

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΥΟΥ ΣΤΟ ΕΜΒΡΥΟ

Παναγιώτης Αντ. Γεωργακόπουλος

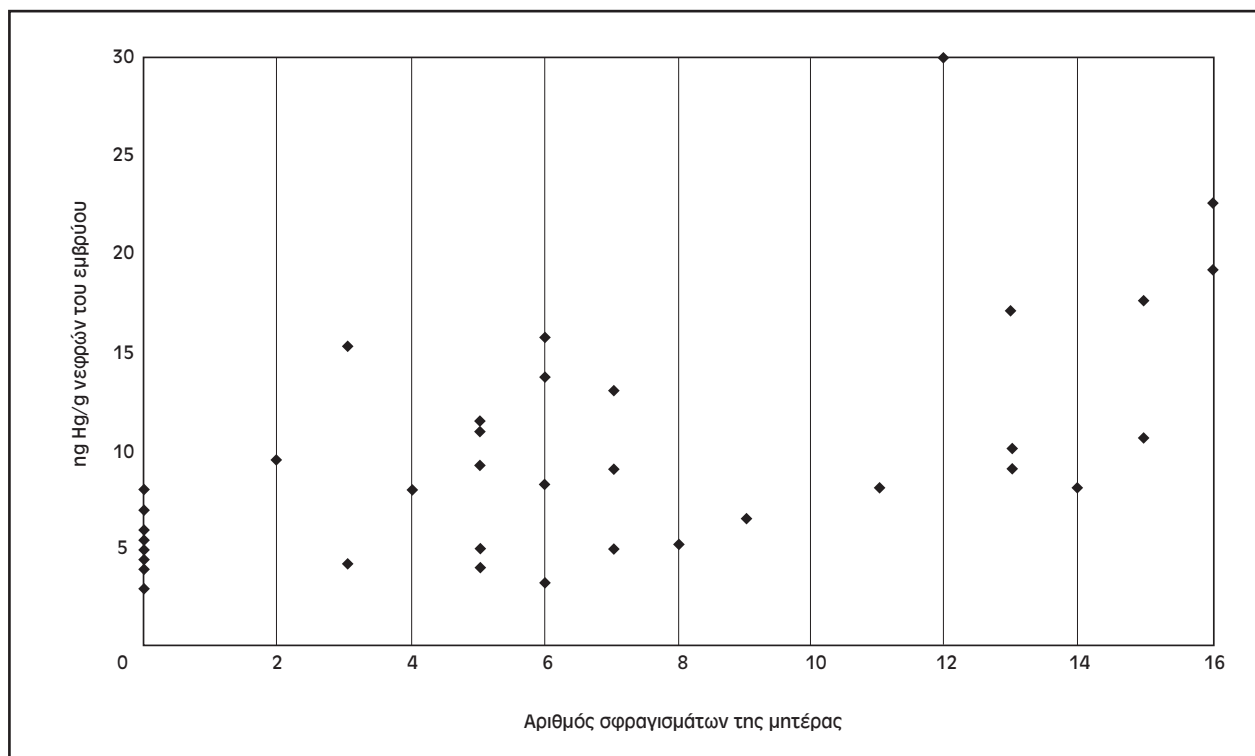
Κατά τη διαβίωση της η έγκυος υπόκειται καθημερινά σε διάφορες επιδράσεις από φυσικά φαινόμενα, δραστηριότητες ή ενέργειες, μερικές από τις οποίες είναι δυνατόν να έχουν επιπτώσεις στο έμβρυο. Άλλες από αυτές μπορεί να έχουν ευεργετικές επιδράσεις, όπως π.χ. η ακρόαση μουσικής, άλλες όμως επενεργούν βλαπτικά, όπως η κοσμική ακτινοβολία και η ρύπανση του περιβάλλοντος. Οι τρόποι επενέργειας των βλαπτικών παραγόντων στον οργανισμό της είναι ποικίλοι. Την κυριότερη και συχνότερη δυνατότητα παρέχουν οι τροφές, οι συσκευασίες τους, τα συντηρητικά τους αλλά και το περιβάλλον. Όμως και άλλοι τρόποι της σύγχρονης ζωής διευκολύνουν την είσοδο τοξικών χημικών παραγόντων στον οργανισμό της εγκύου, όπως η χρήση καλυντικών (κρεαγίων, αρωμάτων), αποσμητικών, σαμπουάν, λουσιών, αλοιφών (κρέμες χειρών) κ.ά. Όπως δημοσιεύθηκε τελευταία στον τύπο σε μελέτη που έκανε η Οργάνωση WWF(Οικο-Καθημερινή, Τ38, Νοέμβριος 2005), από 107 χημικές ουσίες που μας βομβαρδίζουν καθημερινά, οι 18 βρέθηκαν μέσα στον οργανισμό των γυναικών, και μάλιστα διαφορετικές στις διάφορες ηλικιακές ομάδες. Έτσι στην προηγούμενη γενιά επικρατούσαν χημικές ουσίες που σήμερα έχουν απαγορευθεί, όπως υπολείμματα DDT, PCBs αλλά έχουν παραμείνει στον οργανισμό. Στις νεότερες γυναίκες επικρατούν οι διοξίνες. Είναι δύσκολο να αναλύσει κανείς όλους τους παράγοντες που στην καθημερινότητα της ζωής της εγκύου μπορούν να επιδράσουν στην ανάπτυξη και εξέλιξη του εμβρύου. Επιλέξαμε, λοιπόν, για τη μελέτη μας τρεις συνήθεις συνθήκες διαβίωσης που μοιραία επενεργούν καθημερινά στο έμβρυο διαμέσου της μητέρας του. Οι παράγοντες αυτοί είναι η κοσμική ακτινοβολία, η ρύπανση του περιβάλλοντος και η διατροφή.

Η κοσμική ακτινοβολία

Ακτινοβολία είναι η μεταφορά ενέργειας στο χώρο. Η ακτινοβολία μπορεί να είναι ηλεκτρομαγνητική ή σωματιδιακή. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συνίσταται σε ένα συνδυασμό ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου που φέρεται στο χώρο σαν καθαρή ενέργεια. Συνήθη παραδείγματα αποτελούν το φως, τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, οι ακτίνες X και Γάμμα. Η σωματιδιακή ακτινοβολία συνίσταται στην εκπομπή σωματιδίων με μετρήσιμη μάζα. Τα σωματίδια μπορεί να φέρουν ηλεκτρικό φορτίο ή να είναι ηλεκτρικώς ουδέτερα. Τα συνηθέστερα σωματίδια ακτινοβολίας είναι τα τρία γνωστά που προέρχονται από την αποδέσμευση τους από τον πυρήνα των ατόμων, δηλαδή τα νετρόνια, τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια.

