مجلة جامعة الملك عبد العزيز: علوم الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة، م٢٠ ع٢، ص ص: ١٦٥-١٨٤ (١٤٣٠هـ / ٢٠٠٩م)

تأثير الكادميوم على التغيرات المرضية في الربيان الأبيض (*Penaeus indicus*) في البحر الأحمر

حسن عبد الحميد جستنية

قسم الأحياء البحرية، كلية علوم البحار، جامعة الملك عبدالعزيز

جـــــدة – المملكة العربية السعودية

المستخلص. أجريت هذه الدراسة على الربيان من نوع *Penaeus indicus*، وقد تم توفير العينات من وزارة الزراعة ممثلة في المزرعة السمكية بأبحر(جدة) على البحر الأحمر، واشتملت هذه الدراسة على استقصاء لسمية الكادميوم كأحد العناصر الثقيلة السامة على كائنات الربيان من نوع *P. indicus*، لتحديد مدى سمية العنصر، وإمكانية تراكمه في أنسجة الكائن، وتأثيره على هذه الأنسجة، وعلى ضربات القلب. تم ذلك بتعريض الكائن لتركيزات مختلفة متصاعدة من صفر إلى ٨ ميكروجرام/لتر من عنصر الكادميوم، وقد استخدمت تقنية الامتصاص الذري لقياس تركيزات العنصر، حيث تبين أن التركيز المميت للمدى الزمني ٩٦ ساعة LC_{50}^{96} من الكادميوم على ربيان *P. indicus* هو ٤,٥ ميكروجرام/ لتر من الكادميوم، وأن تركيز ٢,٥ ميكروجرام/لتر على نفس الحيوان خلال ٩٦ ساعة، يقع في حدود السمية تحت المميتة (سمية مزمنة)، بينما تبين أن تركيز ٨,٠ ميكروجرام/لتر من الكادميوم

أيضًا على نفس حيوان الدراسة يمثل التركيز الحاد، كما أوضحت الدراسة أن معدل نبضات القلب سجل ازديادًا مضطردًا مع زيادة تركيز الكادميوم، وبلغ حدًا أعلى عند تركيز ٨,٠ ميكروجرام/لتر، وهو ٢٤٦، مقارنة بـــ ١٣٩ نبضة في الدقيقة في العينة الضابطة. وقد أظهرت الدراسات النسيجية وجود أضرار واضحة في الخيوط الخيشومية، عند تركيز ٨ ميكروجرام/ لتر من عنصر الكادميوم، في حين أن ٤,٥ ميكروجرام/لتر أظهر أقل انكماش، مقارنة بعينات حوض الضابط. هذا الضرر ربما كان وراءه الزيادة في معدل نبضات القلب كرد فعل للتعويض عن كمية التنفس.

المقدمـــة

يعتبر عنصر الكادميوم من العناصر غير الضرورية (Non-essential elements) بل ويصنف على أنه عنصر سام (toxic) للكائنات الحية بشكل عام، والكائنات البحرية على وجه الخصوص، نظرًا لتأثيره البالغ على الكائنات المائية، وهو معدن أبيض اللون لين سهل الانصهار، شبيه بمعدني الزنك والقصدير في كثير من الخصائص، إلى جانب أنه سريع الذوبان في الأحماض المعدنية. ويوجد هذا المعدن في الطبيعة غالبا على هيئة ملح الكبريتيد، ويتحد في كثير من الأحوال مع خامات الزنك. ولا يعد الكادميوم من المعادن الهامة حيويا، إلا أنه يتمتع بخاصية سمية عالية، وعادة ما تتجمع أملاح الكادميوم في التربة حول المناجم والمسابك، ويتواجد كذلك في مخلفات مصانع الطلاء الكهربائي، وأعمال الصباغة والنسيج، والصناعات الكيميائية، ونفايات الصرف الصحي (Hue,1995; Reeve, 2002، مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، ١٩٨٥). وقد لاحظ بست وروس (Best and Ross, 1977) أن وجود المعادن الثقيلة في المسطحات المائية المختلفة بتراكيز عالية، قد يحيلها إلى مناطق خالية

من الحياة نتيجة لسميتها، والتي تتفاوت من كائن لآخر. كما أوضح عبدالله ورويل (Abdullah and Royle, 1972) أن كثيرًا من الكائنات المائية في مياه ويلز ببريطانيا قد هلكت، وذلك نتيجة لوجود بعض المعادن الثقيلة مثل الكادميوم، والزنك، والنحاس، والرصاص. وأثبتت دراسة أجراها الغامدي (Al-Ghamdi, 1986) على القشريات (Crustaceans) وخاصة *Daphnia pulex* أن المعادن الثقيلة (الكادميوم والزنك) لها خاصية التراكم في أجسامها. كما عرف عن الكادميوم مقدرته المؤثرة على التنظيم الأسموزى خاصة في القشريات (Jones, 1975).

ويمكن تقسيم المعادن الثقيلة إلى شديدة السمية (الألمونيوم، والزنك، والكادميوم، والرصاص ووالزئبق)، وأقل سمية (النيكل، الفانيديوم، والكوبلت) (Munoz and Camara, 2001; Sloman, 2006). ويعتبر الكادميوم من ملوثات المياه الخطيرة، بسبب خواصه التراكمية في أجسام الكائنات المائية كالأسماك والقشريات (الطيب وجرار، ١٩٨٨). وهو واسع الانتشار في القشرة الأرضية، ولكنه يكون مصاحبا على وجه الخصوص للزنك (Clark, 1989).

وقد أشار سليفان، وجنتل وآخرون، و الغامدي (Sullivan, 1978, Gentle, *et al.,* 1982, Al-Ghamdi, 1986) في دراساتهم على أنواع مختلفة من الكائنات المائية، أن سمية الكادميوم تزداد بزيادة درجة الحرارة، وانخفاض درجة الملوحة، لما لهما من تأثير على زيادة النشاطات الأيضية. وفي دراسة عن تركيز عنصر الكادميوم في مياه خليج أبحر شرق البحر الأحمر بمنطقة شمال جدة، وجد أنه يتراوح بين ٠,٤٤-١,١٠ ميكروجرام/ لتر. وتعد هذه التراكيز منخفضة، حيث أن هذا الخليج لا يستقبل موارد رئيسية للمياه العذبة،

وكذلك تبادل مياهه مع مياه البحر الأحمر محدود، ويتضح عدم وجود تلوث ظاهر بهذه المنطقة (Behairy, *et al.,* 1983).

