

الجرعة الإشعاعية لجهاز التصوير الطبقي المبرمج.

الدكتور جهاد ملحم*
الدكتور علي درويشو**
خالد والي***

(تاريخ الإيداع 20 / 4 / 2009. قُبل للنشر في 2009/7/20)

□ الملخص □

تُسهّم أجهزة الطبقي المحوري المبرمج (CT) بأكثر من 34% من الجرعة المحسوبة في فحوصات الأشعة السينية في العالم (UNSCEAR, 2000)، وتعد الجرعة الإشعاعية الناتجة عن تصوير الأطفال بأجهزة الـ CT مهمة بشكل خاص، لأن الأطفال أكثر حساسية وعرضة لحدوث السرطانات من البالغين. يدرس هذا البحث الجرعة الإشعاعية للمرضى (البالغين، الأطفال) الناتجة عن جهاز التصوير الطبقي المبرمج في سورية (30 جهاز لـ 6 شركات صانعة مختلفة). وقد تضمنت قياسات الجرعة الإشعاعية قياس كل من قرينة الجرعة للطبقي المبرمج، معامل الجرعة الطولي والجرعة الفعالة. من خلال نتائج الدراسة، وجد أنّ معظم قيم معامل الجرعة الطولي وقرينة الجرعة كانت أخفض من المستويات المرجعية الأوربية باستثناء بروتوكول تصوير الصدر بدقة عالية، حيث كان معامل الجرعة الطولي أعلى من المستويات المرجعية للهيئة الدولية للوقاية الإشعاعية.

الكلمات المفتاحية: جهاز التصوير الطبقي المبرمج - قرينة الجرعة في جهاز التصوير الطبقي المبرمج - معامل الجرعة الطولي - المستويات المرجعية للجرعة.

* أستاذ - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
** أستاذ مساعد - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
*** طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Radiation Dose of Computed Tomography

Dr. Jihad Melham *
Dr. Ali Darwisho **
Khaled Wali ***

(Received 20 / 4 / 2009. Accepted 20/7/2009)

□ ABSTRACT □

As per UNSCEAR 2000, CT contributes over 34% of collective dose from diagnostic X-Ray examinations in the world. The radiation dose in CT has a particular importance for children. It is very well known that children are likely to be more sensitive to get radiation induced cancer than adults.

This paper discusses the radiation dose of patients (adults and children) in Computed Tomography in Syria (/30/ CT units for /6/ different manufacturers). The radiation dose measurement has covered computed tomography dose index, dose length product and effective dose.

The results show that most computed tomography dose index and dose length product values recorded were below dose reference levels, only for high resolution chest protocol, the dose length product results were higher than the International Commission on Radiological Protection.

Keywords: Computed Tomography (CT), Computed Tomography Dose Index, Dose Length Product, Dose Reference Levels (DRLs).

* Professor, Department of Physics, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Associate Professor, Department of Physics, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

*** Postgraduate Student, Department of Physics, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

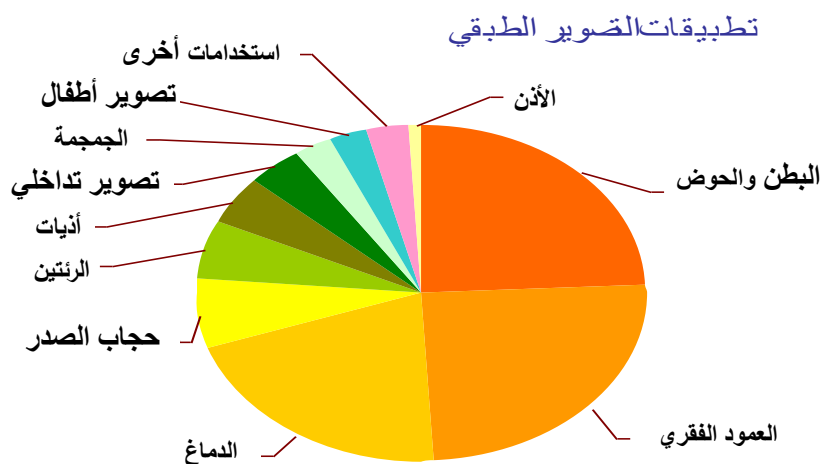
مقدمة:

أحدث اكتشاف أشعة X - على يد العالم وليم رونتجن (W.C Roentgen 1845-1923) ثورة كبيرة في مجال تطوير التشخيص الطبي، حيث ساعد الأطباء في تحديد ورؤية الأعضاء الداخلية للجسم البشري ومن ثم تشخيص الحالات المرضية ومعالجتها. لكن نظراً لمحدودية تلك التقنية وبقاتها عاجزة عن التصوير التشريحي لمقاطع جسم الإنسان، خاصة أن أنسجة الإنسان عبارة عن طبقات متراكمة فوق بعضها، فقد تم تطوير تقنية حديثة عام 1972 في المملكة المتحدة للتصوير الطبقي المحوري المبرمج (CT) والتي كانت انطلاقة إلى عالم جديد في مجال التشخيص الإشعاعي، وأصبح بعدها جهاز التصوير الطبقي من أهم الأجهزة التي يمكن من خلالها تشخيص حالات كانت تعجز عنها الأجهزة الإشعاعية التقليدية. حيث مكنت هذه التقنية من رؤية وإظهار المقاطع التشريحية للجسم البشري خالية من ظل الأنسجة كما يحدث في الصورة الشعاعية العادية أو التقليدية، وقد بلغ عدد الأجهزة المستخدمة عالمياً حوالي 34,000 وحدة عام 2000 (UNSCER, 2000)، 80%، منها تستخدم في العالم المتقدم حيث تعطي % 41 من الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الفرد [3].

ولكن مع الزيادة الطردية للاستخدامات الإشعاعية، خاصة الطبية منها ومع إثبات وجود آثار سلبية للاستخدام الإشعاعي كان من الضروري وضع مستويات إرشادية للمرضى، وكذلك وضع قواعد للوقاية وأمثلة العمل بهدف تقليل الضرر الذي قد يسببه الإشعاع لكل من العاملين في تلك المجالات وعموم الناس.

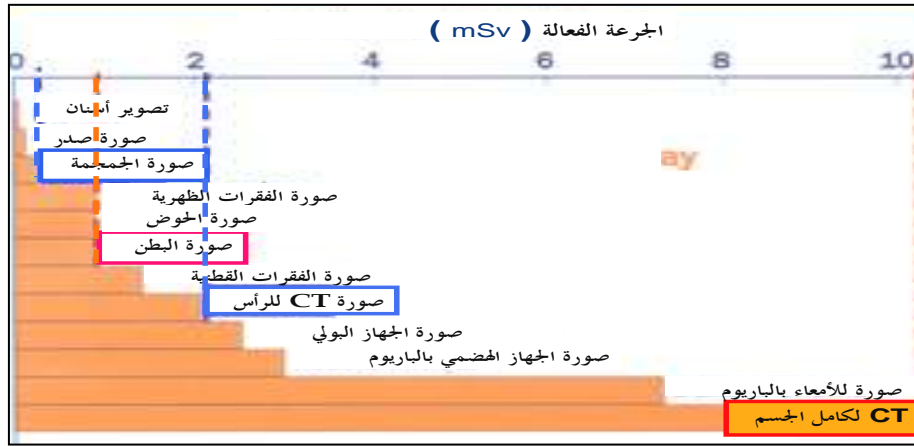
أهمية البحث وأهدافه:

إن استخدام التصوير الطبقي المبرمج (والذي سيشار إليه في هذا البحث بالـ CT) قد ازداد بشكل ملحوظ منذ أن اكتشف أواخر الثمانينيات نظراً لأهميته في الطب التشخيصي، وما يقدمه من خدمات لا تستطيع أجهزة التصوير التقليدية أن تقدمها. يبين الشكل (1) معظم التطبيقات الطبية لجهاز الـ CT في مختلف المجالات .



الشكل (1) يبين تطبيقات التصوير الطبقي المختلفة.

نلاحظ أن نسبة كبيرة من التصوير يتم للبطن، الحوض، الدماغ والعمود الفقري....، تجدر الإشارة إلى أن الجرعة التي ينتجها الـ CT أكبر بأضعاف مما يقدمه أي جهاز تصوير آخر، و يبين الشكل (2) مقارنة الجرعة الفعالة الناتجة عن مجمل فعاليات التصوير التشخيصي .