Η κοσμική ακτινοβολία προέρχεται από το διάστημα και αποτελεί ένα από τους τρεις συντελεστές που συμβάλλουν στην έκθεση σε ακτινοβολία όλων των όντων που κατοικούν στον πλανήτη μας. Οι άλλες δύο πηγές ακτινοβολίας είναι οι εκπομπές από ραδιενεργά στοιχεία του εδάφους και η εσωτερική έκθεση σε εκπομπές τέτοιων στοιχείων που έχουν ενσωματωθεί στους ιστούς μας. Η κοσμική ακτινοβολία προέρχεται από διάφορες πυρηνικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στον ήλιο αλλά και σε άλλους αστέρες του γαλαξία μας. Όταν φθάσει στη γη αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα ακτινοβολίας του περιβάλλοντος στα έμβια όντα. Οι εκρήξεις (καταιγίδες) στον ήλιο αυξάνουν υπερβολικά την εκπομπή ακτινοβολίας και αποτελούν ένα φυσικό φαινόμενο που επέρχεται απροειδοποίητα. Απλά έχει παρατηρηθεί ότι παρουσιάζει μια περιοδικότητα και συμβαίνει περίπου κάθε 11 χρόνια με τελευταίο το 2001. Όμως στις 29 Οκτωβρίου 2003 εμφανίστηκε ανάλογο γεγονός πέραν του αναμενόμενου. Η ακτινοβολία αυτή αφορά την εκπομπή πρωτονίων (σωματιδιακή ακτινοβολία) και διαρκεί για βραχύ χρονικό διάστημα μερικών ωρών. Υπολογίζεται ότι η τελευταία εκρήξη-καταιγίδα ανέβασε την κοσμική ακτινοβολία σε 200 μSv (20 mrem) την ώρα (Barish 2004).

Η μέτρηση της ακτινοβολίας γίνεται με διάφορες μονάδες. Στο κλασικό σύστημα CGS η μονάδα είναι το rad, ενώ στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) είναι το gray (Gy) που αντιπροσωπεύει την απορρόφηση 1 joule (J) ενέργειας από 1 Kg ύλης, δηλαδή 1 Gy = 1 J/Kg Το rad παριστάνει την απορρόφηση 100 ergs ενέργειας από 1/g ύλης, δηλαδή 1 rad = 100 erg/g = 0.01 gy και 100 mrad = 1 mGy. Είναι όμως γνωστό ότι διάφοροι τύποι και ενέργειες της ακτινοβολίας προκαλούν



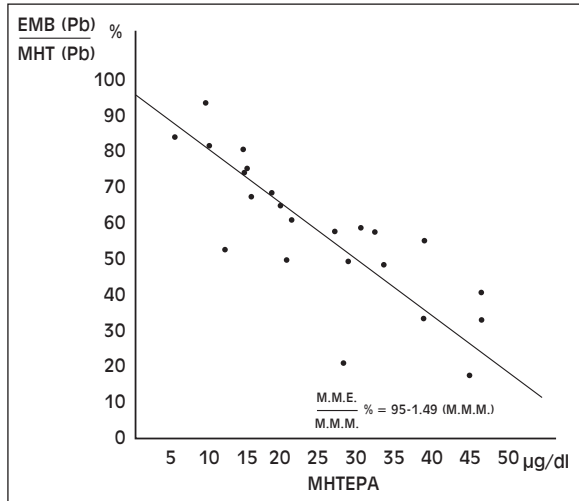
Εικ. 1. Συγκέντρωση Hg στους εμβρυϊκούς νεφρούς σε σχέση με τον αριθμό των σφραγισμάτων της μητέρας

διαφόρου βαθμού βλάβες όταν επιδράσουν στο σώμα ή σε διάφορους ιστούς. Για παράδειγμα μια δόση ακτινοβολίας πρωτονίων υψηλής ενέργειας έχει διαφορετικό βιολογικό αποτέλεσμα από αντίστοιχη δόση ακτινοβολίας ακτινών Χ. Θεσπίστηκε, λοιπόν, μια νέα μονάδα για τη δοσομέτρηση της ακτινοβολίας που επιτρέπει τη σύγκριση της βιολογικής βλάβης ανεξάρτητα από τον τύπο της ακτινοβολίας. Η μονάδα αυτή στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) είναι το sievert (Sv), ενώ στο παλαιότερο Σύστημα CGS ήταν το rem. Η αντιστοιχία είναι $1 \text{ rem} = 0.01 \text{ Sv}$ και $1 \text{ mSv} = 100 \text{ mrem}$.

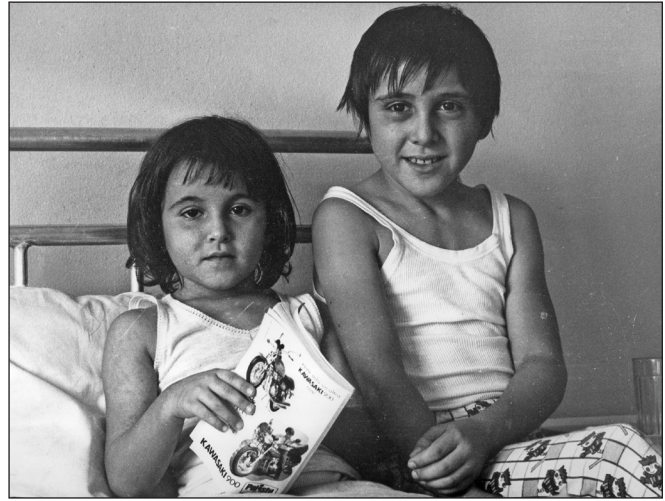
Το μέγεθος της κοσμικής ακτινοβολίας που δέχεται ένας οργανισμός εξαρτάται από το ύψος της περιοχής στην οποία διαβιεί. Στα μεγάλα ύψη τα επίπεδα της κοσμικής ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερα από ότι στο επίπεδο της θάλασσης γιατί η γήινη ατμόσφαιρα απορροφά ένα μεγάλο μέρος από αυτή πριν φθάσει στο έδαφος. Σε ύψος π.χ. 10 χιλιομέτρων που πετούν τα σύγχρονα αεροπλάνα υπάρχει πολύ μικρότερη ασπίδα προστασίας μεταξύ των επιβατών και των πηγών της ηλιακής ή της γαλακτικής ακτινοβολίας. Έτσι η ποσότητα της κοσμικής ακτινοβολίας διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Για παράδειγμα στις ΗΠΑ το National Council on Radiation Protection and Measurements εκτιμά ότι στην περιοχή του Denver η μέση ακτινοβολία ετησίως ανέρχεται σε 900 μSv , στην ενδοχώρα 460 μSv και στις ακτές του Ατλαντικού σε 230 μSv (NCRP 1993).

