حساب قيم الجرعات الممتصة في الرحم وبعض الأعضاء المحيطة به خلال مراحل الحمل الثلاثة باستخدام CT SCAN

اعداد : رزان سلوم اشراف:أ.د عبد الهادي صوفان

الملخص :

تمت في هذه الدراسة حساب الجرعة الممتصة في بعض الأعضاء الداخلية (الرحم وبعض الأعضاء المحيطة به) لمرأة حامل (فانتوم رقمي تم تصميمه بأبعاد قياسية مع تعديل حجم الرحم في كل مرحلة لتناسب عمرالحمل)باستخدام طريقة مونتي كارلو (محاكاة إشعاعية باستخدام الكود MCNP).خضعت المجسمات الرقمية لتصوير إشعاعي بتقنية CT Scan في منطقة الصدر(الرئتين) وتحديدا الجهاز المقطعي المحوسب متعدد الكواشف MDCT ، **ضمن بروتوكولات التصوير الإشعاعي كانت شدة التيار المطبق($1mA$) خلال زمن ($1\ Sec$) وهذا مايسمى اصطلاحاً بتيار التعرض الزمني (the time exposure current)الذي يعطى بواحدة** $\left(1\frac{mA}{s}\right)$وكانت قيمة طاقة الفوتونات لحزمة الأشعة الواردة($E = 120\ keV$)والجهد ($V = 120\ kV$)أما عدد الشرائح في الجهاز كانت 128 شريحة . أظهرت النتائج أن الجرعة الإشعاعية التي يتلقاها الجنين خلال عملية التصوير الإشعاعي آمنة لم تتجاوز $(100 - 200m\ Gry)$أي أنها أقل من مستوى الخطر الإشعاعي$(9.01 \times 10^{-7}\ Gry)$ ،كما أن التباين في قيمة الجرعة الجنينية الإشعاعية خلال مراحل الحمل أظهرت ارتباطاً واضحاً بين الجرعة الإشعاعية التي يتلقاها الجنين وعمر الحمل حيث حصل الجنين على أعلى جرعة إشعاعية خلال الثلث الأخير من الحمل$(9.01 \times 10^{-7}\ Gry)$والتي كانت أعلى مقارنة مع الجرعة الإشعاعية التي يتلقاها خلال الثلث الأول والثاني من الحمل ، كما أن زيادة حجم

الجنين خلال الثلث الأخير من الحمل تسبب في حجب جزئي للكلى وهذا أدى بدوره إلى انخفاض الجرعة الإشعاعية التي تتلقاها منطقة الكلى خلال الفترة الأخيرة من الحمل .

كلمات مفتاحية :

الجرعة الجنينية الإشعاعية – كود MCNP–التصويرالمقطعي المحوسبCT Scan–المحاكاة الإشعاعية.

Calculating the absorbed dose values in the uterus and some surrounding organs during the three stages of pregnancy using CT scan

Abstract :

In this study, the absorbed dose in some internal organs (the uterus and some surrounding organs) of a pregnant woman was calculated (a digital phantom was designed with standard dimensions with the size of the uterus being adjusted at each stage to suit the gestational age) using the Monte Carlo method (radiation simulation using the MCNP code). The digital models were subjected to radiographic imaging using CT Scan technology in the chest area (lungs), specifically the MDCT multi-detector computed tomography device, within the radiographic

imaging protocols. The intensity of the applied current was (1mA) during a time of (1 Sec), which is conventionally called the time exposure current, given in units of (1 mA/s). The value of the photon energy of the incoming radiation beam was (E=120 keV), and the voltage was (V=120 kV). The number of slides in the device was 128 slides. The results showed that the radiation dose received by the fetus during the ultrasound scan was safe, not exceeding (9.01×10^{-7} Gy), which is below the danger level (100–200 mGy). Furthermore, the variation in fetal radiation dose during pregnancy revealed a clear correlation between the dose received and gestational age. The fetus received the highest radiation dose during the last trimester, which was higher compared to the dose received during the first and second trimesters. Additionally, the increased fetal size during the last trimester caused partial obstruction of the kidneys, which in turn led to a decrease in the radiation dose received by the renal region during the final stages of pregnancy.

Keywords:

Fetal radiation dose – MCNP code – CT scan – Radiation simulation.

مقدمة :

يُعَدّ التعرض للإشعاع خلال فترة الحمل من القضايا المهمة في الطب الإشعاعي، نظراًلخطورة التأثيرات المحتملة على الجنين. إن التطور السريع في تقنيات التصوير الطبي مثل الأشعة السينية (X-ray) والتصوير المقطعي المحوسب (CT) قد رفع من مستوى القلق بين الأطباء والحوامل بشأن الآثار السلبية للإشعاع على الجنين. إن فهم الجرعات الإشعاعية المترتبة على هذه الفحوصات وتطبيق بروتوكولات الأمان المناسبة يُعد أمراً حيويًا لحماية صحة الأم والجنين، و نظراً لخصوصية تأثير الإشعاع المؤين على النساء الحوامل وخاصة في القطر العربي السوري حيث لا يوجد مثل هذه المعالجات وفي كثير من الأحيان لا يسمح للمرأة الحامل أن تقترب من أجهزة التصوير والمعالجة لهذا نرى أن مثل هذه الدراسة قد تشجع على استخدام طرائق التشخيص والمعالجة للنساء الحوامل بعد حساب الجرعة الإشعاعية التي يتلقاها الجنين . يتم تعريف مفهوم الجرعة الإشعاعية على أنها كمية الطاقة الإشعاعية الممتصة في الجسم، وتُقاس بوحدة الملي غراي (mGy) . تختلف تأثيرات الإشعاع على الجسم حسب الجرعة المستلمة، نوع الإشعاع، وحساسية الأنسجة المستهدفة. تكون النساء الحوامل والأجنة أكثر حساسية لتأثيرات الإشعاع، خاصة خلال المراحل المبكرة من التطور الجنيني [1,2,3,4] .