وعند دراسة تأثير العناصر الثقيلة على نبضات القلب، وجد أن هناك تأثيرات على معدل استهلاك الأكسجين لدى اللافقاريات البحرية، (Depledge and Andersen, 1990; Bamber and Depledge, 1997). كذلك هناك تأثير على أنواع مختلفة من الهائمات البحرية، (Miao, *et al*., 2005). كما أن العناصر الثقيلة تقلل من نبضات القلب في الرخويات البحرية (Marchan, *et al.,*1999; Curtis, *et al*., 2000).

ومن المعروف أن التأثير السام للكادميوم يمكن أن يكون عند التركيزات العالية، إلا أن بعض التأثيرات غير المحسوسة يمكن أن تحدث عند تركيزات منخفضة، بالإضافة إلى أن الأحياء البحرية تستطيع تركيز الكادميوم في أجسامها ليصبح ضارًا عند التغذية بها (Forstner and Wittmann, 1981).

ويعد الربيان من القشريات ذات القيمة الغذائية العالية، ومصدر من مصادر الغذاء للإنسان، ويصاد بكمية كبيرة، ويصل طوله إلى أكثر من ٢٠سم، ويعيش على القاع، وينشط عادة بالليل، ويدفن نفسه في الرمال أثناء النهار (غباشى، ١٩٩٦).

تم في هذه الدراسة اختيار نوع من أنواع القشريات المنتشرة في البحر الأحمر ذات القيمة الاقتصادية العالية، وهو الربيان *P. indicus*، ويلاحظ وجوده عند مصبات الأودية، مما يعرضه لنسب مختلفة من العناصر الثقيلة فيما لو أقيمت مصانع على هذه الأودية، وتركيز المعادن في أجسام هذه الحيوانات ذو أثر سلبي على المستهلك " الإنسان". بالإضافة إلى أن التقدم الصناعي الذي تشهده المملكة العربية السعودية قد يؤدي إلى ارتفاع نسب هذه المعادن الثقيلة

في مياه البحر، والتي عادة ما تصاحب التقدم الصناعي، ومن هذا المنطلق بدأ الاهتمام والتركيز على هذه الدراسة.

لذلك برزت أهمية القيام بهذه الدراسة لتحديد الأثر السلبي للكادميوم ومدى إمكانية تركيزه في أنسجة الربيان *P. indicus*، وكذلك الأثر الذي يحدثه عنصر الكادميوم على أنسجة الخياشيم ومدى تأثيره على الخيوط الخيشومية وعلاقته بنبضات القلب.

المواد وطرق البحث

أجريت الدراسة على الربيان من نوع *P. indicus*، وقد تم توفير عينات الدراسة من وزارة الزراعة ممثلة في المزرعة السمكية بأبحر، حيث جمعت العينات، مع مراعاة تقارب الأوزان، ونقلت إلى المعمل. وقد استخدمت أكياس مؤكسدة لحفظ العينات حتى الوصول إلى المعمل، ثم وضعت في أحواض كبيرة خاصة بالعينات البحرية موصل بها مضخات هواء لتوفير الأكسجين اللازم، وملوحة تتراوح ما بين ٣٩ و٤٠ في الألف، وقد تركت العينات لمدة ٣-٥ أيام، وذلك حتى تتأقلم على الظروف المعملية، وبعد ذلك بدأت دراسة أثر المادة الملوثة " الكادميوم"، والتي كانت على هيئة ملح كلوريد الكادميوم ($CdC1_2, 2½ H_2O$)

تحضير المحلول القياسي وتحديد LC50

تم تحضير محلول قياسي يحتوى على ١٠٠٠ ميكروجرام/ لتر من الكادميوم وذلك بإذابة (٢,٠٣١٦ جرام) من كلوريد الكادميوم في لتر واحد من الماء المقطر. تم إجراء العديد من التجارب على تراكيز مختلفة من الكادميوم، تم تحضيرها من المحلول القياسي (٠,٥، و١,٠، و١,٥، و٨،٠٠٠ ميكروجرام/ لتر)، بالإضافة إلى الحوض الضابط، حيث احتوى كل حوض على عدد ١٠

ربيان، شريطة أن كل تجربة من التجارب أعيدت ٣-٥ مرات ومن ثم أخذ المتوسط، وذلك للحصول على (LC_{50}^{96}) للربيان، وهو التركيز الذي يقتل نصف عدد الحيوانات خلال ٩٦ ساعة (Clark,1989)..

دراسة التراكم البيولوجي " التكدس "

بعد تحديد تركيز الكادميوم الذي يقتل خمسين في المائة من (*P. indicus*) من التجارب السابقة، تم أخذ خمسة من هذه الحيوانات بالإضافة إلى حيوانات تعيش في تركيز أعلى وأخرى في تركيز أقل لمعرفة معدل التكدس أو التراكم البيولوجي "Bioaccumulation" (وقد اعتبر ماء البحر خاليًا من الكادميوم، واعتبر الحوض الذي فيه ماء البحر حوضًا للضابط). ولمعرفة ذلك وضعت كل عينة في دورق مخروطي سعته (٥٠ مل)، ونقلت إلى فرن درجة حرارته (٨٠ درجة مئوية)، وتركت العينة في الفرن لتجف تماما لمدة ٤٨ ساعة. ثم أخذ وزن العينة جافة. اتبعت طريقة كرشنامورتي وآخرون (Krishnamurty, *et al.*, 1976) لهضم العينة، وقد تم قياس تركيز الكادميوم باستخدام جهاز قياس الامتصاص الذرى Atomic Absorption Spectrophotometer(AAS) (فارين موديل ٢٥٠$^{+}$).

نبضات القلب

لدراسة أثر الكادميوم على نبضات القلب في الربيان(*P. indicus*)، تم أخذ عينات من الأحواض الكبيرة إلى المعمل، وقد بدأت الدراسة في تراكيز مختلفة من الكادميوم بحيث يكون هناك حوض ضابط (Control) وأحواض احتوت على التراكيز المنخفضة ٢,٥، و٤,٥ ميكروجرام/ جم من الكادميوم وLC_{50}^{96}، وكذلك التركيز العالي ٨,٠ ميكروجرام/ لتر من الكادميوم.

