المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل
The Scientific Journal of King Faisal University
العلوم الأساسية والتطبيقية
Basic and Applied Sciences

العلاقة بين مستويات الكادميوم ومستويات هرمون التستوستيرون لدى عينة من سكان حلب

محمد عامر صلاحو و محمود قاسم
قسم علم الحياة الحيوانية، كلية العلوم، جامعة حلب، حلب، سوريا

The Relationship Between Cadmium Levels and Testosterone Levels in a Sample of Aleppo City Residents

Mohammad Amer Salaho and Mahmoud Kassem
Department of Biological Sciences, Faculty of Sciences, Aleppo University, Aleppo, Syria

LINK الرابط	RECEIVED الاستقبال	ACCEPTED القبول	PUBLISHED ONLINE النشر الإلكتروني	ASSIGNED TO AN ISSUE الإحالة لعدد
https://doi.org/10.37575/b/sci/0060	25/11/2020	19/01/2021	19/01/2021	01/06/2021

NO. OF WORDS عدد الكلمات	NO. OF PAGES عدد الصفحات	YEAR سنة العدد	VOLUME رقم المجلد	ISSUE رقم العدد
4675	5	2021	22	1

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تركيز عنصر الكادميوم في الدم لدى عينة من الأشخاص القاطنين في مدينة حلب، وربطه مع تركيز هرمون التستوستيرون لديهم. أجريت التجربة على (75) فرداً، تم تقسيمهم إلى (3) مجموعات بمعدّل (25) فرد لكل مجموعة: مجموعة الضابط، ومجموعة العاملين في مولّدات الأمبير، ومجموعة المدخّنين. بيّنت النتائج وجود ارتفاع في متوسط تركيز الكادميوم لدى فئة العاملين في مولّدات الأمبير (µg/l88.48) وفئة المدخنين (µg/l82.32) وحتى لدى مجموعة الضابط (µg/l19.84) قياساً إلى المستويات الطبيعية لتركيز الكادميوم في الجسم، كما أظهرت النتائج حدوث انخفاض في متوسط تركيز هرمون التستوستيرون لدى مجموعة العاملين في مولّدات الأمبير (ng/ml5.53) ومجموعة المدخنين (ng/ml4.43) مقارنة مع مجموعة الضابط (ng/ml7.59). بيّنت الدراسة الإحصائية وجود علاقة ارتباط بين تراكيز الكادميوم وتراكيز التستوستيرون وذلك باستخدام معامل الارتباط Pearson، حيث تم مقارنة النتائج مع قيمة (P=0.05) لاختبار المعنوية.

ABSTRACT

This study aimed to determine the blood concentration levels of cadmium in a sample of residents of Aleppo and to correlate them with their testosterone concentration levels. The experiment was conducted using 75 participants divided into 3 groups, averaging 25 participants per group: a group of people who work with electrical generators, a group of smokers, and a control group. The results showed higher average cadmium concentration levels in all groups, including the control group, compared with the normal levels of cadmium concentration in the body. The average concentration levels per group were 88.48 µg/l, 82.32 µg/l, and 19.84 µg/l, respectively. The results also showed lower mean testosterone concentrations in both the group of people who work with electrical generators (5.53 ng/ml) and the group of smokers (4.43 ng/ml) when compared with the control group (7.59 ng/ml). Using the Pearson correlation coefficient, a correlation was found between cadmium concentrations and testosterone concentrations (P = 0.05).

KEYWORDS
الكلمات المفتاحية
Cadmium, electrical generators, men's fertility, sandwich complex, smoking, testosterone
التدخين، التستوستيرون، تفاعل الساندويش، خصوبة الرجال، الكادميوم، مولّدات الأمبير

CITATION
الإحالة
Salaho, M.A. and Kassem, M. (2021). Alealaqat bayn mustawayat alkadimyum wamustawayat harmun altistusitirun fi eayinat min sukkan madinat halab 'The relationship between cadmium levels and testosterone levels in a sample of Aleppo city residents'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **22**(1), 119–23. DOI: 10.37575/b/sci/0060
صلاحو، محمد عامر و قاسم، محمود. (2021). العلاقة بين مستويات الكادميوم ومستويات هرمون التستوستيرون لدى عينة من سكان حلب. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية*، **22**(1)، 119-123.

1. المقدمة

اكتشف عنصر الكادميوم مع بدايات القرن التاسع عشر، إلا أن التسمم به لم يعتمد كمرض مهني إلا في أواسط القرن العشرين (Goering *et al*, 1995). انتشر هذا المعدن السام في البيئة وفي أماكن العمل وذلك بعد الثورة الصناعية، وعمل على تلويثهما للحد الذي باتت أضراره تفوق أهميته، وحتى يومنا هذا نكاد لا نستطيع الاستغناء عنه، إذ أنه يستعمل على نطاق واسع في الكثير من الصناعات مثل صناعة الطلاء والبطاريات وغلفنة المعادن والخلائط المعدنية. ونظراً لانخفاض الحد المسموح به للتعرض لهذا المعدن فإنه يخشى من التعرّض له حتى في الحالات التي يتواجد فيها بكميات ضئيلة، ومن هنا جاءت الدعوة إلى تقليص استعمالاته ومحاولة إيجاد بدائل عنه، ويتراوح مدخول الكادميوم اليومي لدى الأشخاص غير المدخنين أو المعرّضين له بحكم المهنة بين (0.01-15 µg)، وبحسب منظمة الصحة العالمية يجب ألا يتجاوز تركيز الكادميوم في الدم (5µg/l) (Bernhard *et al*, 2006; Moffat *et al*, 2011).