أثبتت الدراسات أن الجنين يكون عرضة لمخاطر متعددة عند تعرضه للإشعاع، منها:

- الإجهاض: يمكن أن يحدث في الأسابيع الأولى من الحمل عند التعرض لجرعات عالية.
- التشوهات الخلقية: قد تحدث تشوهات جسدية أو عقلية عند تعرض الجنين للإشعاع في مراحل تكوين الأعضاء.
- تأخر النمو: قد يؤثر الإشعاع على نمو الجنين، مما يؤدي إلى وزن منخفض عند الولادة أو تأخر في النمو العقلي.
- السرطان في الطفولة: يزيد التعرض للإشعاع خلال فترة الحمل من خطر الإصابة بأنواع معينة من السرطان في الطفولة، مثل اللوكيميا.

عند الحديث عن الطب الإشعاعي يجب أن نتطرق إلى أهم الطرق التي تتيح إمكانية حساب الجرعات ودراسة عملية نقل الجسيمات التي تتابع الجسيم الدقيق من مصدره وحتى فنائه أو امتصاصه من قبل المادة متضمناً فقدان الجسيم لطاقته بعد التفاعل وطبيعة التفاعل، تكرر هذه الدارسة على الجسيمات المتولدة عن التفاعل حيث تعرف هذه الطريقة بطريقة مونت كارلو التي تستخدم طريقة الخوارزميات الحسابية معتمدة على النمذجة الإحصائية لإجراء دراسة حول عملية نقل الجسيمات المذكورة سابقا .من الجدير بالذكر أن هذه الطريقة تعتمد على رموز محاكاة أهمها MCNPحيث 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[5].

كود المحاكاة الإشعاعية MCNP :

يعد الكودMCNP(Carlo Monte code Particle – N) من أشهر أكواد طرائق مونتي كارلو، والذي يطور في مخابر لوس آلاموس الوطنية في الولايات المتحدة الأمريكية [6] كتب الكود بلغة FORTRANويعمل بنظام DOS–MS ويحتاج إلى ملف دخل يكتب يدوياً ويربط مع الملف الإقلاعي للكودexe.mcnpxعن طريق موجه أوامر نظام الويندوز cmd. exeلكي يقوم بالحسابات اللازمة .تتميز النسخة الحديثة للكود MCNPX 2.3 باحتوائها على مكتبة للمقاطع العرضية لجميع تفاعلات الجسيمات المشحونة وغير المشحونة)البروتونات، جسيمات ألفا، والإلكترونات، والنترونات...،الخ) إضافة إلى أشعة غاما.

مفهوم كودMCNP :

يعتمد كود MCNP على تقنية مونتي كارلو التي تستخدم الحسابات العشوائية لحل المعادلات الرياضية المعقدة. تُستخدم هذه التقنية لمحاكاة مسارات الجسيمات الفردية مثل الفوتونات والنيوترونات والإلكترونات خلال المادة. بفضل هذا النهج، يمكن لـ MCNP تقديم نتائج دقيقة وشاملة لتوزيع الجرعة الإشعاعية، ونقل الإشعاع، وتفاعل الجسيمات مع المواد المختلفة[5,6,7] .

يتم حساب كمية الجرعة الإشعاعية الممتصة ضمن الأعضاء الداخلية للمرأة الحامل باستخدام العلاقة الرياضية :

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

حيث :

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

$DE\left(\frac{Mev}{source\ practicle}\right)$: الطاقة المودعة الناتجةعن كل جسيم من المصدر، وتحسبباستخدام الكود MCNP

1.6×10^{-13} : ثابت التحويل من joul إلى Mev.

M:كتلة العضو المدروس.

-حساب الجرعة الفعالة للأعضاءEffective doseاعتمادا على العلاقة :

$$Effective\ dose = \sum Dose_{tissue} \times Weighting\ factor_{tissue}$$

حيث :

$Dose_{tissue}$: الجرعة الإشعاعية الممتصة والمحسوبة في البند السابق .

$Weighting\ factor_{tissue}$: معامل النسيج المرجح .

تعطى معاملات النسيج المرجحة وفقاً لمنشورات اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية،[8](1977) ICRP26، [9]ICRP 103(2007) و [10](1991) ICRP60.

إن من أبرز نقاط القوة استخدام الكود MCNP استخدامه الواسع في تقدير الجرعات الإشعاعية في الطب النووي والعلاج الإشعاعي، محاكاة إجراءات التشخيص الطبي مثل التصوير بالرنين المغناطيسي والتصوير الطبقي المحوري لضمان الجرعات المناسبة للمرضى و مساهمته في تحسين تصاميم أجهزة التصوير الإشعاعي وتقييم كفاءتها في كشف الأمراض.