Από τα στοιχεία αυτά είναι προφανές ότι στα υπερπόντια αεροπορικά ταξίδια η δόση της κοσμικής ακτινοβολίας που δέχεται ένα άτομο είναι πολύ μεγαλύτερη από ό τι στο έδαφος. Και αν μεν πρόκειται για ένα μοναδικό ταξίδι που επιχειρεί ένας ταξιδιώτης η αύξηση αυτή είναι αμελητέα. Αλλιώς όμως έχουν τα πράγματα αν τα ταξίδια σε μεγάλο ύψος αφορούν επαγγελματίες που πετούν συχνά, όπως αεροσυνοδούς, ιπταμένους, πιλότους κ.ά. Έτσι για ένα ταξίδι π.χ. από Νέα Υόρκη για Τόκιο η ακτινοβολία υπολογίζεται σε 150 μSv (15 mrem), ενώ για αντίστοιχο ταξίδι Νέα Υόρκη-Σεάτλ περιορίζεται σε 60 μSv (6 mrem). Η κατάσταση επιβαρύνεται περισσότερο αν συμβούν ηλιακές εκρήξεις. Τότε η κοσμική ακτινοβολία ανέρχεται σε 200 $\mu\text{Sv}/\text{ώρα}$ περίπου. Η PAA (Federal Aviation Administration) των ΗΠΑ εκτιμά ότι στις περιπτώσεις αυτές και σε ύψος πτήσης 10 χιλ. μέτρα η ακτινοβολία φθάνει τα 630 μSv για πτήση 3 ωρών, 735 μSv για πτήση 5 ωρών και 832 μSv για πτήση 10 ωρών. Με βάση τα στοιχεία αυτά γίνεται φανερό ότι αν μια έγκυος πετά συνεχώς λόγω εργασίας σε μερικές εβδομάδες ή μήνες θα ξεπεράσει το συμβατικό όριο ασφαλείας του 1 mSv ακτινοβολίας που θα δεχθεί (Barish 2004).

Οι κίνδυνοι βλάβης του εμβρύου από ακτινοβολία διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τους μη στοχαστικούς (nonstochastic,



Εικ 2. Γραμμική σχέση του κλάσματος Pb του εμβρύου προς το Pb της μητέρας (Pbe/Pbm) ως προς τον Pb της μητέρας του.



Εικ. 3. Δύο παιδιά θύματα της οικολογικής καταστροφής από διαφυγή διοξίνης στο Seveso της Β. Ιταλίας. Διακρίνεται το χλόσασμα.

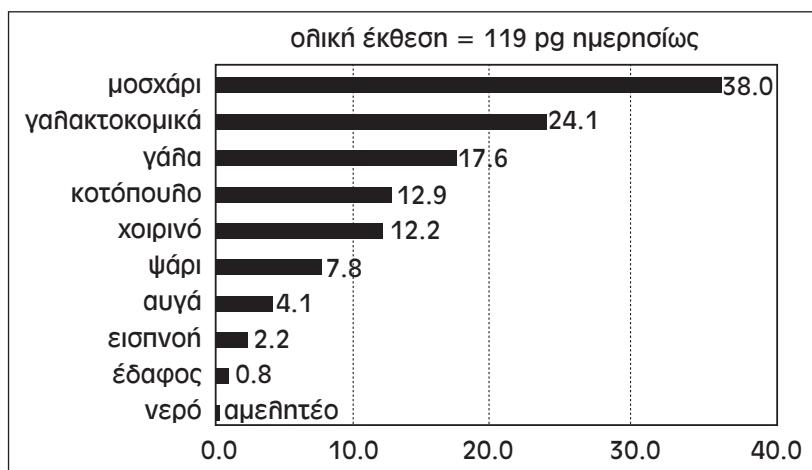
άμεσους) και τους στοχαστικούς (stochastic, απώτερους). Η πρώτη κατηγορία (μη στοχαστική) περιλαμβάνει τη θανάτωση του κηρύματος, την εμφάνιση δυσπλασιών, τη νοητική καθυστέρηση και την καθυστέρηση ανάπτυξης. Οι κίνδυνοι αυτοί εξαρτώνται από τη δόση της ακτινοβολίας, χωρίς να υπάρχει απόλυτος ουδός, κάτω από τον οποίο η ακτινοβολία να θεωρείται ασφαλής. Η δεύτερη (στοχαστική) αφορά την καρκινογένεση (λευχαιμία) και κληρονομικές επιβαρύνσεις από βλάβη των γονιδίων. Θεωρείται ότι έκθεση σε ακτινοβολία 1 μ Sv είναι δυνατόν να προκαλέσει αύξηση της συχνότητας λευχαιμίας στα παιδιά από 36 σε 37 ανά 100.000 έγκυες, δηλαδή από 0.036% σε 0.037%, ήτοι αύξηση 3% (Bret et al 1993).

Οι τυχόν βλαπτικές επιδράσεις στο έμβryo εξαρτώνται εκτός από το μέγεθος της ακτινοβολίας που δέχεται η έγκυος και τη διάρκεια της, και από το στάδιο ανάπτυξης του. Ειδικά για το τελευταίο θεωρούμε ότι οι τρεις αρχικές φάσεις ανάπτυξης του κηρύματος είναι κυρίως επιδεικτικές σε βλάβες από ακτινοβολία. Αυτές είναι η 1η φάση (1η-2η εβδομάδα), η 2η φάση (3η-8η εβδομάδα) και η 3η φάση (8η εβδομάδα και μετά). Στην 1η φάση, δηλαδή μέχρι την εμφύτευση του κηρύματος στη μήτρα, όταν ο αριθμός των εμβρυϊκών κυττάρων είναι ακόμη περιορισμένος, η ακτινοβολία μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την αποτυχημένη εγκατάσταση του κηρύματος στο ενδομήτριο ή τη θανάτωση του. Στην περίπτωση αυτή η γυναίκα δεν αντιλαμβάνεται την κύηση, επανειλημμένα δε επεισόδια μπορεί να χαρακτηριστούν σαν στειρώση (Friedberg et al 1973). Αν το έμβryo επιβιώσει θεωρείται απίθανο να εμφανίσει ανωμαλίες, χωρίς οι στοχαστικοί (απώτεροι) κίνδυνοι να μπορούν να αποκλεισθούν. Παρά την απουσία σαφούς ουδού πολλοί ειδικοί επιστήμονες θεωρούν ότι ακτινοβολία κάτω από 20 mSv (2 rem) είναι απίθανο να προκαλέσει βλάβη στο έμβryo (Brent 1989).