يعدّ الكادميوم من أسهل المعادن الثقيلة امتصاصاً من قبل النباتات وذلك لاحتواء التربة على كميات كبيرة منه، وتمتاز أوراق نبات التبغ بقدرتها على تخزين الكادميوم بشكل أكبر من أنواع النباتات الأخرى، حيث يتراوح تركيزه في أوراق نبات التبغ (0.77-7.02µg/g)، وتحتوي السيجارة الواحدة على ما يقارب (0.5-2) µg من الكادميوم، وبما أنّ جزيئات الكادميوم الموجودة في دخان السجائر من الحجم الصغير جداً فإن الكمية الممتصة منه تكون كبيرة حيث ينتقل أكثر من 50% من الكادميوم المستنشق من دخان السجائر إلى الدم (Lee *et al*., 2020).

تنجم الانبعاثات الطبيعية للكادميوم من تحلّل الوقود الأحفوري وانتشار جزيئاته في الجو، كما أن احتكاك العمال مع أنواع الوقود المختلفة يسبب ارتفاعاً في مدخول الكادميوم إلى الجسم، ومثال ذلك الديزل المستخدم في تشغيل مولّدات الأمبير، ومن المعروف بأن الكادميوم يدخل إلى الجسم عن طريق الاستنشاق أو جهاز الهضم أو عن طريق الجلد (Martin and Griswold, 2009).

يتزايد تركيز الكادميوم في الجسم مع تقدم الإنسان بالعمر وذلك بسبب تناقص القدرة على التخلص منه، إضافة إلى إعادة الامتصاص الكلوي مما يؤدي إلى تراكمه في أعضاء معينة مثل الكبد وقشرة الكلية والخصى وغيرها، كما يتميز الكادميوم بعمر نصف بيولوجي طويل (half life) في جسم الإنسان يقدر بـ6 إلى 27 سنة (Elgawish and Ghanem, 2014)، كما ويصنّف الكادميوم على أنه أحد المواد المسرطنة (carcinogen) (Liu *et al*., 2009).

يفرّز هرمون التستوستيرون الستيروئيدي من خلايا ليدغ المتواجدة بين الأنابيب المنوية في الخصية وذلك بتحفيز من هرمون (LH) المفرز من الغدة النخامية، وتتراوح القيم الطبيعية لهذا الهرمون لدى الرجال (3-10ng/ml) (wang *et al*., 2004)، وقد بينت بعض الدراسات وجود ارتباط بين تراكيز

Corresponding Author: Mohammad Amer Salaho dimorphism@hotmail.co.uk ,00963947816233 المؤلف المراسل: محمد عامر صلاحو

الكادميوم المرتفعة في الدم وانخفاض تراكيز هرمون التستوستيرون (Telisman *et al.*, 2000; Zeng *et al.*, 2002; Jurasovic *et al.*, 2004).

2. أهمية الدراسة

يعدّ الكادميوم من أكثر المعادن السامّة انتشاراً وخطورة على صحة الكائنات الحيّة، وعلى الرّغم من ذلك فإنّنا لا نستطيع تجنّب آثاره الضارّة، ونظراً لانتشار معدن الكادميوم بشكل كبير في وقتنا الراهن (نتيجة انتشار الملوّثات المختلفة في مدينة حلب)، كان لا بدّ من تسليط الضوء على مخاطره من خلال تحديد مستوياته لدى بعض الأشخاص المعرّضين له (العاملون في مولّدات الأمبير والمدخّنون)، كما تنبع أهمية هذه البحث أيضاً من خلال فهم العلاقة بين مستويات الكادميوم ومستويات هرمون التستوستيرون لدى الأشخاص المعرّضين للكادميوم.

3. أهداف الدراسة

تحديد تركيز الكادميوم وتركيز التستوستيرون لدى عينة من العاملين في مولّدات الأمبير والمدخّنين القاطنين في مدينة حلب وإجراء دراسة إحصائية لفهم العلاقة بين تراكيز الكادميوم والتستوستيرون لدى العينات السابقة.

4. مواد البحث وطرائقه

تمّ جمع 75 عينة دموية لأفراد من مدينة حلب تراوحت أعمارهم بين (20-68) سنة، وقُسّمت إلى ثلاث مجموعات:

- المجموعة الأولى: ضمّت 25 شخصاً من غير العاملين في مولّدات الأمبير وغير المدخّنين، وتم اعتبارها كمجموعة ضابط.
- المجموعة الثانية: ضمّت 25 شخصاً من فئة العاملين في المولدات الكهربائية (مولّدات الأمبير) المنتشرة في كافة أحياء مدينة حلب وذلك نتيجة لانقطاع الكهرباء المتكرر بشكل يومي ولساعات طويلة، حيث تمّ جمع العينات من مناطق الإذاعة والأعظمية والحمدانية وحلب الجديدة، مع التأكيد على أن أفراد هذه المجموعة هم من غير المدخنين.
- المجموعة الثالثة: ضمّت 25 شخصاً من فئة المدخنين.

وقد تميز الأفراد السابقون بعدم وجود احتكاك مباشر بينهم وبين عنصر الكادميوم من خلال مصادره الصناعية مثل غلفنة المعادن أو صناعة البطاريات أو مجال الدهانات الخ.. وذلك بهدف حصر التعرّض لهذا العنصر من خلال العمل في مولّدات الأمبير (المجموعة الثانية) أو التدخين (المجموعة الثالثة).

وقد تم سحب عينات الدم بموجب كتاب موجّه من كلية العلوم إلى أحد المراكز الصحية، حيث تم إطلاع الأفراد المتطوعين على حيثيات العمل وأهدافه وتوقيعهم على استمارة تحت إشراف طبيب من المركز، حيث تم التقيد بالمعايير العالمية لأخلاقيات البحث.

