

## تقدير الجرعة الممتصة في الأعضاء المهمة لأنثى حامل الناتجة عن التصوير المقطعي المحوسب MDCT للصدر باستخدام الكود MCNP

رازان محمد سلوم

أ.د. عبد الهادي صوفان

### ملخص :

تم حساب الجرعة الإشعاعية الممتصة في بعض الأعضاء الداخلية الهامة مثل (الدماغ والرئتين والغدة الدرقية والقلب والثديين والمبيضين والحوض والرحم) لفانتوم رقمي يحاكي جسم أنثى حامل خلال الأشهر الثلاث الأولى من حملها وبأبعاد قياسية (بطول 173سم ووزن 55 كغ ومتوسط حجم الرحم  $(76mm^3)$ ) وكان الهدف الأساسي من الدراسة التركيز على جرعة الرحم (الجنين) نظرا لحساسية الجنين للإشعاع خلال مراحل تكوينه الأولى و كان من المهم أيضا حساب الجرعة الإشعاعية الممتصة في أعضاء الأم الأخرى والمهمة جدا لنمو الجنين وتطوره وتكوينه ( الغدة الدرقية والقلب) حيث أن أي اضطراب في عمل هذه الأعضاء ستعرض الجنين بشكل مباشر لمشكلات خطيرة أثناء نموه. أجريت الدراسة من خلال محاكاة إشعاعية وفق الكود MCNPX وتم إجراء مسح إشعاعي بالتصوير المقطعي المحوسب متعدد الكواشف MDCT (أشعة سينية) لمنطقة الصدر. أظهرت النتائج أن الجرعة الإشعاعية التي يتلقاها الجنين خلال عملية التصوير الإشعاعي لم تتجاوز  $(4.83 \times 10^{-5} Gy)$  عند أعلى قيمة لتيار التعرض الزمني  $I=300 mA.s$ ، وهي أقل من الجرعة الجنينية المسموحة  $(5 mGy)$  التي سمحت بها منظمات الصحة العالمية ولجنة الأمن الإشعاعي العالمي CRP فهي آمنة، و بذلك يكون الجنين محميا من التأثير المباشر للإشعاع . لاحظنا أن أعلى جرعة إشعاعية ممتصة كانت في القلب

تقدير الجرعة الممتصة في الأعضاء المهمة لأنثى حامل الناتجة عن التصوير المقطعي المحوسب MDCT  
للصدر باستخدام الكود MCNP

---

(28.32 m Gy) والثديين (11.7 m Gy) الغدة الدرقية (1.35 m Gy). رغم أن الجرعة الإشعاعية الممتصة في الغدة الدرقية والقلب للأم كانت كبيرة مقارنة مع باقي الأعضاء ، لكنها بقيت ضمن حدود الجرعة الإشعاعية المسموحة خلال عمليات التصوير المقطعي المحوسب (100 – 200m Gy) وبذلك يكون الجنين محميا أيضا من المخاطر الثانوية المحتملة الناتجة عن تأثر أعضاء الأم (المسؤولة بشكل مباشر عن تكوين ونمو وتطور الجنين) بالإشعاع .

**كلمات مفتاحية :**

الجرعة الجنينية الإشعاعية - كود MCNP - التصوير المقطعي المحوسب  
متعدد الكواشف MDCT- الفانتوم .

## Estimation of absorbed dose to critical organs of a pregnant female from MDCT of the chest using the MCNP code

### Abstract :

The absorbed radiation dose to some important internal organs (such as the brain, lungs, thyroid gland, heart, breasts, ovaries, pelvis, and uterus) was calculated for a digital phantom simulating a pregnant female body during the first three months of pregnancy, with standard dimensions (173 cm tall, 55 kg weight, and an average uterus size of 76 mm<sup>3</sup>). The primary objective of the study was to focus on the dose to the uterus (fetus), given the fetus's sensitivity to radiation during its early stages of development. It was also important to calculate the absorbed radiation dose to other important maternal organs for the fetus's growth, development, and formation (thyroid gland and heart), as any disturbance in the function of these organs would directly expose the fetus to serious problems during its development. The study was conducted using radiation simulation according to the MCNPX code, and a multi-detector computed tomography (MDCT) scan (X-ray) of the chest area was performed. The results showed that the radiation dose received by the fetus during the radiography process did not exceed ( $4.83 \times 10^{-5}$  Gy) at the highest value of the time exposure current, (I=300 mA.s), which is less than the permissible fetal dose (5 mGy) permitted by the World Health Organization and the International Committee on Radiological Safety (ICRP), which is considered safe, and thus the fetus is protected from the direct effects of radiation. We noted that the highest absorbed radiation dose was in the heart (28.32 mGy), breasts (11.7 mGy), and thyroid gland (1.35 mGy). Although the absorbed radiation dose in the mother's thyroid gland and heart was large compared to the rest of the organs, it remained

within the limits of the permissible radiation dose during computed tomography (CT) scans (100-200 mGy), thus the fetus is also protected from the potential secondary risks resulting from the effect of radiation on the mother's organs (directly responsible for the formation, growth, and development of the fetus).

### Keywords:

Fetal radiation dose – MCNP code – MDCT – Phantom.

### مقدمة :

تمثل أجهزة التصوير الإشعاعي جزءا حيويا من الطب الحديث ، حيث تلعب دورا مهما في تحسين النتائج الصحية للمرضى وتطوير أساليب العلاج وتعزيز فهم التدخلات الطبية ، حيث تتيح الصور الإشعاعية إمكانية رؤية الأعضاء الداخلية مما يساعد في اكتشاف الأمراض والمشكلات التي قد لا تكون مرئية من خلال الفحص البدني التقليدي ، كما تتيح الصور الإشعاعية الدقيقة مراقبة حالة المريض ومتابعة تقدم العلاج كما في حالة متابعة الأورام ، فضلا عن الكشف المبكر عن الأمراض مما يتيح إمكانية علاجها في مراحل مبكرة . تستخدم أجهزة التصوير الإشعاعي عدة أنواع من الأشعة حسب الحاجة إليها لكن من أهم الأشعة المستخدمة نذكر الأشعة السينية (X-rays) التي تستخدم لتكوين صورة للأعضاء والأنسجة داخل الجسم ( أكثر استخداماتها تكون لتصوير العظام والأسنان والصدر) ، أيضا الأشعة المقطعية المحوسبة (CT scan) (أشعة سينية تتراوح طاقتها بين 150KV – 50) التي توفر صورا أكثر دقة للأعضاء والأنسجة كما تستخدم الأشعة فوق الصوتية (Ultrasound) في متابعة الحمل لكن عندما تكون الحالة بحاجة تقييم لنشاط الأنسجة والأعضاء (الأورام والعلوم العصبية ) يكون التصوير بالانبعاث البوزيتروني (PET Scan) هو الأفضل في هذا المجال وأخيرا نذكر التصوير

