



الجمهورية العربية السورية
هيئة الطاقة الذرية

هـ ط ذس- و/ت د ع 759
كانون الأول 2007

تقرير عن دراسة علمية مخبرية
قسم الوقاية والأمان

مقارنة نتائج تطبيق بروتوكولي الوكالة الدولية للطاقة الذرية
TRS-277 & TRS-398
لتعيين الجرعة الإشعاعية

الدكتور ممدوح برّو
المهندس أسامة أنجق

هـ ط ذس- و/ت د ع 759

مقارنة نتائج تطبيق بروتوكولي الوكالة الدولية للطاقة الذرية TRS-277 & TRS-398 لتعيين الجرعة الإشعاعية

د. ممدوح برو و أسامة أنجق
دائرة المعايرة الإشعاعية - قسم الوقاية والأمان - هيئة الطاقة الذرية السورية
دمشق - ص.ب. 6091 - سورية

ملخص:

الهدف من هذه الدراسة المقارنة ما بين طريقتي تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة وفق البروتوكول التقني TRS-277 (1987) والبروتوكول (2000) TRS-398 الصادرين عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية. جرت الدراسة باستخدام خمس حجيرات تأين شائعة الاستخدام لاختبار الفرق في تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء الناتجة عن حزمة إشعاعية لنظير الكوبالت-60. كذلك جرى استخدام كواشف الـ TLD لإجراء المقارنة مع المخبر العياري في الوكالة الدولية للطاقة الذرية. أظهرت المقارنة أن النسبة بين قيمتي الجرعة الإشعاعية (أي النسبة $D(\text{TRS-398})/D(\text{TRS-277})$) محسوبة وفقاً لكل من البروتوكولين متقاربة ومتوسط الخطأ النسبي أقل من 0.5% لكافة الحجيرات المستخدمة في الدراسة.

الكلمات المفتاح:

تعيين الجرعة الممتصة، المعالجة الإشعاعية، مقارنات TLD

Comparison between the IAEA's Protocols (TRS-277 & TRS-398) for Absorbed Dose Determination

Mamdouh Bero and Ousama Anjak

Radiation Calibration Division, Protection and Safety Department;
Atomic Energy Commission of Syria, Damascus P O Box 6091, Syria.

Abstract:

The aim of this study is to compare between two IAEA's Protocols [IAEA_TRS-277 (1987) and IAEA_TRS-398 (2000)] for Absorbed Dose Determination. Five types (5 Chamber) of commonly used cylindrical ionization chambers (Farmer type, 0.6 cc) were used to check the difference in absorbed dose to water determination for Co-60 beams under reference condition. TLD dosimeter was also used for inter-comparison with IAEA's SSDL. The mean values of the measured absorbed dose were found to be similar in both cases and the relative error $D(\text{TRS-398})/D(\text{TRS-277})$ is found to be approximately less than 0.5% for all chambers used in this study.

Key words:

Absorbed Dose Determination, Radiotherapy, TLD comparison

المحتويات

الصفحة	الموضوع
2	ملخص
3	Abstract
4	المحتويات
5	1. مقدمة:
6	2. البروتوكول TRS-277:
7	3. البروتوكول TRS-398:
7	4. أي البروتوكولات يجب استخدامها لتطبيقات حاسب الجرعة في المعالجة الإشعاعية بالفوتونات والإلكترونات عالية الطاقة؟
8	5. الأجهزة والأدوات المستخدمة في هذه المقارنة وطريقة العمل
8	5-1. أجهزة الأشعة
9	5-2. أجهزة قياس الجرعة
9	5-2-1. حجيرات التأين (Ionization Chambers)
10	5-2-2. جهاز قياس الشحنة (Electrometer)
10	5-2-3. الفانتوم (Phantom) و مخدمات الحجيرات (chamber sleeves)
11	5-2-4. مقياسي درجة الحرارة والضغط الجوي
11	6. طريقة القياس:
12	6-1. تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء بقياس كيرما الهواء و استخدام المعامل (N_K)
14	6-2. تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء مباشرة باستخدام المعامل ($N_{D,w}$)
16	6-3. مقارنة بين طريقتي الحساب لكل من البروتوكولين TRS-277 و TRS-398
17	6-4. تعريض كبسولات TLD
18	7. النتائج التجريبية والمناقشة:
22	8. الاستنتاجات و المقترحات:
22	الخلاصة:
23	المراجع:

1- مقدمة:

تجرى المعالجة الشعاعية للأورام بتوجيه حزمة أشعة عالية الطاقة على الخلايا السرطانية بهدف قتلها وهذا يتطلب دقة عالية في تحديد الجرعة الشعاعية الممتصة. حيث أن نجاح أو فشل المعالجة يعتمد على تحديد الجرعة الشعاعية المعطاة للورم. إن الدقة في هذه القيمة يجب أن لا تتغير بنسبة مئوية كبيرة عن القيمة الموصى بها، مثلاً توصي (ICRU) بأن تكون الدقة في حساب الجرعة التي تحكم نتائج المعالجة ضمن حدود إرتياب مقداره 5% لكامل عملية المعالجة [1]. تحتوي هذه النسبة مجموعة من المركبات مثل قياس الجرعة المطلقة (المعايرة) قياس الجرعة النسبي (الجرعة مع العمق %، مخططات التوزع، عوامل الخرج)، تخطيط المعالجة ويقدر الإرتياب فيه بحوالي $\pm 2\%$ ، أداء الجهاز في ذلك اليوم ويعطى الإرتياب فيه بالنسبة $\pm 2\%$ وأخيراً وضعية المريض و الحركة و الإرتياب فيها حوالي $\pm 3\%$. يفرض أن مركبات الإرتياب مستقلة و تخضع للتوزع الطبيعي فإنه يبقى لقياس الجرعة حوالي 3%. وهذا يتطلب العمل على تقليل مقدار الخطأ وزيادة الدقة في تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة الصادرة عن الحزمة الإشعاعية المستعملة. من الوسائل المتبعة للوصول إلى هذا الهدف تطبيق بروتوكولات محددة للقياس. تعد بروتوكولات تعيين الجرعة الممتصة الصادرة الوكالة الدولية للطاقة الذرية من أهم البروتوكولات في هذا المجال وأكثرها انتشاراً فهي تقدم خطوات منظمة لتعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة لحزم الإشعاع المستعملة في علاج الأورام وفي تطبيقات عديدة أخرى. و نشير هنا إلى وجود بروتوكولات أخرى لتعيين الجرعة الممتصة مطبقة في بعض الدول مثل AAPM TG 51 في شمال أمريكا و DIN 6800-2 في ألمانيا. أصدرت الوكالة الدولية للطاقة الذرية التقرير TRS-277 عام 1987 [2] ثم تلاه بعد عدد من السنوات التقرير TRS-398 الصادر عام 2000 بهدف زيادة الدقة والتقليل من الأخطاء التي يمكن أن تقع عند تعيين الجرعة الممتصة وقد قدمت في هذا التقرير الأخير طريقة يتم باتباعها تقليل عدد البارامترات المستخدمة في تعيين الجرعة الممتصة [3].

كما إن الحصول على دقة أفضل للجرعة الموصوفة يتطلب معايرة دقيقة للمصادر المشعة والأجهزة المستخدمة في المعالجة، حيث أن عملية معايرة الحزم الإشعاعية هذه تستند إلى خطوات و قياسات معقدة تتضمن تطبيق معاملات تحويل وتصحيح كثيرة. وتعتبر المعايرة من العمليات الأساسية التي تحتاج إلى خبرة في مجال الفيزياء الطبية. ينصح بإجراء المعايرة في الحالات التالية: قبل الاستخدام الأولي لأجهزة المعالجة، بشكل دوري بعد ذلك وبعد أي عملية صيانة يمكن أن تؤثر على مقدار الجرعة الإشعاعية.