الشكل (2) الجرعة الفعالة الناتجة عن التصوير التشخيصي

نلاحظ من المخطط أن الجرعة المقدمة من جهاز الـ CT (تصوير كامل الجسم = 10mSv بينما الجرعة الناجمة عن التصوير البسيط للصدر = 0.02-0.04 mSv والفرق كبير بين الجرعتين (400-500 مرة). وبمقارنة الجرعة الفعالة الناجمة عن التصوير الطبقي مع مكافئ الجرعة من صور أشعة للصدر ومكافئها للتعرض لأشعة الخلفية الطبيعية الجدول (1) نلاحظ أن مقدار الجرعة الإشعاعية التي يتلقاها المريض من جراء التصوير الطبقي تفوق بأضعاف الجرعة الإشعاعية التي يتلقاها من أي نوع آخر من أنواع التصوير التشخيصي.

الجدول (1) مقارنة الجرعة الفعالة لـ مع مكافئ الجرعة من صور أشعة للصدر لجهاز التصوير البسيط ومكافئها للتعرض

عدد السنوات المكافئ من التعرض لأشعة الخلفية	عدد صور الصدر المكافئة من التصوير التقليدي	الجرعة الفعالة (mSv)	بروتوكول التصوير
1 سنة	115	2.3	تصوير طبقي للرأس
3.6 سنة	400	8	تصوير طبقي للصدر
4.5 سنة	500	10	تصوير طبقي للبطن وحوض

فعلى سبيل المثال: تصوير طبقي للرأس مثلاً يتلقى فيه المريض جرعة إشعاعية قدرها 2.3 mSv تقريباً، كذلك يتلقى من جراء تصوير طبقي للصدر أو البطن جرعة مقدارها 8 mSv في حين أن الجرعة التي يتلقاها المريض من تصوير الصدر (صورة بسيطة) تبلغ 0.02 mSv والفرق بين الجرعتين (جرعة الطبقي مقارنة مع جرعة التصوير العادي) كبير.

ولكون هذه الإشعاعات غير مرئية والأخطار المترتبة عنها لا تظهر بشكل مباشر، وإنما ذات أثر عشوائي يمكن أن يظهر في سنوات لاحقة أو حتى في أجيال تالية، كان لا بد من رصد الجرعات الإشعاعية الناجمة عن هذه الممارسات وتقدير المخاطر الإشعاعية الناجمة من تطبيقات التصوير الطبي التشخيصي بهدف تقليل معدل الجرعة التي

يتعرض لها المرضى نتيجة التصوير، وذلك من خلال أمثلة المعاملات المستخدمة في التصوير لمختلف أنواع الأجهزة وإعطاء فكرة واضحة عن الممارسات الجيدة التي يمكن اتباعها في أثناء التصوير، ومن ثم مقارنة النتائج مع المعايير الدولية المستخدمة في هذا الصدد، وذلك للوقوف على وضع مدى تطور نظام الوقاية الإشعاعية للأجهزة التشخيصية واقتراح السبل الكفيلة لرفع جودته بشكل يخدم عملية التنمية في القطر.

طرائق البحث ومواده:

اعتمد لإجراء هذا البحث طريقتين:

أ- طريقة إحصائية مستفيدين من الإحصائيات الصادرة من:

1. هيئة الطاقة الذرية السورية، إحصائية مكتب التنظيم النووي [نيسان 2008].

2. رئاسة مجلس الوزراء، المكتب المركزي للإحصاء، المجموعة الإحصائية 2007، إحصائية السكان والمؤشرات الديموغرافية، تقدير عدد السكان الموجودين داخل القطر في 31/12/2007 حسب المحافظات.

3. عدد أجهزة التصوير الطبقي في عدد من الدول الأوربية، COCIR99، 1998.

وذلك لدراسة واقع أجهزة الطبقي المحوري المبرمج في القطر وتوزعها في المحافظات السورية ومدى انسجامها مع التوزع الجغرافي والديموغرافي، وكذلك أنواع الأجهزة الموجودة والشركات المصنعة لها ومقارنة عدد الأجهزة الموجودة في القطر مع بعض الدول الأوربية.

ب- طريقة عملية تجريبية بالاعتماد على الأدوات والأجهزة الموجودة في هيئة الطاقة الذرية السورية والمخصصة لإجراء هذا النوع من الأبحاث، وهي أجهزة معايرة وموثوقة ومزودة بشهادات معايرة دولية صادرة من الجهات المختصة بهذا المجال.

1: دراسة واقع أجهزة الطبقي المحوري المبرمج في القطر:

قبل البدء في دراسة الجرعة الإشعاعية الناتجة عن جهاز التصوير الطبقي المبرمج كان لا بد لنا من دراسة واقع أجهزة الطبقي المحوري في المحافظات وتوزعها ومدى ترابطها مع التوزع الجغرافي والديموغرافي.

1-1: توزع أجهزة الطبقي المحوري المبرمج في المحافظات والمناطق السورية:

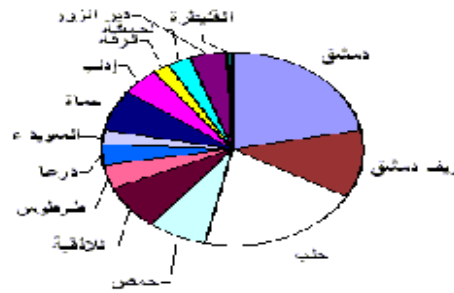
بلغ عدد أجهزة الطبقي المحوري المبرمج في القطر العربي السوري /232/ جهازاً [1] موزعين في المحافظات السورية وفق الجدول الآتي:

الجدول (2) توزع أجهزة الطبقي المحوري المبرمج (CT Scan) في سورية وفق المحافظات.

المتسلسل	المحافظة	عدد الأجهزة	نسبة تواجد أجهزة الطبقي في المحافظة %
1	دمشق	51	21.98
2	ريف دمشق	26	11.21
3	حلب	47	20.26
4	حمص	17	7.33
5	اللاذقية	18	7.76
6	طرطوس	10	4.31
7	درعا	8	3.45

2.16	5	السويداء	8
6.90	16	حماة	9
4.74	11	إدلب	10
2.16	5	الرقبة	11
3.02	7	الحسكة	12
4.31	10	دير الزور	13
0.43	1	القنيطرة	14
100.00	232		المجموع

برسم القيم السابقة بشكل بياني نحصل على الشكل (3)



الشكل 3: توزيع أجهزة الطبقي المحوري المحوسب في المحافظات السورية

باستقراء بسيط لكل من الشكل والجدول السابقين نجد ما يأتي:

- 1- أكبر عدد من أجهزة الطبقي المحوري المبرمج موجودة في مدينة دمشق وتشكل % 21.98 وأقلها موجودة في مدينة القنيطرة وتشكل % 0.43 من مجموع أجهزة الطبقي الموجودة في القطر على الترتيب.
- 2- توجد في منطقة دمشق وريفها مع المنطقة الشمالية (حلب) أكثر من نصف مجموع أجهزة الطبقي الموجودة في القطر (% 53.45)، بينما تعدّ المنطقة الجنوبية الأقل عدداً من حيث عدد الأجهزة (% 6.03).

