الفصل
العاشر

المعالجة بالأشعـــــة

Radio Therapy

يطلق اسم "المعالجة بالأشعة" على استخدام الأشعة المؤينة *ionize radiation* بهدف علاجي، ويمكن أن يكون هذا العلاج مسكناً أو مضاداً للالتهاب أو مضاداً للاستقلاب أومضاداً للإنقسام اللامباشر إنَّ استخدام العلاج بالإشعاع كمضاد للإنقسام اللامباشر بواسطة الأشعة المؤينة هو الأكثر أهمية، لأنه يسمح بمعالجة بعض الأورام الخبيثة، كما أنه يمكن استخدام جميع أنواع الأشعة المؤينة المختلفة في المعالجة بالأشعة.

ويمكننا التمييز بين نوعين من تقنيات المعالجة بالأشعة:

1- المعالجة بالأشعة الخارجية المنتقلة عبر الجلد.

2- العالجة بالأشعة الناتجة من منابع موجودة ضمن أغلفة غير نفوذية أو من منابع غير موجودة في أغلفة نفوذية غير نفوذة وأن مصطلح المعالجة بالأشعة حقق احتراماً كبيراً لعائلة كوري *Cuire family* التي اكتشفت الراديوم *radium (1898)* والعناصر المشعة المصنوعة *artifacial (1934)* *radioactive* إن المعالجة بالأشعة من النوع الثاني يتطلب وجود العناصر المشعة بتماس مباشر مع النسج المصابة.

10-1 المعالجة بالأشعة الخارجية المنتقلة عبر الجلد:

تستخدم هذه الطريقة للتخلص من الأورام دون إلحاق الضرر بالخلايا والأعضاء المجاورة، وموت ورم يعني فقدان المقدرة على الانتاج غير المحدود لهذه الخلايا.

وبهدف تثبيت الفكرة المقصودة لنعتبر ورماً كتلته على سبيل المثال *(100 gr)* ويحتوي على عدد *(10^8)* خلية في الغرام الواحد منه، وبالتالي فإن الورم يحتوى على عدد إجمالي *(10^{10})* خلية.

بعد التعرض لاشعاع وحيد يوافق جرعة ممتصة مقدارها (D) فإن مقدار العدد (N) للخلايا الحية يعطى بالعلاقة المعرفة:

$$N = Ne^{-D/D_o}$$

حيث أن ($N_o = 10^{10}$) ولهذا فإن الإبادة الشبه كاملة للورم تحصل عندما تكون: ($N=1$) وهذا يعني أخذ جرعة قاتلة متوسطة (D_o) بمقدار واحد *gray* وهذا يوافق جرعة ممتصة بمقدار.

$$10D_o \ln 10 \cong 23gray$$

حيث (D_o) تسمى بالجرعة القاتلة المتوسطة أو (D_{37}) وهي الجرعة التي تترك (37%) من الخلايا حية. كما أنه ليس من الممكن تقديم أي جرعات في جلسة واحدة للأشعة دون الحاق الضرر بالنسج السليمة الموجودة على مسار الحزمة، لذا يجب ايجاد طرق اشعاعية بحيث إن الجرعة المقدمة للورم تكون كافية للقضاء عليه وبحيث تستطيع النسج السليمة المتعرضة للأشعة البقاء على قيد الحياة وتأمين دورها الوظيفي.

ويرتكز ذلك على تكثيف الجرعة الممتصة في الورم عند شد (معامل فراغي) وتجزئة الاشعاع مع من الزمن (معامل زمني).

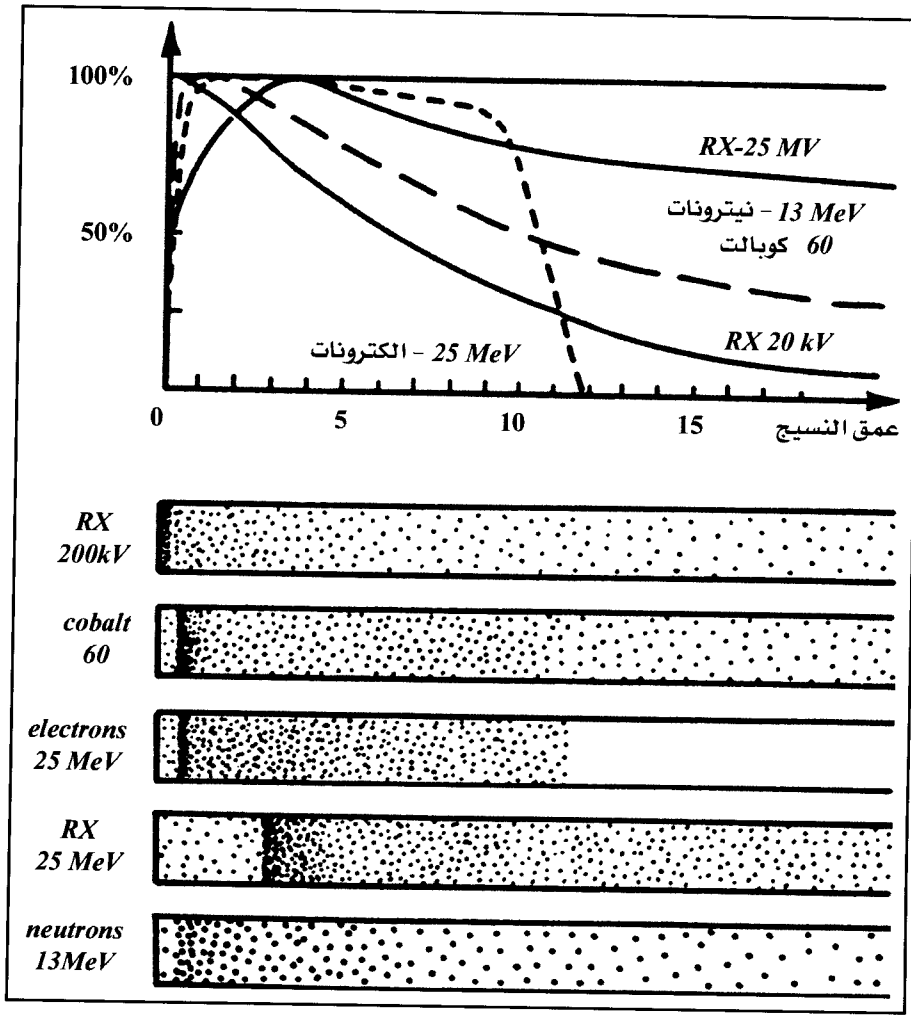
10-1-1 المعامل الفراغي أو القذف الاشعاعي:

Spatial factor (radiation projection)

إن توزع الجرعة بالنسج المتعرضة للأشعة يتعلق بطبيعة الاشعاع ومعاملات هندسية الاشعاع.