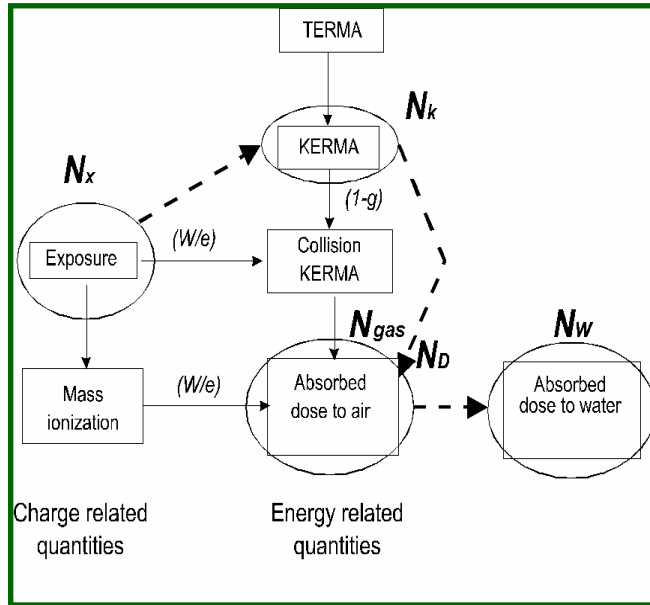
قامت خلال السنوات القليلة السابقة بعض المنظمات الوطنية (مثل الهيئة الوطنية للفيزياء الإشعاعية) باختبار و مقارنة كفاءة البروتوكولات المقترحة لتعيين الجرعة الإشعاعية في الماء مع البروتوكولات المعتمدة على حساب الجرعة بعد قياس كيرما الهواء و ذلك بخطوات منظمة لتعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة لحزم الإشعاع المستعملة في علاج السرطان ومخابر المعايرة، ومن أهم هذه البروتوكولات التي تجري المقارنة بينها TRS-398 و TRS-277 و كذلك AAPM TG 51 و AAPM TG 21 [1, 2]. بحيث تتم هذه المقارنات في المخابر المختصة وبشكل يضمن انسجام النتائج في الظروف و الطرائق المتبعة في كل مخبر. يتطلب قياس الجرعة الممتصة في المعالجة الإشعاعية دقة عالية وتقنيات خاصة، ويعتبر تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء من أهم العوامل المساعدة في تقدير الجرعة التي سوف يتلقاها المريض خلال جلسات المعالجة. تعتمد هذه القياسات الدقيقة على بروتوكولات و طرق خاصة مختبرة و موثوقة لإيجاد الجرعة الإشعاعية الممتصة. يوصى بتطبيق هذه البروتوكولات حرفياً حتى تتوحد أساليب القياس و من أجل تفادي وقوع أخطاء ومشاكل أو حوادث إشعاعية نتيجة الخطأ في تعيين الجرعة الممتصة. تزود هذه البروتوكولات المستخدم بوثائق واضحة ومفهومة وسهلة الاستخدام و ملائمة لظروف مختلفة بحيث تصبح قابلة للتطبيق في جميع أقسام المعالجة الإشعاعية و في جميع البلدان التي تستخدم الإشعاع في معالجة السرطان.

تتضمن هذه الدراسة المقارنة ما بين طريقتي حساب الجرعة الإشعاعية وفقاً لبروتوكولين صادرين عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية و هما البروتوكول القديم (1987) TRS-277 الخاص بتعيين الجرعة من قياس كيرما الهواء و الجديد (2001) TRS-398 الذي يعطي الجرعة الممتصة في الماء مباشرة. أنجزت الدراسة من خلال مقارنة نتائج قياس الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء لجهازين من أجهزة المعالجة الإشعاعية مختلفين و باستخدام ثلاثة أنواع من حجيرات التأين وذلك بقياس معدل الشحنة المتجمعة داخل الحجيرة و حساب قيمة الجرعة الممتصة وفقاً للبروتوكول المتبع. وقد استعملت كواشف الـ TLD لضبط جودة القياسات ضمن برنامج المقارنات الذي تجريه الوكالة الدولية للطاقة الذرية. أظهرت نتائج مقارنة الطريقتين أن قيم الجرعة الإشعاعية محسوبة وفقاً لكل من البروتوكولين متقاربة جداً وأن القيم المستنتجة من البروتوكول TRS-398 أعلى قليلاً لكن تبقى ضمن حد الإرتياب في القياس. في حين أظهرت نتائج المقارنات باستخدام كواشف الـ TLD أن

الجرعة المحسوبة بالاعتماد البروتوكول TRS-398 كانت مطابقة للجرعة المحسوبة في الوكالة. نعرض فيما يلي تفصيل أكبر عن أهم البروتوكولات الصادرة عن الوكالة حول موضوع قياس الجرعة في مجال المعالجة و الناتجة عن تطبيق أشعة غاما عالية الطاقة [4].

2- البروتوكول TRS-277:

في عام 1987م قامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA بإصدار البروتوكول TRS-277 [2] وهو بروتوكول دولي مختص في تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة لحزم الفوتونات والإلكترونات وذلك من خلال خطوات تتم عن طريق استخدام حجيرات تأين ضمن حقول إشعاعية وذلك للحصول على قياسات تستعمل لحساب الجرعة الإشعاعية في الماء. عملية معايرة حجيرات التأين بهذا الشكل مبنية على أساس قياس "كيرما الهواء (N_K)" و يتم بعد ذلك استخدام تصحيحات كثيرة لإيجاد الجرعة الممتصة في الماء بواسطة هذا البروتوكول. تؤدي كثرة هذه العوامل إلى تقليل الدقة و تزيد من صعوبة تقدير الجرعة الممتصة في الماء كنتيجة نهائية. تبدأ هذه الخطوات باستخدام معامل المعايرة لحجيرة التأين (N_K) في الهواء و تحويله إلى معامل المعايرة ($N_{D,W}$) لنتمكن من إيجاد الجرعة الممتصة (D_W) في الماء. وتتطلب عملية التحويل المذكورة مراحل عدة تساهم في النتيجة إلى تخفيض الدقة في حساب الجرعة الممتصة في الماء بحدود (3-4%) [6]، الشكل (1).



الشكل (1): خطوات إيجاد الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء حسب البروتوكول TRS-277 [5].

3- البروتوكول TRS-398:

قامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية في السنوات القليلة الماضية اعتباراً من سنة 2000م بنشر بروتوكول دولي جديد لتعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء لأجهزة المعالجة الإشعاعية بشكل مباشر وهو بروتوكول عام جداً ويستخدم للفوتونات والإلكترونات بجميع طاقاتها ويستخدم أيضاً لجميع أنواع حجيرات التأين ويحتوي هذا البروتوكول على توصيات وخطوات رئيسية لقياس الجرعة الممتصة لكافة أنواع الحزم الإشعاعية حيث يعتمد هذا البروتوكول على أساس معايرة حجيرة التأين في الماء، حيث أصبح هذا البروتوكول مقبولاً وذلك لأن قياس الجرعة في أقسام المعالجة مبنية على هذه الظروف [7]. تُعدُّ عملية المعايرة وتقدير الجرعة الممتصة بالقياس المباشر في الماء و الواردة في هذا البروتوكول احد التحسينات الرئيسية عن البروتوكولات السابقة والتي كانت مبنية على أساس معامل المعايرة في الهواء حيث كانت التقارير السابقة تبدأ بالمعايرة في الهواء ومن ثم يتم استخدام معاملات تحويل نظرية للحصول على الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء. يضاف إلى ذلك ميزات سهولة الاستخدام و الحاجة لاستعمال عدد أقل من المتحولات بالمقارنة مع البروتوكول TRS-277، وأخير إمكانية الحصول على معامل المعايرة $N_{D,W}$ مباشرة [6].

4- أي البروتوكولات يجب استخدامها لتطبيقات حاسب الجرعة في المعالجة الإشعاعية بالفوتونات و الإلكترونات عالية الطاقة؟

يعتمد استخدام البروتوكول على كيفية معايرة حجيرة التأين في المخبر الأولي فإذا تمت معايرة حجيرة التأين على أساس (N_K) أو (N_X) فإنه لا يمكن استخدام البروتوكول (TRS-398) أما إذا تمت المعايرة على أساس $(N_{D,W})$ فإنه يجب استخدام البروتوكول (TRS-398) [5, 6].