وقد بدأت التجربة بوضع عينة في كل حوض، حيث استخدمت نبضات القلب كمؤشر للاستجابات الفسيولوجية التي يقوم بها الحيوان، نتيجة للتغيرات في تراكيز الكادميوم المضاف للربيان(*P. indicus*). وقد تم قياس معدل هذه النبضات بالطريقة التي اتبعها المراجع: Hoggarth and Trueman, (1967)، و Taylor (1976) و Eshky, (1985)، بعد ذلك تم تسجيل النبضات على شريط ورقي مركب على نفس الجهاز، وبعد هذه العملية تمّ أخذ الورق، وعد عدد ضربات القلب في كل دقيقة. سجلت جميع القياسات لمعدل ضربات القلب في أوساط مائية ذات تراكيز أكسيجينية مرتفعة، وذلك لتجنب تأثير نقص كمية الأكسجين في الماء، الأمر الذي قد يكون له تأثير على معدل ضربات القلب.

الدراسة النسيجية

لعمل الدراسة النسيجية (Histological study) على الخياشيم، تم استخلاص الخياشيم، ووضعت في محلول بوان (Bouin's fluid) كمثبت، وتركت لمدة تتراوح من ٢٤-٤٨ ساعة، ثم غسلت عدة مرات في كحول تركيزه ٥٠٪ حتى يختفي اللون الأصفر، ثم نقلت إلى كحول ٧٠٪، ثم بدأت عملية نزع الماء (Dehydration) في تراكيز تصاعدية من الكحول (٨٠٪، و٩٠٪، و٩٥٪، و١٠٠٪)، وتم الترويق في الزيلين (Clearing) تدريجيا ثم الطمر تبعًا لطريقة دريري وآخرون (Drury, *et al.,* 1967)، وبعد ذلك تم عملية طمر العينات (Embedding) في قوالب من الشمع المنصهر. وتم التقطيع بواسطة جهاز الميكروتوم (Microtome) بسمك ٣-٥ ميكرون، ثم صبغت القطاعات بواسطة الصبغة الروتينية هيماتوكسلين وأيوسين(Bancroft and Stevens,1986). بعد ذلك تم فحصها مجهريا لدراسة ما حدث بالأنسجة من تغيرات، ثم تصويرها.

التحليل الإحصائي

أجري التحليل الإحصائي للبيانات الناتجة من الدراسة من خلال عمل تحليل التباين Analysis of variance، وبعد ذلك تم عمل مقارنة للمتوسطات بواسطة اختبار أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية ($P<0.05$) طبقا للنخلاوي (٢٠٠٨).

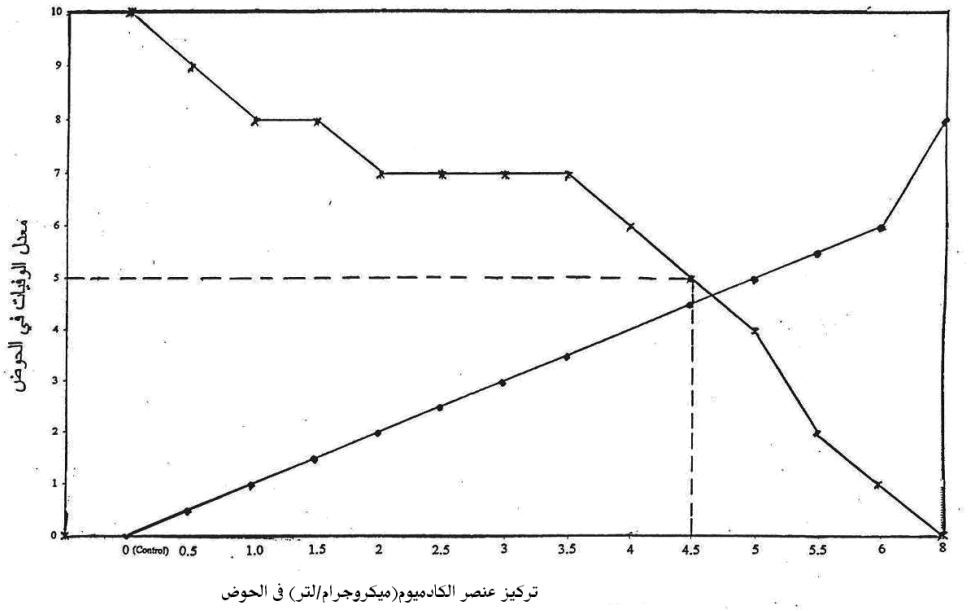
النتائج

التراكم البيولوجي

أثبتت التجارب في هذا البحث على الروبيان *(P. indicus)* مدى سمية الكادميوم، إذ أن هناك علاقة طردية بين زيادة التركيز ومعدل الوفيات ($P<0.001$)، ويتضح ذلك في الشكل (١) والذي يبين أثر الكادميوم على الربيان في تراكيز مختلفة (٠,٥، و١، و١,٥، و ... ٨,٠ ميكرجرام/ لتر)، ومن الشكل يمكن استنتاج أن التركيز ٤،٥ ميكرجرام/ لتر من الكادميوم، هو التركيز الذى يصل فيه معدل الوفيات، إلى نصف عدد العينات خلال ٩٦ ساعة $LC50^{96}$ ($P<0.001$) على الربيان (*P. indicus*)، وذلك عند مقارنته بعينات حوض التحكم.

توضح متوسطات تركيز الكادميوم في العضلات تحت تأثير تركيزات من الكادميوم في الوسط، والمعروضة في جدول (١)، أن هناك زيادة معنوية في متوسط تركيز الكادميوم في العضلات، مع زيادة تركيز الكادميوم في الوسط، حيث كان أقل تركيز للكادميوم في العضلات هو الناتج من معاملة المقارنة (٠,٠٩٣٢ ميكرجرام/جم وزن جاف)، ومع زيادة التركيز في الوسط إلي ٢,٥ ميكرجرام/ لتر، ارتفع متوسط تركيز الكادميوم في العضلات معنويًا إلى ١,١١٥٨ ميكرجرام/جم وزن جاف، ثم ازداد معنويًا إلى ٢,٤٨١٦ ميكرجرام/جم وزن جاف مع زيادة التركيز في الوسط إلى ٤,٥ ميكرجرام/ لتر، وكان أعلى

تركيز للكادميوم في العضلات هو الناتج مع تركيز ٨,٠ ميكرجرام/ لتر، وذلك بمتوسط ٦,١٢٦٩ ميكرجرام/ جم وزن جاف.