Η 2η φάση αφορά την περίοδο της μεζζονος οργανογένεσης του εμβρύου. Ακτινοβολία στο στάδιο αυτό του πολλαπλασιασμού των κυττάρων και της διαφοροποίησης των οργάνων σε δόση πάνω από 100 mSv μπορεί να προκαλέσει την εμφάνιση δυσπλασιών. Οι στοχαστικοί (απώτεροι) κίνδυνοι παρατηρούνται σε αναλογία 0.015% ανά 1 mSv ακτινοβολίας, δηλαδή 15 από 100.000 έγκυες που θα δεχθούν 1 mSv ακτινοβολίας στο στάδιο αυτό της εγκυμοσύνης θα αποκτήσουν παιδιά που θα αναπτύξουν καρκίνο από την αιτία αυτή σε κάποια φάση της ζωής τους.

Στην 3η φάση, και μάλιστα από την 8η-15η εβδομάδα ολοκληρώνεται η βασική διάπλαση του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος του εμβρύου, οπότε η έκθεση του σε ακτινοβολία πάνω από 100 mSv μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του δείκτη νοημοσύνης του παιδιού κατά 3 μονάδες. Και στη φάση αυτή ο στοχαστικός κίνδυνος αφορά ποσοστό 0.015% ανά 1 mSv, όπως αναλύθηκε πιο πάνω (ΕΕΑΕ 2005).

Είναι σαφές ότι στα αεροπορικά ταξίδια υπό κανονικές συνθήκες η δόση της κοσμικής ακτινοβολίας είναι αρκετά χαμηλή ώστε να μη δημιουργεί κανένα κίνδυνο για το έμβryo. Διαφορετικά όμως τίθεται το θέμα για το ιπτάμενο προσωπικό αλλά και για περιπτώσεις ηλικιών εκρήξεων, οπότε η αυξημένη ακτινοβολία μπορεί να δράσει βλαπτικά στο έμβryo και απαιτείται ιδιαίτερη αντιμετώπιση, όπως αναβολή του ταξιδιού για μερικές ημέρες για τις έγκυες (Barish, 1990). Εν τούτοις δεν έχει μέχρι σήμερα επιβεβαιωθεί γενικά βλαπτική επίδραση της κοσμικής ακτινοβολίας στο έμβryo, τουλάχιστον με επιδημιολογικές έρευνες. Η καθιέρωση ουδού ακτινοβολίας που αναφέρθηκε πιο πάνω έχει τεθεί μάλλον αυθαίρετα χωρίς επιστημονική τεκμηρίωση. Δεν έχει βρεθεί π.χ. στατιστικά θετική συσχέτιση μεταξύ του υψόμετρου που ζει η έγκυος και ανωμαλιών ή βλαβών του εμβρύου. Συγκεκριμένα σε σχετικά πρόσφατες μελέτες που έγιναν σε πληθυσ-



Εικ. 4. Αναλογία των δυνατοτήτων εισαγωγής της διοξίνης στον οργανισμό.

σμούς που ζουν σε μεγάλα ύψη σε περιοχές της Κίνας και του Ιράν, όπου μάλιστα το έδαφος περιέχει ικανές ποσότητες ραδιενεργών μετάλλων, δεν παρατηρήθηκαν διακριτές διαφορές στα έμβρυα ή στη γενική υγεία τους σε σύγκριση με ανάλογους πληθυσμούς που διαβιούν στο επίπεδο της θάλασσας. (Wei και Sugahara 2000, Ghiassi-nejad et al 2002).

Τα σφραγίσματα των δοντιών (Hg)

Τα σφραγίσματα των δοντιών (εμφράξεις) αποτελούν την πιο συνηθισμένη θεραπευτική αγωγή στη καθημερινή οδοντιατρική πράξη. Το εμφρακτικό υλικό, δηλαδή το αμάλαμα, παριστάνει κράμα μεταλλικού υδραργύρου (Hg) σε αναλογία περίπου 50% και άλλων μετάλλων, όπως άργυρος (Ag) 35%, κασσίτερος (Sn) 10%, χαλκός (Cu) 1-6% και ψευδάργυρος (Zn) 0-2%. Όμως ο υδράργυρος είναι τοξικό πτητικό στοιχείο που αποδειχτηκε ότι απελευθερώνεται από το αμάλαμα υπό μορφήν ατμών συνεχώς μετά την τοποθέτησή του (Vimy et al 1990). Η απελευθέρωση αυτή αυξάνεται με τη μάσηση, το βούρτσισμα των δοντιών αλλά και τις διάφορες οδοντιατρικές εργασίες, όπως η αφαίρεση, η λείανση ή το τρόχισμα των εμφράκτων. Μέρος των ατμών του υδραργύρου (80%) απορροφάται κατ' αρχήν από τους πνεύμονες δια της εισπνοής, αλλά και από το πεπτικό σύστημα καθώς και το βλεννογόνο του στόματος. Ο στοιχειακός αλλά και ο δυσθενής υδράργυρος απορροφάται από το γαστρεντερικό σωλήνα γιατί και υπό τις δύο μορφές του μπορεί να διαλυθεί στο σάλιο και να καταποθεί. Ακόμη είναι δυνατή η μετατόπιση του υδραργύρου μέσω της οδοντίνης προς τον πολφό και τα παρακείμενα οστά από όπου πάλι απορροφάται (Vimy και Lorscheider 1985). Γενικά πιστεύεται ότι η βασική οδός πρόσληψης του υδραργύρου από τις εμφράξεις είναι η πνευμονική απορρόφηση των εισπνεομένων ατμών. Υπολογίζεται ότι η μέση ημερήσια πρόσληψη υδραργύρου από τους πνεύμονες κυμαίνεται μεταξύ 4-18 μg (Abraham et al 1984).

