700	10600	10700	22900	22900	22800	22900	22900	الكلور
572	562	564	571	569	629	639	636	637	634	البوتاسيوم
3300	3200	3200	3200	3300	2200	2200	2200	2200	2200	الفلور
6	4	0	0	3	1	1	3	2	1	النيون
14	19	12	20	13	26	30	28	27	22	النيون
22	23	22	20	23	19	21	18	19	22	النيون
19	20	21	20	20	19	20	21	21	19	النيون
8	8	7	9	8	12	12	11	13	12	النيون
583	577	579	582	580	1200	1200	1200	1200	1300	النيون
43	42	40	43	42	28	27	28	27	30	النيون
35	37	38	35	36	45	42	41	41	41	النيون
159	161	162	160	158	122	117	120	123	120	النيون
1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	النيون
7	8	6	6	7	8	7	7	7	7	النيون
3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	النيون
0	0	1	1	2	0	3	1	2	1	النيون

الجدول (4-4): نتائج تحليل العينة رقم 3

تراخييز العناصر في العينة رقم (4) علما بان خطأ التحليل يساوي 10%										
تراخييز العناصر في الجزء الصلب (ppm)					تراخييز العناصر في الجزء المصهور (ppm)					العنصر
محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	
9800	7400	10400	9100	7600	10400	10400	9100	8700	12600	النيوبيوم
447	441	183	429	291	271	419	421	253	433	المغنيسيوم
1100	1100	1000	1000	1000	815	799	812	803	811	النيكلون
572	575	578	583	584	473	463	470	461	466	الفسفور
1700	1700	1700	1700	1700	1500	1500	1500	1500	1500	النيوبيوم
21700	21700	21800	21700	21700	24700	24600	24800	24600	25000	الكروم
1000	1100	1100	1000	1000	1200	1200	1200	1200	1200	النيوتاسيوم
3700	3700	3700	3700	3700	4500	4500	4500	4500	4500	الكالسيوم
2	4	5	2	1	2	2	2	4	1	المنغنيز
10	13	13	10	8	24	21	21	18	19	الكوبالت
5	5	5	4	4	7	5	8	7	7	النيوبيوم
7	8	7	6	6	6	6	6	6	6	النيوبيوم
5	4	5	4	4	2	2	3	3	4	النيوبيوم
328	328	332	330	331	658	659	656	659	659	النيوبيوم
11	13	12	13	11	15	15	13	13	12	النيكل
25	25	24	25	26	19	20	20	21	18	النيحاس
79	76	75	74	76	81	82	80	79	80	النيكل
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	النيوبيوم
10	9	10	9	10	13	13	13	13	13	النيوبيوم
3	2	3	3	3	4	4	4	4	4	النيوبيوم
1	0	0	0	0	0	0	2	1	1	النيوبيوم

الجدول (4-5): نتائج تحليل العينة رقم 4

تراكيز العناصر في العينة رقم (5) علما بأن خطأ التحليل يساوي 10%										
تركيز العناصر في الجزء الصلب (ppm)					تركيز العناصر في الجزء المصهور (ppm)					العنصر
محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	
8800	8200	10500	9000	6900	4300	4800	3200	5700	6700	الصوديوم
239	118	150	364	77	309	450	375	470	361	المغنيسيوم
760	747	748	772	733	593	604	634	634	596	السيوم
1000	1000	1000	1000	1000	1300	1300	1300	1300	1200	الفسفور
2200	2200	2200	2200	2200	2100	2100	2100	2100	2100	الكبريت
17900	17900	18000	17800	17800	13500	13600	13500	13500	13500	الحديد
381	372	371	365	381	832	833	835	842	852	البوتاسيوم
2600	2600	2600	2600	2600	4600	4600	4600	4600	4600	المنغنيز
4	2	0	6	3	3	3	0	4	2	الزنك
15	15	14	17	12	18	15	14	16	15	النيكل
6	5	3	4	5	10	10	12	13	14	النيكل
37	37	36	38	37	30	33	31	31	31	النيكل
4	6	5	6	4	6	5	6	6	4	النيكل
631	633	630	634	630	676	674	678	671	678	النيكل
6	8	7	7	6	60	57	57	57	62	النيكل
23	25	24	22	23	21	22	21	23	25	النيكل
113	116	113	114	115	120	120	113	122	120	النيكل
0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	النيكل
11	11	10	10	10	7	7	7	8	6	النيكل
2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	النيكل
3	7	1	1	2	4	1	4	1	1	النيكل

الجدول (4-6): نتائج تحليل العينة رقم 5

تراخيص العناصر في العينة رقم (6) علما بأن خطأ التحليل يساوي 10%										
تركيز العناصر في الجزء الصلب (ppm)					تركيز العناصر في الجزء المصايد (ppm)					العنصر
محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	
2100	1000	638	2200	1100	1000	1500	0	2900	648	الصوديوم
220	56	294	413	173	258	160	235	333	249	المغنيسيوم
614	641	634	636	622	780	784	787	778	794	السيوم
745	749	749	759	745	607	623	603	616	601	القصدير
2200	2200	2200	2300	2200	1800	1800	1800	1800	1800	الكلور
2700	2700	2700	2700	2600	2900	2800	2900	2900	2900	البوتاسيوم
903	905	900	909	900	1300	1300	1300	1300	1300	النحاس
4200	4200	4200	4300	4200	4700	4800	4700	4700	4700	الزنك
3	0	5	4	1	4	5	4	1	3	البروم
40	45	39	40	42	83	75	81	84	78	النيكل
39	36	46	41	40	41	40	35	37	35	التيترانيوم
7	6	8	9	8	0	0	0	0	0	القصدير
14	16	13	15	15	36	35	36	36	36	القصدير
1800	1800	1800	1800	1800	4300	4200	4200	4300	4200	القصدير
22	24	24	22	24	28	28	23	27	27	القصدير
26	27	30	30	26	46	48	45	48	46	القصدير
301	303	304	307	303	216	220	218	217	212	القصدير
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	القصدير
8	7	7	6	7	15	16	15	16	15	القصدير
189	188	188	189	189	132	130	132	132	132	القصدير
3	3	1	2	3	2	3	0	3	0	القصدير

الجدول (4-7): نتائج تحليل العينة رقم 6



تراكيز العناصر في العينة رقم (7) علما بأن خطأ التحليل يساوي 10%										
تركيز العناصر في الجزء الصلب (ppm)					تركيز العناصر في الجزء المصايد (ppm)					العنصر
محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	
10200	8000	9200	6800	9300	4200	3800	4000	3900	3900	الصوديوم
248	477	312	409	504	337	117	214	366	354	المغنيسيوم
1700	1600	1700	1600	1700	735	736	715	745	738	المليخون
574	586	587	586	569	1300	1200	1200	1200	1200	القصور
1300	1300	1300	1300	1300	2300	2300	2300	2300	2300	الكبريت
21200	21200	21300	21000	21300	10000	9800	9900	9900	9900	الكلور
542	539	546	535	530	285	287	297	287	292	البوتاسيوم
2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2400	2500	2400	الكالسيوم
6	9	8	6	6	1	3	1	2	2	الفناديوم
30	24	32	22	30	12	16	14	13	13	الحوياليم
64	60	59	55	60	17	15	15	15	15	التيتانيوم
55	52	53	53	54	8	9	7	8	8	الطروم
13	15	14	14	15	9	8	9	9	8	المنغنيز
1100	1100	1100	1100	1100	793	792	798	790	804	الحديد
45	45	47	43	47	27	28	28	30	29	النيكل
41	40	38	39	42	51	49	49	47	47	النيحاس
66	68	67	64	65	123	125	119	120	119	الزنك
0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	الموليبيديوم
6	6	6	7	6	3	3	3	3	4	البروم
4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	القصدير
2	2	1	2	2	1	0	0	2	1	الباريوم

الجدول (4-8): نتائج تحليل العينة رقم 7

توازيح العناصر في العينة رقم (8) علماً بأن خطأ التحليل يساوي 10%										
تركيبة العناصر في الجزء الصلب (ppm)					تركيبة العناصر في الجزء المصايب (ppm)					العنصر
محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	محاولة رقم 5	محاولة رقم 4	محاولة رقم 3	محاولة رقم 2	محاولة رقم 1	
982	1200	578	2600	2800	2200	53	1200	3700	1300	الصوديوم
496	387	254	244	237	317	364	247	368	140	المغنيسيوم
616	587	606	592	606	583	597	590	794	585	السيوم
642	639	631	641	651	851	896	860	860	857	البوتاسيوم
2400	2400	2400	2400	2400	2200	2200	2200	2200	2200	الحديد
1800	1800	1700	1800	1800	1900	2000	1900	2000	2000	الكلور
1300	1300	1300	1300	1300	953	947	938	943	936	النيتروجين
5200	5200	5200	5200	5200	5100	5100	5100	5200	5100	الكبريت
1	0	0	0	0	1	0	2	0	0	الفوسفور
41	41	36	33	42	105	113	120	111	115	الفلور
11	14	7	11	7	21	22	13	25	20	الزنك
6	7	5	6	6	8	4	8	10	11	البروم
20	20	20	21	20	12	43	43	39	41	المنغنيز
1900	1900	1800	1900	1900	6300	6300	6200	6300	6300	المس
15	14	15	15	14	17	16	15	16	18	النيكل
23	29	29	33	30	36	34	34	35	27	النيحاس
339	338	340	338	335	320	320	314	319	318	الزئبق
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	القصدير
10	9	10	10	9	12	12	12	13	11	البروم
43	43	43	43	42	220	219	221	222	220	القصدير
47	48	51	49	46	49	46	45	48	46	الباريوم

الجدول (4-9): نتائج تحليل العينة رقم 8

العينة 8		العينة 7		العينة 6		العينة 5		العينة 4		العينة 3		العينة 2		العينة 1		العنصر
N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	
1632	1691	8700	3960	1408	1217	8680	4920	8860	10240	5120	10520	1008	329	8500	7620	الحوديوم
322	287	390	278	231	247	189	393	418	323	310	384	366	232	284	177	المغنيسيوم
601	630	1660	734	629	785	752	612	1040	808	963	1020	592	742	585	654	الليثيوم
841	865	577	1220	749	610	1000	1280	578	467	754	811	1900	1020	898	1020	القصدير
2400	2200	1300	2300	2220	1800	2200	2100	1700	1500	2400	1900	2400	2800	2120	1560	الفضة
1780	1940	21200	9900	2680	2880	17480	13520	21720	24740	10640	22880	2580	1480	18680	16900	الكلور
1300	943	638	290	903	1300	374	839	1040	1200	568	635	2100	1260	549	548	البوتاسيوم
5200	5120	2500	2460	4220	4720	2600	4600	3700	4500	3240	2200	3840	3900	3260	8060	الفلور
0	1	7	2	3	3	3	2	3	2	3	2	2	1	1	5	الزنك
39	113	28	14	41	80	15	16	11	21	16	27	12	13	7	12	النيكل
10	21	60	15	40	38	5	12	5	7	22	20	5	8	8	55	النيون
8	8	53	8	8	0	37	31	7	6	20	20	8	8	9	13	البروم
20	36	14	9	15	36	5	5	4	3	8	12	3	5	4	7	البروم
1880	6280	1100	795	1800	4240	632	675	330	658	580	1220	331	367	347	377	الحديد
15	16	45	28	23	26	7	59	12	14	42	28	19	39	10	25	النيكل
29	33	40	49	28	47	23	22	25	20	38	42	38	64	32	38	النيحاس
338	318	66	121	304	215	114	119	76	80	160	120	170	222	129	148	الزنك
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	الليثيوم
10	12	6	3	7	15	10	7	10	13	7	7	7	7	22	17	البروم
43	220	4	3	189	132	2	2	3	4	3	8	3	5	6	6	القصدير
48	47	2	1	2	2	3	2	0	1	1	1	1	2	3	3	الباريوم

الجدول (4-10): متوسط تراكيز العناصر في العينات (ppm)<sup>1</sup>

N: الجزء السليم من العينة.

T: الجزء المصاب من العينة.

<sup>1</sup> بينت نتائج التحليل آثاراً لوجود عناصر الألمنيوم، الزرنيخ والنيود، ولكن وبسبب التفاوت الكبير فسي

محولات القياس الخمس أهملت هذه العناصر.

يتضح من الجدول (4-10) أنه يمكن تقسيم العناصر الداخلة في تركيب أنسجة القولون

بجزأياها المصاب والسليم إلى ثلاثة مجموعات:

1. مجموعة العناصر عالية التركيز: وهي مجموعة العناصر التي يزيد تركيزها عن

1000 ppm وتضم عناصر الصوديوم والكبريت والكلور والكالسيوم. يوضح الجدول

(4-11) مجموعة العناصر عالية التركيز.

العنصر	العينة 1		العينة 2		العينة 3		العينة 4		العينة 5		العينة 6		العينة 7		العينة 8	
	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T
الصوديوم	8500	7620	1008	329	5120	10520	8860	10240	8680	4920	1408	1217	8700	3960	1632	1691
الكبريت	2120	1560	2400	2800	2400	1900	1700	1500	2200	2100	2220	1800	1300	2300	2400	2200
الكلور	18680	16900	2580	1480	10640	22880	21720	24740	17480	13620	2680	2880	21200	9900	1780	1940
الكالسيوم	3260	8060	3840	3900	3240	2200	3700	4500	2600	4600	4220	4720	2500	2460	5200	5120

الجدول (4-11): مجموعة العناصر عالية التركيز في القولون بجزأياها المصاب والسليم

2. مجموعة العناصر متوسطة التركيز: وهي مجموعة العناصر التي يتراوح تركيزها بين

100 ppm و 1000 ppm وتضم هذه المجموعة عناصر المغنيسيوم والسليكون

والفسفور والبوتاسيوم والحديد والزنك. يوضح الجدول (4-12) تراكيز العناصر في هذه

المجموعة.

العنصر	العينة 1		العينة 2		العينة 3		العينة 4		العينة 5		العينة 6		العينة 7		العينة 8	
	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T
المغنيسيوم	284	177	366	232	310	384	418	323	189	393	231	247	390	278	322	287
السليكون	685	654	592	742	963	1020	1040	808	752	812	629	785	1660	734	601	630
الفسفور	896	1020	1900	1020	754	811	678	467	1000	1280	749	810	577	1220	641	865
البوتاسيوم	549	548	2100	1260	588	635	1040	1200	374	839	903	1300	538	290	1300	943
الحديد	347	377	331	367	580	1220	330	658	632	675	1800	4240	1100	795	1880	6280
الزنك	129	148	170	222	160	120	76	80	114	119	304	215	66	121	338	318

الجدول (4-12): مجموعة العناصر متوسطة التركيز (ppm).

3. مجموعة العناصر متدنية التركيز: وهي مجموعة العناصر التي يقل تركيزها عن

100ppm وتضم هذه المجموعة عناصر: الفناديوم، الكوبالت، التيتانيوم، الكروم، المنغنيز،

النيكل، النحاس، السيلينيوم، البروم، القصدير، الباريوم. يوضح الجدول (4-13) تراكيز

عناصر هذه المجموعة.

العنصر	العينة 1		العينة 2		العينة 3		العينة 4		العينة 5		العينة 6		العينة 7		العينة 8	
	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T
الفناديوم	1	5	1	1	2	2	3	2	3	2	3	3	7	2	0	1
الكوبالت	7	12	12	13	16	27	11	21	15	16	41	80	28	14	39	113
التيتانيوم	8	56	5	8	22	20	5	7	5	12	40	38	60	15	10	21
الكروم	9	13	8	8	20	20	7	6	37	31	8	0	53	8	6	8
المنغنيز	4	7	3	5	8	12	4	3	5	5	15	36	14	9	20	38
النيكل	10	25	19	39	42	28	12	14	7	59	23	26	45	28	15	16
النحاس	32	38	38	54	38	42	25	20	23	22	28	47	40	49	29	33
السيلينيوم	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
البروم	22	17	7	7	7	7	10	13	10	7	7	15	6	3	10	12
القصدير	6	6	3	5	3	8	3	4	2	2	189	132	4	3	43	220
الباريوم	3	3	1	2	1	1	0	1	3	2	2	2	2	1	48	47

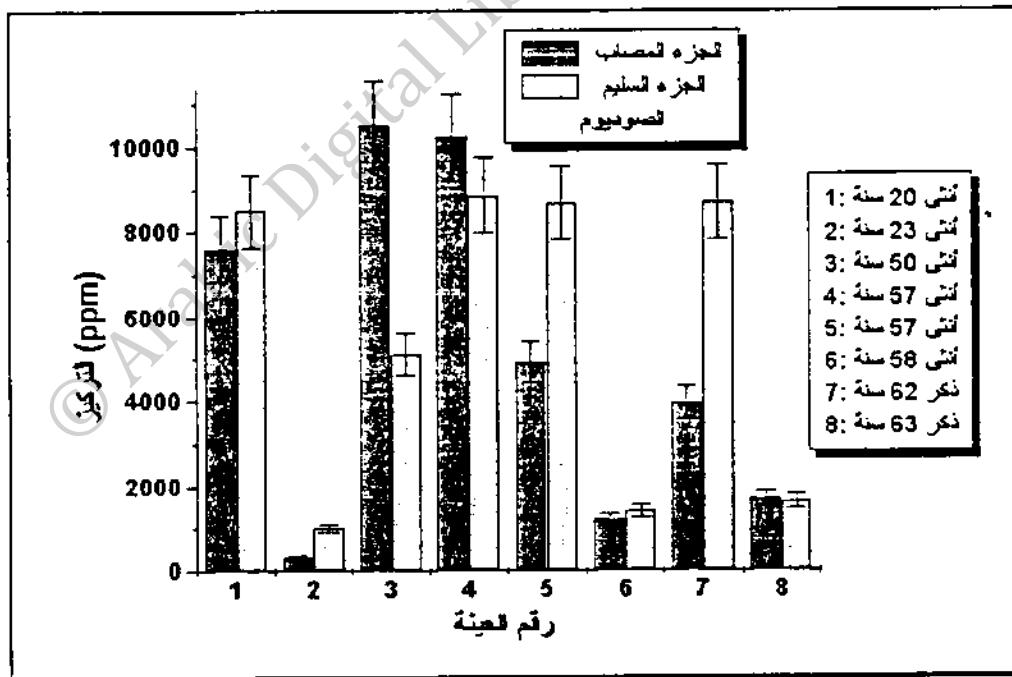
الجدول (4-13): تراكيز العناصر المتدنية (ppm).

