



ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΞΕΝΩΝ ΓΛΩΣΣΩΝ, ΜΕΤΑΦΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΕΡΜΗΝΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ

ΠΡΕΒΕΝΤΑ ΘΕΟΔΩΡΑ (Ξ2013077)

ΜΕ ΘΕΜΑ:

Μετάφραση : «Toxicological Risk Assessment of Lead (Pb) Contamination in Public Water System in Lagos Metropolis, Nigeria», Olusola Togunde, Tam-Miette Dawari Briggs, Nnamdi Henry Amaeze, Henry Ebele Obanya του Environmental Toxicology and Pollution Management Unit, Department of Zoology, University of Lagos, Lagos, Nigeria που δημοσιεύθηκε Online το 2019 στο Journal of Environmental Protection.

ΔΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΠΟΠΤΕΙΑΣ:

ΚΕΡΑΜΙΔΑΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ

ΠΑΡΙΑΝΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

ΚΕΡΚΥΡΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2020

Μετάφραση : «Toxicological Risk Assessment of Lead (Pb) Contamination in Public Water System in Lagos Metropolis, Nigeria»

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	5
ΚΥΡΙΟ ΣΩΜΑ.....	7
Μετάφρασμα.....	7
Πρωτότυπο Κείμενο.....	28
Σχόλια.....	45
Βιβλιογραφία.....	54

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Φτάνοντας στο τέλος της ακαδημαϊκής μου πορείας, επέλεξα να κλείσω αυτόν τον κύκλο με την μετάφραση ενός κειμένου που θίγει, κατά τη γνώμη μου, ένα ζήτημα που δεν θα έπρεπε να υφίσταται εν έτη 2020. Πρόκειται για τη μόλυνση από μόλυβδο, ένα τοξικό μέταλλο το οποίο υπάρχει στο σύστημα ύδρευσης μιας αναπτυσσόμενης χώρας, της Νιγηρίας. Τον Απρίλιο του 2014 στο Φλιντ της πολιτείας Μίσιγκαν στις ΗΠΑ οι αρχές αποφάσισαν για λόγους οικονομίας να δημιουργήσουν ένα τοπικό δίκτυο υδροδότησης αντλώντας νερό από τον ποταμό Φλιντ. Το νερό του ποταμού προκάλεσε διαβρώσεις στις παλιές σωληνώσεις της πόλης με αποτέλεσμα τη μόλυνση του πόσιμου νερού από μόλυβδο. Ως αποτέλεσμα χιλιάδες άνθρωποι δηλητηριάστηκαν από μόλυβδο, ενώ σύμφωνα με την έρευνα του Πανεπιστημίου Virginia Tech ο αριθμός των παιδιών που εμφάνισαν αυξημένα επίπεδα μολύβδου στο αίμα τους διπλασιάστηκε. Η κρίση νερού στο Φλιντ οδήγησε σε σειρά ερευνών και τελικά σε προτάσεις για την αλλαγή των κανονισμών που αφορούν τα δίκτυα υδροδότησης στις ΗΠΑ.

Το νερό για όλες τις δυτικές κοινωνίες είναι ένα αγαθό που θεωρείται δεδομένο, και υπάρχει σε όλα τα σπίτια. Το αντιμετωπίζουμε σαν δικαίωμά μας, να έχουμε καθαρό, τρεχούμενο και πόσιμο νερό στα σπίτια μας, χωρίς πάντα να το σεβόμαστε και να καταλήγουμε να το σπαταλάμε. Εάν παρ' όλα αυτά υπάρξει μια διακοπή νερού, αυτό αμέσως μας προκαλεί δυσφορία και πολλές απόγνωση. Ωστόσο η κρίση νερού στο Φλιντ και οι συγκεντρώσεις μολύβδου που υπάρχουν σε αναπτυσσόμενες χώρες, όπως η Νιγηρία, αποδεικνύουν πως ο κίνδυνος της μόλυνσης από μόλυβδο και συνεπώς της δηλητηρίασης από μόλυβδο παραμένει υψηλός ακόμη και το 2020. Ταυτόχρονα τα συμπτώματα που προκαλεί η δηλητηρίαση από μόλυβδο είναι τουλάχιστον ανησυχητικά και πολλές φορές μπορεί να οδηγήσουν στο θάνατο. Δεν μπορώ ούτε καν να φανταστώ λοιπόν, τι μπορεί να αισθάνονται αυτοί οι άνθρωποι που εν ολίγοις δηλητηριάζονται καταναλώνοντας νερό υψηλό σε μόλυβδο.

Επέλεξα λοιπόν ένα κείμενο με τεχνική ορολογία, της οποίας, όμως, το λεξιλόγιο μπορεί να ενσωματωθεί και στην καθημερινή χρήση της γλώσσας καθώς θα έπρεπε πιο πολύς κόσμος να ενημερωθεί γι αυτό το ζήτημα, εφόσον το καθαρό νερό και η ύδρευση είναι μια καθημερινή ανάγκη του ανθρώπου και δεν θα έπρεπε σε καμία περίπτωση να θεωρείται πολυτέλεια.

Ύστερα από μελέτη-έρευνα που διεξήχθη σε ποντικούς, μετά την έκθεσή τους σε δείγματα νερού από τρεις διαφορετικές περιοχές του Λάγκος της Νιγηρίας, βρέθηκαν μερικά αρκετά ανησυχητικά αποτελέσματα.

Αρχικά όλοι οι ποντικοί, ανεξαρτήτως φύλλου, βάρους, και ποσοστού έκθεσης σε μόλυβδο, παρουσίασαν πολλές και ανώμαλες αυξομειώσεις βάρους, ενώ σε σχεδόν όλες τις περιπτώσεις η απότομη απώλεια βάρους συνοδευόταν από εξίσου απότομη αύξηση βάρους. Αυτό φυσικά και δεν ήταν το μόνο εύρημα, καθώς παρατηρήθηκε

επίσης μείωση των λευκών αιμοσφαιρίων, που οδήγησε σε ολική νέκρωση του ήπατος.

Συνεπώς, η έκθεση στο μόλυβδο απειλεί άμεσα τη ζωή των ανθρώπων που κατοικούν σε αυτές τις περιοχές, καθώς η χρόνια έκθεση του ανθρώπου σε ποσότητες μολύβδου μπορεί να προκαλέσει μια σειρά παθήσεων όπως δηλητηρίαση, καρκίνο ή κύρωση του ήπατος και μπορεί να οδηγήσει μέχρι και στο θάνατο.

Ενώ λοιπόν η επιστημονική κοινότητα είναι ενήμερη επί του θέματος, και ενώ κατά καιρούς γίνονται προσπάθειες επίλυσης του προβλήματος, αυτές οι λύσεις δεν είναι παρά μόνο προσωρινές, και το πρόβλημα επιστρέφει συνεχώς και απειλεί καθημερινά αυτούς τους ανθρώπους, πολλοί από τους οποίους είτε έχουν παντελή άγνοια του ζητήματος, είτε δεν έχουν άλλη επιλογή από το να χρησιμοποιούν αυτό το μολυσμένο νερό.

Για αυτό λοιπόν πιστεύω πως η μετάφραση ενός τέτοιου κειμένου θα βοηθήσει εν μέρει την επίλυση του ζητήματος αυτού, καθώς απαιτείται η συνεχής παρακολούθηση των συστημάτων ύδρευσης, μέχρι να βρεθεί μια μόνιμη λύση, και θα ήταν θεμιτό να γίνει γνωστό το πρόβλημα σε όσο το δυνατόν περισσότερο κόσμο, ώστε να παρθούν τα απαραίτητα προληπτικά μέτρα.

ΚΥΡΙΟ ΣΩΜΑ

ΜΕΤΑΦΡΑΣΜΑ

Εκτίμηση του τοξικολογικού κινδύνου μόλυνσης από μόλυβδο (Pb) στο δημόσιο σύστημα ύδρευσης στη μητρόπολη Λάγκος της Νιγηρίας.

Σύνοψη

Ιστορικό μελέτης: Ο μόλυβδος εξακολουθεί να αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για τη δημόσια υγεία στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στις πηγές και τις οδούς έκθεσης. **Σκοπός:** Η μελέτη αυτή διερευνά τα επίπεδα μολύβδου στις πηγές πόσιμου νερού των περιοχών Σομόλου (Shomolu), Γιάμπα (Yaba) και Μπαρίγκα (Bariga) του Λάγκος της Νιγηρίας και τον κίνδυνο έκθεσης των ανθρώπων σε αυτά κάνοντας χρήση μοντέλου ποντικού. **Υλικά και μέθοδοι:** Συλλέχθηκαν δείγματα νερού από δημόσιες πηγές νερού (γεωτρήσεις, νερό σε φακελάκια, εμφιαλωμένο νερό και νερό βρύσης) και εξετάστηκαν για μόλυβδο με τη βοήθεια Φασματοφωτόμετρου Ατομικής Απορρόφησης (AAS) με φλόγα (Varian model-AA240FS) εξοπλισμένο με λυχνία κοίλης καθόδου από μόλυβδο. Ο παράγοντας μόλυνσης προσδιορίστηκε. Υγιή ενήλικα θηλυκά λευκοπαθικά ποντίκια, βάρους $25,3 \pm 2,5$ g, εκτέθηκαν σε μολυσμένο πόσιμο νερό για 28 ημέρες στις διαφορετικές συγκεντρώσεις νιτρικού μολύβδου: 1 mg / l, 10 mg / l, 50 mg / l, 500 mg / l και 1000 mg / l. Συλλέχθηκαν δείγματα αίματος και ήπατος στα οποία έγιναν αιματολογικές εξετάσεις για ηπατική λειτουργία και ιστοπαθολογία. **Αποτελέσματα:** Οι συγκεντρώσεις μολύβδου στις δημόσιες πηγές νερού των περιοχών Σομόλου (Shomolu), Γιάμπα (Yaba) και Μπαρίγκα (Bariga) του Λάγκος ήταν κάτω από 5,0 μg / l και ο παράγοντας μόλυνσης ήταν μικρότερος από 1,0. Σε συγκέντρωση έκθεσης σε μόλυβδο της τάξης του 1.0 mg/l (1000 μg /l) η σχετική αύξηση βάρους της ομάδας (σε σύγκριση με την ελεγχόμενη ομάδα) ήταν πολύ αργή, ως τη 14η ημέρα (με απώλεια βάρους της τάξης των 3,17g και σχετική απώλεια βάρους της τάξης του 23,1%), ενώ στη συνέχεια παρατηρήθηκε αύξηση έως την 28η ημέρα (με απώλεια βάρους της τάξης των 7,34 g και σχετική αύξηση βάρους της τάξης του 18,4%). Σε συγκέντρωση έκθεσης σε μόλυβδο της τάξης των 50,0 mg / l: παρατηρήθηκε ραγδαία απώλεια βάρους καθώς και μεγαλύτερη σχετική απώλεια βάρους τη 14η ημέρα (αύξηση βάρους κατά 1,36 g και σχετική απώλεια βάρους της τάξης του 67,0%). Έπειτα παρατηρήθηκε ανάκτηση βάρους την 28η ημέρα (αύξηση βάρους κατά 4,60 g και σχετική απώλεια βάρους της τάξης του 25,8%). Στην ομάδα που εκτέθηκε σε συγκέντρωση έκθεσης σε μόλυβδο 100,0 mg / l παρατηρήθηκε σταθερή απώλεια βάρους, ενώ τη 14^η ημέρα παρατηρήθηκε αύξηση του βάρους κατά 2.02 g και σχετική απώλεια βάρους της τάξης του 51.0%. Επιπλέον την 28η ημέρα παρατηρήθηκε αύξηση του βάρους κατά 2.10 g και αντίστοιχα απώλεια βάρους της τάξης του 66.1%. Στην ομάδα που εκτέθηκε σε συγκέντρωση έκθεσης σε μόλυβδο 500,0 mg / l παρατηρήθηκε παρόμοια τάση με τις ομάδες που εκτέθηκαν σε συγκεντρώσεις

μολύβδου 1,0 mg / l και 50 mg / l με μεγαλύτερη απώλεια βάρους τη 14η ημέρα (2,14 g και 151,9% απώλεια βάρους) σε σύγκριση με την έκθεση 28 ημερών (1,36 g και απώλεια βάρους 121,9% αντίστοιχα). Η αλανίνη αμινοτρανσφεράση (ALT) και η αλκαλική φωσφατάση (ALP) αυξήθηκαν με το χρόνο στην ομάδα ελέγχου, όμως είχαν διαφορετική τάση στις εκτεθειμένες ομάδες. Ο συνολικός αριθμός ερυθρών αιμοσφαιρίων (RBC) μειώθηκε κατά την αύξηση των συγκεντρώσεων μολύβδου από τα 1,0 mg · l ως τα 50,0 mg / l, ενώ μετά αυξήθηκε στις συγκεντρώσεις 100,0 mg / l, 500,0 mg / l και 1000 mg / l. Ο υψηλότερος συνολικός αριθμός ερυθρών αιμοσφαιρίων (RBC) παρατηρήθηκε στην υψηλότερη συγκέντρωση μολύβδου την 28η ημέρα, με το συνολικό αριθμό αιμοσφαιρίων (RBC) να ξεπερνάει κατά πολύ εκείνον της ομάδας ελέγχου. Ο υψηλότερος ολικός αριθμός λευκοκυττάρων (WBC) παρατηρήθηκε στη μεγαλύτερη συγκέντρωση κατά την 28η ημέρα, με ολικό αριθμό λευκοκυττάρων (WBC), $8,77 \pm 2,36$ ($\times 10^9 / L$) ($p < 0,05$). Την 28η ημέρα, στο ήπαρ των ποντικών που εκτέθηκαν σε 100,0 mg / L μολύβδου παρατηρήθηκε κενотоπίωση κυτταροπλάσματος και ήπια νέκρωση. Τη 14η και την 28η ημέρα έκθεσης, στους ποντικούς που εκτέθηκαν σε 500,0 mg / L και 1000,0 mg / L παρατηρήθηκαν σημαντικές ηπατικές παθολογικές αλλοιώσεις, συμπεριλαμβανομένης της παρουσίας πολύμορφων πυρήνων, της συμφόρησης αιμοφόρων αγγείων, της κενотоπίωσης κυτταροπλάσματος και της οξείας νέκρωσης. **Συμπέρασμα:** Ο μόλυβδος προκαλεί αιματολογικές διαταραχές, ιστοπαθολογικές αλλοιώσεις στο ήπαρ και μεταβολή βάρους στους ποντικούς. Τα αποτελέσματα αυτά γίνονται εμφανή καθώς η συγκέντρωση μολύβδου αυξάνεται με το χρόνο. Θα πρέπει να διασφαλιστεί η συνεχής παρακολούθηση του δικτύου των αγωγών ύδρευσης, ώστε να αποφευχθεί η εμφάνιση διαρροών τοξικών ουσιών, όπως ο μόλυβδος, σε οικιακές πηγές νερού.

Λέξεις κλειδιά

Μόλυνση, Μόλυβδος, Αιματολογία, Ιστοπαθολογία

1. Εισαγωγή

Το Λάγκος, η πιο βιομηχανοποιημένη, πολυπληθέστερη και ταχύτερα αναπτυσσόμενη πόλη στην Αφρική, αντιμετωπίζει σήμερα κρίση διαχείρισης των υδάτων του [1]. Λόγω του ανεπαρκούς σχεδιασμού, της έλλειψης επαρκούς υποδομής, των μη επαρκών πόρων και της κακής διακυβέρνησης και ρυθμιστικού πλαισίου, υπάρχει τεράστιο κενό ζήτησης της τάξης των 330 εκατομμυρίων γαλονιών νερού ανά ημέρα (MGD) [1]. Ως εκ τούτου, μόνο το 10% του πληθυσμού στο Λάγκος εξυπηρετείται από το δημόσιο δίκτυο ύδρευσης Lagos Water Corporation [1]. Ο υπόλοιπος πληθυσμός αποκτά πρόσβαση σε νερό είτε από ιδιωτικές γεωτρήσεις είτε από μη επίσημους φορείς της αγοράς του ιδιωτικού τομέα, όπως οι πωλητές νερού. Η κατάσταση αυτή επιδεινώνεται περαιτέρω από ορισμένους παράγοντες, όπως η ταχεία αύξηση του πληθυσμού, η διαφθορά, η αλλαγή του κλίματος, η μη αξιόπιστη

ηλεκτρική ενέργεια, η ανεπαρκής επιβολή της νομοθεσίας, καθώς και οι διαρροές και οι κλοπές νερού που προκαλούν το 60% της ανεξήγητης απώλειας νερού. Ως αποτέλεσμα, οι πολίτες έρχονται αντιμέτωποι με την έλλειψη νερού, τη ρύπανση των υδάτων, την ανεπαρκή απολύμανση και επεξεργασία των λυμάτων, την αδικία και την ανισότητα στο νερό. Λόγω των υψηλών βιομηχανικών και εμπορικών δραστηριοτήτων και της αύξησης του πληθυσμού, η ρύπανση αποτελεί συχνά σημαντικό πρόβλημα. Υπήρξε μια σειρά δηλητηριάσεων από μόλυβδο στην πολιτεία Ζαμφάρα της Νιγηρίας, η οποία οδήγησε στο θάνατο τουλάχιστον 163 ατόμων από τον Μάρτιο έως τον Ιούνιο του 2010, ανάμεσα στα οποία ήταν 111 παιδιά [2]. Σύμφωνα με την Independent News & Media PLC [3] στα αριθμητικά στοιχεία του υπουργείου υγείας αναφέρονται 355 κρούσματα, το 46% των οποίων να αποδείχθηκε θανατηφόρο [2]. Τα κρούσματα αυτά ήταν αποτέλεσμα της μη ασφαλούς εξόρυξης και κατεργασίας μεταλλευμάτων. Μόλις πέντε χρόνια αργότερα, μεταξύ Απριλίου και Μαΐου του 2015, πέθαναν μυστηριωδώς 28 παιδιά στο Κάβο (Kawo) και στο Μαγκίρο (Magiro), δύο απομακρυσμένα χωριά στο κράτος του Νίγηρα. Τις μέρες πριν το θάνατό τους παρουσίασαν συμπτώματα, σπασμούς, αϋπνία και παραισθήσεις, τα οποία οφείλονται στην εξόρυξη χρυσού πλουσίου σε μόλυβδο [4]. Επί του παρόντος, τα βαρέα μέταλλα, όπως ο μόλυβδος, δεν αποτελούν κίνδυνο για την υγεία στο Λάγκος σε σύγκριση με άλλες πολιτείες ή περιφέρειες. Εάν, όμως, δεν εφαρμόζονται συνεχώς οι σωστές πρακτικές παρακολούθησης και διαχείρισης, τα πράγματα μπορεί να αλλάξουν [5]. Ωστόσο, αν η συγκέντρωση αυτών των βαρέων μετάλλων ξεπεράσει τα μέγιστα αποδεκτά επίπεδα που ορίζονται από διάφορους οργανισμούς, όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ.) και η Αμερικανική Ένωση Δημόσιας Υγείας, τότε η υγεία και η ανάπτυξη των φυτών και των ζώων ενδέχεται να επηρεαστούν, λόγω των δυσλειτουργιών που προκαλεί η βιοσυγκέντρωση βαρέων μετάλλων [6] [7]. Ο μόλυβδος εξακολουθεί να αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για τη δημόσια υγεία των αναπτυσσόμενων χωρών, στις οποίες υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στις πηγές και στις οδούς έκθεσης. Για παράδειγμα, σε πολλές χώρες της Λατινικής Αμερικής, οι βαφές που περιέχουν μόλυβδο δεν αποτελούν σημαντική πηγή επαναλαμβανόμενης έκθεσης, ενώ τα κεραμικά είδη που έχουν επισμαλτωθεί με μόλυβδο αποτελούν σημαντική πηγή επαναλαμβανόμενης έκθεσης [8]. Η έκθεση που αποδίδεται σε πολυποίκιλες πηγές μπορεί να αποδειχθεί ακόμη πιο σημαντική από την καθολική έκθεση που συνδέεται με τη μολυβδόχια βενζίνη, ειδικά για τα άτομα που ζουν σε συνθήκες φτώχειας. Η έκθεση σε μόλυβδο κατά την εξόρυξη και την τήξη του, ή στα εργοστάσια μπαταριών και στη βιοτεχνική δραστηριότητα αποτελεί σημαντικό περιβαλλοντικό κίνδυνο στις αναπτυσσόμενες χώρες [9]. Σε αντίθεση με την απροκάλυπτη τοξικότητα του μολύβδου, όπου συνήθως υπάρχει μια αναγνωρίσιμη πηγή, η χαμηλή περιβαλλοντική έκθεση σε μόλυβδο σχετίζεται με πολλαπλές πηγές (βενζίνη, βιομηχανικές διεργασίες, βαφές, συγκολλητικά σε κονσέρβες, σωληνώσεις νερού) και με πολλαπλές οδούς έκθεσης (αέρας, οικιακή σκόνη, σκόνη στους δρόμους, χώμα, νερό, τρόφιμα) [10]. Επομένως, η αξιολόγηση της σχετικής συμβολής των πηγών είναι πολύπλοκη και ενδέχεται να παρουσιάζει διαφορές μεταξύ των περιοχών και των πληθυσμιακών ομάδων. Στα μέρη όπου ο μόλυβδος που προέρχεται από τη βενζίνη

αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του ατμοσφαιρικού μολύβδου, αυτό συμβάλλει σημαντικά στο φορτίο μολύβδου του σώματος και είναι η πιο διαδεδομένη πηγή του μετάλλου στο περιβάλλον [11]. Συνεπώς, είναι επιθυμητό να καταργηθεί σταδιακά η χρήση πρόσθετων μολύβδου στα καύσιμα το συντομότερο δυνατό σε παγκόσμια κλίμακα. Ο ατμοσφαιρικός μόλυβδος που εναποτίθεται στο έδαφος και στη σκόνη μπορεί στη συνέχεια να καταναλωθεί από παιδιά και να αυξήσει σημαντικά τα επίπεδα μολύβδου στο αίμα τους[8]. Στα συμπτώματα οξείας δηλητηρίασης από μόλυβδο συμπεριλαμβάνονται η νωθρότητα, η ανησυχία, η ευερεθιστότητα, η ελλειμματική προσοχή, οι πονοκέφαλοι, οι μυϊκοί σπασμοί, οι μυϊκοί σπασμοί της κοιλιακής χώρας, η νεφρική βλάβη, οι παραισθήσεις, η απώλεια μνήμης και η εγκεφαλοπάθεια. Τα συμπτώματα αυτά εμφανίζονται σε αιματολογικά επίπεδα μολύβδου από 100 έως 120 $\mu\text{g} / \text{dl}$ στους ενήλικες και από 80 έως 100 $\mu\text{g} / \text{dl}$ στα παιδιά [12] [13]. Συμπτώματα χρόνιας δηλητηρίασης από μόλυβδο όπως κόπωση, αϋπνία, ευερεθιστότητα, πονοκεφάλους, πόνους στις αρθρώσεις και γαστρεντερικά συμπτώματα μπορεί να εμφανίσουν ενήλικες με αιματολογικά επίπεδα μολύβδου από 50 έως 80 $\mu\text{g} / \text{dl}$ [10]. Για το γενικότερο πληθυσμό, ο οποίος δεν εκτίθεται σε μόλυβδο σε χώρους εργασίας, τα τρόφιμα και το νερό αποτελούν σημαντικές πηγές βασικής έκθεσης στο μόλυβδο, σε συνδυασμό με την εισπνοή ατμοσφαιρικού μολύβδου [11]. Ακόμη και στις χώρες όπου έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες για τον περιορισμό του μολύβδου, υπάρχουν ακόμα μεγάλα αποθέματα του μετάλλου στο έδαφος, στη σκόνη και στα χρώματα που χρησιμοποιούνται για τη βαφή σπιτιών. Αυτές οι πηγές θα εξακολουθούν να επηρεάζουν τους πληθυσμούς για πολλά χρόνια [10]. Η έκθεση σε μόλυβδο είναι σαφώς παγκόσμιο ζήτημα δημόσιας υγείας. Ωστόσο μόλις πρόσφατα αρχίζει να αναγνωρίζεται ως πιθανό πρόβλημα σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, καθώς πρόσφατα έγιναν μελέτες στην Αφρική, στην Ασία και στη Νότια Αμερική [11]. Σκοπός αυτής της έρευνας ήταν να προσδιοριστούν τα επίπεδα μολύβδου στις πηγές πόσιμου νερού στο περιβάλλον και να πραγματοποιηθεί αξιολόγηση του κινδύνου για τον άνθρωπο χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο ποντικών.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Συλλογή Δειγμάτων Νερού

Συλλέχθηκαν δείγματα νερού από δημόσιες πηγές νερού (γεωτρήσεις, νερό σε φακελάκια, εμφιαλωμένο νερό και νερό βρύσης) στις περιοχές Σομόλου (Shomolu), Γιάμπα (Yaba) και Μπαρίγκα (Bariga) του Λάγκος.

Προεπεξεργασία Δειγμάτων Νερού

Η επεξεργασία των δειγμάτων νερού έγινε σύμφωνα με το ΑΡΗΑ, 2005. Εν συντομία, 1000 cm^3 καλά αναμεμιγμένου και διατηρημένου με οξύ δείγματος μεταφέρθηκαν σε ποτήρι ζέσεως. Προστέθηκαν ακριβώς 50 cm^3 πυκνού νιτρικού

οξέος (HNO₃) και θερμάνθηκαν μέχρι το σημείο βρασμού. Το δείγμα στη συνέχεια εξατμίστηκε πάνω σε μια θερμή πλάκα ως τα 20 cm³. Η θέρμανση και η προσθήκη πυκνού νιτρικού οξέος συνεχίστηκε έως ότου ολοκληρώθηκε η επεξεργασία, οπότε και προέκυψε ένα ανοιχτόχρωμο, διαυγές διάλυμα. Στη συνέχεια το περιεχόμενο μεταφέρθηκε σε πλαστικά μπουκάλια των 100 cm³, ψύχθηκε και αραιώθηκε μέχρι τη χαραγή. Τμήματα του διαλύματος χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε μόλυβδο (Pb).

Προσδιορισμός της Περιεκτικότητας των Δειγμάτων Νερού σε Μόλυβδο.

Σε αυτή τη διαδικασία, χρησιμοποιήθηκε Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης (AAS) με φλόγα (Varian model-AA240FS) εξοπλισμένο με λυχνία κοίλης καθόδου από μόλυβδο για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας των δειγμάτων νερού σε μόλυβδο. Χρησιμοποιήθηκε τυπική καμπύλη βαθμονόμησης για το εύρος συγκεντρώσεων από 0,001 ppm-2 - 2,000 ppm-2. Αυτό ήταν γραμμικό με συντελεστή προσδιορισμού R² = 0.99.

Παράγοντας Μόλυνσης (CF) από Μόλυβδο (Pb) σε Δείγματα Νερού

Ο παράγοντας μόλυνσης (CF) υπολογίστηκε διαιρώντας το επίπεδο συγκέντρωσης μολύβδου (Pb) σε κάθε δείγμα νερού με την τιμή υποβάθρου [14] [15]. Σε αυτή τη μελέτη, το μέγιστο όριο του ΠΟΥ [6] για τη συγκέντρωση μολύβδου (Pb) στο πόσιμο νερό επελέγη ως τιμή υποβάθρου για τον υπολογισμό των παραγόντων μόλυνσης όλων των δειγμάτων νερού.

2.2. Οργανισμός Δοκιμασίας

Για τη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν λευκοπαθικά ποντίκια (*Mus musculus*) ως Οργανισμός Δοκιμασίας. Πενήντα τέσσερα υγιή ενήλικα θηλυκά λευκοπαθικά ποντίκια, βάρους 25,3 ± 2,5 g, εκτράφηκαν στην εγκατάσταση εκτροφής ζώων του Ζωολογικού Κήπου στο Πανεπιστήμιο του Λάγκος για τη μελέτη αυτή.

Εγκλιματισμός

Τα ποντίκια εγκλιματίστηκαν στο περιβάλλον της εγκατάστασης πειραμάτων για 14 ημέρες, πριν από την έναρξη της μελέτης.

Στέγαση και Διατροφή

Τα ποντίκια που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη φυλάσσονταν σε πλαστικά κλουβιά διαστάσεων 60 cm × 45 cm × 45 cm. Το κάθε κλουβί χωρίστηκε σε 9 ίσα διαμερίσματα. Το κάθε διαμέρισμα θεωρήθηκε αρκετά ευρύχωρο για να φιλοξενήσει ένα θηλυκό λευκοπαθικό ποντίκι χωρίς το ζώο να αγχώνεται. Συνεπώς το κάθε κλουβί περιείχε 9 ζώα και για τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 6 κλουβιά. Τα κλουβιά φυλάσσονταν στο Ζωολογικό Κήπο στο Πανεπιστήμιο του Λάγκος. Η μέση θερμοκρασία της περιβάλλουσας περιοχής κυμαινόταν μεταξύ 28,0°C ± 2,0°C και η

σχετική υγρασία μεταξύ $58,0\% \pm 5,0\%$. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εγκλιματισμού καθώς και της πειραματικής φάσης της μελέτης, η τροφή των πειραματόζων αποτελούνταν από τυποποιημένες τροφές ποντικών που αγοράστηκαν από το Ινστιτούτο Ιατρικών Ερευνών της Νιγηρίας (Nigerian Institute of Medical Research) στο Γιάμπα (Yaba). Τα συστατικά των τροφών των ποντικών παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Τα ποντίκια έλαβαν καθαρό νερό από βρύσες του Ζωολογικού Κήπου, με το εύρος pH μεταξύ $6,80 \pm 2,0$, δείκτη αλατότητας 0,1% και εύρος θερμοκρασίας να κυμαίνεται μεταξύ $22,0^{\circ}\text{C} \pm 5,0^{\circ}\text{C}$.

2.3. Ρυθμίσεις πειράματος

Το πείραμα ρυθμίστηκε έτσι ώστε να συγκριθούν οι ιστολογικές παράμετροι, οι παράμετροι των ενζύμων ηπατικής λειτουργίας και οι αιματολογικοί παράμετροι ποντικών που έχουν εκτεθεί σε μόλυβδο με εκείνες των ποντικών που δεν είχαν καμίας μορφής έκθεση σε μόλυβδο, διατηρώντας παράλληλα κάθε άλλη μεταβλητή σταθερή. Για τη μελέτη αυτή, η έκθεση σε μόλυβδο έγινε μέσω τροφοδότησης των ποντικών με νερό βρύσης, μέσα στο οποίο είχε διαλυθεί νιτρικός μόλυβδος. Το Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου του Λάγκος παρείχε το απαραίτητο για το πείραμα νιτρικό άλας μολύβδου. Το άλας νιτρικού μολύβδου διαλύθηκε σε πέντε (5) διαφορετικές συγκεντρώσεις, ώστε να προκύψουν οι εξής διαφορετικές συγκεντρώσεις μολύβδου: 1 mg / l, 10 mg / l, 50 mg / l, 500 mg / l και 1000 mg / l. Στην ομάδα ελέγχου δε δόθηκε νερό μολυσμένο με διαλυμένο νιτρικό μόλυβδο. Συνεπώς, τα πειραματόζωα ταξινομήθηκαν με βάση τη συγκέντρωση της έκθεσής τους σε μόλυβδο: ομάδα 0% (ομάδα ελέγχου), ομάδα 1 mg / l, ομάδα 50 mg / l, ομάδα 100 mg / l, ομάδα 500 mg / l και ομάδα 1000 mg / l. Η κάθε πειραματική ομάδα αποτελούνταν από 9 ζώα, τα οποία φυλάσσονταν στο ίδιο κλουβί, τα διαμερίσματα του οποίου είχαν χωριστεί με σχολαστικότητα. Τα πειραματόζωα εκτέθηκαν στο μολυσμένο πόσιμο νερό για 28 ημέρες, σύμφωνα με τη διαφορετική ομάδα συγκέντρωσης στην οποία ανήκαν.

Διάλυμα ελέγχου

Οι διάφορες συγκεντρώσεις έκθεσης σε μόλυβδο (1 mg / l, 50 mg / l, 100 mg / l, 500 mg / l και 1000 mg / l) παρασκευάστηκαν από νιτρικό μόλυβδο σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

Πίνακας 1. Συστατικά της τροφής ποντικών που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη.

S/N	Συστατικά	Σύνθεση
1	Αλεύρι Σόγιας (44% Πρωτεΐνη)	52.5%

2	Ιχθυάλευρο	15.5%
3	Αποξηραμένα Φυράματα και Διαλυτά Συστατικά Απόσταξης	7.5%
4	Σίτος	5.0%
5	Ζωικά λίπη	3.0%
6	Πέλετ	2.5%
7	Όξινο Φωσφορικό Ασβέστιο	0.5%
8	Επικαλυμμένη Βιταμίνη C	0.057%
9	Μείγμα Ιχνοστοιχείων	0.075%

$$\text{Number of moles} = \frac{\text{Mass (x)}}{\text{Molar mass}}$$

$$\text{Molarity} = \frac{\text{Number of Moles}}{\text{Volume (L)}}$$

Συλλογή Δειγμάτων από τα Πειραματόζωα

Τρεις ποντικοί από κάθε ομάδα θυσιάστηκαν τη 0^η, τη 14^η και την 28^η ημέρα της μελέτης αντίστοιχα. Συλλέχθηκαν 2 ml αίματος από την περιοχή του οφθαλμού από κάθε ποντικό χρησιμοποιώντας ηπαρινισμένα σωληνάκια μικροαιματοκρίτου και μεταφέρθηκαν σε κατάλληλα επισημασμένες φιάλες που περιείχαν αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ (EDTA) ως αντιπηκτικό. Έγινε ανατομή στους ποντικούς που θυσιάστηκαν μετά την οποία συλλέχθηκαν δείγματα από το ήπαρ του κάθε ποντικού. Όλα τα όργανα που συλλέχθηκαν διατηρήθηκαν σε φιάλες και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο για ανάλυση.

2.4. Προσδιορισμός της διαφοράς στο Φυσιολογικό και στο Σχετικό Βάρος

Προσδιορίστηκε το φυσιολογικό βάρος πριν από την έκθεση (ημέρα 0) και μετά την έκθεση. Στη συνέχεια προσδιορίστηκε η διαφορά σε αυτά τα βάρη (αρχικό βάρος των ποντικών (Wi) και τελικό βάρος (Wf). Η μεταβολή του σχετικού βάρους προσδιορίστηκε ως ο ρυθμός μεταβολής του φυσιολογικού βάρους σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Αυτό προσδιορίστηκε με τη βοήθεια των ακόλουθων τύπων:

$$\text{Σχετικό βάρος (\%)} = \{ \text{Πειραματική ομάδα (Wf - Wi)} / \text{Ομάδα ελέγχου (Wf - Wi)} \} * 100$$

2.5. Αιματολογικός Έλεγχος

Για να διερευνηθεί η επίδραση που έχει η έκθεση σε μόλυβδο στις αιματολογικές παραμέτρους των ποντικών, υπολογίστηκαν οι δείκτες του αριθμού αιμοπεταλίων (PLT), του συνολικού αριθμού ερυθρών αιμοσφαιρίων (RBC), του ολικού αριθμού λευκοκυττάρων (WBC) και του αιματοκρίτη (HCT) χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικούς μετρητές. Τα γεμάτα αίμα ηπαρινισμένα σωληνάρια μικροαιματοκρίτου φυγοκεντρήθηκαν στις 12.000 στροφές ανά λεπτό για 5 λεπτά με τη βοήθεια φυγόκεντρου μικροαιματοκρίτη και οι τιμές του αιματοκρίτη (HCT) εξετάστηκαν απευθείας. Η συγκέντρωση της αιμοσφαιρίνης μετρήθηκε με τη μέθοδο κυανομεθαιμοσφαιρίνης σε μήκος κύματος 540 nm. Ταυτόχρονα, ο συνολικός αριθμός ερυθρών αιμοσφαιρίων (RBC) υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τις μεθόδους που περιγράφονται από τη μελέτη Oluah and Ulasi [16]. Η μέση συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης (MCHC), ο μέσος όγκος ερυθρών (MCV) και η μέση περιεκτικότητα αιμοσφαιρίνης (MCH) υπολογίστηκαν με βάση τις ακόλουθες εξισώσεις: $MCHC = (Hb/PCV) \times 100$, $MCH = (Hb/RBCC) \times 10$ και $MCV = (PCV/RBCC) \times 100$ (11).

Η δραστηριότητα των ηπατικών ενζύμων αλανίνη αμινοτρανσφεράση (ALT), ασπαρτική αμινοτρανσφεράση (AST) και αλκαλική φωσφατάση (ALP) προσδιορίστηκε με βάση το δείγμα αίματος. Το αίμα φυγοκεντρήθηκε στις 5000 στροφές ανά λεπτό για 5 λεπτά. Έπειτα συλλέχθηκε το δείγμα πλάσματος και διατηρήθηκε στους 20 ° C. Η δραστηριότητα των ενζύμων προσδιορίστηκε χρησιμοποιώντας τη χρωματομετρική μέθοδο. Τα ένζυμα στη συνέχεια αναλύθηκαν με τη βοήθεια αντιδραστηρίων που ελήφθησαν από kit ενζυμικών δοκιμών.

2.6. Διαδικασία Ιστοπαθολογικής Εξέτασης

Για να διερευνηθεί η επίδραση που είχε η έκθεση σε μόλυβδο στους ιστούς των ποντικών, μελετήθηκε η ιστοπαθολογία του ήπατος. Σε κάθε δείγμα ιστού κολλήθηκε η κατάλληλη ετικέτα και έπειτα τα δείγματα κόπηκαν και τοποθετήθηκαν μέσα σε καλούπια εγκλεισμού ιστών. Τα δείγματα ιστών κατόπιν υποβλήθηκαν σε επεξεργασία χρησιμοποιώντας αυτόματο επεξεργαστή ιστών 24 ωρών για χρονικό διάστημα από 17 έως 19 ώρες. Ο επεξεργαστής ιστών σταθεροποίησε πλήρως τον ιστό σε φορμόλη 10% και έπειτα ο ιστός αφυδατώθηκε χρησιμοποιώντας ισοπροπυλική αλκοόλη. Μετά την αφυδάτωση, ο επεξεργαστής ιστών εκκαθάρισε τους παράγοντες αφυδάτωσης χρησιμοποιώντας ξυλόλιο L και H και στη συνέχεια ο ιστός εμποτίστηκε σε τετηγμένη παραφίνη στο τέλος του κύκλου των 19 ωρών.

Μετά την απομάκρυνση των δειγμάτων ιστού από τον επεξεργαστή ιστών, αυτά εγκλείστηκαν σε τετηγμένη παραφίνη μέσα σε πλαστικό καλούπι εγκλεισμού μίας χρήσης. Το καλούπι στη συνέχεια αφέθηκε σε θερμοκρασία δωματίου ώστε να κρυώσει. Τα εγκλεισμένα δείγματα έπειτα κόπηκαν με μικροτόμο. Οι τομές που προέκυψαν τοποθετήθηκαν σε αντικειμενοφόρες πλάκες χωρίς λίπανση. Στη συνέχεια οι αντικειμενοφόρες πλάκες τοποθετήθηκαν σε θερμαινόμενη πλάκα για 30 λεπτά ώστε να ενισχυθεί η προσκόλληση των ιστών σε αυτές. Στη συνέχεια

χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι χρώσης H και E και έπειτα οι αντικειμενοφόρες πλάκες εξετάστηκαν με το μικροσκόπιο.

2.7. Στατιστική ανάλυση

Η σύγκριση των τιμών δραστηριότητας των ηπατικών ενζύμων, του βάρους και των αιματολογικών παραμέτρων μεταξύ της ομάδας ελέγχου και των διαφόρων ομάδων έκθεσης έγινε με βάση την εκδοχή SPSS 20.0.