ميزات كودMCNP :

- **الدقة العالية** :يتيح استخدام طرق مونتي كارلو الحصول على نتائج دقيقة لتوزيع الجرعة وتفاعلات الجسيمات.
- **المرونة**:يدعم مجموعة واسعة من التطبيقات والمواد، مما يجعله مناسبًا لمختلف الدراسات الإشعاعية.
- **التحليل الشامل** :يمكنه التعامل مع الهندسات المعقدة وتفاعلات الجسيمات المختلفة، مما يوفر تحليلات شاملة للمشاكل الإشعاعية.

الجزء العملي :

تم تصميم مجسم رقمي (فانتوم) لمرأة حامل بأبعاد قياسيةبطول 173 سم ووزن 55 كغ,ومؤشر كتلة جسم 22 وفقًا لدراسة أجرتها شركة[11]Wileyوتم تعديل حجم الرحم في كل مرحلة حيث كان متوسط حجم الرحم في الثلث الأول من الحمل ($76cm^3$) وفي الثلث الثاني من الحمل ($1200cm^3$)ومتوسط حجم الرحم في الثلث الثالث من الحمل ($6000cm^3$)وتقرر إجراء صورة شعاعية باستخدام التصوير المقطعي المحوسب لمنطقة

الصدر (الرئتين)نظرا لأن الالتهاب الرئوي يعد من الحالات الطارئة الضرورية التي تستدعي إجراء تصوير شعاعي للمرأة خلال الحمل .

جهاز MDCT Scan المستخدم في المحاكاة يتألف من عدة مصادر لأشعة غاما التي تتحرك حركة دائرية وفق مسار حلزوني (وفق المحور Z)بحيث تفصل بينها زوايا متساوية (10°)حول مركز آلة التصوير لمحاكاة كل دورة لأنبوبة الأشعة في التصوير الحلزوني وتم تصميم هذه المصادر اعتمادا على خاصية الانتقال (TR) المتاحة في الكود MCNP ولسهولة العمل جرى تثبيت المسافة بين المصدر ومركز آلة التصوير ($60cm$)وزاوية الحزمة كانت(42.5°) .

تم وضع واقي من الرصاص بسماكة ($10mm$) على منطقة البطن لحماية الجنين وباقي الأعضاء من الإشعاع .

يملك جهاز المسح المقطعي المحوسب متعدد الكواشف MDCT Scan المستخدم في المحاكاة 128شريحة الذي يتميز بالسرعة والدقة والذي يستخدم في حالات واسعة بما في ذلك الكشف عن مشاكل القلب والرئتين والكبد وكانت الخطوة أو الميل المستخدمة في الدراسة= ($Pitch$ 1) وتعرف الخطوة بأنها نسبة المسافة التي تقطعها الطاولة التي يستلقي عليها المريض في دورة كاملة مقسومة على عرض حزمة الأشعة ، مع التركيز على فكرة أن حركة طاولة المريض خطية وحركة مصادر الأشعة حول الطاولة حلزونية (وفق المحور Z) . تم اختيار الخطوة ($Pitch = 1$)لأن هذه الحالة تعطي مسح متجاور أي يتم مسح كل جزء مراد تصويره من المريض لمرة واحدة فقط دون تكرار ودون إغفال أي منطقة وهذا الخيار يعطي توازنا جيدا بين جودة الصورة الجرعة الإشعاعية في حين أنه عندما تكون الخطوة ($Pitch < 1$)فقد يؤدي ذلك إلى زيادة الجرعة واذا كان($Pitch > 1$) سيؤدي ذلك إلى انخفاض جودة الصورة .

النتائج:

سنعرض فيما يلي نتائج الدراسة التي أجريناها باستخدام كود المحاكاة الإشعاعية MCNPبعد تحديد ملف الإدخال الذي يتضمن نوع الجسيمات (الفوتونات) وشدة التيار المطبق$\left(1\frac{mA}{s}\right)$ وكانت قيمة طاقة الفوتونات لحزمة الأشعة الواردة($\mathrm{E}=120$ kev) والجهد$=V$) (120 kvوقيمة الخطوة ($Pitch\ =1$) وزاوية الحزمة (42.5°)وتحديد عدد الشرائح (128شريحة)كما يتضمن ملف الإدخال تعريف مصدر الأشعة والخلايا والسطوح التي تتفاعل مع الفوتونات الواردة ، تضمن ملف الخرج للكود MCNP قيمة الطاقة المودعة في الرحم وبعض الأعضاء الداخلية المحيطة به مع مراعاة اختلاف حجم الرحم في كل مرحلة وقيمة الجرعة الممتصة في تلك الأعضاء وأيضا قيمة الخطأ في تحديد الجرعة الممتصة.

الجدول(1) : الجرعة الممتصة في الرحم و في الأعضاء الداخلية المحيطة به عند تطبيق تيار تعرض زمني I=1 mA/s ,وتكون طاقة الفوتوناتE=120 kevخلال الثلث الأول من الحمل :

الأعضاء	حجم العضو (cm^3)	كتلة العضو (gr)	الطاقة المودعة [MeV/gr]/1 mAs	مقدار الخطأ %	الطاقة المودعة [MeV/gr]	الجرعة الممتصة [Gy=1 J/kg]
الرئة اليمنى	1180.00	349.28	6.50E+04	0. 69	6.50E+06	1.04E−05
الرئة اليسرى	1020.00	301.92	6.56E+04	0. 71	6.56E+06	1.05E−05
الكبد	1350.00	1404.00	4.06E+04	0. 70	4.06E+06	6.50E−06