### 4-3-1 مقارنة تراخيص العناصر بحالية الترخيز في العينات [12، 18، 19، 20]

#### الصوديوم،

يعتبر الصوديوم من أهم الشوارد الموجبة خارج الخلية، وتقدر قيمة الصوديوم الإجمالية الموجودة في جسم الإنسان بحوالي 90 غراماً موزعة على النحو التالي: خارج الخلايا 65% داخل الخلايا 10%، وفي العظام 25%.

تقدر حاجة الإنسان اليومية من الصوديوم بحوالي 5-6 غرام، وتمويله للجسم يتم بشكل طبيعي وذلك لاستخدام ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) بشكل واسع في تحضير الأغذية. يوضح الشكل (4-1) تمثيلاً بيانياً يمثل مقارنة لتركيز عنصر الصوديوم في عينات القولون بين الأجزاء المصابة بالسرطان والمجاورة السليمة.



الشكل (4-1): مقارنة تركيز عنصر الصوديوم في العينات بين جزأها المصاب والسليم

نلاحظ من الشكل السابق ما يلي:

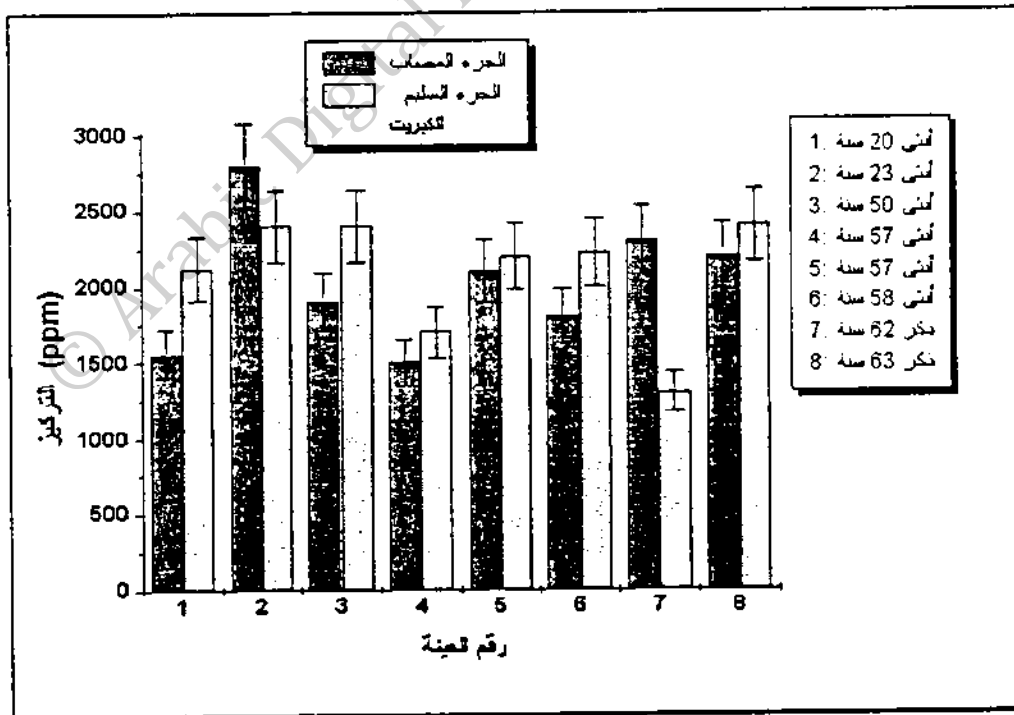
1. يتراوح تركيز عنصر الصوديوم في الجزء السليم من العينات (1008-8800) ppm.

2. تلاحظ أن تركيز الصوديوم في العينات وضمن حدود خطأ التحليل والذي يساوي تقريباً (10%) يميل إلى النقصان إذا استثنينا الشذوذ الواضح في العينتين رقم (3 و 4).

### الكبريت:

يعتبر الكبريت عاملاً مهماً في الأكسدة والاختزال عند احتراق الطعام لإنتاج الطاقة اللازمة للجسم. يعتمد الاحتياج اليومي من الكبريت على كمية البروتين في الطعام. فالغذاء الذي يحتوي 100 غرام بروتين من مختلف المصادر يمد الإنسان بحوالي 0.6-1.6 غرام من الكبريت. يوجد الكبريت في جميع المواد الغذائية المحتوية على البروتينات الحيوانية أو النباتية كاللحوم والسّمك والبيض واللبّين والحبّين والبقول والمكسرات بأنواعها.

يوضّح الشكل (2-4) مقارنة لتركيز عنصر الكبريت في عينات البحث بين الأجزاء المصابة بالسرطان والأجزاء المجاورة السليمة.



الشكل (2-4): مقارنة تركيز عنصر الكبريت في العينات بين جزأيها المصاب والسليم

من الشكل (4-2) نلاحظ ما يلي:

1. يتغير تركيز عنصر الكبريت في العينات السليمة ضمن المدى (1300-2800) ppm.
2. لا يوجد اختلاف كبير في تركيز عنصر الكبريت بين جزأي العينات المصاب والسليم إذا استثنينا الشذوذ الواضح في العينة رقم (7).

#### الكلور:

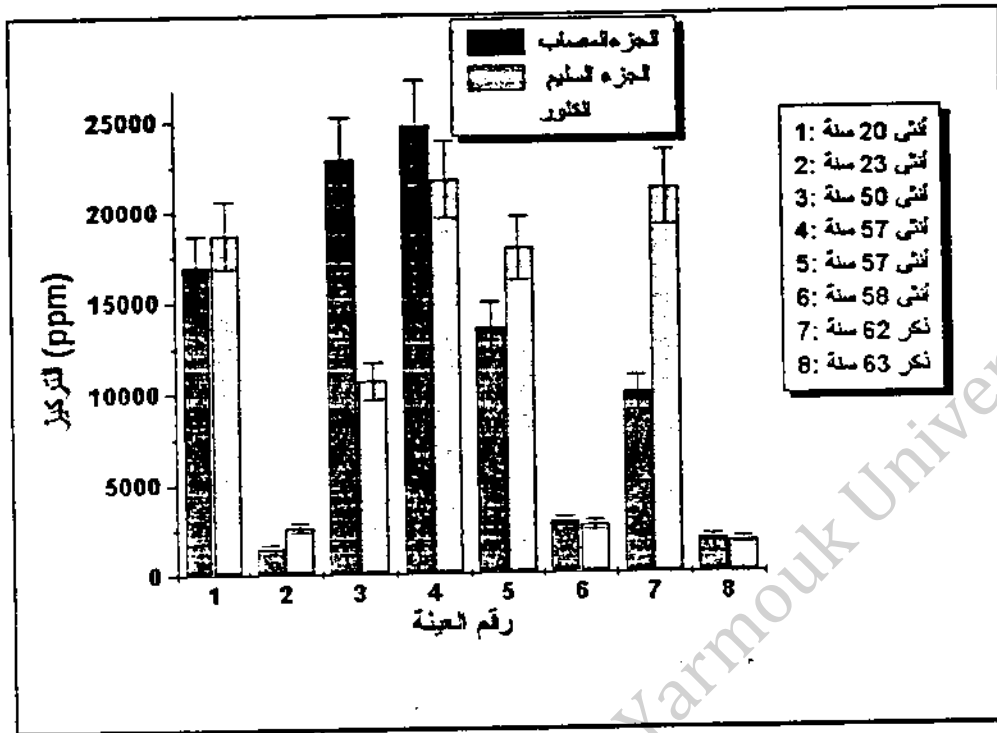
يعتبر الكلور أهم الشوارد خارج الخلية حيث يوجد الجزء الأكبر منه بسوائل خارج الخلية و15% منه داخل الخلايا. تقدر حاجة الإنسان اليومية من الكلور بحوالي 200-300 ملغم، ولما كان ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) يُستخدم بشكل واسع في تحضير الأغذية فإن تمويله للجسم من الكلور يتم بشكل طبيعي.

يعتبر الكلور مع الصوديوم عنصرين مهمين للإنسان منذ بداية الحياة، وهما عنصران سريعاً الامتصاص وسهلاً الانتزاع وتقوم الكلى بعملية امتصاصهما وطرحهما. ويعتمد قيام المعدة بدورها الطبيعي في الهضم على كلوريد الصوديوم في الدم المسؤول عن إفراز حموضة المعدة. لا يجوز الإفراط بتناول ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) فزيادته في الجسم تؤدي إلى:

- ارتفاع ضغط الدم.
- تورمات في الأنسجة.

يوضح الشكل (4-3) مقارنة لتركيز عنصر الكلور في عينات البحث بين الأجزاء المصابة بالسرطان والأجزاء المجاورة السليمة. ومن الشكل يمكن ملاحظة أن تركيز عنصر الكلور في الجزء السليم من العينات يتغير ضمن المدى (1780-21720) ppm.





الشكل (3-4): مقارنة تركيز عنصر الكلور في العينات بين جزأها المصاب السليم

بتدقيق النظر في الشكل (3-4) وملاحظة نمط تغير عنصر الكلور ومقارنة ذلك مع نمط تغير عنصر الصوديوم، الشكل (1-4). نلاحظ وجود علاقة وثيقة بين العنصرين، حيث يسلك العنصران نفس السلوك فإذا زاد تركيز الصوديوم في الجزء المصاب من العينة فإن تركيز الكلور يزيد في نفس الجزء المصاب من العينة وإذا قل فإنه يقل. ويوضح الجدول التالي طبيعة هذه العلاقة:

العنصر	العينات التي فيها نقص	العينات التي فيها زيادة	العينات التي ليس فيها اختلال
Na	7، 5، 2	3	8، 6، 4، 1
Cl	7، 5، 2	3	8، 6، 4، 1

الجدول (4-14): نمط السلوك المتشابه لتركيز عنصري الكلور والصوديوم

بتدقيق النظر أكثر في الجدول (4-10) نلاحظ أن نسبة تركيز الصوديوم إلى الكلور -إذا استثنينا العينة رقم (8) والجزء المصاب من العينات (1 و 2) يتغير ضمن المدى (36%-52%) والجدول (4-15) يوضح ذلك

رقم العينة	نسبة تركيز الصوديوم إلى الكلور في الجزء المصاب	نسبة تركيز الصوديوم إلى الكلور في الجزء السليم
1	1.09	0.46
2	0.22	0.39
3	0.46	0.48
4	0.41	0.41
5	0.36	0.49
6	0.42	0.53
7	0.37	0.41
8	1.79	0.92

الجدول (4-15): نسبة تركيز الصوديوم إلى الكلور

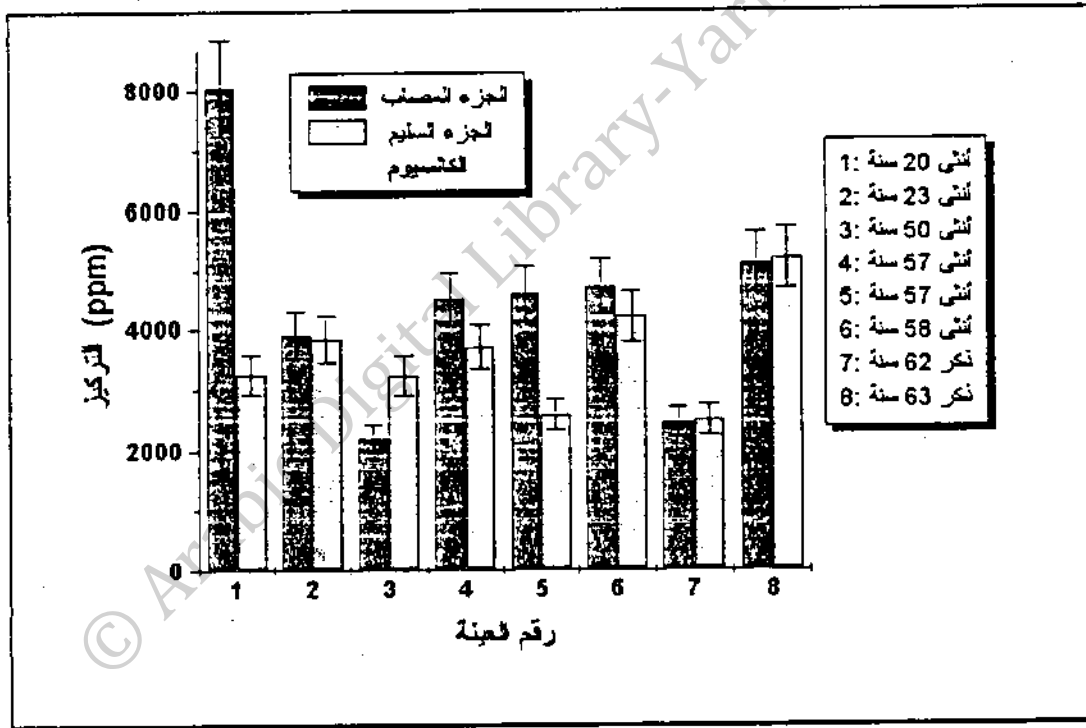
والسؤال الذي يطرح نفسه: هل من الممكن أن يلعب ملح الطعام دوراً في سرطان القولون وخاصة أن نقص ملح الطعام يترتب عليه ببطء امتصاص للسكريات في الأمعاء ؟  
الخلاصة:

يحتوي جسم الإنسان البالغ من الكالسيوم على حوالي 1.5-2 % من وزن الجسم، ويوجد 99% منه في هيكل الجسم (العظام والأسنان) بينما توجد القلة الباقية في الأنسجة الأخرى وفي السوائل خارج الخلية. وتختلف الاحتياجات اليومية من الكالسيوم حسب طبيعة الشخص الفسيولوجية حيث تقدر الحاجة اليومية من الكالسيوم بحوالي:

- 1 غرام للشخص البالغ.
- 1.5 غرام للسيدات أثناء الحمل، و2 غرام أثناء الرضاعة.
- 2 غرام للأطفال أثناء فترة النمو وتكوين الأسنان.

وهذه الكميات يستطيع الإنسان الحصول عليها يومياً بتناول نصف كوب لبن، أو قطعة من الجبن أو بيضة واحدة. والمصادر الغذائية للكالسيوم كثيرة ومتنوعة ومن أمثلتها: الحليب ومشتقاته، صفار البيض، الحبوب والبقول الجافة.

للكالسيوم عمل مهم في جسم الإنسان فهو مادة الحياة التي تُبنى منها الأجزاء الصلبة من الجسم مثل العظام والأسنان، لذلك فإن نقص الكالسيوم يؤدي إلى مرض الكساح عند الأطفال، ولين العظام عند البالغين، وتأخر نمو الجسم بشكل عام. ويوضح الشكل (4-4) مقارنة لتركيز عنصر الكالسيوم في عينات البحث بين الأجزاء المصابة بالسرطان والأجزاء المجاورة السليمة.



الشكل (4-4): مقارنة تركيز عنصر الكالسيوم في العينات بين جزأيها المصاب السليم

من الشكل (4-4) نلاحظ ما يلي:

1. يتغير تركيز عنصر الكالسيوم في الجزء السليم من العينات ضمن المدى

(2200-5200) ppm.

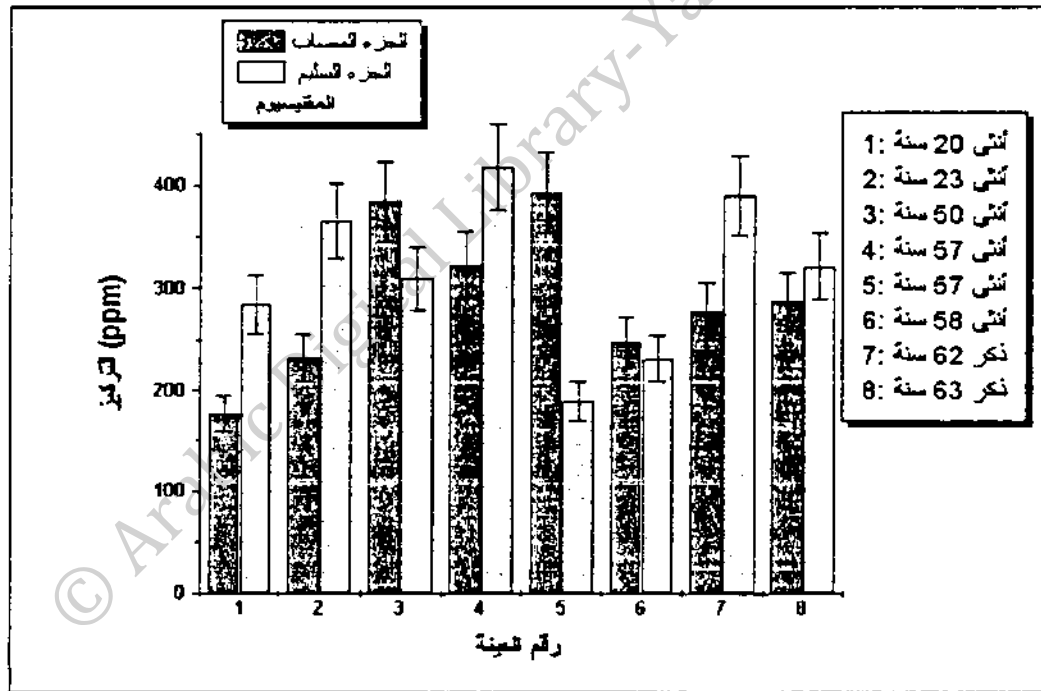
2. لا يوجد اختلاف كبير في تركيز عنصر الكالسيوم بين جزأي العينات المصاب والسليم. ولكن هناك ميل للزيادة في تركيز عنصر الكالسيوم في الجزء المصاب من العينات ولكن ذلك واقع ضمن خطأ الجهاز. وهذه النتيجة لا تتطابق مع ما هو معروف عن عنصر الكالسيوم، حيث يُعتقد أن الخلايا الخبيثة تتميز بنقص عنصر الكالسيوم بجدار الخلية مما يزيد لزوجتها وفقدان المقدرة على الالتصاق، حيث تساعد هذه الخاصية خلايا الورم في الابتعاد بعضها عن بعض مما يمكن الخلايا المتحركة من غزو الأنسجة الطبيعية. أما فيما يتعلق بسرطان القولون فمعظم الآراء العلمية تشير إلى أن تناول كميات من الكالسيوم يساهم في تحسين حالة بعض المصابين ويلعب دوراً في عدم عودة سرطان القولون اليهم أما كيف يساعد الكالسيوم على ذلك فهو أمر غير واضح. [4,2]

عند البدء بهذا البحث كنا نتوقع من النتائج أن تدعم هذه النظريات وذلك بأن نجد اختلافاً ونقصاً كبيراً في تركيز عنصر الكالسيوم في الجزء المصاب من العينات، ولكن وكما نلاحظ من النتائج أن تركيز عنصر الكالسيوم متقارب في العينات بين جزأها المصاب والسليم، ومع ذلك يبقى ارتباط الكالسيوم بسرطان القولون ارتباطاً وثيقاً.