3. Αποτελέσματα και Ανάλυση

3.1. Συγκέντρωση μολύβδου στις δημόσιες πηγές νερού στις περιοχές Σομόλου (Shomolu), Γιάμπα (Yaba) και Μπαρίγκα (Bariga) του Λάγκος

Οι κυριότερες πηγές έκθεσης σε μόλυβδο σε ορισμένα μέρη της Νιγηρίας σύμφωνα με το [5] είναι η ρύπανση που προκαλούν τα οχήματα που χρησιμοποιούν μολυβδόχο βενζίνη, η βιομηχανική ρύπανση που προκαλούν οι εξορύξεις, η κατανάλωση νιγηριανού άλατος μολύβδου και το πόσιμο νερό που προέρχεται εξ ολοκλήρου από πηγάδια. Σε αυτή τη μελέτη, οι συγκεντρώσεις μολύβδου (Pb) σε χλιοστόγραμμα ανά λίτρο στις μετρήσεις που έγιναν στο νερό βρύσης, στις γεωτρήσεις, στο βιομηχανικά παρασκευασμένο εμφιαλωμένο νερό και στα φακελάκια πόσιμου νερού στις περιοχές Σομόλου (Shomolu), Γιάμπα (Yaba) και Μπαρίγκα (Bariga) του Λάγκος, έδειξαν τιμές κάτω από 5,0 $\mu\text{g} / \text{l}$ και συντελεστή μόλυνσης μικρότερο από 1,0 (Πίνακας 2). Σε αντίθεση με τα περιστατικά δηλητηρίασης από μόλυβδο στην πολιτεία Ζαμφάρα και στο κράτος του Νίγηρα, στο Λάγκος δεν έχει καταγραφεί κάποιο περιστατικό δηλητηρίασης από μόλυβδο.

Πίνακας 2. Συγκέντρωση μολύβδου στις δημόσιες πηγές νερού στις περιοχές Σομόλου (Shomolu), Γιάμπα (Yaba) και Μπαρίγκα (Bariga) του Λάγκος.

Τοποθεσία	Νερό Βρύσης		Γεώτρηση		Εμφιαλωμένο Νερό		Φακελάκια Νερού	
	Conc. ($\mu\text{g/l}$)	C.F	Conc. ($\mu\text{g/l}$)	C.F	Conc. ($\mu\text{g/l}$)	C.F	Conc. ($\mu\text{g/l}$)	C.F
Σομόλου	2.60	<1.0	4.24	<1.0	0.32	<1.0	2.25	<1.0
Μπαρίγκα	2.10	<1.0	3.91	<1.0	0.53	<1.0	2.02	<1.0

Γιάμπα	1.80	<1.0	4.02	<1.0	0.45	<1.0	1.58	<1.0
--------	------	------	------	------	------	------	------	------

C.F—Συντελεστής Μόλυνσης; μέγιστα εκτιμώμενα όρια συγκέντρωσης μολύβδου 2011 σύμφωνα με τον ΠΟΥ; Από 3.8 $\mu\text{g/l}$ /ανά ημέρα για βρέφη και 10 $\mu\text{g/l}$ /ανά ημέρα μέρα για ενήλικες.

Conc.- Συγκέντρωση ανά ($\mu\text{g/l}$)

3.2. Μεταβολές στο Φυσιολογικό Βάρος των Πειραματόζωων κατά την Έκθεση σε Μόλυβδο

Η δηλητηρίαση από μόλυβδο μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στον άνθρωπο και στα ζώα. Μια τέτοια επίπτωση είναι η σταδιακή ή ταχεία απώλεια βάρους ή η ταχεία αύξηση βάρους / παχυσαρκία. Στον Πίνακα 3 αναγράφονται οι μεταβολές στο φυσιολογικό βάρος των ποντικών που εκτέθηκαν σε διάφορες συγκεντρώσεις μολύβδου για 14 ημέρες και 28 ημέρες σε σύγκριση με την περίοδο πριν την έκθεση (Ημέρα 0). Σημειώθηκε σταθερή αύξηση βάρους στην ομάδα ελέγχου. Μέση τυπική απόκλιση ($\pm$ SD), Ημέρα 0, $23.06 \text{ g} \pm 1.46 \text{ g}$, $p < 0.01$, Ημέρα 14^η, $27.18 \text{ g} \pm 1.45 \text{ g}$, $p < 0.01$ και Ημέρα 28^η, $29.26 \text{ g} \pm 0.72$, $p < 0.01$. Στην ομάδα έκθεσης σε 1.0 mg/l μολύβδου το βάρος αυξήθηκε όπως και στην ομάδα ελέγχου. Η σχετική αύξηση βάρους (σε σύγκριση με την ελεγχόμενη ομάδα), όμως, ήταν πολύ αργή, έως τη 14η ημέρα (με απώλεια βάρους κατά 3,17g και σχετική απώλεια βάρους της τάξης του 23,1%). Στη συνέχεια παρατηρήθηκε αύξηση έως την 28η ημέρα (με απώλεια βάρους κατά 7,34 g και σχετική αύξηση βάρους της τάξης του 18,4%).

Στην ομάδα έκθεσης σε 50,0 mg / l μολύβδου παρατηρήθηκε ταχεία απώλεια βάρους καθώς και μεγαλύτερη σχετική απώλεια βάρους τη 14η ημέρα (αύξηση βάρους κατά 1,36 g και σχετική απώλεια βάρους της τάξης του 67,0%). Έπειτα παρατηρήθηκε ανάκτηση βάρους την 28η ημέρα (αύξηση βάρους κατά 4,60 g και σχετική απώλεια βάρους της τάξης του 25,8%). Στην ομάδα έκθεσης σε 100,0 mg / l μολύβδου παρατηρήθηκε σταθερή απώλεια βάρους και αύξηση του βάρους κατά 2.02 g τη 14η ημέρα με σχετική απώλεια βάρους της τάξης του 51.0%. Την 28η ημέρα παρατηρήθηκε αύξηση του βάρους κατά 2.10g και αντίστοιχα απώλεια βάρους της τάξης του 66.1%. Στην ομάδα έκθεσης σε 500,0 mg / l μολύβδου παρατηρήθηκε παρόμοια τάση με της ομάδες έκθεσης σε 1,0 mg / l και 50 mg / l μολύβδου. Παρατηρήθηκε μεγαλύτερη απώλεια βάρους τη 14η ημέρα (2,14 g και απώλεια βάρους της τάξης του 151,9%) σε σύγκριση με την 28η ημέρα έκθεσης (1,36 g και απώλεια βάρους της τάξης του 121,9% αντίστοιχα) (Πίνακας 3).

Περίπου το 70% των παιδιών στη Νιγηρία έχουν επίπεδα μολύβδου στο αίμα περίπου 10 $\mu\text{g} / \text{dl}$ [17]. Σύμφωνα με τα Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Ασθενειών [18], τα έμβρυα, τα μωρά που τρέφονται με μπιμπερό, τα παιδιά προσχολικής ηλικίας και οι κάτοικοι παλαιότερων σπιτιών εκτίθενται στο μόλυβδο από ποικίλες πηγές. Σε αυτή τη μελέτη, παρατηρήθηκε σταθερή αύξηση βάρους στην ομάδα ελέγχου σε σύγκριση

με τις εκτεθειμένες σε μόλυβδο ομάδες. Στην υψηλότερη συγκέντρωση μολύβδου (1000.0 mg / l), η οποία είναι 100 φορές μεγαλύτερη από την κατευθυντήρια γραμμή του ΠΟΥ [6], παρατηρήθηκε διαφορετική τάση. Σημειώθηκε μικρή ή καμία αύξηση ή απώλεια βάρους μέχρι τη 14η ημέρα. Έπειτα ακολούθησε ταχεία απώλεια βάρους, με την υψηλότερη σχετική απώλεια βάρους να φτάνει τα 3,80 g και το 161,3% αντίστοιχα (Πίνακας 3). Αυτό συνάδει με τη μελέτη Allouche et al. [19], σύμφωνα με την οποία η μακροχρόνια έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις μολύβδου μπορεί να προκαλέσει μεγάλη αύξηση βάρους και κίνδυνο παχυσαρκίας. Ομοίως, στη μελέτη Brunton [20] αναφέρονται συχνά συμπτώματα οξείας δηλητηρίασης από μόλυβδο ως γαστρεντερικά προβλήματα, όπως δυσκοιλιότητα, διάρροια, ανορεξία και απώλεια βάρους. Η απορρόφηση μεγάλων ποσοτήτων μολύβδου σε σύντομο χρονικό διάστημα ενδέχεται να προκαλέσει σοκ (ανεπάρκεια υγρών στο κυκλοφορικό σύστημα) εξαιτίας της απώλειας νερού από το γαστρεντερικό σωλήνα [19].

Πίνακας 3. Μεταβολές στο βάρος των λευκοπαθικών ποντικών (*Mus musculus*) του πειράματος κατά την έκθεσή τους σε μόλυβδο (n = 3).

Μέση τιμή βάρους (g) ± Τυπική Απόκλιση (Αύξηση/Απώλεια Βάρους, % διαφορά από την ομάδα ελέγχου) (ΔW)			
Conc (mg/l)	0 μέρα	14 ^η μέρα	28 ^η μέρα
0.00	23.06 ± 1.46**	27.18 ± 1.45** (4.12, 0.0%)	29.26 ± 0.72** (6.20, 0.0%)
1.00	27.70 ± 3.79**	31.68 ± 3.17** (3.17, -23.1%)	35.04 ± 1.36** (7.34, +18.4%)
50.00	27.14 ± 3.27**	28.50 ± 3.84** (1.36, -67.0%)	31.74 ± 2.08** (4.60, -25.8%)
100.00	26.12 ± 3.08**	28.14 ± 2.86** (2.02, -51.0%)	28.22 ± 1.81** (2.10, -66.1%)
500.00	29.02 ± 4.13**	26.88 ± 2.32** (-2.14, -151.9%)	27.66 ± 3.26* (-1.36, -121.9%)
1000.00	27.14 ± 1.69**	27.12 ± 1.53** (-0.02, -1.0%)	23.34 ± 3.01* (-3.80, -161.3%)

**Δηλώνει ότι η μέση τιμή έχει βαρύτητα σε επίπεδο 0.01 ($p < 0.01$) και *Δηλώνει ότι η μέση τιμή έχει βαρύτητα σε επίπεδο 0.05 ($p < 0.05$).

Conc (mg/l)- Συγκέντρωση ανά (mg/l)

3.3. Δραστικότητα των ηπατικών ενζύμων στις διάφορες συγκεντρώσεις μολύβδου τη 14η και την 28η ημέρα

Τα αποτελέσματα του παρόντος πειράματος δείχνουν σαφώς ότι η οξεία και μακροχρόνια έκθεση σε νιτρικό μόλυβδο προκαλεί σημαντικές βιοχημικές μεταβολές, οι οποίες αυξάνονται όσο αυξάνονται οι συγκεντρώσεις και ο χρόνος έκθεσης. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι μεταβολές στη δραστικότητα των ηπατικών ενζύμων έπειτα από έκθεση στις διάφορες συγκεντρώσεις μολύβδου για 14 και 28 ημέρες. Τα ηπατικά ένζυμα αλκαλική φωσφατάση (ALP), αλανίνη αμινοτρανσφεράση (ALT) και ασπαρτική αμινοτρανσφεράση (AST) στο αίμα λειτουργούν ως δείκτες της κατάστασης του ήπατος. Οι μεταβολές σε οποιοδήποτε από αυτά τα ένζυμα σε σχέση με την ομάδα ελέγχου υποδεικνύουν αλλαγές στη φυσιολογική ή στην υγιή κατάσταση.

Η αλκαλική φωσφατάση (ALP) στην ομάδα ελέγχου αυξήθηκε με το χρόνο, τη 14η ημέρα, 32.99 ± 3.11 g ($p < 0.01$), την 28η ημέρα, 34.24 ± 5.00 g ($p < 0.05$). Η τάση αυτή ήταν ελαφρώς διαφορετική στις εκτεθειμένες ομάδες. Συγκεκριμένα, στα ποντίκια που εκτέθηκαν σε 1,0 mg / l μολύβδου, οι τιμές ήταν 43.39 ± 1.16 g ($p < 0.05$) και 5.75 ± 0.76 g ($p < 0.05$) τη 14η και την 28η ημέρα έκθεσης αντιστοίχως. Στην ομάδα που εκτέθηκε σε 50,0 mg / l μολύβδου, η αλκαλική φωσφατάση (ALP) ήταν 35.18 ± 1.12 g ($p < 0.01$) και 11.4 ± 0.55 g ($p < 0.01$) έπειτα από έκθεση 14 και 28 ημερών αντιστοίχως. Στην ομάδα που εκτέθηκε σε 100,0 mg / l μολύβδου η αλκαλική φωσφατάση (ALP) μεταβλήθηκε από 20.76 ± 0.73 g ($p < 0.01$) τη 14η ημέρα σε 9.40 ± 2.05 g ($p < 0.05$) την 28η ημέρα. Στην ομάδα που εκτέθηκε σε 500,0 mg / l μολύβδου, οι τιμές ήταν 23.76 ± 0.73 g ($p < 0.01$) και 11.37 ± 0.93 g ($p < 0.011$) τη 14η και την 28η ημέρα της έκθεσης αντιστοίχως, ενώ στην ομάδα που εκτέθηκε σε 1000,0 mg / l μολύβδου, οι τιμές ήταν 58.46 ± 1.46 g ($p < 0.01$) τη 14η ημέρα και 8.44 ± 1.91 g ($p < 0.05$) την 28η ημέρα (Πίνακας 4).

Πίνακας 4. Αντιδράσεις των ηπατικών αντιοξειδωτικών ενζύμων στις ποικίλες συγκεντρώσεις μολύβδου για 14 και 28 ημέρες.

Conc. (mg/l)	ALP (μ/l) (Μέση ± Τυπική Απόκλιση)		AST (μ/l) (Μέση ± Τυπική Απόκλιση)		AL T (μ/l) (Μέση ± Τυπική Απόκλιση)	
	14 ^η μέρα	28 ^η μέρα	14 ^η μέρα	28 ^η μέρα	14 ^η μέρα	28 ^η μέρα
0.00	32.99 ± 3.11**	34.24 ± 5.00*	29.01 ± 3.89*	12.15 ± 2.89**	2.44 ± 0.53	3.12 ± 0.53*
1.00	43.39 ± 1.16**	5.75 ± 0.76*	27.11 ± 1.08**	13.62 ± 0.36**	18.17 ± 1.90**	3.95 ± 0.11**
50.00	35.18 ± 1.12**	11.4 ± 0.55	37.53 ± 1.36**	41.32 ± 5.02**	4.63 ± 1.49*	4.13 ± 0.38**
100.00	20.76 ± 0.73**	9.40 ± 2.05*	26.15 ± 1.45**	36.69 ± 4.76**	4.17 ± 0.25**	3.78 ± 0.65*

500.00	23.76 ± 0.73**	11.37 ± 0.93**	27.15 ± 0.32*	38.24 ± 1.86**	28.57 ± 1.50**	4.60 ± 0.65**
1000.00	58.46 ± 1.46**	8.44 ± 1.91*	38.13 ± 1.09**	35.21 ± 3.04**	23.29 ± 2.13*	3.01 ± 0.10**

**Δηλώνει ότι η μέση τιμή έχει βαρύτητα σε επίπεδο 0.01($p < 0.01$) και * Δηλώνει ότι η μέση τιμή έχει βαρύτητα σε επίπεδο 0.05 ($p < 0.05$).

Conc. (mg/l) – Συγκέντρωση ανά (mg/l)

AST— ασπαρτική αμινοτρανσφεράση;

ALT— αλανίνη αμινοτρανσφεράση;

ALP— αλκαλική φωσφατάση.

Η αλανίνη αμινοτρανσφεράση (ALT) στην ομάδα ελέγχου αυξήθηκε επίσης με το χρόνο, 2.44 ± 0.53 g ($p < 0.01$) τη 14η ημέρα και 3.12 ± 0.53 g ($p < 0.05$) την 28η ημέρα. Η τάση στις εκτεθειμένες ομάδες ήταν διαφορετική. Στα ποντίκια που εκτέθηκαν σε 1,0 mg / l μολύβδου, οι τιμές ήταν 18.17 ± 1.90 g ($p < 0.01$) και 3.95 ± 0.11 g ($p < 0.01$) τη 14η και την 28η ημέρα της έκθεσης αντιστοίχως. Στην ομάδα που εκτέθηκε σε 50,0 mg / l, η αλανίνη αμινοτρανσφεράση (ALT) ήταν 4.63 ± 1.49 g ($p < 0.05$) και 4.13 ± 0.38 g ($p < 0.05$) έπειτα από έκθεση 14 και 28 ημερών αντιστοίχως. Στα ποντίκια που εκτέθηκαν σε 100.0 mg / l μολύβδου οι τιμές μεταβλήθηκαν από 4.17 ± 0.25 g ($p < 0.01$) τη 14η ημέρα σε 3.78 ± 0.65 g ($p < 0.05$) την 28η ημέρα. Για τα ποντίκια που εκτέθηκαν σε 500,0 mg / l μολύβδου, οι τιμές ήταν 28.57 ± 1.50 g ($p < 0.01$) και 4.60 ± 0.65 g ($p < 0.01$) τη 14η και την 28η ημέρα έκθεσης αντίστοιχα, ενώ στην ομάδα που εκτέθηκε σε 1000,0 mg / l οι τιμές ήταν 23.29 ± 2.13 g ($p < 0.01$) τη 14η ημέρα και 3.01 ± 0.10 g ($p < 0.05$) την 28η ημέρα (Πίνακας 4).

Η ασπαρτική αμινοτρανσφεράση (AST) στην ομάδα ελέγχου μειώθηκε με το χρόνο, 29.01 ± 3.89 g ($p < 0.05$) τη 14η ημέρα, και 12.15 ± 2.89 g ($p < 0.05$) την 28η ημέρα. Η τάση ήταν ωστόσο ακανόνιστη στις εκτεθειμένες ομάδες. Στα ποντίκια που εκτέθηκαν σε 1,0 mg / l, η τιμή μειώθηκε από 27.11 ± 1.08 g ($p < 0.01$) τη 14η ημέρα σε 13.62 ± 0.36 g ($p < 0.01$) την 28η ημέρα. Υπήρξε αύξηση της τιμής στα ποντίκια που εκτέθηκαν σε 50,0 mg / l από 37.53 ± 1.36 g ($p < 0.01$) τη 14η ημέρα σε 41.32 ± 5.02 g ($p < 0.05$) την 28η ημέρα. Στην ομάδα που εκτέθηκε σε 100,0 mg / l παρατηρήθηκε επίσης αύξηση της τιμής από 26.15 ± 1.45 g ($p < 0.01$) τη 14η ημέρα σε 36.69 ± 4.76 g ($p < 0.01$) την 28η ημέρα. Στα ποντίκια που εκτέθηκαν σε 500,0 mg / l οι τιμές ήταν 27.15 ± 0.32 g ($p < 0.05$) και 38.24 ± 1.86 g ($p < 0.01$) τη 14η και την 28η ημέρα της έκθεσης αντιστοίχως, ενώ στην ομάδα που εκτέθηκε σε 1000,0mg / l παρατηρήθηκε μείωση από 38.13 ± 1.09 g ($p < 0.01$) τη 14η ημέρα σε 35.21 ± 3.04 g ($p < 0.01$) την 28η ημέρα (Πίνακας 4).

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, συνάδουν με τη μελέτη Bharali [15], αλλά όχι με τη μελέτη Allouche et al. [19] . Η μελέτη Bharali [21] αναφέρει ότι οι μεγαλύτερες

συγκεντρώσεις μολύβδου προκαλούν αυξημένα επίπεδα ορού αλανίνης αμινοτρανσφεράσης (ALT) και ανισορροπία της οξειδωτικής κατάστασης των κυττάρων, η οποία αντανακλάται στο αυξανόμενο επίπεδο MDA στον ιστό του ήπατος. Στη μελέτη Allouche et al. [19] αναφέρεται πως δεν παρατηρήθηκε εμφανής διαταραχή των βιοχημικών ηπατικών παραμέτρων ορού μετά από μακροχρόνιες εκθέσεις σε μόλυβδο. Ο συγγραφέας απέκλεισε την ενοχοποίηση της μακροχρόνιας έκθεσης σε μόλυβδο ως προς τον κίνδυνο αθηροσκλήρωσης ή διαταραχής της ηπατικής λειτουργίας.

Σε αυτή τη μελέτη, η αλανίνη αμινοτρανσφεράση (ALT) και η αλκαλική φωσφατάση (ALP) αυξήθηκαν με το χρόνο στην ομάδα ελέγχου, είχαν, όμως, διαφορετική τάση στις εκτεθειμένες σε μόλυβδο ομάδες. Η αλανίνη αμινοτρανσφεράση μετράται συνήθως κλινικά ως μέρος μιας διαγνωστικής αξιολόγησης της ηπατοκυτταρικής βλάβης για τον προσδιορισμό της υγείας του ήπατος. Σημαντικά αυξημένα επίπεδα ALT και ALP συχνά υποδεικνύουν την ύπαρξη προβλημάτων υγείας όπως η ιογενής ηπατίτιδα, ο διαβήτης, η συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια, η βλάβη του ήπατος, τα προβλήματα στους χοληδόχους πόρους, η λοιμώδης μονοπυρήνωση ή η μυοπάθεια.