المعدة	113.00	117.52	4.80E+04	0. 132	4.80E+06	7.69E−06
المثانة البولية	34.50	35.88	5.26E+03	0. 473	5.26E+05	8.04E−07
المبيضين	10.20	10.61	4.60E+03	0. 963	4.60E+05	8.56E−07
القولون	283.90	295.26	1.03E+04	0. 175	1.03E+06	1.65E−06
الحوض	460	644.00	2.92E+04	0. 148	2.92E+06	4.68E−06
الكلى	238	247.52	4.01E+04	0. 123	4.01E+06	6.48E−06
الرحم	76	79.04	1.01E+03	0. 547	1.01E+05	1.61E−07
الثديين	347	360.88	2.43E+05	0. 48	2.43E+07	3.89E−05

الجدول(2) : الجرعة الممتصة في الرحم و في الأعضاء الداخلية المحيطة به عند تطبيق تيار شدته1 mA/s=اوتكون طاقة الفوتونات E=120 kevخلال الثلث الثاني من الحمل:

الأعضاء	حجم العضو (cm^3)	كتلة العضو (gr)	الطاقة المودعة [MeV/gr]/ 1 mAs	مقدار الخطأ %	الطاقة المودعة [MeV/gr]	الجرعة الممتصة [Gy=1 J/kg]
الرئة اليمنى	1180.00	349.28	6.50E+04	0. 69	6.50E+06	1.04E−05
الرئة اليسرى	1020.00	301.92	6.56E+04	0. 71	6.56E+06	1.05E−05
الكبد	1350.00	1404.00	4.06E+04	0. 70	4.06E+06	6.47E−06
المعدة	113.00	117.52	4.80E+04	0. 132	4.80E+06	7.70E−06

المثانة البولية	34.50	35.88	5.26E+03	0. 473	5.26E+05	7.98E−07
المبيضين	10.20	10.61	4.60E+03	0. 963	4.60E+05	8.60E−07
القولون	283.90	295.26	1.03E+04	0. 175	1.03E+06	1.63E−06
الحوض	460.00	644.00	2.92E+04	0. 148	2.92E+06	4.49E−06
الكلى	238.00	247.52	4.01E+04	0. 123	4.00E+06	6.47E−06
الرحم	1200	1248	1.25E+03	0. 547	1.25E+05	2.01E−07
الثديين	347.00	360.88	2.52E+05	0. 48	2.52E+07	4.03E−05

الجدول(3) : الجرعة الممتصة في الرحم و في الأعضاء الداخلية المحيطة به عند تطبيق تيار شدته$1\ mA/s$=1اوتكون طاقة الفوتونات $E=120\ kev$خلال الثلث الثالث من الحمل :

الأعضاء	حجم العضو (mm^3)	كتلة العضو (gr)	الطاقة المودعة [MeV/gr]/ 1 mAs	مقدار الخطأ %	الطاقة المودعة [MeV/gr]	الجرعة الممتصة [Gy=1 J/kg]
الرئة اليمنى	1180.00	349.28	6.49E+04	0. 69	6.49E+06	1.04E−05
الرئة اليسرى	1020.00	301.92	6.51E+04	0. 71	6.51E+06	1.05E−05
الكبد	1350.00	1404.00	4.04E+04	0. 70	4.04E+06	6.47E−06
المعدة	113.00	117.52	4.82E+04	0. 132	4.82E+06	7.70E−06

المثانة البولية	34.50	35.88	4.99E+03	0. 473	4.99E+05	7.98E−07
المبيضين	10.20	10.61	5.37E+03	0. 963	5.37E+05	8.60E−07
القولون	283.90	295.26	1.02E+04	0. 175	1.02E+06	1.63E−06
الحوض	460.00	644.00	2.29E+04	0. 148	2.29E+06	3.67E−06
الكلى	238.00	247.52	4.04E+04	0. 123	3.15E+06	4.03E−06
الرحم	6000	6240	5.63E+03	0. 547	5.63E+05	9.01E−07
الثديين	347.00	360.88	2.52E+05	0. 48	2.52E+07	4.03E−05

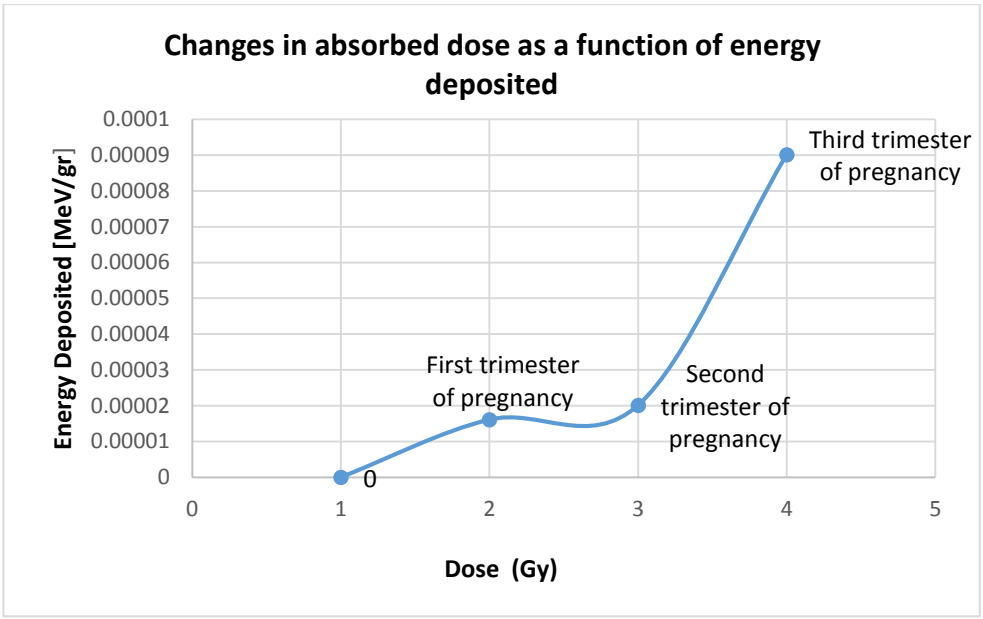
يتبين لدينا من الجداول(1,2,3) أن الجرعة الإشعاعية التي تلقاها الجنين في المراحل الثلاثة من الحمل كانت أقل من متوسط الجرعة الإشعاعية الجنينية المسموحة $(0.3 - 18\ m\ Gry)$ [11] ،وبالتركيز على الجرعة الممتصة في الرحم نلاحظ أن أصغر جرعة يمتصها الجنين كانت خلال الثلث الأول من الحمل$(1.61 \times 10^{-7}\ Gry)$ ثم بدأت بالزيادة في الثلث الثاني$(2.01 \times 10^{-7}\ Gry)$ ووصلت لأعلى قيمة خلال الثلث الثالث$\times 9.01)$ $10^{-7}\ Gry)$ من الحمل .

