تحديد تراكيز اليورانيوم المنضب في نماذج بايولوجية باستخدام كاشف الاثر النووي CR-39

شاكر محمود مربطالجبوري
كلية مدينة العلم الجامعة/الكاظمية المقدسة- بغداد-العراق

الخلاصة:

استخدم كاشف الاثر النووي CR-39 للتحري عن وجود اليورانيوم المنضب في نماذج بايولوجية (انسجة، عظام، دم) تعود لأَشخاص مصابين بأَمراض سرطانية وتمت مقارنة النتائج مع اخرى تعود لأَشخاص مصابين بأَمراض غير سرطانية، وتم جمع النماذج من مناطق في وسط وجنوب العراق تعرضت للتلوث البيئي باليورانيوم المنضب خلال حرب الخليج 1991. بيَّنَت النتائج كفاءة التقنية المستخدمة في تحديد تراكيز اليورانيوم في النماذج البيئية. وقد أظهرت جميع النماذج التي تمت دراستها والعائدة لمرضى مصابين بأَمراض سرطانية احتوائها على تراكيز عالية من نظائر اليورانيوم (أكثر من الحدود المسموحة) مقارنة بالمرضى المصابين بأَمراض غير سرطانية. كما أَظهرت النتائج ان الاصابة بسرطان الدم (اللوكيميا) تحدث تحت تاثير تراكيز لليورانيوم تتراوح بين (66-ppb 202) وهي اقل من التراكيز التي تصاب بها بقية انسجة الجسم (116-1910ppb) لأن تحسس خلايا الدم بالإشعاع أعلى من بقية الانسجة. وأكدت النتائج وجود علاقة بين الاصابة بالأَمراض السرطانية والتعرض للقذائف المصنعة من مواد نووية أُستُخدِمَتْ خلال حرب الخليج 1991 وعرضت الأَشخاص لمخاطر صحية كثيرة.

الكلمات المفتاحية: اليورانيوم المنضب؛ كواشف الأثر النووي؛ قياسات اليورانيوم؛ نواتج الانشطار؛نماذج بايولوجية؛ أمراض سرطانية

Track Detection Technique Using CR-39 for Determining Depleted Uranium in Biological Specimens

Shakir M. Murbat Al-jobori

Madenat Al-elem University College, Al-KhAdumia, Badhdad, Iraq.

Abstract:

Track detecting technique using CR-39 track detector has been implemented for determining depleted uranium concentration in biological specimens (tissues, bones, and blood) of patients infected with cancer diseases. Results were compared with specimens of patients infected with conventional diseases (noncancerous). Specimens were collected from middle and south of Iraq have been contaminated with depleted uranium in the Gulf war in 1991. Results show that this technique is efficient for determining depleted uranium concentration in biological specimens. It was found that all studies samples determine for patients infected with cancer diseases contain a high concentration of depleted uranium (more than the international standard) comparing with noncancerous diseases. Moreover, it was found that persons infected with Leukemia show more sensitive to uranium concentrations to induce the diseases (66-202 ppb), while (116- 1910 ppb) concentrations were needed for inducing cancer diseases in organs and tissues. Result confirmed the correlation between cancerous diseases and the munitions made of depleted uranium used in the Gulf war in 1991 leads to contaminate the Iraqi environment and causes a high risk against people in Iraq.

Key words: Nuclear track detector; Induce Fission fragments; Uranium detection; Depleted uranium; Biological specimens; Cancerous diseases.

المقدمة:

إن عنصر اليورانيوم هو أحد المكونات الطبيعية في التربة والمياه حيث يتراوح تركيزه من (1–120جزء بالمليون جزء ppm تقريباً) ويتكون من مجموعة من النظائر التي هي U–238 ، U–236 ، U–235, 234 جدول –1–) وبنسب وزنية مختلفة في التربة وإنَّ أغلب هذه النظائر باعثة لجسيمات وإشعاعات نووية [1].