3.4. Μεταβολές στις αιματολογικές παραμέτρους στα ποντίκια που εκτέθηκαν στις διάφορες συγκεντρώσεις μολύβδου για 14 και 28 ημέρες

Τα αποτελέσματα της έκθεσης σε μόλυβδο είναι εμφανή και στις αιματολογικές παραμέτρους με τη μορφή μεταβολών στο συνολικό αριθμό των ερυθρών αιμοσφαιρίων, στον ολικό αριθμό λευκοκυττάρων, στη μέση περιεκτικότητα και στη μέση συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης, στο μέσο όγκο και στη μέση συγκέντρωση ερυθρών κ.ο.κ. Στον Πίνακα 5 και στον Πίνακα 6 αναγράφονται οι μεταβολές στις αιματολογικές παραμέτρους στα ποντίκια που εκτέθηκαν στις διάφορες συγκεντρώσεις μολύβδου για 14 και 28 ημέρες.

Ο συνολικός αριθμός ερυθρών αιμοσφαιρίων (RBC) μειώθηκε καθώς οι συγκεντρώσεις μολύβδου αυξάνονταν από 1,0 mg / l σε 50,0 mg / l. Έπειτα παρατηρήθηκε αύξηση του συνολικού αριθμού ερυθρών αιμοσφαιρίων στους ποντικούς που εκτέθηκαν σε 100,0 mg / l, 500,0 mg / l και 1000 mg / l μολύβδου. Ο υψηλότερος συνολικός αριθμός ερυθρών αιμοσφαιρίων (RBC) παρατηρήθηκε στην υψηλότερη συγκέντρωση μολύβδου την 28η ημέρα με 10.43 ± 1.46 (g/dL) ($p < 0.01$), τιμές πολύ υψηλότερες από εκείνες της ομάδας ελέγχου. Ο ολικός αριθμός λευκοκυττάρων (WBC) είχε διαφορετική τάση σε σύγκριση με το συνολικό αριθμό ερυθρών αιμοσφαιρίων (RBC). Παρατηρήθηκε σταθερή αύξηση κατά την έκθεση σε 1,0 mg / l, 50,0 mg / l, 100,0 mg / l, 500,0 mg / l και 1000,0 mg / l μολύβδου. Ο υψηλότερος ολικός αριθμός λευκοκυττάρων (WBC) παρατηρήθηκε κατά την έκθεση στην υψηλότερη συγκέντρωση μολύβδου την 28η ημέρα με WBC, 8.77 ± 2.36 ($\times 10^9/L$) ($p < 0.05$), τιμές πολύ υψηλότερες από εκείνες της ομάδας ελέγχου 2.27 ± 0.81 ($\times 10^9/L$) ($p < 0.05$). Ο μέσος όγκος ερυθρών (MCV) (fL) μειώθηκε κατά την

αύξηση των συγκεντρώσεων μολύβδου από 1,0 mg / l σε 1000,0 mg / l. Ο χαμηλότερος μέσος όγκος ερυθρών παρατηρήθηκε κατά την έκθεση στην υψηλότερη συγκέντρωση μολύβδου τη 14η και την 28η ημέρα με μέσο όγκο ερυθρών (MCV) , 35.17 ± 0.91 (fL) ($p < 0.05$) και 40.50 ± 1.37 (fL) ($p < 0.01$) αντίστοιχα, τιμές πολύ χαμηλότερες από εκείνες της ομάδας ελέγχου 39.67 ± 0.76 (fL) ($p < 0.05$) και 42.73 ± 0.91 (fL) ($p < 0.01$) αντίστοιχα (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις στις αιματολογικές παραμέτρους των ποντικών που εκτέθηκαν σε μόλυβδο

Conc (mg/l)	RBC (g/dL)		WBC ($\times 10^9/L$)		MCV (fL)	
	14 ^η μέρα	28 ^η μέρα	14 ^η μέρα	28 ^η μέρα	14 ^η μέρα	28 ^η μέρα
0.00	9.17 $\pm$ 0.06**	8.43 $\pm$ 1.23**	2.27 $\pm$ 0.81*	2.77 $\pm$ 1.10*	39.67 $\pm$ 0.76	42.73 $\pm$ 0.91**
1.00	7.02 $\pm$ 0.03**	7.91 $\pm$ 0.76*	3.77 $\pm$ 0.85*	5.00 $\pm$ 3.61*	39.20 $\pm$ 0.79**	43.13 $\pm$ 0.59**
50.00	6.92 $\pm$ 0.10**	5.67 $\pm$ 0.55**	3.93 $\pm$ 0.32*	5.93 $\pm$ 0.25**	38.37 $\pm$ 0.71*	45.07 $\pm$ 0.16**
100.00	7.05 $\pm$ 0.16**	6.40 $\pm$ 1.35*	3.73 $\pm$ 0.57**	6.70 $\pm$ 0.56**	37.27 $\pm$ 0.42**	44.77 $\pm$ 1.06**
500.00	7.09 $\pm$ 0.14**	6.70 $\pm$ 1.45**	4.93 $\pm$ 1.27*	7.60 $\pm$ 2.09*	36.30 $\pm$ 0.72**	40.47 $\pm$ 0.40**
1000.00	7.15 $\pm$ 0.11**	10.43 $\pm$ 1.46**	5.83 $\pm$ 1.21*	8.77 $\pm$ 2.36*	35.17 $\pm$ 0.91*	40.50 $\pm$ 1.37**

** Δηλώνει ότι η μέση τιμή έχει βαρύτητα σε επίπεδο 0,01 ($p < 0.01$) και * Δηλώνει ότι η μέση τιμή έχει βαρύτητα σε επίπεδο 0.05 ($p < 0.05$).

Conc (mg/l)- Συγκέντρωση ανά (mg/l)

RBC—Συνολικός αριθμός ερυθρών αιμοσφαιρίων (g/dL)

WBC—Ολικός αριθμός λευκοκυττάρων ($\times 10^9/L$)

MCV—Μέσος όγκος ερυθρών (fL)

Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις στις αιματολογικές παραμέτρους των ποντικών που εκτέθηκαν σε μόλυβδο

Conc (mg/l)	MCH (Pg)		MCHC (g/dL).		HCT (%)	
	14 ^η μέρα	28 ^η μέρα	14 ^η μέρα	28 ^η μέρα	14 ^η μέρα	28 ^η μέρα

0.00	15.13 ± 0.61**	14.87 ± 0.16**	35.83 ± 0.21*	35.07 ± 0.16*	37.23 ± 0.76*	38.63 ± 0.35**
1.00	15.17 ± 0.75**	14.27 ± 0.12*	30.43 ± 1.40**	33.90 ± 0.50**	35.93 ± 1.06**	35.60 ± 1.37**
50.00	14.88 ± 0.63**	14.30 ± 0.10**	29.00 ± 0.46*	31.45 ± 0.25**	34.60 ± 0.72**	43.07 ± 0.15**
100.00	14.77 ± 0.42**	14.17 ± 1.11*	28.47 ± 1.66**	32.77 ± 0.15**	33.53 ± 0.94**	36.97 ± 5.78*
500.00	14.42 ± 0.14**	14.87 ± 0.46**	27.27 ± 1.31*	35.77 ± 0.16**	32.37 ± 1.31**	34.90 ± 1.83**
1000.00	14.13 ± 0.12**	15.13 ± 0.61**	25.67 ± 0.97**	36.13 ± 0.88**	30.43 ± 1.31*	32.20 ± 0.36**

** Δηλώνει ότι η μέση τιμή έχει βαρύτητα σε επίπεδο 0.01($p < 0.01$) και * Δηλώνει ότι η μέση τιμή έχει βαρύτητα σε επίπεδο 0.05($p < 0.05$).

Conc (mg/l)- Συγκέντρωση ανά (mg/l)

MCH—Μέση περιεκτικότητα αιμοσφαιρίνης (Pg)

MCHC—Μέση συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης (g/dL)

HCT—Αιματοκρίτης (%)

Η μέση περιεκτικότητα αιμοσφαιρίνης (MCH) (Pg) μειώθηκε πολύ αργά κατά την έκθεση σε 1,0 mg / l, 50,0 mg / l, 100,0 mg / l, 500,0 mg / l και σε 1000,0 mg / l με εξαίρεση την 28η ημέρα κατά την έκθεση σε 500.0 mg/l και 1000.0 mg/l μολύβδου, οπότε παρατηρήθηκε πολύ μεγαλύτερη αύξηση στις τιμές της μέσης περιεκτικότητας αιμοσφαιρίνης (MCH) από εκείνη στην ομάδα ελέγχου. Η χαμηλότερη τιμή παρατηρήθηκε κατά την 28η ημέρα έκθεσης σε 100,0 mg / l μολύβδου, 14.17 ± 1.11 (Pg) ($p < 0.05$) και η υψηλότερη τιμή μέσης περιεκτικότητας αιμοσφαιρίνης (MCH) σημειώθηκε την 28η ημέρα έκθεσης σε 1000,0 mg / l μολύβδου, 15.13 ± 0.61 (Pg), ($p < 0.01$) συγκριτικά με την τιμή της ομάδας ελέγχου, 14.87 ± 0.16 (Pg), ($p < 0.01$). Η μέση συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης (MCHC) (g / dL) είχε παρόμοια τάση με τη μέση περιεκτικότητα αιμοσφαιρίνης (MCH) . Μειώθηκε κατά την έκθεση σε 1,0 mg / l, 50,0 mg / l, 100,0 mg / l, 500,0 mg / l και 1000,0 mg / l μολύβδου με εξαίρεση την 28η ημέρα κατά την έκθεση σε 500,0 mg / l και 1000,0 mg / l μολύβδου, οπότε και παρατηρήθηκε πολύ μεγαλύτερη αύξηση στην τιμή της μέσης συγκέντρωσης αιμοσφαιρίνης (MCHC) από εκείνη της ομάδας ελέγχου.

Ο αιματοκρίτης (HCT) (%) κατά τη 14η ημέρα μειώθηκε σταθερά στις ομάδες που εκτέθηκαν σε 1,0 mg / l, 50,0 mg / l, 100,0 mg / l, 500,0 mg / l και 1000,0 mg / l μολύβδου. Στην υψηλότερη συγκέντρωση μολύβδου παρατηρήθηκε η χαμηλότερη τιμή αιματοκρίτη (HCT), 30.43 ± 1.31 (%) ($p < 0.01$), τιμή πολύ χαμηλότερη από εκείνη της ομάδας ελέγχου, 37.23 ± 0.76 (%) ($p < 0.05$). Την 28η ημέρα ο αιματοκρίτης (HCT) αρχικά μειώθηκε κατά την έκθεση σε 1,0 mg / l μολύβδου. Στη συνέχεια αυξήθηκε κατά την έκθεση σε 50,0 mg / l, και έπειτα μειώθηκε κατά την

έκθεση σε 100,0 mg / l, 500,0 mg / l και 1000,0 mg / l μολύβδου. Στην υψηλότερη συγκέντρωση μολύβδου παρατηρήθηκε η χαμηλότερη τιμή αιματοκρίτη (HCT), 32.20 ± 0.36 (%) ($p < 0.01$), τιμή πολύ χαμηλότερη από εκείνη της ομάδας ελέγχου, 38.63 ± 0.35 (%) ($p < 0.01$) (Πίνακας 6).

Αυτά τα αποτελέσματα συνάδουν με τη μελέτη Oluah and Uiasi [16], στην οποία αναφέρεται αυξημένη ερυθροποίηση στα γατόψαρα της Αφρικής (*Clarias gariepinus*) που είχαν εκτεθεί σε δηλητηρίαση με μόλυβδο. Ο υψηλότερος ολικός αριθμός λευκοκυττάρων (WBC) παρατηρήθηκε κατά την έκθεση στην υψηλότερη συγκέντρωση μολύβδου την 28η ημέρα, με την τιμή του ολικού αριθμού λευκοκυττάρων (WBC) να είναι πολύ υψηλότερη από εκείνη της ομάδας ελέγχου. Τόσο τα ερυθρά αιμοσφαίρια όσο και τα λευκοκύτταρα αυξήθηκαν καθώς αυξάνονταν και οι συγκεντρώσεις κατά την 28η ημέρα, πράγμα που επίσης συνάδει με την παραπομπή [16].

Η ερυθροποίηση προκαλείται από το μειωμένο οξυγόνο στην κυκλοφορία, το οποίο ανιχνεύουν τα νεφρά και στη συνέχεια εκκρίνουν την ορμόνη ερυθροποιητίνη[22]. Αυτή η ορμόνη προκαλεί τον πολλαπλασιασμό και τη διαφοροποίηση των πρόδρομων ερυθροκυττάρων, κάτι που προκαλεί αυξημένη ερυθροποίηση στους αιμοποιητικούς ιστούς και τελικά οδηγεί στην παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων. Η δηλητηρίαση από μόλυβδο μπορεί να συσχετιστεί με την αιμοποιητική τοξικότητα καθώς αυτή είναι αποτέλεσμα της αναστολής των ενζύμων και της βλάβης στο φράγμα μεταξύ του αίματος και του μυελού των οστών [22]. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις μολύβδου αναστέλλουν άμεσα ορισμένα ένζυμα, συμπεριλαμβανομένης της λιγάσης της αίμης, της αφυδρογονάσης του αμινολεβουλινικού οξέος, της σιδηροελατάσης, της 5' νουκλεοτιδάσης και της κοπροπορφυρινογενάσης. Η ενζυμική αναστολή έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των προδρόμων της αίμης (πρωτοπορφυρίνες), την ερυθροβλάσωση, τη βασεόφιλη στίξη και πιο επιρρεπή σε φυσική βλάβη ερυθροκύτταρα [22] [23].

3.5. Ιστοπαθολογική αντίδραση στα εκτεθειμένα σε διάφορες συγκεντρώσεις μολύβδου για 14 και 28 ημέρες ποντίκια

Η οξεία και μακροχρόνια έκθεση σε μόλυβδο μπορεί να προκαλέσει σημαντικές και μη αναστρέψιμες παθολογικές αλλοιώσεις, πράγμα που παρατηρήθηκε μόνο στο ήπαρ. Σύμφωνα με την ιστολογική εξέταση υπήρξε σημαντική αλλοίωση στο ήπαρ (Πίνακας 7). Στα δείγματα ήπατος από την ομάδα ελέγχου, από τη 14^η και την 28^η ημέρα για τις ομάδες που εκτέθηκαν σε 1,0 mg / L και 50 mg / L μολύβδου, καθώς και από τη 14^η ημέρα στα ποντίκια που εκτέθηκαν σε 100,0 mg / L δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές αλλοιώσεις. Την 28η ημέρα, στο ήπαρ των ποντικών που εκτέθηκαν σε 100,0 mg / L μολύβδου παρατηρήθηκε κενотоπίωση κυτταροπλάσματος και ήπια νέκρωση. Επιπλέον, κατά τη 14^η και την 28^η ημέρα έκθεσης τόσο σε 500.0 mg/L και σε 1000.0 mg/L μολύβδου, παρουσιάστηκαν σοβαρές ηπατικές αλλοιώσεις στα ποντίκια, όπως η παρουσία πολύμορφων πυρήνων,

η συμφόρηση των αιμοφόρων αγγείων, η κενотоπίωση κυτταροπλάσματος και η οξεία νέκρωση .

Πίνακας 7. Ιστοπαθολογική αντίδραση στο ήπαρ των ποντικών που εκτέθηκαν στις διάφορες συγκεντρώσεις μολύβδου για 14 και 28 ημέρες.

Έκθεση Conc (mg/L)	Αλλοίωση		Πολύμορφοι Πυρήνες		Συμφόρηση αγγείων		Κενотоπίωση		Ήπια Νέκρωση		Οξεία Νέκρωση	
	14 μέρα	28 μέρα	14 μέρα	28 μέρα	14 μέρα	28 μέρα	14 μέρα	28 μέρα	14 μέρα	28 μέρα	14 μέρα	28 μέρα
Ομάδα Ελέγχου	Όχι	Όχι	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
1.0 mg/L	Όχι	Όχι	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
50.0 mg/L	Όχι	Όχι	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
100.0 mg/L	Όχι	Ναι	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Pres	Abs	Pre s	Abs	Abs
500 mg/L	Ναι	Ναι	Pres	Pres	Pre s	Pre s	Pres	Pres	Pre s	Pre s	Pre s	Pre s
1000. 0 mg/L	Ναι	Ναι	Pres	Pres	Pre s	Pre s	Pres	Pres	Pre s	Pre s	Pre s	Pre s

Conc (mg/L)- Συγκέντρωση ανά (mg/L)

Abs—Δεν παρουσιάστηκε

Pre—Παρουσιάστηκε

Τα αποτελέσματα της μελέτης συνάδουν με αυτά της μελέτης Bharali [21]. Σύμφωνα με τη μελέτη Bharali [21] 24 ώρες μετά την έκθεση παρατηρήθηκε απότομη εμφάνιση αλλοιώσεων και στα ηπατοκύτταρα που περιβάλλουν την κεντρολοβιώδη περιοχή του ήπατος σημειώθηκε αυξημένη αποπτωτική μορφολογία και κυτταροπλασματική κενотоπίωση. Σε αυτή τη μελέτη, στα ηπατοκύτταρα της ομάδας ελέγχου, των ομάδων που εκτέθηκαν για 14 και 28 ημέρες σε 1.0 mg / L και 50 mg / L καθώς και της ομάδας που εκτέθηκε σε 100.0 mg / L για 14 ημέρες δε σημειώθηκε κάποια σημαντική αλλοίωση. Την 28η ημέρα στα ποντίκια που εκτέθηκαν σε 100,0 mg / L παρατηρήθηκε κενотоπίωση κυτταροπλάσματος και ήπια νέκρωση. Τη 14η και την 28η ημέρα έκθεσης, στα ποντίκια που εκτέθηκαν σε 500,0 mg / L και 1000,0 mg / L παρατηρήθηκαν σημαντικές ηπατικές παθολογικές αλλοιώσεις, όπως

παρουσία πολύμορφων πυρήνων, συμφόρηση των αιμοφόρων αγγείων, κενотоπίωση κυτταροπλάσματος και οξεία νέκρωση.

4. Συμπέρασμα

Με βάση αυτά τα αποτελέσματα είναι εμφανές πως ο μόλυβδος προκαλεί αιματολογικές διαταραχές, ιστολογικές αλλοιώσεις στο ήπαρ και μεταβολές στο φυσιολογικό βάρος των ποντικών. Οι επιπτώσεις αυτές γίνονται εμφανείς καθώς η συγκέντρωση έκθεσης αυξάνεται με το χρόνο. Θα πρέπει να διασφαλιστεί η συνεχής παρακολούθηση του δικτύου αγωγών ύδρευσης, ώστε να αποφευχθεί η εμφάνιση διαρροών τοξικών ουσιών, όπως ο μόλυβδος, σε οικιακές πηγές νερού. Το βαρύ μέταλλο, ο μόλυβδος, που ως γνωστόν προκαλεί αυτά τα αποτελέσματα, είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και υπάρχει στον αέρα, στο έδαφος, στο δημόσιο σύστημα ύδρευσης και στην τροφική αλυσίδα. Για να εξαλειφθούν τα περιστατικά δηλητηρίασης από μόλυβδο στη Νιγηρία, είναι απαραίτητο να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα για την ανίχνευση και τη διαχείριση του μετάλλου. Η παραδοσιακή εξόρυξη μεταλλευμάτων, η οποία συχνά απελευθερώνει μόλυβδο στον περιβάλλοντα χώρο, όπως φαίνεται από τις μελέτες σχετικά με τη δηλητηρίαση από μόλυβδο στην πολιτεία Ζαμφάρα και στο κράτος του Νίγηρα, θα πρέπει να αποθαρρύνεται σε όλο το έθνος. Θα πρέπει να διασφαλιστεί ο συνεχής έλεγχος του δικτύου αγωγών ύδρευσης, ώστε να αποφευχθεί η εμφάνιση διαρροών τοξικών ουσιών, όπως ο μόλυβδος, σε οικιακές πηγές νερού.

Δήλωση Περί Σύγκρουσης Συμφερόντων

Οι συγγραφείς δηλώνουν πως δεν υπάρχει καμία σύγκρουση συμφερόντων.