الجدول(4) : الجرعة الممتصة في الرحم عند تطبيق تيار شدته$1\ mA/s$=اوتكون طاقة الفوتوناتE=120 keVخلال الثلث الأول والثاني والثالث من الحمل:

حجم الرحم	الجرعة الممتصة	الطاقة المودعة MeV/gr]]
الثلث الأول $(76cm^3)$	1.61×10^{-7}	1.01E+05
الثلث الثاني $(1200cm^3)$	2.01×10^{-7}	1.25E+05

الثلث الثالث $(6000cm^3)$	9.01×10^{-7}	5.63E+05

أجرينا تمثيلاً بيانياً لقيم الجرعات الممتصة في منطقة الرحم خلال مراحل الحمل الثلاث .

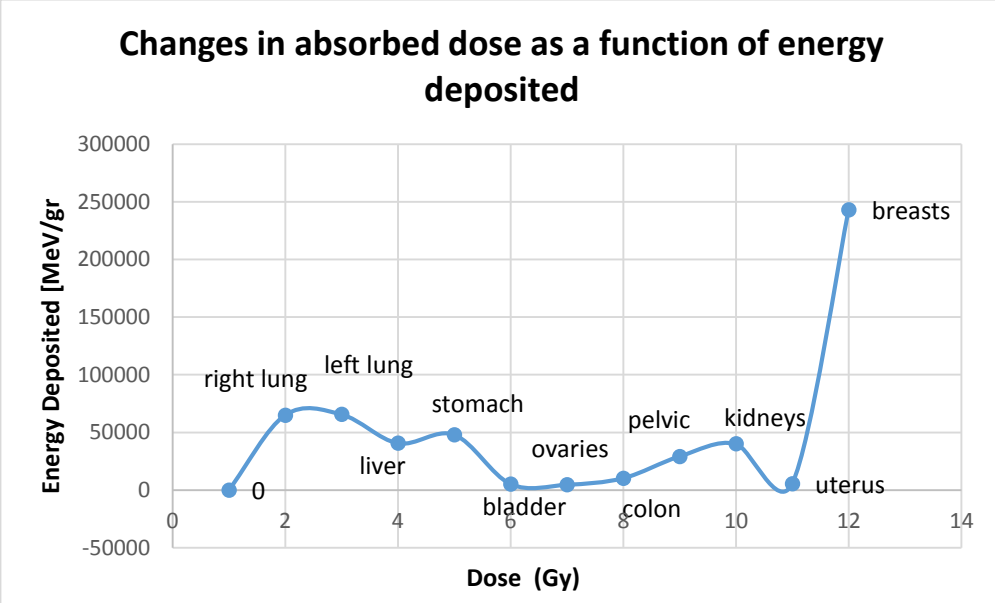


الشكل(1) : منحني الجرعة الممتصة بدلالة الطاقة المودعة في الرحم عند تطبيق تيار تعرض زمني شدته $I = 1mA/s$ ،وتكون طاقة الفوتونات E=120 kev خلال الثلث الأول والثاني والثالث من الحمل.

يبين الشكل(1) والجدول (4) ارتفاع طفيف في قيمة الجرعة الجنينية خلال الثلث الثاني من الحمل وهي المرحلة التي تتشكل فيها غضاريف النمو للجنين والتي تكون أكثر كثافة من النسج اللينة التي كانت خلال الثلث الأول من الحمل ، في حين أننا نلاحظ ارتفاعا واضحا في قيمة