1-2: توزيع أجهزة الطبقي المحوري المبرمج وفق التوزيع السكاني والمساحي:

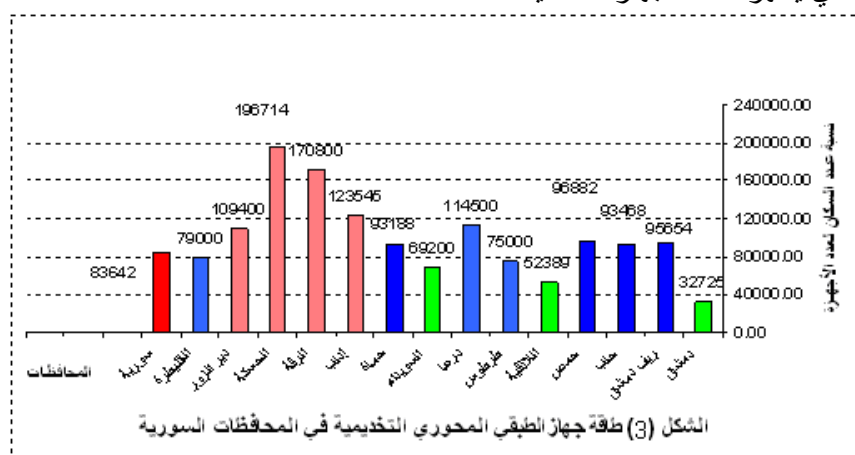
تبلغ مساحة سورية 185.180 كيلو متر مربع وعدد سكانها 19.405.000 [2] مقسمة إلى /14/ محافظة وفق

الجدول (3). الجدول (3) توزيع السكان في المحافظات وفق إحصائيات عام 2008

المتسلسل	المحافظة	مساحة المحافظة 1000xKm ²	عدد السكان	الكثافة السكانية 1000xKm ²
1	دمشق	10.5	1,669,000	158952.38
2	ريف دمشق	18,032	2,487,000	137.92
3	حلب	18,500	4,393,000	237.46
4	حمص	42,223	1,647,000	39.01
5	اللاذقية	2,297	943,000	410.54
6	طرطوس	1,892	750,000	396.41

245.58	916.000	3,730	درعا	7
62.34	346.000	5,550	السويداء	8
167.85	1,491.000	8,883	حمّاة	9
222.90	1,359.000	6,097	إدلب	10
43.54	854.000	19,616	الرقّة	11
59.01	1,377,000	23,334	الحسكة	12
33.09	1,094,000	33,060	دير الزور	13
115328.47	79,000	.6850	القنيطرة	14
104.79	19,405,000	185,180	الجمهورية العربية السورية	المجموع

لمعرفة قدرة كل جهاز على التّخديم نقسم عدد السكان في المحافظة على عدد الأجهزة الموجودة فيها فنحصل على الشكل(4) الذي يظهر طاقة الجهاز التّخدمية.



نلاحظ من الشكل (4) أن كل جهاز في مدينة دمشق يخدم 32725 شخصاً بينما الجهاز الواحد يخدم 196714 و 170800 شخص في كل من الحسكة والرقّة على التوالي. وبشكل وسطي كل جهاز في سورية يخدم 83642 شخصاً. ولمعرفة موقع سورية من هذه الناحية يكفي أن نأخذ الجدول الآتي للمقارنة (عدد أجهزة التصوير الطبقي في عدد من الدول الأوروبية، COCIR99 ، 1998):

الجدول (4) مقارنة بين عدد أجهزة التصوير الطبقي المخدمة لكل مليون شخص في سوريا مقارنة مع عدد من دول أوروبا.

الدولة	عدد أجهزة الطبقي	عدد السكان بالمليون	كثافة أجهزة الطبقي بالمليون
بلجيكا	258	10.2	25
فنلندا	50	5	10
فرنسا	611	58.4	11
ألمانيا	1863	81.7	23
إيطاليا	1182	57.3	21

11	15	164	هولندا
14	39.3	546	اسبانيا
14	8.8	122	السويد
25	7.1	180	سويسرا
7	57	387	بريطانيا
15	339.8	5183	المجموع
11.6	20	232	سورية

نلاحظ من الجدول السابق ما يأتي:

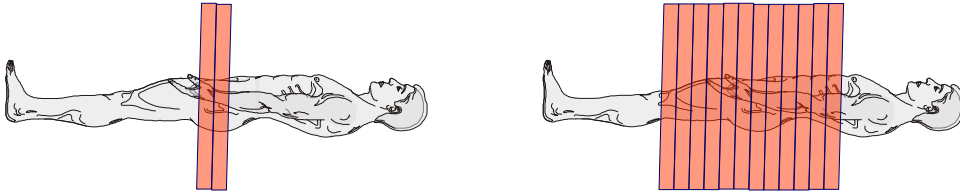
- 1- عدد أجهزة الطبقي المحوري المبرمج الموجودة في سورية حالياً (عام 2008) كافية إذا ما قارنا الناتج مع بعض الدول المتقدمة مثل فرنسا وبريطانية وأسبانية.
- 2- ما يلزمنا هو إعادة توزيع الأجهزة بما يتناسب مع الكثافة السكانية في كل محافظة، وزيادة توعية المواطنين في المحافظات النائية (دير الزور، الرقة، الحسكة) وتزويدهم بالأطباء والفنيين، وذلك بعد بناء المزيد من المشافي والعيادات.

2. القسم العملي والتجريبي:

قبل الخوض في الإجراءات العملية لحساب الجرعة الإشعاعية الناتجة عن الـ CT لا بد من التطرق لبعض المفاهيم والمصطلحات العلمية المستخدمة في إجراء الحسابات، وذلك بغية التوضيح والتسهيل.

1.2: تعريف (جرعة التصوير الطبقي CTDI ، معامل الجرعة الطولي DLP ، الجرعة الفعالة E) :

تشير قيمة الـ CTDI (Computed Tomography Dose Index) إلى قيمة الجرعة الإشعاعية في الشريحة المعرضة للأشعة و الجدير بالذكر أن هذه القيمة لا تعكس مدى خطورة الإشعاع المترافق مع التصوير الطبقي، وتقاس بالميلي غراي (mGy).



الشكل (5) شخصان لهما قيمة CTDI ذاتها لكنهما مختلفان في مدى الخطورة

يوضح الشكل السابق شخصين لهما قيمة الـ CTDI نفسها وذلك في الحجم المعرض للأشعة لكنهما مختلفان في قيمة الجرعة الفعالة الكلية وبالتالي في مدى الخطر الناجم ولذلك لا بد من أن نلجأ لتعريف مفهوم معامل الجرعة الطولي أو ما يُعرف بالـ (Dose Length Product) DLP.

$$DLP = CTDI \times \text{Scan Length.} \quad (1)$$

حيث إن Scan Length : طول المنطقة المعرضة للأشعة مقاسة بالـ cm.

يمكن استنتاج الجرعة الفعالة التي يتلقاها المريض (E) مقاسة بالـ mSv من جراء التصوير الطبقي من خلال تطبيق المعادلة الآتية:

$$\text{Effective Dose} = K \times DLP \quad (2)$$

حيث إن k: تمثل معامل الجرعة الفعالة، و يختلف بحسب الجزء المصور من الجسم وحسب العمر، ويعطى في الجدول (5)، و يدعى في بعض المراجع بمعامل التحويل CF (Conversion Factor).

الجدول (5) يوضح قيم معامل الجرعة الفعالة للبالغين والأطفال (حسب الدراسة البريطانية 2003) [5].

قيمة معامل الجرعة الفعالة K [mSv.(mGy.cm) ⁻¹]					المنطقة المصورة من الجسم
أقل من سنة	1 سنة	5 سنوات	10 سنوات	البالغين	
0.011	0.0067	0.0040	0.0032	0.0021	رأس
0.039	0.026	0.018	0.013	0.014	صدر
0.049	0.030	0.020	0.015	0.014	بطن
0.049	0.030	0.020	0.015	0.015	حوض

2.2: السويات المرجعية للتصوير الطبقي (Diagnostic Reference Levels in CT) DRLs:

تهدف السويات الإرشادية إلى وضع تعريف واضح للعتبات التي يمكن لحالات فردية أن تتجاوزها (وهي تمثل 25% من الحالات) في حين لا ينبغي تجاوزها بصورة عامة (75% من الحالات)، هناك العديد من الدراسات الاستقصائية التي أُجريت في السابق إما لإنشاء سويات وطنية حسب معايير الجودة الأوروبية [4] أو لفحص فيما إذا كانت إجراءات التصوير في مختلف الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي خاضعة للمعايير الأوروبية DRL.

- توجد ثلاثة مستويات للسويات المرجعية :

1. سويات مرجعية دولية (مثل المعايير الأوروبية [4])

2. سويات مرجعية وطنية (مثل المعايير البريطانية [5]).

3. سويات مرجعية محلية.

ويُشترط في أثناء تجميع البيانات لحساب السويات المرجعية أن يستخدم مريض مثالي (فانتوم عياري)، ويتم تعيين قيمة DRL بعد تجميع البيانات عند القيمة 75% من توزيع البيانات.