حيث تعتبر معايرة حجيرات التأين في المخابر العيارية من الأعمال الأساسية من أجل الحصول على قيم صحيحة للجرع وخاصة تلك الموصوفة للمرضى ويعتمد استخدام أي حجيرة تأين على تحديد معامل المعايرة لها حيث تتم معايرة الحجيرة في المخابر العيارية الأولية وذلك باستخدام قيم مرجعية معتمدة ناتجة عن منابع عيارية بعد ذلك يتم إصدار شهادة خاصة لكل حجيرة تأين تحتوي على معلومات عن الحجيرة و عوامل المعايرة لهذه الحجيرة. ومن أهم هذه العوامل هي:

1. (N_K) : معامل معايرة حجيرة التأين لكيرما الهواء .
2. (N_D) : معامل الجرعة الممتصة في هواء الحجيرة حيث يمكن إيجاده من خلال المعادلة التالية :

$$N_D = N_K (1 - g) K_{att} \cdot K_m$$

حيث:

- (g) نسبة الطاقة المفقودة على شكل أشعة كبح.
 - (K_{att}) معامل التوهين والتشتت في جدران حجيرة التأين.
 - (K_m) معامل يأخذ بالحسبان كون جدران الحجيرة وغطاؤها ليست مكافئة للهواء.
3. $(N_{D,W})$ معامل معايرة حجيرة التأين بمفهوم الجرعة الممتصة في الماء. لتقدير التغيرات التي أدخلت على البروتوكول (TRS-398) سنقوم بعمل مقارنة مفصلة لتحديد الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء حسب البروتوكولين (TRS-277) و (TRS-398) حيث سنقوم بأخذ قراءات دقيقة لمعدل الشحنة المتجمعة في حجيرة التأين للفوتونات الصادرة عن وحدات المعالجة بالكوبالت وباستخدام ثلاث حجيرات تأين ضمن شروط مرجعية تختلف تبعاً لطاقة الحزمة الإشعاعية مع الأخذ بالحسبان الشروط الهندسية للقياس و المحددة في هذه البروتوكولات من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

5- الأجهزة والأدوات المستخدمة في هذه المقارنة وطريقة العمل

5-1- أجهزة الأشعة:

استخدام جهازي معالجة إشعاعية بالكوبالت-60 هما جهاز المعايرة الإشعاعية في المخبر العياري نموذج Theratron-80 (T-80) والأخر جهاز المعالجة الإشعاعية نموذج TIRADE-800 في مركز الطب النووي لإجراء المقارنات بين طريقتي حساب الجرعة الموصوفتين في بروتوكولي الوكالة المدروسين. كما استخدم جهاز الكوبالت-60 نموذج Elite-80 عائد لمشفى البيروني عند إجراء مقارنات الـ TLD مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية. وبيّن الجدول (1) بعض المعلومات الفنية عن هذه المصادر المشعة.

الجدول (1): أجهزة الأشعة المستخدمة في الدراسة

Co-60 unit model	Manufacturer	Source Activity	Ref. Date
Elite 80	MDS Nordion, Canada	380.3 TBq	17/10/2003
TIRADE 800	INVAP	370.37 TBq	08/08/1998
Theratron-80	AECL	390.5 TBq	2/12/1993

نبين في الشكلين (2) و (3) الآتين صور ضوئية لجهازي الأشعة اللذين تم استخدامهما في الدراسة:



الشكل (3): جهاز معالجة بالكوبالت-60 من نموذج TIRADE_80 INVAP



الشكل (2): وحدة المعالجة بالكوبالت-60 نموذج Theratron 80

2-5 أجهزة قياس الجرعة:

لإجراء القياسات الخاصة بهذه الدراسة استخدمت حجيرات تأين مختلفة معايرة إما في المخبر العياري الثانوي التابع للوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA, SSDL Lab.) أو جرى معايرتها في المخبر الوطني للقياسات الإشعاعية التابع لهيئة الطاقة الذرية السورية (AECS, NRML Lab.). واستخدم مقياس الجرعة الإشعاعية UNIDOS type 10002 من شركة PTW لإجراء القياسات. يبين الجدول (2) بعض حجيرات التأين المستخدمة في القياس مع معاملات المعايرة الخاصة بها (N_K) معامل معايرة في الهواء و ($N_{D,W}$) معامل معايرة في الماء. حيث جرى وصل حجيرات التأين بمقياس الجرعة الإشعاعية المذكور PTW UNIDOS type 10002 لقياس مقدار التأين الحاصل في حجيرة التأين نتيجة للتعرض للإشعاع والذي يستخدم بدوره لتعيين الجرعة الممتصة. استخدم فانتوم مائي أبعاده $30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3$ وفق النموذج المعتمد من الوكالة الدولية للطاقة الذرية لتعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة IAEA's Water Phantom. واستخدم أيضاً مقياس حرارة زئبقي لقياس درجة الحرارة ومقاس ضغط جوي رقمي لقياس الضغط الجوي خلال العمل.

الجدول (2) حجيرات التأين المستخدمة في تعيين الجرعة الممتصة و معاملات المعايرة المتعلقة بها.

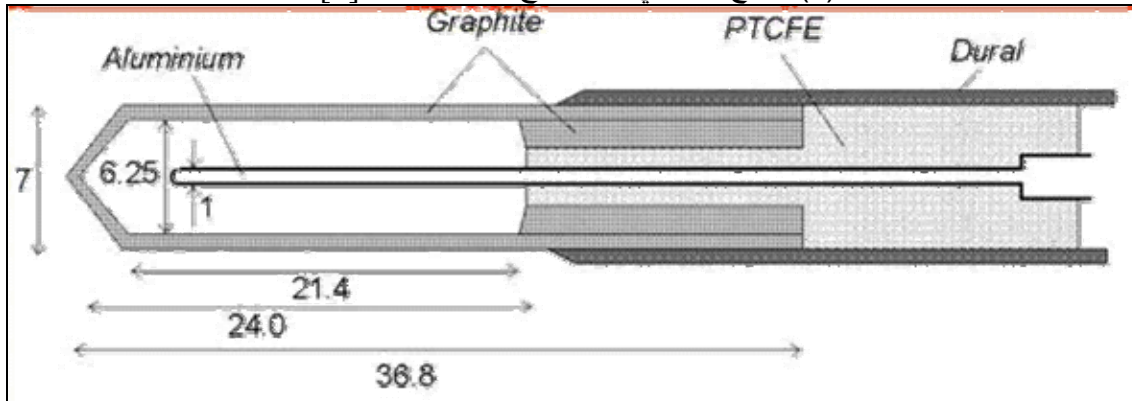
Chambre Module	Type	Sr. No.	N_K [mGy/nC]	$N_{D,W}$ [mGy/nC]
1 NE 2751 ^(*)	Farmer, 0.6 cc	567	41.2 ± 0.2	45.2 ± 0.3
2 PTW 30001 ^(**)	Farmer, 0.6 cc	1505	48.2 ± 0.3	52.9 ± 0.2
3 PTW30002 ^(**)	Farmer, 0.6 cc	0062	47.1 ± 0.2	51.0 ± 0.3
4 PTW30001 ^(*)	Farmer, 0.6 cc	1720	47.6 ± 0.4	52.1 ± 0.5
5 PTW30004 ^(**)	Farmer, 0.6 cc	0156	47.2 ± 0.3	51.5 ± 0.4

(*) Calibrated at SSDL's IAEA

(**) Calibrated at NRML, Syria

1-2-5 حجيرات التأين (Ionization Chambers):

استخدم في هذه الدراسة عدد من حجيرة التأين نموذج فارمر (0.6cc Farmer Chamber) وهي احد أنواع الكواشف الغازية. ويبين الشكل (4) مقطع عرضي لهذا النوع من الحجيرات [1].