#### 2-3-4 مقارنة تراكيز العناصر متوسطة التركيز، [20, 19, 18, 12]

##### المغنيسيوم:

يعتبر المغنيسيوم من الشوارد الموجبة داخل الخلية، حيث يوجد 50% من المغنيسيوم بالهيكل العظمي مرتبطاً بالفوسفات والبيكربونات. تقدر حاجة الجسم اليومية منه بحوالي (200-300) ملغم. ويوجد المغنيسيوم في البقول والحبوب واللبن واللحوم والخضر بأنواعها. يُبين الشكل (4-5) مقارنة لتركيز عنصر المغنيسيوم في عينات البحث بين جزأها المصاب والمجاور السليم.



الشكل (4-5): مقارنة تركيز عنصر المغنيسيوم في العينات بين جزأها المصاب السليم.

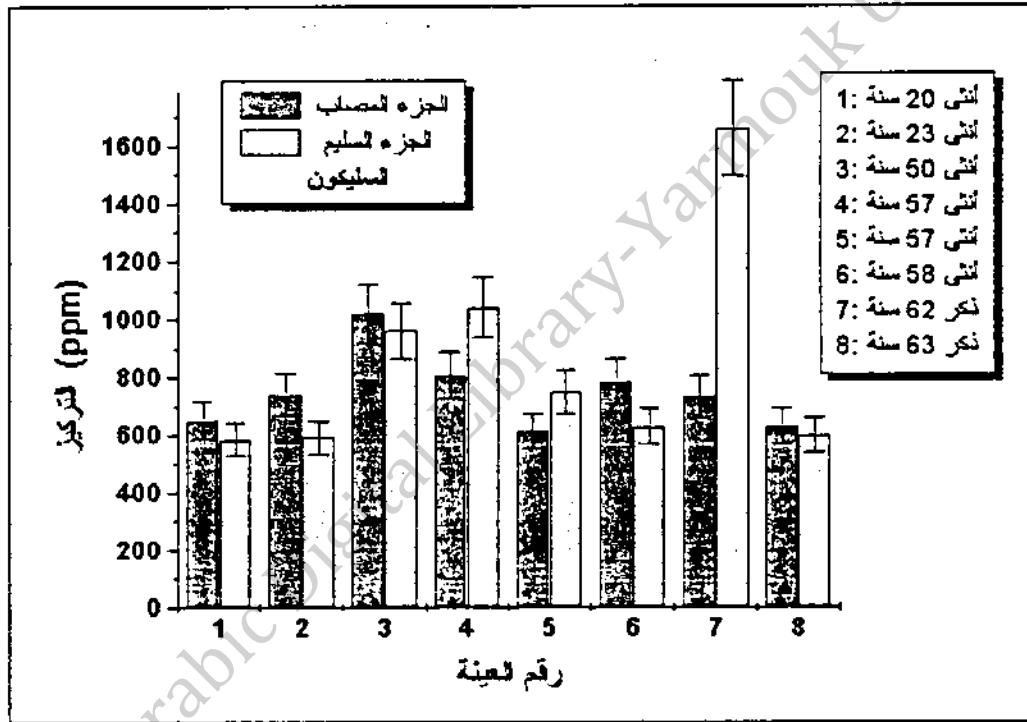
نلاحظ من الرسم البياني السابق ما يلي:

1. يتغير تركيز المغنيسيوم في الجزء السليم من العينات ضمن المدى (189-418) ppm.

2. إذا استثنينا العينتين رقم (3 و 5) فإن تركيز عنصر المغنيسيوم وضمن خطأ الجهاز يميل إلى النقصان في الجزء المصاب من العينات.

### السيليكون:

يُبين الشكل (4-6) مقارنة لتركيز عنصر السيليكون في عينات البحث بين جزأيها المصاب والمجاور السليم.



الشكل (4-6): مقارنة تركيز عنصر السيليكون في العينات بين جزأيها المصاب السليم

نلاحظ من الرسم البياني السابق ما يلي:

1. يتغير تركيز السيليكون في الجزء السليم من العينات - إذا استثنينا الجزء السليم من العينة رقم (7) - ضمن المدى (585-1040) ppm وبالتالي يمكن القول أن تركيز عنصر السيليكون وضمن حدود الخطأ للتحليل والتي تقارب (10%)، ثابت تقريباً وليس هناك علاقة لتركيزه مع العمر أو الجنس.

2. يُمكن الحكم من خلال عينات البحث-إذا استثنينا الشذوذ الواضح في العينة رقم (7)-بأن

تركيز السيليكون متساوٍ في جزأي العينات المصاب والسليم. أي أننا لا نرى اختلافاً في

تركيز عنصر السيليكون في العينات المصابة بالسرطان.

### الفوسفور،

يُعتبر الفسفور أحد مواد بناء العظام والأسنان، حيث يترسب 80% منه في العظام

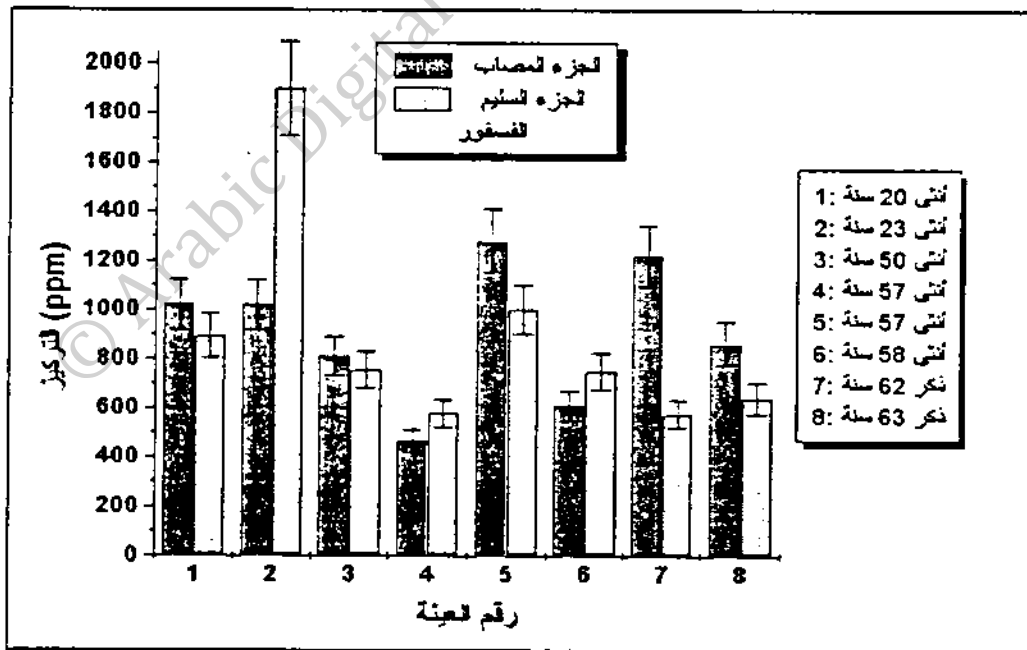
والأسنان. ونقصانه مع الكالسيوم يجعل العظام تنشأ ضعيفة لينّة، وأكثر فترة للجسم يكون فيها

بحاجة إلى الفسفور والكالسيوم هي فترة نموه بين سن (12-16) سنة، حيث تنمو العظام في

هذه الفترة بسرعة. يتراوح الاحتياج اليومي من الفسفور بين (1-1.5) غرام لكل الأعمار.

ويكفي تناول نصف كوب من اللبن أو بيضة واحدة يومياً لهذا الغرض. يُبين الشكل (4-7)

مقارنة لتركيز عنصر الفسفور في عينات البحث بين جزأيها المصاب والمجاور السليم.



الشكل (4-7): مقارنة تركيز عنصر الفسفور في العينات بين جزأيها المصاب السليم

نلاحظ من الرسم البياني السابق ما يلي:

1. يتغير تركيز الفسفور في الجزء السليم من العينات ضمن المدى ppm (577-1000) إذا

استثنينا الشذوذ الواضح في العينة رقم (2). وبالتالي يمكن القول أن تركيز عنصر الفسفور

ضمن حدود الخطأ للتحليل ثابت وليس هناك علاقة لتركيزه مع العمر أو الجنس.

2. يميل تركيز عينات الجزء المصاب إلى عشوائية التغير مقارنة مع تركيز الجزء السليم

حيث يقل تركيزه في عينة، ويزيد في أخرى.

### البوتاسيوم،

يعتبر البوتاسيوم الشاردة الموجبة الرئيسة داخل الخلايا. وتقدر كمية البوتاسيوم الإجمالية

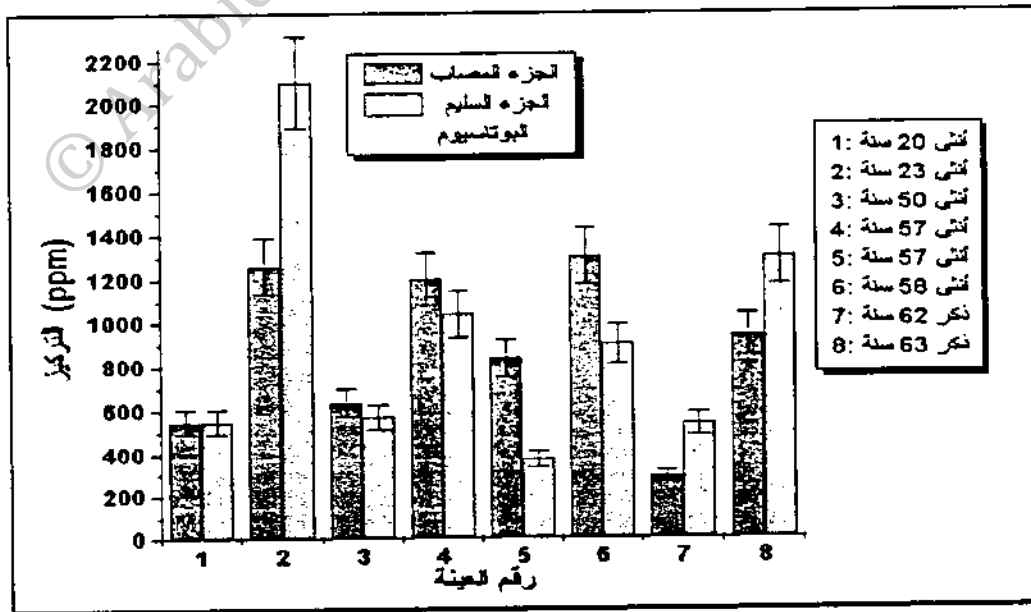
في الجسم بحوالي 134 غرام (98% داخل الخلايا، 2% خارج الخلايا). يقدر متوسط الاحتياج

اليومي من البوتاسيوم بحوالي (1-3) غرام. يحتوي الغذاء العادي على كميات ملائمة من هذا

العنصر، وتعتبر اللحوم الحمراء من أهم مصادره. إن نقص وجود البوتاسيوم في الجسم يتسبب

ببطء حركة مرور الأغذية في الأمعاء والذي يسبب بدوره الإمساك والأرق. يُبين الشكل (4-8)

مقارنة لتركيز عنصر البوتاسيوم في عينات البحث بين جزأها المصاب والمجاور السليم.



الشكل (4-8) مقارنة تركيز عنصر البوتاسيوم في العينات بين جزأها المصاب السليم



نلاحظ من مقارنة تركيز عنصر البوتاسيوم في العينات بين جزأها المصاب السليم فسي  
الرسم البياني السابق ما يلي:

1. يتغير تركيز البوتاسيوم في الجزء السليم من عينات البحث - إذا استثنينا الجزء السليم من  
العينة رقم (2) - ضمن المدى ppm (374-1300) وبالتالي يمكن القول بأنه ثابت تقريبا  
وليس هناك علاقة لتركيزه مع العمر أو الجنس.

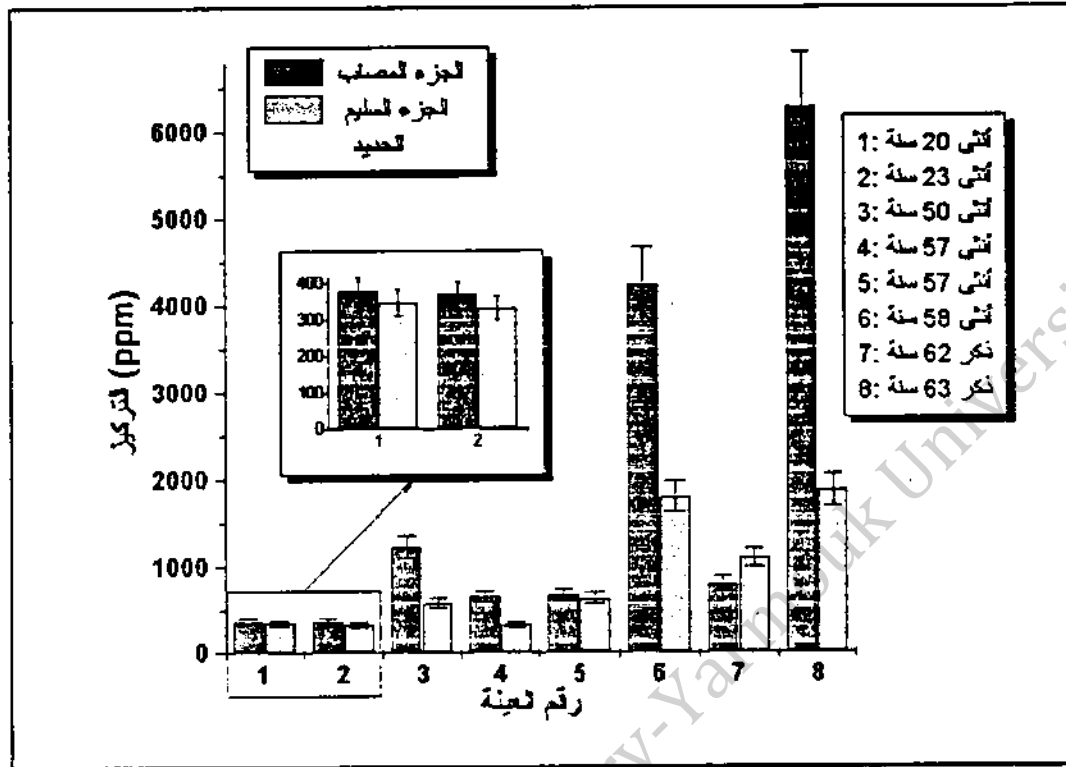
2. ليس هناك نمط محدد لسلوك تركيز عنصر البوتاسيوم في الجزء المصاب من العينات، إذ  
يقل مرة كما في العينتين (2، 7)، ومرة يزيد كما في العينتين (5، 6).

الحديد:

يحتوي جسم الإنسان البالغ ما بين (3-5) غرامات من الحديد متوزعة في الهيموغلوبين  
والأنزيمات والأنسجة. ويوجد حوالي 70% من الحديد متحدا مع هيموجلوبين الدم.  
ويخزن 26% منه في الكبد والباقي في العضلات.

يحتاج الجسم إلى كميات ضئيلة من الحديد فهي لا تتعدى (10-15) ملغم في اليوم،  
ويكفي للحصول عليها أن يأكل الإنسان أي نوع من الخضروات بأي كمية. أما مصادر الحديد  
فإن اللحوم والخضار بأنواعها تعتبر من مصادر الحديد الأساسية.

يتوقف امتصاص الحديد في الأمعاء على احتياج الجسم مثل الكالسيوم تماما. فإذا كان  
الجسم مكتفيا يتم التخلص من الكميات الزائدة منه عن طريق السبراز. ويبين الشكل (4-9)  
مقارنة لتركيز عنصر الحديد في عينات البحث بين جزأها المصاب والمجاور السليم.