بالرنين المغناطيسي (MRI) الذي يعتمد على الحقول المغناطيسية وأمواج الراديو وهي تعطي أيضا صور تفصيلية للأعضاء والأنسجة. كل ما ذكر سابقا هي نقاط إيجابية وحاسمة في المجال الطبي لكن هناك بعض الحالات التي يجب التوقف عندها وعدم اتخاذ قرار إجراء صورة إشعاعية إلا إذا كانت الفائدة الطبية أعلى من المخاطر كما في حالة المرأة الحامل مثلا ، هنا يجب الأخذ بعين الاعتبار وجود جنين في مرحلة التكوين والنمو هذا يعني الكثير من المخاوف حول الآثار الإشعاعية الضارة بالجنين كالأجهاز والتشوهات الخلقية واضطراب وظائف المخ وانخفاض معدل الذكاء واحتمالية إصابة الطفل بالسرطان خلال مرحلة الطفولة لاحقا .

ظهرت أهمية دراسة تفاعلات الجسيمات الواردة من المنبع مع مادة النسيج الحي ( العضو المدروس ) ، كون هذه التفاعلات ترتبط بشكل مباشر بالآثار البيولوجية التي يمكن أن تطرأ على الخلايا التي تتلقى الإشعاع ، وتصبح هذه الدراسة أكثر أهمية في حال كانت المرأة حامل وتعرضت للإشعاع نظرا لحساسية الأجنة للإشعاع خاصة في المراحل المبكرة من الحمل ( مرحلة الانقسام السريع وتمايز الخلايا ).

من الجدير بالذكر أن طريقة مونت كارلو من أهم الطرق التي تتيح إمكانية حساب الجرعات ودراسة عملية نقل الجسيمات التي تتابع الجسيم الدقيق من مصدره وحتى فئانه أو امتصاصه من قبل المادة متضمناً فقدان الجسيم لطاقته بعد التفاعل وطبيعة التفاعل . هذه الطريقة تعتمد على كودات محاكاة أهمها MCNP المكتوبة بلغة Fortran البرمجية حيث يعتمد هذا الكود طريقة احتمالية تسمح بتحليل معادلة النقل من لحظة الإصدار من المنبع حتى لحظة الامتصاص مع مراعاة احتمالات التفاعل مع المواد التي واجهتها . إن أهم الوحدات المستخدمة في الكود هي طول المسار ، الطاقة ، الوقت ، درجة الحرارة ، الكثافة الذرية ، الكثافة الكتلية والمقاطع العرضية .

هدف البحث :

تقدير الجرعة الممتصة في الأعضاء المهمة لأنثى حامل الناتجة عن التصوير المقطعي المحوسب MDCT  
للصدر باستخدام الكود MCNP

استخدام كود المحاكاة الإشعاعية MCNP لحساب الجرعة الممتصة في بعض الأعضاء المهمة للمرأة الحمل وحساب جرعة الجنين الناتجة عن استخدام التصوير المقطعي المحوسب CT scan لإجراء صورة لمنطقة الصدر للأم .

أدوات البحث :

كود MCNP :

يعد الكود (code Particle – N Carlo Monte) MCNP من أشهر كودات المحاكاة الإشعاعية و فقطرائق مونتّي كارلو وهو يدرس نقل الجسيمات (النيوترونات والفوتونات والإلكترونات بشكل منفصل أو عندما تكون مقترنة ببعضها)، كتب الكود بلغة [1]90 FORTRAN يعمل الكود بنظام DOS-MS ويحتاج إلى ملف دخل يكتب يدوياً ويربط مع الملف الإقلاعي للكود MCNPX.exe عن طريق موجه أوامر نظام الويندوز cmd.exe لكي يقوم بالحسابات اللازمة. تتميز النسخة الحديثة للكود MCNPX2.3.0 بإحتوائها على مكتبة للمقاطع العرضية لجميع تفاعلات الجسيمات المشحونة وغير المشحونة (البروتونات، والجسيمات ألفا، والإلكترونات، والنترونات... الخ) إضافة إلى أشعة غاما. بالنسبة للفوتونات، يراعي الكود التشتت المرن وغير المرن، وإمكانية الانبعاث الفلوري بعد الامتصاص الكهروضوئي، والامتصاص عند انتاج الأزواج مع الانبعاث المحلي لإشعاع الفناء وإشعاع الكبح [2].

الجزء العملي :

أجري المسح الإشعاعي على مجسم رقمي (فانتوم) يحاكي جسم امرأة خلال الثلث الأول من حملها (بأبعاد قياسية بطول 173سم ووزن 55 كغ، ومؤشر كتلة جسم  $BMI = 22$  و متوسط حجم الرحم ( $76mm^3$ ) كانت قد طورته شركة . [3]Wiley أجريت الصورة الإشعاعية باستخدام التصوير المقطعي المحوسب متعدد الكواشف MDCT لمنطقة الصدر وتمت المحاكاة الإشعاعية باستخدام الكود MCNP لكن نظرا لصعوبة محاكاة حركة مصدر الأشعة السينية في التصوير المقطعي المحوسب الحلزوني وفق الكود MCNP صمم برنامج مساعد (CT-DOSE CALC)

(مكتوب بلغة البرمجة (VISUAL BASIC) [4] يلعب دورا في الربط بين واجهة المستخدم والكود ، فأتاحت هذه الخطوة إجراء محاكاة لحركة أنبوب الأشعة السينية في حالتي التصوير (المسح الحلزوني والمحوري ) وتقييم طيف طاقة أنبوب الأشعة السينية في التصوير المقطعي المحوسب. استخدم الكود MCNP لتقدير قيم الجرعات الإشعاعية الممتصة في الأعضاء اعتمادا على معلمات المسح ( جهد الأنبوب  $(V = 120 KV)$ ، تيار التعرض الزمني  $(I = 1,100,300 \text{ mA.s})$ ، سماكة مرشح الألومنيوم  $(1.2 \text{ mm})$  ، طول المسح  $(60 \text{ cm})$  درجة الميل  $(Pitch = 1)$  أي يتم إجراء مسح كل جزء مراد تصويره من المريض لمرة واحدة فقط دون تكرار ودون إغفال أي منطقة وهذا الخيار يعطي توازنا جيدا بين جودة الصورة والجرعة الإشعاعية) .

وتعرف الخطوة أو الميل ( $Pitch$ ) بأنها نسبة المسافة التي تقطعها الطاولة التي يستلقي عليها المريض في دورة كاملة مقسومة على عرض حزمة الأشعة .