يبين الجدولين (6 و 7) السويات المرجعية الأوروبية [6] لقيم الجرعة الإشعاعية التي يتلقاها المريض من جراء مختلف حالات التصوير الطبقي بالنسبة إلى البالغين، و السويات المرجعية الأوروبية بالنسبة إلى الأطفال [7].

الجدول (6) القيم المرجعية الأوروبية للجرعة الإشعاعية لفحوصات الطبقي المحوري - للبالغين.

الاختبار	CTDI _w (mGy)	DLP (mGy cm)
تصوير الرأس	60	1050
تصوير الصدر	30	650
تصوير البطن	35	800
تصوير الحوض	35	600

الجدول (7) القيم المرجعية الأوربية للجرعة الإشعاعية لفحوصات الطبقي المحوري - للأطفال.

الحالة التصويرية	عمر الطفل سنة	CTDI _w (mGy)	DLP (mGy cm)
الدماغ	1>	40	300
	5	60	600
	10	70	750
الصدر	1>	20	200
	5	30	400
	10	30	600
الصدر (دقة عالية)	1>	30	50
	5	40	75
	10	50	100
القسم العلوي للبطن	1>	20	330
	5	25	360
	10	30	800
القسم السفلي للبطن مع الحوض	1>	20	170
	5	25	250
	10	30	500

3.2: الأدوات والأجهزة المستخدمة في قياس الجرعة الإشعاعية:**1.3.2: جهاز قياس الجرعة الإشعاعية مع حجرة قلمية:**

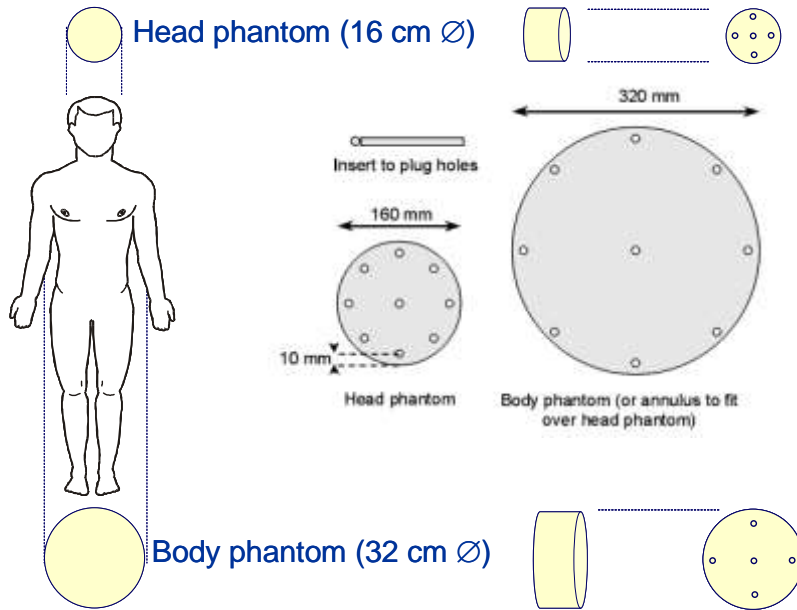
تم استخدام جهاز قياس الجرعة الإشعاعية من شركة (Victoreen) موديل (Nero TM mAx-8000) وهو

يقيس قيمة الجرعة الإشعاعية بوحدة mGy مباشرة.

2.3.2: فانتوم من البيرسبيكس عدد 2 للجرع الإشعاعية الموافقة للحالات التصويرية:

1- الأول بقطر 16 cm (لقياس الجرعة الإشعاعية للرأس).

2- الثاني بقطر 32 cm (لقياس الجرعة الإشعاعية لباقي الجسم) .



الشكل (6) يبين شكل الفانتوم المستخدم لقياس الجرعة الإشعاعية.

4.2: قياس الجرعة الإشعاعية الناتجة عن جهاز التصوير الطبقي المبرمج:

1.4.2: قياس الجرعة CTDI :

لحساب الجرعة الإشعاعية لجهاز طبقي ولمقطع واحد (دورة واحدة لأنبوب الأشعة)، نستخدم للقياس حجيرة تأين غازي قلمية الشكل، الطول الفعال للحجيرة 100 mm (CTDI₁₀₀)، نقيس في البداية خرج الحجيرة باستخدام العلاقة التالية:

$$Dz = M_u \cdot N_K \cdot B \cdot (\mu_{en} / \rho)_{w,air} \cdot K_u \cdot K_{t,p} \dots \dots \dots (3)$$

حيث :

Dz : قراءة حجيرة التأين (mGy) (وهي تُعبّر عن كيرما الهواء).

Mu : القيمة المقاسة بواسطة جهاز قياس الجرعة (قراءة الجهاز).

NK : معامل المعايرة للحجيرة المستخدمة في القياس .

B : معامل التبعثر الخلفي وقيمته تساوي الواحد لأن القياس يتم ضمن الفانتوم وليس في الهواء.

Ku : معامل تصحيح يأخذ بالحسبان تغير الاستجابة الناتجة عن تغير التوزيع الطيفي لحزمة تخترق الفانتوم إلى العمق المرجعي وهذا المعامل قريب جداً من الواحد في معظم الحالات العملية (معامل وثوقية الطيف).

K_{t,p} : معامل تصحيح الضغط والحرارة ويحسب من العلاقة :

$$K_{t,p} = (P_0 / P) \times [(273.15 + t) / (273.15 + t_0)] \dots \dots \dots (4)$$

حيث :

P : الضغط الجوي في أثناء القياس.

T : درجة الحرارة المثوية في أثناء القياس.

P₀ : الضغط الجوي النظامي ويساوي 1013 mbar .

T₀ : درجة الحرارة في الشروط المرجعية وتساوي 20 oC.

بعد حساب الـ Dz نطبق العلاقة الآتية:

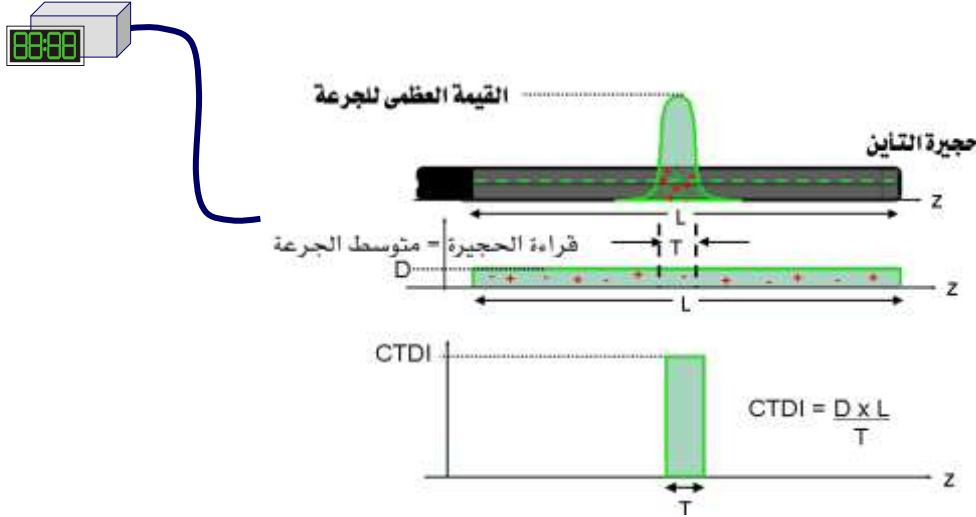
$$CTDI = \frac{1}{h} \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} D(z) \cdot dz \dots \dots \dots (5)$$

حيث أن h : سماكة الشريحة (mm).

$D(z)$: قراءة حجيرة التأين (mGy) (وهي تُعبر عن كيرما الهواء).