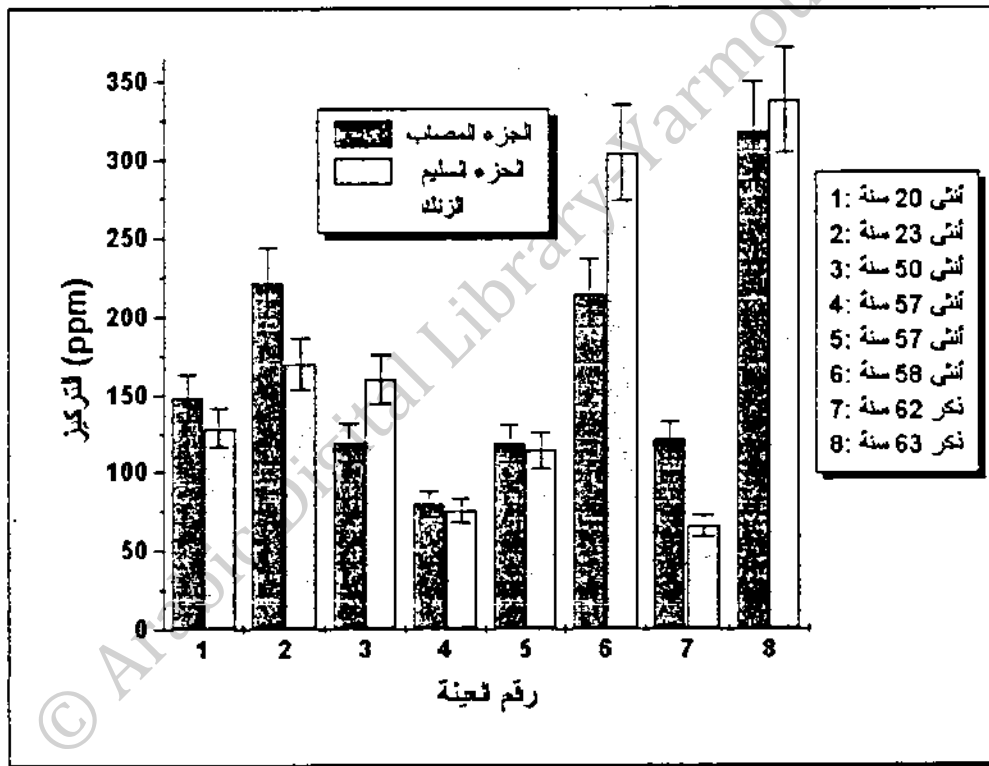
الشكل (4-9): مقارنة تركيز عنصر الحديد في العينات بين جزأها المصاب السليم

نلاحظ من الرسم البياني السابق ما يلي:

1. يتغير تركيز الحديد في الجزء السليم من العينات ضمن المدى (330-1880) ppm وهذا المدى الواسع من التغير يوحي بشذوذ تركيز عنصر الحديد في العينات.
2. يُمكن القول وضمن حدود خطأ التحليل أن تركيز عنصر الحديد يميل إلى الزيادة في الجزء المصاب من العينات حيث يُلاحظ زيادة واضحة في تركيز عنصر الحديد في الجزء المصاب من العينات ذات الأرقام (3، 4، 6، 8)، مع ملاحظة شذوذ العينة رقم (7). وهذا يتفق مع الرأي الطبي الذي يقول بأن الخلايا السرطانية تتميز بنقص استهلاك الحديد فيها.
3. إذا استثنينا الشذوذ في العينتين (4) و(7) فإن الشكل (4-9) يوحي بعلاقة طردية لعنصر الحديد مع السن.

## الزنك

تبلغ حاجة الإنسان اليومية من الزنك حوالي (10-15) ملغم، وهو ضروري للجسم وخاصة الغدة الدرقية والغدد التناسلية. يوجد الزنك في معظم أنسجة الجسم خاصة الكبد والعضلات. أما مصادر الزنك فهي اللبن والأسماك ذات الأصداف والقمح وصفار البيض والمكسرات بشكل عام. يُبين الشكل (4-10) مقارنة لتركيز عنصر الزنك في عينات البحث بين جزأها المصاب والمجاور السليم.



الشكل (4-10): مقارنة تركيز عنصر الزنك في العينات بين جزأها المصاب السليم

نلاحظ من الشكل السابق ما يلي:

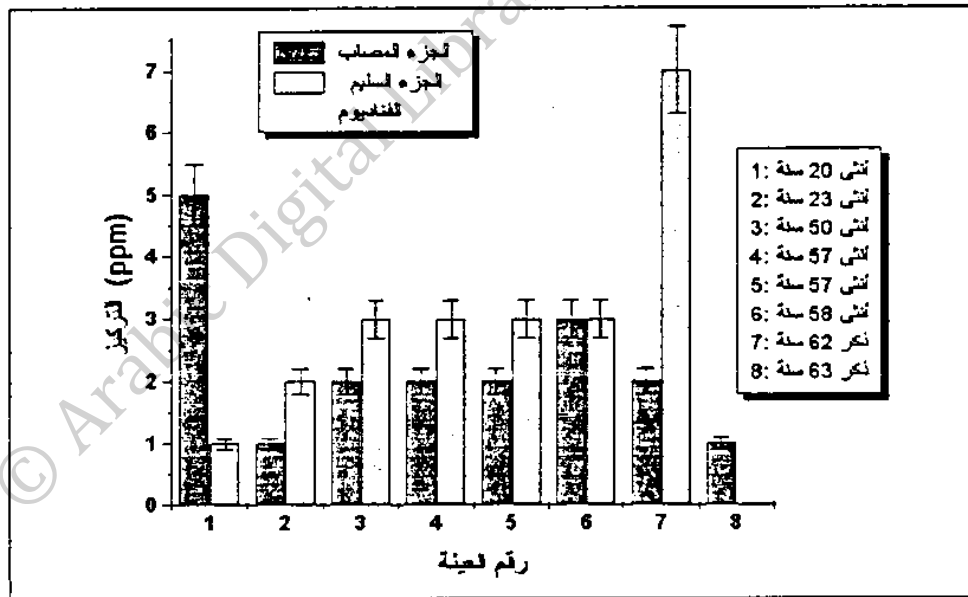
1. يتغير تركيز الزنك في الجزء السليم من العينات ضمن المدى (338-66) ppm .
2. ليس هناك نمط محدد لسلوك تركيز عنصر الزنك في الجزء المصاب من العينات، إذ يزيد مرة كما في العيّنين (2، 7)، ومرة يقل كما في العيّنين (3، 6).

### 3-3-4 مقارنة تراكيز العناصر الأثرية:

توجد العناصر الأثرية (Traces) في الجسم بنسب ضئيلة، ويحتاج الجسم إلى الأملاح المعدنية التي تحوي هذه العناصر بكميات قليلة. وهذا لا يعني أن الجسم ليس في حاجة لهذه الأملاح أو أنها ليست ذات أهمية، فلكل منها وظيفته الهامة وتأثيره الخاص على الجسم. معظم هذه العناصر الأثرية موجودة في الطعام بما يكفل للجسم حاجته.

الفناديوم:

يبين الشكل (4-11) مقارنة لتركيز عنصر الفناديوم في عينات البحث بين جزأها المصاب والمجاور السليم.



الشكل (4-11): مقارنة تركيز عنصر الفناديوم في العينات بين جزأها المصاب والسليم

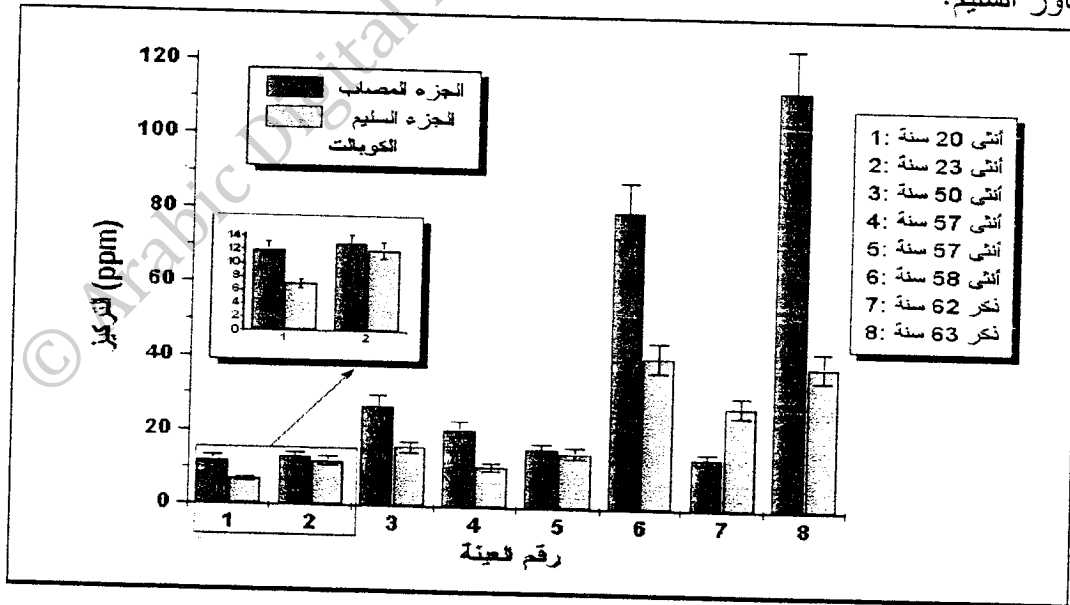
نلاحظ من الرسم البياني السابق ما يلي:

1. يقل تركيز عنصر الفناديوم في معظم العينات عن ppm (100) ويتراوح تركيزه بين (0-7) ppm، ويمكن القول وضمن حدود خطأ التحليل أن تركيز عنصر الفناديوم ثابت تقريباً وليس هناك علاقة لتركيزه مع العمر أو الجنس.

2. يمكن القول وضمن حدود خطأ التحليل أن تركيز عنصر الفناديوم يميل إلى النقصان في الجزء المصاب من العينات، حيث يُلاحظ ذلك في الجزء المصاب من العينات ذات الأرقلم (2)، (3، 4، 5، 7)، مع ملاحظة شذوذ العينة رقم (1) والعينة رقم (8).  
3. الشذوذ الواضح في سلوك العينات (1) و (7)، حيث يُلاحظ نقص حاد في تركيز عنصر الفناديوم في الجزء المصاب من العينة رقم (7)، والعكس بالنسبة للعينة رقم (1).

#### الكوبالت:

يُبين الشكل (4-12) مقارنة تركيز عنصر الكوبالت في عينات البحث بين جزأيها المصاب والمجاور السليم.



الشكل (4-12): مقارنة تركيز عنصر الكوبالت في العينات بين جزأيها المصاب والسليم

نلاحظ من الرسم البياني السابق ما يلي:

1. يتغير تركيز الكوبالت ضمن المدى ppm (7-113) وهذا المدى الواسع من التغير يوحي بشذوذ تركيز عنصر الكوبالت في العينات. إذا استثنينا الشذوذ في العينتين (3) و (7) فلن

الشكل (4-13) يوحي بعلاقة طردنية لعنصر الكوبالت مع السن.

2. يمكن القول وضمن حدود خطأ التحليل أن تركيز عنصر الكوبالت يميل إلى الزيادة في الجزء

المصاب من العينات، حيث يُلاحظ زيادة واضحة في تركيز عنصر الكوبالت في الجزء

المصاب من العينات ذات الأرقام (1، 3، 4، 6، 8)، مع ملاحظة شذوذ العينة رقم (7).

3. يسلك عنصر الكوبالت سلوكاً مشابهاً تماماً لسلوك عنصر الحديد وفي جميع العينات ( إذا

استثنينا العينة رقم (1) وذلك لأن الزيادة فيها ضمن خطأ الجهاز)، انظر الشكل (4-13)

والشكل (4-9). يوضح الجدول (4-16) نمط السلوك المتشابه بين الحديد والكوبالت.

العنصر	نقص تركيز في الجزء المصاب من العينات رقم	زيادة تركيز في الجزء المصاب من العينات رقم	العينات التي ليس فيها اختلال
الحديد	7	8.6.4.3	5.2.1
الكوبالت	7	8.6.4.3.1	5.2

الجدول (4-16): مقارنة تركيز عنصري الحديد والكوبالت في العينات

وعند العودة إلى الجدول (4-10) نلاحظ أن النسبة بين تركيز الكوبالت إلى تركيز الحديد

( $R_{Co/Fe}$ ) تقريباً ثابتة (3%) والجدول التالي يوضح ذلك.

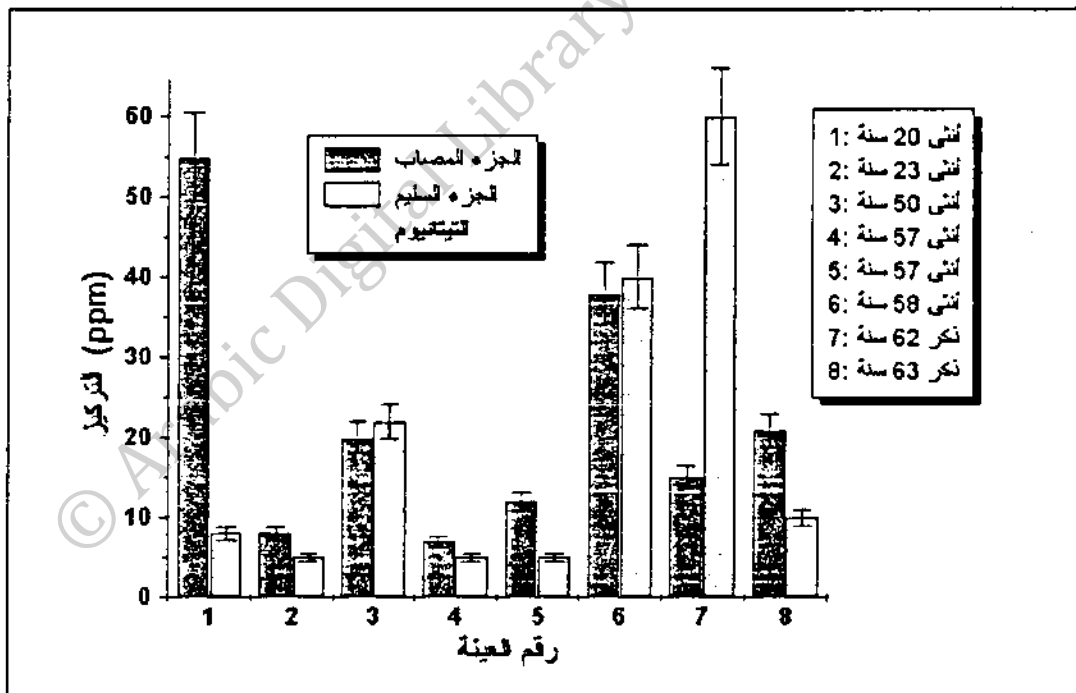
رقم العينة	1	2	3	4	5	6	7	8
$(R_{Co/Fe})_T$	0.032	0.035	0.022	0.032	0.024	0.019	0.018	0.018
$(R_{Co/Fe})_N$	0.020	0.036	0.028	0.033	0.023	0.023	0.025	0.021

الجدول (4-17): نسبة تركيز الكوبالت إلى تركيز الحديد  $R_{Co/Fe}$ : (T المصاب و N السليم)

## التيتانيوم:

تُقَدَّر نسبة التيتانيوم الموجودة في جسم الإنسان بـ (2.2) غرام وأكثر وجوده في الكبد والبنكرياس والكلية والعظام والعين وغدة البروستات والجلد والشعر والأظافر. يلعب التيتانيوم دوراً بارزاً في عملية النمو العامة للجسم خاصة في نمو الأجهزة التناسلية، وهو يعتبر مانعاً للقزامة. كما يعتبر ذا أهمية بالغة في سرعة التئام الجروح وشفائها وفي منع الإصابة بمرض فقر الدم. ويوجد معدن التيتانيوم في اللحوم الحمراء وفي البيض والأسماك والبنسق.

يُبين الشكل (4-13) مقارنة لتركيز عنصر التيتانيوم في عينات البحث بين جزأها المصاب والمجاور السليم.



الشكل (4-13): مقارنة تركيز عنصر التيتانيوم في العينات بين جزأها المصاب والسليم

نلاحظ من الرسم البياني السابق ما يلي:

1. يتغير تركيز التيتانيوم ضمن المدى ppm (5-55) وهذا المدى الواسع من التغير يوحي بعدم

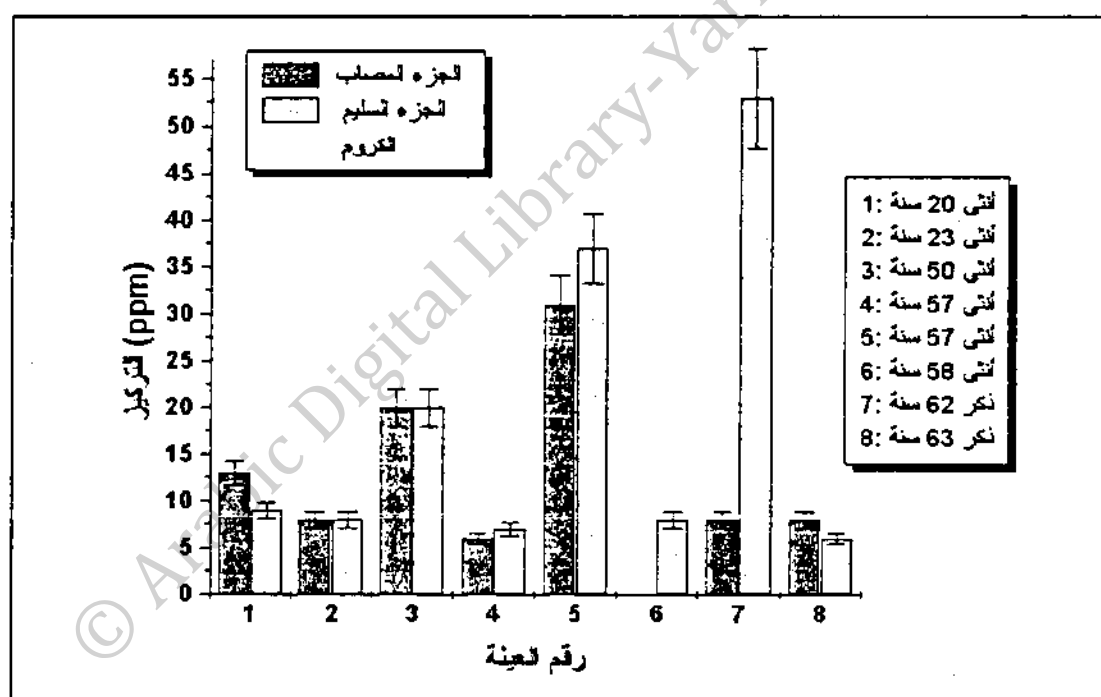
وجود علاقة بين تركيز عنصر التيتانيوم والعمر أو الجنس.