جهاز MDCT Scan المستخدم في المحاكاة يتألف من عدة مصادر لأشعة غاما التي تتحرك حركة دائرية وفق مسار حلزوني (وفق المحور Z) وتم تصميم هذه المصادر اعتمادا على خاصية الانتقال (TR) المتاحة في الكود MCNP ولسهولة العمل جرى تثبيت المسافة بين المصدر ومركز آلة التصوير  $(60 \text{ cm})$  وزاوية الحزمة كانت  $(42.5^\circ)$ . تم وضع واقي من الرصاص بسماكة  $(0.5 \text{ mm})$  على منطقة البطن لحماية الجنين وباقي الأعضاء من الإشعاع .

يملك جهاز المسح المقطعي المحوسب متعدد الكواشف (MDCT Scan Multidetector computed tomography) المستخدم في المحاكاة 128 شريحة الذي يتميز بالسرعة (سرعة النقاط الصورة تعني جرعة إشعاع منخفضة يتعرض لها المريض) والدقة العالية جدا بفضل قدرته على إعطاء صور ثلاثية الأبعاد وهذا يمنح صورا تفصيلية للأعضاء والأنسجة مما يجعله خيارا ممتازا في مجال التصوير الطبي.

حساب جرعة الأعضاء وفق الكود MCNP :

استُخدمت العلاقة (1) من المرجع [6] لحساب الطاقة المودعة في كل خلية ((MeV/g) :

$$F = W \cdot T_1 \cdot \sigma_T(E) \cdot H(E) \cdot \left(\frac{\rho_a}{m}\right) \quad (1)$$

حيث :

$W$  : ثقل المصدر .

$T_1$  : طول مسار الجسيم (cm) .

$\sigma_T(E)$  : المقطع العرضي الكلي المجهرى (بارن) .

$H(E)$  : رقم التسخين (MeV/collision)

$\rho_a$  : الكثافة الذرية لمادة الخلية  $\left(\frac{\text{atoms}}{\text{barns.cm}}\right)$

$m$  : كتلة الخلية (gr) .

ثم يتم حساب كمية الجرعة الإشعاعية الممتصة ضمن الأعضاء الداخلية باستخدام العلاقة الرياضية (2):

$$D \left( \frac{\text{Gy}}{\text{source practicle}} \right) = DE \left( \frac{\text{Mev}}{\text{source practicle}} \right) \times 1.6 \times 10^{-13} \left( \frac{1}{\text{Mev}} \right) \times 10^3 \times M^{-1} (g^{-1})$$

حيث :

$D \left( \frac{\text{Gy}}{\text{source practicle}} \right)$  : الجرعة الممتصة الصادرة عن كل جسيم من المصدر .

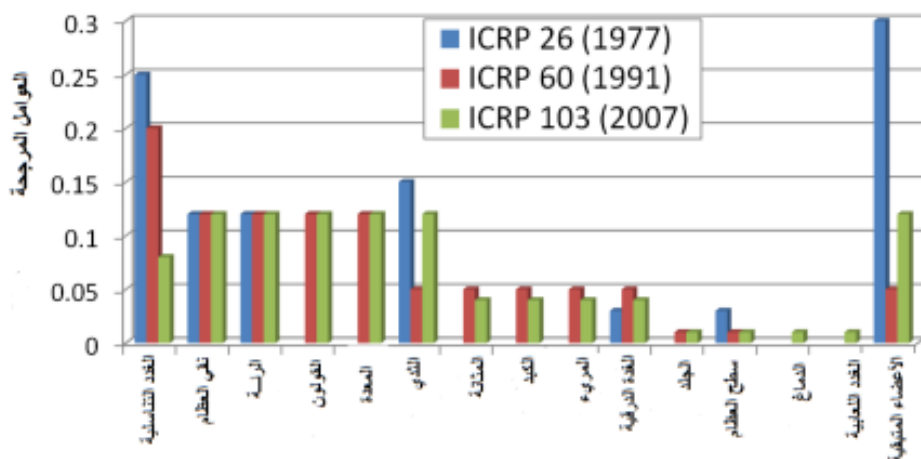
$DE \left( \frac{\text{Mev}}{\text{source practicle}} \right)$  : الطاقة المودعة الناتجة عن كل جسيم من المصدر، وتحسب

باستخدام الكود MCNP .

$1.6 \times 10^{-13}$  : ثابت التحويل من jouل إلى Mev .

$M$  : كتلة العضو المدروس (gr) .

تعطى معاملات النسيج المرجحة وفقاً لمنشورات اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية، [5](1977) [6]26 [7]ICRP 103(2007) و ICRP 60 (1991) ، إن قيم هذه المعاملات تستخدم لتحديد كمية الإشعاع الذي يمكن أن تتحمله الأنسجة البشرية دون حدوث آثار ضارة ، تهدف هذه المعاملات إلى حماية الكائنات الحية من المخاطر المحتملة للإشعاع من خلال توفير إرشادات تتعلق بالتعرض المسموح به والمخاطر المرتبطة بأنواع مختلفة من الإشعاع . تم تمثيلها بيانياً في الشكل (1) :



الشكل (1) : معاملات النسيج المرجحة وفقاً لمنشورات اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية، ICRP26 ، ICRP 103 و ICRP60 .

### النتائج والمناقشة:

سنعرض فيما يلي نتائج الدراسة التي أجريناها باستخدام كود المحاكاة الإشعاعية MCNP على فانتوم لمرأة حامل خلال الثلث الأول من حملها بعد تحديد ملف الإدخال الذي يتضمن نوع الجسيمات (الفوتونات) وطاقتها (E = 120 KeV) وجهد أنبوب توليد الأشعة (= V)

تقدير الجرعة الممتصة في الأعضاء المهمة لأنثى حامل الناتجة عن التصوير المقطعي المحوسب MDCT  
للصدر باستخدام الكود MCNP

( 120 kV وكانت شدة تيار التعرض الزمني المطبق في المرحلة الأولى (mA.s) وتم رفعها إلى (100mA.s) في المرحلة الثانية ثم إلى (300mA.s) وقيمة الخطوة (Pitch = 1) وزاوية الحزمة (42.5°) وكانت المسافة بين المصدر ومركز آلة التصوير (60cm)، تم تحديد عدد الشرائح لجهاز التصوير المقطعي MDCT (128 شريحة) .  
يشير مصطلح تيار التعرض الزمني في أجهزة التصوير المقطعي المحوسب CT Scan إلى مقدار الإشعاع الذي يتعرض له المريض خلال فترة زمنية محددة أثناء إجراء الفحص، يعتبر هذا التيار أحد العناصر الأساسية التي تحدد جودة الصورة ووضوحها وكذلك مستوى الإشعاع الموجه إلى المريض فكلما زادت شدة التيار حصلنا على صورة أدق وأوضح لكن كأثر جانبي لهذا الإجراء يكون المريض قد تلقى كمية أكبر من الإشعاع .