شكل (١). أثر الكادميوم على الربيان في تراكيزه المختلفة مع متوسطات معدل الوفيات.

جدول ١. تأثير مدة التعرض للكادميوم على متوسط معدل تركيزه في عضلات الربيان *P. indicus* خلال تراكيز مختلفة.

تركيز الكادميوم في الوسط ميكروجرام/لتر	مدة التعرض للكادميوم (ساعة)	متوسط تركيز الكادميوم في العضلات (ميكروجرام/جم وزن جاف)
الضابط	٩٦	٠,٠٨٢٢ ±٠,٠٩٣٢ د*
٢,٥	٩٦	٠,٦٤٧٢ ±١,١١٥٨ ج
٤,٥	٩٦	٠,٥٧٥٨ ±٢,٤٨١٦ ب
٨,٠	٢٤	٠,٦٩٦٦±٦,١٢٦٩ أ

* المتوسطات التي تتبع بنفس الحرف لا تختلف معنويًا عن بعضها طبقًا لاختبار LSD عند مستوي معنوية (P) ≤ 0.05

تأثير الكادميوم على معدل ضربات القلب

توضح النتائج المعروضة في جدول (٢) أنه مع زيادة تركيز الكادميوم، فإن ضربات القلب تزداد معنويًا من تركيز إلى آخر، سواء كانت القيم الصغرى، أو القيم الكبرى، أو متوسط نبضات القلب.

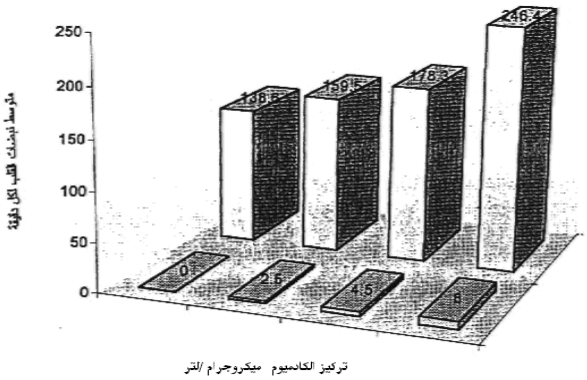
وبمقارنة متوسطات نبضات القلب، توضح النتائج أن أقل متوسط كان تحت تأثير معاملة المقارنة بمتوسط ١٣٨ نبضة/دقيقة، وازدادت النبضات معنويًا مع زيادة التركيز إلى ٢,٥ ميكروجرام/ لتر، حيث ارتفعت إلى ١٥٩ نبضة/ دقيقة، ثم ارتفع المتوسط معنويًا ليصل إلى ١٧٩ نبضة/ دقيقة، مع زيادة تركيز الكادميوم إلى ٤,٥ ميكروجرام/ لتر، ووصل أعلى متوسط لنبضات القلب وهو ١٤٧ نبضة/ دقيقة، وذلك تحت تأثير ٨,٠ ميكروجرام/ لتر من الكادميوم (جدول ٢).

جدول ٢. أعلى وأصغر قيمة ومتوسط القيم لنبضات القلب للربيان *P. indicus* من البحر الأحمر المسجلة خلال دقيقة عند تراكيز مختلفة من عنصر الكادميوم.

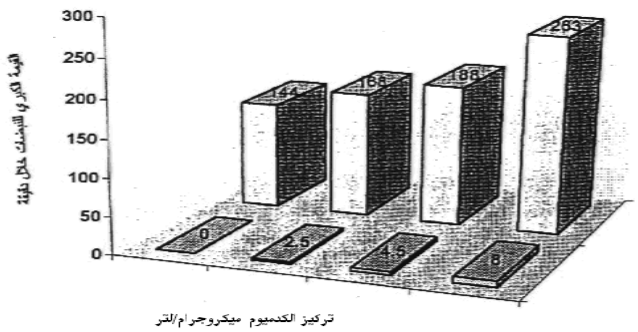
تركيز الكادميوم ميكروجرام/ لتر	القيمة الصغرى للنبضات خلال دقيقة	القيمة الكبرى للنبضات خلال دقيقة	متوسط نبضات القلب خلال دقيقة± الخطأ المعياري
الضابط	١٣٢د	١٤٤د	١٣٨ ±٣,٩٨د*
٢,٥	١٥٠ج	١٦٨ج	١٥٩ ±٥,٤٤ج
٤,٥	١٧٠ب	١٨٨ب	١٧٩ ±٦,٥٣ب
٨,٠	٢٣٠أ	٢٦٣أ	٢٤٧ ± ١١,٩٦أ

* المتوسطات المتبوعة بنفس الحروف لا تختلف معنويًا عن بعضها طبقًا لاختبارLSD عند مستوي معنوية ($p \leq 0.05$).

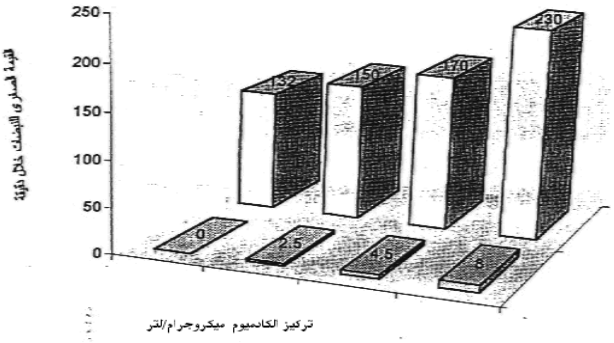
وتمثل الأشكال (٢، ٣، ٤) على التوالي معدل ضربات القلب في الربيان (*P. indicus*)، في أوساط مائية ذات تراكيز مختلفة لعنصر الكادميوم كالتالى (٢,٥، و٤,٥، و٨,٠) ميكروجرام/لتر، بالإضافة لحوض المقارنة.



شكل (٢). متوسط نبضات القلب لكل دقيقة في تراكيز مختلفة من الكادميوم على الربيان *P. indicus* من البحر الأحمر.