Ο υδράργυρος που απορροφάται υπό τη στοιχειακή του μορφή όταν φθάσει στο αίμα και τους διαφόρους ιστούς οξειδώνεται ενζυματικά στη δυσθενή του μορφή. Όμως ο στοιχειακός υδράργυρος διέρχεται ταχύτατα από τους βιολογικούς φραγμούς, όπως τον φραγμό αίματος-εγκεφάλου αλλά και τον φραγμό αίματος-πλακούντα. Ο πλακούντας μάλιστα φαίνεται ότι αποτελεί όργανο εκλεκτικής συγκέντρωσης του μετάλλου (Task Group 1973). Έτσι καταλήγει στο αμνιακό υγρό και στο έμβρυο, όπου ανιχνεύεται σε ίσες ποσότητες με τη μητέρα (Jukstad et al 1992). Μάλιστα βρέθηκε ότι η πυκνότητα του υδραργύρου στους εμβρυϊκούς ιστούς είναι ανάλογη με τον αριθμό των σφραγισμάτων της μητέρας (Εικ. 1). Η απέκκριση του μετάλλου γίνεται με τα ούρα και τα κόπρανα σε ίση αναλογία (Vimy et al 1990). Η κατανομή του υδραργύρου στα διάφορα όργανα του εμβρύου δεν είναι ομοιογενής. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση γίνεται στο ήπαρ με αποτέλεσμα η συγκέντρωση του μετάλλου σ' αυτό να υπερβαίνει τις αντίστοιχες τιμές της μητέρας. Στο ήπαρ του εμβρύου ο μεταλλικός υδράργυρος οξειδώνεται και συνδέεται με μια μία πρωτεΐνη. Έτσι το οξειδωμένο στοιχείο συγκεντρώνεται εκεί και προφυλάσσει τα υπόλοιπα πιο εύρωτα όργανα από βλαπτικές επιδράσεις, όπως π.χ. τον εγκέφαλο (Yoshida et al 1990). Οι βλάβες αυτές φαίνεται ότι εκδηλώνονται με αυξημένη εμβρυϊκή απώλεια ή με συχότερη εμφάνιση δυσπλασιών, όπως η δυσχιδής ράχη. Οποιαδήποτε αμφισβητείται κατά πόσον οι μετρηθείσες συγκεντρώσεις μπορεί πράγματι να βλάψουν το έμβρυο (Sikorsk et al 1987). Πάντως δεν έχει ακόμη καθορισθεί ουδός πυκνότητας πάνω από τον οποίο προκαλείται βλάβη στο έμβρυο.

Η διαμάχη στη βιβλιογραφία σχετικά με τις βλαπτικές επιδράσεις του υδραργύρου των σφραγισμάτων των δοντιών της μητέρας στο έμβρυο είναι γνωστός ως "πόλεμος του αμαλάγατος" που συντηρείται από καινούργιες μελέτες και

παρατηρήσεις χωρίς σαφή συμπεράσματα, όπως δέχεται και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO 1990). Επειδή πάντως η έκλυση υδραργύρου από τα σφραγίσματα αυξάνεται από την τριβή του αιμαλάγαματος συνιστάται η αποφυγή κάθε οδοντιατρικής εργασίας επ' αυτού (λείανση, αφαίρεση εμφράξεων, νέες εμφράξεις κ.ά.) κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης (WHO 1991).

Τα καυσαέρια (Pb)

Τα καυσαέρια των αυτοκινήτων αποτελούν την κυριότερη πηγή ρύπανσης του περιβάλλοντος στις αστικές περιοχές που ζει ο σύγχρονος άνθρωπος. Το βασικό τοξικό στοιχείο που περιέχεται σε αυτά είναι ο μόλυβδος (Pb). Θεωρείται ότι ο μόλυβδος που εκπέμπεται από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων αντιπροσωπεύει το 90% του στοιχείου αυτού που ρυπαίνει το περιβάλλον. Άλλη πηγή εισόδου μόλυβδου στον οργανισμό είναι τα τρόφιμα. Η ημερήσια λήψη μόλυβδου με τα τρόφιμα μετρήθηκε σε 100-150 μg στις ΗΠΑ, 105 μg στην Ολλανδία, 140 μg στη Βρετανία και 400-500 μg στην Ιταλία. Εξ άλλου η περιεκτικότητα του νερού σε μόλυβδο είναι περιορισμένη και δεν ξεπερνά τα 10 μg στις ΗΠΑ, την Ολλανδία και το Μιλάνο. Η μέτρηση του μόλυβδου που περιέχεται στο αίμα αποτελεί τον πιο έγκυρο δείκτη της ποσότητας του στοιχείου που εισέρχεται στον οργανισμό και προσδιορίζει τον ομάδα εργοστασίων, όπως παραγωγής χαρτοπολτού, ορισμένων γεωργικών φαρμάκων, π.χ. ζιζανιοκτόνων και εντομοκτόνων, χυτηρίων μετάλλων, μονάδων παραγωγής πλαστικών από χλωριούχο βινύλιο (PVC). Επίσης παράγεται ως διάμεσο προϊόν κατά την παρασκευή τριχλωροφαινόλης που χρησιμοποιείται στην κατασκευή αντισηπτικών για σαπούνια και αποσηπτικά. Είναι συγγενής ουσία προς το εξαχλωροφαινόλιο που περιέχεται σαν αντισηπτικό επίσης σε σαπούνια, αλοιφές, διαλύματα για αντισηψία στη Χειρουργική κ.ά. Από τα προϊόντα αυτά είναι προφανής η είσοδος της στον οργανισμό της εγκύου και η απειλή του εμβρύου.

Οι διοξίνες είναι δυνατόν επίσης να διαχυθούν τυχαία στην ατμόσφαιρα, δεδομένου ότι οι ουσίες αυτές δεν αποτελούν τελική μορφή σύνθεσης στην παραγωγή. Όμως η μεγαλύτερη ρύπανση του περιβάλλοντος φαίνεται ότι γίνεται από τους αποτεφρωτικούς κλιβάνους στερεών αποβλήτων λόγω ατελούς καύσεως. Επί πλέον τα βιομηχανικά απόβλητα τέτοιων εργοστασίων και κυρίως τα ελαιώδη κατάλοιπα περιέχουν μεγάλες ποσότητες διοξινών. Η αποθήκευσή τους για μεγάλο χρονικό διάστημα περικλείει τον κίνδυνο διαφυγής της τοξικής ουσίας στο περιβάλλον, άλλοτε βαθμιαία και άλλοτε μαζικά, όπως συνέβη στις 10 Ιουλίου 1976 στο Soveso της Βόρειας Ιταλίας, όπου το τοξικό σύννεφο της διοξίνης που διέφυγε στον αέρα ύστερα από βλάβη σε εργοστάσιο χημικών, ρύπανε περιοχή 15.000 τετραγωνικών χιλιομέτρων με πληθυσμό 35.000 κατοίκων (Εικ. 3).