ومن أجل حجيرة تأين بطول 100 mm نطبق العلاقة: (6)

$$CTDI_{100} = \frac{1}{h} \int_{-50mm}^{+50mm} D(z) dz \dots \dots \dots (6)$$



الشكل (7) يبين حجيرة التأين القلمية (100mm) وعملية التأين داخل الحجيرة

1.1.4.2: الإجراء العملي: نستخدم فانطوم قياس الجرعة للطبقي (الشكل 6)، وذلك بوضع الفانطوم على الطاولة

في مركز القنطرة (بالاستعانة بمحددات الليزر للجهاز)، وبعد التأكد من أفقية الفانطوم، ندخل حجيرة التأين في النقب المركزي للفانطوم ثم نقوم بضبط بارامترات التصوير على البروتوكول المطلوب معرفة الجرعة له، نقوم بتعريض واحد أي شريحة واحدة فقط فنكون قيمة قراءة الحجيرة في المركز (CTDI_{100,c})، معطاة بالعلاقة:

$$CTDI_{100,c} = \frac{1}{h} \int_{-50mm}^{+50mm} D(z) dz \dots \dots \dots (7)$$

نعيد الخطوات نفسها مع مراعاة تغيير موضع الحجيرة في الاتجاهات المحيطة الأربع، ثم نسجل وسطي

القراءات المحيطة فنكون قيمة قراءة الحجيرة في المحيط في كل مرة (CTDI_{100,p})، معطاة وفق العلاقة الآتية:

$$CTDI_{100,p} = \frac{1}{h} \int_{-50mm}^{+50mm} D(z) dz \dots \dots \dots (8)$$

وبالتالي قيمة الـ CTDI من أجل الشريحة الواحدة معطى بالعلاقة:

$$CTDI_w = \frac{1}{3} \cdot CTDI_c + \frac{2}{3} \left(\frac{1}{4} \sum_p CTDI_p \right) \dots \dots \dots (9)$$

2.4.2: نطاق الدراسة:

شملت الدراسة عينة واسعة من أجهزة تصوير الطبقي المحوري بلغ عدد الأجهزة التي تم دراستها /30/ جهازاً، 26 جهازاً في القطاع العام و/4/ أجهزة من القطاع الخاص في /10/ محافظات، تشكل هذه الدراسة نسبة 13% من الأجهزة الموجودة في سورية، وقد تم اختيارها بشكل عشوائي حسب توافر المتطلبات اللوجستية لإجراء الدراسة، وقد تبين أن معظم الأجهزة قديم الصنع والعمر الوسطي لها 10 سنوات تقريباً وتضمنت الدراسة حساب الجرعة الإشعاعية التي يتلقاها المريض في أثناء إجراء التصوير باستخدام جهاز التصوير الطبقي المحوري المبرمج، حيث قسم المرضى إلى فئتين الفئة الأولى سمي بالبالغين والفئة الثانية الأطفال. ويعود سبب هذا التقسيم إلى أن البروتوكولات المستخدمة في تصوير الأطفال تختلف عن البروتوكولات المستخدمة للبالغين، ويقصد بالأطفال الأشخاص الذين لا يتجاوز أعمارهم الـ /15/ سنة سواء كانوا ذكوراً أو أنثاً وعددهم في سورية قد بلغ /7,665,000/ حسب [2] والجدول (8) يظهر التعداد العام مع نسبة الأطفال دون سن الـ /15/.

الجدول(8) تعداد السكان في سورية مع نسب البالغين والأطفال.

عدد السكان الكلي	عدد الأطفال > 15 سنة	عدد البالغين	التعداد العام
19,405,000	7,665,000	11,740,000	
100 %	39.5 %	60.5 %	النسبة المئوية

تم استخدام فانطوم الجسم 32cm الشكل (6) لاختبار حالات تصوير البطن والحوض والصدر (للبالغين والأطفال) في حين استخدم فانطوم الرأس 16cm لاختبار تصوير الرأس (للبالغين والأطفال)، ومن الجدير بالذكر بأنه لا يوجد فانطوم خاص لقياس الجرعة الإشعاعية للأطفال، لذا يُستخدم تجاوزاً فانطوم البالغين لقياس جرعة الأطفال، وذلك يرجع إلى الاختلاف الكبير في حجوم الأطفال، يبين الجدول (9) عدد حالات التصوير التي أُجريت على كل من فانطومي الرأس والجسم .

الجدول (9) عدد حالات التصوير التي أُجريت على كل من فانطومي الرأس والجسم .

53	عدد حالات التصوير التي أُجريت على فانطوم الرأس $\varnothing = 16 \text{ cm}$.
188	عدد حالات التصوير التي أُجريت على فانطوم الجسم $\varnothing = 32 \text{ cm}$.
241	العدد الكلي لحالات التصوير التي أُجريت خلال الدراسة.
1205	عدد القراءات التي أخذت خلال الدراسة.

استخدام العلاقات (9)،(3)،(1)،(2) المذكورة سابقاً في حساب كلاً: CTDI (Computed Tomography) Dose Index): قيمة الجرعة الإشعاعية في الشريحة المعرضة للأشعة، Dz: قيمة الجرعة الإشعاعية المأخوذة من جهاز قياس الجرعة، (Dose Length Product) DLP: معامل الجرعة الطولي، Effective Dose: الجرعة الفعالة التي يتلقاها المريض مقاسة بالـ mSv. على الترتيب.

النتائج والمناقشة:

تم تصميم برنامج لإجراء القياسات باستخدام نظام الـ (Excel)، وذلك منعاً لحدوث الأخطاء ولتسهيل إجراء المقارنات والاحتفاظ بنسخ إلكترونية لكل مركز على حدة. حيث يتم إدخال البيانات الأساسية لكل مركز ومن ثم نوع الجهاز وتاريخ إجراء الدراسة وبعده تدخل القيم المقروءة من جهاز قياس الجرعة الإشعاعية مع عدد الشرائح الوسطية المأخوذة لكل صورة فيقوم البرنامج بقياس كلٍّ من $CTDI_w$, DLP , E بشكل تلقائي ثم يقارن مع القيم المرجعية الأوربية .

1: تقدير السويات الإرشادية الوطنية:

قبل البدء في الدراسة يجدر التنويه إلى أن جميع الأجهزة التي تمت عليها الدراسة كانت أجهزة تصوير أحادية الشريحة (Single Slice). ولوحظ أن بعض المشافي على سبيل المثال لا تستطيع تصوير الصدر بدقة عالية لعدم كفاءة الجهاز أحياناً ولوجود خلل في محددات الحزمة الإشعاعية أحياناً أخرى . كذلك بعض المشافي لا تستقبل حالات تصوير الأطفال (مشفى يوسف العظمة) وبعضها الآخر لا تستقبل البالغين (مشفى الأطفال) . ولتقدير السوية الإرشادية الوطنية لقيمة الجرعة الإشعاعية تم اعتماد القيمة %75 (أو 3rd quartile) من مجال القياسات على أنها ممثل جيد للسوية الإرشادية [8]، وهذه هي الطريقة المتبعة في كل الدراسات الإحصائية المشابهة.

1.1: تقدير السوية الإرشادية الوطنية لقيمة الجرعة الإشعاعية $CTDI_w$:

يبين الجدول (10) النتائج العملية لقياس الجرعة الإشعاعية لشريحة تصوير مفردة $CTDI_w$ والمستنتبة من نتائج القياس لعدد من بروتوكولات التصوير، حيث تظهر حالات التصوير المستخدمة في الدراسة، و حجم العينة، نلاحظ الاختلاف في قيم حجم العينة ويعود السبب في ذلك إلى أن بعض المشافي لا تستخدم جميع بروتوكولات التصوير في الواقع العملي.

الجدول (10) %75 من $CTDI_w$ لـ 30 جهاز طبقي في سورية

الجدول (10) %75 من $CTDI_w$ لـ 30 جهاز طبقي في سورية										
$CTDI_w$ (mGy)										
المرجعية	القيمة العظمى	75%	القيمة المتوسطة	25 %	أصغر قيمة	الانحراف المعياري	المتوسط	حجم العينة	حالة التصوير	
[4]										
	36.9	22.0	14.7	16.0	7.3	7.8	16.9	28	الصدر	البالغين
	51.5	30.5	23.1	24.1	12.2	11.3	25.7	24	الصدر بدقة عالية	
	45.7	24.1	18.5	19.0	7.3	8.5	20.2	29	البطن	
	54.5	27.5	19.1	21.1	7.3	13.2	23.4	25	الحوض	
	81.0	60.7	52.5	53.3	27	13.0	53.5	27	الرأس	
	73.7	32.1	21.8	24.3	6.5	14.9	27.0	27	الصدر	الأطفال [3]
	84.5	39.9	25.7	35.1	10.9	24.0	37.1	13	الصدر بدقة عالية	
	78.4	34.2	21.1	25.2	4.9	15.1	27.3	27	البطن	
	78.4	41.2	30.7	32.4	4.9	18.9	33.6	15	الحوض	
	61.6	47.6	34.2	35.5	7.5	14.8	35.4	26	الرأس	
[3] النتائج الموجودة في الجدول مصححة بالنسبة إلى فانتوم الرأس 16cm وذلك للقياسات التي أخذت على فانتوم الجسم 32cm وهي (الصدر، الصدر بدقة عالية، البطن، الحوض) (عن طريق ضربها بمعامل = 2) ، وذلك لتتم مقارنتها مع السويات الإرشادية الأوربية [4].										