2. يُمكن القول وضمن حدود خطأ التحليل أن تركيز عنصر التيتانيوم يميل إلى الزيادة في الجزء المصاب من العينات حيث يُلاحظ زيادة واضحة في تركيز عنصر التيتانيوم في الجزء المصاب من العينات ذات الأرقام (1، 2، 4، 5، 8)، مع ملاحظة شذوذ العينة رقم (7).

الكروم،

يُبين الشكل (4-14) مقارنة لتركيز عنصر الكروم في عينات البحث بين جزأها المصاب

والمجاور السليم.



الشكل (4-14): مقارنة تركيز عنصر الكروم في العينات بين جزأها المصاب والسليم

نلاحظ من الرسم البياني السابق ما يلي:

1. يتراوح تركيز عنصر الكروم في العينات في جزئها السليم بين (0-53) ppm. يُمكن القول وضمن حدود الخطأ أن تركيز عنصر الكروم ثابت تقريباً وليس هناك علاقة لتركيزه مع العمر أو الجنس.

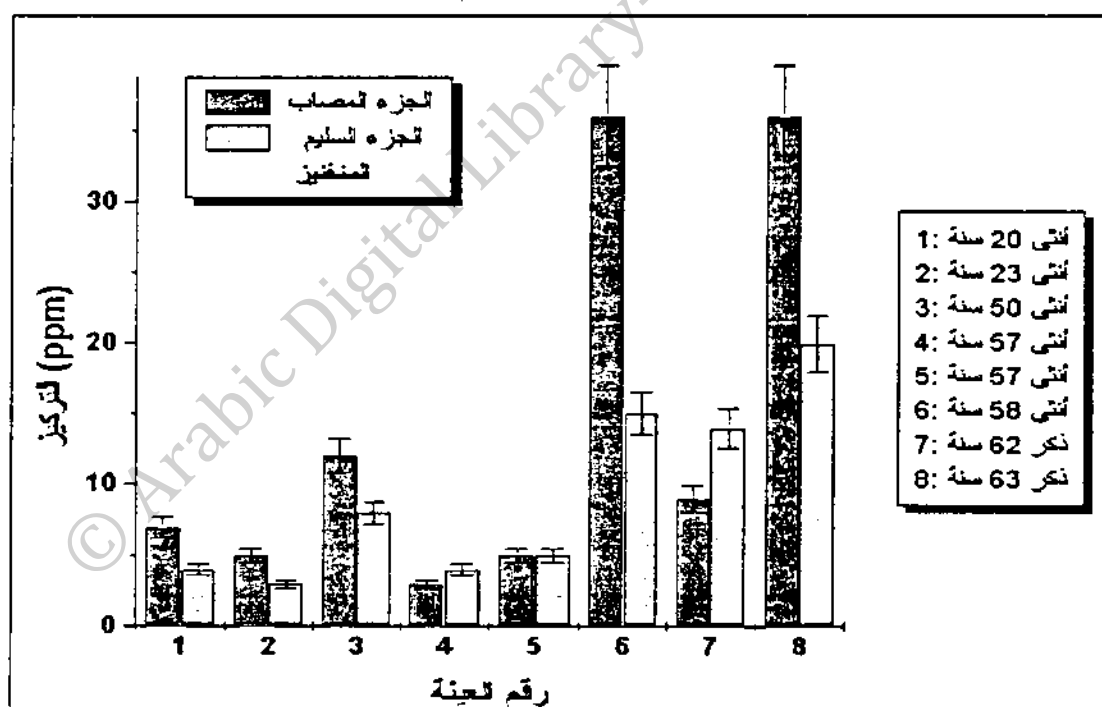


2. يُمكن القول وضمن خطأ الجهاز أن تركيز عنصر الكروم متشابه بين الجزأين المصاب والسليم في العينة الواحدة.

3. الشذوذ الواضح في سلوك العينة رقم (7) -الذي لاحظناه سابقاً في حالة العناصر الأخرى- والعينة رقم (6)، حيث يُلاحظ نقص حاد في تركيز عنصر الكروم في الجزء المصاب من كل منها.

المنغنيز:

يُبين الشكل (4-15) مقارنة لتركيز عنصر المنغنيز في عينات البحث بين جزأها المصاب والمجاور السليم.



الشكل (4-15): مقارنة تركيز عنصر المنغنيز في العينات بين جزأها المصاب والسليم

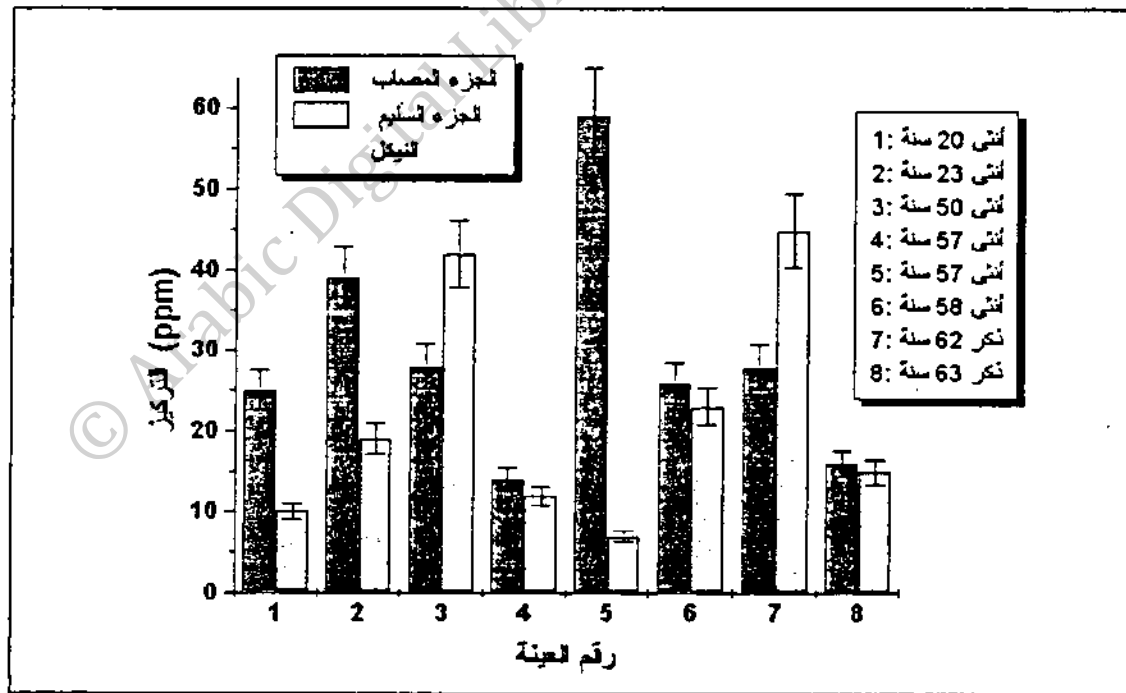
نلاحظ من الرسم البياني السابق ما يلي:

1. يتغير تركيز المنغنيز في الجزء السليم من جميع العينات ضمن المدى ppm (3-36).

2. يمكن القول وضمن حدود الخطأ أن تركيز عنصر المنغنيز يميل إلى الزيادة في الجزء المصاب من العينات، حيث يُلاحظ زيادة في التركيز في الجزء المصاب من العينات ذات الأرقام (1، 2، 3، 6 و 8)، مع ملاحظة شذوذ في العينات (4 و 5 و 7).
3. يسلك عنصر المنغنيز سلوكاً مشابهاً تماماً لسلوك كل من عنصري الحديد والكوبالت في جميع العينات (إذا استثنينا العينة رقم (4) ، فالزيادة في تركيز الحديد الجزء المصاب يُصاحبها زيادة في تركيز الكوبالت والمنغنيز، انظر الأشكال (4-9)، (4-13)، و(4-16) التي تبين ذلك.

النّيكل:

يُبين الشكل (4-16) مقارنة لتركيز عنصر النيكل في عينات البحث بين جزأَيْها المصاب والمجاور السليم.



الشكل (4-16): مقارنة تركيز عنصر النيكل في العينات بين جزأَيْها المصاب والسليم

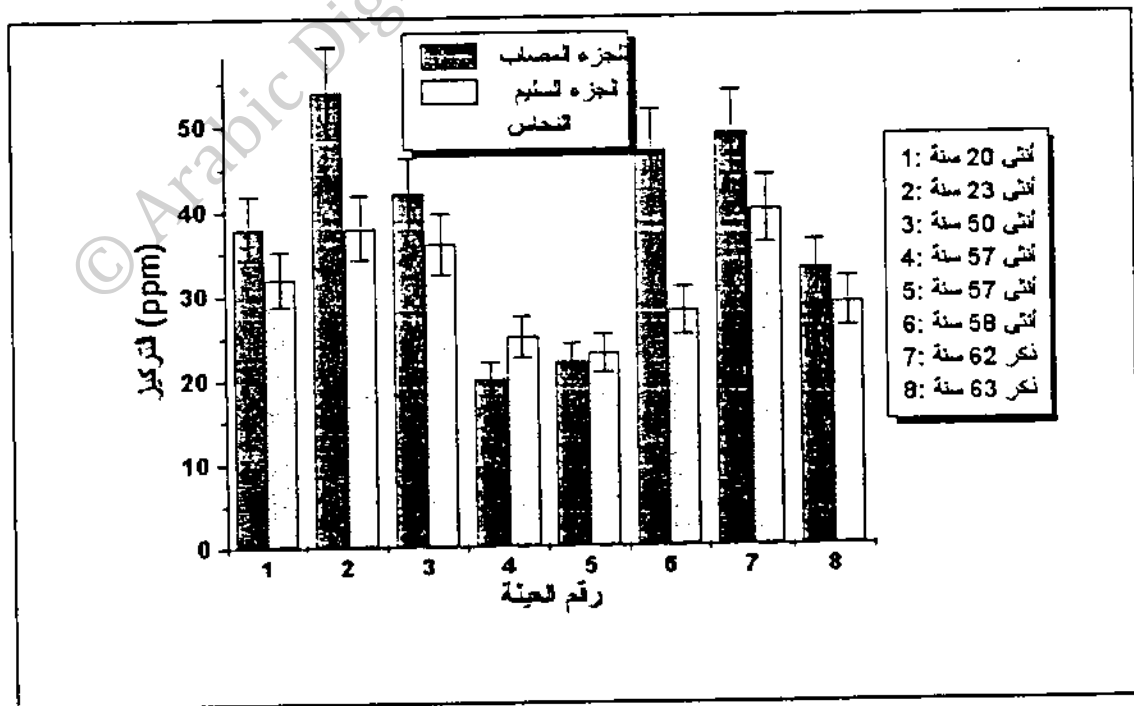
تُلاحظ من الرسم البياني السابق ما يلي:

1. يتغير تركيز النيكل في الجزء السليم من العينات ضمن المدى ppm (45-7).

2. يميل تركيز عنصر النيكل إلى الزيادة في الجزء المصاب من العينات حيث يلاحظ زيادة واضحة في تركيز عنصر النيكل في الجزء المصاب من العينات ذات الأرقام (1، 2، 4، 5، 6، 8)، مع ملاحظة شذوذ العينة رقم (7).

#### النحاس:

يوجد النحاس في معظم أنسجة الجسم ويوجد بكثرة في الكبد والمخ والكليتين. تقدر حاجة الإنسان اليومية من النحاس بحوالي (2-5) ملغم، ويعتبر الكبد ولحم الدجاج والفراولة والمكسرات من أهم المصادر للحصول عليه. إن نقص عنصرَي الحديد والنحاس يؤدي إلى تآكل العظام ونقصان محتواها المعدني و في الوقت ذاته تصبح عملية امتصاص المواد الغذائية المهضومة من الجزء الأخير من الأمعاء صعبة. ويترتب على ذلك نقص النمو وتأخره مع تدهور حالة المريض لعدم استفادته من غذائه. يبين الشكل (4-17) مقارنة لتركيز عنصر النحاس في عينات البحث بين جزأَيها المصاب والمجاور السليم.



الشكل (4-17): مقارنة تركيز عنصر النحاس في العينات بين جزأَيها المصاب والسليم

نلاحظ من الرسم البياني السابق ما يلي:

1. يتغير تركيز النحاس في الجزء السليم من العينات ضمن المدى (20-40) ppm.
2. إذا استثنينا الشذوذ في العينتين (2) و (6)، فإنه يمكن القول وضمن حدود الخطأ أنه لا يوجد اختلاف في تركيز عنصر النحاس بين جزأي العينات المصاب والسليم.

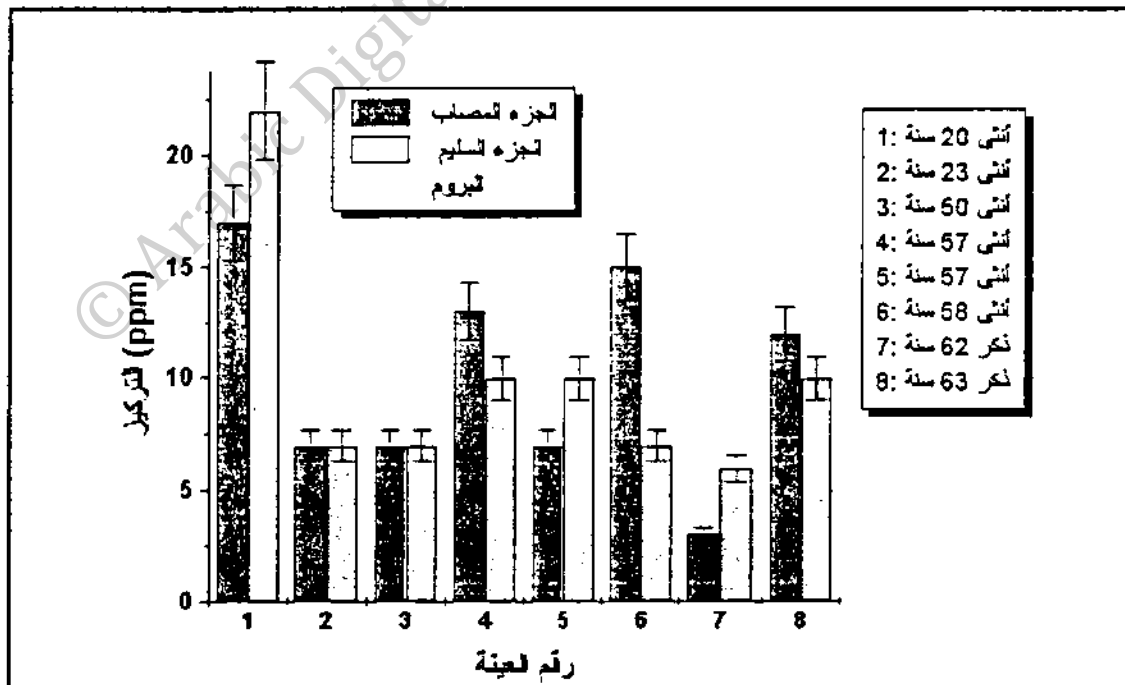
السيليเนียม:

- السيليเนียม هو الأقل تركيزاً من بين العناصر الاثنية، إذ يتذبذب تركيزه بين (0) و (1) وهذا واقع ضمن خطأ الجهاز وبالتالي لا يمكننا مقارنة تركيز عنصر السيليเนียม في عينات البحث .

البروم:

يُبين الشكل (4-18) مقارنة لتركيز عنصر البروم في عينات البحث بين جزأيها المصاب

والمجاور السليم.



الشكل (4-18): مقارنة تركيز عنصر البروم في العينات بين جزأيها المصاب والسليم

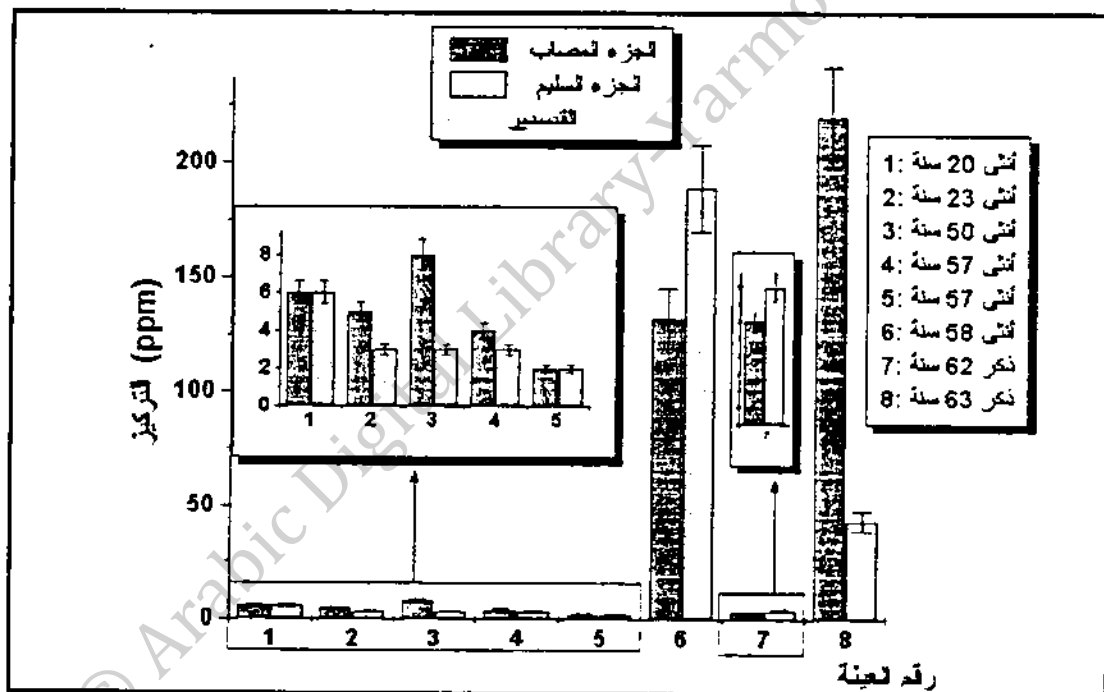
نلاحظ من الرسم البياني السابق ما يلي:

1. يتغير تركيز البروم ضمن المدى ppm (3-22).