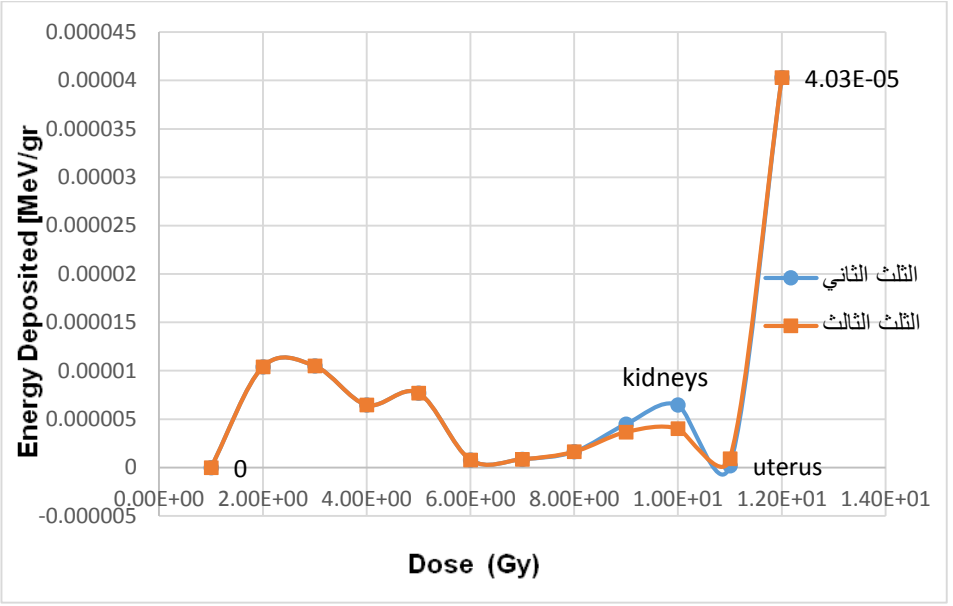
الجرعة الجنينية خلال الثلث الأخير من الحمل حيث تبدأ مرحلة التعظم أو التكلس (تحول الغضاريف إلى عظام) من نهاية الثلث الثاني من الحمل وتستمر خلال الثلث الأخير وإلى فترة ما بعد الولادة، بمعنى آخر تشكل العظام يعني زيادة في امتصاص الأشعة .

يبين الشكل (2) الجرعة الممتصة بدلالة الطاقة المودعة في الرحم وبعض الأعضاء الداخلية المحيطة به عند تطبيق تيار تعرض زمني $I = 1mA/s$ وتكون طاقة الفوتونات E=120 kev والجهد $V = 120\ kv$ خلال الثلث الأول من الحمل.



الشكل(2) : منحني الجرعة الممتصة بدلالة الطاقة المودعة في الرحم و بعض الأعضاء الداخلية المحيطة به عند تطبيق تيار تعرض زمني I=1 mA/s, وتكون طاقة الفوتونات E=120 kev خلال الثلث الأول من الحمل.

تظهر الجداول (1,2,3) أن قيم الجرعات الممتصة في الأعضاء بقيت ذاتها تقريبا خلال مراحل الحمل الثلاثة والتي تم تمثيلها في الشكل (2) لكن قيمة الجرعة الإشعاعية الممتصة في الرحم ارتفعت بشكل طفيف في الثلث الثاني من الحمل عن قيمتها المسجلة في الثلث الأول بينما ارتفعت بشكل ملحوظ خلال الثلث الثالث من الحمل . من ناحية أخرى ، بقيت جرعة الكلى ذاتها تقريبا خلال الثلثين الأول والثاني لكنها انخفضت خلال الثلث الأخير بعد نمو الجنين وزيادة حجمه. تظهر اختلافات جرعة الرحم والكلى في الشكل (3) الذي يمثل الجرعة الممتصة بدلالة الطاقة المودعة في الرحم و بعض الأعضاء الداخلية المحيطة به عند تطبيق تيار تعرض زمني I=1 mA/s ,وتكون طاقة الفوتوناتE=120 kevخلال الثلث الثاني والثالث من الحمل.

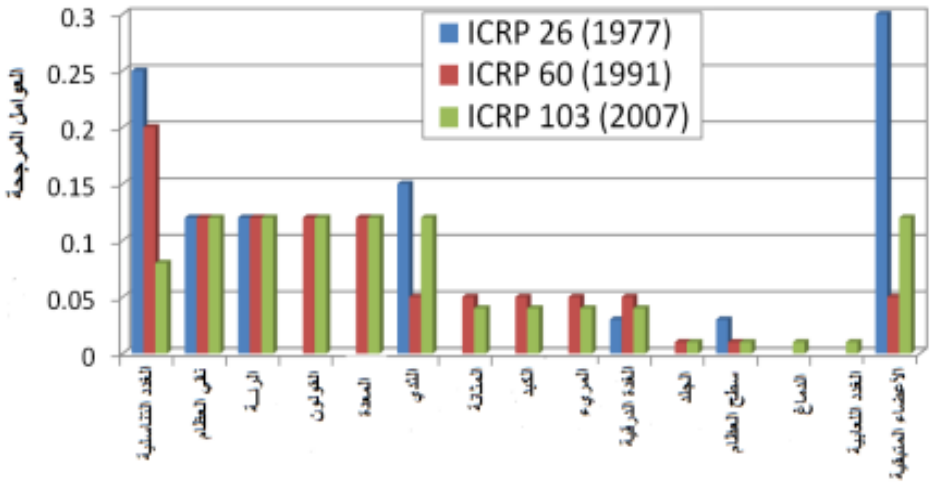


الشكل(3) : منحني الجرعة الممتصة بدلالة الطاقة المودعة في الرحم و بعض الأعضاء الداخلية المحيطة به عند تطبيق تيار تعرض زمني شدته I=1 mA/s ,وتكون طاقة الفوتوناتE=120 kevخلال الثلث الثاني والثالث من الحمل.

