

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 لأشخاص مصابين بأمراض سرطانية وتمت مقارنة النتائج مع اخرى تعود لأشخاص مصابين بأمراض غير سرطانية، وتم جمع النماذج من مناطق في وسط وجنوب العراق تعرضت للتلوث البيئي باليورانيوم المنضب خلال حرب الخليج 1991. بيّنت النتائج كفاءة التقنية المستخدمة في تحديد تراكيز اليورانيوم في النماذج البيئية. وقد أظهرت جميع النماذج التي تمت دراستها والعائدة لمرضى مصابين بأمراض سرطانية احتوائها على تراكيز عالية من نظائر اليورانيوم (أكثر من الحدود المسموحة) مقارنة بالمرضى المصابين بأمراض غير سرطانية. كما أظهرت النتائج ان الاصابة بسرطان الدم (اللوكيميا) تحدث تحت تأثير 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 بالأمراض السرطانية والتعرض للقذائف المصنعة من مواد نووية أُستُخدمت خلال حرب الخليج 1991 وعرضت الأشخاص لمخاطر صحية كثيرة.

الكلمات المفتاحية: اليورانيوم المنضب؛ كواشف الاثر 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 (1-120 جزء بالمليون جزء ppm تقريباً) ويتكون من مجموعة من النظائر التي هي $U-238$ ، $U-236$ ، $U-235$ ، (جدول 1-1) ونسب 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. وإن تسميته جاءت نتيجة انخفاض نسبة النظير $U-235$ فيه (من 0.72% إلى نحو 0.4-0.2%) 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 إلى $Th-234$ وتستمر سلسلة الانحلال بانبعثات ليصل إلى عنصر الرصاص $Pb-206$ المستقر. ومن نواتج هذا الانحلال عنصر الرادون $Rn-222$ بحالته الغازية والبزموت $Bi-214$ الباعث لأشعة كاما (γ -ray) [1].

إن 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 ($1 \mu\text{gm}$) من اليورانيوم الطبيعي والمنضب الباعث لجسيمات ألفا في اليوم الواحد (جدول 3).

إن من خصائص اليورانيوم 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 $2.5 \mu\text{m}$ 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.

إن 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 [4,5].

إنَّ الحسابات النظرية لكمية الإشعاع المنبعث من جسيمة أكسيد اليورانيوم المنضب المستقرة في نسيج الرئة تحقق معدل تعرض لجرعة إشعاعية داخلية مقدارها (170 Rem/y) وإن الوكالة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRR) قد حددت الجرعة القصوى المسموح التعرض لها للأشخاص والعاملين في حقل الإشعاع بحدود (5 Rem/y) لعموم الجسم وللأشخاص الغير عاملين في حقل الإشعاع بحدود (0.5 Rem/y) [6]، وهذا يعني ان الجرعة المستلمة من جزيئة اليورانيوم المنضب تعادل (34) مرة للجرعة القصوى المسموح بها مما يقود إلى مخاطر صحية كثيرة.

اليورانيوم U-238 فينشطر بالنيوترونات السريعة التي تزيد طاقتها عن 0.7MeV [8,7].

2. جمع وتحضير النماذج:

جمعت النماذج البيولوجية (أنسجة، عظام، دم) لأشخاص مصابين بالسرطان من سكنة المناطق الجنوبية، إضافة إلى نماذج لأشخاص 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

تم غسل النماذج (باستثناء نماذج الدم) بالماء المقطر ثم جففت في الفرن بدرجة حرارة (80 C°) لمدة أربع ساعات. بعد ذلك نقلت النماذج إلى بواقد من السليكا وأحرقت داخل فرن كهربائي بدرجة حرارة (525C°) لمدة ثمانية ساعات إلى أن تحولت إلى رماد (Ash). تمت مجانسة الرماد ثم كُبس بشكل أقراص اسطوانية.