وسنتعرض لكلٍ من هاتين المسألتين:

أ- تأثير طبيعة الاشعاع:



الشكل **(1-10)** منحنيات انتقال الجرعة في العمق والتأينات الموافقة

يبين (الشكل 1-10) توزع الجرعة بالعمق وذلك للإشعاعات المؤينة الأكثر استخداماً (فوتونات *X-ray photons (X)*، أشعة *(γ)*، الالكترونات) تكون فوتونات

(X) الضعيفة الطاقة متخامدة جداً في السنتيمترات الأولى للنسيج وبالعكس فإن فوتونات *(X)* ذات الطاقة العالية وفوتونات *(γ)* والنيترونات *neuotrons* لا تضر النسج الجلدية وتقدم جرعة مرتفعة لإعماق كبيرة، كما أن الألكترونات لا تتجاوز إلا أعماقاً بسيطة متعلقة بطاقتها الابتدائية أما فيما يتعلق بالأورام السطحية فتستخدم أشعة *(X)* اللينة *(X-ray)* أو الالكترونات. بينما لمعالجة أورام عميقة فتستخدم الأشعة السينية ذات الطاقة العالية أو أشعة غاما *(γ – ray)*.

ومن المحتمل أن تطالعنا الإنجازات العلمية في المستقبل القريب باستخدام جسيمات كالميزونات *(π mesons)* التي لا تتخلى عن طاقتها إلا لنسج واقعة على بعد محدد من الجلد، ويمكن أن يكون هذا البعد مضبوطاً بتغيير الطاقة الحركية للجسيم *kinetic energy*، وبذلك نستطيع حماية النسج الواقعة على طرفي الورم.

ب- تأثير معملات هندسية الاشعاع *Geomatrical facors effect* :

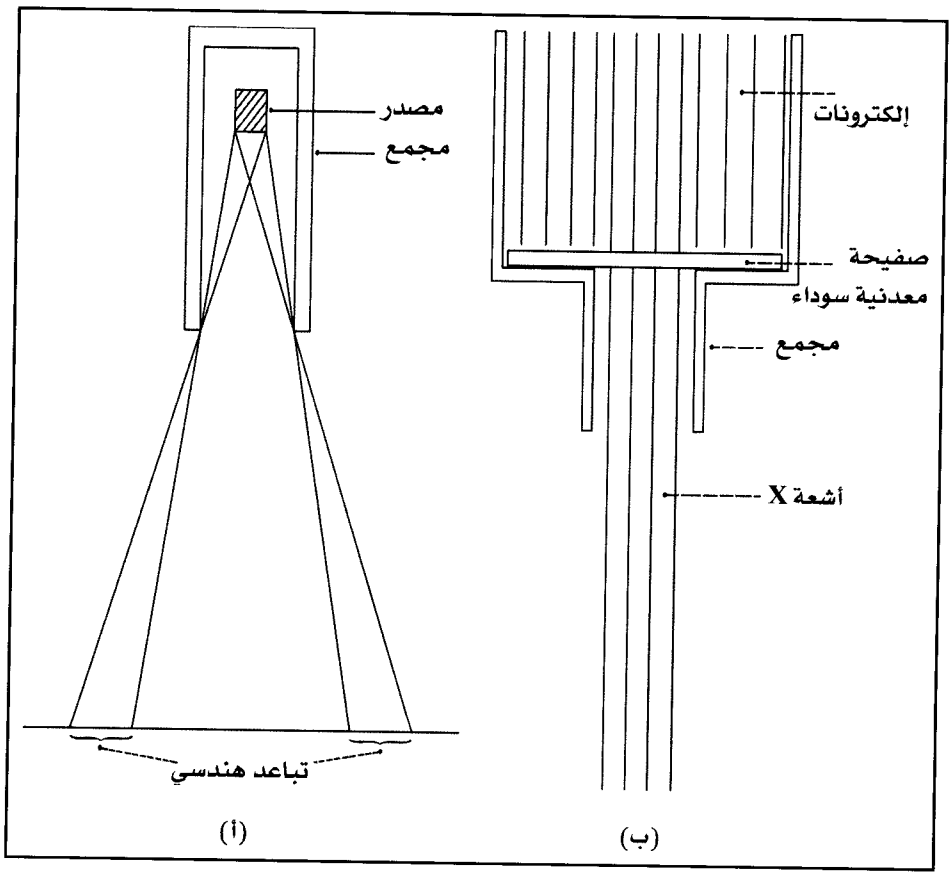
عندما تكون الحزمة متباعدة *divergent* فإن شدتها تنخفض بالتدريج كلما ابتعدت عن المنبع الشعاعي، كما أن هذه الشدة (عند عدم وجود امتصاص) تتغير مع مقلوب مربع البعد عن المنبع وفقاً لقانون التربيع العكسي.

أما في حالة الأورام السطحية فيستخدم بعد صغير نسبياً بين المنبع والجلد *(DSP)*، فتنخفض بذلك الجرعة الممتصة من الأعضاء الواقعة وراء النسج.

أما بالنسبة للنسج العميقة فيستخدم بعداً كبيراً بهدف تجنيب النسج الواقعة أمام الورم والمعرضة للأشعة.