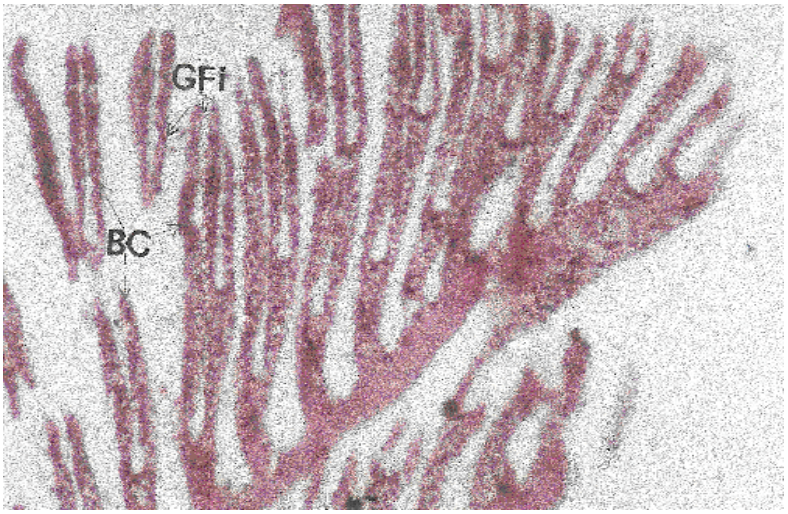
شكل (٣). أعلى قيمة وصلت إليها نبضات القلب خلال دقيقة في تراكيز مختلفة من الكادميوم على الربيان *P. indicus* من البحر الأحمر.



شكل (٤). أصغر قيمة سجلت لنبضات القلب خلال دقيقة في تراكيز مختلفة من الكادميوم على الربيان *P. indicus* من البحر الأحمر.

الدراسة النسيجية للخياشيم

من خلال دراسة ضربات قلب الربيان (*P. indicus*)، وجد أن هناك اختلافاً في ضربات القلب مع زيادة التركيز، وذلك بالمقارنة بالحيوان الطبيعى (حوض التحكم). وقد أوضحت النتائج أن الخيوط الخيشومية (Gill Filaments) طويلة وواضحة (كأسنان المشط) كما في شكل (٥)، كذلك نلاحظ أن الخيوط الخيشومية غير متلاصقة ولا يوجد بها انتفاخ عند القمم.



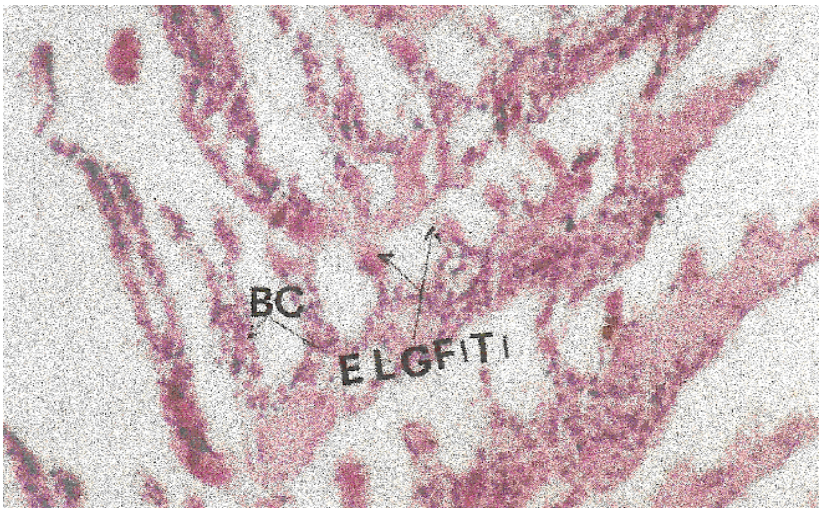
شكل (٥). الخيوط الخيشومية في الربيان.

(GFi): صورتها الطبيعية غير المتأثرة.

(BC): الإمداد الدموي في الخلايا الدموية واضح.

أما في تركيز ٤,٥ ميكروجرام/لتر من الكادميوم لمدة ٩٦ ساعة، فقد لوحظ ان الإمداد الدموى غير طبيعي مقارنة بحيوان حوض التحكم، إضافة إلى ذلك بدأ انكماش الخيوط الخيشومية مع الاحتفاظ بتكوينها العام، ولكن بصورة أقل منها بكثير عما هى عليه في الضابط كما في شكل (٦). كذلك يلاحظ بداية انفجار في بعض قمم الخيوط الخيشومية، وذلك نتيجة لزيادة الدم الوارد إليها بشكل ظاهر، مما أدى إلى تمزق طلائية كثير من الخيوط الخيشومية، ليخرج

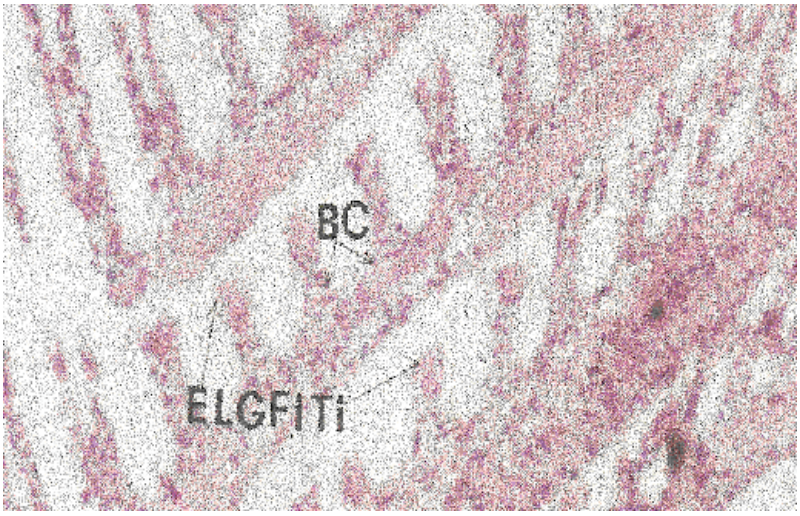
الدم ويختلط بالمواد المخاطية التى تفرزها الخلايا المفرزة للمخاط، خاصة عند قواعد الخيوط الخيشومية، وظهر ذلك واضحا كأعمدة خلوية في المسافات التى تفصل الخيوط عن بعضها البعض.



شكل (٦). الانكماش في الخيوط الخيوشومية ذات القمم المتضخمة(ELGFiTi) تحت تأثير تركيز ٤,٥ ميكروجرام/لتر كادميوم لمدة ٩٦ ساعة.