Διαθεσιμότητα Δεδομένων

Όλα τα δεδομένα της έρευνας είναι διαθέσιμα κατόπιν αίτησης στο αρχείο του Τμήματος Ζωολογίας του Πανεπιστημίου του Λάγκος.

Χρηματοδότηση

Αυτή η μελέτη ήταν αυτό-χρηματοδοτούμενη.

Παραπομπές

[1] Jideonwo (2014) Ensuring Sustainable Water Supply in Lagos, Nigeria. M.Sc Thesis, Πανεπιστήμιο της Πενσυλβάνια, Penn Library, Philadelphia, 161 p.

[2] BBC News (2010) Nigeria—Lead Poisoning Kills 100 Children in North. BBC News.

[3] Independent News & Media (2010) Lead Poisoning Kills 163 in Nigeria. Independent Online (South Africa).

- [4] Zingg, M. (2016) A Silent Killer: Lead Poisoning in Nigeria: In Aljazeera 2014.
- [5] Adeniyi, F.A.A. and Anetor, J.I. (1999) Lead Poisoning in Two Distant States of Nigeria: An Indication of the Real Size of the Problem. *African Journal of Medicine and Medical Sciences* , 28, 107-112.
- [6] Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (2011) Lead in Drinking-Water. Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality 2011.
- [7] Barn, P. and Kosatsky, T. (2011) Lead in School Drinking Water: Canada Can and Should Address This Important Ongoing Exposure Source. *Canadian Journal of Public Health - Review* , 102, 118-121.
- [8] Patrick, L. (2006) Lead Toxicity, a Review of the Literature, Part I: Exposure, Evaluation, and Treatment . *Alternative Medicine Review* , 11, 2-22.
- [9] UNEP (2010) Final Review of Scientific Information on Lead, Version of December. Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών, Chemicals Branch, DTIE. UNEP, Geneva, Switzerland, 20-78.
- [10] Tiwari, S. and Tripathi I. (2012) Lead Pollution—An Overview. *International Research Journal of Environmental Science* , 1, 84-86.
- [11] Tiwari, S., Tripathi, I. and Tiwari, H. (2013) Effects of Lead on Environment. *International Journal of Emerging Research in Management & Technology* , 2, 45-51.
- [12] Zeqiri, N., Zeqiri, S. and Skenderaj, S. (2012) Blood Pressure Evaluation at the Workers Exposed to Lead. *Medical Archives* , 66, 92-101. <https://doi.org/10.5455/medarh.2012.66.92-93>
- [13] Hernberg, S. (2000) Lead Poisoning in a Historical Perspective. *American Journal of Industrial Medicine* , 38, 244-254. [https://doi.org/10.1002/1097-0274\(200009\)38:3<244::AID-AJIM3>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1097-0274(200009)38:3<244::AID-AJIM3>3.0.CO;2-F)
- [14] Nuhu, A.A., Sallau, M.S. and Majiya, M.A. (2014) Heavy Metal Pollutions: The Environmental Impact of Artisanal Gold Mining in Bagega Village Zamfara State, Nigeria. *Research Journal of Pharmacological , Biological and Chemical Sciences* , 5, 306-314. O. Togunde et al. DOI: 10.4236/jep.2018.913086 1407 *Journal of Environmental Protection*
- [15] World Water Day (2010) Clean Water for a Healthy World. World Water Quality Facts and Statistics. 510-251-1600X106.
- [16] Oluah, N.S. and Ulasi, A.M.O. (2010) Changes in the Haematological Parameters of *Clarias gariepinus* Exposed to Lead Poisoning. *Journal of Fisheries International* , 5, 72-76.

- [17] Wright, N.J., Thacher, T.D., Pfitzner, M.A., Fischer, P.R. and Petitfor, J.M. (2005) Causes of Lead Toxicity in a Nigerian City. *Archives of Disease in Childhood* , 90, 262-266. <https://doi.org/10.1136/adc.2003.043562>
- [18] Centres for Disease Control and Prevention (2012) Lead Prevention Tips. <http://www.cdc.gov/nceh/lead/tips.htm>
- [19] Allouche, L., Hamadouche, M., Touabti, A. and Khenrouf, S. (2011) Effects of Long Term Exposure to Low or Moderate Lead Concentrations on Growth Lipid Profile and Liver Function in Albino Rats. *Advances in Biological Research* , 5, 339-347.
- [20] Brunton, L.L., Goodman, L.S., Blumenthal, D., Buxton, I. and Parker, K.L. (2007) Goodman and Gillmans Manual of Pharmacology and Therapeutics. McGraw Hill Professional.
- [21] Bharali, M.K. (2013) Effects of Acute Lead Acetate Exposure on Liver of Mice. *Journal of Global Biosciences* , 2, 121-125.
- [22] Sherwood, L., Klansman, H. and Yancey, P. (2005) *Animal Physiology*, Brooks/Cole, Cengage Learning, 2005.
- [23] García-Lestón, J., Roma-Torres, J., Vilares, M., Pinto, R., Prista, J., Teixeira, J.P., Mayan, O., Conde, J., Pingarilho, M., Gaspar, J.F., Pásaro, E., Méndez, J. and Laffon, B. (2012) Genotoxic Effects of Occupational Exposure to Lead and Influence of Polymorphisms in Genes Involved in Lead Toxicokinetics and in DNA Repair. *Environment International* , 43, 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.03.001>

ΠΡΩΤΟΤΥΠΟ ΚΕΙΜΕΝΟ

Toxicological Risk Assessment of Lead (Pb) Contamination in Public Water System in Lagos Metropolis, Nigeria

Abstract

Study Background: Lead continues to be a significant public health problem in developing countries, where there are considerable variations in the sources and pathways of exposure. **Aim:** This study investigates the level of lead in drinking water sources in Shomolu, Yaba and Bariga areas of Lagos State, Nigeria and the human risk exposure using a mice model. **Materials and Methods:** Water samples were collected in public water sources (borehole, sachet water, bottle water and tap water) and analyzed for lead using Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (Varian model-AA240FS) equipped with a lead hollow cathode lamp. Contamination factor was determined. Healthy Mature female albino-mice, weighing 25.3 ± 2.5 g were exposed to the contaminated drinking water for 28 days to the different concentrations of lead nitrate: 1 mg/l, 10 mg/l, 50 mg/l, 500 mg/l and 1000 mg/l. Blood and liver were collected for hematology liver function test and histopathology. **Results:** Lead concentrations in public water sources in Shomolu, Bariga and Yaba areas of Lagos State were below 5.0 µg/l and contamination factor were less than 1.0. At 1.0 mg/l (1000 µg/l) Lead exposure, the relative weight increase in this group (as compared to the controlled group) was very slow, up to the 14th day (with weight loss of 3.17 g and relative weight loss of 23.1%), then increased up to the 28th day (with weight loss of 7.34 g, and relative weight gain of 18.4%). At 50.0 mg/l Lead exposure, there was a rapid weight decrease, a greater relative weight loss was experienced at the 14th day (weight gain, 1.36 g and 67.0% relative weight loss), then there was weight recovery at the 28th day (weight gain of 4.60 g, 25.8% relative weight loss). The 100.0 mg/l Lead exposed group showed steady decrease in weight, 14th day had a weight gain of 2.02 g and relative weight loss of 51.0% while the 28th day had 2.10 weight gain and 66.1% weight loss respectively. In the 500.0 mg/l Lead exposure group, a similar trend was observed as with 1.0 mg/l and 50 mg/l Lead exposures, showing greater weight loss at the 14th day (2.14 g and 151.9% weight loss), as compared to the 28th day exposure (1.36 g and 121.9% weight loss respectively). Alanine aminotransferase (ALT) and Akaline phosphatase (ALP) in the control group increased with time, but these had a different trend in the exposed groups. The RBC decreased with

increase in concentrations from 1.0 mg/l to 50.0 mg/l Lead exposures, after which it increases at 100.0 mg/l, 500.0 mg/l and 1000 mg/l. The highest RBC was noticed at the highest exposure concentration at the 28th day with RBC, much higher than the control. The highest WBC was noticed at the highest exposure concentration at the 28th day with WBC, $8.77 \pm 2.36 (\times 10^9/L)$ ($p < 0.05$). The 28th day, 100.0 mg/L exposed mice's liver had cellular vacuolization and mild necrosis. At 14th and 28th day of exposure, the 500.0 mg/L and 1000.0 mg/L exposed mice had significant liver pathological alterations including the presence of polymorphic nuclei, blood vessel congestion, cellular vacuolization and severe necrosis. Conclusion: Lead induces hematological disturbances, liver histological alterations and change in weight in mice. These become obvious as exposure concentration increases with time. Continuous monitoring of municipal water pipeline reticulation should be ensured to prevent incidence of seepage of toxicants such as lead into domestic water sources.

Keywords

Contamination, Lead, Hematology, Histopathology

1. Introduction

Lagos, the most industrialized, populous and the fastest growing city in Africa, is currently facing a water management crisis [1]. Due to poor planning, lack of adequate infrastructure, insufficient funds, and a poor governance and regulatory framework, there is a vast demand gap of 330 MGD [1]. As such, only 10% of the population in Lagos is being served by the public water utility, Lagos Water Corporation [1]. The rest of the population gain access to water either from private boreholes or from informal private sector participants such as water vendors. This situation is further worsened by certain factors such as rapid population growth, corruption, climate change, unreliable electricity, inadequate enforcement, and water leakages and theft that cause 60% unaccounted-for-water losses. As a result, citizens experience water shortages, water pollution, inadequate sanitation and wastewater treatment, and water injustice and inequality. Due to high industrial and commercial activities and increasing population, pollution is often a major problem. There has been a series of lead poisonings in Zamfara State, Nigeria, leading to the deaths of at least 163 people between March and June 2010, including 111 children [2]. Independent News Media [3] reported the health ministry figures as 355 cases, with 46 percent proving fatal [2]. This was due to unsafe mining and ore processing. Just five years later, in 2015, between April and May 2015, 28 children in Kawo and Magiro, two remote villages in Niger State, mysteriously died days after suffering symptoms of convulsions, insomnia and hallucinations, due to lead-rich gold mining

[4]. Presently, heavy metals such as lead pose no health risk in Lagos State as compared to other states or regions, but if the right monitoring and management practices are not continually put in place, the case could be different [5]. However, if the concentration of these heavy metals surpasses the maximum admissible levels as stipulated by various organisations such as World Health Organization (WHO), American Public Health Association, then plant and animal health and developments may be affected because of malfunctions caused by bio-concentration of the heavy metals [6] [7]. Lead continues to be a significant public health problem in developing countries, where there are considerable variations in the sources and pathways of exposure [7]. For example, in many Latin American countries, leaded paint is not a significant source of recurrent exposure, whereas lead-glazed ceramics are such a source [8]. Exposure attributable to miscellaneous sources may be even more significant than universal exposure associated with leaded petrol, especially for people living in poverty. Exposure to lead from lead mining, smelting, battery factories and cottage industries is a significant environmental hazard in developing countries [9]. Unlike overt lead toxicity, where there is usually one identifiable source, low-level environmental exposure to lead is associated with multiple sources (petrol, industrial processes, paint, solder in canned foods, water pipes) and pathways (air, household dust, street dirt, soil, water, food) [10]. Evaluation of the relative contributions of sources is therefore complex and likely to differ between areas and population groups. Where lead derived from petrol comprises the major part of atmospheric lead it is a significant contributor to the body lead burden and is the most widely distributed source of the metal in the environment [11]. It is thus desirable to phase out the use of lead additives in fuels as quickly as possible on the global scale. Atmospheric lead that is deposited in soil and dust may then be ingested by children and may substantially raise their blood lead levels [8]. Signs of acute intoxication, include dullness, restlessness, irritability, poor attention span, headaches, muscle tremor, abdominal cramps, kidney damage, hallucinations, loss of memory and encephalopathy. These occur at blood lead levels of 100 - 120 $\mu\text{g}/\text{dl}$ in adults and 80 - 100 $\mu\text{g}/\text{dl}$ in children [12] [13]. Signs of chronic lead toxicity, including tiredness, sleeplessness, irritability, headaches, joint pain and gastrointestinal symptoms, may appear in adults at blood lead levels of 50 - 80 $\mu\text{g}/\text{dl}$ [10]. For the population at large, which is not occupationally exposed, food and water are important sources of baseline exposure to lead, in addition to atmospheric lead that is inhaled [11]. Even in countries where considerable efforts have been made to control lead, vast reservoirs of the metal still exist in soil, dust and house paint, and these sources will continue to affect populations for many years [10]. Lead exposure is clearly a global public health issue, but it is only just being recognized as a potential problem in many developing countries, with studies only now being reported from Africa, Asia and South America [11]. The aim of this research was to identify levels of lead in drinking water sources in the environment and carry out the human risk assessment using a mice model.

2. Materials and Methods

2.1. Water Sample Collection

Water samples were collected in public water sources (borehole, sachet water, bottle water and tap water) in Shomolu, Yaba and Bariga areas of Lagos State.

Pre - Treatment of Water Samples

Water samples were digested according to APHA, 2005. Briefly, 1000 cm³ of well mixed, acid preserved sample was transferred into a beaker. Exactly 50 cm³ of conc HNO₃ was added and heated to boiling. This was then evaporated on a hot plate to 20 cm³. Heating and addition of conc. HNO₃ continued until after digestion was completed as indicated by a light colour, clear solution. The content was then transferred to 100 cm³ plastic bottles, cooled and diluted to mark. Portions of the solution were used for Pb determination.

Quantitative Determination of Lead in Water Samples

In this work, flame atomic absorption spectrophotometer (Varian model-AA240FS) equipped with a lead hollow cathode lamp was used for quantitative determination of Pb in water samples. Standard calibration curve for the concentration range of 0.001 ppm–2 - 2.000 ppm–2 was used. This was linear with coefficient of determination of R² = 0.99.

Contamination Factor (C.F) of Lead (Pb) in Water Samples

The contamination factor (C.F) was calculated by dividing the concentration level of Pb in each water sample by the background value [14] [15]. In this study, the WHO [6] maximum limit for Pb in drinking water was selected as background level for the calculation of contamination factors of all the water samples.

2.2. Test Organism

The Test Organism used for the study was albino mice (*Mus musculus*) . Fifty-four healthy Mature female albino-mice, weighing 25.3 ± 2.5 g were bred in the animal house unit of the Zoological Garden, University of Lagos for the study.

Acclimatization

The mice were acclimatized in the experimental setup environment for 14 days, before the commencement of the study.

Housing and Feeding

The mice used for the study were kept in plastic cages measuring 60 cm × 45 cm × 45 cm. Each cage was divided into 9 equal compartments. Each compartment was

deemed to be spacious enough to house a female albino mice without stressing out the animal. Thus, each cage contained 9 animals, and a total of 6 cages were used for the study. The cages were kept in the Zoological garden of the University of Lagos. The mean temperature of the surrounding area was $28.0^{\circ}\text{C} \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ and the relative humidity was $58.0\% \pm 5.0\%$. During the acclimatization as well as the experimental phase of the study, the test subjects were fed with standard mice feed purchased from the Nigerian Institute of Medical Research, Yaba. The constituents of the mice feed are shown in Table 1. The Mice were given Clean Water from the Zoological Garden tap, with a pH range of 6.80 ± 2.0 , salinity index of 0.1% and a temperature range of $22.0^{\circ}\text{C} \pm 5.0^{\circ}\text{C}$.

2.3. Experimental Setup

The experiment was setup to compare the histological, liver function enzyme and hematological parameters of mice exposed to Lead with those mice that had no form of exposure to lead, while keeping every other variable constant. For the study, Lead exposure was in form of lead nitrate dissolved in the drinking water fed to the mice. Lead nitrate salt was gotten from the Chemistry Department of the University of Lagos. The salt was dissolved into five (5) concentrations to give a lead concentration exposure of: 1 mg/l, 10 mg/l, 50 mg/l, 500 mg/l and 1000 mg/l. The controls were not given any water contaminated with dissolved Lead nitrate. Thus, the experimental subjects were classified based on the concentration of their exposure: 0% (Control) group, 1 mg/l group, 50 mg/l group, 100 mg/l group, 500 mg/l group and 1000 mg/l group. Each experimental group was made up of 9 animals that were placed in the same cage that has been meticulously compartmentalized. The test subjects were exposed to the contaminated drinking water for 28 days according to the different concentration group they belonged to.

Test Solution

The various lead exposure concentrations (1 mg/l, 50 mg/l, 100 mg/l, 500 mg/l and 1000 mg/l) were prepared from lead nitrate using the following formula:

Table 1. Component of the mice feed used for the study.

S/N	Components	Composition
1	Soya Beans Meal (44% Protein)	52.5%
2	Fish Meal	15.5%
3	Distillers Dried Soluble	7.5%
4	Wheat Shafts	5.0%
5	Animal Fats	3.0%
6	Pellet	2.5%

7	Di-Calcium Phosphate	0.5%
8	Coated Vitamin C	0.057%
9	Trace Mineral Mix	0.075%

$$\text{Number of moles} = \frac{\text{Mass (x)}}{\text{Molar mass}}$$

$$\text{Molarity} = \frac{\text{Number of Moles}}{\text{Volume (L)}}$$

Sample Collection from Test Subjects

3 mice from each group were sacrificed on day 0, 14 and 28 of the study respectively. 2 ml of blood was collected from the eye region for each mouse using heparinised haematocrit tubes and transferred into properly labelled ethylene diamine tetra-acetic acid (EDTA) anti-coagulant bottles. Also the sacrificed mice were dissected after which liver samples were then collected from each mouse. Each harvested organ was kept in a universal bottle and transported into the laboratory for analysis.

2.4. Determining Difference in Physiological Weight and Relative Weight

The physiological weight before exposure (day 0) and after exposure were determined. Then the difference in these weights were obtained (Initial weight of the mice- W_i and final weight- W_f). While, the relative weight change was obtained as the rate of change of the physiological weight in comparison with the control group. This is given with the formulae below:

$$\text{Relative weight (\%)} = \{ \text{Experimental group } (W_f - W_i) / \text{Control group } (W_f - W_i) \} * 100$$

2.5. Hematological Studies

To investigate the effect of lead exposure on the haematological parameters of the mice, their, Platelet (PLT), Red Blood Cell (RBC), White Blood Cell (WBC) and Packed Cell Volume (PCV) indices were estimated using electronic counters. Blood-filled heparinized micro-haematocrit capillary tubes were centrifuged at 12,000 for 5 min using a micro-haematocrit centrifuge and the haematocrit (Hct) values were read directly. The haemoglobin concentration was measured by the cyan-methaemoglobin method at a wavelength of 540 nm. Concurrently, the Total

Red Blood Cell (RBC) was obtained by employing the methods described by Oluah and Ulasi [16]. Mean cell haemoglobin concentration (MCHC), mean cell volume (MCV), and mean cell haemoglobin (MCH) were calculated using the following equations: $MCHC = (Hb/PCV) \times 100$, $MCH = (Hb/RBCC) \times 10$ and $MCV = (PCV/RBCC) \times 100$ (11).

The activities of the liver enzymes; Alanine Aminotransferase (ALT), Aspartate Aminotransferase (AST), and Alkaline Phosphatase (ALP) were determined using the blood sample. The blood was centrifuged at 5000 rpm for 5 minutes; the plasma sample was then collected and kept at 20°C. The enzymes activities were determined by colorimetric method. The enzymes were then assayed using reagents obtained from enzyme assay kits.

2.6. Histopathology Procedure

To investigate the effect of lead exposure on the tissues of the mice, the histopathology of liver was studied. After each tissue sample had been properly labelled, they were cut and placed inside a tissue embedding cassette. The tissue samples were then processed using a 24 hours automatic tissue processor for a time ranging from 17 - 19 hours. The tissue processor completely fixed the tissue in 10% formal saline, after which the tissue was dehydrated using isopropyl alcohol. After dehydration, the tissue processor cleared the dehydrating agents using xylene L and H and then the tissue was cast in molten paraffin at the end of the 19 hours cycle.

After the tissue samples were removed from the tissue processor, they were embedded in molten paraffin wax that was contained in a plastic disposable embedding mould. The mould was then left to cool to room temperature. The embedded samples were then cut using a microtome and the cut sections were placed on a grease free slide. The slides were in turn placed on a hot plate for 30 minutes to enhance the tissues' adherence to the slides. The slides were then stained using the H and E staining method and then slides were there after viewed under the microscope.