الجدول (1) : حساب الطاقة المودعة و الجرعة الممتصة في الرحم و في الأعضاء الداخلية المحيطة به عند تطبيق تيار شدته  $I = 1 \text{ mA.s}$  ، وتكون طاقة الفوتونات  $E=120\text{KeV}$  خلال الثلث الأول من الحمل :

E=120 KeV , I=1 mA.s						
الجرعة الممتصة [Gy=1 J/kg]	الطاقة المودعة [MeV/gr ]	مقدار الخطأ	كتلة العضو (gr)	كثافة العضو (g/mm <sup>3</sup> )	حجم العضو (mm <sup>3</sup> )	الأعضاء
$2.01 \times 10^{-6}$	1.26E+04	0.0127	1404	1.04	1350	الدماغ
$4.51 \times 10^{-6}$	3.16E+04	0.0301	12.38	1.04	11.90	الغدة الدرقية
$1.04 \times 10^{-5}$	6.50E+04	0.0069	349.28	0.30	1180	الرئة اليمنى
$1.05 \times 10^{-5}$	6.56E+04	0.0071	301.92	0.30	1020	الرئة اليسرى

$4.541 \times 10^{-5}$	41E+04	0.0409	300	1.04	350	القلب
$7.36 \times 10^{-7}$	1.03E+04	0.0175	10.61	1.04	10.20	المبيضين
$4.68 \times 10^{-6}$	2.92E+04	0.0148	644.00	1.40	460.00	الحوض
$1.61 \times 10^{-7}$	5.63E+03	0.0547	79.04	1.04	76.00	الرحم
$3.89 \times 10^{-5}$	2.43E+05	0.0048	360.88	1.04	347.00	الثديين

الجدول (2) : حساب الطاقة المودعة و الجرعة الممتصة في الرحم و في الأعضاء الداخلية المحيطة به عند تطبيق تيار شدته  $I = 100 \text{ mA.s}$  و تكون طاقة الفوتونات  $E=120 \text{ KeV}$  خلال الثلث الأول من الحمل :

E=120 KeV , I=100mA.s						
الجرعة الممتصة [Gy=1 J/kg]	الطاقة المودعة [MeV/gr]	مقدار الخطأ	كتلة العضو (gr)	كثافة العضو (g/ mm <sup>3</sup> )	حجم العضو (mm <sup>3</sup> )	الأعضاء
$2.01 \times 10^{-4}$	1.26E+06	0.0127	1404	1.04	1350	الدماغ
$4.51 \times 10^{-4}$	3.16E+06	0.0301	12.38	1.04	11.90	الغدة الدرقية
$1.40 \times 10^{-3}$	6.50E+06	0.0069	349.28	0.30	1180	الرئة اليمنى
$1.50 \times 10^{-3}$	6.56E+06	0.0071	301.92	0.30	1020	الرئة اليسرى
$4.541 \times 10^{-3}$	41E+06	0.0409	300	1.04	350	القلب
$7.36 \times 10^{-5}$	4.60E+06	0.0963	10.61	1.04	10.20	المبيضين
$4.68 \times 10^{-4}$	2.92E+06	0.0148	644.00	1.40	460.00	الحوض
$1.61 \times 10^{-5}$	5.63E+05	0.0547	79.04	1.04	76.00	الرحم
$3.89 \times 10^{-3}$	2.43E+07	0.0048	360.88	1.04	347.00	الثديين

الجدول (3) : حساب الطاقة المودعة و الجرعة الممتصة في الرحم و في الأعضاء الداخلية المحيطة به عند تطبيق تيار شدته  $I = 300 \text{ mA.s}$  طاقة الفوتونات  $E = 120 \text{ KeV}$  خلال الثلث الأول من الحمل :

E=120 KeV , I=300 mA.s						
الجرعة الممتصة [Gy=1 J/kg]	الطاقة المودعة [MeV/gr]	مقدار الخطأ	كتلة العضو (gr)	كثافة العضو (g/mm <sup>3</sup> )	حجم العضو (mm <sup>3</sup> )	الأعضاء
$6.03 \times 10^{-4}$	3.77E+06	0.0127	1404	1.04	1350	الدماغ
$1.44 \times 10^{-3}$	9.48E+06	0.0301	12.38	1.04	11.90	الغدة الدرقية
$3.12 \times 10^{-3}$	19.5E+06	0.0069	349.28	0.30	1180	الرئة اليمنى
$3.15 \times 10^{-3}$	19.7E+06	0.0071	301.92	0.30	1020	الرئة اليسرى
$20.32 \times 10^{-3}$	12.3E+07	0.0409	300	1.04	350	القلب
$22.08 \times 10^{-5}$	13.8E+06	0.0175	10.61	1.04	10.20	المبيضين
$14.04 \times 10^{-4}$	8.76E+06	0.0148	644.00	1.40	460.00	الحوض
$4.83 \times 10^{-5}$	16.89E+05	0.0547	79.04	1.04	76.00	الرحم
$11.67 \times 10^{-3}$	7.29E+07	0.0048	360.88	1.04	347.00	الثديين

يلاحظ من الجداول (1,2,3) أن أعلى قيمة للجرعة الممتصة في الرحم  $(4.83 \times 10^{-5} \text{ Gy})$

كانت عند تيار تعرض زمني قيمته  $I = 300 \text{ mA.s}$  أو مع ذلك فإن هذه الجرعة

التي امتصها الجنين خلال الدراسة كانت أقل من الجرعة الجنينية المسموحة (0.3 -

8) [18 m Gy]، هذا يضمن أن الجنين لن يتعرض للمخاطر المرتبطة بالتعرض للإشعاع )

أخطرها الإجهاض ، و حدوث خلل في تكوين الجهاز العصبي ، سرطان الطفولة ..... [9]. لكن

أيضا يجب الاهتمام بسلامة باقي الأعضاء للأم الحامل خاصة تلك المسؤولة عن تكوين الجنين

ونموه وتطوره (مثل الغدة الدرقية والقلب) لاسيما أن مراحل الحمل الأولى تعد هي الأهم والأخطر كونها مرحلة التمايز والانقسام السريع للخلايا .