اليورانيوم المنضب هو ناتج عرضي لعملية تخصيب اليورانيوم أو إنتاج البلوتونيوم ويعتبر أيضاً نفايات نووية ذات آثار سلبية على البيئة تعرض الكائنات الحية إلى مخاطر صحية. وان تسميته جاءت نتيجة انخفاض نسبة النظير U–235 فيه (من 0.72%إلى نحو 0.2–0.4%) مع زيادة نسبة النظير U–238 من (99.72% إلى 99.79%) [1].

تبلغ كثافة اليورانيوم المنضب ($19.04\ gm/cm^3$) وهو ذو اختراقية عالية ويحتوي على نسبة (99.79%) من النظير U–238 الباعث لجسيمات ألفا عند تحلله وتحوله إلىTh–234 وتستمر سلسلة الانحلالات بانبعاث ليصل إلى عنصر الرصاص Pb–206 المستقر. ومن نواتج هذا الانحلال عنصر الرادون Rn–222 بحالته الغازية والبزموث Bi–214 الباعث لأشعة كاما (γ–ray) [1].

ان كل من اليورانيوم الطبيعي واليورانيوم المنضب باعثان لجسيمات ألفا من أغلب النظائر التي يحتويها كل منهما وبوفرة تختلف من نظير إلى آخر (جدول–2)، بحيث يمكن حساب كمية الإشعاع الصادرة من مايكروغرام واحد (1µgm) من اليورانيوم الطبيعي والمنضب الباعث لجسيمات ألفا في اليوم الواحد (جدول–3).

ان من خصائص اليورنيوم المنضب عند اصطدامه بجسم صلب يحترق ويتشظى مخلفاً جزيئات مجهرية بالغة الصغر من أكاسيد اليورانيوم. وهذه الأكاسيد غير قابلة للذوبان في الماء نسبياً [2]. إنَّ حجم هذه الجزيئات صغير ويقدر قطرها بنحو 2.5 µm تقريباً مما يساعد على انتشارها في الجو مع امكانية انتقالها لعدة كيلومترات، وبسبب صغر حجمها يسهل استنشاقها وابتلاعها مما يشكل خطورة بالغة على صحة الانسان نظراً لقابليتها على الترسب في مناطق مختلفة من الجسم ويبقى العديد منها لسنوات طويلة. كما يمكن لهذه الجسيمات ان تلتصق بذرات الغبار والرمال لتنتقل في الجو بواسطة الرياح أو حركة العجلات إلى مناطق أخرى وتتسبب عند تساقطها على الارض في تلوث النباتات وتدخل ضمن السلسلة الغذائية لتصل إلى الانسان [2].

لليورانيوم المنضب استخدامات مختلفة عسكرية ومدنية، فالعسكرية منها انه يدخل في صناعة الذخيرة ورؤوس الصواريخ لزيادة فاعليتها وتصنيع أعتدة المدافع والدبابات. وتكون قذائف اليورانيوم على نوعين من السبائك [3]، في النوع الأول تكون السبيكة متكونة من 99.25% يورانيوم منضب و 0.75% تيتانيوم (Ti)؛ وتتكون السبيكة في النوع الثاني من 98٪ يورانيوم منضب و 2٪ مولبيديوم . أما الاستخدامات المدنية فتكون في المحافظة على توازن الطائرات والسفن البحرية.

ان احتراق هذه الاعتدة نتيجة الاستخدام يولد شظايا دقيقة اضافة إلى إشعاعات لجسيمات ألفا وبيتا، ناتجة عن تحلل النظير U–238 ، مما يؤدي إلى مخاطر صحية عند استنشاقها أو ابتلاعها مسببة أمراض سرطانية ربما تسبب الموت لاحقاً [5,4] .

إنَّ الحسابات النظرية لكمية الإشعاع المنبعث من جسيمة أوكسيد اليورانيوم المنضب المستقرة في نسيج الرئة تحقق معدل تعرض لجرعة إشعاعية داخلية مقدارها (Rem/y170) وإن الوكالة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRR) قد حددت الجرعة القصوى المسموح التعرض لها للأَشخاص والعاملين في حقل الإشعاع بحدود (5Rem/y) لعموم الجسم وللأَشخاص الغير عاملين في حقل الإشعاع بحدود (0.5Rem/y) [6]، وهذا يعني ان الجرعة المستلمة من جزيئة اليورانيوم المنضب تعادل (34) مرة للجرعة القصوى المسموح بها مما يقود إلى مخاطر صحية كثيرة.