يلاحظ من الأشكال البيانية (2,3) أن الجرعة الإشعاعية كانت الأكبر في منطقة الصدر(الثدي بالدرجة الأولى$(4.03 \times 10^{-5}\ Gry)$ والرئتين بالدرجة الثانية$\times 1.04)$ $(10^{-5}\ Gry)$وأصغر جرعة إشعاعية كانت في الرحم $\times 9.01 - 10^{-7} \times 1.61)$ $10^{-7}\ Gry)$هذه النتائج تتوافق مع البروتوكولات المتبعة خلال الدراسة حيث أن الإشعاع كان موجه بشكل مباشر إلى منطقة الصدر هذا يعني جرعة إشعاعية عالية كما أن منطقة البطن والحوض لم تخضع لإشعاع مباشر بل لإشعاع متشتت لأنها كانت محجوبة بواقي من الرصاص بسماكة $(1.2mm)$ بالتالي جرعة إشعاعية منخفضة .

من ناحية أخرى ، نلاحظ من الشكل (3) والجدول (3)أن الجرعة الممتصة في منطقة الكلى أيضا اختلفت خلال الثلث الأخير من الحمل وانخفضت بعد ازدياد حجم الجنين إلى درجة يمكن القول أنه حجب الكلى جزئيا .

كما أن الجرعة الإشعاعية الممتصة في الرحم وباقي الأعضاء المحيطة به توافقت مع معاملات النسيج المرجحة وفقاً لمنشورات اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية[9] ICRP 103 الشكل (4).



الشكل(4) : معاملات النسيج المرجحة وفقاً لمنشورات اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية، ICRP26، ICRP 103 و ICRP60 .

المناقشة و الإستنتاجات:

1. نلاحظ من خلال الجداول الثلاثة (1,2,3) أن قيمة الجرعة الممتصة في الرحم في هذه الدراسة كانت تتراوح بين $(1.61 \times 10^{-7} - 9.01 \times 10^{-7}\ Gry)$ كانت أقل من الجرعة الجنينية الطبيعية المسموح بها $(0.3 - 18\ m\ Gry)$[11][16]$(50 - 100m\ Gry)$..

2. ليس هنالك مبرر لإنهاء الحمل أو القلق من الآثار الحتمية للتعرض الإشعاعي خلال فترة الحمل والتي تتمثل بشكل أساسي بمخاطر (حدوث الوفاة للجنين قبل الولادة أو التشوهات أو ضعف النمو العقلي) طالما أن الجرعات التي تؤدي إلى مثل هذه المخاطر يجب أن تتجاوز الجرعة الحدية $(100 - 200m\ Gry)$ ولا يتم الوصول إلى هذه الجرعات في معظم الإجراءات التشخيصية المنفذة بشكل صحيح [12] .

3. وجدنا أن عمر الحمل يرتبط بالجرعة الإشعاعية التي يتلقاها الجنين حيث كانت الجرعة الإشعاعية الممتصة للجنين خلال الثلث الثالث من الحمل $(9.01 \times 10^{-7}\ Gry)$أعلى بشكل واضح من الجرعة التي امتصها الجنين خلال الثلثين الأول $\times$ 1.61) $10^{-7}\ Gry)$ والثاني من الحمل $(2.01 \times 10^{-7}\ Gry)$ وهذا يتفق مع المرجع [13][14].

4. وجدنا أن أصغر جرعة يمتصها الجنين كانت خلال الثلث الأول من الحمل$\times$ 1.61) $10^{-7}\ Gry)$ ثم بدأت بالزيادة في الثلث الثاني$(2.01 \times 10^{-7}\ Gry)$ ووصلت لأعلى قيمة خلال الثلث الثالث$(9.01 \times 10^{-7}\ Gry)$ من الحمل .

5. إن اختلاف جرعة الجنين خلال مراحل الحمل أعطى فكرة عن وجود ارتباط واضح بين عمر الحمل والجرعة الإشعاعية التي يتلقاها الجنين ويمكن تفسير الارتباط بأن الجرعة الممتصة العالية في الرحم خلال المراحل الأخيرة من الحمل كانت بسبب اختلاف تكوين الجنين في كل مرحلة حيث يكون الجنين خلال الأسابيع الأولى (1–12 أسبوع)عبارة عن نسج لينة يتحول إلى كتلة من النسج اللينة متضمنة مرحلة تشكل غضاريف النمو التي تكون أكثر كثافة من النسج خلال الثلث الثاني من الحمل (13–26 أسبوع)ثم تبدأ غضاريف النمو خلال الثلث الأخير من الحمل (27–40 أسبوع) بالتحول إلى عظام ليصبح تكوين الجنين في الفترة الأخيرة من الحمل عبارة عن نسج لينة وعظام [14].

6. نلاحظ أن أعلى قيمة للجرعة الممتصة خلال هذه الدراسة في مختلف مراحل الحمل كانت في منطقة الثديين $(4.03 \times 10^{-5}\ Gry)$و الرئتين$(1.04 \times 10^{-5}\ Gry)$ وأصغر جرعة ممتصة كانت في الغدد التناسلية (المبيضين)$\times (7.36 \times 10^{-7} - 8.60$ $10^{-7}\ Gry)$والمثانة البولية

$(7.98 \times 10^{-7} - 8.41 \times 10^{-7}\ Gry)$والرحم $\times (1.61 \times 10^{-7} - 9.01$ $10^{-7}\ Gry)$ وهذا يتفق مع معاملات النسيج المرجحة وفق منشورات المجلة الدولية للوقاية الإشعاعية [9](2007)103 ICRP الشكل(5) .