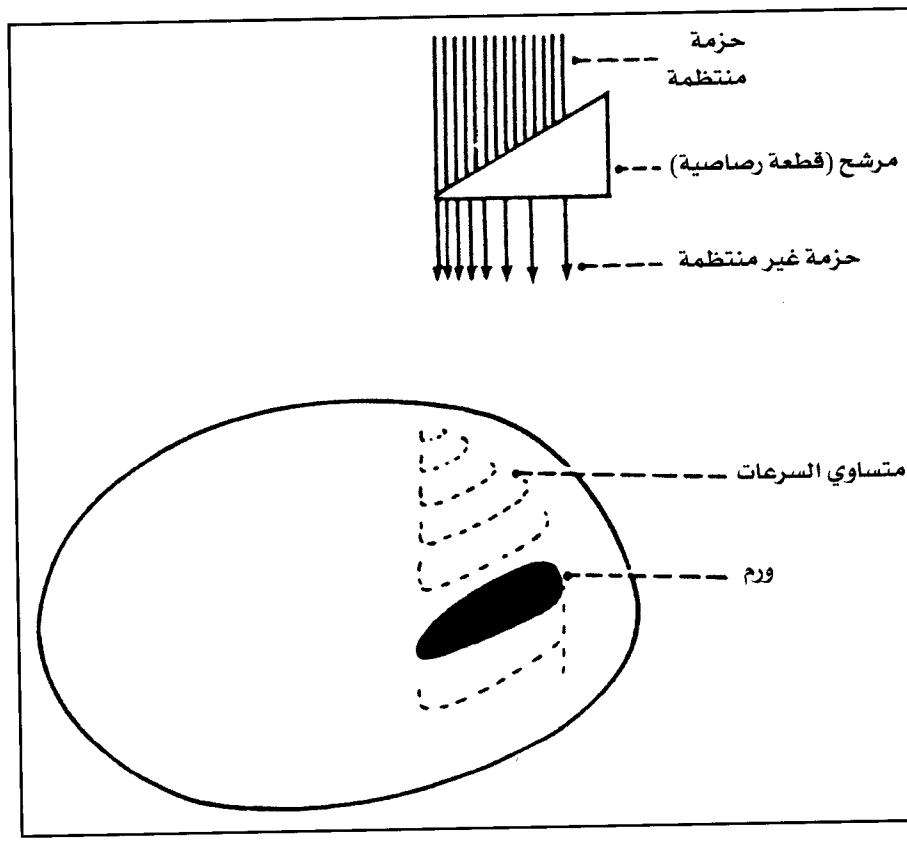
وكحالة مرجعية، تستخدم في الوقت الحاضر الحزم المتوازية التي تمتلك ظلاً هندسياً ناقصاً وضعيفاً، انظر (الشكل أ،ب 2-10) ويتم الحصول على هذا النوع من الحزم المتجانسة بمسرعات خطية أو دائرية *linearor circular*

accelerators وهناك حواجز من مواد ماصة جداً كالرصاص تسمح بتكيف أبعاد الحزمة لتلائم أبعاد الورم.



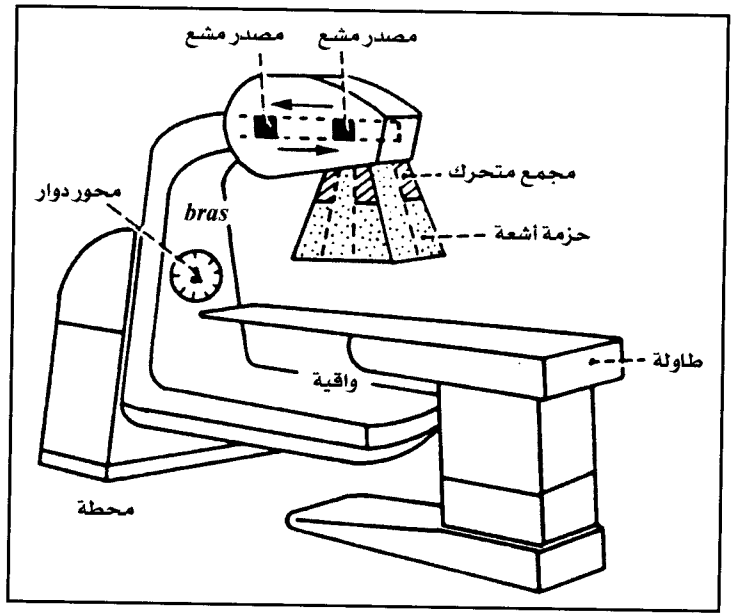
الشكل (2-10) أ- مع منبع تقليدي لأشعة X وفيه تكون الجرعة متباعدة
ب- أشعة X عالية الطاقة متجانسة وقليلة التباعد

وهناك مرشحات مخروطية (الشكل 3-10) تسمح بتغيير توزع طاقتها في المقطع العامودي بغية الأخذ بعين الاعتبار لتغيرات العمق المتوقعة لمختلف أجزاء الورم.

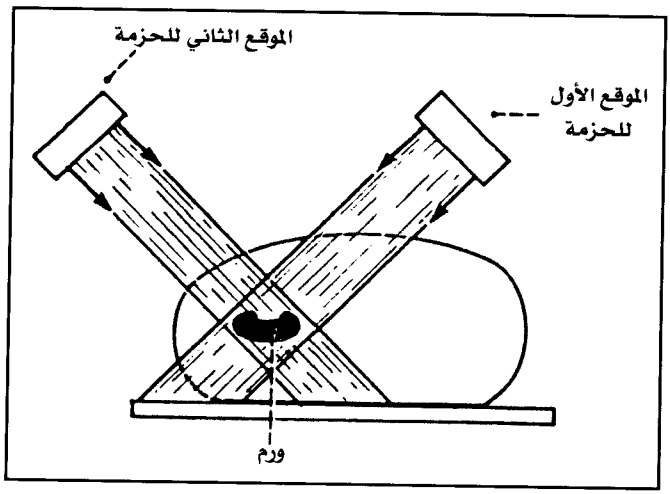


الشكل (3-10) استخدام المرشح المعدل من أجل اعطاء جرعة منتظمة لكامل الورم بالرغم من اختلاف العمق

وبغية تكييف الأشعة مع الورم، نعّرض هذا الورم للاشعة بزوايا مختلفة وبحزم متقاربة على الورم وعملياً تستخدم نفس الحزمة وبمواضع مختلفة انظر (الشكل 5-10).



الشكل (4-10) مخطط مضخة الكوبالت 60



الشكل (5-10) طريقة مسماة (النيران المتقاطعة) يتم تعيير مختلف مواقع الحزمة بحيث تمر في كل مرة من الورم

ونستطيع إذاً بجرعة متساوية يأخذها الورم، تحديد الجرعة التي تأخذها النسج السليمة، مثلاً عند تعرض الطحال للأشعة، نحصر بهذه الطريقة تعرض الكلية اليسرى للاشعة، وهذه الكلية هي عبارة عن العضو الحرج عند التعرض الطحالي للاشعة.

10-1-2 تأثير المعامل الزمني *Time factor effect*:

لقد دلت التجارب المتكررة إلى ضرورة تجزئة جرعة الأشعة التي تعطي للمريض مع الزمن، هناك ثلاث عوامل مهمة لابد من أخذ الاعتبار لها، وذلك كنتيجة للتطبيقات العملية في استخدام الأشعة.