2. يسلك تركيز عنصر البروم في الجزء المصاب من العينات سلوكاً متذبذباً حيث يلاحظ زيادة التركيز في بعض العينات ونقصه في عينات أخرى.

القصدير:

يُبين الشكل (4-19) مقارنة لتركيز عنصر القصدير في عينات البحث بين جزأَيْها المصاب والمجاور السليم.



الشكل (4-19): مقارنة تركيز عنصر القصدير في العينات بجزأَيْها المصاب والسليم

نلاحظ من الرسم البياني السابق ما يلي:

1. يتغير تركيز عنصر القصدير في الجزء السليم من العينات ضمن المدى ppm (3-8) إذا

استثنينا الشذوذ المُلفت للنظر في العيّنتين (6 و 8).

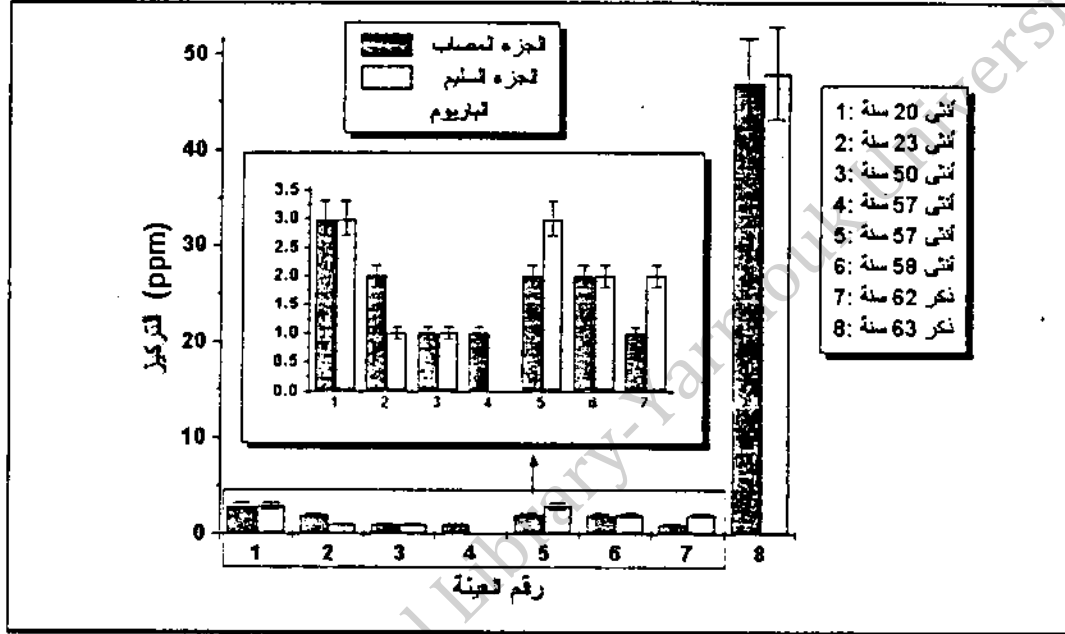
2. يميل تركيز عنصر القصدير إلى الزيادة في الجزء المصاب من العينات إذا استثنينا العيّنتين

(6 و 7).

## الباريوم:

يُبين الشكل (4-20) مقارنة لتركيز عنصر الباريوم في عينات البحث بين جزأَيْها المصاب

والمجاور السليم.



الشكل (4-20): مقارنة تركيز عنصر الباريوم في العينات بين جزأَيْها المصاب والسليم

نلاحظ من الرسم البياني السابق ما يلي:

1. تركيز الباريوم ضئيل جداً فهو يتراوح بين 0-3 ppm مع شذوذ في العينة رقم (8) والشكل

يؤحي بأن تركيز عنصر الباريوم ثابت مع العمر أو الجنس.

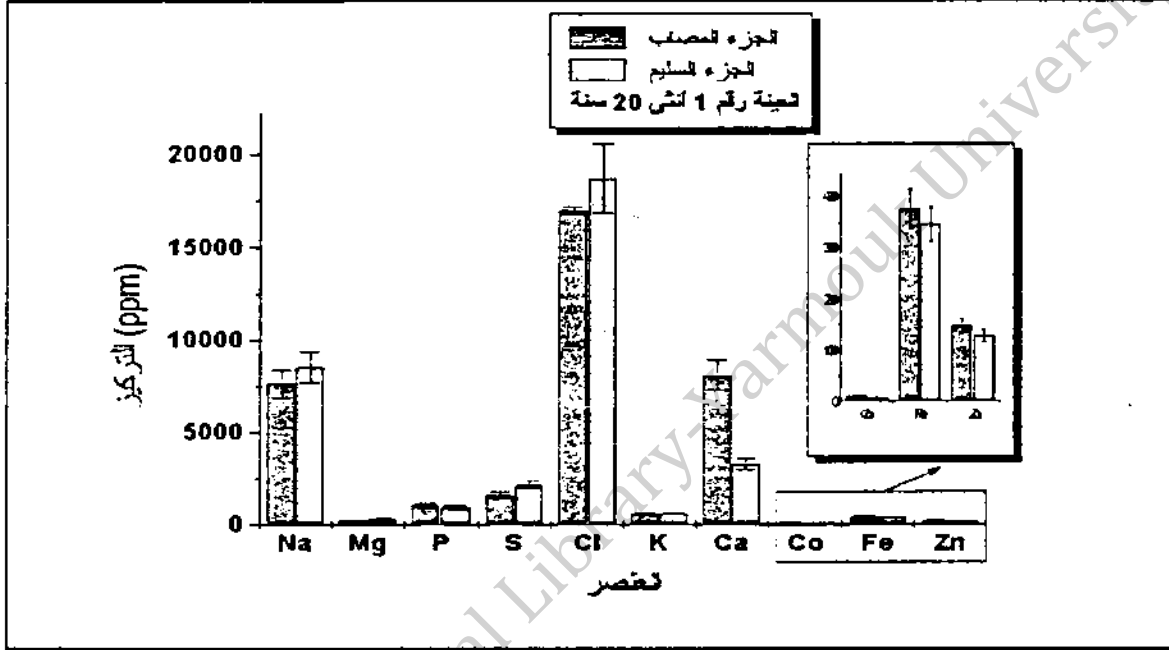
2. يُمكن القول وضمن حدود خطأ التحليل أنه لا يوجد اختلاف في تركيز عنصر الباريوم بين

الأجزاء المصابة بالسرطان والأجزاء السليمة.

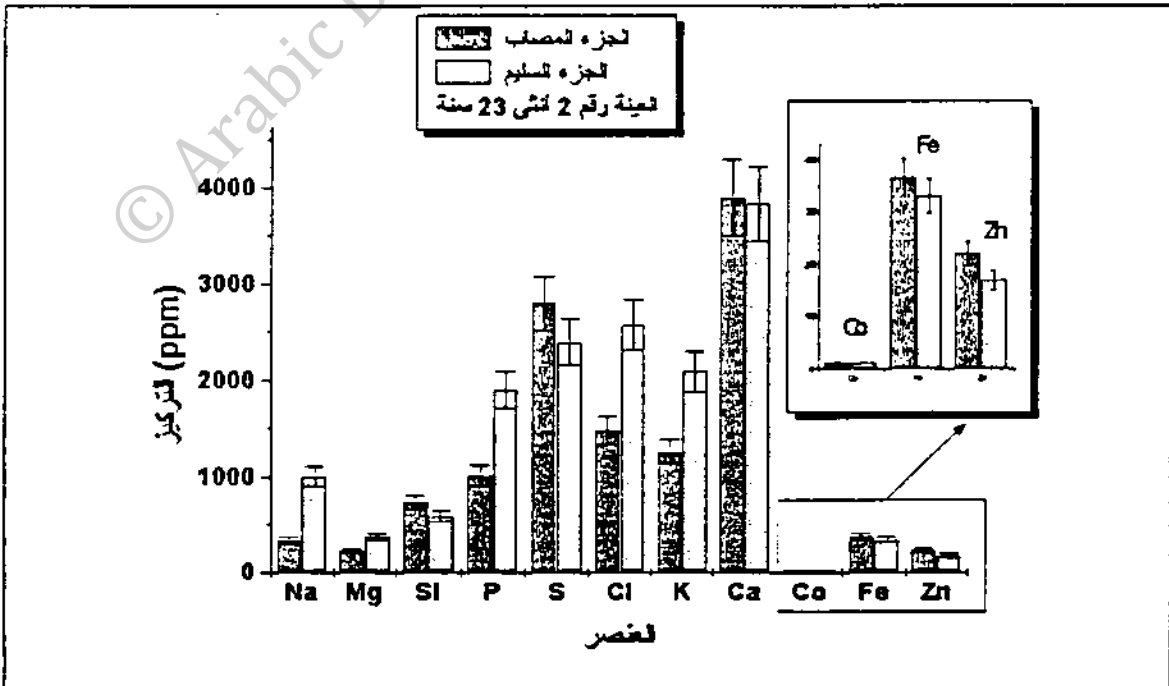
#### 4-3-4 نظرة أخرى للمقارنة:

تبيين الأشكال (21-4) إلى (28-4) مقارنة لتراكيز العناصر العالية والمتوسطة

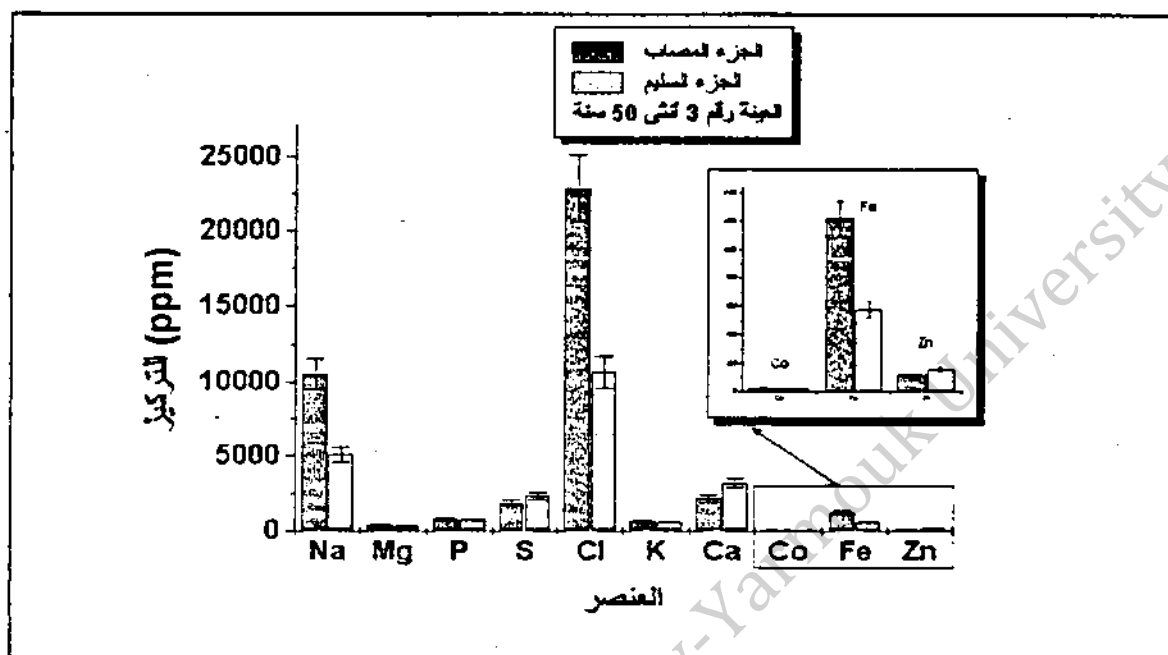
التركيز في عينات البحث (1، 2، 3، .....، 8) على الترتيب



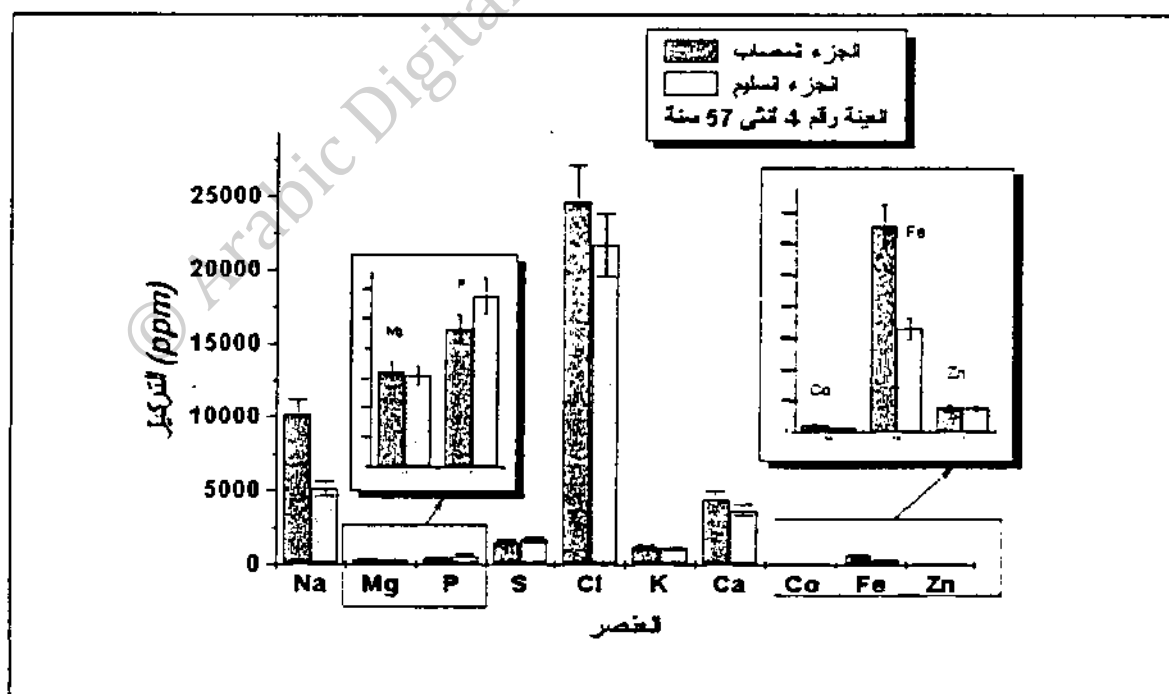
الشكل (21-4): مقارنة تراكيز العناصر العالية والمتوسطة التركيز في العينة رقم 1 .



الشكل (22-4): مقارنة تراكيز العناصر المتوسطة والعالية التركيز في العينة رقم 2 .

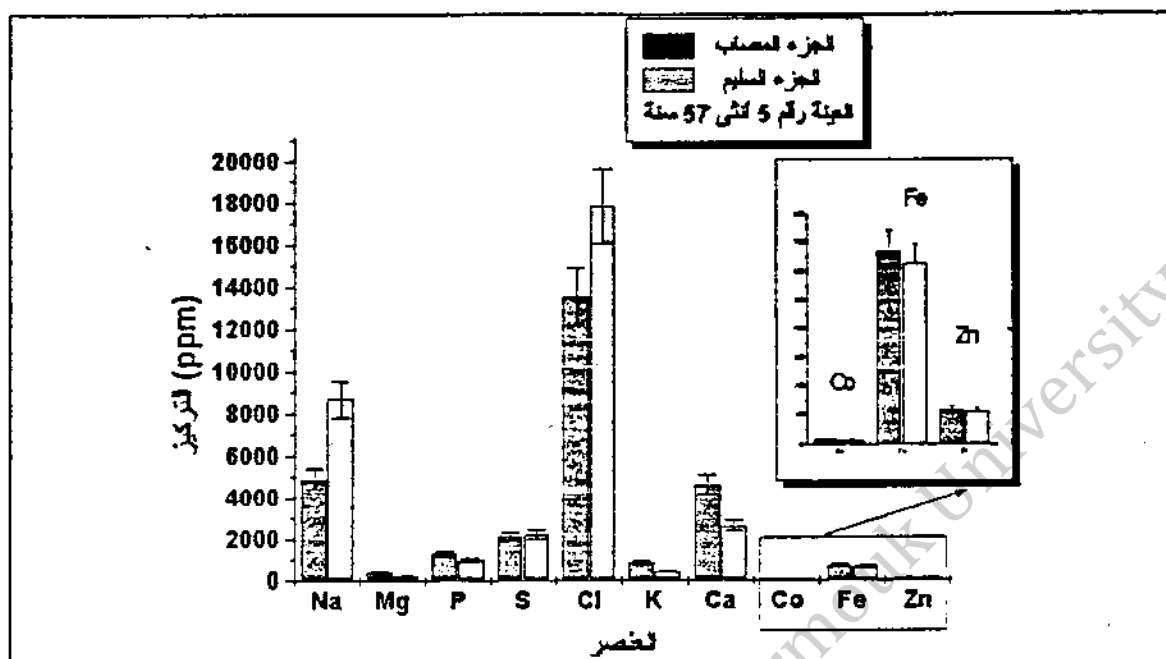


الشكل (4-23): مقارنة تراكيز العناصر العالية والمتوسطة التركيز في العينة رقم 3 .