وقد تم إجراء تحليلين على العينات السابقة هما:

4.1. تحليل هرمون التستوستيرون:

أُخذت كمية 3 مل من الدم ووضعت في أنابيب جافة، وتمّ تثفيلها بسرعة (3000) دورة/الدقيقة لمدة 20دقيقة للحصول على الأمصال وإجراء تحليل هرمون التستوستيرون بطريقة المقايسة المناعية بالتألّق الكهربائي (ECL: Electrochemiluminiscence) باستخدام جهاز (HITACHI, Roche, cobas e 411)، ويتلخص مبدأ هذا الاختبار الذي يستغرق 18 دقيقة بالخطوات التالية:

1. حضن µl 20 من عينة مصل الدم مع أضداد موسومة بالبيوتين (anti-R1: testosterone-Ab-biotin) تتميز بدقة ارتباط عالية مع المستضد (هرمون التستوستيرون).
2. إضافة أضداد موسومة بالريثينيوم (ruthenium) تتمتع أيضاً بقدرة ارتباط عالية مع الهرمون، ليتشكّل بالنتيجة تفاعل الساندويش (sandwich complex).
3. إضافة جزيئات صغيرة (micro beads) مطلية بالستربتافيدين (streptavidin) الذي يرتبط بقوة مع الأضداد الموسومة بالبيوتين، فيتشكل بالنتيجة معقد مناعي ينتقل إلى خلية القياس (measuring cell) حيث ينجذب المعقد المناعي من طرف الجزيئات المطلية بالستربتافيدين إلى صفيحة ممغنطة (magenetic electrode) حيث تزول الجزيئات الفائضة وتجري عملية أكسدة وإرجاع بين الريثينيوم وبين جزيئات TPA (tripropylamine) ما ينتج عنه جهد كهربائي (voltage) يحرّض حصول تألق كيميائي كهربائي (ECL reaction) وتعاد دورة التألق الكيميائي الكهربائي عدة مرات حيث يقاس التألق بوساطة مضخّم ضوئي (photomultiplier)، حيث أن الحد الأدنى من تحديد الكشف يبلغ (0.025 ng/ml) (Ayad *et al.*, 2018).

4.2. معايرة الكادميوم:

تم تحليل عينات الكادميوم في مختبر مديرية البحوث الزراعية باستخدام جهاز طيف الامتصاص الذري AAS (Atomic Absorption spectrometry) من النوع (ZEEnit 700)، وحسب الطول الموجي المخصص لعنصر الكادميوم (228.8 nm) وتم ترقيم أنابيب العينات بأرقام متوافقة مع أرقام استمارة خاصة ببيانات الأشخاص الذين جُمعت منهم العينات، وقد وُضع 2 مل من الدم في أنابيب EDTA، ثم أضيف له 10 مل من مزيج من الحموض التالية: [HNO3:HClO4:H2SO4 3:1:1 (v/v/v)] وذلك حسب الطريقة المستخدمة لقياس تركيز الكادميوم في الدم (Musa *et al.*, 2011).

تمّ إجراء التحليل الإحصائي باستخدام برنامج (SPSS 18) من إنتاج شركة IBM حيث تم استخدام اختبار معامل الارتباط (Pearson) لإظهار العلاقة بين تراكيز الكادميوم عند البشر وبين كلّ من أعمارهم وعدد سنوات تعرّضهم للكادميوم (سواء المدخنين أو العاملين في مولّدات الأمبير) وتراكيز هرمون التستوسترون لديهم، وتمت مقارنة النتائج مع قيمة (P=0.05) لاختبار المعنوية.

5. النتائج

5.1. تركيز الكادميوم وهرمون التستوستيرون في الدم عند المجموعة الضابط:

أظهر قياس تراكيز الكادميوم في الدم لدى مجموعة الضابط أنّ أعلى تركيز هو (31g/l µ) لشخص يبلغ من العمر 50 سنة، وأخفض تركيز (12g/l µ) لشخص يبلغ من العمر 22 سنة، وبلغ متوسط تركيز الكادميوم لدى أفراد هذه المجموعة (19.84g/l µ) وبمتوسط أعمار بلغ 41 سنة.

وأظهر قياس تراكيز التستوستيرون في الدم لدى هذه المجموعة أنّ أعلى تركيز هو (9.65ng/ml) لشخص يبلغ من العمر 18 سنة، وأخفض تركيز (3.25ng/ml) لشخص يبلغ من العمر 60 سنة، وبلغ متوسط تركيز التستوستيرون لدى أفراد هذه المجموعة (7.59ng/ml) الجدول (1) والمخطط (1).

وقد بيّنت الدراسة الإحصائية باستخدام معامل الارتباط (Pearson) لعلاقة الارتباط بين تراكيز الكادميوم وأعمار عينات المجموعة الضابط وجود علاقة طردية متوسطة حيث كانت قيمة معامل الارتباط (pearson correlation=0.694) مع وجود دلالة إحصائية (P=0.000<0.05).

كما بيّنت الدراسة الإحصائية لعلاقة الارتباط بين تراكيز الكادميوم وتراكيز هرمون التستوستيرون وذلك باستخدام نفس معامل الارتباط وجود علاقة عكسية متوسطة حيث كانت قيمة معامل الارتباط (pearson correlation=-0.586) مع وجود دلالة إحصائية (P=0.002<0.05).

كما بيّنت الدراسة الإحصائية لعلاقة الارتباط بين تراكيز هرمون التستوستيرون وأعمار عينات مجموعة الضابط وذلك باستخدام نفس معامل الارتباط وجود علاقة عكسية قوية حيث كانت قيمة معامل الارتباط (pearson correlation=-0.802) مع وجود دلالة إحصائية (P=0.000<0.05).