2.7. Statistical Analysis

The values for the liver function enzymes, weight and hematological parameters of the control and various treatment groups were compared using SPSS 20.0 version.

3. Results and Discussion

3.1. Lead Concentration in Public Water Source in Shomolu, Bariga and Yaba Areas of Lagos

The major sources of lead exposure in some parts of Nigeria according to [5] are from vehicular pollution from leaded gasoline use, industrial pollution from mining, consumption of Nigerian leaded salt, drinking water absolutely obtained from wells. In this study, lead (Pb) concentrations in milligram per liter measured from public tap water, bole-hole, industrially produced bottle water and sachet water in Shomolu, Bariga and Yaba areas of Lagos State however, showed values below 5.0 µg/l and contamination factor less than 1.0 (Table 2). Unlike cases of lead poisoning in Zamfara and Niger States, there has not been reported case of lead poisoning in Lagos State.

Table 2. Lead concentration in public water source in Shomolu, Yaba and Bariga areas of Lagos.

Location	Tap water		Bole Hole		Bottle Water		Sachet Water	
	Conc. (µg/l)	C.F	Conc. (µg/l)	C.F	Conc. (µg/l)	C.F	Conc. (µg/l)	C.F
Shomolu	2.60	<1.0	4.24	<1.0	0.32	<1.0	2.25	<1.0
Bariga	2.10	<1.0	3.91	<1.0	0.53	<1.0	2.02	<1.0
Yaba	1.80	<1.0	4.02	<1.0	0.45	<1.0	1.58	<1.0

C.F—Contamination factor; WHO, 2011 estimated maximum lead concentrated limits; 3.8 µg/l/day for an infant to 10 µg/l/day for an adult.

3.2. Changes in the Physiological Weight of the Experimental Mice during Exposure to Lead

Lead poisoning can have significant effects on human and animals. One of these effects is gradual or rapid weight loss or rapid weight gain/obesity. Table 3 shows the changes in physiological weight of the mice exposed to varying concentrations of lead for 14 days and 28 days compared to the pre-treatment period (0 day). There was a steady increase in weight in the controlled group; Mean $\pm$ SD, 0 day, 23.06 g $\pm$ 1.46 g, $p < 0.01$, 14th day, 27.18 g $\pm$ 1.45 g, $p < 0.01$ and 28th day, 29.26 g $\pm$ 0.72, $p < 0.01$. At 1.0 mg/l Lead exposure, the weight also increased as the control but the relative increase (as compared to the controlled group) was very slow, up to the 14th day (with weight loss of 3.17 g and relative weight loss of 23.1%), then increased up to the 28th day (with weight loss of 7.34 g, and relative weight gain of 18.4%).

At 50.0 mg/l Lead exposure, there was a rapid weight decrease, a greater relative weight loss was experienced at the 14th day (weight gain, 1.36 g and 67.0% relative

weight loss), then there was weight recovery at the 28th day (weight gain of 4.60 g, 25.8% relative weight loss). 100.0 mg/l Lead exposure showed steady decrease in weight, 14th day had a weight gain of 2.02 g and relative weight loss of 51.0% while the 28th day had 2.10 weight gain and 66.1% weight loss respectively. 500.0 mg/l Lead exposure had a similar trend as 1.0 mg/l and 50 mg/l Lead exposures, showing greater weight loss at the 14th day (2.14 g and 151.9% weight loss), as compared to the 28th day exposure (1.36 g and 121.9% weight loss respectively) (Table 3).

About 70% of Nigerian children have blood lead levels of about 10 µg/dl [17]. According to the Centers for Disease Control and Prevention [18], the unborn child, bottle-fed babies, preschool children, and occupants of older houses are susceptible to lead from diverse sources. In this study, there was a steady increase in weight in the control group as compared to the exposed. The highest concentration of exposure (1000.0 mg/l) which is a 100 fold of the WHO guideline [6], showed a different trend; there was little or no increase or loss in weight, up to the 14th day, after which the weight loss became very rapid, with the highest relative weight loss of 3.80 g and 161.3% respectively (Table 3). This is in strong agreement with the study of Allouche et al . [19], who reported that the long-term exposure to low lead concentration might lead to high weight gain and obesity risk. Likewise, Brunton [20], reported common symptoms of acute lead poisoning as gastrointestinal problems, such as constipation, diarrhea, poor appetite, and weight loss. Absorption of large amounts of lead over a short time could cause shock (insufficient fluid in the circulatory system) due to loss of water from the gastrointestinal tract [19].

Table 3. Changes in the weight of the experimental albino mice (*Mus musculus*) during exposure to lead (n = 3).

Weight (g) Mean $\pm$ Standard Deviation (Weight gain or loss,% diff. from control)(ΔW)	0 day	14th day	28th day
Conc (mg/l)			
0.00	23.06 $\pm$ 1.46**	27.18 $\pm$ 1.45** (4.12, 0.0%)	29.26 $\pm$ 0.72** (6.20, 0.0%)
1.00	27.70 $\pm$ 3.79**	31.68 $\pm$ 3.17** (3.17, -23.1%)	35.04 $\pm$ 1.36** (7.34, +18.4%)
50.00	27.14 $\pm$ 3.27**	28.50 $\pm$ 3.84** (1.36, -67.0%)	31.74 $\pm$ 2.08** (4.60, -25.8%)
100.00	26.12 $\pm$ 3.08**	28.14 $\pm$ 2.86** (2.02, -51.0%)	28.22 $\pm$ 1.81** (2.10, -66.1%)
500.00	29.02 $\pm$ 4.13**	26.88 $\pm$ 2.32** (-2.14, -151.9%)	27.66 $\pm$ 3.26* (-1.36, -121.9%)
1000.00	27.14 $\pm$ 1.69**	27.12 $\pm$ 1.53** (-0.02, -1.0%)	23.34 $\pm$ 3.01* (-3.80, -161.3%)

--	--	--	--

**Signifies mean is significant at 0.01 level ($p < 0.01$) and *Signifies mean is significant at 0.05 level ($p < 0.05$).

3.3. Liver Function Enzyme Responses to Varying Concentrations of Lead for 14 and 28 Days

The results of the present experiment clearly indicate that acute and long-term exposure to lead nitrate causes significant biochemical alterations, which increases with exposure concentrations and time. Table 4 shows the responses of the liver function enzymes to varying concentrations of lead for 14 and 28 days. The liver function enzymes in the blood; alkaline phosphatase (ALP), alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST) are indicators of stress condition of the liver. Changes in any of these enzymes relative to the control indicate alteration from normal or health condition.

Alkaline phosphatase (ALP) in the control group increased with time, 14th day, 32.99 ± 3.11 g ($p < 0.01$), 28th day, 34.24 ± 5.00 g ($p < 0.05$). The trend was slightly different in the exposed groups. Specifically, for those exposed to 1.0mg/l, the values were 43.39 ± 1.16 g ($p < 0.05$) and 5.75 ± 0.76 g ($p < 0.05$) by day 14th and 28th of exposure respectively. For the 50.0 mg/l exposure group, ALP was 35.18 ± 1.12 g ($p < 0.01$), and 11.4 ± 0.55 g ($p < 0.01$) after 14 and 28 days exposure respectively. In the 100.0 mg/l group, it changed from 20.76 ± 0.73 g ($p < 0.01$) at day 14 to 9.40 ± 2.05 g ($p < 0.05$) by day 28th. For those exposed to 500.0 mg/l, the values were 23.76 ± 0.73 g ($p < 0.01$) and 11.37 ± 0.93 g ($p < 0.011$) by day 14th and day 28th of exposure respectively, while in the 1000.0 mg/l exposure group, the value was 58.46 ± 1.46 g ($p < 0.01$) on day 14th and 8.44 ± 1.91 g ($p < 0.05$) on day 28th (Table 4).

Table 4. Hepatic antioxidant enzyme responses to varying concentrations of Lead for 14 and 28 days.

Conc. (mg/l)	ALP (μ /l) (Mean $\pm$ SD)		AST (μ /l) (Mean $\pm$ SD)		AL T (μ /l) (Mean $\pm$ SD)	
	14th day	28th day	14th day	28th day	14th day	28th day
0.00	$32.99 \pm 3.11^{**}$	$34.24 \pm 5.00^{*}$	$29.01 \pm 3.89^{*}$	$12.15 \pm 2.89^{**}$	2.44 ± 0.53	$3.12 \pm 0.53^{*}$
1.00	$43.39 \pm 1.16^{**}$	$5.75 \pm 0.76^{*}$	$27.11 \pm 1.08^{**}$	$13.62 \pm 0.36^{**}$	$18.17 \pm 1.90^{**}$	$3.95 \pm 0.11^{**}$
50.00	$35.18 \pm 1.12^{**}$	11.4 ± 0.55	$37.53 \pm 1.36^{**}$	$41.32 \pm 5.02^{**}$	$4.63 \pm 1.49^{*}$	$4.13 \pm 0.38^{**}$
100.00	$20.76 \pm 0.73^{**}$	$9.40 \pm 2.05^{*}$	$26.15 \pm 1.45^{**}$	$36.69 \pm 4.76^{**}$	$4.17 \pm 0.25^{**}$	$3.78 \pm 0.65^{*}$
500.00	$23.76 \pm 0.73^{**}$	$11.37 \pm 0.93^{**}$	$27.15 \pm 0.32^{*}$	$38.24 \pm 1.86^{**}$	$28.57 \pm 1.50^{**}$	$4.60 \pm 0.65^{**}$

1000.00	58.46 ± 1.46**	8.44 ± 1.91*	38.13 ± 1.09**	35.21 ± 3.04**	23.29 ± 2.13*	3.01 ± 0.10**
---------	----------------	--------------	----------------	----------------	---------------	---------------

**Signifies the mean is significant at 0.01 level ($p < 0.01$) and *Signifies mean is significant at 0.05 level ($p < 0.05$). AST—Aspartate aminotransferase; ALT—Alanine aminotransferase; ALP—Alkaline phosphatase.

Alanine aminotransferase (ALT) in the control group also increased with time, 14th day, 2.44 ± 0.53 g ($p < 0.01$), 28th day, 3.12 ± 0.53 g ($p < 0.05$). The trend in the exposed groups was different. For those exposed to 1.0 mg/l, the values were 18.17 ± 1.90 g ($p < 0.01$) and 3.95 ± 0.11 g ($p < 0.01$) by day 14th and 28th of exposure respectively. For the 50.0 mg/l exposure group, ALT was 4.63 ± 1.49 g ($p < 0.05$), and 4.13 ± 0.38 g ($p < 0.05$) after 14 and 28 day of exposure respectively. In the 100.0 mg/l it changed from 4.17 ± 0.25 g ($p < 0.01$) at day 14th to 3.78 ± 0.65 g ($p < 0.05$) by day 28th. For those exposed to 500.0 mg/l, the values were 28.57 ± 1.50 g ($p < 0.01$) and 4.60 ± 0.65 g ($p < 0.01$) by day 14th and 28th of exposure respectively, while in the 1000.0 mg/l exposure group, the value was 23.29 ± 2.13 g ($p < 0.01$) on day 14th and 3.01 ± 0.10 g ($p < 0.05$) on day 28th (Table 4).

Aspartate aminotransferase (AST) in the control group decreased with time, 14th day, 29.01 ± 3.89 g ($p < 0.05$), 28th day, 12.15 ± 2.89 g ($p < 0.05$). The trend was however irregular in the exposed groups. For those exposed to 1.0 mg/l, the value decreased from 27.11 ± 1.08 g ($p < 0.01$) at day 14th to 13.62 ± 0.36 g ($p < 0.01$) by day 28th. There was an increase in value for those exposed to 50.0mg/l from 37.53 ± 1.36 g ($p < 0.01$) on day 14th to 41.32 ± 5.02 g ($p < 0.05$) by day 28th. In the 100.0 mg/l exposure group there was also an increase in value from 26.15 ± 1.45 g ($p < 0.01$) at day 14th to 36.69 ± 4.76 g ($p < 0.01$) by day 28th. For those exposed to 500.0 mg/l the values were 27.15 ± 0.32 g ($p < 0.05$) and 38.24 ± 1.86 g ($p < 0.01$) by day 14th and 28th of exposure respectively, while in the 1000.0mg/l exposure group, there was a decrease from 38.13 ± 1.09 g ($p < 0.01$) on day 14th to 35.21 ± 3.04 g ($p < 0.01$) by day 28th (Table 4).

These results in this study are in agreement with the work of Bharali [15], but not with Allouche et al . [19]. Bharali [21] reported that increased lead concentrations caused increase in serum level of ALT enzyme and caused imbalance of the oxidant status of the cells, which is reflected in the rising level of liver tissue MDA level. Allouche et al . [19] reported that no evident disturbance of serum biochemical liver parameters was observed after long-term lead exposures. The author discounted the incrimination of the long-term lead exposure to risk of atherosclerosis or impairment of liver function.

In this study, alanine aminotransferase (ALT) and alkaline phosphatase (ALP) in the control group increased with time, but these had different trend in the exposed groups. ALT is commonly measured clinically as a part of a diagnostic evaluation of hepatocellular injury to determine liver health. Significantly elevated levels of ALT

and ALP often suggest the existence of health problems such as viral hepatitis, diabetes, congestive heart failure, liver damage, bile duct problems, infectious mononucleosis, or myopathy.

3.4. Changes in Hematological Parameters in Mice Exposed to Varying Concentrations of Lead for 14 and 28 Days

The effects of lead exposure could further be seen in the hematological parameters as changes in the red blood cell counts, white blood cell count, mean hemoglobin volume and concentration, mean corpuscular volume and concentration and so on. Table 5 and Table 6 show changes in hematological parameters in mice exposed to varying concentrations of Lead for 14 and 28 days.

The Red blood cells (RBC) decreased with increase in concentrations from 1.0 mg/l to 50.0 mg/l Lead exposures, after which it increases at 100.0 mg/l, 500.0 mg/l and 1000 mg/l. The highest RBC was noticed at the highest exposure concentration at the 28th day with RBC, 10.43 ± 1.46 (g/dL) ($p < 0.01$) much higher than the control. The white blood cells (WBC) took a different trend compared with the RBC, there were steady increase at 1.0 mg/l, 50.0 mg/l, 100.0 mg/l, 500.0 mg/l and 1000.0 mg/l. The highest WBC was noticed at the highest exposure concentration at the 28th day with WBC, 8.77 ± 2.36 ($\times 10^9/L$) ($p < 0.05$) much higher than the control 2.27 ± 0.81 ($\times 10^9/L$) ($p < 0.05$). The Mean Corpuscular Volume (MCV) (fL) decreased with increase in concentrations from 1.0 mg/l to 1000.0 mg/l Lead exposures. The lowest MCV was noticed at the highest exposure concentration at the 14th and 28th day with MCV, 35.17 ± 0.91 (fL) ($p < 0.05$) and 40.50 ± 1.37 (fL) ($p < 0.01$) respectively, much lower than the controls 39.67 ± 0.76 (fL) ($p < 0.05$) and 42.73 ± 0.91 (fL) ($p < 0.01$) respectively (Table 5).

Table 5. Mean values and standard deviation of the blood parameters of mice exposed to lead

Conc (mg/l)	RBC (g/dL)		WBC ($\times 10^9/L$)		MCV (fL)	
	14th day	28th day	14th day	28th day	14th day	28th day
0.00	$9.17 \pm 0.06^{**}$	$8.43 \pm 1.23^{**}$	$2.27 \pm 0.81^*$	$2.77 \pm 1.10^*$	39.67 ± 0.76	$42.73 \pm 0.91^{**}$
1.00	$7.02 \pm 0.03^{**}$	$7.91 \pm 0.76^*$	$3.77 \pm 0.85^*$	$5.00 \pm 3.61^*$	$39.20 \pm 0.79^{**}$	$43.13 \pm 0.59^{**}$
50.00	$6.92 \pm 0.10^{**}$	$5.67 \pm 0.55^{**}$	$3.93 \pm 0.32^*$	$5.93 \pm 0.25^{**}$	$38.37 \pm 0.71^*$	$45.07 \pm 0.16^{**}$
100.00	$7.05 \pm 0.16^{**}$	$6.40 \pm 1.35^*$	$3.73 \pm 0.57^{**}$	$6.70 \pm 0.56^{**}$	$37.27 \pm 0.42^{**}$	$44.77 \pm 1.06^{**}$

500.00	7.09 ± 0.14**	6.70 ± 1.45**	4.93 ± 1.27*	7.60 ± 2.09*	36.30 ± 0.72**	40.47 ± 0.40**
1000.00	7.15 ± 0.11**	10.43 ± 1.46**	5.83 ± 1.21*	8.77 ± 2.36*	35.17 ± 0.91*	40.50 ± 1.37**

**Signifies the mean is significant at 0.01 level ($p < 0.01$) and *Signifies mean is significant at 0.05 level ($p < 0.05$). RBC—Red Blood Cell (g/dL); WBC—White Blood Cell ($\times 10^9/L$); MCV—Mean Corpuscular Volume (fL).

Table 6. Mean values and standard deviation of the blood parameters of mice exposed to lead.

Conc (mg/l)	MCH (Pg)		MCHC (g/dL).		HCT (%)	
	14th day	28th day	14th day	28th day	14th day	28th day
0.00	15.13 ± 0.61**	14.87 ± 0.16**	35.83 ± 0.21*	35.07 ± 0.16*	37.23 ± 0.76*	38.63 ± 0.35**
1.00	15.17 ± 0.75**	14.27 ± 0.12*	30.43 ± 1.40**	33.90 ± 0.50**	35.93 ± 1.06**	35.60 ± 1.37**
50.00	14.88 ± 0.63**	14.30 ± 0.10**	29.00 ± 0.46*	31.45 ± 0.25**	34.60 ± 0.72**	43.07 ± 0.15**
100.00	14.77 ± 0.42**	14.17 ± 1.11*	28.47 ± 1.66**	32.77 ± 0.15**	33.53 ± 0.94**	36.97 ± 5.78*
500.00	14.42 ± 0.14**	14.87 ± 0.46**	27.27 ± 1.31*	35.77 ± 0.16**	32.37 ± 1.31**	34.90 ± 1.83**
1000.00	14.13 ± 0.12**	15.13 ± 0.61**	25.67 ± 0.97**	36.13 ± 0.88**	30.43 ± 1.31*	32.20 ± 0.36**

**Signifies the mean is significant at 0.01 level ($p < 0.01$) and *Signifies mean is significant at 0.05 level ($p < 0.05$). MCH—Mean Corpuscular Hemoglobin (Pg); MCHC—Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration (g/dL); HCT—Hematocrit (%).

The Mean Corpuscular Hemoglobin (MCH) (Pg) decreased very slowly at 1.0 mg/l, 50.0 mg/l, 100.0 mg/l, 500.0 mg/l and 1000.0 mg/l except for the 28th day 500.0 mg/l and 1000.0 mg/l exposures, where there were increase in MCH much greater than the control. The lowest peak was at the 28th day 100.0 mg/l exposure, 14.17 ± 1.11 (Pg) ($p < 0.05$) and the highest MCH was at the 28th day 1000.0 mg/l exposure, 15.13 ± 0.61 (Pg), ($p < 0.01$) compared to the control, 14.87 ± 0.16 (Pg), ($p < 0.01$). The Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration (MCHC) (g/dL) had similar trend as the MCH, decreased at 1.0 mg/l, 50.0 mg/l, 100.0 mg/l, 500.0 mg/l and 1000.0 mg/l

except for the 28th day 500.0mg/l and 1000.0 mg/l exposures, where there were increase in MCHC much greater than the control.

The Hematocrit (HCT) (%) at the 14th day exposure, decreased steadily at 1.0 mg/l, 50.0 mg/l, 100.0 mg/l, 500.0 mg/l and 1000.0 mg/l. The highest exposure concentration had the lowest HCT, 30.43 ± 1.31 (%) ($p < 0.01$), much lower than the control, 37.23 ± 0.76 (%) ($p < 0.05$). At the 28th day, the hematocrit, initially decreased at 1.0 mg/l, then increased at 50.0 mg/l, before decreasing at 100.0 mg/l, 500.0 mg/l, and 1000.0 mg/l. The highest exposure concentration had the lowest HCT, 32.20 ± 0.36 (%) ($p < 0.01$), much lower than the control, 38.63 ± 0.35 (%) ($p < 0.01$) (Table 6).