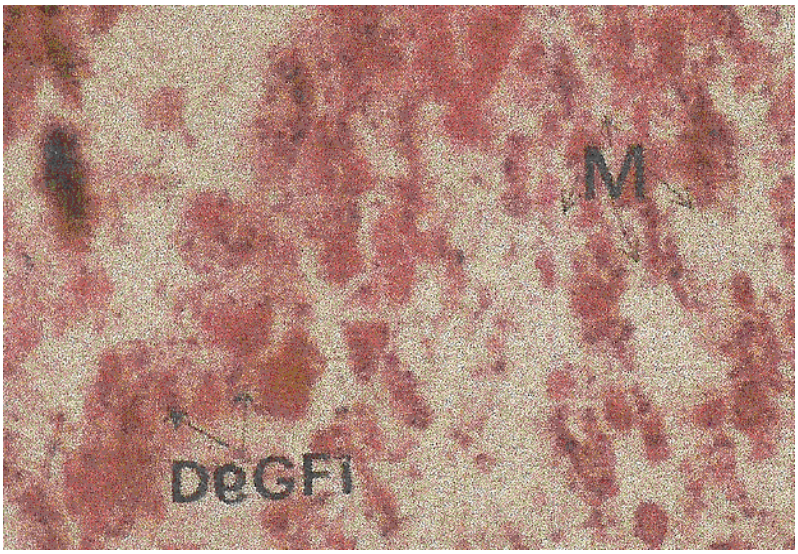
أما في تركيز ٨,٠ ميكروجرام/لتر من الكادميوم لمدة ٢٤ ساعة، فقد لوحظ أن الخيوط الخيشومية قد انتفخت بشكل عام، فزاد قطرها وقل طولها، وذلك نتيجة لتوارد كميات كبيرة من الدم إليها، ويظهر ذلك بصورة واضحة عند قمم الخيوط الخيشومية والتى تضخمت بشكل واضح بحيث أصبحت صولجانية الشكل، وفي هذه المناطق امتلأت الخيوط الخيشومية بكريات الدم بشكل ملفت للنظر، وأدى زيادة قطرها إلى ظهورها على هيئة جيوب دموية متفاوتة في الشكل والحجم. وقد أدى هذا الضغط الدموي المتزايد إلى تمزق الحدود الخارجية لكثير من الخيوط الخيشومية، وانفلات الدم خارجا منها. هذا وقد لوحظ في كثير من الخيوط الخيشومية ضعف تكوينها إلى حد كبير، كذلك

التراجع إلى الخلف نحو قواعد الخيوط الخيشومية حيث يندثر معظمها كما في شكل (٧)، بالإضافة إلى ظهور التلاصق الشديد بين الخطوط الخيشومية، فظهرت ككتل متماسكة مما أثر على شكل وحجم الخيوط الخيشومية بدرجة كبيرة، وقد ساعد على هذا التلاصق كثرة الإفرازات المخاطية من الخلايا المفرزة للمخاط خاصة عند قواعد الخيوط، ونتج عن كل ذلك الحيلولة دون قيام كل من التراكيب الخيشومية بوظيفتها في عملية التبادل الغازى.



شكل (٧). انكماش وتراجع الخيوط الخيشومية إلى الخلف نحو قواعدها ومن ثم اندثارها.

أما تركيز ٨,٠ ميكروجرام/ لتر من الكادميوم عند ٥٢ ساعة، فقد أدى الإمداد الدموي العالى جدا بها، إلى التلاصق الشديد وتمزق الخيوط الخيشومية، مما أدى إلى نقصان مساحة التبادل الأيوني، وبدوره أدى إلى اختناق الحيوان. كذلك يلاحظ تهتك واضح في الخلايا الطلائية مما أدى إلى اندفاع كريات الدم إلى الخارج من النسيج الأساسي للخيوط، وقد التصقت بالمواد المخاطية المفرزة بكثرة، وظهرت في شكل سحب مما أدى إلى تغير تام في الشكل العام للخيوط الخيشومية كما في شكل (٨).



شكل (٨). الخيوط الخيشومية في الربيان المعامل بالكادميوم بتركيز ٨,٠ ميكروجرام/لتر لمدة ٥٢ ساعة.

(DeGFi) تمزق في الخيوط الخيشومية.

(M) كثرة المواد المخاطية المفرزة.

المناقشـــة

دلت هذه الدراسة والتى أجريت على الربيان الأبيض من نوع *P. indicus* على مدى سمية عنصر الكادميوم، وأنه ذو تأثير سام مما أدى إلى موت الربيان المعرض لتراكيز ٢,٥، و٤,٥، و٨,٠ ميكروجرام/ لتر. وذلك بزيادة معنوية مع زيادة التركيز حيث أدت زيادة التركيز، إلى زيادة نسبة معـــدل الوفيـــات فـــي الحوض. ففي التركيز ٨,٠ ميكروجرام/ لتر، كان الكادميوم ذو تأثير شديد على الربيان *P. indicus*. في المقابل نجد أن حيوانات الدراسة لم تتأثر كثيرًا بتركيز ٢,٥ ميكروجرام/ لتر كادميوم لمدة ٩٦ ساعة، وذلك إذا ما قورن بتركيـــز ٨,٠ ميكروجرام/ لتر. أما ٤,٥ ميكروجرام/ لتر كادميوم فقد أدى إلى معدل وفيـــات ٥٠٪ بعد ٩٦ ساعة. وقد اتفقت هذه النتائج مع ما توصل إليه كل من الـــسلمي

والغامدي (Al-Salami, 1979; and Al-Ghamdi, 1986). على أن الكادميوم ذو أثر سام، بل وقاتل لكثير من الكائنات، سواء في المياه العذبة أو المالحة، كذلك تتفق مع ما توصل إليه سرحان (١٩٩٦)، والذى أشار إلى مدى سمية الكادميوم، وذلك في تجاربه على أسماك البلطى. وقد تعزى السمية العالية للكادميوم، إلى أنها ناتجة عن تشابهه مع الزنك في التركيب الذري، فيحتل مكانه في الجهاز الأنزيمي للكائنات الحية (Mahler and Cords, 1968).