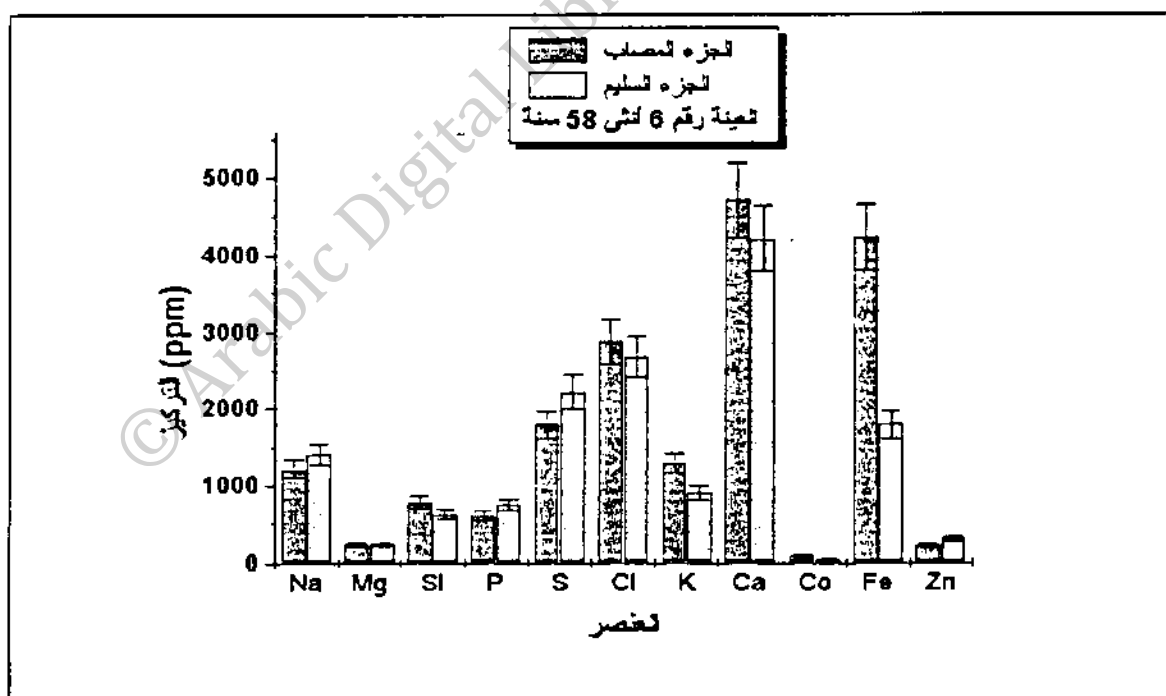


الشكل (4-24): مقارنة تراكيز العناصر المتوسطة والعالية التركيز في العينة رقم 4 .

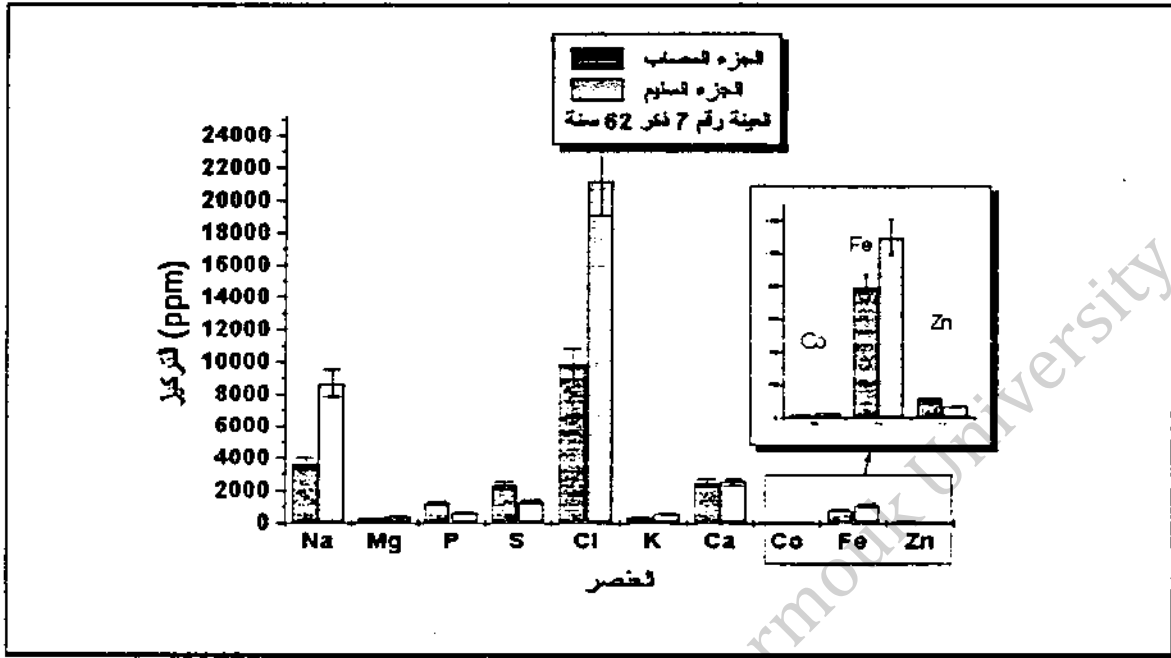




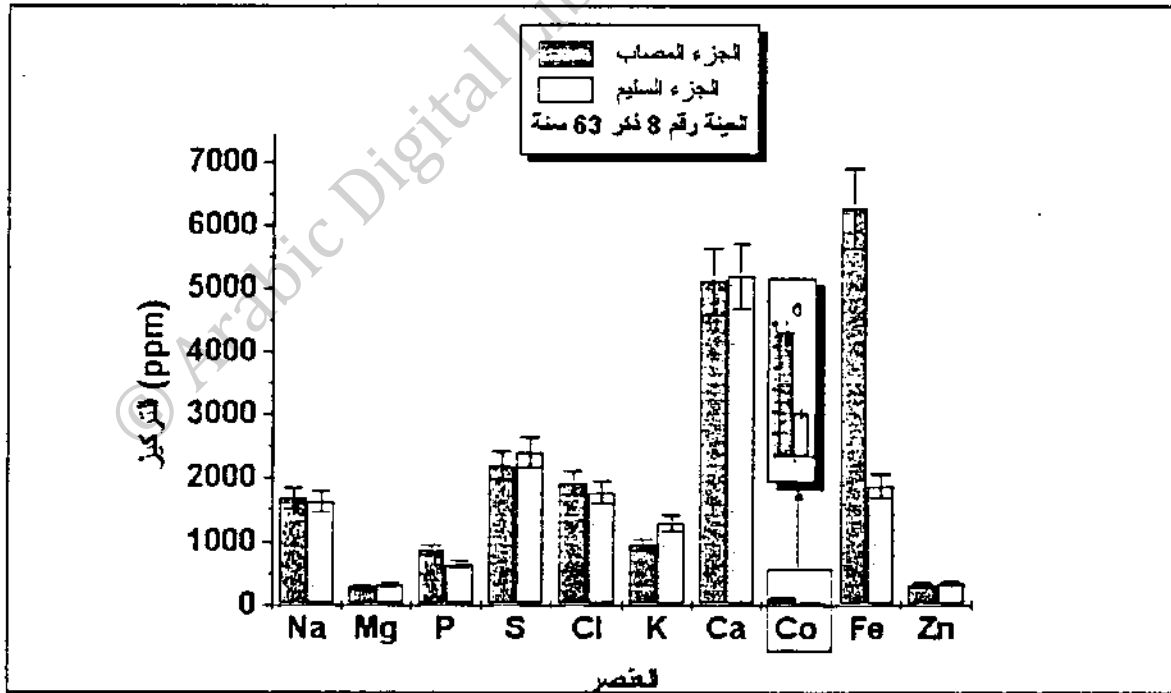
الشكل (4-25): مقارنة تراكيز العناصر العالية والمتوسطة التركيز في العينة رقم 5 .



الشكل (4-26): مقارنة تراكيز العناصر المتوسطة والعالية التركيز في العينة رقم 6 .



الشكل (4-27): مقارنة تراكيز العناصر العالية والمتوسطة التركيز في العينة رقم 7 .



الشكل (4-28): مقارنة تراكيز العناصر المتوسطة والعالية التركيز في العينة رقم 8 .

من الأشكال السابقة والتي تبين مقارنة لتراكيز العناصر في العينات المصابة بسرطان

القولون بين جزئها المصاب والسليم نلاحظ ما يلي:

1. تظهر العناصر عالية التركيز (الصوديوم، الكبريت، الكلور والكالسيوم) بشكل مميز.
2. يختلف نمط تراكيز العناصر في العينات (2، 6، 8) حيث يلاحظ أن تركيز الكلور في هذه العينات يقل وذلك لحساب عناصر الحديد، الكالسيوم، البوتاسيوم، الفسفور، الكبريت، فمثلاً نلاحظ أن تركيز عنصر الكبريت في العينتين (2، 6) يزيد عن تركيز الكلور، في حين أن نسبة تركيز الكبريت إلى تركيز الكلور في باقي العينات لا تتجاوز (0.2) ، أنظر الجدول (4-17) والذي يبين نسبة تراكيز عناصر الفسفور والكبريت والبوتاسيوم والكالسيوم والحديد إلى تركيز الكلور.

العنصر	العينة 1		العينة 2		العينة 3		العينة 4		العينة 5		العينة 6		العينة 7		العينة 8	
	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T
الفسفور	0.05	0.06	0.74	0.69	0.07	0.04	0.03	0.02	0.08	0.10	0.28	0.21	0.03	0.12	0.38	0.45
الكبريت	0.11	0.09	0.93	1.89	0.23	0.08	0.08	0.06	0.12	0.16	0.83	0.63	0.06	0.23	1.35	1.13
البوتاسيوم	0.03	0.03	0.81	0.85	0.05	0.03	0.05	0.05	0.02	0.06	.34	0.45	0.03	0.03	0.73	0.49
الكالسيوم	0.18	0.48	1.49	2.64	0.30	0.10	0.17	0.18	0.15	0.34	1.58	1.64	0.12	0.25	2.92	2.64
الحديد	0.019	0.02	0.13	0.24	0.05	0.05	0.02	0.03	0.04	0.05	0.67	1.47	0.05	0.08	1.06	3.24

الجدول (4-18): نسبة تركيز العناصر في العينات إلى تركيز الكلور

4. الشذوذ الواضح في تركيز عنصر الحديد في العينتين (6 و 8) مقارنة مع العينات الأخرى.
5. يلاحظ في كل عينة من العينات نمط السلوك المتشابه لكل من (الكلور والصوديوم معاً) و (الحديد والكوبالت معاً).
6. نلاحظ أن كل العينات فيها خلل في أحد العناصر التالية: الصوديوم، الكلور، البوتاسيوم، الكالسيوم، والحديد.

# الفصل الخامس

## الختمة

## الخاتمة

تم في هذا الدراسة استخدام تآلق الأشعة السينية المفرق للطاقة (EDXRF) لدراسة 8 عينات مختلفة من القولون لأشخاص مصابين بسرطان القولون ومن أعمار مختلفة. بالتعاون مع الأطباء، اختصاصيي علم الأمراض في مستشفى البشير والمستشفى الإسلامي ومختبرات عنتاوي في عمان، تم الحصول على القولونات المستأصلة، وبإشراف هؤلاء الأطباء قسمت كل عينة إلى جزأين الأول هو الجزء المصاب بالسرطان والثاني جزء مجاور للأول وغير مصاب. ومن ثم عملت مقارنة بين تراكيز العناصر الموجودة في كلا الجزأين للعينات جميعها. وقد تبين من الدراسة ما يلي:

■ تشكل العناصر المعدنية نسبة قليلة من مجموع تراكيز العناصر في قولون الإنسان إذ يتراوح تركيزها بين  $3-5\text{wt}\%$ ، وهذا متوقع فمعظم العناصر الأساسية التي تدخل في تركيب الخلية الحية وبالتالي الأنسجة هي من العناصر الخفيفة جدا والتي لا يمكن الكشف عنها إلا باستخدام تقنية تآلق الأشعة السينية.

- يمكن تقسيم تراكيز العناصر المعدنية في جسم الإنسان إلى المجموعات التالية:
- أ. مجموعة العناصر عالية التركيز: وهي مجموعة العناصر التي يزيد تركيزها عن  $1000\text{ ppm}$  وتضم عناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكلور والكالسيوم.
  - ب. مجموعة العناصر متوسطة التركيز: وتضم العناصر التي يتراوح تركيزها بين  $100\text{ ppm}$  و  $1000\text{ ppm}$  وهي: المغنيسيوم، السليكون، الفسفور، البوتاسيوم، الحديد والزنك.

ج. مجموعة العناصر متدنية التركيز: وتضم العناصر التي يقل تركيزها عن 100 ppm

وتتضمن هذه المجموعة عناصر: الفناديوم، الكوبالت، التيتانيوم، الكروم، المنغنيز، النيكل،

النحاس، السيليونيوم، البروم، القصدير، الباريوم.

■ يمكن تلخيص نتائج المقارنة بين العناصر في القولون بين الأجزاء المصابة بالسرطان

والأجزاء المجاورة السليمة حسب تركيزها كما يلي:

▲ مجموعة العناصر التي يقل فيها تركيز العنصر في الجزء المصاب عنه في الجزء السليم

وتتضمن عناصر: الصوديوم، الكلور، المغنيسيوم، الفناديوم.

▲ مجموعة العناصر التي يزيد فيها تركيز العناصر في الجزء المصاب عنه في الجزء السليم

وتتضمن عناصر: الحديد، الكوبالت، التيتانيوم والمنغنيز.

▲ مجموعة العناصر التي ليس فيها اختلاف بين تركيز العنصر في الجزء المصاب والجزء

السليم وتتضمن عناصر: الكالسيوم، الكبريت، السيليكون، الكروم والنحاس.

▲ مجموعة العناصر اللانمطية: وهي مجموعة العناصر التي لا يغلب عليها نمط معين من

السلوك فمرة يزيد تركيز العنصر في الجزء المصاب من عينة، ويقل في عينة أخرى وتتضمن

هذه المجموعة عناصر: الفسفور، البوتاسيوم، الزنك، النيكل، البروم، القصدير، والباريوم.

■ يسلك عنصر الصوديوم والكلور (وهما العنصران اللذان يدخلان في تركيب ملح

الطعام) نفس السلوك تماماً بجزئي العينة المصاب والسليم مع ميل كل منهما إلى النقص،

كذلك فإن نسبة تركيز الصوديوم إلى الكلور تقريباً ثابتة إذ تتغير ضمن المدى -36%

(53%). يُسبب ملح الطعام ارتفاعاً في ضغط الدم لدى بعض الناس، كما يُعتبر

الصوديوم العامل الوحيد المسؤول عن امتصاص السكريات في الأمعاء [18] ويلعب

الكلور دوراً في امتصاص البروتينات [20] ، والسؤال الذي يطرح نفسه: هل يُمكن أن يلعب هذان العنصران دوراً أيضاً في سرطان القولون؟.

■ أظهر عنصر الكوبالت والمنغنيز نمطاً من السلوك يشبه سلوك الحديد تماماً، كذلك فإن نسبة تركيز الكوبالت إلى تركيز الحديد تقريباً ثابتة إذ تتغير ضمن المدى (2%-3%) .

■ تتشابه معظم العينات في نمط توزيع تراكيز العناصر فيها حيثُ تعتبر عناصر الكلور والصوديوم والكالسيوم والكبريت هي الأكثر تركيزاً من بين جميع العناصر مع شذوذ واضح في زيادة تركيز الكلور، ولكن وبالمقابل أظهرت بعض العينات شذوذاً حيثُ قل تركيز الكلور بصورة ملحوظة لحساب العناصر الأخرى، وفي نفس هذه العينات أظهرت عناصر الحديد والكوبالت والمنغنيز والتصدير شذوذاً في تركيزها مقارنة مع باقي العينات حيثُ زاد التركيز بصورة كبيرة جداً. والسؤال هل يُمكن أن تلعب هذه العناصر دوراً في سرطان القولون.

■ تُشكل المواد العضوية " عناصر الحياة الأساسية- الهيدروجين، الكربون، النيتروجين، الأكسجين-" معظم كتلة العينة، وهذه المواد لا تستطيع تقنية تآلق الأشعة السينية الكشف عنها. هذه العناصر يمكن أن تلعب دوراً في سرطان القولون لذا يُنصح باستخدام تقنيات تستطيع الكشف عن مثل هذه العناصر لتكون مُكملة لهذا البحث.

■ تظل الحاجة قائمة لإجراء المزيد من التجارب حول هذا الموضوع، ونأمل أن يحظى هذا الموضوع باهتمام باحثين آخرين وصولاً إلى الاستنتاجات الشاملة والتي نأمل أن تُفيد إن شاء الله.