3. تحضير النماذج القياسية:

أُخذت نماذج معيارية حاوية على تراكيز معلومة من اليورانيوم تم تجهيزها من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) Atomic Energy Agency من أصل ياباني مكبوسة بشكل أقراص اسطوانية بنفس قياسات النماذج المجهولة التراكيز وتم إعطائها الرموز التالية: JF-1, JA-3, JG-a, JR-1, JG-2. وإن محتواها من اليورانيوم مبين في الجدول (4).

4. تشيع النماذج:

حُظرت نماذج من كاشف الأثر النووي CR-39 بمساحة تقريبية (0.5 cm²) ووضعت عليها النماذج المجهولة التركيز والنماذج المعيارية

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 بالآثار اللاحقة أو (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 إيجاد 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 البيولوجية (الدم، الأنسجة، العظام، ... الخ).

تعتمد هذه التقنية على قصف المادة البيولوجية المحتوية على اليورانيوم المنضب بالنيوترونات مما يؤدي إلى إنتاج 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 أن تصل لحالة الاستقرار.

إن ذرات نظير اليورانيوم U-235 تنتشر بالنيوترونات البطيئة، واحتمالية انشطارتها بالنيوترونات البطيئة تكون أعلى من احتمالية انشطارتها بالنيوترونات السريعة، أما نظير

بصورة متلاصقة، ووضعت قطع الكواشف والنماذج داخل صناديق صغيرة من الكاديوم ورُصِّتْ حولَ المصدر النيوتروني النظائري $^{241}\text{Am}-\text{Be}$ حول المنطقة الفعالة من المصدر والتي تمَّ حساب الفيض النيوتروني السريع المنبعث منها بمقدار $(1.6 \times 10^6 \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1})$.

عُرِّضَت النماذج للفيض النيوتروني السريع (NeutronFlux) لمدة خمسة أيام لتتعرض لسيل من النيوترونات مقداره $(6.80 \times 10^{11} \text{ n.m}^{-2}.\text{s}^{-1})$

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

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

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

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

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 إن:

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 بالإضافة 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 أستخدمت 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 تمّ حساب تداخلات اليورانيوم الطبيعي مع اليورانيوم المنضب في النماذج المدروسة حيث إنّ حساب I_s لليورانيوم الطبيعي يساوي:

$$I_s = \frac{U_{238}}{U_{235}} = \frac{99.2754}{0.72} = 137.88$$

وإنّ I_x لليورانيوم المنضب يساوي:

$$I_x = \frac{U_{238}}{U_{235}} = \frac{99.7947}{0.2015} = 495.25$$

لهذا فإنّ نسبة I_s/I_x تكون مساوية إلى (0.278).

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

وقد تمّ 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 الانشطار للنماذج القياسية
(Tracks.cm⁻²)

I_x = الوفرة النظائرية للنظيرين U_{235} و U_{238} في النماذج المدروسة الحاوية على اليورانيوم المنضب

I_s = الوفرة النظائرية للنظيرين U_{235} و U_{238} في النماذج القياسية الحاوية على اليورانيوم الطبيعي

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

بيّنت نتائج الدراسة الحالية إنّ أفضل زمن قشط آثار شظايا الانشطار الناتجة على سطح كاشف الأثر النووي CR-39 هو 30 دقيقة بدرجة حرارة 70°C وبتركيز 6N لهيدروكسيد الصوديوم، وإنّ طبقة من الكادميوم بسمك 0.5mm كافية لإيقاف تأثير النيوترونات الحرارية.

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

أعلى التراكيز كانت في الرئة المصابة بمرض السرطان حيث كان التركيز 1940ppb، 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 لأقل تركيزاً.

إنّ نسبة 77% من الاصابات كانت في المناطق الجنوبية من العراق (البصرة و ذي قار) التي تعرضت للقصف بالقذائف المصنعة من اليورانيوم المنضب، و إنّ 33% من المصابين

بالكشف المبكر عن الإصابة بالأمراض السرطانية ومتابعة حالات الإصابة المتقدمة.