تشير الدراسات إلى أن الغدة الدرقية هي من الأعضاء الأكثر امتصاصا للإشعاع حيث بلغت [10]  $(19.3 m Gy)$  عند إجراء صورة إشعاعية لمنطقة البطن والصدر والحوض، من هنا جاء سبب التركيز على سلامة ونشاط الغدة الدرقية للأم الحامل عند إجراء الصورة حيث أن الهرمونات التي تفرزها الغدة مسؤولة عن نمو وتطوير الجهاز العصبي والدماغ للجنين وإن أي خمول للغدة سيسبب تأخر في نمو الجنين ومشاكل في التعلم والسلوك [11]، كما تشير بعض الدراسات إلى أن مشاكل القلب يمكن أن تؤثر على التطور العصبي والذهني للجنين إضافة لمشاكل أخرى كالولادة المبكرة ومشاكل أخرى تتعلق بعدم كفاءة تبادل الدم والأكسجين والغذاء بين الأم والجنين [12] .

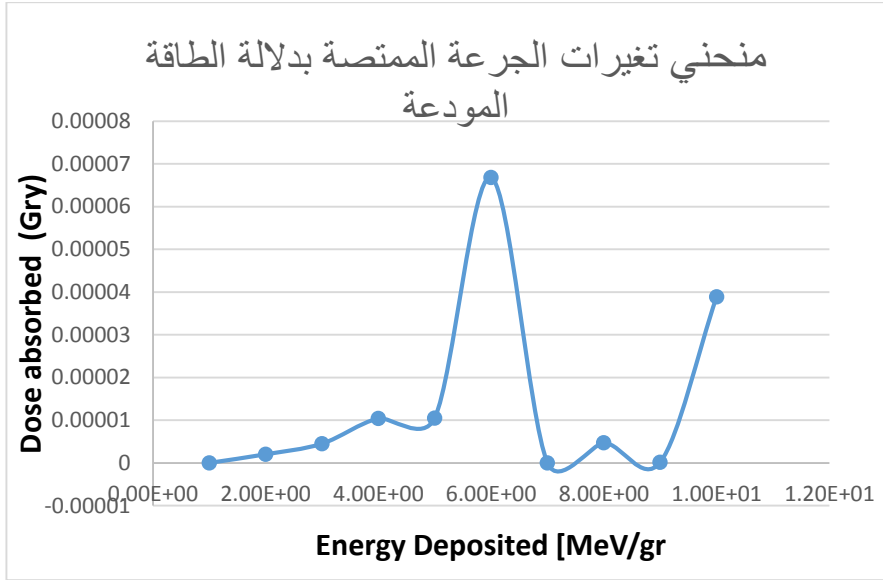
بلغت أكبر جرعة امتصتها الغدة الدرقية  $(1.44 mGy)$  وأكبر جرعة امتصها القلب  $(20.3 mGy)$  عند تطبيق تيار تعرض زمني  $= 300 mA.s$  وهذا يتوافق مع القيم المرجعية جرعة الغدة الدرقية  $(3.14 mGy)$  و جرعة القلب [13]  $(20.09 mGy)$  وكانت جرعة القلب  $(36.3 mGy)$  والغدة  $(2.79 mGy)$  وفق المرجع [14] وتعود هذه الاختلافات البسيطة في قيم الجرعات بين دراستنا والقيم المرجعية إلى عدة عوامل مثل اختلاف حجم الأعضاء وزاوية مصدر الأشعة والتصميم الهندسي للفانتوم.

وفي كلا القيمتين كانت الجرعة الممتصة ضمن حدود الجرعة الإشعاعية المسموحة في عمليات التصوير المقطعي المحوسب [15]  $((100 - 200 m Gy))$  ، هذا يعني أن الغدة الدرقية والقلب لن يتعرضا لأذية أو خلل نتيجة التعرض للإشعاع وبالتالي لن يكون هناك أخطار محتملة على نمو الجنين .

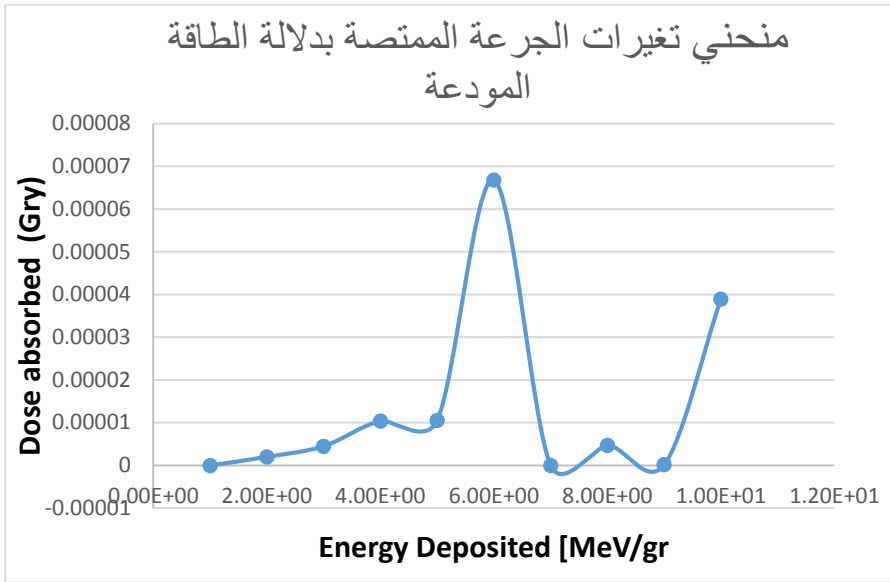
الجدول (4) : الجرعة الممتصة في الرحم و في الأعضاء الداخلية المحيطة به عند تطبيق قيم مختلفة لتيار تعرض زمني شدته و طاقة فوتونات  $E=120 \text{ KeV}$  :

الجرعة الممتصة Gy $I=300 \text{ mA. s}$	الجرعة الممتصة Gy $I=100 \text{ mA. s}$	الجرعة الممتصة Gy $(I = 1 \text{ mA. s})$	الأعضاء
6.03E-04	2.01E-04	2.01E-06	الدماغ
1.44E-03	4.51E-04	4.51E-06	الغدة الدرقية
3.12E-03	1.40E-03	1.04E-05	الرئة اليمنى
3.15E-03	1.50E-03	1.05E-05	الرئة اليسرى
20.32E-03	4.541E-03	4.541E-05	القلب
22.08E-05	7.36E-05	7.36E-07	المبيضين
14.04E-04	4.68E-04	4.68E-06	الحوض
4.83E-05	1.61E-05	1.61E-07	الرحم
11.67E-03	3.89E-03	3.89E-05	الثديين