الشكل (4): مقطع عرضي لحجيرة تأين من نوع (Farmer Chamber).
يبين الشكل (5) صورة لأحدى الحجيرات التي جرى استخدامها في تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء.



الشكل (5): صورة لأحد الحجيرات التي جرى استخدامها في الدراسة.

5-2-2- جهاز قياس الشحنة (Electrometer):

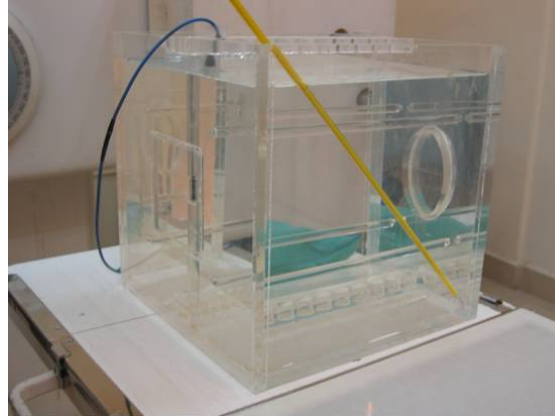
إن كمية الشحنة أو التيار الناتج من تفاعل الإشعاع مع حجيرة التأين صغير جدا لذلك يجب قياس هذه الشحنة بجهاز حساس جدا يدعى (Electrometer) أو مقياس الشحنات وهو يعمل على تحويل النبضات الكهربائية المتشكلة في حجيرة التأين نتيجة تفاعل الإشعاع مع الحجيرة إلى قراءة عددية تشير إلى كمية الشحنة المتشكلة في الحجيرة والتي تتناسب مع كمية الجرعة الممتصة. وقد جرى استخدام المقياس PTW, UNIDOSE, Type 10002#20293, Germany المبين في الشكل (6)



الشكل (6): جهاز قياس الشحنة الذي جرى استخدامه في هذه الدراسة.

5-2-3- الفانتوم (Phantom) و مخدمات الحجيرات (chamber sleeves):

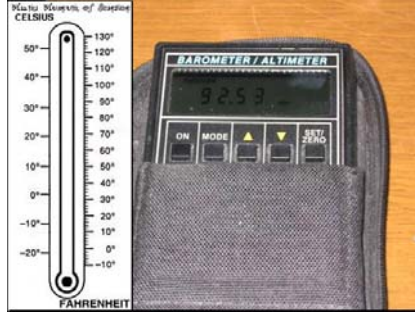
بسبب تعقد بنية جسم الإنسان وصعوبة إجراء القياسات الإشعاعية ضمن النسيج الحية فإن معظم القياسات تتم باستخدام فانتوم بحيث تكون المادة المكونة له مكافئة للنسيج الحي. ومن هذه الفانتومات الفانتوم المائي وهو مصطلح لوصف مادة وتركيب الجسم الحي ويحتوي على الماء وذلك لأن الماء يمتص ويشتم الإشعاع بنفس الطريقة التي يتعامل معها الجسم الحي وهناك عدة أنواع مختلفة تستخدم في المعالجة الإشعاعية لمختلف الأغراض والفانتوم جزء رئيسي في عملية المعايرة وقياس الجرعة. وهذه الأداة (الفانتوم) عبارة عن حوض مكعب الشكل غالبا يصنع من مادة البلاستيك (PMMA) ذو الكثافة ($\rho = 1.19 \text{ g.cm}^{-3}$) او من البوليسترين ذو الكثافة ($\rho = 1.06 \text{ g.cm}^{-3}$) حيث يملأ هذا الحوض بالماء عند إجراء القياس وتوضع الحجيرة في المكان المخصص لها كما في الشكل (7). تم استخدام فانتوم مائي مصنوع من مادة البلاستيك بأبعاد (30cm x 30cm x 30cm) ذو كثافة ($\rho = 1.19 \text{ g.cm}^{-3}$).



الشكل (7): الفانتوم المائي الذي تم استخدامه في هذه الدراسة.

5-2-4- مقياسي درجة الحرارة والضغط الجوي:

تم استخدام مقياس لقياس الضغط الجوي وميزان حرارة لقياس درجة حرارة الماء في الفانتوم المائي.



الشكل (8): يبين جهاز ضغط وميزان حرارة.

6- طريقة القياس:

جرى تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة من أجل حزمة من أشعة غاما صادرة عن نكليد الكوبالت-60 وفقاً لما هو وارد في بروتوكولي الوكالة الدولية للطاقة الذرية TRS-277 و TRS-398 [2,3] كل على حدة ضمن الشروط المرجعية للقياس المحددة في بروتوكولات الوكالة الدولية للطاقة الذرية واستخدمت حزمة إشعاعية مرجعية $10 \times 10 \text{ cm}^2$ على سطح الفانتوم الذي يبعد مسافة $\text{SSD}=80 \text{ cm}$ عن المصدر المشع وعمق مركز حجيرة التأين في الفانتوم المائي $d = -5 \text{ cm}$. حيث وضعت حجيرة التأين في الحامل المخصص لها ضمن الفانتوم المائي وجرى قياس الشحنة المتراكمة خلال 60 sec نتيجة لتعرض الحجيرة للإشعاع.

6-1- تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء بقياس كيرما الهواء واستخدام المعامل (N_K) :

يستخدم هذا الإجراء لتعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء وفقاً لما جاء في البروتوكول (TRS-277)، و يشار إلى أن هذا الإجراء طبق في معظم المستشفيات في أقسام المعالجة الإشعاعية في الماضي و مازال يطبق في بعضها حتى الآن.

طريقة العمل:

- 1- تثبت الفانتوم المائي على طاولة جهاز المعالجة بحيث يكون سطح الماء في الفانتوم ومحددات الحزمة على التوازي. كما في الشكل رقم (7).
- 2- نجعل زاوية دوران الذراع والمحددات مساوية (270°).
- 3- نغير من أبعاد المحددات حتى نحصل على مساحة إشعاعية أبعادها ($10 \times 10 \text{ cm}^2$) على سطح الفانتوم الجانبي.
- 4- نضع المسافة من المنبع إلى سطح الفانتوم بحيث تساوي المسافة الطبيعية للمعالجة ($\text{SSD}=80 \text{ cm}$).
- 5- ننزع الغطاء الواقي لحجيرة التأين ندخلها في الأنبوب المخصص لها ضمن الفانتوم، ونضبط الحجيرة مع مركز المساحة الإشعاعية (مركز التصالب الشعري) بحيث يكون عمق النقطة الفعالة مساوياً 5 cm .
- 6- نصل حجيرة التأين إلى مقياس الشحنة الموجود في غرفة المراقبة ونشغل المقياس لمدة 15 إلى 20 دقيقة وذلك لضمان استقرار الدارات الكهربائية وزيادة الدقة في القياس.
- 7- نختار نمط القياس لأخذ خمس قراءات بمعدل دقيقة واحدة لكل قياس.
- 8- نسجل درجة حرارة ماء الفانتوم من خلال الميزان الحراري الموضوع في الماء وكذلك قيمة الضغط الجوي في غرفة المعالجة.
- 9- نشغل الحجيرة لمدة 10 دقائق وذلك للوصول إلى حالة التوازن الإلكتروني.
- 10- نأخذ أول خمس قراءات على فرق جهد $+250 \text{ V}$ بعد ذلك نعمل على تغيير إشارة الفولتية إلى -250 V عن طريق المقياس الإلكتروني ونأخذ خمس قراءات أخرى. وأخيراً نخفض مقدار الجهد إلى 100 V ونأخذ خمس قراءات أخرى عند كل إشارة للفولتية.
- 11- بالنسبة إلى حجيرات التأين نوع (PTW). نأخذ أول خمس قراءات على فرق جهد $+400 \text{ V}$ بعد ذلك نعمل على تغيير الفولتية إلى -400 V وأخيراً نخفض مقدار الجهد إلى 200 V ونأخذ خمس قراءات أخرى

عند كل إشارة للفولتية ونضع النتائج في جداول خاصة وذلك لإجراء الحسابات وإيجاد مقدار الجرعة الممتصة عن طريق البروتوكول TRS-277 ومقارنتها نتائج تطبيق البروتوكول الجديد TRS-398.