يمكن تقسيم الآثار الصحية التي تتركها الإشعاعات على الكائنات الحية إلى مجموعتين رئيسيتين: الأولى هي مجموعة الآثار التي تظهر أعراضها بعد التعرض بوقت قصير وهذا ما يعرف بالآثار الحادة (Acute effects)، أما المجموعة الثانية من الآثار فتظهر أعراضها بعد فترات طويلة قد تمتد إلى سنوات عديدة وهذا ما يعرف بالاحداث اللاحقة او (Delayed effects) وتتمثل بالطفرات الوراثية وأضرار بالجنين وحدوث السرطانات [7]. وان اللوكيميا هي أخطر الأمراض المتسببة عن التعرض للإشعاع خصوصاً لدى الأطفال [9].

تهدف الدراسة إلى ايجاد علاقة بين الأمراض السرطانية والزيادة في نسبة حدوثها والتعرض إلى إشعاعات اليورانيوم المنضب نتيجة استخدام ذخائر الطائرات والدبابات المصنعة من اليورانيوم المنضب.

المواد وطرق العمل:

1. **تحديد اليورانيوم المنضب في النماذج البيولوجية:**

استخدمت تقنية آثار الانشطار النووي المستحث (Induced fission tracks) لتحديد تراكيز اليورانيوم المنضب في النماذج البايولوجية (الدم، الانسجة، العظام، ...الخ).

تعتمد هذه التقنية على قصف المادة البايولوجية المحتوية على اليورانيوم المنضب بالنيوترونات مما يؤدي إلى انتاج زوج من شظايا الانشطار وهي نظائر العناصر التي تقع في وسط الجدول الدوري وتحرير نيوترونات مع كمية كبيرة من الطاقة، حيث تكون شظايا الانشطار (Fission fragments) في حالة تهيج وبهذا تمر بحالة انحلال مطلقة لجسيمات بيتا السالبة مع انبعاث أشعة كاما إلى ان تصل لحالة الاستقرار.

إنَّ ذرات نظير اليورانيوم U–235 تنشطر بالنيوترونات البطيئة، واحتمالية انشطارها بالنيوترونات البطيئة تكون أعلى من احتمالية انشطارها بالنيوترونات السريعة، أما نظير اليورانيوم U–238 فينشطر بالنيوترونات السريعة التي تزيد طاقتها عن 0.7MeV [8,7].

2. **جمع وتحضير النماذج:**

جمعت النماذج البيولوجية (أنسجة، عظام، دم) لأَشخاص مصابين بالسرطان من سكنة المناطق الجنوبية، إضافة إلى نماذج لأَشخاص غير مصابين بالسرطان من سكنة بغداد (في بداية البحث) من المواقع الآتية:

- مستشفى الخيال الأهلي
- مستشفى مدينة الطب
- مستشفى الكندي
- الطب العدلي
- مركز الإشعاع والطب الذري
- المختبرات الأهلية الخاصة

تمَّ غسل النماذج (باستثناء نماذج الدم) بالماء المقطر ثمَّ جففت في الفرن بدرجة حرارة ($80\ C^o$) لمدة أَربع ساعات. بعد ذلك نقلت النماذج إلى بوادق من السليكا وأحرقت داخل فرن كهربائي بدرجة حرارة ($525C^o$) لمدة ثمانية ساعات إلى أَن تحولت إلى رماد (Ash). تمت مجانسة الرماد ثمَّ كُبس بِشَكل أَقراص اسطوانية.