وكما هو معروف، فإن المعادن تتركز في أنسجة الكائنات الحية سواء كانت ضرورية للكائن الحي أم لا (الطيب وجرار، ١٩٨٨). وهذا هو الحال بالنسبة للكادميوم، والذى يعد ضارًا بأى تركيز، وقد يلحق الضرر بالسلاسل الغذائية، ويمتد ضرره إلى الإنسان بشكل مباشر، وذلك عند تغذيته على تلك الكائنات. وقد أكدت نتائج هذه الدراسة أن الكادميوم يتراكم في جسم الربيان *P. Indicus*، ويتفاوت ضرره مع زيادة التركيز. فقد اتضح أن معدل تراكم الكادميوم يتناسب تناسبا معنويا مع زيادة التركيز في الوسط، وكذلك مدة التعرض، وقد اتفق ذلك مع دراسة وايت ورانبو (White and Rainbow, 1982; and Al-Ghamdi, 1986)، وأيضا الفيفي (١٩٩٦) وسرحان (١٩٩٦).

أما فيما يخص ضربات القلب، فقد درس برون وآخرون (Brown, *et al.* 2004) تأثير بعض العناصر الثقيلة مثل النحاس على معدل نبضات القلب لبعض اللافقاريات البحرية مثل السرطان البحري وبلح البحر، ولاحظوا انخفاض معدل نبضات القلب عند التعرض لتركيزات مختلفة من النحاس، والذي يؤدي إلى ردود سلبية على عمليات الأيض. أما يان ووانج (Yan and Wang, 2001) فقد لاحظا أن زيادة التركيز لبعض العناصر الثقيلة في الرسوبيات تؤدي إلى زيادة تركيز العناصر بشكل مباشر في أنسجة حيوان *Sipunculus nudus* والذي يؤدي بدوره إلى زيادة نبضات القلب بشكل مباشر. وقد لاحظ نيمو وآخرون

(Nimmo, *et al*., 1977) في تجاربهم على الربيان الـــ *Penaeus duoranum* عند تعريضه لعنصر الكادميوم أنه يؤدى إلى تدمير في الصفائح الخيشومية، مما يؤدي بدوره إلى صعوبة في التنفس، وبالتالي مضاعفة ضربات القلب لتعويض المساحة الخيشومية. وأكدت الدراسة الحالية هذا التعليل، حيث لوحظ من خـــلال الدراسة النسيجية للخياشيم، أن هناك تغيرات وأضرار ملحوظـــة فـــي جميـــع التراكيز، حيث تضخمت الخيوط الخيشومية، وزاد امـــتلاء الأوعيـــة الدمويـــة بكريات الدم الحمراء، فزاد الضغط على الصفائح الخيشومية المنتفخة، وتمزقت الطلائية السطحية للخيوط الخيشومية، وانكمشت الخيوط الخيشومية المنتفخـــة، وزاد إفراز المخاط، وانفجرت الخيوط الخيشومية في التراكيز العالية للكـــادميوم (٨,٠ ميكروجرام/ لتر).

ويعد الربيان *P. indices* من القشريات ذات الأهمية الاقتصادية، وهـــو ذو قيمة غذائية عالية، خصوصًا للإنسان. وكما يتضح من هذه الدراســـة أن هـــذه الكائنات استطاعت تركيز الكادميوم في عضلاتها، مما قد يؤثر على الـــسلاسل الغذائية، الأمر الذى قد يؤثر أيضًا بصورة مباشرة على الإنسان. لذلك وجبـــت الحيطة والحذر، وخصوصًا عند إنشاء المصانع بالقرب من الأودية، ومجـــاري السيول، لأن ذلك قد يسهل وصول الملوثات عمومًا إلى البيئة البحرية، ومن ثـــم تراكمها بواسطة الكائنات البحرية، والتى منها الربيان، والذي عادة مـــا يكثـــر تواجده في السواحل الرملية بشكل عام. وعمومًا فإن تركيز الكادميوم حتى ولو كان قليلاً وليس ذو أثر مباشر على الربيان، فإن تركيزه في أنسجتها قد يـــؤثر بدوره على المستهلك.

الشكر والتقدير

يشكر الباحث الأستاذ لافي السلمي الذي قام بعمل الـــشرائح وتـــصويرها وطباعتها بجهاز الميكروسكوب الضوئي.

المراجـــع

أولاً: المراجع العربية

الفيفى، سمير عبد الله (١٩٩٦) تأثير الزنك على أسماك البلطي، *رسالة ماجـــستير*، جامعـــة الملك عبدالعزيز (جدة)، المملكة العربية السعودية.

النخلاوي، فتحي سعد (٢٠٠٨) *مبادئ الاحصاء وتصميم وتحليل التجارب البيولوجية*، مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبدالعزيز، المملكة العربية السعودية.

الطيب، نورى طاهر، وجرار، بشير محمود (١٩٨٨) *قياس التلوث البيئى*، دار المريخ للنشر، (الرياض)، المملكة العربية السعودية.

غباشي، عبد الفتاح علي (١٩٩٦) *اللافقاريات البحرية*، جامعة قطر.

سرحان، صالح (١٩٩٦) التأثيرات النسيجية المرضية للكادميوم على أسماك البلطي، *رســـالة ماجستير*، جامعة الملك عبدالعزيز (جدة)، المملكة العربية السعودية.

مصلحة الأرصاد وحماية البيئة (١٩٨٥) مرجع موجز *عن الملوثـــات البيئيـــة وتأثيراتهـــا*، إصدارات مصلحة الأرصاد، المملكة العربية السعودية.

ثانيًا: المراجع الأجنبية

Abdullah, M.I. and **Royle, L.G.** (1972) Heavy metal concentration in coastal waters, *Nature,* **253**: 159-160.

Al-Ghamdi, H.S. (1986) Studies on the effect of heavy metals on fresh water crustaceans, *Ph.D. Thesis,* University of Wales, U.K.

Al-Salami, M.A. (1979) Effect of heavy metals on fresh water crustaceans, *Ph.D. Thesis,* University of Wales, UK.

Bamber, S.D. and **Depledge, M.H.** (1997) Responses of shore crabs to physiological challenges following exposure to selected environmental contaminants, *Aquat. Toxicol*., **40**: 79-92.

Bancroft, J.D. and **Stevens, A.** (1986) *Theory and Practice of Histological Techniques,* Second edition, Chuchill-Livingstone, New York, p.570.

Behairy, A.K.A, El-Rayis, O.A. and **Ibrahim, A.M**. (1983) Preliminary investigations of some heavy metals in water, sediments and plankton in Obhur creek (Eastern Red Sea), *J. Faculty of Marine Science,* **3**: 129-139.

Best, G.A. and **Ross, S.L.** (1977) *River Pollution Studies,* Liverpool, University Press.