الشكل (9): صورة توضيحية لوضعية تجهيزات العمل المستخدمة لتعنين الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء على وحدة المعالجة الثانية للكوبالت-60

حساب النتائج :

لتعنين الجرعة الممتصة بالاعتماد على تقرير الوكالة TRS-277 استخدمت المعادلات التالية وفقاً لما هو وارد في التقرير TRS-277 وتم إجراء الحسابات اللازمة وسجلت النتائج في الجدول (6).

$$D_w(d=-5cm) = D_w(P_{eff.}) \times cf(PDD) \quad (1)$$

$$D_w(P_{eff.}) = M_U \times N_D \times S_{w,air} \times P_U \quad (2)$$

$$M_U = M_O \times K_{T,P} \times K_U \times P_S \quad (3)$$

$$K_{T,P} = \frac{P_o}{P} \times \frac{(T+273)}{(T_o+273)} \text{ or } K_{T,P} = \frac{101.325}{P} \times \frac{(T+273.2)}{(293.2)} \quad (4)$$

$$N_D = N_K \times (1-g) \times K_{att} \cdot K_m \quad (5)$$

حيث:

- M_O : القيمة المقاسة عن طريق جهاز قياس الشحنة.
- M_U : القيمة المقاسة بعد التصحيح.
- $K_{T,P}$: معامل تصحيح الضغط والحرارة.
- K_U : معامل تصحيح رطوبة الهواء داخل تجويف حجيرة التأين ويساوي (1) وهو مهمل التأثير على الشحنات الناتجة ضمن فجوة الحجيرة . إذا كان معامل المعايرة مأخوذاً في الرطوبة بنسبة 50% فهذا يعني انه لا حاجة للتصحيح في حالة رطوبة نسبية من 20% إلى 70% وذلك في درجات حرارة من 15 C° إلى 25 C°.
- P_S : معامل تصحيح إعادة اتحاد الايونات ويساوي تقريبياً واحد ويتم إيجاده من خلال منحنى خاص [7].
- $S_{w,air}$: نسبة قدرة الإيقاف الكتلية في الماء إلى قدرة الإيقاف الكتلية في الهواء ويساوي (1.133) بالنسبة إلى طاقة الكوبالت [6].
- P_U : معامل التشويش للحجيرة ويساوي (0.9913) للحجيرة المصنوعة من مادة (Graphite) و يساوي (1.0013) للحجيرة المصنوعة من مادة (PMMA) وينتج عن جدران الحجيرة المستخدمة حيث أنها مصنوعة من مواد غير مكافئة للماء [7].
- P_{eff} : معامل تصحيح مركز الحجيرة الفعال.
- $D_w(P_{eff.})$: مقدار الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء عند العمق المرجعي.
- N_D : معامل معايرة حجيرة التأين للجرعة الممتصة في الماء ويعطى بالعلاقة التالية:

$$N_D = N_K (1-g) K_{att} \cdot K_m$$

حيث:

- N_K : معامل معايرة حجيرة التأين لكيرما الهواء.

- g: نسبة الطاقة المفقودة على شكل أشعة كبح.
- K_{att} : معامل التوهين والتشتت في جدران حجيرة التأين.
- K_m : معامل يأخذ بالحسبان كون جدران الحجيرة وغطاؤها ليست مكافئة للهواء.

6-2- تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء مباشرة باستخدام المعامل $(N_{D,w})$:

بدأ ينتشر تطبيق هذا الإجراء لإيجاد الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء بشكل مباشر عن طريق البروتوكول TRS-398، في الكثير من أقسام المعالجة الإشعاعية في مستشفيات معالجة الأورام. و هذا ناتج بالدرجة الأولى عن سهولة التطبيق و زيادة الدقة في تعيين الجرعة الممتصة لحالات المعالجة المختلفة.

طريقة العمل:

- 1- تثبيت الفانتوم المائي على طاولة جهاز المعالجة بحيث يكون سطح الماء في الفانتوم والمحددات على التوازي. كما في الشكل (9).
- 2- نجعل زاوية دوران الذراع والمحددات مساوية (270°).
- 3- نغير من أبعاد المحددات حتى نحصل على ساحة إشعاعية أبعادها ($10 \times 10 \text{ cm}^2$) على سطح الفانتوم الجانبي.
- 4- نضع المسافة من المنبع إلى سطح الفانتوم بحيث تساوي المسافة الطبيعية للمعالجة ($SSD = 80 \text{ cm}$).
- 5- ننزع الغطاء الواقي لحجيرة التأين وندخلها في الأنبوب المخصص لها ضمن الفانتوم ونثبت الحجيرة مع مركز الساحة الإشعاعية (مركز التصالب الشعري) بحيث يكون عمق النقطة الفعالة يساوي 5 cm.
- 6- نصل حجيرة التأين إلى مقياس الشحنة الموجود في غرفة المراقبة ونشغل المقياس لمدة (20- 15) دقيقة وذلك لزيادة الدقة في القياس (استقرار الدارات الكهربائية).
- 7- نختار نمط القياس لأخذ (5) قراءات بمعدل (1) دقيقة لكل قياس.
- 8- نسجل درجة حرارة ماء الفانتوم من خلال الميزان الحراري الموضوع في الماء وقيمة الضغط الجوي في غرفة المعالجة.
- 9- نشع الحجيرة لمدة (10) دقائق وذلك للوصول إلى حالة التوازن الإلكتروني.
- 10- نأخذ أول خمس قراءات على فرق جهد ($+250 \text{ V}$) بعد ذلك نعمل على تغيير إشارة الفولتية إلى (-250 V) عن طريق المقياس الإلكتروني ونأخذ (5) قراءات أخرى. وأخيرا نخفض مقدار الجهد إلى ($+100 \text{ V}$) ونأخذ (5) قراءات ونبدل إشارة الفولتية ونأخذ خمس قراءات أخرى.
- 11- بالنسبة إلى حجيرات التأين نوع (PTW). نأخذ أول خمس قراءات على فرق جهد ($+400 \text{ V}$) بعد ذلك نعمل على تغيير الفولتية (-400 V) وأخيرا نخفض مقدار الجهد إلى (200 V) ونأخذ (5) قراءات أخرى ونضع النتائج في جداول خاصة وذلك لإجراء الحسابات وإيجاد مقدار الجرعة الممتصة عن طريق البروتوكول TRS-398.

حساب النتائج:

يتم حساب النتائج (الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء) عن طريق المعادلات التالية [2]

$$D_w(-5) = M_U \times N_{D,w} \quad (5)$$

$$M_U = M_O \times K_{T,P} \times K_{Pol} \times K_S \quad (6)$$

$$K_S = \frac{\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 - 1}{\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 - \left(\frac{M_1}{M_2}\right)} \quad (7)$$

$$k_{pol} = \frac{|M_+| + |M_-|}{2M} \quad (8)$$

$$K_{T,P} = \frac{P_o}{P} \times \frac{(T + 273)}{(T_o + 273)} \quad (9)$$

حيث:

- M_O : القيمة المقاسة عن طريق جهاز قياس الشحنة.
- $K_{T,P}$: معامل تصحيح الضغط والحرارة.
- K_{Pol} : معامل تصحيح القطبية.
- K_S : معامل تصحيح إعادة اتحاد الايونات ويتم حسابه عن طريق المعادلة رقم (7).
- $N_{D,W}$: معامل معايرة حجيرة التأين للجرعة الممتصة في الماء.
- $D_W(d=-5)$: مقدار الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء عند العمق المرجعي $d=-5$.