3. **تحضير النماذج القياسية:**

أُخذت نماذج معيارية حاوية على تراكيز معلومة من اليورانيوم تمَّ تجهيزها من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) International Atomic Energy Agency من أَصل ياباني مكبوسة بشكل أَقراص اسطوانية بنفس قياسات النماذج المجهولة التراكيز وتمَّ إعطائها الرموز التالية: JF–1, JA–3, JG–a, JR–1, JG–2 وإنَّ محتواها من اليورانيوم مبين في الجدول (4).

4. **تشعيع النماذج:**

حُظِّرَتْ نماذج مِن كاشف الأَثر النووي CR–39 بمساحة تقريبية ($0.5\ cm^2$) ووضعت عليها النماذج المجهولة التركيز والنماذج المعيارية

بصورة متلاصقة، ووضعت قطع الكواشف والنماذج داخل صناديق صغيرة من الكادميوم ورُصَّت حولَ المصدر النيوتروني النظائري $^{241}Am-Be$ حول المنطقة الفعالة من المصدر والتي تمَّ حساب الفيض النيوتروني السريع المنبعث منها بمقدار ($1.6\times10^{6}\ n.cm^{-2}.s^{-1}$).

عُرِّضَت النماذج للفيض النيوتروني السريع (NeutronFlux) لمدة خمسة أيام لتتعرض لسيل من النيوترونات مقداره ($6.80\times10^{11}\ n.m^{-2}.s^{-1}$)

بعد انتهاء عملية التشعيع بالمصدر النيوتروني النظائري $^{241}Am-Be$ ، تمَّ رفع النماذج وأُجريت لها عملية القشط الكيميائي باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) بعيارية (6N) تحت دَرجة حرارة ($70\ c^{o}$) لمدة 30 دقيقة.

تمَّ غسل قطع الكواشف وجففت وفحصت باستخدام المجهر الضوئي المرتبط من إحدى جهتيه بآلة تصوير رقمية ومن الجهة الاخرى بجهاز كمبيوتر.

أُستخدم المجهر الضوئي لحساب آثار شظايا الانشطار على سطح كاشف الأثر النووي CR-39 بالاضافة إلى احتساب كثافة الآثار بالاستعانة بالمعادلة الآتية:

$$\text{Track Density } (\rho) = \frac{\text{Avarege of total pits (N ave.)}}{\text{Area of field}}$$

تداخلات المواد الانشطارية:

أولاً- اليورانيوم الطبيعي:

يستند تحديد تركيز اليورانيوم بصورة عامة إلى ضرورة وجود نماذج قياسية لغرض المقارنة (المعايرة)، ولعدم وجود نماذج قياسية تخص اليورانيوم المنضب فقد تم استخدام نماذج قياسية من اليورانيوم الطبيعي بعد مراعاة الفارق بينهما على أساس الوفرة النظائرية لكل منهما والمتمثلة بالعامل (Is/Ix) حيث إنَّ:

Is: نسبة وفرة النظير U-238 إلى النظير U-235 في النماذج القياسية (اليورانيوم الطبيعي).

Ix: نسبة وفرة النظير U-238 إلى النظير U-235 في النماذج المدروسة (اليورانيوم المنضب).

ثانياً- تداخل الثوريوم مع اليورانيوم في النماذج القياسية:

إنَّ كل من الثوريوم Th-232 واليورانيوم الطبيعي يتواجدان في مختلف النماذج البيئية، ويتميزان بكون صفاتهما النووية متقاربة بما فيها إمكانية انشطارهما بالنيوترونات السريعة التي تكون طاقتها أعلى من 1MeV (عند مقاطع عرضية متقاربة). وبذلك فإنَّ جميع النماذج القياسية (المعيارية) تحتوي على تراكيز للثوريوم بالاضافة إلى اليورانيوم مما يتسبب في تداخل الآثار الناتجة من انشطارهما بالنيوترونات السريعة. ولغرض الحصول على كثافة آثار ناتجة من انشطار اليورانيوم فقط كدلالة لتركيزه في النماذج فقد تمَّ فصل كثافة آثار الثوريوم المتداخلة.