These results are in agreement with the study of Oluah and Ulasi [16], that reported increased erythropoiesis in *Clarias gariepinus* exposed to lead poisoning. The highest WBC was noticed at the highest exposure concentration at the 28th day with WBC, much higher than the control. Both the red blood cells and white blood cells increased with concentration at 28 day exposure, this also agrees with [16].

Erythropoiesis is stimulated by decreased oxygen in circulation, which is detected by the kidneys, which then secrete the hormone erythropoietin [22]. This hormone stimulates proliferation and differentiation of red cell precursors, which activates increased erythropoiesis in the hemopoietic tissues, ultimately producing red blood cells. Lead poisoning could be associated with hematopoietic toxicity as this occurs as a result of enzymatic inhibition and damage to the barrier between the blood and bone marrow [22]. Increased lead concentrations will directly inhibit certain enzymes including heme synthetase, aminolevulinic acid dehydrogenase, ferrochelatase, 5'nucleotidase, and coproporphyrinogenase. Enzymatic inhibition results in an increase in the concentration of heme precursors (protoporphyrins), metarubricytosis, basophilic stippling, and erythrocytes that are more susceptible to physical damage [22] [23].

3.5. Histopathological Responses to Varying Concentrations of Lead Exposed Mice for 14 and 28 Days

The acute and long-term lead exposure can cause significant and irreversible pathological alterations. This was only observed in the liver. Histological examination showed significant alteration in the liver (Table 7). The liver sample from the control group, the 14th and 28th day 1.0 mg/L and 50 mg/L exposed groups and 14th day 100.0 mg/L exposed mice had no significant alterations. By the 28th day of exposure to 100.0 mg/L, the mice liver had cellular vacuolization and mild necrosis. In addition, by the 14th and 28th day of exposure to both 500.0 mg/L and 1000.0 mg/L of lead, the mice had significant liver pathological alterations, which include the presence of polymorphic nuclei, blood vessel congestion, cellular vacuolization and severe necrosis.

Table 7. Hepatic histopathological responses to varying concentrations of Lead exposed mice for 14 and 28 days.

Exposure Conc (mg/L)	Alteration		Polymorphic Nuclei		Vessel congestion		Vacuolization		Mild Necrosis		Severe Necrosis	
	14 day	28 day	14 day	28 day	14 day	28 day	14 day	28 day	14 day	28 day	14 day	28 day
Control	No	No	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
1.0 mg/L	No	No	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
50.0 mg/L	No	No	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
100.0 mg/L	No	Yes	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Pres	Abs	Pres	Abs	Abs
500 mg/L	Yes	Yes	Pres	Pres	Pres	Pres	Pres	Pres	Pres	Pres	Pres	Pres
1000.0 mg/L	Yes	Yes	Pres	Pres	Pres	Pres	Pres	Pres	Pres	Pres	Pres	Pres

Abs—absent, Pre—Present.

This was reported by Bharali [21] as shown in this study. Bharali [21] reported 24 hour acute post exposure and also hepatocytes surrounding centrilobular area of liver displayed increased apoptotic morphology and cytoplasmic vacuolation. In this study, the hepatocytes of the control group, the 14th and 28th day 1.0 mg/L and 50 mg/L exposed groups and 14th day 100.0 mg/L exposed mice had no significant alteration. By the 28th day, 100.0 mg/L exposed mice had cellular vacuolization and mild necrosis. At 14th and 28th day of exposure, the 500.0 mg/L and 1000.0 mg/L exposed mice had significant liver pathological alterations including the presence of polymorphic nuclei, blood vessel congestion, cellular vacuolization and severe necrosis.

4. Conclusion

In view of these results, it appears that lead induces hematological disturbances, liver histological alterations and change in physiological weight in mice. These become obvious as exposure concentration increases with time. Continuous monitoring of municipal water pipeline reticulation should be ensured to prevent incidence of seepage of toxicants such as lead into domestic water sources. The heavy metal, lead, which is known for these effects, is particularly dangerous to human health and is present in the air, soil, public water system and in food chain. To put an end to cases of lead poisoning in Nigeria, the right monitoring and management practices are necessary. Artisanal ore mining which often releases lead into surrounding

environments as seen in the Zamfara State and Niger State case studies of lead poisoning should be discouraged across the Nation. Continuous monitoring of municipal water pipeline reticulation should be ensured to prevent incidence of seepage of toxicants such as lead into domestic water sources.

Conflicts of Interest

None of the Authors have conflict of interest.

Availability of Data

Raw data is available on request at the Department of Zoology Archive, University of Lagos.

Funding

This project was self funded.

References

- [1] Jideonwo (2014) Ensuring Sustainable Water Supply in Lagos, Nigeria. M.Sc Thesis, University of Pennsylvania, Penn Library, Philadelphia, 161 p.
- [2] BBC News (2010) Nigeria—Lead Poisoning Kills 100 Children in North. BBC News.
- [3] Independent News & Media (2010) Lead Poisoning Kills 163 in Nigeria. Independent Online (South Africa).
- [4] Zinggl, M. (2016) A Silent Killer: Lead Poisoning in Nigeria: In Aljazeera 2014.
- [5] Adeniyi, F.A.A. and Anetor, J.I. (1999) Lead Poisoning in Two Distant States of Nigeria: An Indication of the Real Size of the Problem. African Journal of Medicine and Medical Sciences , 28, 107-112.
- [6] World Health Organization (2011) Lead in Drinking-Water. Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality 2011.
- [7] Barn, P. and Kosatsky, T. (2011) Lead in School Drinking Water: Canada Can and Should Address This Important Ongoing Exposure Source. Canadian Journal of Public Health - Review , 102, 118-121.
- [8] Patrick, L. (2006) Lead Toxicity, a Review of the Literature, Part I: Exposure, Evaluation, and Treatment . Alternative Medicine Review , 11, 2-22.
- [9] UNEP (2010) Final Review of Scientific Information on Lead, Version of December. United Nations Environment Programme, Chemicals Branch, DTIE. UNEP, Geneva, Switzerland, 20-78.

- [10] Tiwari, S. and Tripathi I. (2012) Lead Pollution—An Overview. *International Research Journal of Environmental Science* , 1, 84-86.
- [11] Tiwari, S., Tripathi, I. and Tiwari, H. (2013) Effects of Lead on Environment. *International Journal of Emerging Research in Management & Technology* , 2, 45-51.
- [12] Zeqiri, N., Zeqiri, S. and Skenderaj, S. (2012) Blood Pressure Evaluation at the Workers Exposed to Lead. *Medical Archives* , 66, 92-101. <https://doi.org/10.5455/medarh.2012.66.92-93>
- [13] Hernberg, S. (2000) Lead Poisoning in a Historical Perspective. *American Journal of Industrial Medicine* , 38, 244-254. [https://doi.org/10.1002/1097-0274\(200009\)38:3<244::AID-AJIM3>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1097-0274(200009)38:3<244::AID-AJIM3>3.0.CO;2-F)
- [14] Nuhu, A.A., Sallau, M.S. and Majiya, M.A. (2014) Heavy Metal Pollutions: The Environmental Impact of Artisanal Gold Mining in Bagega Village Zamfara State, Nigeria. *Research Journal of Pharmacological , Biological and Chemical Sciences* , 5, 306-314. O. Togunde et al. DOI: 10.4236/jep.2018.913086 1407 *Journal of Environmental Protection*
- [15] World Water Day (2010) Clean Water for a Healthy World. World Water Quality Facts and Statistics. 510-251-1600X106.
- [16] Oluah, N.S. and Ulasi, A.M.O. (2010) Changes in the Haematological Parameters of *Clarias gariepinus* Exposed to Lead Poisoning. *Journal of Fisheries International* , 5, 72-76.
- [17] Wright, N.J., Thacher, T.D., Pfitzner, M.A., Fischer, P.R. and Petitfor, J.M. (2005) Causes of Lead Toxicity in a Nigerian City. *Archives of Disease in Childhood* , 90, 262-266. <https://doi.org/10.1136/adc.2003.043562>
- [18] Centres for Disease Control and Prevention (2012) Lead Prevention Tips. <http://www.cdc.gov/nceh/lead/tips.htm>
- [19] Allouche, L., Hamadouche, M., Touabti, A. and Khenrouf, S. (2011) Effects of Long Term Exposure to Low or Moderate Lead Concentrations on Growth Lipid Profile and Liver Function in Albino Rats. *Advances in Biological Research* , 5, 339-347.
- [20] Brunton, L.L., Goodman, L.S., Blumenthal, D., Buxton, I. and Parker, K.L. (2007) Goodman and Gillmans Manual of Pharmacology and Therapeutics. McGraw Hill Professional.
- [21] Bharali, M.K. (2013) Effects of Acute Lead Acetate Exposure on Liver of Mice. *Journal of Global Biosciences* , 2, 121-125.
- [22] Sherwood, L., Klansman, H. and Yancey, P. (2005) *Animal Physiology*, Brooks/Cole, Cengage Learning, 2005.

[23] García-Lestón, J., Roma-Torres, J., Vilares, M., Pinto, R., Prista, J., Teixeira, J.P., Mayan, O., Conde, J., Pingarilho, M., Gaspar, J.F., Pásaro, E., Méndez, J. and Laffon, B. (2012) Genotoxic Effects of Occupational Exposure to Lead and Influence of Polymorphisms in Genes Involved in Lead Toxicokinetics and in DNA Repair. *Environment International* , 43, 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.03.001>

ΣΧΟΛΙΑ

Ως μεταφραστική διαδικασία ορίζουμε όλες εκείνες τις κινήσεις, και τις διαδρομές που κάναμε με σκοπό να αποδώσουμε ένα κείμενο από μια γλώσσα πηγή (στην περίπτωση μας τα αγγλικά) σε μια γλώσσα στόχο (στην περίπτωση μας τα ελληνικά). Μια καλή μετάφραση, λοιπόν, είναι εκείνη που όχι μόνο έχει μεταφέρει τις λέξεις από μια γλώσσα σε μια άλλη, αλλά και έχει κατορθώσει να μεταφέρει σωστά τα νοήματα, το συναίσθημα, το ύφος, και το στόχο του κειμένου αφετηρίας.

Πολλές φορές ο μεταφραστής καλείται να κάνει αλλαγές ως προς τη σύνταξη, το περιεχόμενο, ακόμα και ως προς το ύφος ενός κειμένου, ανάλογα με τη μεταφραστική εντολή που του δόθηκε. Στην προκειμένη περίπτωση δεν είχαμε κάποια μεταφραστική εντολή, άρα μεταφράζουμε το κείμενο αφετηρίας με την ίδια ακριβώς σύνταξη, ύφος και περιεχόμενο. Θεωρούμε δηλαδή ότι το μετάφρασμα θα έχει ακριβώς τους ίδιους αποδέκτες όπως και το πρωτότυπο κείμενο.

Στα χέρια μας έχουμε ένα κείμενο τεχνικής φύσεως με παρεμβλλόμενη ιατρική ορολογία, του οποίου συντάκτες ήταν μια ομάδα επιστημόνων-ερευνητών. Το άρθρο μας δημοσιεύθηκε στην ηλεκτρονική εφημερίδα, *Journal of Environmental Protection* το 2018. Βασικός του στόχος είναι να ενημερώσει τον επιστημονικό κλάδο σχετικά με την επικινδυνότητα του μολύβδου, όταν αυτός συγκεντρώνεται σε μεγάλες ποσότητες στο πόσιμο νερό του Λάγκος της Νιγηρίας, και να δείξει πως η εύρεση λύσης κρίνεται απαραίτητη, όσο το δυνατόν συντομότερα.

Πρόκειται στην ουσία για την παρουσίαση μιας έρευνας, στην οποία μέρος έλαβαν ως πειραματόζωα λευκοπαθικά ποντίκια, τα οποία παρακολουθούνταν πολύ στενά, και η όποια μεταβολή ή εξέλιξη στην υγεία τους τους καταγραφόταν. Τα ποντίκια αυτά έρχονταν σε επαφή με νερό μολυσμένο με μόλυβδο από τις βρύσες του Πανεπιστημίου του Λάγκος και οι μεταβολές στην υγεία τους καταγράφονταν καθημερινά.

Έλλειψη Απόδοσης

Αρχικά, το πρώτο πρόβλημα που κλήθηκα να αντιμετωπίσω ήταν αυτό της μεταφοράς των κυρίων ονομάτων και τοπωνυμίων που αναφέρονται στο κείμενο. Εφόσον η έρευνα έλαβε χώρα στο Λάγκος της Νιγηρίας, πολλές από τις περιοχές στις οποίες γίνεται αναφορά δεν έχουν μεταφραστεί στα ελληνικά, εξαιτίας του μικρού μεγέθους τους και της μεγάλης απόστασής τους από τη χώρα μας. Τις περιοχές για τις οποίες δεν βρήκα κάποιο επίσημο κείμενο που να περιέχει κάποια επίσημη

μετάφρασή τους στα ελληνικά επέλεξα να τις μεταγράψω διατηρώντας την αγγλική ονομασία τους σε παρένθεση, ώστε να αποφύγω τυχόν παρανοήσεις. Αντίθετα, για τις περιοχές που υπάρχει δόκιμη μετάφραση στα ελληνικά επέλεξα να χρησιμοποιήσω μόνο εκείνη. Σχετικά με το ίδιο το Lagos επέλεξα τη μετάφραση “Λάγκος” αντί του “Λάγος” καθώς αυτή προτιμήθηκε και σε άρθρο του Υπουργείου Εξωτερικών της Ελλάδας.

Πχ

...water sources in Shomolu, Yaba and Bariga areas of Lagos State, Nigeria....	...πηγές πόσιμου νερού των περιοχών Σομόλου (Shomolu), Γιάμπα (Yaba) και Μπαρίγκα (Bariga) του Λάγκος της Νιγηρίας...
... Zamfara State, Nigeria...	... στην πολιτεία Ζαμφάρα της Νιγηρίας...

Στην ίδια κατηγορία θα συμπεριλάβω και τους διάφορους οργανισμούς και εταιρείες που αναφέρονται στο κείμενο, για τα οποία ακολούθησα διαφορετική προσέγγιση. Ορισμένοι από τους οργανισμούς αυτούς δρουν σε παγκόσμιο επίπεδο και συνεπώς έχουν καθιερωμένη απόδοση στα ελληνικά, ενώ κάποιοι άλλοι, παρότι δεν είναι ενεργοί παγκοσμίως, έχουν λάβει αρκετή δημοσιότητα ώστε να αναφέρονται σε άρθρα και σε επιστημονικές έρευνες. Επέλεξα, λοιπόν, να διατηρήσω τις καθιερωμένες μεταφράσεις τους στο κείμενό μου, ενώ για λιγότερο γνωστούς οργανισμούς και εταιρείες επέλεξα να διατηρήσω την αγγλική τους ονομασία, λαμβάνοντας τον όρο ως εμπορικό σήμα.

Πχ

...the public water utility, Lagos Water Corporation...	...το δημόσιο δίκτυο ύδρευσης Lagos Water Corporation...
Independent News Media reported the health ministry figures as 355 cases...	Σύμφωνα με την Independent News & Media PLC [3] στα αριθμητικά στοιχεία του υπουργείου υγείας αναφέρονται 355 κρούσματα...
... World Health Organization (WHO), American Public Health Association...	...ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ.) και η Αμερικανική Ένωση Δημόσιας Υγείας...

Με την ίδια προσοχή χρειάστηκε να αντιμετωπίσω και τις παραπομπές από τις οποίες βρίθει το κείμενο. Πρόκειται για παραπομπές και αναφορές σε άλλες προγενέστερες μελέτες, συγγράμματα ή άρθρα που έχουν ασχοληθεί με το ζήτημα, οι περισσότερες των οποίων, παρ’ όλα αυτά, δεν έχουν μεταφραστεί στα ελληνικά. Συνεπώς θα ήταν ανούσιο να επιχειρήσω την μετάφραση των τίτλων τους ή την μεταφορά των ονομάτων των δημιουργών τους. Έτσι αποφάσισα να τις διατηρήσω στα αγγλικά,

όπως ακριβώς παρουσιάζονται και στο πρωτότυπο κείμενο. Με αυτόν τον τρόπο, εάν κάποιος θελήσει να ανατρέξει σε μια από τις μελέτες αυτές μπορεί να το κάνει πολύ εύκολα χωρίς να υπάρχουν παρανοήσεις και σύγχυση. Φυσικά, όπου η παραπομπή αναφέρεται σε οργανισμούς, προγράμματα, ή οτιδήποτε ευδοκιμεί στα ελληνικά, επέλεξα την ελληνική του απόδοση έναντι της απλής καταγραφής του στα αγγλικά.

Πχ

[22] Sherwood, L., Klansman, H. and Yancey, P. (2005) Animal Physiology, Brooks/Cole, Cengage Learning, 2005	[22] Sherwood, L., Klansman, H. and Yancey, P. (2005) Animal Physiology, Brooks/Cole, Cengage Learning, 2005
[6] World Health Organization (2011) Lead in Drinking-Water. Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality 2011.	[6] Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (2011) Lead in Drinking-Water. Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality 2011.

Καθώς η επίσημη σελίδα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας δεν διαθέτει μετάφραση στα ελληνικά, παρά μόνο σε μερικές άλλες γλώσσες.

Συντομογραφίες

Μεγάλη προσοχή επίσης χρειάστηκε να δείξω και στις συντομογραφίες. Οι περισσότερες συντομογραφίες προκύπτουν από την ορολογία των συγκεκριμένων όρων (μόνο τα αρχικά) στα αγγλικά. Οι εν λόγω όροι απαντώνται συχνά με τα αρκτικόλεξά τους στις εξετάσεις αίματος που κάνουν οι περισσότεροι άνθρωποι στην Ελλάδα στα αγγλικά. Η καλύτερη προσέγγιση, θεωρώ, είναι αυτή που και τελικά ακολούθησα, δηλαδή η απόδοση των όρων ολογράφως στα ελληνικά και έπειτα την καταγραφή της συντομογραφημένης εκδοχής τους, όπως αυτή προκύπτει από το κείμενο αφετηρίας, σε παρένθεση. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιούνται οι πιθανότητες να υπάρξει κάποια παρανόηση ως προς την ορολογία, ενώ παράλληλα διευκολύνεται η ανάγνωση για το ευρύ κοινό καθώς δεν διακόπτεται συνεχώς από παρεμβαλλόμενους αγγλικούς όρους.

Πχ

Platelet (PLT)	δείκτες του αριθμού αιμοπεταλίων (PLT)
Red Blood Cell (RBC)	συνολικού αριθμού ερυθρών αιμοσφαιρίων(RBC)
White Blood Cell (WBC)	ολικού αριθμού λευκοκυττάρων(WBC)
haematocrit (Hct)	αιματοκρίτη (HCT)
Mean cell haemoglobin concentration (MCHC)	μέση συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης (MCHC)
mean cell volume (MCV)	μέσος όγκος ερυθρών (MCV)
mean cell haemoglobin (MCH)	μέση περιεκτικότητα αιμοσφαιρίνης (MCH)

Πίνακες

Στην ίδια κατηγορία θα συμπεριλάβω και την απόδοση των πινάκων που υπάρχουν στο κείμενο. Αυτοί οι πίνακες τοποθετήθηκαν με σκοπό την καλύτερη κατανόηση και τη συνόψιση των συμπερασμάτων/αποτελεσμάτων. Κατά κύριο λόγο οι πίνακες αυτοί συμπεριλαμβάνουν είτε μετρήσεις είτε συντομογραφίες στοιχείων και ιατρικών όρων. Έτσι αποφάσισα, όπως προείπα και παραπάνω, να κρατήσω τις συντομογραφίες ως έχουν χωρίς να επιχειρήσω την απόδοσή τους στα ελληνικά, προς αποφυγή παρερμηνειών.

Πολλαπλές Αποδόσεις και Λανθασμένη Απόδοση Όρου

Η μεγαλύτερη πρόκληση που κλήθηκα, ωστόσο, να αντιμετωπίσω έχει να κάνει με την απόδοση του όρου «synthetase». Μια ισοδύναμη μετάφραση θα ήταν «συνθετάση», παρ' όλα αυτά αρκετές φορές συγχέεται με τον όρο «συνθάση» (synthase). Εξαιτίας όλων των παρερμηνειών στο παρελθόν η Ενιαία Επιτροπή Βιομηχανικής Ορολογίας προτείνει την απόδοση του όρου ως «λιγάση». Παρ' όλο που φαινομενικά και οι δύο επιλογές θα ήταν ορθές, αποφάσισα να ακολουθήσω την προτροπή της Επιτροπής Βιομηχανικής Ορολογίας, ώστε να συμβάλλω έτσι στην μελλοντική αποφυγή παρερμηνειών.