الجدول (1): تراكيز الكادميوم والتستوستيرون في دم المجموعة الضابط M المتوسط الحسابي، SE- الخطأ المعياري، - SDالانحراف المعياري

رقم العينة	العمر	تركيز الكادميوم µg/l	تركيز التستوستيرون ng/ml
1	22	12	9.32
2	52	30	6.78
3	40	14	8.46
4	42	16	9.46
5	50	31	7.33
6	34	24	9.50
7	58	30	4.12
8	45	21	5.44
9	32	12	9.12

رقم العينة	العمر	تركيز الكادميوم µg/l	تركيز التستوستيرون ng/ml
1	22	75	7.55
2	24	105	6.44
3	28	90	6.35
4	44	128	4.75
5	24	54	7.66
6	40	126	3.56
7	33	92	6.22
8	30	104	3.46
9	25	47	6.55
10	32	115	5.24
11	27	85	6.15
12	28	77	5.12
13	40	103	5.88
14	42	96	3.92
15	28	54	6.75
16	20	70	6.38
17	21	59	6.44
18	34	116	4.55
19	38	104	4.62
20	32	101	4.12
21	32	89	5.24
22	36	81	4.88
23	35	89	5.95
24	40	110	4.44
25	24	42	6.12
M ± SE	31.16±0.17	88.48±0.51	5.53±0.04
SD	6.8	23.61	1.14
مجال الثقة 95%	[28.35,33.96]	[78.74,98.22]	[5.06,6]

الجدول (2): تراكيز الكادميوم والتستوستيرون في دم العاملين في مولّدات الأمبير

رقم العينة	العمر	تركيز الكادميوم µg/l	تركيز التستوستيرون ng/ml
10	35	13	9.65
11	60	24	3.25
12	63	30	3.75
13	18	11	9.65
14	28	14	8.22
15	27	16	9.12
16	24	28	8.33
17	44	18	7.12
18	42	28	6.72
19	19	12	9.12
20	21	14	8.28
21	31	19	7.88
22	34	15	9.11
23	36	22	8.66
24	38	22	7.44
25	50	20	4.15
M ± SE	41±0.2	19.84±0.09	7.59±0.01
SD	10.17	6.57	1.95
مجال الثقة 95%	[36.81,45.19]	[17.13,22.55]	[6.79,8.39]

5.2. تركيز الكادميوم وهرمون التستوستيرون في دم العاملين في مولّدات الأمبير:

تبين لدى قياس تراكيز الكادميوم في الدم لدى خمسة وعشرين من العاملين في مولّدات الأمبير أن أعلى تركيز هو (128µg/l) لشخص يبلغ من العمر 44 سنة وقد أمضى في العمل في مولدة الأمبير مدة 7 سنوات، وبلغ أخفض تركيز (42µg/l) لشخص يبلغ من العمر 24 سنة وأمضى في عمله مدة 5 سنوات، وقد بلغ متوسط تركيز الكادميوم لدى العاملين الخمسة والعشرين (88.48µg/l) بمتوسط عدد سنوات تعرض بلغ 5.76 سنة وبمتوسط أعمار بلغ 31.16 سنة.

وأظهر قياس تراكيز التستوستيرون في الدم لدى هذه المجموعة أنّ أعلى تركيز هو (7.66ng/ml) لشخص يبلغ من العمر 24 سنة، وأخفض تركيز (3.46ng/ml) لشخص يبلغ من العمر 30 سنة، وبلغ متوسط تركيز التستوستيرون لدى أفراد هذه المجموعة (5.53ng/ml) الجدول (2) والمخطط (1).

وقد بيّنت الدراسة الإحصائية باستخدام معامل الارتباط (Pearson) لعلاقة الارتباط بين تراكيز الكادميوم وأعمار العاملين في مولدات الأمبير وجود علاقة طردية متوسطة حيث كانت قيمة معامل الارتباط (pearson correlation=0.722) مع وجود دلالة إحصائية (P=0.000<0.05).

وعند إجراء دراسة إحصائية لعلاقة تراكيز الكادميوم مع عدد سنوات تعرّض العاملين باستخدام نفس معامل الارتباط (Pearson) تبين وجود علاقة ارتباط طردية ضعيفة (pearson correlation=0.174) لكن دون وجود دلالة إحصائية (P=0.415<0.05).

كما بيّنت الدراسة الإحصائية لعلاقة الارتباط بين تراكيز الكادميوم وتراكيز هرمون التستوستيرون وذلك باستخدام نفس معامل الارتباط وجود علاقة عكسية متوسطة حيث كانت قيمة معامل الارتباط (pearson correlation=-0.680) مع وجود دلالة إحصائية (P=0.000<0.05).

كما بيّنت الدراسة الإحصائية لعلاقة الارتباط بين تراكيز هرمون التستوستيرون وأعمار العينات وذلك باستخدام نفس معامل الارتباط وجود علاقة عكسية متوسطة حيث كانت قيمة معامل الارتباط (pearson correlation=-0.678) مع وجود دلالة إحصائية (P=0.000<0.05).

كما بيّنت الدراسة الإحصائية لعلاقة الارتباط بين تراكيز هرمون التستوستيرون وعدد سنوات التعرّض لمولدات الأمبير وذلك باستخدام نفس معامل الارتباط وجود علاقة عكسية ضعيفة، حيث كانت قيمة معامل الارتباط (pearson correlation=-0.279) مع عدم وجود دلالة إحصائية (P=0.177>0.05)، وبالتالي لا يوجد ارتباط بين تراكيز هرمون التستوستيرون وعدد سنوات التعرض لمولدات الأمبير.