النتائج والمناقشة:

لحساب الفيض النيوتروني الحراري والسريع والفصل بينهما أُستخدمت رقائق الألمنيوم النقي للكشف عن النيوترونات البطيئة والسريعة باعتماد التفاعلات $Al^{27}(n,p)\ ^{27}Mg$، $^{27}Al(n,\gamma)^{28}Al$ على التوالي.كما تمَّ حساب تداخلات اليورانيوم الطبيعي مع اليورانيوم المنضب في النماذج المدروسة حيث إنَّ حساب Is لليورانيوم الطبيعي يساوي:

$$Is = \frac{U238}{U235} = \frac{99.2754}{0.72} = 137.88$$

وإنَّ Ix لليورانيوم المنضب يساوي:

$$Ix = \frac{U238}{U235} = \frac{99.7947}{0.2015} = 495.25$$

لهذا فإنَّ نسبة Is/Ixتكون مساوية إلى (0.278).

للتحقق من صحة النتائج المستحصل عليها من هذه التقنية تمَّ رسم منحنى المعايرة (Calibration curve) الذي يمثل العلاقة بين كثافة آثار شظايا انشطار اليورانيوم والتراكيز المعلومة في النماذج القياسية وحساب ميل الخط البياني.

وقد تمَّ حساب تراكيز اليورانيوم المنضب في نماذج الأنسجة والعظام بدلالة كثافة الآثار وفق العلاقة الآتية:

$$U_x = P_x \times \frac{U_s}{P_s} \times \frac{I_s}{I_x} \times \frac{R_s}{R_x}$$

U_x = تركيز اليورانيوم في النماذج المدروسة (ppm)

U_s = تركيز اليورانيوم في النماذج القياسية (ppm)

P_x = كثافة آثار شظايا الانشطار للنماذج المدروسة ($Tracks.cm^{-2}$)

P_s = كثافة آثار شظايا الانشطارللنماذج القياسية ($Tracks.cm^{-2}$)

I_x = الوفرة النظائرية للنظيرين U238 و U235 في النماذج المدروسة الحاوية على اليورانيوم المنضب

I_s = الوفرة النظائرية للنظيرين U238 وU235 في النماذج القياسية الحاوية على اليورانيوم الطبيعي

R_x ,R_s= معدل مدى شظيا الانشطار في كل من النماذج القياسية والمدروسة على التوالي وهي متساوية تقريباً ولهذا فإنَّ عامل التصحيح يكون$\frac{R_x}{R_s} \sim 1$.

بيَنت نتائج الدراسة الحالية إنَّ أفضل زمن قشط آثار شظايا الانشطار الناتجة على سطح كاشف الأثر النووي CR-39 هو 30 دقيقة بدرجة حرارة $70c^{o}$ وبتركيز 6N لهيدروكسيد الصوديوم، وإنَّ طبقة من الكادميوم بسمك 0.5mm كافية لإيقاف تأثير النيوترونات الحرارية.

كما بيَّنت النتائج التي أُجريت على نماذج أشخاص مصابين بمرض السرطان إنَّ تراكيز اليورانيوم المنضب في النماذج البيولوجية المدروسة تراوحت بين 110 ppb إلى 1940ppb (جدول-5) وإنَّ هذا التركيز يزيد بكثير عن الحالة الطبيعية.

أعلى التراكيز كانت في الرئة المصابة بمرض السرطان حيث كان التركيز1940ppb ، وفي المرتبة الثانية كانت الكلى المصابة بالسرطان حيث تراوحت نسبة التركيز ما بين 650 ppb إلى 1770 ppb، بينما كان سرطان الثدي في المرتبة الثالثة وكان الكبد مصاحباً للأقل تركيزاً.

إنَّ نسبة 77% من الاصابات كانت في المناطق الجنوبية من العراق (البصرة و ذي قار)التي تعرضت للقصف بالقذائف المصنعة من

اليورانيوم المنضب، و إنَّ 33%من المصابين كانوا من العسكرين الذين تعرضوا إلى استنشاق الهواء الناجم عن انفجارات القذائف المصنعة من اليورانيوم المنضب. في حين كان تركيز اليورانيوم المنضب أَقل مِن كفاءة الجهاز للقياس non– detection limit (NDL) في النماذج المصابة بالأَمراض غير السرطانية (جدول 6).