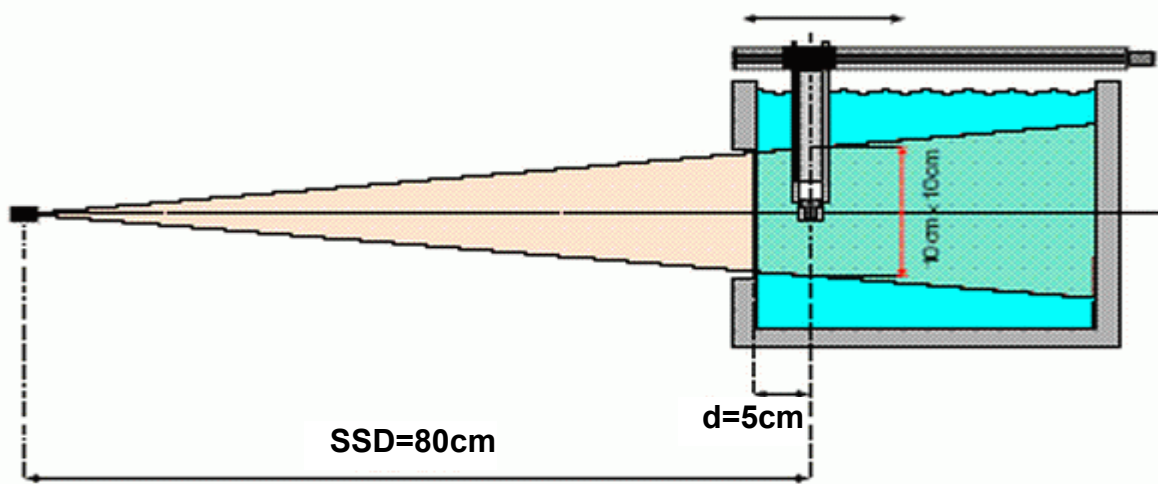
يعتبر تعيين معدل الجرعة الممتصة في الماء عند العمق المرجعي من القياسات الأساسية ويتم القياس وفقاً لشروط هندسية محددة وبالنسبة لوحداث المعالجة بالكوبالت تكون الساحة الإشعاعية أبعادها $(10 \times 10 \text{ cm}^2)$ والعمق المرجعي لحجيرة التأين داخل الفانتوم المائي (5 cm) ومسافة المعالجة تساوي $(SSD=80\text{cm})$ [2].

3-6- مقارنة بين طريقتي الحساب لكل من البروتوكولين (TRS-277) و (TRS-398):

- 1- نلاحظ من طريقة حساب البروتوكول TRS-277 أن تعين الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء يتطلب معاملات أكثر من البروتوكول TRS-398. حيث نلاحظ الاختلاف الكلي بين المعادلة رقم (2) والمعادلة رقم (5) حيث أن هناك معاملات لم يتطرق لها البروتوكول TRS-398 وهي:
 - $(S_{W, air})$: نسبة قدرة الإيقاف الكتلية في الماء إلى قدرة الإيقاف الكتلية في الهواء ويساوي (1.133) بالنسبة إلى طاقة الكوبالت.
 - (P_U) : معامل التشويش (الضجيج الإلكتروني) للحجيرة ويساوي (0.9913) للحجيرة المصنوعة من مادة الغرافيت (Graphite) و يساوي (1.0013) للحجيرة المصنوعة من مادة (PMMA) و ينتج عن جدران الحجيرة المستخدمة حيث أنها مصنوعة من مواد غير مكافئة للماء [5].
 - (P_{eff}) : معامل تصحيح مركز الحجيرة الفعال.حيث تم التخلص من هذه المعاملات وذلك بمعايرة حجيرة التأين في الماء وإيجاد معامل المعايرة $(N_{D,W})$.
- 2- طريقة إيجاد معامل إعادة اتحاد الايونات (P_S) في البروتوكول (TRS-277) تتم عن طريق استخدام منحنى خاص [2] أما طريقة إيجاد المعامل (K_S) للبروتوكول (TRS-398) فيتم ذلك باستخدام المعادلة رقم (7). لهذا فإن إيجاد المعامل باستخدام المعادلة سيكون أدق من إيجادها باستخدام المنحنى وهذا سيقبل من الارتياح في حساب الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء.
- 3- في البروتوكول (TRS-277) يتم معايرة الحجيرة في الهواء بحيث يكون مركز الحجيرة على بعد $(Z_r +)$ من سطح الفانتوم أما في البروتوكول الجديد (TRS-398) فيتم معايرة الحجيرة في الماء بحيث يكون مركز الحجيرة على بعد (Z_r) كما في الشكل (11) المبين أدناه [2,3].
يحسب الخطأ النسبي في مقارنة قياس الجرعة وفقاً للمعادلة:

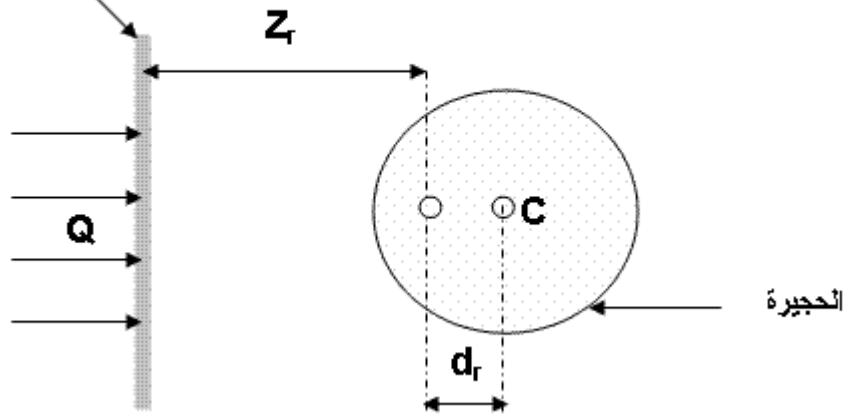
$Error \quad \% = \frac{D_{398} - D_{277}}{D_{398}} \times 100$	(10)
---	------

نبين في الشكل التالي وضعية التشعيع لقياس الجرعة العيارية في المخبر:

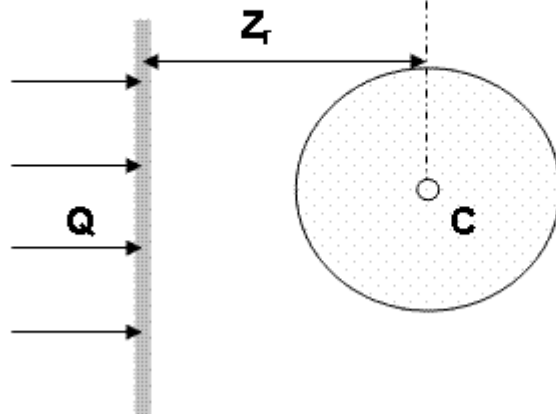


الشكل (10): وضعية تشعيع الحجيرة لقياس الجرعة وفقا للبروتوكول TRS-398.

سطح الفانوم (TRS-277)



(TRS-398)



الشكل (11): مخطط توضيحي يبين الفرق في المعايرة باستخدام بروتوكولين مختلفين [2,3]

حيث أن:

(Z_p): عمق الحجيرة عن سطح الفانتوم، (d_p): المسافة ما بين مركز الحجيرة والنقطة الفعالة للحجيرة،
(C): مركز الحجيرة، (Q): مصدر مشع.

4-6- تعريض كبسولات TLD:

للتحقق من تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة جرى تعريض مجموعتين كواشف التآلق الحراري كل مجموعة مؤلفة من 3 كبسولات من كواشف TLD وقد عرضت لجرعة إشعاعية مقدارها 2 Gy تقريباً جرى تعيينها بطريقتين مختلفتين كما هو الحال في حجيرات التأين حيث جرى تعريض المجموعة جرى تعريض المجموعة الأولى DL0592 لجرعة إشعاعية مقدارها 2.013 Gy جرى تعيينها بالاعتماد على تقرير الوكالة TRS-277 أما المجموعة الثانية المجموعة الأولى DL0591 لجرعة إشعاعية مقدارها 2.002 Gy جرى تعيينها بالاعتماد على تقرير الوكالة TRS-398 وأرسلت إلى مخبر المعايرة في الوكالة الدولية للطاقة الذرية لتعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة التي تعرضت لها الكواشف.