1- الجرعة (D).

2- عدد الجلسات (N).

3- الفاصل الزمني (i) مابين جلستين.

وإن الجرعة الكلية الأخوذة من قبل المريض هي: (DN) أما مدة العلاج فهي: $i(N-1)$، وأنه عند التعرض المجزأ للأشعة فإن الجرعة الكلية التي يتلقاها الورم لإتلافه يجب أن تكون أكبر من التعرض للاشعة لمرة واحدة، وأن النسج والخلايا السليمة المحيطة به تكون أقل ضرراً وهذا مانطلق عليه اسم المفعول التفريقي وسنوضح ذلك في الفقرة التالية

أ- الترميم الخلوي *Celularl maintenant*:

خلال الفترة مابين جلستين للتعرض للاشعة العلاجية، تقوم بعض الخلايا باصلاح ما تعرضت له من الأخطار الناتجة عن التعرض للاشعة المؤينة. وسنحصل على مفعول تفريقي بالترميم الخلوي الوحيد إذا رممت الخلايا السليمة نفسها

بشكل أسرع أو بشكل أكمل من الخلايا الورمية، وهذا هو ما يجري من الناحية العملية.

ب- الترميم النسيجي (إعادة الاسكان) *Tissular maintenance* :

بعد كل جلسة علاجية يتم خلالها التعرض للأشعة، فإن الخلايا السليمة مَثلها مَثل الخلايا السرطانية تزيد من نشاطها الإنقسامي لتخلف الخلايا الميتة. وعملياً فإن خلايا معظم النسج السليمة المتعرضة للأشعة تمتلك سرعة إنقسام متوسط أكبر من سرعة الإنقسام المتوسطة لخلايا النسج المكونة للأورام الخبيثة المحدثة. كما أن الخلايا السرطانية تزيد قليلاً من نشاطها الإنقسامي، والذي هو بالأساس كبير جداً.

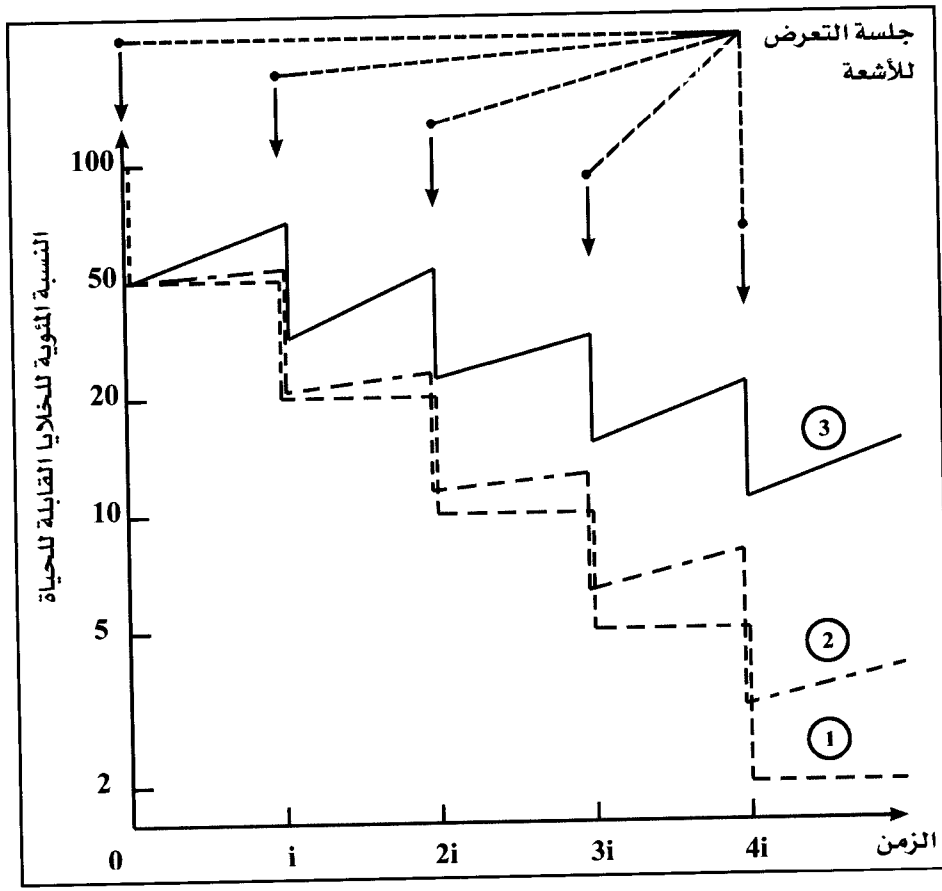
وهكذا فإن النسج السليمة ترمم نفسها بشكل أفضل بين جلستين تتعرض خلالهما للأشعة وتتحمل بسهولة أكبر الجلسة اللاحقة ويوضح لنا (الشكل 6-10) كيف أنَّ التعرض للأشعة بشكل مجزأ يولد خلايا ناجية يزداد تعدادها وفقاً لتسارع تاثرها.

يبين (الشكل 6-10) أن كل تعرض للأشعة يخفض (50%) من عدد الخلايا القابلة للحياة وأن الخطوط البيانية الثلاثة الموافقة لنسب متضاعفة مختلفة وبتزايد أسي، وعلى النحو الآتي:

1) لا يوجد تكاثر بين جلستين.

2) خلية من أصل عشرة في جلستين.

3) خلية من أصل اثنين تنقسم بين جلستين.



الشكل (6-10)

ج- المفعول الاكسجيني *The Oxygenic effct* :

لأسباب مختلفة مثل (هجرة الخلايا نحو الأوعية الشعرية، انخفاض حجم الورم)، فإن الخلايا الورمية تكون أفضل أكسجة (موجودة في جو غني بالاكسجين حيث إن الاكسجين يزيد من فعالية الأشعة المؤينة) بعد كل جلسة تعرض للأشعة، وبالتالي فإن هذه الخلايا ستكون بالمفعول الاكسجيني أكثر حساسية للأشعة في الجلسة التالية، وهذا ما نطلق عليه اسم المفعول الاكسجيني *oxygenic effect* .