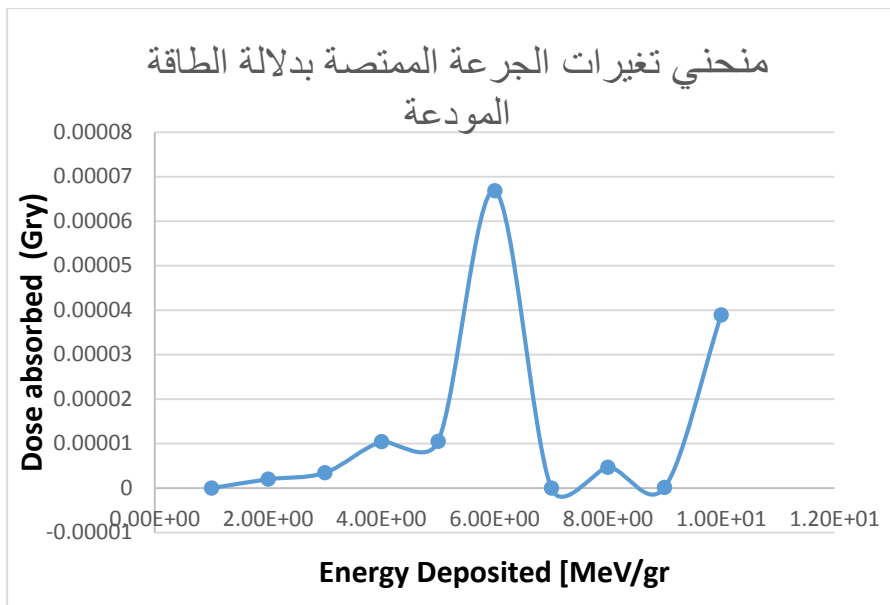
يلاحظ من الجدول (4) وجود علاقة خطية بين زيادة قيمة الجرعة الممتصة في جميع الأعضاء وزيادة زمن التعرض ، حيث أن قيمة الجرعة عند تطبيق تيار تعرض  $(I = 300 \text{ m/As})$  بلغت تقريبا ثلاث أضعاف قيمة الجرعة عند تطبيق تيار  $(I = 100 \text{ m/As})$  ، كما أن قيمة الجرعة الممتصة عند تيار تعرض زمني  $(I = 100 \text{ m/As})$  ازدادت مئة مرة تماما عن قيمتها عند تطبيق تيار  $(I = 1 \text{ m/As})$  ، لكن بما أن جميع الجرعات الممتصة العظمى في الأعضاء بقيت أقل من القيم المسموحة خلال عمليات التصوير المقطعي المحوسب لأبأس بزيادة زمن التعرض الزمني للإشعاع إن استدعت الحاجة وكانت حالة المريضة تستدعي الحصول على صورة أدق وأكثر وضوحا .



الشكل (2) : منحني تغيرات الجرعة الممتصة في الأعضاء المذكورة في الجداول (1, 2, 3) بدلالة الطاقة المودعة عند تطبيق تيار شدته  $I=1mA.s$  , وتكون طاقة الفوتونات  $E=120KeV$  خلال الثلث الأول من الحمل .



الشكل (3) : منحني تغيرات الجرعة الممتصة في الأعضاء المذكورة في الجداول (1, 2, 3) بدلالة الطاقة المودعة عند تطبيق تيار شدته  $I=100mA.s$  , وتكون طاقة الفوتونات  $E=120 KeV$  خلال الثلث الأول من الحمل .

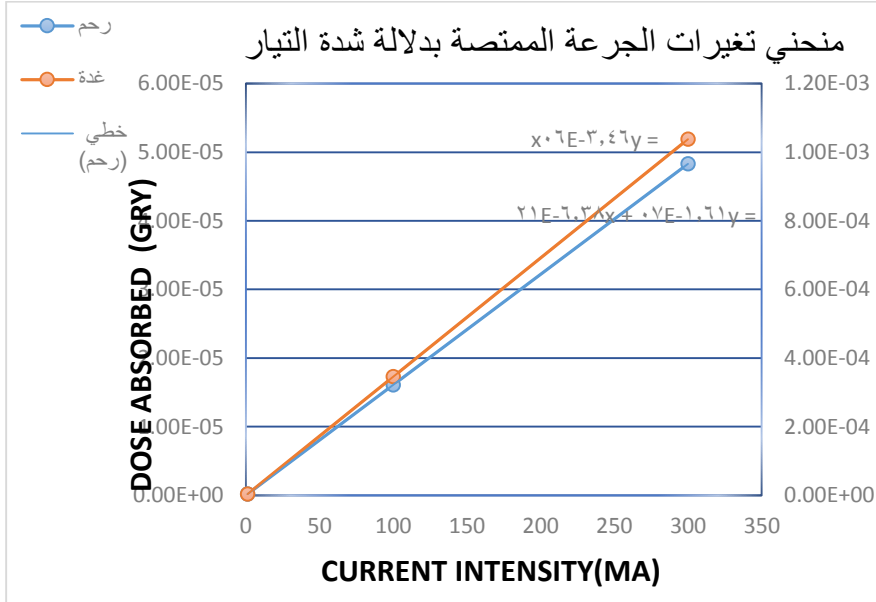


الشكل (4) : منحني تغيرات الجرعة الممتصة في الأعضاء المذكورة في الجداول (1, 2, 3) بدلالة الطاقة المودعة عند تطبيق تيار شدته  $I=300\text{mA.s}$  وتكون طاقة الفوتونات  $E=120\text{ KeV}$  خلال الثلث الأول من الحمل .

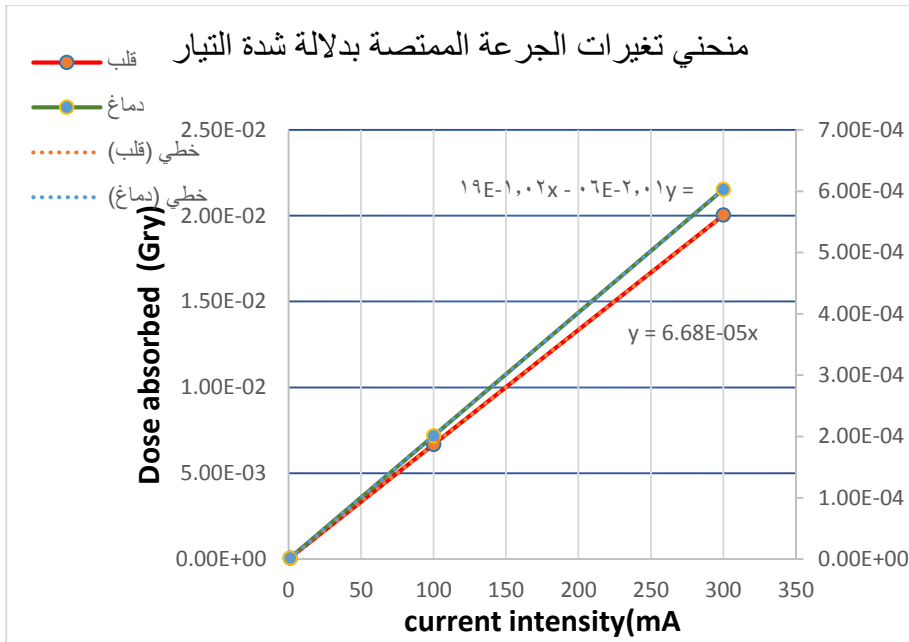
يلاحظ من الشكل (2) أن أعلى جرعة ممتصة كانت في القلب (البطينين الأيسر والأيمن مع محتوياتهما من الدم والأذنين مع محتوياتهما من الدم) والثديين والرئتين والغدة الدرقية على التوالي عند تيار تعرض زمني  $I=1\text{mA.s}$ ، وحصلنا على ذات النتيجة عندما تم رفع تيار التعرض الزمني إلى  $I=100\text{mA.s}$  الشكل (3)، ثم  $I=300\text{mA.s}$  الشكل (4) وهذا يتفق مع المرجع [14] .