7- النتائج التجريبية والمناقشة:

يلزمنا في هذه الدراسة استخدام أكثر من حجيرة تأين لدراسة الفرق بين الجرعة الممتصة في الماء بحسب توصيات البروتوكولين المذكورين. استخدمنا في هذه الدراسة ثلاث أنواع من حجيرات التأين معايرة في المخابر العيارية. حيث جرى تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة وسجلت النتائج في الجداول (3)، (4) و (5).

الجدول (3) بين نتائج حساب الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء لوحدتها المعالجة الأولى لحجيرة التأين العيارية.

	متوسط القراءات	الانحراف المعياري	الجرعة الإشعاعية وفق (TRS277)	الجرعة الإشعاعية وفق (TRS398)	ERROR
	(nc/min.)	(SD)	mGy/min	mGy/min	%
الحجيرة NE2751	10.03	-	495.6	496.3	0.14

نلاحظ من الجدول (3) أن قيمة الجرعة الممتصة في الماء عن طريق البروتوكول (TRS-277) متقاربة من القيمة التي تم حسابها عن طريق البروتوكول (TRS-398) وكان الفرق بين القيمتين يساوي (0.14%) وهو صغير جداً مقارنة مع القيمة المسموح بها في لمعايرة أجهزة قياس الجرعة الإشعاعية والتي تساوي (1%).
الجدول (4) يبين نتائج حساب الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء لوحدتها المعالجة الثانية للحجيرات الثلاث التي تم استخدامها في هذه الدراسة.

	متوسط القراءات	الانحراف المعياري	الجرعة الإشعاعية وفق (TRS-277)	الجرعة الإشعاعية وفق (TRS-398)	ERROR
	(nC/min.)	(SD)	mGy/min	mGy/min	%
الحجيرة NE2751	16.77	0.0055	840.2	841.1	0.11
الحجيرة PTW30001	14.32	0.0055	840.7	841.1	0.05
الحجيرة PTW30002	14.86	0.0055	840.6	841.1	0.06

الجدول (5): يبين نتائج حساب الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء لوحدة المعالجة الثانية. لحجيرات التأين للمرة الثانية.

	متوسط القراءات	الانحراف المعياري	الجرعة الإشعاعية (TRS-277)	الجرعة الإشعاعية (TRS-398)	ERROR
	(nc/min.)	(SD)	mGy/min	mGy/min	%
الحجيرة (NE2751)	16.77	0.0055	840.2	841.1	0.11
الحجيرة PTW30001	14.33	0.0055	841.2	841.5	0.04
الحجيرة PTW30002	14.85	0.0055	840.0	840.1	0.01

نلاحظ من الجدول السابق رقم (4) ورقم (5) إن هناك تقارب بين قيمة الجرعة الممتصة في الماء عن طريق البروتوكول القديم TRS-277 والبروتوكول الجديد TRS-398 حيث كان الفرق صغير جداً ويميل لصالح البروتوكول الجديد ونلاحظ أن القيم التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة متوافقة جداً مع الدراسات العالمية التي أجريت في هذا الموضوع حيث بينت هذه الدراسات إن القيمة المسموح بها في حساب الجرعة الإشعاعية تساوي (1%) [6]. وقد تبين معنا من خلال النتائج أن الفرق اصغر بكثير من قيم الارتياح في القياس المتعارف عليها في هذا المجال. ونلاحظ إن تقدير الجرعة الإشعاعية الممتصة عن طريق البروتوكول الجديد أكبر بقليل من الجرعة المحسوبة عن طريق البروتوكول القديم وهذا يتوافق أيضاً مع الدراسات العالمية التي أجريت للمقارنة بين البروتوكولين المذكورين.

يبين الجدول (6) الجرعة الإشعاعية الممتصة بحسب بروتوكول الوكالة TRS-277 الناتجة عن المصادر المشعة وباستخدام حجيرات التأين المستخدمة في هذه الدراسة. إن اختلاف قراءة الحجيرة المرجعية NE2751#567 في نفس وضعية التشعيع يعود لعكس قطبية الحجيرة و تبديل إشارة الجهد المطبق.

الجدول (6): الجرعة الإشعاعية الممتصة بحسب تقرير الوكالة TRS-277.

جهاز الكوبالت-60	حجيرة التأين	الزمن sec	الجرعة الممتصة mGy
T-80	NE2751#567	60 sec	496 ± 2.4
TIRADE 800	NE2751#567	60 sec	840 ± 4.1
TIRADE 800	PTW30001#1505	60 sec	841. ± 5.2
TIRADE 800	PTW30002#0062	60 sec	841 ± 3.6
Elite-80	NE2751#567	60 sec	1818 ± 13.2
T-80*	NE2751#567	60 sec	376 ± 4.1
T-80	PTW30001#1720	60 sec	377 ± 2.2
T-80*	PTW30004#0156	60 sec	378 ± 2.6

*: بعد عكس قطبية الحجيرة.

بشكل مشابه نعرض في الجدول (7) الجرعة الإشعاعية الممتصة بحسب بروتوكول الوكالة TRS-398 الناتجة عن المصادر المشعة وباستخدام حجيرات التأين المستخدمة في هذه الدراسة.

الجدول (7): الجرعة الإشعاعية الممتصة بحسب بروتوكول الوكالة TRS-398.

جهاز الكوبالت-60	حجيرة التأين	الزمن sec	الجرعة الممتصة mGy
T-80	NE2751#567	60 sec	496 ± 3.2
TIRADE 800	NE2751#567	60 sec	841 ± 4.0
TIRADE 800	PTW30001#1505	60 sec	841 ± 5.0
TIRADE 800	PTW30002#0062	60 sec	841 ± 4.9
Elite-80	NE2751#567	60 sec	1820 ± 13.1

T-80*	NE2751#567	60 sec	376 ± 3.0
T-80	PTW30001#1720	60 sec	376 ± 2.3
T-80	PTW30004#0156	60 sec	376 ± 2.5

*: بعد عكس قطبية الحبيرة.

أما الجدول (8) فيعطي نتيجة مقارنة قيمة معدل الجرعة الإشعاعية الممتصة لكل حبيرة على حدة وفقاً للطريقة المتبعة في تعيين الجرعة الممتصة والنسبة بينهما: Dose TRS-398/Dose TRS-277 بالإضافة إلى الخطأ النسبي

الجدول (8): مقارنة نتائج تعيين الجرعة الممتصة.

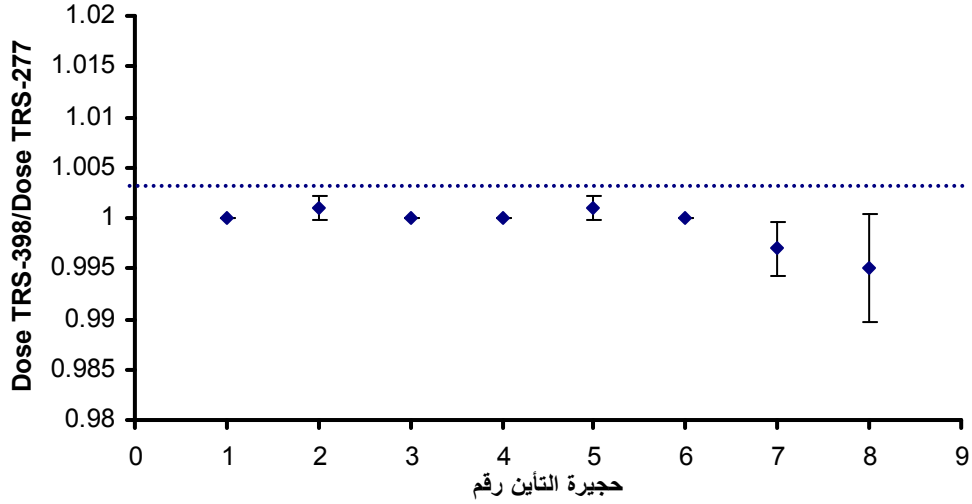
حبيرة التأين	الجرعة الممتصة وفقاً لـ TRS-277 mGy/min	الجرعة الممتصة وفقاً لـ TRS-398 mGy/min	Dose TRS-398/ Dose TRS-277	ERROR %
1. NE2751#567	496 ± 2.4	496 ± 3.2	1.000	0.00
2. NE2751#567	840 ± 4.1	841 ± 4.0	1.001	0.11
3. PTW30001#1505	841. ± 5.2	841 ± 5.0	1.000	0.00
4. PTW30002#0062	841 ± 3.6	841 ± 4.9	1.000	0.00
5. NE2751#567	1818 ± 13.2	1820 ± 13.1	1.001	0.11
6. NE2751#567	376 ± 4.1	376 ± 3.0	1.000	0.00
7. PTW30001#1720	377 ± 2.2	376 ± 2.3	0.997	- 0.27
8. PTW30004#0156	378 ± 2.6	376 ± 2.5	0.995	- 0.53