إنَّ خلايا الدم أَكثر حساسية للإشعاع والتعرض للإصابات السرطانية من بقية أَنسجة وأَعضاء الجسم البشري، فقد أَظهرت نتائج القياسات لنماذج دم الأَشخاص المصابين بمرض اللوكيميا (ابيضاض الدم) إنَّ تراكيز اليورانيوم فيها تراوحت بين 66ppb إلى 202ppb وإنَّ جميع النماذج المدروسة كانت من المنطقة الجنوبية من العراق ولمختلف الفئات العمرية وإنَّ نسبة الاصابة في الذكور أعلى منها في الاناث حيث شكّل الذكور نسبة 77.5% من مجموع الاصابات (جدول –7)، ونلاحظ أيضاً إنَّ مرض ابيضاض الدم (اللوكيميا) هو الأَكثر إنتشاراً خاصة بين الأطفال مقارنةً بين بقية أَنواع الأَمراض السرطانية الأخرى كنتيجة للتعرض إلى الإشعاعات الصادرة عن شظايا اليورانيوم المنضب.

إنَّ أَدبيات الوكالة الدولية للطاقة الذرية وتعليماتها تحدد جرعة 1ppb كحد أعلِى مسموح به من تركيز اليورانيوم في خلايا الجسم، وقدَ بيَّنت الدراسات إنَّ الجرعة في المناطق الجنوبية التي تعرضت للقصف النووي في اليابان تتراوح ما بين 0.15–1.70 ppb، في حين تُبَين الدراسة الحالية إنَّ نسبة الزيادة في التعرض للإشعاع غَير المسموح به في المناطق العراقية التي تعرضت للقصف بأَسلحة مصنعة من اليورانيوم المنضب بلَغت حوالي 1000 مرة مما يعكس حجم الكارثة البيئية التي يتعرض لها العراق فضلاً عن المخاطر الصحية الجسيمة التي ظهرت والتي سوف تظهر في المستقبل مالم يوضع برنامج وطني يعنى بإزالة التلوث الإشعاعي للمناطق الملوثة وإيجاد مراكز طبية متقدمة تعنى بالكشف المبكر عن الإصابة بالأَمراض السرطانية ومتابعة حالات الاصابة المتقدمة.

جدول 1. نظائر اليورانيوم المنضب والطبيعي ووفرتهما [1].

وفرة النظائر ذرّة %	U-238	U236	U-235	U234	Isotopic Abundance Atom %
اليورانيوم المنضب	99.7947	0.0030	0.2015	0.0008	Depleted Uranium
اليورانيوم الطبيعي	99.7247	0.0000	0.7211	0.0055	Natural Uranium

جدول 2 . وفرة جسيمات ألفا الموجودة في نظائر اليورانيوم المنضب والطبيعي [1].

وفرة جسيمات ألفا الموجودة %	U-238	U236	U-235	U234	Alpha Particles Percent Abundance %
اليورانيوم المنضب	85.96	0.50	1.11	12.43	Depleted Uranium
اليورانيوم الطبيعي	84.77	0.00	2.24	48.99	Natural Uranium

جدول 3. كمية جسيمات ألفا المنبعثة من من اليورانيوم المنضب والطبيعي [1].

إنبعاث جسيمات ألفا/يوم	U-238	U236	U-235	U234	Alpha Particles Emitted/day
اليورانيوم المنضب	1072	6.20	13.9	155	Depleted Uranium
اليورانيوم الطبيعي	1067	0.00	49.1	1072	Natural Uranium

جدول 4. التركيز الكلي وكثافة الآثار الكلية للنماذج القياسية لليورانيوم الطبيعي.

رمز النموذج القياسي لليورانيوم	التركيز الكلي لليورانيوم (ppm)	كثافة الآثار الكلية (u)
JF-1	0.33	119.07
JA-3	1.4	289.38
JG-a	2.35	350.23
JR-1	6.42	1096.76
JG-2	8.92	1226.76

جدول 5. تركيز اليورانيوم المنضب في النماذج البيولوجية المستخدمة في البحث (أنسجة وعظام) لأشخاص مصابين بمرض السرطان.