رقم العينة	العمر	عدد سنوات التعرض	تركيز الكادميوم µg/l	تركيز التستوستيرون ng/ml
10	32	6	115	5.24
11	27	6	85	6.15
12	28	6	77	5.12
13	40	4	103	5.88
14	42	5	96	3.92
15	28	5	54	6.75
16	20	5	70	6.38
17	21	7	59	6.44
18	34	7	116	4.55
19	38	7	104	4.62
20	32	7	101	4.12
21	32	5	89	5.24
22	36	5	81	4.88
23	35	6	89	5.95
24	40	6	110	4.44
25	24	5	42	6.12
M ± SE	31.16±0.17	5.76±0.02	88.48±0.51	5.53±0.04
SD	6.8	1.3	23.61	1.14
مجال الثقة 95%	[28.35,33.96]	[5.22,6.29]	[78.74,98.22]	[5.06,6]

5.3. تركيز الكادميوم وهرمون التستوستيرون في دم المدخنين:

لدى قياس تراكيز الكادميوم في الدم لخمسة وعشرين من فئة المدخنين تبين أن أعلى تركيز هو (115 µg/l) لشخص يبلغ من العمر 68 سنة وقد داوم على التدخين مدة 30 سنة، وبلغ أخفض تركيز (42 µg/l) لشخص يبلغ من العمر 45 سنة وقد استمر في التدخين مدة 10 سنوات، وبلغ متوسط تركيز الكادميوم لدى أفراد مجموعة المدخنين الخمسة والعشرين (82.32 µg/l) بمتوسط عدد سنوات تدخين بلغ 11.92 سنة وبمتوسط أعمار بلغ 44.96 سنة.

وأظهر قياس تراكيز التستوستيرون في الدم لدى هذه المجموعة أنّ أعلى تركيز هو (6.44ng/ml) لشخص يبلغ من العمر 37 سنة، وأخفض تركيز (3.12ng/ml) لشخص يبلغ من العمر 62 سنة، وبلغ متوسط تركيز التستوستيرون لدى أفراد هذه المجموعة (4.43ng/ml) الجدول (3) والمخطط (1).

وأظهرت الدراسة الإحصائية باستخدام معامل الارتباط (Pearson) لعلاقة الارتباط بين تراكيز الكادميوم وأعمار المدخنين وجود علاقة طردية متوسطة حيث كانت قيمة معامل الارتباط (pearson correlation=0.625) مع وجود دلالة إحصائية (P=0.001<0.05).

وعند إجراء دراسة إحصائية لعلاقة تراكيز الكادميوم مع عدد سنوات التدخين باستخدام نفس معامل الارتباط (Pearson) تبين وجود علاقة ارتباط طردية متوسطة (pearson correlation=0.490) لها دلالة إحصائية (P=0.013<0.05).

كما بيّنت الدراسة الإحصائية لعلاقة الارتباط بين تراكيز الكادميوم وتراكيز هرمون التستوستيرون وذلك باستخدام نفس معامل الارتباط وجود علاقة عكسية متوسطة حيث كانت قيمة معامل الارتباط (pearson correlation=-0.564) مع وجود دلالة إحصائية (P=0.004<0.05).

كما بيّنت الدراسة الإحصائية لعلاقة الارتباط بين تراكيز هرمون التستوستيرون وأعمار العينات وذلك باستخدام نفس معامل الارتباط وجود علاقة عكسية متوسطة حيث كانت قيمة معامل الارتباط (pearson correlation=-0.633) مع وجود دلالة إحصائية (P=0.001<0.05).

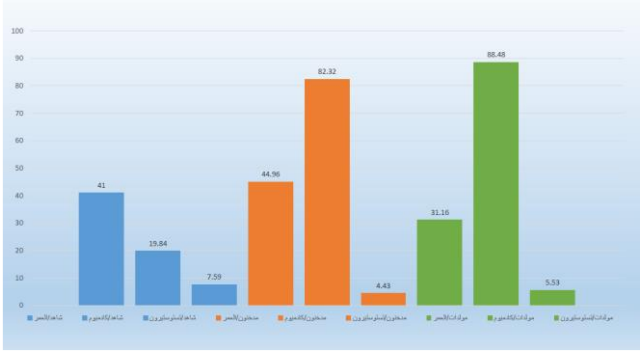
كما بيّنت الدراسة الإحصائية لعلاقة الارتباط بين تراكيز هرمون التستوستيرون وعدد سنوات التدخين وذلك باستخدام نفس معامل الارتباط وجود علاقة عكسية متوسطة حيث كانت قيمة معامل الارتباط (pearson correlation=-0.488) مع وجود دلالة إحصائية (P=0.013<0.05).

الجدول (3): تراكيز الكادميوم والتستوستيرون في دم المدخنين

رقم العينة	العمر	عدد سنوات التدخين	تركيز الكادميوم µg/l	تركيز التستوستيرون ng/ml
1	45	10	42	5.12
2	40	8	62	4.33
3	50	15	110	3.56
4	42	3	65	6.15
5	35	10	78	4.66
6	52	12	111	3.76
7	37	5	49	6.44
8	48	15	90	3.14
9	35	10	81	5.83
10	48	8	98	3.44
11	38	5	73	4.65
12	50	10	115	4.12
13	45	9	105	3.25
14	68	30	115	3.77

رقم العينة	العمر	عدد سنوات التدخين	تركيز الكادميوم µg/l	تركيز التستوستيرون ng/ml
15	46	18	74	5.15
16	30	5	48	6.10
17	44	12	94	3.18
18	62	25	94	3.12
19	42	10	52	4.17
20	34	4	85	5.44
21	50	15	96	3.58
22	50	12	86	3.78
23	40	12	57	4.55
24	58	20	95	3.88
25	35	15	83	5.65
M ± SE	44.96±0.12	11.92±0.27	82.32±0.32	4.43±0.01
SD	8.9	6.2	21.5	1.01
مجال الثقة 95%	[41.29,48.63]	[9.37,14.47]	[73.45,91.19]	[4.02,4.84]

المخطط (1): العلاقة بين تركيز الكادميوم(µg/l) وتركيز التستوستيرون(**ng/ml**) لدى مجموعات التجربة



6. المناقشة

أكدت نتائج الدراسة الحالية وجود علاقة بين التراكيز المرتفعة للكادميوم وانخفاض تركيز هرمون التستوستيرون لدى البشر وهذا يتوافق مع العديد من الدراسات (Telisman *et al.*, 2000; Zeng *et al.*, 2002; Jurasovic *et al.*, 2004) ويختلف مع بعضها الآخر (Mendiola *et al.*, 2011; Zeng *et al.*, 2004).