Υπάρχουν όμως και άλλες περιπτώσεις μαζικής ρύπανσης του περιβάλλοντος με διοξίνες. Έτσι στον πόλεμο του Vietnam παρατηρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις διοξίνης στο περιβάλλον λόγω των ζιζανιοκτόνων, όπως ο “πορτοκαλής παράγοντας” (agent orange), που χρησιμοποιήθηκαν για την εκχέρωση μεγάλων εκτάσεων για πολεμικούς σκοπούς και που περιείχαν όμως τοξικές ουσίες. Ανάλογες ουσίες έχουν βρεθεί και σε ζωοτροφές με αποτέλεσμα να ανιχνεύονται υψηλές συγκεντρώσεις διοξίνης στα πουλερικά και στα αυγά, όπως συνέβη πριν μερικά χρόνια στο Βέλγιο. Εκεί η εταιρεία Verkest παρήγαγε ζωοτροφές που περιείχαν, εκτός από δημητριακά, βιταμίνες και μέταλλα, και ζωικές πρωτεΐνες και λίπη, προϊόντα της εταιρείας Deize που όμως αποκαλύφθηκε ότι περιείχαν διοξίνη. Το ίδιο συνέβη και το 1977 στις Νότιες Πολιτείες των ΗΠΑ, όπου χρησιμοποιήθηκαν ζωοτροφές που περιείχαν ένα ανάλογο τοξικό συστατικό λάσπης, το λεγόμενο “ball clay”. Παρόμοια μολυσμένη λάσπη ανίχνευσαν Αμερικανοί ερευνητές σε ορυχεία μπεντονίτη, μιας ηφαιστειακής λάσπης που χρησιμοποιείται στην οικοδομική, τη βιομηχανία αλλά και την κοσμετολογία (μάσκες ομορφιάς). Δεδομένου ότι τα ορυχεία αυτά δεν είναι γνωστό να έχουν χρησιμοποιηθεί για αποθήκευση σχετικών επικίνδυνων αποβλήτων, πιθανολογείται ότι η προέλευση των διοξινών είναι προϊστορική. Ανάλογες τοξικές ουσίες ανιχνεύτηκαν και στο Love Canal στους καταρράκτες του Νιαγάρα και αποτέλεσαν τη αιτία εκκένωσης του Times Beach στη Μοντάνα των ΗΠΑ.

Ακολουθεί ρύπανση της ατμόσφαιρας όπου η διοξίνη παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα. Με τη βροχή πέφτει στο έδαφος και μολύνει τα ζώα και τα φυτά. Μπορεί, λοιπόν, να την ανιχνεύσει κανείς παντού, στο έδαφος, στον αέρα, στο ζήτημα του νερού. Είναι λιποδιαλυτή ουσία αλλά και υδρόφοβη, δηλαδή δεν διαλύεται στο νερό. Εισέρχεται αμέσως στον οργανισμό και αποτελεί κίνδυνο για την υγεία. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει καθορίσει ως ανώτατα επιτρεπτά όρια περιεκτικότητας μόλυβδου στο αίμα τα 20-35 μg/dl (Lynam 1982). Βέβαια η ρύπανση του περιβάλλοντος με μόλυβδο εξαρτάται και από τη γειτνίαση του χώρου με ρυπογόνους εστίες. Έτσι περιοχές που είναι κοντά σε εγκαταστάσεις εξαγωγής (ορυχεία) ή επεξεργασίας μόλυβδου, παραγωγής συσσωρευτών (μπαταριών) και χρωστικών ουσιών καθώς επίσης και οι μεγαλουπόλεις παρουσιάζουν υψηλότερο βαθμό ρύπανσης της ατμόσφαιρας σε μόλυβδο.

Μετά την είσοδο του στον οργανισμό ο μόλυβδος μεταφέρεται με τα ερυθροκύτταρα (95%) στους διάφορους ιστούς (Barry 1973). Για την έγκυο σημασία έχει η δίοδος του δια μέσου του πλακούντα προς το έμβρυο. Από μελέτες που έγιναν στην Κλινική μου φάνηκε ότι ο πλακούντας παίζει προστατευτικό ρόλο για το έμβρυο μέχρι ένα βαθμό (Γεωργακόπουλος κ.συν.1984). Έτσι οι τιμές μόλυβδου στο αίμα του εμβρύου παρουσιάζουν συσχέτιση με τις τιμές του αίματος της μητέρας σε αναλογία μόνον 42.6% (Εικ. 2). Το υπόλοιπο της διακύμανσης των τιμών του Pb στο αίμα του εμβρύου

ερμηνεύεται από άλλον παράγοντα που φαίνεται ότι είναι κυρίως ο πλακούντας. Αυτός καθορίζει το ύψος του Pb που διέρχεται προς το έμβρυο. Μάλιστα βρέθηκε ότι η προστατευτική λειτουργία του πλακούντα για την κατακράτηση του Pb δεν είναι στατική αλλά δυναμική, δηλαδή αυξάνεται όταν οι τιμές στο αίμα της μητέρας εμφανίζονται υψηλότερες. Έτσι ενώ για υψηλές τιμές στη μητέρα ο πλακούντας κατακρατεί το 1/2 έως το 1/3 του Pb, για χαμηλές τιμές κατακρατεί μόνον το 1/3-1/10. Φάνηκε, λοιπόν, ότι ο πλακούντας είναι ο παράγοντας που ρυθμίζει το ύψος του Pb στο έμβρυο σε αναλογία 57.4%, ενώ την υπόλοιπη αναλογία καθορίζει, όπως αναφέρθηκε, το ύψος του στοιχείου που υπάρχει στο αίμα της μητέρας (Γεωργακόπουλος κ.συν. 1984).

Οποδήποτε ο Pb που διέρχεται στο έμβρυο δεν αποβάλλεται στο αμνιακό υγρό και προφανώς κατακρατείται στους ιστούς του. Τυχόν παρενέργειες από την άθροιση του Pb στο έμβρυο δεν έχουν μελετηθεί. Φαίνεται, πάντως, ότι η συγκέντρωση του Pb στους εμβρυϊκούς ιστούς εξαρτάται από το είδος τους και από την πυκνότητα στο αίμα της μητέρας που είναι πάλι συνάρτηση του ύψους της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Σε κάθε περίπτωση τιμές συγκέντρωσης του Pb για το έμβρυο 37 μg/dl θεωρούνται ως ανώτατα επιτρεπτά όρια (Bartrop 1969).