كانوا من العسكريين الذين تعرضوا إلى استنشاق الهواء الناجم عن انفجارات القذائف المصنعة من اليورانيوم المنضب. في حين كان تركيز اليورانيوم المنضب أقل من كفاءة الجهاز للقياس non-detection limit (NDL) في النماذج المصابة بالأمراض غير السرطانية (جدول 6).

إن خلايا الدم أكثر حساسية للإشعاع والتعرض للإصابات السرطانية من بقية أنسجة وأعضاء الجسم البشري، فقد أظهرت نتائج القياسات لنماذج دم الأشخاص المصابين بمرض اللوكيميا (ابيضاض الدم) إن تراكيز اليورانيوم فيها تراوحت بين 66ppb إلى 202ppb وإن جميع النماذج المدروسة كانت من المنطقة الجنوبية من العراق ولمختلف الفئات العمرية وإن نسبة الإصابة في الذكور أعلى منها في الإناث حيث شكّل الذكور نسبة 77.5% من مجموع الإصابات (جدول 7)، ونلاحظ أيضاً إن مرض ابيضاض الدم (اللوكيميا) هو الأكثر إنتشاراً خاصة بين الأطفال مقارنةً بين بقية أنواع الأمراض السرطانية الأخرى كنتيجة للتعرض إلى الإشعاعات الصادرة عن شظايا اليورانيوم المنضب.

إن أدبيات الوكالة الدولية للطاقة الذرية وتعليماتها تحدد جرعة 1ppb كحد أعلى مسموح به من تركيز اليورانيوم في خلايا الجسم، وقد بيّنت الدراسات إن الجرعة في المناطق الجنوبية التي تعرضت للقصف النووي في اليابان تتراوح ما بين 0.15-1.70 ppb، في حين تُبين الدراسة الحالية إن نسبة الزيادة في التعرض للإشعاع غير المسموح به في المناطق العراقية التي تعرضت للقصف بأسلحة مصنعة من اليورانيوم المنضب بلغت 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

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

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

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

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

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

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

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.

الملاحظات notes	تركيز اليورانيوم ppb المنضب	Density كثافة الآثار $\rho \cdot 10^3 \text{ track} \cdot \text{cm}^2$	العمر Age (yr.)	الجنس sex	النسيج Tissue		No.
طفل/محافظة البصرة	1770	0.84±0.04	7	ذكر Male	Kidney	كلية	1
جندي/محافظة ميسان	1910	0.91±0.07	31	ذكر Male	Bones	عظام	2
إمرأة/محافظة واسط	170	0.08±0.01	38	أنثى Female	Breast	ثدي	3
جندي/محافظة البصرة	1940	0.93±0.09	53	ذكر Male	Lung	رئة	4
إمرأة/محافظة بغداد	130	0.06±0.02	49	أنثى Female	Breast	ثدي	5
فلاح/محافظة بغداد	650	0.31±0.06	54	ذكر Male	Kidney	كلية	6
طفلة/محافظة البصرة	1800	0.86±0.09	12	أنثى Female	Kidney	كلية	7
إمرأة/محافظة ذي قار	110	0.05±0.03	35	Female أنثى	Liver	كبد	8
جندي/محافظة البصرة	1890	0.90±0.08	45	ذكر Male	Bones	عظام	9

جدول 6. تركيز اليورانيوم المنضب في نماذج المقارنة المأخوذة من أشخاص مصابين بأمراض غير سرطانية.

No.	النسيج Tissue	الجنس Sex	العمر Age (yr.)	Density كثافة الآثار $P \cdot 10^3 \text{ track} \cdot \text{cm}^2$	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	أنثى Female	35			إمرأة/ محافظة المثنى

جدول 7. تركيز اليورانيوم المنضب في نماذج الدم المأخوذة من أشخاص مصابين بمرض اللوكيميا (سرطان الدم).

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

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. Mohmmmed 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"