إن الآلية الدقيقة التي تفسر حصول الأذية نتيجة المعاملة بالكادميوم غير معروفة بشكل واضح حتى الآن (Waisberg *et al.*, 2003)، مع ذلك فإن العديد من الدراسات بينت بأن الكادميوم يؤدي إلى تعطيل عمل مضادات الأكسدة في الخلايا مما يؤدي إلى زيادة في أصناف الأكسجين الفعالة (ROS) مثل (H2O2)، وهذا بدوره يؤدي إلى خلل في إفراز الهرمونات الجنسية (Thijssen *et al.*, 2007).

يُعزى انخفاض تركيز هرمون التستوستيرون إلى الخلل الحاصل في الآليات المسؤولة عن إنتاجه من خلايا ليدغ التي تعد المصدر الأساسي له (Zeng *et al.*, 2003)، وقد يكون هذا الانخفاض ناجماً عن النقص في النشاط الإنزيمي لإنزيم ادنيل سيكلاز أو النقص في إفراز حاثة (LH) من الغدة النخامية (Zirkin and Papadopoulos, 2018)، واقترحت إحدى الدراسات بأن الانخفاض في تركيز التستوستيرون قد يكون ناتجاً عن انخفاض عدد مستقبلات هرمون (LH) في نسيج الخصية، وفي إنتاج مركب أدينوزين أحادي الفوسفات الحلقي (cAMP) الذي يلعب دوراً مهماً في تشكيل هرمون التستوستيرون (El-Demerdash *et al.*, 2004)، كما بيّنت إحدى الدراسات بأن الزيادة في تركيز مركب أكسيد النتريك (NO) الناتجة عن المعاملة بالكادميوم تؤدي إلى انخفاض تركيز التستوستيرون وذلك عن طريق التأثير في الغدة النخامية وكبح نشاطها الإفرازي لهرمون (LH) (Ige *et al.*, 2012).

وأظهرت دراسة أخرى أن الكادميوم يقلل من نشاط الإنزيمات الرئيسة (key enzymes) المشاركة في عملية الاستقلاب في الخلايا المنوية، حيث أدّت المعاملة بمركب كلوريد الكادميوم إلى تثبيط نشاط فوسفوريلاز الجليكوجين والجلوكوز 6-فوسفاتاز والفركتوز -1،6-ثنائي فوسفاتاز وأيزوميراز الجلوكوز -6-فوسفات والأميلاز وشاردة المغنزيوم المعتمد على ATPase ونزع هيدروجيناز حمض اللاكتيك والسكسينيك (glycogen phosphorylase, glucose-6-phosphatase, fructose-1,6-diphosphatase glucose-6-phosphate isomerase, amylase, Mg2+- dependent ATPase and lactic and succinic acid dehydrogenases) (Kanwar *et al.*, 1988).

تشير النتائج المستمدة من الدراسات السابقة سواء التي أجريت على البشر أو على حيوانات التجربة إلى أن أنماط الحياة البيئية والمهنية المتعلّقة بالتعرّض للكادميوم لها تأثيرها الضارّ على الوظيفة التكاثرية.

تتوافق نتيجة دراستنا مع نتيجة دراسة أجريت في الصين على عاملين في معمل لغلفنة المعادن ومعرّضين للكادميوم وأشخاص آخرين غير معرّضين للكادميوم، وأوضحت هذه الدراسة أن تركيز الكادميوم البولي يرتبط إيجاباً بتركيز التستوستيرون، مع الأخذ بعين الاعتبار عوامل أخرى مثل العمر والتدخين وتعاطي الكحول (Zeng *et al.*, 2002).

كما تتوافق دراستنا مع دراسة أجريت في كرواتيا على 60 من الذكور الأصحّاء العاملين في المصانع، حيث أظهرت هذه الدراسة وجود علاقة ارتباط إيجابية بين تركيز الكادميوم في الدم وتركيز التستوستيرون (Telisman *et al.*, 2000).

وبينت دراسة كرواتية أخرى أجريت على 80 رجلاً من المراجعين لعيادات الخصوبة وجود ارتباط إيجابي بين تركيز الكادميوم في الدم وتركيز التستوستيرون (Jurasovic *et al.*, 2004).

كما وتتفق دراستنا مع دراسة أجريت في فنلندا على 64 متبرع بالحيوانات المنوية ممن يتمتعون بالخصوبة، وتم تقسيمهم إلى مجموعات اعتماداً على عامل التدخين، وبينت هذه الدراسة أنّ تركيز الكادميوم في السائل المنوي أعلى عند المدخنين منه لدى غير المدخنين، على الرغم من عدم وجود فرق معنوي في معايير جودة السائل المنوي بين المجموعتين (Saaranen *et al.*, 1989).

وتختلف نتيجة دراستنا مع نتيجة بعض الدراسات الأخرى (Mendiola *et al.*, 2011; Zeng *et al.*, 2004) التي أظهرت عدم وجود علاقة ارتباط بين تركيز الكادميوم وتركيز التستوستيرون، وقد يعود ذلك إلى ضعف التحكم في عوامل الإرباك المحتملة (potential confounders) مثل إجراء التجربة على عدد قليل من الأفراد أو إغفال عامل السنّ، أو عدم أخذ عامل التدخين (الإيجابي أو السلبي) في الحسبان ضمن شروط التجربة لدى تلك الدراسات.