ملاحظات: 1- يقصد بحجم العينة: عدد أجهزة التصوير الطبقي المبرمج التي تم قياس جرعة الحالة التصويرية عندها ضمن العدد الكلي لعينة الدراسة وهي /30/ جهازاً. مثال: حالة الصدر، حجم العينة = 28 أي من أصل /30/ جهازاً تم قياس جرعة حالة الصدر في /28/ جهازاً والسبب يعود لعدم كفاءة الجهاز ولوجود خلل في محددات الحزمة الإشعاعية أحياناً للأجهزة الأخرى.

2- يقصد بالمتوسط: المتوسط الحسابي للجرع الإشعاعية الموافقة للحالة التصويرية الكلية (صدر، رأس، حوض، بطن، صدر بدقة عالية).

3- يقصد بأصغر قيمة: أصغر قيمة للجرعة الإشعاعية تم قياسها ضمن الحالة التصويرية.

4- يقصد بالقيمة العظمى: أعلى قيمة للجرعة الإشعاعية تم قياسها ضمن الحالة التصويرية.

5- يقصد بالقيمة المتوسطة: المتوسط الحسابي للجرع الإشعاعية الموافقة للحالات التصويرية بعد حذف القيم

الشاذة

2.1: تقدير السوية الإرشادية الوطنية لقيمة الجرعة الإشعاعية لكامل منطقة التصوير DLP :

تم قياس قيمة الجرعة الكلية الناجمة عن الإجراء التصويري (DLP) حيث تمثل القيمة السابقة (CTDI_w) الجرعة الإشعاعية لشريحة تصوير مفردة في حين يكون مخطط التصوير مؤلفاً من عدد من الشرائح.

الجدول (11) 75% من DLP لـ 30 جهاز طبقي في سورية

DLP (mGy.cm)										
المرجعية [4]	القيمة العظمى	75%	القيمة المتوسطة	25%	أصغر قيمة	الانحراف المعياري	المتوسط	حجم العينة	حالة التصوير	
650	753	520	364	389	115	164	396	28	الصدر	التاليين
280	429	133	82	96	28	96	116	24	الصدر دقة عالية	
780	1634	721	477	517	166	338	567	29	البطن	
570	1363	542	381	398	145	308	465	25	الحوض	
1050	1012	793	671	663	345	194	668	27	الرأس	
600	763	347	278	302	91	179	332	27	الصدر	الأكفيل
100	304	168	112	120	24	83	127	13	الصدر دقة عالية	
800	1247	525	363	388	86	290	439	27	البطن	
500	784	537	262	339	69	240	351	15	الحوض	
750	887	500	343	362	75	190	375	26	الرأس	

3.1: تقدير السوية الإرشادية الوطنية لقيمة الجرعة الفعالة E :

ولمعرفة مدى الخطورة الناجمة عن الجرعة الإشعاعية يتم تقدير الجرعة الفعالة لكل حالة تصوير (E) من خلال ضرب قيمة الـ DLP بمعامل يتعلق بمنطقة التصوير (حيث أخذت هذه المعاملات من المعايير الأوربية لجودة الصورة [4]).

الجدول (12) 75% من E لـ 30 جهاز طبقي في سورية

E (mSv)										
المرجعية [4]	القيمة العظمى	75%	القيمة المتوسطة	25 %	أصغر قيمة	الانحراف المعياري	المتوس ط	حجم العينة	حالة التصوير	
8.9	10.3	7.1	5.0	5.3	1.6	2.3	5.4	28	الصدر	البالغين
3.9	6.0	1.8	1.1	1.3	0.4	1.3	1.6	24	الصدر دقة عالية	
10.6	22.2	9.8	6.5	7.0	2.3	4.6	7.7	29	البطن	
8.4	20.1	8.0	5.6	5.9	2.1	4.5	6.8	25	الحوض	
1.9	1.8	1.4	1.2	1.2	0.6	0.4	1.2	27	الرأس	
7.8	9.9	4.5	3.6	3.9	1.2	2.3	4.3	27	الصدر	الأطفال
1.3	4.0	2.2	1.5	1.6	0.3	1.1	1.7	13	الصدر دقة عالية	
12	18.7	7.9	5.5	5.8	1.3	4.4	6.6	27	البطن	
7.5	11.8	8.1	3.9	5.1	1.0	3.6	5.3	15	الحوض	
2.4	2.8	1.6	1.1	1.2	0.2	0.6	1.2	26	الرأس	

تحليل النتائج والمناقشة:

1:مقارنة النتائج مع السويات الإرشادية الأوروبية :

تم مقارنة نتائج القياسات العملية مع السويات الإرشادية الأوروبية الموضحة بالجدول(13)[4].

الجدول (13) مقارنة النتائج مع السويات الإرشادية الأوربية وحساب نسبة انحراف القيم عن السويات المرجعية (الإرشادية)

نسبة الانحراف (%)	السوية المرجعية	E mSv	نسبة الانحراف (%)	السوية المرجعية	DLP mGy.cm	نسبة الانحراف (%)	السوية المرجعية	CTDI _w mGy	حالة التصوير	
-20	8.9	7.1	-20	650	520	-27	30	22.0	الصدر	البالغين
-53	3.9	1.8	-53	280	133	-13	35	30.5	الصدر دقة عالية	
-8	10.6	9.8	-8	780	721	-31	35	24.1	البطن	
-5	8.4	8.0	-5	570	542	-21	35	27.5	الحوض	
-24	1.9	1.4	-24	1050	793	1	60	60.7	الرأس	
-42	7.8	4.5	-42	600	347	7	30	32.1	الصدر	الأطفال
68	1.3	2.2	68	100	168	-20	50	39.9	الصدر دقة عالية	
-34	12	7.9	-34	800	525	14	30	34.2	البطن	
7	7.5	8.1	7	500	537	37	30	41.2	الحوض	
-33	2.4	1.6	-33	750	500	-32	70	47.6	الرأس	

ملاحظة: معامل الجرعة الإشعاعية الطولي $DLP =$ معامل الجرعة الإشعاعية $CTDI_w$ مضروباً بطول المنطقة الخاضعة للدراسة (منطقة التصوير) والمعبر عنه بعدد الشرائح التصويرية ضمن المنطقة. وقد تبين لدى المقارنة ما يأتي:

أولاً- بالنسبة لمعامل الجرعة الإشعاعية $CTDI_w$:

أ- كان انحراف القيم عن السويات الإرشادية يتراوح بين (+1 % حتى - 31 %) بالنسبة إلى تصوير البالغين، بينما كان انحراف القيم عن السويات الإرشادية يتراوح بين (-32 % حتى +37 %) لتصوير الأطفال.
ب- بناءً على معايير الأمان الأساسية [Basic Safety Standard] BSS الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية رقم/115 فإنه:

1. ينبغي إجراء التقصي إذا تجاوزت الجرعات أو الأنشطة الإشعاعية المستويات الإرشادية على النحو اللازم لتحقيق وقاية المرضى على النحو الأمثل و الحفاظ على المستويات الملائمة للممارسة الجيدة.
2. ينبغي اتخاذ إجراءات تصحيحية إذا كانت الجرعات الإشعاعية تقل كثيراً عن المستويات الإرشادية، وكانت التعرضات لا توفر معلومات تشخيصية مفيدة و لا تحقق الفائدة الطبية المرجوة للمرضى.
مع مراعاة أنه :

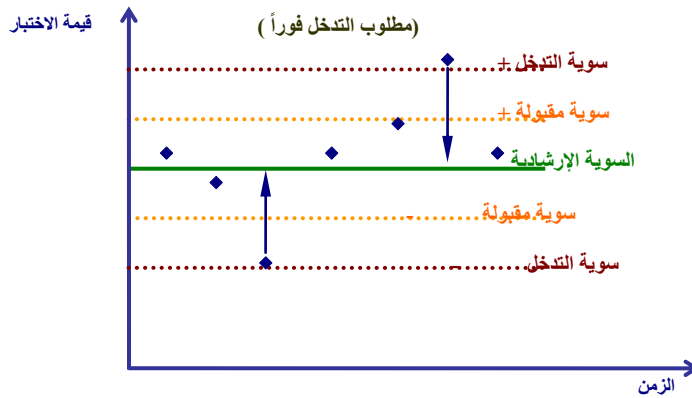
1- لا تعدّ المستويات الإرشادية بمنزلة دليل لتحقيق الأداء الأمثل في جميع الحالات، أنها لا تلائم سوى المريض البالغ النمطي الأبعاد، ومن ثم فإنه ينبغي عند تطبيق هذه القيم بصورة عملية مراعاة حجم الجسم والعمر.