Brown, R.J., Galloway, T.S., Lowe, D., Browne, M.H., Dissanayake, A., Jones, M.B. and **Depledge, M.H**. (2004) Differential sensitivity of three marine invertebrates to copper assessed using multiple biomarkers, *Aquatic Toxicol.,* **66**: 267-278.

Clark, R.B. (1989) *Marine Pollution*, Clarendon Press, Oxford, p. 220.

Curtis, T.M., Williamson, R. and **Depledge, M.H.** (2000) Simultaneous, long-term monitoring of valve and cardiac activity in the blue mussel *Mytilus edulis* exposed to copper, *Mar. Biol.,* **136**: 837–846.

Depledge, M.H. and **Andersen, B.B.** (1990) A computer-aided physiological monitoring-system for continuous, long-term recording of cardiac activity in selected invertebrates, *Comp. Biochem. Physiol.,* **96**: 473–477.

Drury, R.A.B., Wallington, E.A. and **Cameron, R.** (1967) *Carleton's Histological Technique*, (4th Ed.), Oxford University.Press, New York, Toronto.

Eshky, A.A. (1985) Aspects of the ecology, behaviour and physiology of the Ghost crab *Ocypode saratan* (Forskal), *Ph.D. Thesis,* Glasgow University, UK.

Forstner, V. and **Wittmann, G.T.W.** (1981) *Metal Pollution in the Aquatic Environment,* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. p. 486.

Gentle, S.M., Gentle, J.H., Walker, J. and **Heltshe, J.F.** (1982) Chronic effects of cadmium on two species of mysiol shrimp *Mysidopsis bokia* and *Mysidopsis bigelowi*, *Hydrobiologia,* **93**: 195-204.

Hoggarth, K.R. and **Trueman, E.R.** (1967) Techniques for recording the activity of aquatic invertebrates, *Nature*, *Lond*., **213**: 1050-1051.

Hue, N.V. (1995) Sewage sludge, In: J.E. Rechcigl, (ed.) *Soil Amendments and Eenvironmental Quality*, CRC Lewis Publishers, Florida.

Jones. M.B. (1975) Synergistic effects of salinity, temperature and heavy metals on mortality and osmoregulation in marine and estuarine isopods (Crustacea), *Mar.Biol*., **30**: 13-20.

Krishnamurty, K.V., Shpirt, E. and **Reddy, M.M**. (1976) Trace metal extraction of soil and sediments by nitric acid hydrogen peroxide, *Atomic Absorption News Letter,* **15**: 68-70.

Mahler, H.R. and **Cords. E.H**. (1968) *Biological Chemistry*, Harper and Row, New York.

Marchán, S., Davies, M.S., Fleming, S. and **Jones, H.D.** (1999) Effects of copper and zinc on the heart rate of the limpet *Patella vulgata* L. Comp., *Biochem*. *Physiol*., **123**: 89–93.

Miao, A.J., Wang, X. and **Juneau, P.** (2005) Comparison of Cd, Cu and Zn toxic effects on four marine phytoplankton by pulse amplitude modulated fluorometry, *Environ. Toxicol. Chem.,* **24**(10): 2603-2611.

Munoz, O.R. and **Camara, C.** (2001) Speciation related to human health, In: L. Ebdon, L. Pitts, R. Cornelis, H. Crews, O.F.X. Donard and P. Quevauviller (ed.), *Trace Elements Speciation for Environment, Food and Health,* The Royal Society of Chemistry, pp: 331-353.

Nimmo, R.D.W.; Lightner, V.D. and **Bahner, H.L.** (1977) Effects of cadmium on the shrimps, Penaueus duoranum, Poloemontetes pugio and Palaemontetes vulgaris, In: *Physiological Responses of Marine Invertebrates to Pollutants,* F.J. Vernberg, A. Calabrese, F.P. Thurberg, (ed.), Vernberg Academic Press, New York. Pp: 131-183.

Reeve, R.N. (2002) *Introduction to Environmental Analysis*, John Wiley and Sons Inc, New York.

Sloman, K.A. (2006) Effects of trace metals on Salmonid fish: The role of social hierarchies, *Appl. Animal Behaviour Sci*., **104**: 326-345.

Sullivan, J.K. (1978) Effects of salinity and temperature on the acute toxicity of cadmium to the estuarine crab *Paragnapsus gainardii* (Mile Edwards), *Aust. J. Mar. Fresh Water Res*., **28**: 739-743.

Taylor, A.C. (1976) The respiratory responses of *Carcinus maenas* to decline oxygen tension, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*., **93**: 197-208.

White, S.L. and **Rainbow, P.S.** (1982) Regulation and accumulation of copper, zinc and cadmium by the shrimp *Palamon elegans*, *Mar. Ecol. Prog. Ser*., **8**(1): 95-102.

Yan, Q. and **Wang, W.** (2002) Metal exposure and bioavailability to a marine deposit-feeding Sipuncula, *Sipunculus nudus Environ., Sci. Technol.,* **36**(1): 40-47.

Effects of Cadmium on Histopathological Changes of Shrimp (*Penaeus indicus)* in the Red Sea

H. A. Jastania
Marine Biology Department, Faculty of Marine Science, King Abduaziz University, Jeddah, Saudi Arabia

Abstract. This study was conducted on the type of shrimp *Penaeus indicus* samples provided from the Ministry of Agriculture, representing the farm fish Obhor (Jeddah) on the Red Sea. This study aimed to study the effect of exposure of shrimps to different concentrations of cadmium on gill filaments and heart rate, as well as, its bioaccumulation in tissues. Cadmium concentrations ranged from 0.0 to 8.0 µg /L. Concentrations of cadmium were measured using atomic absorption spectrophotometer. The lethal concentration ^{96}LC50 was found to be 4.5 µg /L Cd and the 2.5 µg /L Cd fell within the range of sublethal (chronic) toxicity, whereas the 8.0 µg /L Cdrepresented the ^{24}LC50 level of toxicity. The study revealed that the heart rate showed a regular increase with increased Cd concentration reaching a maximum rate of 246 heart beat per minute at 8.0 µg /L Cd compared to 139 heart beat per minute for controls. The histological studies further revealed the presence of explicit damage in gill filaments at Cd levels of 8.0 µg /L, whereas at 4.5 µg /L Cd level an obvious contraction of gill was observed as compared to unchanged control samples. This damage was believed to have caused the animal to increase its heart beat rate as a reaction to compensate for the loss in respiratory area