Οι διοξίνες, η διατροφή

Η διοξίνη αποτελεί παραπροϊόν της σύγχρονης βιομηχανίας αλλά και τον σημαντικότερο παράγοντα ρύπανσης του περιβάλλοντος σήμερα. Φέρει το δύσκολο χημικό όνομα 2,3,7,8-τετραχλωριο-διβενζο-παρα-διοξίνη και τη συντομογραφία TCDD. Υπάρχουν περίπου 419 χημικές ενώσεις του τύπου της διοξίνης, όμως 30 από αυτές είναι τοξικές. Εκτός από τη βιομηχανία εκλύονται στην ατμόσφαιρα και από φυσικές πηγές, όπως τα ηφαιίστεια και οι εκτεταμένες πυρκαγιές δασών. Η διοξίνη ως βιομηχανικό παραπροϊόν παράγεται από εργοστάσια που ασχολούνται με θερμοκές διαδικασίες παραγωγής οργανικών ουσιών που περιέχουν χλώριο και υδρογονάνθρακες, αλλά και από μια άλλη μεγάλη διατροφική αλυσίδα και συγκεντρώνεται κυρίως σε τροφές που περιέχουν λίπος, όπως τα γαλακτομικά προϊόντα, το κρέας και περισσότερο το χοιρινό, τα κοτόπουλα, τα αυγά, τα ψάρια, τα οστρακοειδή, αλλά και σε ορισμένα εδάφη, στα ιζήματα νερών κ.ά. Αντίθετα στο ίδιο το νερό καθώς και στον αέρα παραμένουν τελικά ελάχιστες ποσότητες.

Τα τρόφιμα, λοιπόν, αποτελούν την κυριότερη πηγή του ανθρώπου άρα και της εγκύου με διοξίνες. Στο διάγραμμα της Εικ. 4 παριστάνονται σε αναλογία οι τροφές που εισάγουν στον οργανισμό το δηλητήριο. Πρώτο στην κλίμακα έρχεται το χοιρινό και το βοδινό κρέας και ακολουθούν τα γαλακτοκομικά, τα κοτόπουλα, τα ψάρια και τα αυγά. Η εισπνοή από τον αέρα έρχεται σχεδόν τελευταία, ενώ η πρόσληψη με το νερό είναι αμελητέα.

Ο κίνδυνος για τους καταναλωτές εκτιμάται ατομικά από το ύψος του επιπέδου έκθεσης στη διοξίνη, άρα από το μέγεθος μόλυνσης της τροφής, τη διάρκεια της έκθεσης και την υποομάδα του πληθυσμού που εκτέθηκε στην τοξική ουσία. Η ανεκτή ημερήσια πρόσληψη (Tolerate Daily Intake =TDI) έχει προταθεί σαν μέτρο εκτίμησης μακράς ασφάλειας και υπολογίζεται με βάση την έκθεση του οργανισμού για όλη τη διάρκεια της ζωής και το ποσό της συγκέντρωσης της διοξίνης στο σώμα. Μετά από πρόταση της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (WHO) και ύστερα από πειραματικές μελέτες σε ζώα (1998) μειώθηκε η TDI από 10 pg/Kg που ίσχυε πριν σε 1-3 pg/kg βάρους σώματος που εφαρμόζεται σήμερα σαν τιμή αναφοράς διεθνώς για τον καθορισμό των ορίων ασφάλειας έκθεσης του οργανισμού.

Οι επιπτώσεις στην υγεία είναι καταστροφικές. Κατ' αρχήν η άμεση επαφή με υψηλές πυκνότητες διοξίνης προκαλεί δερματικές αλλοιώσεις, όπως χημικά εγκαύματα β' βαθμού, χλόαση ή χλωρακμή, ερυθθημα (Εικ. 3). Επίσης εμφανίζεται ερεθισμός του αναπνευστικού επιθηλίου, βήχας, δύσπνοια, αιμορραγία από τους βλεννογόνους. Η ενζυματική λειτουργία του ήπατος απορρυθμίζεται και προκαλούνται βλάβες στο νεφρικό επιθήλιο. Η μακρά έκθεση του οργανισμού στη διοξίνη έχει ακόμη σοβαρότερες συνέπειες, αφού συνδέεται με ειδικούς υποδοχείς του πρωτοπλάσματος και τελικά καταλήγει στον πυρήνα. Εκεί επηρεάζει τα γονίδια που κωδικοποιούν την παραγωγή διαφόρων πρωτεϊνών όπως οι ορμόνες και τα ένζυμα. Έτσι παρατηρείται αναστολή στη λειτουργία του ανοσοποιητικού μηχανισμού λόγω ελάττωσης των 004+ και 008+ λεμφοκυττάρων και αρνητική επίδραση στο αναπτυσσόμενο νευρικό σύστημα, στους ενδοκρινείς αδένες, όπως το πάγκρεας όπου προκαλεί διαταραχή της παραγωγής και της απέκκρισης της ινσουλίνης και υπεισέρχεται στο μηχανισμό μεταφοράς της γλυκόζης με αποτέλεσμα την εμφάνιση διαβήτη αλλά και στην αναπαραγωγική λειτουργία. Στα ζώα έχει βρεθεί ότι η χρόνια έκθεση στην τοξική αυτή ουσία μπορεί να προκαλέσει διαφόρων τύπων καρκίνο. Η Διεθνής Εταιρεία για την Έρευνα του Καρκίνου (IARC) κατατάσσει τη διοξίνη (1997) στα "γνωστά καρκινογόνα του ανθρώπου". Οποδήποτε φαίνεται ότι ο κίνδυνος από την έκθεση σε πυκνότητες διοξίνης κάτω από ορισμένο ουδό είναι αμελητέος. Πάντως η επίδραση πάνω στο γενετικό υλικό δεν έχει ακόμη πλήρως διευκρινισθεί και μελετάται περαιτέρω (<http://www.who.int/inf-fs/en/fact225.html> 1999).

Αλλά η επίδραση της διοξίνης στον ανθρώπινο οργανισμό πιστεύεται σήμερα ότι έχει και άλλες οδυνηρές συνέπειες, και κυρίως στο γεννητικό σύστημα. Έτσι η πτώση της ανδρικής γονιμότητας λόγω ολιγοσπερμίας, ο τριπλασιασμός του καρκίνου του όρχεως, η κάθετη αύξηση της ενδομητρίωσης στις νέες γυναίκες καθώς και του καρκίνου του μαστού στις ημέρες μας θεωρείται ότι συνιστά αποτέλεσμα της ρύπανσης του περιβάλλοντος με διάφορες χημικές ουσίες μεταξύ των οποίων είναι και η διοξίνη.