2- لا يمكن تطبيق السويات الإرشادية DRL على مرضى فرديين.

3- تتم المقارنة مع السويات الإرشادية DRL فقط بأخذ القيم الوسطية لعينة من المرضى .

وبالتالي فإن القيم التي تتحرف عن السويات الإرشادية بمقدار $(< 50\%)$ ينبغي أن تخضع إلى تقصي لمعرفة سبب زيادة الجرعة، وكذلك بالنسبة إلى القيم التي تتحرف $(> 50\%)$ ينبغي أن تخضع لتقصي ضبط جودة الجهاز و ضبط جودة الصورة الإشعاعية الناتجة والتأكد من صحة بارامترات التصوير المستخدمة.
يتضح مما سبق ومن النتائج المعروضة في الجدول (15) ما يأتي:

- 3 حالات لتصوير البالغين و 3 حالات لتصوير الأطفال تقع ضمن السوية المقبولة $(\pm 20\%)$.
- حالتين لتصوير البالغين (تصوير الحوض 21%- ، وتصوير البطن 31%-) وقعت بين السوية المقبولة وسوية التدخل.
- حالتين لتصوير الأطفال (تصوير الرأس 32%- ، تصوير الحوض 37%+) وقعت بين السوية المقبولة وسوية التدخل .



الشكل (8) يمثل مستوى السويات الإرشادية والسويات المقبولة وسويات التدخل

سبب الانحراف السالب للقيم هو انخفاض الجرعة الإشعاعية (أي انخفاض كمية الفوتونات الصادرة عن أنبوب الأشعة) ويعود ذلك إلى :

1. تجاوز أنبوب الأشعة العمر الافتراضي له وهذا يؤدي إلى تناقص في شدة حزمة الأشعة الصادرة، نظراً لزيادة أبعاد البقعة المحرقة بالإضافة إلى استهلاك فتائل التسخين (المهبط)، حيث توصي الشركة الصانعة باستبدال أنبوب الأشعة بعد عدد محدد من التعرضات، وهذا العدد يختلف حسب جودة الشركة المصنعة ويتراوح بين 80000 صورة وحتى 250000 صورة. وبالنسبة إلى الأجهزة التي خضعت للدراسة من نتائج ضبط الجودة أن 4 أجهزة تجاوزت عدد التعرضات الموصى به بنسبة وصلت حتى 3 أضعاف، ويعود ذلك إلى عدم إجراء ضبط المعايير الدورية للأجهزة، لم تتمكن من معرفة عدد التعرضات لباقي الأجهزة التي خضعت للدراسة لكن عموماً الشركات المسؤولة عن أعمال الصيانة لا تقوم باستبدال أنبوب الأشعة إلا إذا توقف نهائياً عن العمل، وهذا بخلاف توصيات الشركات المصنعة (لذا نوصي بمراقبة عداد أنبوب الأشعة كل ثلاثة أشهر)

2. السبب الثاني في انخفاض قيم الجرعة الإشعاعية هو ازدياد عرض حزمة الأشعة الصادرة، ومن نتائج المعايير نجد أن 8 حالات من 9 تجاوزت فيها قيم الحزمة الإشعاعية الحدود المسموحة، ومن المعروف أنه كلما زادت سماكة الحزمة الإشعاعية تناقصت الجرعة الإشعاعية بنسبة تصل حتى 50% ، وبالتالي يجب معايرة محددات الحزمة الإشعاعية للأجهزة المخالفة.

ج- تمت مقارنة نتائج الدراسة العملية مع عدة دراسات عالمية كما في الجدول (14)

الجدول (14) مقارنة لمستويات الجرعة المرجعية RDL لقيمة CTDIw [mGy] بين دراسة سورية 2008 وبين الدراسات العالمية و المعايير الأوربية.

المعايير الأوربية (1999) ⁽³⁾	استراليا ⁽²⁾ (2000)	بريطانيا ⁽²⁾ (2003)	ألمانيا (2002)	ألمانيا ⁽¹⁾ (1999)	سورية ⁽²⁾ (2008)	بروتوكول التصوير
60	68.9	70	60	45	60.7	الرأس
30	18.9	13	22	13	22	الصدر
35	28	22	-	-	30.5	الصدر بدقة عالية

35	19.8	20	24	15	24.1	البطن
35	23.5	17	28	18	27.5	الحوض
(1) 1 st quartile, (2) 3 rd quartile, (3) EUR 16262						

وتبين نتائج المقارنة أن :

1. نتائج الدراسة كانت قريبة جداً من نتائج دراسة ألمانيا 2002 .
2. قيم دراسة ألمانيا 1999 منخفضة، نظراً لأنها اعتمدت في وضع السويات الإرشادية الوطنية على قيمة الربع الأول أي 1st quartile وذلك زيادة في الأمثلة.
3. باقي الدراسات اعتمدت في تحديد السويات الإرشادية على قيمة الربع الثالث 3rd quartile .

ثانياً- بالنسبة لمعامل الجرعة الإشعاعية الطولي DLP :

يُعبّر معامل الجرعة الإشعاعية الطولي عن قيمة الجرعة الإشعاعية الناتجة عن التصوير الطبقي، وذلك لكامل المنطقة المصورة ويُعطى بالعلاقة:

معامل الجرعة الإشعاعية الطولي DLP = معامل الجرعة الإشعاعية CTDI_w مضروباً بطول المنطقة الخاضعة للدراسة (منطقة التصوير) والمعبر عنه بعدد الشرائح التصويرية ضمن المنطقة.

من نتائج الدراسة العملية الجدول (13) نلاحظ ما يأتي:

- أ- كان انحراف القيم عن السويات الإرشادية يتراوح بين (5 % - حتى 53 %) بالنسبة إلى تصوير البالغين، بينما كان انحراف القيم عن السويات الإرشادية يتراوح بين (68 % + حتى 42 % -) بالنسبة إلى تصوير الأطفال.
- ب- يعود انحراف القيم إلى عاملين اثنين :

1- انحراف قيم CTDI_w عن السويات الإرشادية التي دُرست في الفقرة السابقة (أولاً).

2- انحراف قيم Scan Length (طول المنطقة الخاضعة للتصوير) عن القيم المرجعية.

يبين الجدول (15) مقارنة طول المنطقة الخاضعة للتصوير من نتائج القياس العملية مع القيم المستنبطة من

السويات الإرشادية الأوروبية:

الجدول (15) مقارنة نتائج طول منطقة التصوير مع السويات الإرشادية الأوروبية وحساب مقدار

انحراف القيم عن السويات المرجعية (الإرشادية) [4]

تصوير أطفال			تصوير بالغين			
الانحراف (%)	الدراسة العملية cm	القيمة المرجعية cm	الانحراف (%)	الدراسة العملية cm	القيمة المرجعية cm	
- 33	13	20	+17	25	21.7	الصدر
+ 98	4	2	- 42	5	8	الصدر دقة عالية
- 38	16	26.7	+ 23	27	22.3	البطن
- 33	11	16.7	+ 24	20	16.3	الحوض
+ 1	11	10.7	- 27	13	17.5	الرأس

ج- تمت مقارنة نتائج الدراسة العملية مع عدة دراسات عالمية كما في الجدول (16)، وتبين نتائج المقارنة أن

نتائج القياس تقع وسط نتائج القياس العالمية.