7. كان مقدار الخطأ المرتكب في تحديد قيمة الجرعة الممتصة في الأعضاء المحيطة بالرحم والمذكورة خلال الدراسة لم تتجاوزٍ 1% وكان مقدار الخطأ في منطقة الرحم 0.5% وفقMCNP وهو جيد مقارنة بالحد المسموح به وفق وكالة الطاقة الذرية IAEA حيث أوصت الوكالة IAEA أنه إذا تجاوزت نسبة الخطأ 5% من قيمة الجرعة الإشعاعية الموصوفة فقد تؤدي إلى أضرار قد تصل خطورتها في الحالات الشديدة إلى الموت .

8. بالنظر إلى زيادة الجرعة الجنينية الإشعاعية بزيادة حجم الرحم (محيط المرأة بشكل عام) نجد أن محيط المرأة (حجم الرحم)وعمر الحمل جميعها شروط يمكن أن تدخل ضمن بروتوكولات التصوير الإشعاعي[15]إضافة إلى عدة نقاط يتم مراعاتها في جهاز التصوير CT Scan مثل عدد الشرائح وسمكها وموقعها وأفضل طريقة كانت من خلال اختيار محاذاة ضيقة وزاوية ميل واسعة حيث تتحرك طاولة المريضة بسرعة أكبر عبر الماسح ، إن هذا الخيار يعني انخفاض طفيف في جودة الصورة لكنه يوفر انخفاض كبير في التعرض للإشعاع [4].

9. انخفضت الجرعة الإشعاعية التي تتلقاها الكلى خلال الثلث الأخير من الحمل حيث كانت $(6.47 \times 10^{-6}\ Gry)$ خلال الثلث الأول والثاني وانخفضت إلى $(4.03 \times 10^{-6}\ Gry)$ في الثلث الأخيرمن الحمل بسبب زيادة حجم الجنين في تلك الفترة حيث قد يبلغ طوله حوالي $(50cm)$ووزنه $(3500\ gr)$ هذا يعني حجب الرحم جزئيا لمنطقة الكلى .

واجهنا خلال هذه الدراسة عدة قيود أولها كان أنه رغم النتائج الجيدة إلا أن عدد المرضى كان محدودا فلا يمكن تعميم النتائج على جميع النساء الحوامل ، كما أن ارتباط محيط المرأة الحامل وحجم الجنين بالجرعة التي يتلقاها الجنين جعل الدراسة تحتاج إلى المزيد من التوسع لنماذج أخرى تراعي هذه الاختلافات بين كل امرأة حامل و أخرى فقد يؤدي اختلاف محيط المرأة الحامل وبالتالي حجم الجنين إلى اختلاف قيمة الجرعة الجنينية الممتصة ، ومن القيود الأخرى أن الدراسة أجريت على جنين واحد منفرد ، بالتأكيد ستختلف هذه النتائج عندما تكون الحالة المدروسة توأم أو عدة توائم .

في النهاية يمكن القول أنه بالرغم من أن النتائج التي حصلنا عليها من خلال عملية المحاكاة وفق طريقة مونت كارلو أشارت إلى أن الجرعة التي تلقاها الجنين خلال عملية التصوير الإشعاعي في مختلف مراحل الحمل لا تزال أقل من مستوى الخطرالإشعاعي إلا أنه لا ينبغي تفسير ذلك على أنه يجب إجراء تصوير مقطعي محوسب للمرأة الحامل دون وجود مبرر سريري كافي .

المراجع :

1. American College of Radiology (ACR), "Guidelines for imaging pregnant patients", 2017.
2. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP), Report No. 174, "Preconception and Prenatal Radiation Exposure", 2013.
3. International Commission on Radiological Protection (ICRP), Publication 84, "Pregnancy and Medical Radiation", 2000.
4. Rahul Kumar , Orlando De Jesus , " Radiation Effects on the fetus " , National Library Of Medicine . 2023 .
5. "MCNP6 User's Manual," Version 1.0, Los Alamos National Laboratory, LA-CP-13-00634, Rev. 0, 2013.
6. Pelowitz, D. B. (Ed.), "MCNPX User's Manual, Version 2.7.0," Los Alamos National Laboratory, LA-CP-11-00438, 2011.

7. Transport Code, Version 5," Los Alamos National Laboratory, LA-UR-03-1987, 2003.

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

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

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

11. 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 . ISSUE 12.

12. OrdoulidesSel_MSiabanopoulouM.Estimation of fetal dose during diagnostic nuclear medicine procdures especially in child bearing Greek women . Hell J Nucl Med. 2010 sep- 13(3):303-6 Greek , Modern. PMID:21193897.

13. Departments of Radiology and Radiation On_cology, David A. Geffen School of Medicine, University of California at Los Angeles, 924

Westwood Blvd, Suite 650, Los Angeles, "Radiation Dose to the Fetus for Pregnant Patients Undergoing Multidetector CT Imaging " 2008 .

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

15. Erin Angel,MS ClintonV.Wellnitz,MD MitchellM.Goodsitt,et al . Radiation Dose to the Fetus for Pregnant Patients Undergoing Multidetector CT Imaging :Monte Carlo Simulations Estimating Fetal Dose for a Range of GestationalAgeand PatientSize1. Radiology Journal(2008).Volume249.

16. Ilsup Yoon; Todd L. Slesinger ،. "Radiation Exposure In Pregnancy" . . National Library of Medicine .2023 . PMID 4899648.