Όμως τα πλέον εύλατα άτομα είναι τα έμβρυα και τα νεογνά. Τα πρώτα μολύνονται από τη διοξίνη ενδομητρώως, δεδομένου ότι η τοξική αυτή ουσία περνά εύκολα τον πλακούντα. Μετά τον τοκετό τα νεογνά συνεχίζουν να μολύνονται μέσω του θηλασμού, αφού στο γάλα υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση της λιποδιαλυτής διοξίνης που καθιστά στις περιπτώσεις αυτές τη μητρική διατροφή επικίνδυνη. Στο Seveso της Β. Ιταλίας μετά το ατύχημα της διαρροής διοξίνης στο περιβάλλον στις 10/7/76 παρατηρήθηκε εκτός από τον ομαδικό θάνατο πούλερικών και κουνελών, και ένα περίεγο φαινόμενο στην κατανομή του φύλου στα νεογνά μέχρι το 1986, διάρκεια που συμπίπτει με το χρόνο υποδιπλασιασμού της τοξικής ουσίας στο σώμα του ανθρώπου. Αναφέρθηκε, λοιπόν, η γέννηση σαφώς περισσότερων κοριτσιών από τα αγόρια, και μάλιστα 48 κορίτσια έναντι μόλις 24 αγοριών, διαφορά που με το χρόνο εξομαλύνθηκε. Αυτό αποδόθηκε στην τοξική δράση της TCDD που προφανώς επιδρά δραστικά στο πιο ασταθές χρωμόσωμα Y σε αντίθεση με το ισχυρό θήλυ γενετικό υλικό (Leinmuller 2000, Γεωργακόπουλος 2001).

Κατά τα άλλα οι επιπτώσεις της διοξίνης από το ατύχημα του Seveso στην αναπαραγωγική λειτουργία είναι ακόμη αδιευκρίνιστες και μάλιστα όσον αφορά στην αύξηση των αποβολών ή των διαμαρτιών διάπλασης. Οποιοδήποτε έχει καταχωρηθεί ένας μεγάλος αριθμός μεταλλάξεων στο γενετικό υλικό κυττάρων ιστών που ελήφθησαν από εμβρυϊκά υπολείμματα αποβολών. Είναι ήδη γνωστή εξ άλλου μια μαζική επίδραση της τοξικής αυτής ουσίας στην αναπαραγωγική ικανότητα των ζώων. Στα θηλυκά π.χ. έχει παρατηρηθεί μια αύξηση της συχνότητας της ενδομητρώωσης, πράγμα που μελετάται και στον άνθρωπο. Μελετάται επίσης η συμπεριφορά του γεννητικού κύκλου και η εμμηνιαρχή σε κορίτσια και γυναίκες από διάφορες ζώνες μόλυνσης του περιβάλλοντος. Ακόμη διερευνώνται οι επιπτώσεις της μόλυνσης στην αναπαραγωγική ικανότητα του άνδρα όχι μόνον στην πρώτη αλλά και στην δεύτερη γενιά. (Leinmuller 2000)

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Barltrop D. Transfer of lead to the human fetus. In; Mineral metabolism in Pediatrics. Ed. Baltrop & Barland. Blackwell. Oxford, 1969
2. Barish RJ. Health physics concerns in commercial aviation. Health Phys 59, 199, 1990
3. Barish RJ. In-flight radiation exposure during pregnancy. Obstet Gynecol 103, 1328, 2004
4. Barry PS. Lead in man. A review of medical aspects of lead absorption in industrial processes. Lead Development Association 5. 1973
5. Brent RL. The effect of embryonic and fetal exposures to X-ray, microwaves and ultrasound.: counseling the pregnant and non-pregnant patient about these risks. Semin Oncol 16, 347, 1989
6. Brent RL, Meistrich M, Paul M. Ionizing and non-ionizing radiation. In Paul M, editor. Occupational and environmental reproductive hazards: a guide for clinicians. Baltimore (MD). Williams & Wilkins, 1963
7. Γεωργακόπουλος ΠΑ, Δώδος Δ, Κογεώργος Γ, Παπακωστίδης Γ, Βιτζηλαίος Δ, Σουλιώτης Α. Διερεύνηση του ρόλου του πλακούντα για την προστασία του εμβρύου από τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Ιατρική, 46, 300, 1984
8. Γεωργακόπουλος ΠΑ. Σεβέξο” Η “κόλαση” έγινε 25 χρόνων... ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ 17.6.2001
9. Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ). Εγκυμοσύνη και ιονίζουσες ακτινοβολίες. Αθήνα, 2005
10. Friedberg W, Hanneinan GD, Faulkner DN, Darden EB Jr, Deal RB Jr. Prenatal survival of mice irradiated with fission neutrons or 300k Vp X-rays during the pronuclear-zygote stage: survival curves, effect of dose fractionation. Int J Radiat Biol 24, 549, 1973
11. National Council on Radiation Protection and Measurements. Limitation of exposure to ionizing radiation. NCRP Report 116. Bethesda (MD) NCRP, 1993
12. Ghiassi-nejad M, Mortazavi SMJ, Cameron Jr, Niroomandrad A, Karaman PA. Very high background radiation areas of Ramsar, Iran: preliminary biological studies. Health phys 82, 87, 2002
13. Jakstad A, Thomassen Y, Bye E, Clench-Aas J. Maternal-fetal distribution of mercury. J Pharmacol Toxicol 70, 308, 1992
14. Leinmuller R. Seveso und die Folgen. Manche Studien laufen jetzt erst an. Geburtsh u Frauenhkl 60 A 209, 2000
15. Lynam P. AeArio Ethyl Hellas. 1983
16. Sikorski R, Juskiewicz T, Paszkowski T, Szprengier-Juskiewicz T. Women in dental surgeries; reproductive hazards in occupational exposure to metallic mercury. Int Arch Occup Environ Health 59, 551, 1987
17. Task Group on Metal Accumulation. Accumulation of toxic metals with special reference to their absorption, excretion and biological half-times. Environ Physiol Biochem 3, 65, 1973
18. Vimy MJ, Lorscheider FL. Intra-oral mercury released from dental amalgam. J Dent Res 64, 1069, 1985
19. Vimy MJ, Takahashi Y, Lorscheider FL. Maternal-fetal distribution of mercury (203Hg) released from dental amalgam fillings. Am J Physiol 258, R939, 1990
20. Wei L, Sugahara T, editors. High background radiation area in China (special issue). J Radiat Res (Tokyo) 41, S1-S74, 2002
21. World Health Organization. Environmental Health Criteria. 101. Methyl-mercury. Edited by the World Health Organization. Geneva. 1990
22. World Health Organization. Environmental Health Criteria. 118. Inorganic mercury. Edited by the World Health Organization. Geneva. 1991
23. World Health Organization (WHO). Dioxins and their effects on human health. Fact sheet No 225, June 1999
24. WHO. <http://www.who.int/unf-fs/en/fact225.html> 1999
25. Yoshida M, Satoh H, Kojima S, Yamamura Y. Retention and distribution of mercury in organs of neonatal guinea pigs after in utero exposure to mercury vapor. J Trace Elements Exp Med 3, 219, 1990.

Ο Καθηγητής Μαιευτικής Γυναικολογίας κ. Παναγιώτης Α. Γεωργακόπουλος διηύθυνε διά πολλά χρόνια Κλινικήν τού Μαιευτηρίου Έλενας Ε. Βενιζέλου.