من الملاحظ في تجربتنا أيضاً ارتفاع مستويات الكادميوم لدى أفراد مجموعة الضابط، وربّما يعزى ذلك إلى التلوّث البيئي الحاصل في مدينة حلب مثل تلوّث مياه الآبار (التي شكّلت لسنوات المصدر الرئيس لمياه لشرب خلال فترة الحرب) واستنشاق أبخرة مولّدات الأمبير التي تغطي كافة أحياء المدينة، إضافة إلى مصادر التلوّث العامة مثل تعرّض الأشخاص إلى عوادم السيارات وتلوّث الأغذية بالكادميوم نتيجة سقي المزروعات بمياه الآبار التي قد تحتوي على نسب مرتفعة بالكادميوم أو نتيجة وجود الكادميوم في التربة بشكل طبيعي وبالتالي تراكمه في الكائنات آكلة النباتات ضمن السلسلة الغذائية، فقد بينت إحدى الدراسات مراكمة بعض الأنواع النباتية المزروعة في حرم مصفاة بانياس للعناصر الثقيلة كالكادميوم وذلك نتيجة تلوّث بيئة تلك المنطقة بأبخرة المشتقات النفطية (إبراهيم، 2014)، كما أشارت إحدى الدراسات إلى وجود مستويات مرتفعة من الكادميوم فوق الحد المسموح به بخمسة أضعاف في اللحوم المعلّبة المستهلكة في مدينة دمشق (حسين، 2016).

7. الخاتمة والتوصيات

يشكّل التلوث بالمعادن الثقيلة مشكلة عالمية خطيرة، نظراً لإمكانية تجمّعها وتراكمها داخل الأنظمة البيئية الحية، وقد واكب التطور التكنولوجي الإسراف في استخدام هذه المعادن حيث وصلت إلى مستوى عالٍ من الخطورة تاركةً عبئاً كبيراً على الأنظمة البيئية، ويعدّ الإنسان أحد ضحايا هذا العبء البيئي، وقد بينت نتائج تجربتنا وجود مستويات مرتفعة من تركيز عنصر الكادميوم في الدم عند شريحة من الأشخاص القاطنين لمدينة حلب شمال سوريا، لذلك نوصي العاملين في مولّدات الأمبير بأخذ الحيطة أثناء العمل وذلك بارتداء الكمامات الواقية من أبخرة الوقود المنطلق، وكذلك القفازات لمنع الاحتكاك المباشر بين الوقود والزيوت والسوائل المستخدمة وبين الجلد خشية الامتصاص الجلدي للعناصر السامّة الموجودة في هذه المركبات، كما ننصح بالابتعاد عن التدخين سواء الإيجابي أو السلبي كونه من أهم مصادر دخول الكادميوم إلى الجسم.

نبذة عن المؤلفين

محمد عامر صلاحو

قسم علم الحياة الحيوانية، كلية العلوم، جامعة حلب، حلب، سوريا،
dimorphism@hotmail.co.uk ، 00963947816233

أ. صلاحو طالب دكتوراه، سوري، حاصل على درجة الماجستير في علم النسج وبيولوجيا الفقاريات، قام بنشر 7 أبحاث سابقاً، اثنان منهما خارجيان، مشرف على البيت الحيواني منذ 7 سنوات وحتى تاريخه، وشارك بتنظيم وحضور مؤتمرات محلية كمتحدث ومستمع، اهتمامات بحثية في تأثير المواد في الوقاية والعلاج من سمية الملوّثات على الفقاريات. وتأثير العوامل البيئية على التكاثر عند الفقاريات. الحساب على غوغل سكولار:

https://scholar.google.com/citations?hl=ar&authuser=2&user=xChSIL4AAAAJ

محمود قاسم

قسم علم الحياة الحيوانية، كلية العلوم، جامعة حلب، حلب، سوريا، -kassem
mahmoud@hotmail.com ، 00963944799547

أ.د. قاسم حصل على درجة الدكتوراه في بيئة ووظيفة الفقاريات من جامعة باريس7 – فرنسا عام 1987، سوري الجنسية ومؤلف للعديد من الكتب الجامعية كما نشر أكثر من 50 مقالة محلية ودولية باللغتين العربية والإنكليزية، إشراف على 8 رسائل دكتوراه و13 رسالة ماجستير وشارك بحضور مؤتمرات محلية وعالمية كمتحدث ومستمع، له اهتمامات بحثية في تأثير المواد و العناصر الكيميائية على أعضاء وأنسجة الفقاريات، كما له اهتمامات بحثية في سبل حماية الكائنات المهددة بالانقراض مثل السلمندر السوري. الحساب على غوغل سكولار:

https://scholar.google.com/citations?view_op=list_works&hl=ar&authuser=3&user=eijTmDMAAAAJ

المراجع

إبراهيم، دينا. (2014). دراسة إمكانية مراكمة بعض الأنواع النباتية المزروعة في حرم مصفاة بانياس للعناصر الثقيلة. رسالة ماجستير، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا.

حسين، عبد الكريم. (2016). تقدير المدخول اليومي من الرصاص والكادميوم الناتج من استهلاك لحم لانشون الدجاج في مدينة دمشق، المجلة السورية للبحوث الزراعية، **3**(1)، n/a.

Ayad, A., Mokhtar, B. and Benbarek, H. (2018). The ability of human electrochemiluminescence immunoassay to measure testosterone and progesterone in plasma ovine. *Malaysian Journal of Veterinary Research,* **9**(1), 22–32.

Bernhard, D., Rossman, A., Henderson, B., Kind, M., Seubert, A. and Wick, G. (2006). Increased serum cadmium and ctrontium levels in young smokers effects on arterial endothelial cell gene transcription. *American Heart Association*, **26**(4), 833–8.

El-Demerdash, F.M., Yousef, M.I., Kedwany, F.S. and Baghdadi, H.H. (2004). Cadmium induced changes in lipid peroxidation, blood hematology, biochemical parameters and semen quality of male rats: protective role of vitamin E and b-carotene. *Food Chem Toxicol*, **42**(10),1563–71.