د- المفعول التزامني والميولي *Synchronous and tender effect*:

بعد عملية التعرض للأشعة فإن عدداً من الخلايا الساكنة تتعرض للإنقسام. إن ظاهرة الميول هذه هي نتيجة مباشرة لظاهرة إعادة الاسكان الخلوي كما أنه أثناء إنقسام هذه الخلايا ستكون حساسة للأشعة عما هي عليه عند السكون. إن الحساسية للأشعة متغيرة وتابعة لطور مرحلة الإنقسام الخلوي كما أن حساسية مجموع النسج للأشعة تتغير بتابعية الزمن الفاصل مابين تعرضين للأشعة.

إن ظواهر الترميم عموماً (خلوي أو نسيجي) تبين بأن الجرعة الكلية لقتل ورم تكون أكبر في حالة التعرض المجزأ للأشعة منها في حالة تعرض وحيد للأشعة. فالمفعول الاكسجيني وتأثير التزامن والميول يحدان من هذا التزايد، إنَّ هذا الظرف يجعل النسيج الورمي أكثر حساسية للأشعة ويسهم بشكل غير مباشر في حماية النسج السليمة.

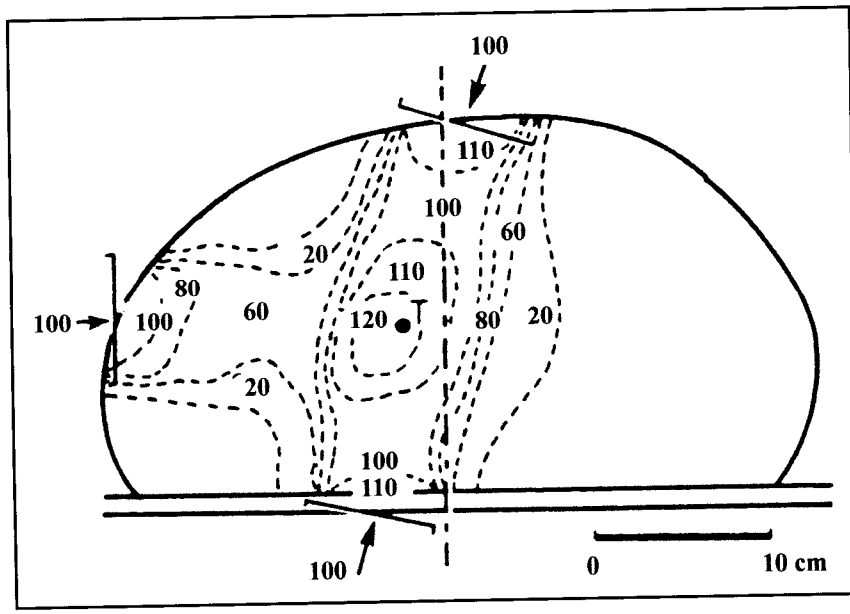
هذا وتسمح ظاهرة الترميم بفهم المفعول التفريقي الذي لا يظهر إلا إذا كانت الخلايا أو النسج السليمة مابين جلستي تعرض للأشعة أفضل ترميماً من النسج السرطانية.

كما تبين الظواهر السابقة بأنه توجد أفضلية في تجزئة الجرعات. فإذا كانت الجرعات متباعدة فإن النسج السرطانية كالنسج السليمة ستكون مترممة بكاملها أما إذا كانت الجرعات متقاربة فإن كل من مفعول السرعة العظمى لترميم النسج السليمة، المفعول الأكسجيني، الميول والتزامن ليس لها أي تأثير، لهذا فإن الأفضلية تبدو أنها واقعة حوالي عدة *grays* كل يوم مع مدة كلية للعلاج تقدر بعدة أسابيع، وأنه مهما كانت تقنية التعرض للأشعة فإنه من الضروري التعرض للأشعة بدقة كبيرة، وكذلك فيما يتعلق بالجرعة المأخوذة والتوزع داخل الجسم لذا فهو ضروري من الجوانب الآتية:

1- حصر وبدقة (الحجم - الهدف) الذي يضم الورم، إن هذا الحصر ينفذ سريرياً في الطب الاشعاعي وأحياناً بتدخل جراحي وأنه من المحتمل أن هذا (الحجم - الهدف) يستطيع أن يتغير خلال العلاج والأخذ بعين الإعتبار لانخفاض حجم الورم.

2- اختيار نوع الأشعة القادرة على تقديم جرعة متجانسة لهذا (الحجم الهدف) دون تعريض النسج السليمة المجاورة لأشعة كبيرة.

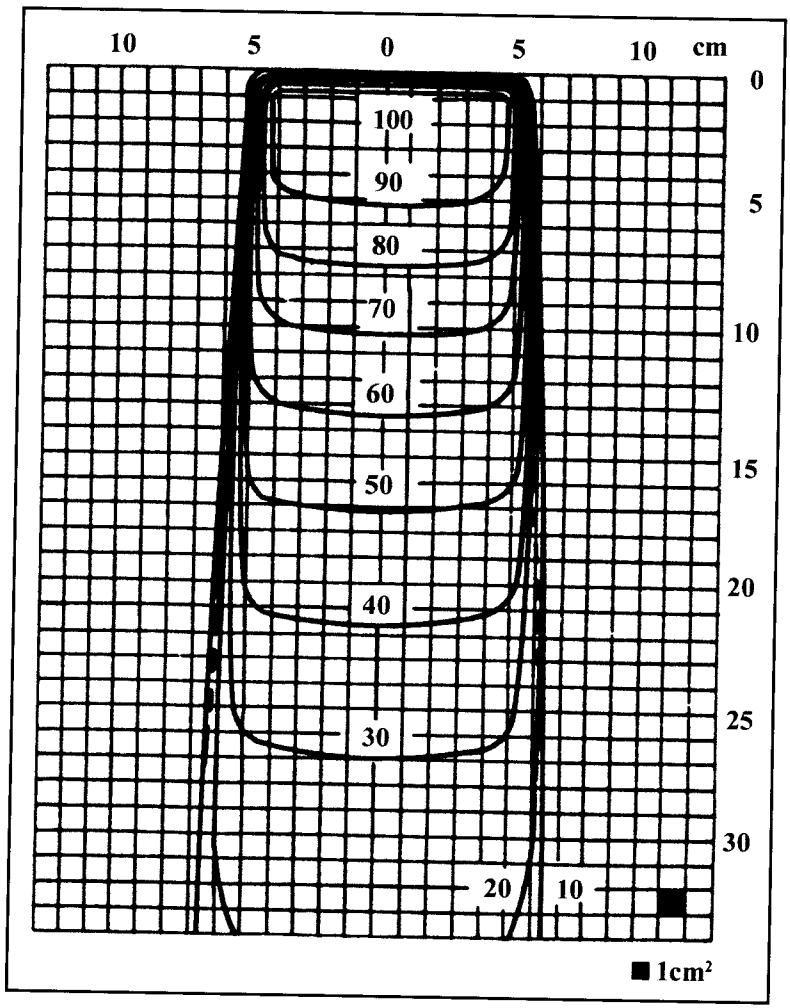
3- اختيار العدد والتوجيه وشكل الحزمة أو الحزم *(X)* (عملية التمركز).