تقدير الجرعة الممتصة في الأعضاء المهمة لأنثى حامل الناتجة عن التصوير المقطعي المحوسب MDCT  
للصدر باستخدام الكود MCNP

بالنظر إلى الجداول (1, 2, 3) نلاحظ أن كمية الأشعة الممتصة في الأعضاء وفق التسلسل القلب الثديين رئة (بمنى \_ يسرى) غدة حوض دماغ مبيضين رحم على التوالي تتفق مع معاملات النسيج المرجحة وفقاً لمنتشورات اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعي [7] (ICRP 103(2007)).



الشكل (4) : منحني تغيرات الجرعة الممتصة في الغدة الدرقية والرحم بدلالة شدة تيار التعرض الزمني عند تطبيق تيارات مختلفة شدتها (I = 1 – 100 – 300) mA.s وتكون طاقة الفوتونات E=120 KeV خلال الثلث الأول من الحمل .



الشكل(5): منحني تغيرات الجرعة الممتصة في القلب والدماغ بدلالة شدة تيار التعرض الزمني عند تطبيق تيارات مختلفة شدتها  $(I = 1 - 100 - 300) \text{mA}$ ، وتكون طاقة الفوتونات  $E=120 \text{ KeV}$  خلال الثلث الأول من الحمل .

يظهر من الشكل (4) أن العلاقة بين الجرعة الممتصة في (الغدة الدرقية والرحم) وتيار التعرض الزمني في هي علاقة طردية ممثلة بخط مستقيم مار بالمبدأ  $(0,0)$  تعطى بالمعادلات :

معادلة المستقيم لتغيرات الجرعة الممتصة في الغدة الدرقية بدلالة تيار التعرض الزمني :

$$y = 3.46 \times 10^{-6} X \quad (3)$$

معادلة المستقيم لتغيرات الجرعة الممتصة في الرحم بدلالة تيار التعرض الزمني :

$$y = 1.61 \times 10^{-7} X \quad (4)$$

يظهر من الشكل (5) أن العلاقة بين الجرعة الممتصة في (القلب والدماغ) وتيار التعرض الزمني هي أيضا علاقة طردية ممثلة بخط مستقيم مار بالمبدأ  $(0,0)$  تعطى بالمعادلات :

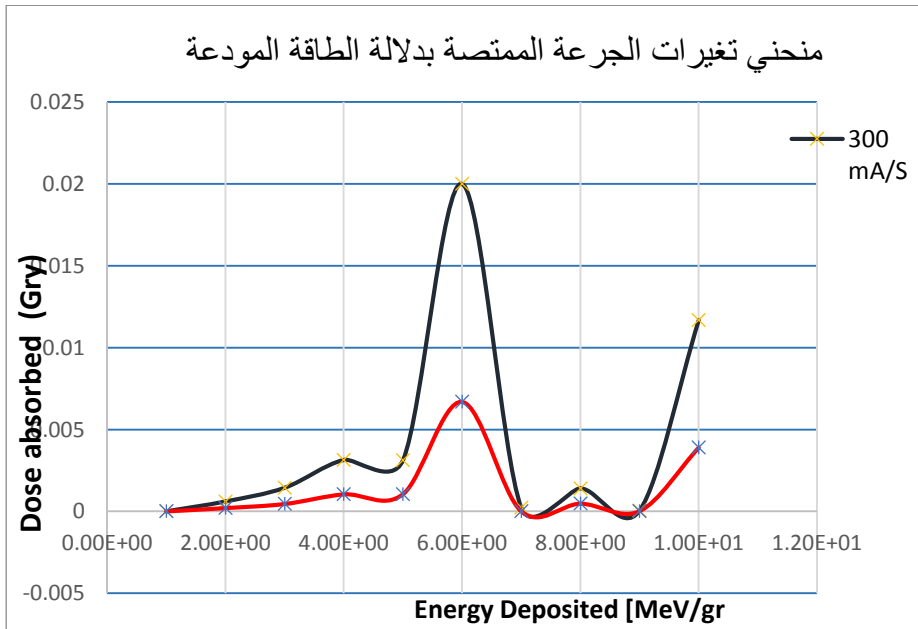
معادلة المستقيم لتغيرات الجرعة الممتصة في القلب بدلالة تيار التعرض الزمني :

$$y = 2.01 \times 10^{-6} X \quad (5)$$

معادلة المستقيم لتغيرات الجرعة الممتصة في الدماغ بدلالة تيار التعرض الزمني :

$$y = 6.68 \times 10^{-5} X \quad (6)$$

يعود الاختلاف بين الخطين المستقيمين في الشكل (4) إلى اختلاف بنية وكثافة الأعضاء وحجمها بالتالي اختلاف قيمة الجرعة الممتصة وحسب نتائج دراستنا وبالرجوع إلى معاملات النسج المرجحة التي وضعتها الوكالة الدولية للحماية من الإشعاع [7] (ICRP 103(2007) تكون الجرعة الممتصة في الغدة الدرقية أعلى من الجرعة الممتصة في الرحم . كذلك الأمر بالنسبة للشكل (5) الخط المستقيم الأعلى يدل أن الجرعة الممتصة في الدماغ أعلى من الجرعة الممتصة في القلب .



الشكل (6) : منحني تغيرات الجرعة الممتصة في الأعضاء المذكورة في الجداول (1, 2, 3) بدلالة الطاقة المودعة عند تطبيق تيار شدته (I = 100 – 300)m/As وتكون طاقة الفوتونات E=120 KeV خلال الثلث الأول من الحمل .