Μορφολογία

Όσων αφορά τη μορφολογία του κειμένου, η απόδοσή του στα ελληνικά δεν αποτέλεσε ιδιαίτερο πρόβλημα, καθώς το είδος του κειμένου είναι τέτοιο που δεν αφήνει ιδιαίτερα περιθώρια «λάθους». Η σύνταξη του μεταφράσματος ακολουθεί τη σύνταξη του πρωτοτύπου, παρ' όλα αυτά κατά τη διαδικασία της μετάφρασης δεν πρέπει να ξεχνάμε τις εν γένει διαφορές των δύο γλωσσών. Στα αγγλικά ο λόγος είναι πιο κοφτός, πιο σύντομος, και σε μια περίοδο μπορούν να μεταφερθούν πολλά νοήματα χωρίς να κουράζει αυτό τον αναγνώστη ή να κάνει το κείμενο δυσνόητο. Στα ελληνικά, εν αντιθέσει, χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο μακροπερίοδος λόγος, ενώ αν θέλουμε να μεταφέρουμε πολλαπλά νοήματα στην ίδια περίοδο πρέπει να δείξουμε ιδιαίτερη προσοχή τόσο στην σύνταξη όσο και στην έκφραση, ώστε να αποφευχθούν τυχόν παρανοήσεις, χωρίς αυτό βέβαια να αποτελεί κανόνα. Στην προκειμένη περίπτωση δε, αυτό δε μας απασχολεί ιδιαίτερος καθώς μεταφράζοντας από τα αγγλικά στα ελληνικά αποφεύγεται το ζήτημα του μακροπεριόδου λόγου.

Πχ.

Στο παρακάτω απόσπασμα βλέπουμε ότι οι δύο αυτές προτάσεις στα ελληνικά θα μπορούσαν να σταθούν ως μια με την εξής σύνταξη: «Με βάση αυτά τα αποτελέσματα είναι εμφανές πως ο μόλυβδος προκαλεί αιματολογικές διαταραχές, ιστολογικές αλλοιώσεις στο ήπαρ και μεταβολές στο φυσιολογικό βάρος των

ποντικών, οι επιπτώσεις των οποίων γίνονται εμφανείς καθώς η συγκέντρωση έκθεσης αυξάνεται με το χρόνο.», εξαιτίας, όμως, του συγκεκριμένου γλωσσικού συνδυασμού, δε χρειάστηκε να περιπλέξουμε περισσότερο τη σύνταξη.

In view of these results, it appears that lead induces hematological disturbances, liver histological alterations and change in physiological weight in mice. These become obvious as exposure concentration increases with time	Με βάση αυτά τα αποτελέσματα είναι εμφανές πως ο μόλυβδος προκαλεί αιματολογικές διαταραχές, ιστολογικές αλλοιώσεις στο ήπαρ και μεταβολές στο φυσιολογικό βάρος των ποντικών. Οι επιπτώσεις αυτές γίνονται εμφανείς καθώς η συγκέντρωση έκθεσης αυξάνεται με το χρόνο.
--	---

Επεξηγήσεις

Μεγάλη βαρύτητα χρειάστηκε να δώσω και στους πίνακες. Τα χαρακτηριστικά ενός επιτυχημένου πίνακα είναι η ικανότητά του να είναι ευκολονόητος, και ευανάγνωστος από τον αναγνώστη. Οι πίνακες βοηθούν στην περαιτέρω κατανόηση του νοήματος του κειμένου καθώς συνοψίζουν τα νοήματα και τα αποδίδουν με έναν πιο παραστατικό και άμεσο τρόπο. Ο τρόπος με τον οποίο προσέγγισα τους πίνακες στο μετάφρασμα είχε ως άξονα τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Προτίμησα λοιπόν να διατηρήσω τις συντομογραφίες, και να προσθέσω περισσότερες επεξηγήσεις κάτω από κάθε πίνακα. Όπου ήταν απαραίτητο να μεταφράσω λέξεις το έκανα, αλλά για να αποφύγω παρανοήσεις την ορολογία επέλεξα να την διατηρήσω ακριβώς όπως στο πρωτότυπο.

Πχ

Conc. (mg/l)	ALP (μ/l) (Μέση ± Τυπική Απόκλιση)		AST (μ/l) (Μέση ± Τυπική Απόκλιση)		AL T (μ/l) (Μέση ± Τυπική Απόκλιση)	
	14 ^η μέρα	28 ^η μέρα	14 ^η μέρα	28 ^η μέρα	14 ^η μέρα	28 ^η μέρα
0.00	32.99 ± 3.11**	34.24 ± 5.00*	29.01 ± 3.89*	12.15 ± 2.89**	2.44 ± 0.53	3.12 ± 0.53*
1.00	43.39 ± 1.16**	5.75 ± 0.76*	27.11 ± 1.08**	13.62 ± 0.36**	18.17 ± 1.90**	3.95 ± 0.11**
50.00	35.18 ± 1.12**	11.4 ± 0.55	37.53 ± 1.36**	41.32 ± 5.02**	4.63 ± 1.49*	4.13 ± 0.38**
100.00	20.76 ± 0.73**	9.40 ± 2.05*	26.15 ± 1.45**	36.69 ± 4.76**	4.17 ± 0.25**	3.78 ± 0.65*
500.00	23.76 ± 0.73**	11.37 ± 0.93**	27.15 ± 0.32*	38.24 ± 1.86**	28.57 ± 1.50**	4.60 ± 0.65**
1000.00	58.46 ± 1.46**	8.44 ± 1.91*	38.13 ± 1.09**	35.21 ± 3.04**	23.29 ± 2.13*	3.01 ± 0.10**

**Δηλώνει ότι η μέση τιμή έχει βαρύτητα σε επίπεδο 0.01(p < 0.01) και * Δηλώνει ότι η μέση τιμή έχει βαρύτητα σε επίπεδο 0.05 p < 0.05).

Conc. (mg/l) – Συγκέντρωση ανά (mg/l)

AST— ασπαρτική αμινοτρανσφεράση;

ALT— αλανίνη αμινοτρανσφεράση;

ALP— αλκαλική φωσφατάση.

ΟΡΟΛΟΓΙΑ

Τέλος, πρέπει να εξετάσουμε και το ζήτημα της ορολογίας γενικότερα. Το κείμενο διαθέτει ιατρική, τεχνική και βιολογική ορολογία η οποία μας αναγκάζει να προβούμε και στην ανάλογη έρευνα ως προς την απόδοση συγκεκριμένων όρων. Πολλές φορές η μετάφραση κάποιων όρων έμοιαζε απλή, ενώ στην πραγματικότητα χρειάστηκε αρκετή έρευνα ώστε να αποδοθούν όλοι οι όροι σωστά. Μέρος της έρευνας αποτέλεσαν ελληνικά άρθρα ανάλογης ορολογίας και δημοσιευμένες στο διαδίκτυο ιατρικές έρευνες, ενώ παράλληλα συμβουλευτήκα ειδικούς στον τομέα της ιατρικής, γιατρούς, φοιτητές ιατρικής και διαγνωστικά κέντρα, και επιπλέον συνέκρινα την ορολογία με ιατρικούς πίνακες και ιατρικά λεξικά για να σιγουρευτώ για την ορθότητα τους.

Πολλαπλές αποδόσεις

PATHOLOGICAL ALTERATIONS – ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ

Πρόκειται για έναν όρο που χρειάστηκε αρκετή προσοχή καθώς μια λέξη είναι αυτή που αλλάζει όλο το νόημά του. Φαινομενικά η μετάφρασή του θα ήταν «διαφοροποιήσεις», ο οποίος σαν όρος στέκει ιατρικά. Το ζήτημα που προέκυψε κατόπιν έρευνας ήταν ότι ο όρος χρησιμοποιείται στα ελληνικά με εντελώς διαφορετική σημασία. “Διαφοροποιήσεις” θα παρατηρήσουμε στα κύτταρα ενός οργανισμού όταν έχει αναπτύξει κάποια μορφή καρκίνου. Σε αντίθεση, «παθολογικές αλλοιώσεις» είναι οι τυχόν διαφοροποιήσεις των κυττάρων οι οποίες ίσως οδηγήσουν σε καρκίνο, ίσως όμως και όχι, υπάρχει δηλαδή η πιθανότητα να υποχωρήσουν και μόνες τους χωρίς να χρειαστεί θεραπεία.

Στο κείμενο μας έχουμε την εξής πρόταση: «At 14th and 28th day of exposure, the 500.0 mg/L and 1000.0 mg/L exposed mice had significant liver pathological alterations including the presence of polymorphic nuclei, blood vessel congestion, cellular vacuolization and severe necrosis.», συνεπώς τα ποντίκια εμφάνισαν κάποιες αλλοιώσεις, αλλά δεν είμαστε σίγουροι αν αυτές προκάλεσαν καρκίνο τελικά ή όχι, άρα και η ορθότερη απόδοση του όρου είναι «Παθολογικές αλλοιώσεις».

At 14th and 28th day of exposure, the 500.0 mg/L and 1000.0 mg/L exposed mice had significant liver pathological alterations including the presence of polymorphic nuclei, blood vessel congestion, cellular vacuolization and severe necrosis	Τη 14η και την 28η ημέρα έκθεσης, στα ποντίκια που εκτέθηκαν σε 500,0 mg / L και 1000,0 mg / L παρατηρήθηκαν σημαντικές ηπατικές παθολογικές αλλοιώσεις, όπως παρουσία πολύμορφων πυρήνων, συμφόρηση των αιμοφόρων αγγείων, κενотоπίωση κυτταροπλάσματος και οξεία νέκρωση.
--	---

TEST SUBJECT – ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΖΩΟ

Το πρώτο πράγμα που μας έρχεται στο μυαλό βλέποντας τον όρο «test subject» ως μετάφραση είναι το «αντικείμενο μελέτης». Ωστόσο στην ελληνική η σύμφραση “αντικείμενο μελέτης” έχει διαφορετικό νόημα. Χρησιμοποιείται όχι με την έννοια του οργανισμού δοκιμασίας, αλλά με την έννοια του θέματος της μελέτης. Εν αντιθέσει, ο όρος «πειραματόζωο» είναι πολύ πιο δόκιμος, ενώ αποδίδει με ακρίβεια το νόημα του πρωτοτύπου. Έτσι λοιπόν επειδή απαντάται αρκετά συχνά στο κείμενό μας, πχ. «During the acclimatization as well as the experimental phase of the study, the test subjects were fed...», «The test subjects were exposed to the contaminated drinking water for 28 days...», «Sample Collection from Test Subjects», για οικονομία χώρου και χρόνου και για να είναι πιο κατανοητό το μετάφρασμα επέλεξα τον πιο σύντομο όρο «πειραματόζωο» αντί του εξίσου δόκιμου, αλλά πιο δυσνόητου και αυστηρού όρου, “οργανισμός δοκιμασίας” ή του τελείως άτοπου “αντικείμενο μελέτης”.

During the acclimatization as well as the experimental phase of the study, the test subjects were fed with standard mice feed	Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εγκλιματισμού καθώς και της πειραματικής φάσης της μελέτης, η τροφή των πειραματόζωων αποτελούνταν από τυποποιημένες τροφές ποντικών
The test subjects were exposed to the contaminated drinking water for 28 days.	Τα πειραματόζωα εκτέθηκαν στο μολυσμένο πόσιμο νερό για 28 ημέρες
Sample Collection from Test Subjects	Συλλογή Δειγμάτων από τα Πειραματόζωα

ABDOMINAL CRAMPS – ΜΥΙΚΟΙ ΣΠΑΣΜΟΙ ΤΗΣ ΚΟΙΛΙΑΚΗΣ ΧΩΡΑΣ

Κοινώς γνωστές σε όλους μας και ως «κράμπες», ή με βάση το συγκεκριμένο η αμέσως επόμενη πιο διαδεδομένη μετάφραση θα μπορούσε να είναι ο «πονόκοιλος». Όμως δεν έχουμε να κάνουμε με ένα απλό, καθημερινό κείμενο που έχει ως δέκτες του το μέσο αναγνωστικό κοινό. Το κείμενο μας είναι ένα επιστημονικό κείμενο με ιατρική ορολογία που απευθύνεται στους ειδικούς του είδους. Έτσι λοιπόν, παρά το γεγονός

ότι και οι δυο αυτές αποδόσεις θα ήταν σωστές ως προς την μεταφραστική προσέγγιση, δεν θα ήταν σωστές ως προς την υφολογική προσέγγιση του πρωτοτύπου. Επέλεξα λοιπόν να αποδώσω τον όρο ως «μυϊκοί σπασμοί της κοιλιακής χώρας», που ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, ταιριάζει υφολογικά και περιγράφει τέλεια την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο ασθενής ενώ ταυτόχρονα παραμένει κατανοητός για το ευρύτερο κοινό.

Πχ

Signs of acute intoxication include dullness, restlessness, irritability, poor attention span, headaches, muscle tremor, abdominal cramps...	Στα συμπτώματα οξείας δηλητηρίασης από μόλυβδο συμπεριλαμβάνονται η νωθρότητα, η ανησυχία, η ευερεθιστότητα, η ελλειμματική προσοχή, οι πονοκέφαλοι, οι μυϊκοί σπασμοί, οι μυϊκοί σπασμοί της κοιλιακής χώρας...
--	--

Τέλος, ως προς την ορολογία, η μέθοδος που ακολούθησα σε γενικές γραμμές είναι αυτή της έρευνας, κάποιοι όροι απαιτούσαν μεγαλύτερη προσοχή και μελέτη, ενώ για άλλους ήταν πολύ πιο εύκολος ο εντοπισμός τους και κατ' επέκταση η απόδοσή τους. Χρησιμοποίησα διαδικτυακά λεξικά, άρθρα και μελέτες γραμμένες είτε από Έλληνες είτε μεταφρασμένες στα ελληνικά, καθώς και σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, πιο απαιτητικές, συμβουλευτήκα ειδικούς γιατρούς, φοιτητές και διαγνωστικά κέντρα από το περιβάλλον μου, οι οποίοι με βοήθησαν ως προς την επιλογή πιο δόκιμων όρων στα ελληνικά, ώστε να μην έχει το μετάφρασμά μου παρανοήσεις.

Ευχαριστίες

Στον τομέα της ειδικής μετάφρασης κρίνεται απαραίτητο ο μεταφραστής να επαληθεύει πως έχει αποδώσει ορθά την ορολογία του εκάστοτε κειμένου. Η ιδιαιτερότητα της ειδικής ορολογίας είναι πως πολύ συχνά δεν είναι γνωστή στο ευρύ κοινό. Ο μεταφραστής, ακριβώς επειδή καλείται να “γεφυρώσει” το χάσμα αυτό με στόχο να αποδώσει ορθά το νόημα του κειμένου, οφείλει να απευθύνεται σε άτομα που γνωρίζουν και χρησιμοποιούν καθημερινά την ειδική ορολογία για καθοδήγηση. Κατά τη διάρκεια της μετάφρασης του κειμένου μου, όπως προανέφερα, το περιβάλλον μου μου παρείχε βοήθεια και υποστήριξη. Για αυτό το λόγο θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως την Μαριλένα Παπουτσή, ειδικευόμενη ψυχίατρο στην Πανεπιστημιακή Ψυχιατρική Κλινική της Ζυρίχης, η οποία μου έδωσε το Ιατρικό Λεξικό Dorland's και με βοήθησε στην αποσαφήνιση και στην απόδοση αρκετών

ειδικών όρων. Ιδιαίτερη βοήθεια στην απόδοση όρων που αφορούν τη χημεία καθώς και την ιατρική μου παρείχε και ο Ειρηναίος Τσουκνίδας, φοιτητής στο Τμήμα Ιατρικής του Πανεπιστημίου Αλεξανδρούπολης. Ευχαριστώ ιδιαίτερος το διαγνωστικό κέντρο Euromedica Γαληνός Τρικάλων και πιο συγκεκριμένα τον καρδιολόγο Γεώργιο Κλωτσοτήρα, τον πυρηνικό ιατρό Άγγελο Κόντο, τον μικροβιολόγο Πάρη Πλιάτσικα καθώς και τη νοσηλεύτρια Φωτεινή Τριανταφύλλου, οι οποίοι μου έδωσαν πρόσβαση στους πίνακες που χρησιμοποιούνται για τις αιματολογικές εξετάσεις και με βοήθησαν να αποδώσω σωστά την ειδική ορολογία καθώς και να κατανοήσω καλύτερα τα πιο εξειδικευμένα σημεία του κειμένου, όπως οι πίνακες και οι τιμές. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους επιβλέποντες καθηγητές μου, Σωτήριο Κεραμίδα και Αναστασία Παριανού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γιώργος Κεντρωτής «Θεωρία και πράξη της μετάφρασης» Εκδόσεις Δίαυλος, Αθήνα 1996 (σελ. 279-304)
- Σ.Γ. Κεραμίδας «Ζητήματα Ορολογίας στην Τεχνική Μετάφραση» Εκδόσεις Δίαυλος, Αθήνα 2015
- Αναστασία Παριανού «Translating from major into minor languages» Εκδόσεις Δίαυλος, Αθήνα 2010
- Μαρία Α.Μ. Τσίγκου «Γλωσσολογία και Μετάφραση, Προσεγγίζοντας τη μεταφραστική μονάδα, Εφαρμογή στο ζεύγος Γαλλικής-Ελληνικής» Εκδόσεις Δίαυλος, Αθήνα 2011
- Daniel Gouadec «Επάγγελμα: Μεταφραστής» Εκδόσεις Texto, Αθήνα 2007
- Edwin Gentzler «Σύγχρονες Θεωρίες Μετάφρασης» Εκδοτικός Όμιλος ΙΩΝ 2014
- “Ιατρικό Λεξικό Dorland’s 24η Έκδοση”, Μετάφραση-Επιμέλεια Αλέξανδρος Κ. Κατούλης, Εκδόσεις Π.Χ Πασχαλίδης Α.Ε., Αθήνα 1997
- Σταύρος Αρχοντάκης “Σύγχρονη Διαγνωστική Κυτταρολογία”, Έκδοση Stavros Archondakis, 2019
- Α. Λεγάκις, Π. Μαραγκού, “Το Κόκκινο βιβλίο των απειλούμενων ζώων της Ελλάδας”, Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία, 2009
- Α. Γιαννακόπουλου, Ε. Σιαρένου «Άριστον Αγγλοελληνικόν Λεξικόν» Εκδόσεις Π. Κουτσούμπος, Αθήνα 1998
- George A. Shop «Αγγλοελληνικόν λεξικόν επιστημονικών όρων» Εκδόσεις Dip. I. C. C. Eng. Schools, Αθήνα 1983

Διαδικτυακά Λεξικά και πηγές :

- <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english>
(Δ ι α δ ι κ τ υ α κ ό Λ ε ξ ι κ ό Collins)
- <https://www.translatum.gr> (Διαδικτυακή Πύλη Μετάφρασης- Απόδοσης Ορολογίας στα Ελληνικά, δημιούργημα του μεταφραστή Σπύρου Δόικα)
- <https://glosbe.com> (Δ ι α δ ι κ τ υ α κ ό Λ ε ξ ι κ ό)
- <https://www.wordreference.com/> (Δ ι α δ ι κ τ υ α κ ό Λ ε ξ ι κ ό)
- <https://iate.europa.eu/> (Βάση δεδομένων ορολογίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης)
- <http://www.iatrolexi.gr/> (Δ ι α δ ι κ τ υ α κ ή Πύλη Ιατρολέξης με στόχο την ανάπτυξη υποδομής γλωσσικής τεχνολογίας για το βιοϊατρικό μέσο)
- <https://www.mednet.gr/> (Ιστοσελίδα Ιατρικής Εταιρείας Αθηνών Ιδρύματος Ελληνικής Ιατρικής Βιβλιοθήκης Κέντρου Ιατρικής Τεκμηρίωσης)
- <http://flintwaterstudy.org/> (Ιστοσελίδα Αφιερωμένη στην Έρευνα που διεξήγαγε η ομάδα του πανεπιστημίου Virginia Tech και οι συνεργάτες της για την ποιότητα του νερού στο Φλιντ του Μίσιγκαν)
- <https://www.mfa.gr/> (Ιστοσελίδα Υπουργείου Εξωτερικών Ελλάδας- Στοιχεία Επικοινωνίας: Αμισθο Προξενείο Λάγκος)