الشكل (7-10) تساوي الجرعات الكلية

نفس الجرعة مقدمة بكل حزمة عند وجه الدخول الموافق. كما أن الجرعة الكلية في مركز الورم هي (1.2) مرة أكبر من كل واحدة من جرعات الدخل فمثلاً جرعة بمقدار *(2 gray)* عند الدخول من الحزم الثلاث، فالجرعة في مركز الورم هي *(2.4 gray)* .

4- تنعيم القذف الإشعاعي بالمحركات *simulation process* (على كمبيوتر وعلى طيوف) والتي تسمح بتحديد وبدقة توزع الجرعات المقدمة (الشكل 7-10)، ولهذا يتم استخدام منحنيات يساري الجرعات (الشكل 8-10).



الشكل (8-10) منحنيات تساوي الجرعات

5- تحديد الجرعة في كل جلسة وعدد الجلسات والفاصل الزمني بين جلسة وأخرى.

إنَّ هذه التقنية ونجاحاتها سمحت للمعالجة بالأشعة بشفاء نصف السرطانات في جميع الحالات. وأن المعالجة بالأشعة غالباً ماتكون مرتبطة بمعالجات أخرى مضادة للسرطانات، مثل (جراحة، معالجة كيميائية ومعالجة الهرمونات).

أخيراً يجب معرفة معايير الأشعة الشافية وهي:

1- الحجم الورمي، فكلما كان الوم صغيراً، كان أكثر قابلية للشفاء.

2- الطبيعة النسيجية للورم، فبعض الأورام تكون أكثر قابلية للشفاء من غيرها.

وبغية تثبيت الفكرة وكمثال يجب مابين *(35-20) gray* بغية تعقيم الأورام المنوية و *(40-35) gray* من أجل الأورام الخبيثة الدموية و *(75-50) gray* للسرطانات الغدية و *(80-60) gray* للأورام الخبيثة الإحتقانية.

وأن مفهوم الأشعة الشافية يعني بأن الجرعة التي تأخذها الخلايا والنسج السليمة المحيطة بها أثناء علاج الأورام أقل من الجرعات العظمى التي تتحملها هذه النسج.

هـ- خطر المعالجة بالأشعة الخارجية - انتقال عبر الجلد:

عند معالجة الورم شعاعياً، فإننا نلحق الضرر بالنسج السليمة المحيطة به، ويجب مناقشة حجم هذا الضرر واحتمالاته قبل الدء بالمعالجة. فاستخدام الأشعة السينية *(X-ray)* ذات الطاقة العالية تعمل على إزالة الأفعال الثانوية الجلدية

(إشعاع البشرة) والعظام (نخر العظام بالأشعة) والتي تحدث بكثرة وذلك عند استخدام الأشعة السينية ذات الطاقة الضعيفة.

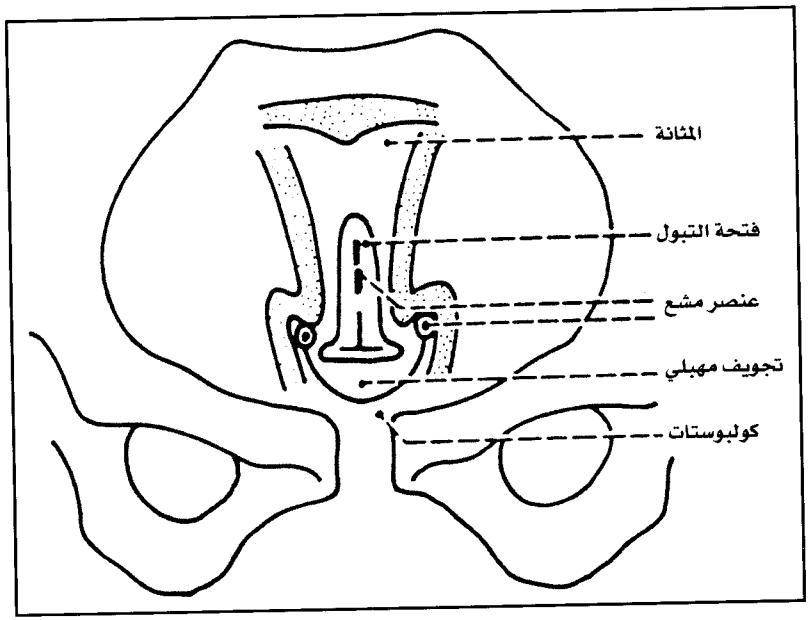
10-2 المعالجة بالأشعة بإستخدام منابع موجودة ضمن أغلفة كثيرة: *(CPSS):*

يتم استخدام عناصر فعالة اشعاعياً محتواة ضمن أغلفة غير نفوذية. و(الجدول 1-10) يشر إلى العناصر الفعالة المستخدمة إشعاعياً وميزاتها الرئيسية.

The used radiation نوع الإصدار	*Half Life* الدور (نصف العمر)	*Radioactive Source* العنصر المشع
γ, β	5.3 سنة	كوبالت 60
γ, β	27 سنة	سيزيوم 137
$\propto, \gamma, \beta$	1620 سنة	راديوم 226
γ, β	74 يوم	اريديوم 192
β	28 سنة	استرونينيوم 90
β	2.7 يوم	نيريوم 90
γ, β	2.7 يوم	ذهب 198
β	14.3 يوم	فوسفور 32
نيترونات *Neutrons*	2.5 سنة	كالفورينوم 252
RX, γ, β	60 يوم	يود 125