وفق الشكل (6) نلاحظ من خلال سلوك المنحني الخاص بقيم الجرعات الممتصة في مختلف الأعضاء (الدماغ والرئتين والغدة الدرقية والقلب والثديين والمبيضين والحوض والرحم) عند تطبيق تيار

$(I = 300) \text{mA.s}$  (المنحني الأعلى) و المنحني الخاص بقيم الجرعات الممتصة في مختلف الأعضاء عند تطبيق تيار  $(I = 100) \text{mA.s}$  (المنحني الأدنى) أن زيادة الجرعة الممتصة في الأعضاء تتناسب طرذا مع زيادة تيار التعرض الزمني وهذا يتفق مع المرجع [16] ومن خلال مقارنة قيم الجرعات في الجدول (2,3) نجد أن الجرعة الممتصة عند تطبيق تيار تعرض  $(I = 300) \text{mA.s}$  ازدادت بمقدار ثلاثة أضعاف تقريبا عن قيم الجرعات الممتصة عند تطبيق تيار تعرض  $(I = 100) \text{mA.s}$ .

إن القمة في الخطين البيانيين في الشكل (6) هي قيمة الجرعة الإشعاعية الممتصة في القلب (أعلى جرعة ضمن هذه الدراسة من بين الأعضاء المدروسة) .

#### المناقشة و الإستنتاجات :

1. نلاحظ أن أعلى جرعة ممتصة من قبل الأعضاء المدروسة كانت في القلب والغدة الدرقية والثديين والرئتين وهذا يتفق مع المرجع [14][13].
2. الجرعة الممتصة في الأعضاء المدروسة تتفق مع معاملات النسيج المرجحة وفق تقرير اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP103).
3. وجدنا أن الزيادة في قيمة الجرعة الممتصة في الأعضاء المدروسة تتناسب طرذا مع زيادة شدة التيار .

4. يمكننا أن نقول من خلال دراستنا أن زيادة تيار التعرض الزمني للإشعاع حتى القيمة  $(I = 300) \text{mA.s}$  يساعد في الحصول على صورة أكثر دقة ووضوح إن استدعت الحاجة دون تعريض المريضة أو جنينها للخطر لكن يبقى هذا الخيار متعلقا بالتقدير الجيد من قبل الفنيين لحالة المريضة .

في النهاية يمكن القول أن رغم الفائدة الطبية التي تحققها أجهزة التصوير المقطعي المحوسب إلا أنه يجب دائما الوقوف عند فكرة خطر الإشعاع وآثاره الخطرة التي يمكن أن يتعرض لها المريض على المدى القريب و ربما البعيد في بعض الحالات خاصة في الحالات التي يحتاج فيها المريض إلى إجراء تصوير إشعاعي متكرر خلال السنة ، هنا يجب أن يكون هناك تقدير جيد من قبل الفنيين المختصين لتحقيق توازن جيد بين جودة الصورة المطلوبة وكمية الإشعاع المسموحة والتي يفضل دائما أن تكون بحدودها الدنيا كما يجب أن لا تجرى الصور الإشعاعية إن لم يكن هناك حاجة طبية تستدعي ذلك . إن النتائج التي حصلنا عليها من خلال دراستنا جيدة لكننا أجريت على مجسم رقمي بأبعاد قياسية وهنا يجب عدم إغفال أن هذه القيم يمكن أن تختلف حسب طول ووزن المريض وجنسه وعمره .

#### المراجع :

1. Pelowitz, D. B. (Ed.), "MCNPX User's Manual, Version 2.7.0," Los Alamos National Laboratory, LA-CP-11-00438, 2011.
2. X-5 Monte Carlo Team. MCNP—A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5. USA: Los Alamos National Laboratory, April 24; Volume II (LA-CP-03-0245); 2003. p. 484.
3. PatriziaKunert, Helmut Schlattl, Sebastian Trinkl, EdilaineHonorio da Silva, Detlef Reichert, Augusto Giussani . 3D printing of realistic body phantoms: Comparison of measured and simulated organ doses

on the example of a CT scan on a pregnant woman. The International Journal of Medical Physics research and Practice .2024 . VOL 51 .

4. Lou T, KIDware. Learn Visual Basic 6.0. Bellevue. WA 98008 (206) 721–2556; 1998. p. 448.

5. International Commission on Radiological Protection (ICRP), Publication 26, "The Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", 1977.

6. International Commission on Radiological Protection (ICRP), Publication 103, "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", 2007.

7. International Commission on Radiological Protection (ICRP), Publication 60, "The Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", 1991.

8. Patrizia Kunert, Helmut Schlattl, Sebastian Trinkl, Edilaine Honorio da Silva, Detlef Reichert, Augusto Giussani . 3D printing of realistic body phantoms: Comparison of measured and simulated organ doses on the example of a CT scan on a pregnant woman. The International Journal of Medical Physics research and Practice .2024 . VOL 51 . ISSUE 12.

9. Williams PM, Fletcher S. Health effects of prenatal radiation exposure. Am Fam Physician. 2010 Sep 01;82(5):488-93. [PubMed].

10. Lienard A Chang<sup>1</sup>, Donald L Miller, Choonsik Lee, Dunstana R Melo. Thyroid Radiation Dose to Patients from Diagnostic Radiology Procedures over Eight Decades: 1930-2010. The National Library of Medicine 2017. PMID 28968349.

11. Nora K Moog , Sonja Entringer , Christine Heim , Pathik D Wadhwa , Norbert Kathmann<sup>f</sup> , Claudia Buss. Influence of maternal thyroid hormones during gestation on fetal brain development .The National Library of Medicine. Neuroscience. 2015. 342:68–100.

12. Syed F. Iftikhar; Mimi Biswas Cardiac Disease in Pregnancy .The National Library of Medicine. 2023. PMID.4718520 .

13. Sultan Almaasfeh , Abdulrahman Salahudeen , Mohammed Salih , Ahmed Abukonna. Estimation of effective and organ dose from chest

CT.Radiation Physics and Chemistry JOURNAL (2023). Volume 249.

14. Tawfik Abo Shdeed , Majeda Nahili , Nicloa Abo Issa , Abdalkader Bitar .Study of absorbed dose in important organs during helical CT chest scan using MCNP code and MIRD phantom . The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine(2016) VOL 47 .
15. Carl H Schultz , Romeo Fairley , Linda Suk-Ling Murphy, Mohan Doss . The Risk of Cancer from CT Scans and Other Sources of Low-Dose Radiation: A Critical Appraisal of Methodologic Quality. The . National Library of Medicine 2020 . PMID 32009606.
16. Ayman Mokhtar , Mohamed Elawdy , MaysaAbd El-Hamid , Huda Refaie<sup>a</sup>, Tarek A. El-Diasty , Sabry El Mogy. Radiation dose associated with common computed tomography examination. The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine. (2017). VOL 48. ISSUE 3.