# Details for Method: Cancer-1-2

Type: Fundamental Parameter  
 Date Created: 11:39:55 م Sat 29/05/99  
 Date Last Changed: 1:32:32 م Sat 17/07/99  
 Owner: حامد سليمان حمادة  
 Status: Complete

Fixed Condition Current Time  
 Geological majors Auto Set by user

Elmt	Line	cps from	Type	dp	Units	Blank cps
O	K	Manual	A	2	Wt %	
Na	K	PRF:NaK10NONE3	A	2	Wt %	
Mg	K	PRF:MgK10NONE3	A	2	Wt %	
Al	K	PRF:AlK10NONE3	A	2	Wt %	
Si	K	PRF:SiK10NONE3	A	2	Wt %	
P	K	PRF:PK10NONE3	A	2	Wt %	
S	K	PRF:SK10NONE3	A	2	Wt %	
Cl	K	PRF:ClK10NONE3	A	2	Wt %	
K	K	PRF:KK10NONE3	A	2	Wt %	
Ca	K	PRF:CaK10NONE3	A	2	Wt %	
Ti	K	PRF:TiK10NONE3	O	2	Wt %	
V	K	PRF:VK10NONE3	O	2	Wt %	
Cr	K	PRF:CrK10NONE3	O	2	Wt %	
Mn	Ka	PRF:MnKa10NONE3	O	2	Wt %	
Mn	Kb	PRF:MnKb10NONE3	O	2	Wt %	
Fe	Ka	PRF:FeKa10NONE3	O	2	Wt %	
Fe	Kb	PRF:FeKb10NONE3	O	2	Wt %	
Co	Ka	PRF:CoKa10NONE3	O	2	Wt %	
Co	Kb	PRF:CoKb10NONE3	O	2	Wt %	
Ni	Ka	PRF:NiKa10NONE3	O	2	Wt %	
Ni	Kb	PRF:NiKb10NONE3	O	2	Wt %	
Cu	Ka	PRF:CuKa10NONE3	O	2	Wt %	
Cu	Kb	PRF:CuKb10NONE3	O	2	Wt %	
Zn	Ka	PRF:ZnKa10NONE3	O	2	Wt %	
Zn	L	PRF:ZnL10NONE3	O	2	Wt %	
As	L	PRF:AsL10NONE3	O	2	Wt %	
Se	L	PRF:SeL10NONE3	O	2	Wt %	
Br	L	PRF:BrL10NONE3	O	2	Wt %	
Ru	L	PRF:RuL10NONE3	O	2	Wt %	
Rh	L	PRF:RhL10NONE3	O	2	Wt %	
I	L	PRF:IL10NONE3	O	2	Wt %	
Ba	L	PRF:BaL10NONE3	O	2	Wt %	

Fixed Condition Current Time  
 Solids (S-V) (vac) Auto Set by user

Elmt	Line	cps from	Type	dp	Units	Blank cps
Mg	K	PRF:MgK12AlTN3	O	2	Wt %	
Al	K	PRF:AlK12AlTN3	O	2	Wt %	
Si	K	PRF:SiK12AlTN3	O	2	Wt %	
P	K	PRF:PK12AlTN3	O	2	Wt %	
S	K	PRF:SK12AlTN3	O	2	Wt %	
Cl	K	PRF:ClK12AlTN3	O	2	Wt %	
K	K	PRF:KK12AlTN3	O	2	Wt %	
Ca	K	PRF:CaK12AlTN3	O	2	Wt %	
Ti	K	PRF:TiK12AlTN3	O	2	Wt %	
V	K	PRF:VK12AlTN3	A	2	Wt %	
Cr	K	PRF:CrK12AlTN3	O	2	Wt %	
Mn	Ka	PRF:MnKa12AlTN3	O	2	Wt %	
Mn	Kb	PRF:MnKb12AlTN3	O	2	Wt %	
Fe	Ka	PRF:FeKa12AlTN3	O	2	Wt %	
Fe	Kb	PRF:FeKb12AlTN3	O	2	Wt %	



Co	Ka	PRF:CoKa12AlTN3	A	2	Wt %
Co	Kb	PRF:CoKb12AlTN3	O	2	Wt %
Ni	Ka	PRF:NiKa12AlTN3	O	2	Wt %
Ni	Kb	PRF:NiKb12AlTN3	O	2	Wt %
Cu	Ka	PRF:CuKa12AlTN3	O	2	Wt %
Cu	Kb	PRF:CuKb12AlTN3	O	2	Wt %
Zn	Ka	PRF:ZnKa12AlTN3	O	2	Wt %
Ru	L	PRF:RuL12AlTN3	O	2	Wt %
Rh	L	PRF:RhL12AlTN3	O	2	Wt %
I	L	PRF:IL12AlTN3	O	2	Wt %
Ba	L	PRF:BaL12AlTN3	O	2	Wt %

Fixed Condition	Current	Time
Steels (vac)	Auto	Set by user

Elmt	Line	cps from	Type	dp	Units	Blank cps
P	K	PRF:PK15AlTK2	O	2	Wt %	
S	K	PRF:SK15AlTK2	O	2	Wt %	
Cl	K	PRF:ClK15AlTK2	O	2	Wt %	
K	K	PRF:KK15AlTK2	O	2	Wt %	
Ca	K	PRF:CaK15AlTK2	O	2	Wt %	
Ti	K	PRF:TiK15AlTK2	A	2	Wt %	
V	K	PRF:VK15AlTK2	O	2	Wt %	
Cr	K	PRF:CrK15AlTK2	A	2	Wt %	
Mn	Ka	PRF:MnKa15AlTK2	A	2	Wt %	
Mn	Kb	PRF:MnKb15AlTK2	O	2	Wt %	
Fe	Ka	PRF:FeKa15AlTK2	A	2	Wt %	
Fe	Kb	PRF:FeKb15AlTK2	O	2	Wt %	
Co	Ka	PRF:CoKa15AlTK2	O	2	Wt %	
Co	Kb	PRF:CoKb15AlTK2	O	2	Wt %	
Ni	Ka	PRF:NiKa15AlTK2	A	2	Wt %	
Ni	Kb	PRF:NiKb15AlTK2	O	2	Wt %	
Cu	Ka	PRF:CuKa15AlTK2	A	2	Wt %	
Cu	Kb	PRF:CuKb15AlTK2	O	2	Wt %	
Zn	Ka	PRF:ZnKa15AlTK2	A	2	Wt %	
Zn	Kb	PRF:ZnKb15AlTK2	O	2	Wt %	
Ru	L	PRF:RuL15AlTK2	O	2	Wt %	
Rh	L	PRF:RhL15AlTK2	O	2	Wt %	
I	L	PRF:IL15AlTK2	O	2	Wt %	
Ba	L	PRF:BaL15AlTK2	O	2	Wt %	

Fixed Condition	Current	Time
Medium elements (vac)	Auto	Set by user

Elmt	Line	cps from	Type	dp	Units	Blank cps
Ti	K	PRF:TiK35RhTN2	O	2	Wt %	
V	K	PRF:VK35RhTN2	O	2	Wt %	
Cr	K	PRF:CrK35RhTN2	O	2	Wt %	
Mn	Ka	PRF:MnKa35RhTN2	O	2	Wt %	
Mn	Kb	PRF:MnKb35RhTN2	O	2	Wt %	
Fe	Ka	PRF:FeKa35RhTN2	O	2	Wt %	
Fe	Kb	PRF:FeKb35RhTN2	O	2	Wt %	
Co	Ka	PRF:CoKa35RhTN2	O	2	Wt %	
Co	Kb	PRF:CoKb35RhTN2	O	2	Wt %	
Ni	Ka	PRF:NiKa35RhTN2	O	2	Wt %	
Ni	Kb	PRF:NiKb35RhTN2	O	2	Wt %	
Cu	Ka	PRF:CuKa35RhTN2	O	2	Wt %	
Cu	Kb	PRF:CuKb35RhTN2	O	2	Wt %	
Zn	Ka	PRF:ZnKa35RhTN2	O	2	Wt %	
Zn	Kb	PRF:ZnKb35RhTN2	O	2	Wt %	
As	Ka	PRF:AsKa35RhTN2	O	2	Wt %	
As	Kb	PRF:AsKb35RhTN2	O	2	Wt %	
Se	K	PRF:SeK35RhTN2	A	2	Wt %	
Br	Ka	PRF:BrKa35RhTN2	O	2	Wt %	
Br	Kb	PRF:BrKb35RhTN2	O	2	Wt %	

Ru	Ka	PRF:RuKa50CuTK2	O	2	Wt %
Ru	Kb	PRF:RuKb50CuTK2	O	2	Wt %
Rh	Ka	PRF:RhKa50CuTK2	O	2	Wt %
Rh	Kb	PRF:RhKb50CuTK2	O	2	Wt %
Sn	L	PRF:SnL35RhTN2	O	2	Wt %
I	L	PRF:IL35RhTN2	O	2	Wt %
Ba	L	PRF:BaL35RhTN2	O	2	Wt %

Fixed Condition	Current	Time
V. heavy elements (vac)	Auto	Set by user

Elmt	Line	cps from	Type	dp	Units	Blank cps
Ti	K	PRF:TiK50CuTK2	O	2	Wt %	
V	K	PRF:VK50CuTK2	O	2	Wt %	
Cr	K	PRF:CrK50CuTK2	O	2	Wt %	
Mn	Ka	PRF:MnKa50CuTK2	O	2	Wt %	
Mn	Kb	PRF:MnKb50CuTK2	O	2	Wt %	
Fe	Ka	PRF:FeKa50CuTK2	O	2	Wt %	
Fe	Kb	PRF:FeKb50CuTK2	O	2	Wt %	
Co	Ka	PRF:CoKa50CuTK2	O	2	Wt %	
Co	Kb	PRF:CoKb50CuTK2	O	2	Wt %	
Ni	Ka	PRF:NiKa50CuTK2	O	2	Wt %	
Ni	Kb	PRF:NiKb50CuTK2	O	2	Wt %	
Cu	Ka	PRF:CuKa50CuTK2	O	2	Wt %	
Cu	Kb	PRF:CuKb50CuTK2	O	2	Wt %	
Zn	Ka	PRF:ZnKa50CuTK2	O	2	Wt %	
Zn	Kb	PRF:ZnKb50CuTK2	O	2	Wt %	
As	Ka	PRF:AsKa50CuTK2	A	2	Wt %	
As	Kb	PRF:AsKb50CuTK2	O	2	Wt %	
Se	Ka	PRF:SeKa50CuTK2	O	2	Wt %	
Se	Kb	PRF:SeKb50CuTK2	O	2	Wt %	
Br	Ka	PRF:BrKa50CuTK2	A	2	Wt %	
Br	Kb	PRF:BrKb50CuTK2	O	2	Wt %	
Ru	Ka	PRF:RuKa50CuTK2	O	2	Wt %	
Ru	Kb	PRF:RuKb50CuTK2	O	2	Wt %	
Rh	Ka	PRF:RhKa50CuTK2	O	2	Wt %	
Rh	Kb	PRF:RhKb50CuTK2	O	2	Wt %	
Sn	Ka	PRF:SnKa50CuTK2	A	2	Wt %	
Sn	Kb	PRF:SnKb50CuTK2	O	2	Wt %	
I	Ka	PRF:IKa50CuTK2	A	2	Wt %	
I	Kb	PRF:IKb50CuTK2	O	2	Wt %	
I	L	PRF:IL50CuTK2	O	2	Wt %	
Ba	Ka	PRF:BaKa50CuTK2	A	2	Wt %	
Ba	Kb	PRF:BaKb50CuTK2	O	2	Wt %	
Ba	L	PRF:BaL50CuTK2	O	2	Wt %	

#### Terms used:

PRF - Uses a PRoFile  
 ROI - Uses a Region Of Interest  
 A - Type is Analyte  
 O - Type is Overlap / Other  
 I - Type is Intensity only  
 P - Type is Pseudoelement

#### General:

No. of measurements: 5  
 Save Option: Spectra + Final  
 Default Basel: Cancer-May99  
 Default Base2: Unclassified

#### Results Templates:

Screen: Normal  
 Printer: None  
 File: Normal  
 RS232: Summary

Unknowns set:

No

**Fundamental Parameter Similar Standards:**

Analyte	Line	Similar Standard
---------	------	------------------

© Arabic Digital Library-Yarmouk University

## المراجع:

- (1) Michael Goldinger, M.D. : **Colorectal Cancer – An Overview**  
الموقع: [http:// home.swipent.Se /crc/crc.htm](http://home.swipent.Se/crc/crc.htm) على الانترنت.
- (2) مؤسسة الكويت للتقدم العلمي إدارة التأليف والترجمة للنشر قسم الكيمياء - جامعة الكويت السرطان أو الخلية المتمردة.
- (3) الدكتور سعيد محمد الحفار: وحدة الدراسات البنيئية بجامعة قطر. البيئة والأورام: علم السرطان البيئي الوقائي. (دار الفكر المعاصر، بيروت، لبنان و دار الفكر، دمشق، سورية)
- (4) **Calicium Supplements Reduce Risk Of Colon Cancer**  
January 15,1999  
الموقع: [http:// happyhealthyandwealthy.com/](http://happyhealthyandwealthy.com/) على الانترنت.
- (5) Rene E. Van Grieken & Andrzej A.Markowicz: **Handbook of X-Ray Spectrometry Methods and Techniques.**
- (6) R.Tertian & F.Claiss: **Principles of Quantitative X-Ray Fluorescence Analysis.**
- (7) Clive Whiston: **Wolverhampton polytechnic UK :Analytical Chemistry by open learning : X-Ray Methods.**
- (8) الدكتور احمد مدحت سالم و الدكتور السيد علي حسن: 1996 مبادئ الكيمياء الطبيعية.
- (9) الدكتور أحمد محمد خليل قسم العلوم الحياتية جامعة اليرموك: الإشعاع المؤين خصائصه واستخداماته وتأثيراته الحيوية.
- (10) OXFORD Instruments. **The ED2000 Spectrometer Manual.**
- (11) Albert Paul Malvino ,PH.D :**Electronic Principles, 5<sup>th</sup> Edition.**
- (12) الدكتور حكمت عبد الكريم فريحات، فسيولوجيا جسم الإنسان.
- (13) الدكتور عايش زيتون كلية التربية- الجامعة الأردنية بيولوجيا الإنسان : مبادئ في التشريح والفسيولوجيا ، الطبعة الأولى 1990 ( دار عمار للنشر والتوزيع، والمكتتب الإسلامي).

14) الدكتورة ماجدة عبد الرضا نوري الطائي: الأنسجة، الجزء الثاني " أجهزة الجسم وأعضاؤه".

15) الدكتور أحمد نعمان نصر ، جامعة الإمارات العربية المتحدة كلية العلوم، علم الأنسجة الطبعة الأولى 1991.

16) الدكتورة ماجدة عبد الرضا نوري الطائي: الأنسجة، الجزء الأول " الأنسجة العامة"

17) الدكتور محمد الحاج قاسم محمد: الأورام والسرطان في الطب العربي الإسلامي، الطبعة الأولى الموصل 1987 ( جمعية مكافحة السرطان العراقية، فرع الموصل).

18) الأستاذ الدكتور صلاح عيد: الغذاء المناسب كيف تختاره ؟ الطبعة الأولى 1991، سلسلة اعرف صحتك، (الناشر) .

19) الدكتور عيسى غانم والدكتور عماد الخطيب: الصحة العامة.

20) حسن نعمة: التغذية والوقاية من الامراض. الطبعة الاولى 1992

د. عبد المجيد الشاعر، د. عماد الخطيب، د. هشام ابراهيم الخطيب و د. عبس القادر

العكيلة : علم الأمراض

21) س- هايدن- إبيتلو: السرطان ليس هو النهاية. ترجمة محمد دريد نوايس، مراجعة

الدكتور أسد الدين الحفار دار الحقائق بيروت- لبنان- الطبعة الاولى 1986.

22) Arthur Beiser: Concepts of Modern Physics , Forth Edition.

• المواقع التالية على الانترنت:

23) <http://ustsurg.uth.tmc.edu/digestive/colonc/prevent.html>

24) <http://www.sleh.com/fact-c14-colorectal.html>

25) [http://www.canbera.com/products/detector/Silicon%20\(Li\)/silicon-xray.html](http://www.canbera.com/products/detector/Silicon%20(Li)/silicon-xray.html)

26) Mayo Clinic Health letter ,Volume 10, Number 5 May 1992

pp.1,3

[http://www.canberra.com/products/detector/Silicon%20\(Li\)/silicon-xray.html](http://www.canberra.com/products/detector/Silicon%20(Li)/silicon-xray.html) (27)

<http://www.webelements.com/> (28)

M.E. Martinez & E.L. Giovannucci . Calcium, Vitamin D, And (29)  
the Occurrence of Colorectal Cancer Among women.

Journal of the National Cancer Institute vol. 88, Issue 19,  
p1375, pp8

رسائل ماجستير - قسم الفيزياء - جامعة اليرموك:

(30) عبلة أحمد الصباح: تأثير التخفيف على تحليل العينات باستخدام تآلق الأشعة السينية،  
1999.

(31) أمل " محمد رشيد " الخصاونة: دراسة بعض مكونات مواد التجميل المتداولة في  
بالسوق الأردنية باستخدام تقنية تآلق الأشعة السينية، 1998.

(32) زكريا محمد الجراح: استخدام تآلق الأشعة السينية في دؤلة مكونات الحليب في  
الأسواق الأردنية، 1998.

(33) محمد فريد غرابية: دراسة تحليلية لتراكيز العناصر الثقيلة في الفوسفات الأردني  
باستخدام تقنية تآلق الأشعة السينية، 1998.

(34) طارق عبدالحميد عبدالله: دراسة تراكيب عينات مائية أردنية باستخدام تقنية تآلق  
الأشعة السينية، 1998.

## Abstract

Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF) technique using the ED<sup>2000</sup> spectrometer of the Physics Department at Yarmouk University, was used to compare concentrations of elements in eight samples of colorectal cancer between the tumourous parts and the adjacent non-tumourous parts.

The major conclusions of this comparison are:

1. According to their concentrations in the colon, elements can be divided into three groups:
  - The high concentration group: comprising elements with concentrations higher than 1000 ppm. It contains Na, S, Cl, Ca.
  - The medium concentration group: the concentration of elements in this group is between 100 & 1000 ppm. It contains Mg, Si, P, K, Fe and Zn.
  - The low concentration group: it is composed of V, Co, Ti, Cr, Mn, Ni, Cu, Br, Ba, who have concentration less than 100 ppm.
2. Sodium and Chlorine follow exactly the same pattern in the two parts of the samples. A striking feature is that the ratio Na to Cl varies within the range (36%-53%).
3. Cobalt and Manganese show a similar behavior to iron. The ratio Co to Fe is approximately constant ( $\approx 3\%$ ).

**Comparative Study of Elements Concentrations  
in the Colon between the tumourous parts and  
the adjacent non-tumourous parts using XRF**

**Techniques**

By

**Hamid Suliaman Hamadnah**