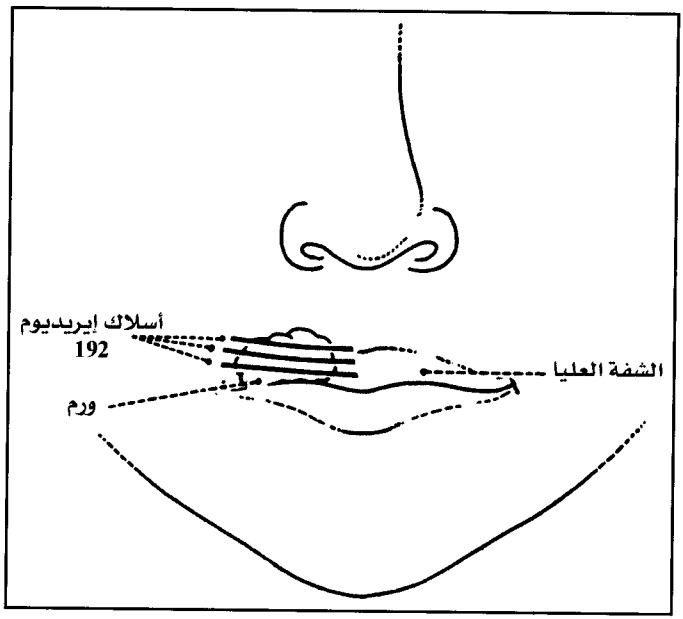
الجدول (1-12)

إنَّ المنابع الفعالة إشعاعياً تكون موجودة بتماس أو داخل الورم وتُتْرك في مكانها خلال عدة أيام، وأن شكل المنابع المستخدمة يتعلق بنوع الآفة المطلوب علاجها. فعند تعرض سرطان عنق الرحم للأشعة نستخدم مسبار الرحم الفعال إشعاعياً وكولبوستات بنهاية فعالة إشعاعياً (الشكل 9-10).



الشكل (9-10)

وأنه لمعالجة آفة الشفة، نضع فيها اسلاك ايريديوم (192)، (الشكل 10-10) بينما لمعالجة ورم الأوعية الدموية يستخدم الفوسفور (32).



الشكل (10-10)

10-3 المعالجة الإشعاعية بأستخدام منابع غير موجودة في أغلفة كتمية(*CPSNS*):

تهدف إلى إدخال عنصر فعال إشعاعياً في العضو بحيث يتموضع في مستوى الآفة ليطبق عليها تأثيراً إشعاعياً علاجياً.

10-4 معلومات عامة حول العناصر المشعة المستخدمة:

أ- طريقة التطبيق *Application methods*

1- بطريق عام حيث يتم استخدام مساراً خاصاً بالنسج يؤدي إلى مكان وجود الآفة (*CPSNS* انتقائي).

2- بطريق موضعي أي (*CPSNS* غير إنتقائي).

ب- استخدام تأثير العناصر المشعة بيولوجياً بشكل غير مباشر، أي باستخدام وسيط (β^-) قليل التوغل، مما يسمح بتأثير موضعي، هذا التأثير يطبق مباشرة على خلايا النسيج المراد علاجها، متلفة الدوران الدموي الشعري الموضعي.

ج- الخواص الفيزيائية *The physical specifications* :

يحدد (الجدول 2-10) الميزات الفيزيائية للعناصر المشعة *radio actire isotops* الرئيسية المستخدمة في المعالجة بالأشعة بإستخدام منابع موجودة ضمن أغلفة غير نفوذية.

العنصر المشع	*Radio active source*	^{32}P فوسفور	^{90}Y يتروم	^{131}I يود	^{169}Er اربيوم	^{186}Re رينيوم	^{198}Au ذهب
الدور (اليوم)	*Hal fLife*	14.3	2.7	8	0.5	3.7	2.7
الطاقة العظمى لجسيمات β^- *(MeV)*	β^- *Maximum energy*	1.71	2.26	0.61	0.34	1.07	0.96
عمق التوغل الأعظمي للإلكترونات الأكثر طاقة *(mm)*	*penetration depth*	8	11	2	1	5	4
طاقة أشعة γ – المرافقة *(MeV)*	γ- *radiation energy*	No	No	0.36	0.03	0.14	0.41

جدول (2-10) المميزات الفيزيائية للعناصر المشعة المستخدمه علاجياً

1- بإستثناء (^{32}P) و (^{90}Y) فإن اصدار أشعة (β^-) يترافق باصدار أشعة (γ) الذي يتسبب وعلى بعد من العضو الهدف بتعريضه لأشعة غير مهملة.

2- العمق الأعظمي للتوغل معطى للالكترونات ذات الطاقة العالية، وأن العمق الوسطي للتوغل ضعيف.

3- في حالة (I^{131}) فإن جزءاً هاماً من الفاعلية مستبدل بالبول (48) ساعة تلي العلاج، ويجب تخزين التبولات حتى يسمح التناقص الطبيعي للفعالية باستبعادها.

4- جميع هذه العلاجات ممنوعة الاستعمال في حالة الحمل أو الرضاعة.

10-5 العلاج الانتقائي بالعناصر المشعة *CPSNS*:

أ- استخدام اليود (I^{131}) في معالجة الغدة الدرقية *Thyriod gland treatemen*. بواسطة التثبيت الإنتقائي لليود بالخلايا الحويصلية لجسم الغدة الدرقية مستخدم لمعالجة السرطانات وفرط وظائف الغدة الدرقية.

معالجة سرطانات الغدة الدرقية:

في حالة سرطانات الغدة الدرقية، تكون المعالجة بالأشعة الانتقائية بواساطة اليود (I^{131}) *Iodine* محجوزة باشكال النسج المحتملة بتثبيت اليود وأن طريقة العلاج (*CPSNS*) تسمح بالآتي:

1) مباشرة بعد استئصال الغدة الدرقية الكلية جراحياً (يشكل الزمن الأولي للعلاج)، بإتلاف بقايا نسيج الغدة الدرقية الذي لا تستطيع العملية الجراحية استئصالها.