الجدول (16) مقارنة لمستويات الجرعة المرجعية RDL لقيمة DLP [mGy.cm] بين دراسة سورية 2008 وبين الدراسات العالمية و المعايير الأوروبية.

المعايير الأوروبية (1999) ⁽³⁾	استراليا ⁽²⁾ (2000)	بريطانيا ⁽²⁾ (2003)	ألمانيا (2002)	ألمانيا ⁽¹⁾ (1999)	سورية ⁽²⁾ (2008)	بروتوكول التصوير
1050	1275	760	1175	520	793	الرأس
650	484	430	650	250	520	الصدر
280	76	80	-	-	133	الصدر بدقة عالية
780	1109	510	1500	490	721	البطن
570	589	-	750	300	542	الحوض
(1) 1 st quartile, (2) 3 rd quartile, (3) EUR 16262						

ثالثاً- بالنسبة إلى معامل الجرعة الإشعاعية الفعالة (E):

قيم الانحرافات عن السويات الإرشادية لهذا المعامل هو القيم نفسها بالنسبة إلى معامل الجرعة الإشعاعية الطولي DLP لأن العلاقة ما بين المعاملين هو:

$$\text{Effective Dose} = K \times \text{DLP}$$

حيث إن k: تمثل معامل الجرعة الفعالة وهو ثابت بالنسبة إلى حالة التصويرية المراد حساب الجرعة الفعالة عندها (الجدول-5)، ويكون قيم الانحراف عن السويات الإرشادية يتراوح بين (5% - حتى 53% -) بالنسبة إلى تصوير البالغين، بينما كان انحراف القيم عن السويات الإرشادية يتراوح بين (42% - حتى 68% +) لتصوير الأطفال والجدول (13) يوضح ذلك.

الاستنتاجات والتوصيات:

ينبغي السعي إلى تخفيض الجرعة الإشعاعية من خلال :

1. الالتزام بمعايير جودة الصورة ، يمكن الاستفادة من معايير جودة الصورة الأوروبية كمثال على هذه المعايير لأشهر حالات التصوير .
 2. استخدام تقنية التحكم الآلي بالتعرض [Automatic Exposure Control] AEC في أثناء تصوير البالغين، وعدم استخدامها لتصوير الأطفال.
- هذه التقنية موجودة في جميع الأجهزة الحديثة كبرنامج مخزن، وهذا البرنامج يحمل اسماً تجارياً يتبع الشركة الصانعة، ونورد هنا أسماء بعض البرامج التي تقدم هذه الخدمة تبعاً لأشهر الشركات المصنعة (يستطيع الفني تفعيل هذا الخيار أو تعطيله من خلال برنامج التصوير) :

	GE LightSpeed RT	Philips Brilliance CT Big Bore	Siemens Sensation Open 40 [24]	Toshiba Aquilion LB
Automatic mA control (AEC / mA modulation) software	3D Dose Modulation	Doseright ACS and DOM + cardiac	CAREdose 4D	SureExposure

تجدر الإشارة هنا إلى أنه من خلال الجولات على المشافي والمراكز وجدنا أن معظم الفنيين لا يعرفون هذه الميزة في الأجهزة التي يعملون عليها، وهذا يرجع إلى عدم تدريب الشركات للفنيين على جميع الخيارات المتاحة بغرض تقليل الأخطاء في أثناء التصوير فيكتفون بتعليم الكادر أهم البروتوكولات لسهولة سير العمل، وإغفال هذه الميزة الرائعة التي تهدف بالدرجة الأولى إلى التقليل من التعرض بالإضافة إلى تخفيف الحمل على أنبوب الأشعة من خلال تخفيض قيمة التيار.

3. وضع واقيات الرصاص على الخصى/المبايض في أثناء تصوير حالات مثل الحوض، وبعض حالات تصوير البطن، وهذا غير مستخدم في جميع المشافي التي خضعت للدراسة.

4. فتح سجلات للجهاز تتضمن :

1) سجلات الأجهزة : وتدون فيها المعلومات المتعلقة بالجهاز كافة والتطورات الطارئة عليه والصيانة، كما يدون على السجل كافة المعايير اللازمة لاختبارات القبول والاختبارات المرجعية والروتينية مع نتائج هذه الاختبارات (وهي ضرورية لاختبارات ضبط المعايرة اللاحقة)

2) سجلات ضمان المعايرة: تدون فيها اختبارات ضمان المعايرة كافة والمعايير الدورية للأجهزة والمقارنات مع المراكز الأخرى بالإضافة إلى نتائج الزيارات التقنيسية من قبل السلطة الرقابية المختصة. كما وتضم البروتوكولات المتبعة في اختبارات ضمان المعايرة بالتفصيل مع نتائج القياسات.

3) سجلات المرضى : تتضمن معلومات عن المريض بالإضافة إلى الطبيب المشرف وفني التصوير بالإضافة إلى قيمة الجرعة الإشعاعية التي حصل عليها والمسجلة على شاشة الجهاز والتي تُدعى $CTDI_{vol}$ (جميع أنظمة التصوير الطبقي الحديثة مزودة بهذه التقنية)، أو على الأقل تسجيل معاملات التصوير والبروتوكول المتبع مع المريض.

5. وضع مخطط توزيع الجرعة الإشعاعية حول الجهاز داخل غرفة التصوير، وذلك لمعرفة مكان الوقوف الأنسب لمساعد المريض في حال كانت هناك ضرورة لوجودهم أو للكادر الطبي في حال الحاجة لتدخله داخل غرفة التصوير.

6- مما سبق يمكننا استنتاج السويات الإرشادية للجرعة الإشعاعية التي تقدمها أجهزة الطبقي المحوري في سورية، وقد أجملنا النتائج في الجداول الآتية مع مراعاة تدوير الأرقام لتصبح ذات مدلول و يمكن أن تُعتمد هذه القيم كقيم مرجعية من قبل السلطة الرقابية في سورية .

الجدول (17) السويات الإرشادية الوطنية في سورية الناتجة عن التصوير الطبقي للبالغين (NDRLs in Syria for Adult)

E mSv	DLP mGy.cm	CTDI _w mGy	بروتوكول التصوير
7.1	520	20	تصوير الصدر
1.8	135	30	تصوير الصدر دقة عالية
9.8	720	25	تصوير البطن
8.0	540	30	تصوير الحوض
1.4	900	60	تصوير الرأس

الجدول (18) السويات الإرشادية الوطنية في سورية الناتجة عن التصوير الطبقي للأطفال (NDRLs in Syria for Children)

E mSv	DLP mGy.cm	CTDI _w mGy	بروتوكول التصوير
4.5	350	30	تصوير الصدر
2.2	175	40	تصوير الصدر دقة عالية
7.9	525	35	تصوير البطن
8.1	550	40	تصوير الحوض
1.6	500	50	تصوير الرأس

المراجع:

1. هيئة الطاقة الذرية السورية، إحصائية مكتب التنظيم النووي [Apr,2008]، 25-30.
2. رئاسة مجلس الوزراء، المكتب المركزي للإحصاء، المجموعة الإحصائية 2007، إحصائية السكان والمؤشرات الديموغرافية، تقدير عدد السكان المتواجدين داخل القطر في 31/12/2007 حسب المحافظات (بالألف) 58-60.
3. IAEA-EUC-WHO, *Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology nuclear –Medicine and Radiotherapy*, Spain 26-30 March 2001, 324-332.
4. EUR 16262 EN, *European Commission. European Guidelines on quality criteria for computed tomography*, Luxembourg 1999, 22-72.
5. NRPB-W67, P.C.SHRIMPSON & M.C.HILLIER, *Doses from Computed Tomography (CT) Examination in the UK*, 2003 Review, 5-33.
6. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, *Managing patient dose in computed tomography*, ICRP publication 87. Annals of ICRP, 30, 4, Oxford, UK; Pergamon press, 2001, 19- 34.
7. HANS DIETER NAGEL, *Radiation exposure in Computed Tomography, fundamentals, influencing parameters, dose assessment, optimization, scanner data, terminology*. 1999, 75-83 .
8. INSTITUTE OF PHYSICAL SCIENTISTS IN MEDICINE (UK) *recommended standards for the routine performance testing of diagnostic x-ray imaging systems*, IPEM report 91 ,2005, 135-193