Elgawish, R.A.R. and Ghanem, M.E. (2014). Effect of long-term cadmium chloride exposure on testicular functions in male albino rats. *Am J Anim Vet Sci*, **9**(4), 182–8.

Goering, P.L., Waalkes, M.P. and Klaassen, C.D. (1995). Toxicology of cadmium. In: R.A. Goyer, and M.G. Cherian (eds.) *Toxicology of Metals*. Berlin, Germany: Springer.

Husain, E.A. (2016). Taqdir almadkhul alyawmii min alrasas walkadmiuwm alnnatij min aistihlak lahm lanshun aldijaj fi madinat dimashqa 'Estimation of the daily intake of lead and cadmium resulting from consumption of chicken luncheon meat in Damascus'. *Syrian Journal of Agricultural Research*, **3**(1), n/a. [in Arabic].

Ibrahim, Dina. (2014). *Dirasat Iimkaniat Murakamat Bed Al'anwae Alnabatiat Almazrueat fi Haram Musfat Banyas Lileanasir Althaqilati* ' Study of the Possibility of Accumulating Some Plant Species Cultivated on the Campus of Banias Refinery for Heavy Metals'. Master Thesis, Tishreen University, Lattakia, Syria. [in Arabic].

Ige, S.F., Olaleye1, S.B., Akhigbe, R.E., Akanbi, T.A., Oyekunle, O.A. and Udoh, S. (2012). Testicular toxicity and sperm quality following cadmium exposure in rats: Ameliorative potentials of *Allium cepa*. *Journal of Human Reproductive Sciences*, **5**(1), 37–42.

Jurasovic. J., Cvitkovic, P., Pizent, A., Colak, B. and Telisman, S. (2004). Semen quality and reproductive endocrine function with regard to blood cadmium in Croatian male subjects. *Biometals*, **17**(6), 735–43.

Kanwar, U., Chadha, S., Batla, A., Sanyal, S.N., and Sandhu, R. (1988). Effect of selected metal ions on the motility and carbohydrate metabolism of ejaculated human spermatozoa. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, **32**(3), 195–201.

Lee, J.W., Kim, Y.E., Kim, YO., Yoo, H. and Kang H.T. (2020). Cigarette smoking in men and women and electronic cigarette smoking in men are associated with higher risk of elevated cadmium level in the blood. *J. Korean Med Sci,* **35**(2), 1–11.

Liu, J., Qu, W. and Kadiiska, M.B. (2009). Role of oxidative stress in cadmium toxicity and carcinogenesis. *Toxicol Appl Pharmacol*, **238**(3), 209–14.

Martin, S. and Griswold, W. (2009). Human health effects of heavy metals. *Environ Sci Technol*, **15**(2), 146–56.

Mendiola, J., Moreno, J.M., Roca, M., Vergara-Juarez, N., Martinez-Garcia, M.J., Garcia-Sanchez, A., Elvira-Rendueles, B., Moreno-Grau, S., Lopez-Espin, J.J., Ten, J., Bernabeu, R. and Torres-Cantero, A.M. (2011). Relationships between heavy metal concentrations in three different body fluids and male reproductive parameters: A pilot study. *Environmental Health*, **10**(1), 1–6.

Moffat, A.C., Osselton, M.D., Widdop, B. and Watts, J. (2011). *Clarke's Analysis of Drugs and Poisons in Pharmaceuticals, Body Fluids and Postmortem Material*, 4th edition. London, United Kingdom: Pharmaceutical Press.

Musa, A., Garba. M., Yakasai. I.A. and Odunola. M.T. (2011). Determination of blood levels of cadmium and zinc in humans from Zaria, Nigeria. *Woaj Ltd*, **2**(n/a), 49–54.

Saaranen, M., Kantola, M., Saarikoski, S. and Vanha-Perttula, T. (1989). Human seminal plasma cadmium: Comparison with fertility and smoking habits. *Andrologia*, **21**(2), 140–5.

Telisman, S., Cvitkovic, P., Jurasovic, J., Pizent, A., Gavella, M. and Rocic, B. (2000). Semen quality and reproductive endocrine function in relation to biomarkers of lead, cadmium, zinc, and copper in men. *Environmental Health Perspectives*, **108**(1), 45–53.

Thijssen, S., Cuypers, A., Maringwa, J., Smeets, K., Horemans, N., Lambrichts, I. and Van-Kerkhove, E. (2007). Low cadmium exposure triggers a biphasic oxidative stress response in mice kidneys. *Toxicol*, **236**(2), 29–41.

Waisberg, M., Joseph, P., Hale, B. and Beyersmann, D. (2003). Molecular and cellular mechanisms of cadmium carcinogenesis. *Toxicol*, **192**(2), 95–117.

Wang, C., Catlin, D.H., Demers, L.M., Starcevic, B. and Swerdloff, R.S. (2004). Measurement of total serum testosterone in adult men: Comparison of current laboratory methods *versus* liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J. Clin Endocrinol Metab*, **89**(2),534–43.

Zeng, X., Jin, T., Buchet, J.P., Jiang, X., Kong, Q., Ye T., Bernard, A. and Nordberg, G.F. (2004). Impact of cadmium exposure on male sex hormones: A population-based study in China. *Environ Res*, **96**(3), 338–44.

Zeng, X., Jin, T., Zhou, Y., and Nordberg, G. F. (2003). Changes of serum sex hormone levels and MT mRNA expression in rats orally exposed to cadmium. *Toxicology,* **186**(2), 109–118.

Zeng, X., Lin, T., Zhou, Y. and Kong, Q. (2002). Alterations of serum hormone levels in male workers occupationally exposed to cadmium. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, **65**(7), 513–21.

Zirkin, B.R. and Papadopoulos, V. (2018). Leydig cells: Formation, function, and regulation. *Biology of Reproduction,* **99**(1), 101–11.