No.	النسيج Tissue		الجنس sex	العمر Age (yr.)	كثافة الآثار Density $\rho\ 10^3 track\ .cm^2$	تركيز اليورانيوم المنضب ppb	الملاحظات notes
1	كلية	Kidney	ذكر Male	7	0.84±0.04	1770	طفل/محافظة البصرة
2	عظام	Bones	ذكر Male	31	0.91±0.07	1910	جندي/محافظة ميسان
3	ثدي	Breast	أنثى Female	38	0.08±0.01	170	إمرأة/ محافظة واسط
4	رئة	Lung	ذكر Male	53	0.93±0.09	1940	جندي/محافظة البصرة

5	ثدي	Breast	أنثى Female	49	0.06±0.02	130	إمرأة/محافظة بغداد
6	كلية	Kidney	ذكر Male	54	0.31±0.06	650	فلاح/محاظة بغداد
7	كلية	Kidney	أنثى Female	12	0.86±0.09	1800	طفلة/محافظة البصرة
8	كبد	Liver	Female أنثى	35	0.05±0.03	110	إمرأة/محافظة ذي قار
9	عظام	Bones	ذكر Male	45	0.90±0.08	1890	جندي/محافظة البصرة

جدول 6. تركيز اليورانيوم المنضب في نماذج المقارنة المأخوذة من أَشخاص مصابينبأَمراض غير سرطانية.

No.	النسيج Tissue		الجنس Sex	العمر Age (yr.)	كثافة الآثار Density $P*10^3$ track $.cm^2$	تركيز اليورانيوم المنضب ppb	الملاحظات The notes
1	كلية	Kidney	ذكر Male	48	.....	.....	فلاح/محافظة بغداد
2	عظام	Bones	ذكر Male	52	.....	.....	رجل/محافظة بغداد
3	ثدي	Breast	أنثىFemale	35	.....	.....	إمرأة/ محافظة المثنى

جدول 7. تَركيز اليورانيوم المنضب في نماذج الدم المأخوذة مِن أَشخاص مصابين بمَرض اللوكيميا (سرطان الدم).

U.C(ppb)	ρ t/cm^2	ρ DU=(ρ – ρ B.G) t/cm^2	الجنس Sex	العمر Age (yr.)	المحافظة
202	116 ± 5.80	97	ذكرMale	37	المثنى
185	108 ± 4.86	89	ذكرMale	12	المثنى
171	101 ± 4.04	82	أنثىFemale	32	ذي قار
131	82 ± 3.28	63	ذكرMale	28	ذي قار
75	55 ± 2.75	36	ذكرMale	46	ذي قار
137	85 ± 3.31	66	ذكرMale	29	البصرة
104	69 ± 3.10	50	ذكرMale	63	البصرة
100	67 ± 3.08	48	ذكرMale	15	واسط
66	51 ± 2.47	32	أنثىFemale	44	واسط

References:

1. Dietz, L. A. (1993). “Uranium Battle Fields”, Progressive Alliance for Community, New Mexico.
2. Bertell, R. (1999). “Gulf war veterans and depleted uranium”. Hagne peace conference.
3. Leewenstein, P. (1993). “Industrial use of depleted uranium”. New York.
4. Dietz, L. A. (1997). “Material o Dishonor”. International action center. New York.
5. Athins, P. and Jonnes, L. (1999). “Chemical Principles”. New York.
6. International Commission on Radiological Protection (ICRP) (1990), Safety series, Vol. 60.
7. Atomic Energy Commission of Syria (1999). Regional basic professional training course on radiation protection, Damascus.
8. Ali M. Mohmmed etal, J. of Al-Nahrain University. Vol. 16 (1) (2013),p . (112-116).
9. Henryk B., Firyal B., Environmental International. 30, 123-134, 2004. "Environmental and Health Consequences of DU in 1991Gulf War"