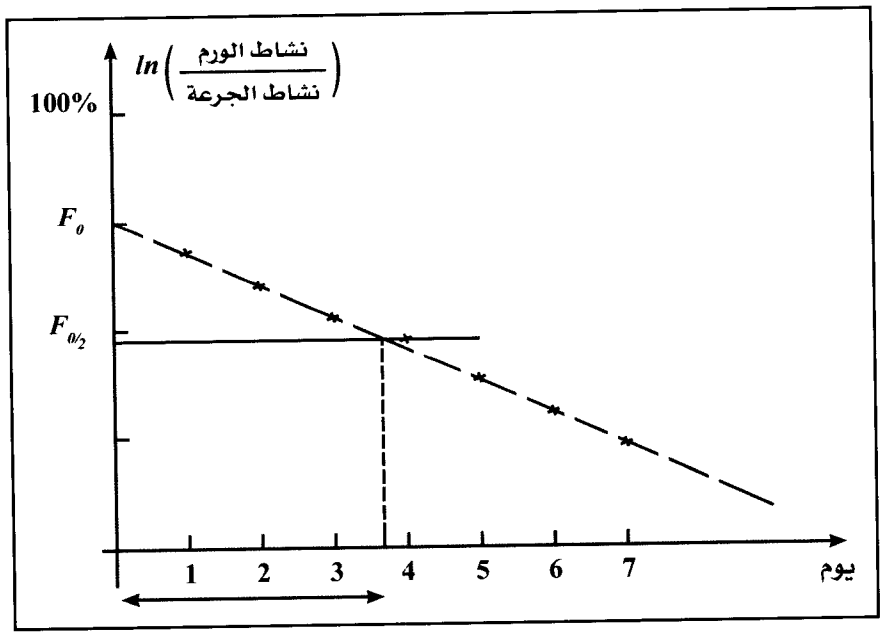
2) عند الفحوصات الدورية، يظهر اتلاف الانتكاسات الموضعية بفحص الصورة الشعاعية للجسم كاملاً. فالفعاليات التطبيقية (بطريق فموي

ودفعة واحدة) هي في الوقت الحاضر (*100 mCi*) وأن (*CPSNS*) باليود (^{131}I) يحسن بشكل معتبر تشخيص السرطانات الدرقية.

معالجة نشاط الغدة الدرقية المفرط *Thyrophyma treatement* :

عند معالجة نشاط الغدة الدرقية المفرط أو ورم غدي سمي، تحسب الفعالية المطبقة إبتداءً من:

1) من الدور الفعال (*Te*) لليود (131) في الغدة الدرقية ويحسب هذا الدور من المنحنى البياني للتثبيت الدرقي من (1.5) إلى (8) أيام بجرعة تقفي الأثر لليود (131) (الشكل 11-10).



الشكل (11-10) المنحنى البياني للتثبيت الدرقي بإحداثيات نصف لوغاريتمية وتحديد الدور الفعال لليود 131 *Te* والتثبيت الأولي *F*

2) نسبة التثبيت الأولي (F_o) لليود (131) (نسبة اليود المدخلة إلى المعدة

والتي تتثبت على الغدة الدرقية)، محسوبة من استكمال الخط البياني للتثبيت، حتى الزمن صفر (الشكل 11-10).

3) من الكتلة (M) لتضخم الغدة الدرقية أو ورم غدي سمي مقاسة بتخطيط الصدى.

4) من الجرعة (D) (بالغري) التي نختارها للتطبيق (من $50\ Gy$ إلى $150\ Gy$ حسب حجم تضخم الغدة الدرقية، و $300\ Gy$ لورم غدي سمي) وأن الفعالية المطبقة بطريق فموي معطاة بالعلاقة التالية:

$$A\ (mCi) = \frac{M(gr \times D(Gy)}{F(\%) \times Te(day) \times 1.7}$$

وإن (A) حالياً هي في مرتبة [($3mCi$) حتى ($10mCi$)] ويتم الحصول على التأثير العلاجي من شهر إلى ثلاثة أشهر وأن الانتكاسات عادية جداً وتقود إلى تطبيق جرعة علاجية جديدة وأن علاج فرط نشاط الغدة الدرقية باليود الفعال إشعاعياً له سلبيات تتسبب عادة بفرط نشاط الغدة الدرقية عدة سنوات بعد الشفاء من الاضطراب الأولي.

5) استخدام *radioactive phosphorus* (^{32}P) في معالجة متعدد الكريات الحمراء الأولية:

إن مبدأ المعالجة في هذه الطريقة هو استخدام الأشعة السامة للفوسفور (32) على الخلايا التي هي من اصل النخاع المسؤول عن الإنتاج المفرط للكريات الحمراء. فالفسور (المحقون بطريق الأوردة على شكل فوسفات الصوديوم) يتمركز جزء منه في نوى الخلايا النخاعية التكاثرية وجزء آخر في العظام (بتماس الخلايا الأصل).

إنَّ العلاج المطبق بشكل أساسي على الأشخاص المسنين، يستخدم جرعة وحيدة ($0.1mCi/kgr$) .

وأخيراً فإن العلاج بهذه الطريقة يحرض من (3 إلى 6) أشهر هدوءً كاملاً بنسبة (95%) من الحالات وأنه خلال ثلاث سنوات تقريباً تتم معالجة الانتكاسات في حالة العلاج الأولي. كما أن استخدام (^{32}P) يحسن تشخيص متعدد الكريات الحمراء الأولية عند الأشخاص المسنين والمضاعفات الرئيسية عند (15%) من الحالات هي ظهور ابيضاض الدم الحاد والمميت بسرعة.

10-6 العلاج غير الإنتقائي بالعناصر المشعة *CPSNS* :

أ- المعالجة الاشعاعية المفصلية:

إن الحقن داخل المفصل (مع الحذر الشديد للتعقيم) لعنصر مشع، مثل كلٍ من: ($^{186}R, ^{169}Er, ^{90}Y$) يصدر ($\beta^-$) يسمح بتحسين الإلتهابات المفصلية المستعصية، إنَّ عملية التأثير تستند على تعريض الغدة المفصلية والغضاريف المفصلية للأشعة فالليتريوم (90) (الأكثر توغلاً) مخصص للمفاصل الضخمة مثل (الركبة أو الورك) بجرعات من ($3mCi$ إلى $6mCi$) والرينيوم(186) (متوسط التوغل) يحقن في المفاصل المتوسطة مثل (الكتف، المرفق، مفصل اليد، كاحل) بينما الاريبيوم(169) حيث لا تتوغل الألكترونات لأكثر من ($1mm$) في النسج، يخصص للمفاصل الصغيرة للأصابع.

ب- استخدامات أخرى (*CPSNS*) غير إنتقائي:

إن حقن غروبات في الجوف الجنبي مظهر بالعنصر المشع (^{189}Au) أو

فوسفات الكروم الفعال اشعاعياً المظهر ب (^{32}P) يسمح بتحسين ذات الجنب السرطانية. ويستخدم أحياناً ليبيودول فوق المائع المظهر باليود (131) أو بالفوسفور (32) المدخل بطريق لمفاوي داخلي بطئ بغية تعريض غدد بعض السرطانات للأشعة حيث لا يكون التطبيق الجراحي ممكناً.