ويبين الجدول (9) نتائج المقارنات الدورية لتعيين الجرعة باستخدام كواشف الـ TLD و التي تنجز بالتعاون مع مخبر الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

الجدول (9): نتائج مقارنات الـ TLD مع مخبر الوكالة الدولية للطاقة الذرية

TLD مجموعة الـ	متوسط الجرعة محسوبة في مخبر الهيئة Gy (NRML)	متوسط الجرعة في مخبر الوكالة Gy	مخبر الوكالة/مخبر الهيئة
TLS Set DL0592 (TRS 277)	2.013	1.97	0.98
TLS Set DL0591 (TRS 398)	2.002	2.00	1.00

فيما يلي مخطط بياني، الشكل(12)، الذي يصف نسبة الجرعة محسوبة وفق TRS-398 إلى نسبة الجرعة محسوبة وفق TRS-277 لمجموعة الحبيرات المستخدمة وبشكل تمثيلي.



الشكل (12): نسبة الجرعة محسوبة وفق TRS-398 إلى نسبة الجرعة محسوبة وفق TRS-277 لحجيرات التآين المستخدمة في هذه الدراسة.

ويلاحظ مما سبق أن هناك اختلاف صغير بين تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة بالاعتماد على بروتوكول الوكالة TRS-398 وتعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة بالاعتماد على بروتوكول الوكالة TRS-277 وبالمقارنة مع الدراسة الأخرى [6] التي أجريت في هذا المجال هذا الاختلاف نجد أن قيم النسبة: $\text{Dose (TRS-398)/Dose (TRS-277)}$ تتفق مع تلك الدراسة وقد وجد اختلاف في قيمة الجرعة باختلاف طريقة تعيين الجرعة.

8- الاستنتاجات و المقترحات

لقد تمت هذه الدراسة على طاقة محددة ألا وهي الطاقة الناتجة عن الكوبالت حيث متوسطها يساوي 1.25Mev وتم العمل على مجموعة حجيرات تأين اسطوانية الشكل تستخدم في حساب الجرعة في المعالجة الإشعاعية. نستنتج من هذه الدراسة أن هناك توافق كبير بين البروتوكول القديم والبروتوكول الجديد. كما إن تطبيق البروتوكول الجديد أكثر سهولة في الاستخدام حيث أن أي فيزيائي طبي مختص يعمل بالطريقة القديمة يمكنه و بجهد بسيط الانتقال إلى استعمال البروتوكول الجديد و بسهولة. و نقترح الاستزادة في هذه المقارنات عند توفر الشروط المناسبة وفقاً للآتي:

- 1- نقترح أن تتم هذه المقارنة على حزم الفوتونات ذات الطاقات المختلفة و خاصة الطاقات العالية الناتجة عن السرعات الخطية و المستخدمة في معالجة الأورام.
- 2- وكذلك نقترح أن تشمل المقارنة حزم الالكترونات العالية الطاقة و المستخدمة في بعض مجالات المعالجة بالأشعة.
- 3- مقارنة عدد أكبر من حجيرات التأين و أنواع مختلفة ستعطي نتائج أفضل و أكثر موثوقية، لكن ذلك يحتاج إلى وقت أكبر و توفر إمكانيات تقنية محددة .
- 4- نقترح أن يتم تكرار القياسات الواردة في هذه الدراسة لأكثر من مره و بتجهيزات وظروف مختلفة.

الخلاصة:

استخدمت في هذه الدراسة خمس أنواع من حجيرات التأين الشائعة الاستخدام لقياس الجرعة الإشعاعية في مجال معالجة الأورام وهي متماثلة في النوع (Farmer type, 0.6cc) وذلك لاختبار الفرق بين تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة بالاعتماد على بروتوكول الوكالة TRS-277 وتعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة بالاعتماد على البروتوكول الدولي الجديد TRS-398 وقد كانت النسبة TRS-398/TRS-277 ضمن المجال 0.995 و 1.001 لكافة الحجيرات و متوسط نسبة خطأ أقل من 0.5 % لكافة الحجيرات في حين كانت نسبة الخطأ في دراسات أخرى [6] أقل من 0.8%.

أظهرت نتائج دراستنا مقارنة بالنتائج التي تم الحصول عليها في دراسات سابقة جرت في مخابر عالمية التوافق والتقارب مع نتائج تلك الدراسات من جهة و انسجامها مع ما ورد في بروتوكول الوكالة الجديد TRS-398، لذلك نوصي باستخدام البروتوكول الجديد TRS-398 واعتماده كطريقة عمل مرجعية في حساب الجرعة الممتصة في الماء. و قد أيدت نتائج مقارنات الـ TLD المنجزة أنه أصبح ممكناً إجراء حسابات الجرعة الممتصة في أقسام المعالجة الإشعاعية وفي المخبر العياري الثانوي وفقاً لهذا البروتوكول الجديد الذي يتميز بسهولة استخدامه وبدقة الأكبر، نظراً لإزالة بعض العوامل التي كانت تستخدم في البروتوكول TRS-277 مثل معامل نسبة قدرة الإيقاف الكتلية في الماء إلى قدرة الإيقاف الكتلية في الهواء ومعامل تصحيح مركز الحجيرة الفعال ومعامل التشويش للحجيرة و ما تضيفه هذه المعاملات من مركبات على الإرتياب الكلي للقياس. حيث تم التغلب على الحاجة لهذه العوامل بمعايرة حجيرة التأين في الماء بدلاً من الهواء و هنا تظهر سهولة تطبيق هذه الطريقة مقارنة مع الطريقة القديمة.

- [1]. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, Determination of Absorbed Dose in Patient Irradiated By Beams of X or Gamma Rays in Radiotherapy Procedures, ICRU Rep. 24, ICRU Publications, Bethesda, MD (1976)
- [2]. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams: An International Code of Practice, Technical Report Series No. 277, 1th edition, IAEA, Vienna (1987).
- [3]. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY: Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An international Code of Practice for Dosimetry Based Standards of Absorbed Dose to Water, Technical Reports Series No. 398, IAEA, Vienna (2000).
- [4]. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Recommendations on the Use and Dissemination of Calibration Factors in Terms of Absorbed Dose to Water, $N_{D,w}$, SSDL Newsletter no. 34, IAEA, Vienna (1995).
- [5]. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams: An International Code of Practice, Technical Report Series No. 277, 2nd edition, IAEA, Vienna (1997).
- [6]. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY: Implementation of The International Code of Practice on Dosimetry in Radiotherapy, (TRS-398): REVIEW OF TESTING RESULTS, IAEA-TECDOC-1455, VIENNA, 2005.
- [7]. British Journal of Radiology: Central Axis Depth Dose Data for Use in Radiotherapy BJR Supplement 25, London UK1996.

SYRIAN ARAB REPUBLIC
ATOMIC ENERGY COMMISSION
DAMASCUS- P.O.BOX: 6091



Report on Scientific Laboratory Study
Department of Protection and Safety

**Comparison between the IAEA's Protocols
(TRS-277 & TRS-398)
for Absorbed Dose Determination**

Dr. M. Bero
Eng O. Ajak